ORIGINAL ARTICLE

# *Investigating the Presence of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Doogh*

Amin Kiani[1],
Nabi Shariatifar[2],
Saeed Shahsavari[3],
Mahsa Ahmadloo[4],
Mojtaba Moazzen[5]

[1] Lecturer, Department of Public Health, School of Public Health, Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Iran
[2] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Lecturer, Department of Biostatistics, Health Products Safety Research Center, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
[4] MSc Student in Food Safety and Hygiene, Department of Public Health, Faculty of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
[5] MSc in Food Safety and Hygiene, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

(Received May 18, 2019 ; Accepted September 2, 2019)

## *Abstract*

**Background and purpose:** Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are one of the most common environmental pollutants that are proven to be carcinogenic and mutagenic. Doogh, is a widely consumed fermented yoghurt drink in Iran. The aim of this study was to determine the presence and concentration of PAHs in different brands of Doogh in Tehran, Iran.

**Materials and methods:** In this study, we synthesized multi-walled magnetic carbon nanotubes using iron oxide. Then synthesized magnetic nanotubes were used for absorption and extraction of PAHs from Doogh matrix. After sample preparation, concentrations of all PAHs were measured by GC-MS.

**Materials and methods:** In this study, we synthesized multi-walled magnetic carbon nanotubes using iron oxide. Then synthesized magnetic nanotubes were used for absorption and extraction of PAHs from 24 samples of Doogh matrix (3 high-consumption brands randomly selected in all four seasons and two dates) and one sample as a control. After sample preparation, concentrations of all 16 PAHs were measured by GC-MS.

**Conclusion:** In this study, the concentrations of PAHs in different brands of Doogh were lower than standard levels, so it would create no harmful effect to the consumers.

***Keywords:*** Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Doogh, multi-walled carbon nanotube, magnetic, GC-MS

**J Mazandaran Univ Med Sci 2019; 29 (178): 10-23 (Persian).**

* **Corresponding Author: Mojtaba Moazzen -** Faculty of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran (E-mail: moazzen.mojtaba@gmail.com)

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و نهم شماره ۱۷۸ آبان سال ۱۳۹۸ (۲۳-۱۰)

# حضور هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای در دوغ

امین کیانی[۱] نبی شریعتی فر[۲] سعید شهسواری[۳] مهسا احمدلو[۴] مجتبی موذن[۵]

## چکیده

**سابقه و هدف:** هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه ای(PAHs) یکی از شایع‌ترین آلاینده های محیط زیست هستند که احتمال سرطان زایی و جهش‌زایی تعدادی از آن‌ها به اثبات رسیده است. از طرفی دوغ، یک محصول لبنی تخمیری است که از مقبولیت و مصرف بالا در ایران برخوردار است. هدف از این مطالعه بررسی حضور و میزان هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای در انواع مختلف دوغ های ایرانی موجود در شهر تهران می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه ابتدا کربن نانوتیوب چند جداره با استفاده از اکسید آهن مغناطیسی شد و سپس کامپوزیت سنتز شده جهت استخراج PAHs از ماتریکس ۲۴ عدد نمونه دوغ (۳ برند پرمصرف، در ۴ فصل سال و دو تاریخ به صورت تصادفی انتخاب گردید) و یک نمونه دوغ به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت. پس از آماده‌سازی نمونه، غلظت هرکدام از ۱۶ PAHs از طریق دستگاه GC-MS اندازه‌گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج این مطالعه نشان داد که در تمامی نمونه‌ها میزان PAHs پایین‌تر از محدوده استاندارد بوده است و بیش‌ترین غلظت نیز مربوط به پیرن بود. همچنین میانگین مجموع PAHs برابر ۱/۹۶ µg/kg ± ۰/۳۹ بوده است. در برند B و فصل زمستان و در زمان تاریخ انقضای نمونه‌ها، شاهد بالاترین میزان مجموع PAHs بودیم.

**استنتاج:** براساس یافته‌های این مطالعه، با توجه به پایین‌تر بودن میانگین کل هرکدام از هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای نسبت به استاندارد در انواع مختلف دوغ، می‌توان بیان نمود که خطری از این لحاظ مصرف‌کننده‌ها را تهدید نمی‌کند.

**واژه های کلیدی:** هیدروکربن های آروماتیک چند حلقه ای، دوغ، کربن نانو تیوب چند جداره، استخراج مغناطیسی، کروماتوگرافی گازی

## مقدمه

هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای یا Polycyclic Aromatic Hydrocarbons( PAHs) یکی از شایع‌ترین آلاینده‌های محیط زیست در گروه ترکیبات آلی، می‌باشند. آلودگی هوا، خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی و محیط‌های دریایی توسط ترکیبات PAHs به‌طور وسیع گزارش شده است(۳-۱). با توجه به مطالعات انجام شده، مشخص شده است که اکثر ترکیبات PAHs جهش‌زا، سرطان زا یا هر دو آن‌ها هستند(۸-۴). این

**مولف مسئول: مجتبی موذن**- تهران: دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت E-mail: moazzen.mojtaba@gmail.com

۱. مربی، گروه بهداشت عمومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی فسا، فسا، ایران

۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۳. مربی، گروه آمار زیستی، مرکز تحقیقات ایمنی محصولات بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

۴. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران

۵. کارشناس ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت : ۱۳۹۸/۲/۱۸ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :۱۳۹۸/۲/۲۴ تاریخ تصویب : ۱۳۹۸/۶/۱۱

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

ترکیبات به‌علت دارا بودن خصوصیاتی همچون سمیت، جهش‌زایی، سرطان‌زایی و نیز قرار گرفتن در ردیف آلاینده‌های اولیه (Priority Pollutants) توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (US EPA) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند(۱۱-۹). این ترکیبات دارای دو یا چند حلقه بنزنی می‌باشند. این حلقه‌ها در آرایش‌های مختلف بوده و می‌توانند با و یا بدون گروه‌های جایگزین باشند. این ترکیبات خنثی، غیرقطبی و آب گریز هستند. هرکدام از ترکیبات با توجه به تعداد حلقه های بنزنی، وزن مولکولی، حلالیت در آب، ویژگی‌های جذب و واجذب، پایداری، فراریت، اکسید شدن و قابلیت تجزیه بیولوژیکی دارای خواص فیزیکی و شیمیایی مستقل می‌باشند(۱۳-۱۱). از میان هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، ۱۶ ترکیب به دلایل عدم تجزیه بیولوژیکی سریع توسط میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه ایجاد سمیت و خطر در محیط زیست بیش‌تر مطرح بوده و به‌عنوان شاخص آلودگی ترکیبات PAHs در نظر گرفته می‌شوند. این ۱۶ ترکیب شامل نفتالن، اسنفتلین، اسنفتن، فلورن، فنانترن، آنتراسن، فلورانتن، پایرن، بنزو(a) آنتراسن، کرایسن، بنزو(b) فلورانتن، بنزو(k) فلورانتن، بنزو(a) پایرن، دی بنزو(a,h) آنتراسن، بنزو(g,h,i) پریلن و ایندنو(1,2,3 cd) پایرن می‌باشند(۱۶،۳-۱۴). منشا ورود ترکیبات PAHs به محیط شامل نیروگاه‌ها، سیستم‌های گرمایش، موتورهای گازوئیلی و دیزلی، سوزاندن زایدات، برخی از فعالیت‌های صنعتی و دود سیگار است. این ترکیبات می‌توانند از اتمسفر وارد خاک، آب و رسوبات شوند. منابع عمده ورود ترکیبات PAHs به محیط زیست و آب‌های سطحی را می‌توان نفت خام، محصولات حاصل از فرآیندهای پالایش ترکیبات نفتی از جمله احتراق، صنایع پتروشیمی، دودکش اتومبیل‌ها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، فعالیت‌های آتشفشانی، تخلیه فاضلاب‌های شهری و رواناب‌ها ذکر نمود(۲۱-۱۷). مکانیسم‌های تولید PAHs در مواد غذایی مشابه آلودگی محیطی می‌باشد. ثابت شده است که گوشت‌های کباب شده، ماهی، لبنیات و سایر غذاهایی که پخت آن‌ها با گرما می‌باشد و یا در طول تولید گرما می‌بینند، معمولا حاوی PAHs می‌باشند. این مواد شیمیایی به غذا می‌چسبند و با افزایش دما، حضور آن‌ها در ماده غذایی بیش‌تر خواهد شد. دو مکانیسم اصلی تولید PAHs در مواد غذایی پیرولیز و پیروسنتز هستند. در دمای بالا مواد آلی به اجزای کوچک‌تری شکسته می‌شوند، که غالبا رادیکال آزاد می‌باشند. این رادیکال‌های آزاد با یکدیگر ترکیب شده و PAHs پایدار را تشکیل می‌دهند. در دمای کم‌تر از ۴۰۰ درجه سیلسیوس فقط تعداد اندکی از PAHs تشکیل می‌شوند و با افزایش دما تا ۱۰۰۰ درجه سیلسیوس تعداد آن‌ها در ماده غذایی افزایش می‌یابد(۲۶-۲۲). دوغ یک محصول لبنی تخمیری است و فرآورده جانبی ماست محسوب می‌شود (چون ماست تخمیر می‌شود بنابراین دوغ نیز محصولی تخمیری به حساب می‌آید) که از مقبولیت و مصرف بالا در ایران برخوردار بوده و میزان مصرف سرانه، تولید صنعتی و صادرات آن در سال‌های اخیر رشد قابل توجه داشته است. مقبولیت دوغ نه فقط به عنوان فرآورده‌ای با ویژگی‌های حسی مطلوب است بلکه به عنوان یک نوشیدنی تخمیری سالم و سلامت بخش با مقدار تولید ۸۰۰،۰۰۰ تن در سال ۹۱، به عنوان نوشیدنی ملی ایران نیز پذیرفته شده است. از این‌رو ایمنی و سلامت این فرآورده بسیار حائز اهمیت است. این محصول در ایران به شکل‌های گوناگونی همچون دوغ گرما دیده یا بدون فرآیند گرمایی، ترش یا شیرین، گازدار یا بدون گاز و طعم‌دار یا بدون طعم تولید و روانه‌ی بازار می‌شود(۲۸،۲۷). در نهایت به نظر می‌رسد اندازه‌گیری خانواده PAHsدر دوغ (به عنوان نوشیدنی پر مصرف ملی) و با توجه به عدم بررسی همه جانبه این نوشیدنی از طرف پژوهشگران داخلی و نیز عدم شناخت این نوشیدنی در سایر کشورها و همین‌طور خطرناک بودن سموم یاد شده به خصوص برای کودکان و قشر آسیب‌پذیر، امری ضروری می‌باشد. فرایند استخراج به وسیله جامدات از روش‌هایی است

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

که اخیرا برای اندازه‌گیری غلظت‌های کم آلاینده‌ها مورد توجه بسیاری از محققان واقع شده است. به این منظور تاکنون جاذب‌های مختلفی مانند کربن فعال گرانوله، کیتوزان و کربن فعال مورد استفاده قرار گرفته‌اند. راندمان جذب و واجذب پایین، جداسازی مشکل، زمان طولانی جذب و هزینه‌های بالا از چالش‌های بزرگ استفاده از جاذب‌های فوق‌الذکر می‌باشد. به منظور استخراج مناسب و داشتن توانایی جذب و واجذب مناسب در مطالعه حاضر از کربن نانو تیوب چند جداره (MWCNT) که جاذبی شناخته شده، دارای تخلخل و سطح بالا و قیمتی نسبتاً ارزان است استفاده شد. این درحالی است که کماکان جداسازی این ماده به دلیل اندازه کوچک آن به عنوان معضل باقی است. برای حل این مشکل از نانو ذرات اکسید آهن ($Fe_3O_4$) برای مغناطیسی کردن کربن نانو تیوب استفاده شد. نانو ذرات اکسید آهن به‌کاررفته در کربن نانو تیوب علاوه بر القای خاصیت مغناطیسی به جاذب، با ایجاد پیوند شیمیایی شکننده‌ای توانایی جذب استرهای فتالات را دارا می‌باشند که سبب افزایش راندمان جذب و واجذب این آلاینده می‌شود ونکته دیگر این که برایPAHs تاکنون بهترین و دقیق‌ترین و البته یکی از مناسب‌ترین روش از نظر هزینه کرد، که دقیق و کاملا قابل استناد بین‌المللی نیز می‌باشد روش GC-MS است(۱۲،۱۶،۲۷،۳۷-۲۹). انتظار می‌رود MWCNT بهینه‌شده با نانو ذرات اکسید آهن سرعت و توانایی بالایی در جذب و اندازه‌گیری PAHs از خود نشان دهد. با این توصیف ازآن‌جایی‌که تاکنون مطالعه جامع و درخور توجهی برای اندازه‌گیری این ماده خطرناک در انواع مختلف دوغ‌های ایرانی با برندهای مختلف و در بازه‌های زمانی مختلف در شهر تهران صورت نگرفته است و از طرفی بعضی از سموم با عمل تخمیر و غیره تغییر نمی یابند و از بین نمی‌روند (همچون PAHs که یک نوع آلاینده محیط زیست و پایدار در محیط‌زیست است)، در این مطالعه سعی خواهد شد انواع مختلف دوغ‌های رایج در شهر تهران در سال ۱۳۹۷ با استفاده از جاذب مذکور بررسی شود و میزان انواع گوناگون PAH در آن‌ها مورد سنجش قرار گیرد.

## مواد و روش ها

*آماده سازی استاندارد ها*

استاندارد های مرجع PAH میکس که محتوی ۱۶ PAH اصلی می‌باشد از شرکت زیگما-آلدریچ آلمان خریداری شد. محلول استاندارد حاوی PAH های نشانه‌دار (۱µg/ml) در دی کلرو متان تهیه شد. محلول استوک حاوی بنزو(a)پیرن، کریسن و پیرن به صورت جداگانه در غلظت $100\ \mu g\ ml^{-1}$ و در حلال دی کلرو متان آماده سازی شد. این استوک‌های استاندارد با نسبت مساوی از دی کلرو متان و متانول(۵۰-۵۰) به منظور آماده سازی محلول استخراج کننده با غلظت $1\ \mu g\ ml^{-1}$ برای هر ترکیب، رقیق شدند که این محلول استخراج کننده برای اندازه گیری کارایی استخراج در شرایط مختلف ساخته شد. بیفنل (ساخت شرکت مرک) به عنوان استاندارد داخلی با غلظت $0/5\ \mu g\ ml^{-1}$ در متانول آماده‌سازی شد. استوک و محلول کاری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری می‌شدند و روزانه به صورت رقیق شده یا مستقیم استفاده می‌شدند. کربن نانو تیوب چند جداره (طول ۳۰-۰/۵ µm و ضخامت ۶۰-۳۰ nm) از شرکت نانشل هندوستان تهیه شد. مخلوط کربن نانو تیوب چند جداره مغناطیسی شده مطابق مطالعه راستکاری و همکاران تهیه شد که همه مواد شیمیایی و حلال‌ها با همان گرید یا بهتر بودند(۷).

*نمونه ها*

۲۴ نمونه انواع مختلف دوغ (دوغ ساده که فاقد هر نوع افزودنی اضافی باشد که شرایط برای همه نمونه‌ها برابر باشد) که شامل سه برند پرمصرف (که تقریباً در تمامی مغازه‌های سطح شهر و همیشه وجود دارند) و در ۴ فصل سال و با دو تاریخ مصرف (تاریخ تولید و تاریخ انقضا) از سوپر مارکت‌های شهر تهران در سال ۹۷ تهیه

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

شـد. در ایـن مرحلـه بعـد از خریـداری هـر نمونـه آن را توسط میکسر مخلـوط و سـپس بـه میـزان۵ gr از آن را جدا کرده و در ۷۰- درجـه سـانتی گـراد درون ظـروف غیر قابل نفوذ به هوا، جهت آنالیز نگه داری شد.

*آماده سازی نمونه شاهد*

یک بطری دوغ به منظور اسـتفاده بـه عنـوان نمونـه شـاهد از یکـی از برنـدهای پرمصـرف خریـداری شـد. مناسب بودن نمونه به عنوان مـاتریکس شـاهد بـه وسـیله مطالعات مقدماتی تایید شده بود.

*شرایط آنالیزی و دستگاهی*

دستگاه استفاده شـده بـرای آنـالیز GC-MS (Agilant مدل ۶۸۹۰ ساخت کشـور امریکـا) بـه‌عـلاوه شناسـاگر چند قطبی mass مدل ۵۹۷۳ بود. درون کروماتوگرافی گازی مذکور، ستون موئینه مدل DB-5 (با طول ۳۰ متـر و قطر ۰/۲۵ میلی متر و ضـخامت فـیلم ۰/۲۵ میکرومتـر) گنجانده شده بود. دستورالعمل دمایی بـدین شـرح بـود: دمای تزریق کننده ۲۹۰ درجه سـانتی‌گـراد، دمـای آون اولیـه ۷۰ درجـه سـانتی‌گـراد، نگـه‌داری بـرای ۱ دقیقـه، افزایش تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در یک بازه زمـانی ۱۰ دقیقه‌ای و سپس نگه‌داری بـرای ۷ دقیقـه در همـان دمـا. راه ورودی در حالت کم‌ترین حد شکاف تنظیم و دمای خط انتقال در ۳۰۰ درجه سانتی گراد نگه‌داری مـی‌شـد. گاز هلیوم بـا خلـوص ۹۹/۹۹۹۹ درصـد بـه عنـوان گـاز حامل با جریـان مـداوم و بـا سـرعت ۱ ml/min اسـتفاده شد. دمای منبع و چهارقطبی بـه ترتیـب در دمـای ۲۳۰ و ۱۵۰ درجه ساتی گراد نگه داری مـی‌شـد. انـرژی شـعاع الکتریکی کروماتوگرافی گازی در ۷۰ eV تنظیـم شـده بـود. وضـعیت اجـرا شـده توسـط مقایسـه طیـف تـوده (Mass) حاصل شده و زمـان ابقـا بـرای طیـف مرجـع و زمان ابقای حاصل شده به وسیله‌ی استانداردهای کالیبره شده تزریق‌کننده تحت شرایط همسان GC-MS به‌دست آمـد. ترکیبـات بـه صـورت کمـی بـا اسـتفاده از حالـت سنجش یونی(SIM) تعیین شـدند. قابـل ذکـر اسـت کـه برای شناسایی سموم مذکور نیازی به مشتق سازی نیست چون PAHs دارای ترکیبات هالوژنه می‌باشند و به همین دلیل دتکتور به این عناصر حسـاس هسـتند و بـه راحتـی می‌توان آن‌ها را تشخیص داد. برای هر ترکیب یک چند سـنجی (Quantitation) و دو توصـیف‌کننـده (Qualifier) سنجش شد (جدول شماره ۱).

**جـدول شـماره ۱:** آنالیـت هـای PAH مـورد کـاربرد در مطالعـه و مشخصات آن ها

| گروه یونی | آنالیت | مخفف انحصاری | زمان پنجره(دقیقه) | کمی کردن یون | تایید یون ها |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | بیفنیل | Bp | ۸-۱۳ | ۱۵۴ | ۱۵۳و۱۵۲ |
| ۱ | نفتالن | NA | ۸-۱۳ | ۱۵۱ | ۱۵۴و۱۵۱ |
| ۱ | اسنفتالین | Ace | ۸-۱۳ | ۱۵۲ | ۱۵۳و۱۵۱ |
| ۱ | اسنفتین | Ac | ۸-۱۳ | ۱۵۳ | ۱۵۴و۱۵۲ |
| ۲ | فلورین | F | ۱۳-۱۵ | ۱۶۶ | ۱۶۷و۱۶۵ |
| ۳ | فنانترن | Pa | ۱۵-۱۷ | ۱۷۸ | ۱۷۹و۱۷۶ |
| ۳ | آنتراسن | A | ۱۵-۱۷ | ۱۷۸ | ۱۷۹و۱۷۶ |
| ۴ | فلوراتین | Fl | ۱۷-۲۰ | ۲۰۲ | ۲۰۳و۱۰۱ |
| ۴ | پیرن | P | ۱۷-۲۰ | ۲۰۲ | ۲۰۳و۱۰۱ |
| ۵ | بنزو(a)آنتراسن | BaA | ۲۰-۲۳ | ۲۲۸ | ۲۲۹و۲۲۶ |
| ۵ | کریسن | Ch | ۲۰-۲۳ | ۲۲۸ | ۲۲۹و۲۲۶ |
| ۶ | بنزو(b)فلوراتین | BbF | ۲۳-۲۸ | ۲۵۲ | ۲۵۳و۱۲۶ |
| ۶ | بنزو(k)فلوراتین | BkF | ۲۳-۲۸ | ۲۵۲ | ۲۵۳و۱۲۶ |
| ۶ | بنزو(a)پیرن | BaP | ۲۳-۲۸ | ۲۵۲ | ۲۵۳و۱۲۶ |
| ۷ | ایندنو(1,2,3,cd)پیرن | IP | ۲۸-۳۱ | ۲۷۶ | ۲۷۷و۱۳۸ |
| ۷ | دیبنزو(a,h)آنتراسن | DhA | ۲۸-۳۱ | ۲۷۸ | ۲۷۹و۱۳۹ |
| ۷ | بنزو(g,h,i)پریلین | BgP | ۲۸-۳۱ | ۲۷۶ | ۲۷۷و۱۳۸ |

*بهینه سازی روش*

۵۰۰ گرم از نمونه شـاهد بـا ۵ میلـی‌لیتـر از محلـول استخراج کننده ترکیب شده با بنـزو(a)پیـرن، کریسـن و پیرن (۰/۵ µg/ml) تثبیت می‌گردد. مخلوط یـاد شـده بـه صورت مکانیکی برای ۳۰ دقیقـه هموژن شـده و درون یخچال در دمای ۴ درجه سـانتی‌گـراد بـرای ۲۴ سـاعت نگه‌داری و سپس برای بهینـه‌سـازی روش اسـتفاده شـد. روش بر اساس یک عامل در یـک زمـان سـت یـا بهینـه شده است. مطـابق ایـن پروتوکـل، شـرایط بهینـه توسـط آزمایش‌هایی که تمامی فاکتورهای موثر را به جـز یـک مورد ثابت نگه داشته و یک عامل باقی مانده به صـورت تدریجی تغییر می‌کند تا شرایط بهینـه پیـدا شـود، تعیـین می‌شود. بعد از بهینه‌کردن هر فاکتور، آزمایش برای پیدا کردن اندازه بهینه فاکتورهای دیگر در حالی که فـاکتور

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

مورد مطالعه برای تخمین اندازه‌های بهینه تنظیم شده است، تکرار می شود. در نهایت روشی که شامل تمامی موارد می‌باشد تکرار می‌شود در حالی که تمامی فاکتورها برای تخمین اندازه‌های بهینه تنظیم شده‌اند. وضعیت روش اگر پارامتر تعیین‌کننده (در این مورد نتیجه استخراج) در آخرین آزمایش در بین بهترین اندازه کسب شده باشد، در حالت بهینه یا نزدیک حالت بهینه می‌باشد.

*روش استخراج*

۵ گرم از هر نمونه فریز شده (شاهد،کنترل کیفیت و آزمون‌ها) به وسیله خردکننده الکتریکی (مدل (LabGrinder/Pulverizer WSG30E,WARINGs,CT,USA با سرعت بالا (19000 rpm) در مدت ۱ دقیقه خرد شد. مخلوط به‌دست آمده به ظرف شیشه‌ای که محتوی محلول استاندارد داخلی ( ۰/۰۵ میکروگرم در لیتر بیفنیل درمحلول آب- متانول به نسبت ۵۰-۵۰) است، منتقل شد. مخلوط حاصله برای مدت ۲ دقیقه هموژن شده و به منظور خشک شدن برای مدت ۱ ساعت در دمای اتاق نگه‌داری شد.

بعد از اضافه شدن ۷/۵ میلی‌لیتر پتاسیم هیدروکسید (۱ مولار در آب) و ۷/۵ میلی‌لیتر متانول که محتوی ۵ درصد استونیتریل است، نمونه برای مدت ۲ دقیقه هموژن و سپس به مدت۷ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه اولتراسونیک (مدل Fisher Scientific FS30H)، اولتراسوند شد. سپس مخلوط حاصله به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۸۹۴۴ × g به منظور حذف محتویات چربی سانتریفوژ شده و فاز مایع به قیف جداکننده منتقل و سپس در ۲۵- درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت نگه‌داری شد. قسمت چربی به عنوان یک لایه در بالای سطح فاز مایع و مانند یک توده تغلیظ شده در سطح ظرف شیشه ای، قرار گرفت. چربی‌های فریز شده به سرعت توسط استخراج سرد در ۲۵- درجه سانتی‌گراد و به وسیله فیلتر کاغذی، فیلتر شد. سپس pH تا ۶/۵ توسط افزودن اسید هیدروکلریک (۱ مولار) کاهش یافت. بعد از استخراج اولیه، فاز مایع به ظرف دیگر انتقال یافت. سپس ۱۰ میلی‌گرم کربن نانو تیوب چند جداره مگنت و از قبل آماده شده به همراه ۵۰۰ میلی‌گرم سدیم کلراید به درون مخلوط اضافه شده و به مدت ۵ دقیقه به شدت توسط میکسر، مخلوط شد. سپس از یک آهن ربای خارجی جهت جمع‌آوری جاذب مغناطیسی در یک سمت از ویال، استفاده شد. مایع شناور دور ریخته شد و بعد از این مرحله میزان ۵ میلی‌لیتر دی کلرو متان به جهت شستشوی جاذب اضافه و به کمک میکسر با سرعت بالا به مدت ۳ دقیقه، هموژن شد. سپس جاذب مغناطیسی توسط یک آهن ربای خارجی در یک سوی ویال جمع آوری شد. این مرحله برای چندین مرتبه تکرار و سپس محلول واجذبی جمع‌آوری و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در زیر جریان ملایم نیتروژن خشک شد. قسمت باقی مانده مجددا در محلول برابر متانول- استونیتریل (۵۰ میکرولیتر) حل شده و محلول به شدت به کمک میکسر و به مدت ۱ دقیقه، شیک شد. در نهایت، ۱ میکرولیتر از محلول حاصله به درون دستگاه GC-MS تزریق شد. نتایج مطالعات بهینه شده نشان داد که روش بالا برای قابلیت تولید مجدد واستخراج کمی PAHs از نمونه‌های گوشت قابل استفاده بود(۳۲،۲). نمونه‌های شاهد محتوی استاندارد داخلی و نمونه‌های کنترل کیفیت در ابتدا، میانه و در پایان نمونه‌ها آنالیز شدند. نمونه‌های آزمایشی به صورت دوتایی و پاسخ متوسط استفاده شده برای کمیت‌پذیر شدن، آنالیز شدند.

*کمیت پذیر شدن روش*

برای کمیت‌پذیر کردن PAHs در نمونه‌های آنالیز شده از روش نمودار کالیبراسیون تثبیت شده قدیمی، استفاده شد. برای ساخت نمودار کالیبراسیون تثبیت شده، ۵۰۰ گرم نمونه دوغ برداشت و نمونه‌های ۵ گرمی از آن جدا شد. سپس از ۳۰ نمونه برای آماده سازی ۱۰ نقطه‌ی کالیبراسیون ( ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۷۵، ۲۲۵ و $Kg^{-1}$ ng ۵۰۰ و ۱/۰، ۵/۰، ۲۵/۰، ۱۰۰/۰ و µg/Kg ۲۵۰/۰ ) در سه نسخه

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

به وسیله اضافه کردن محلول‌هایی از مخلوط استاندارد نمونه‌ها، استفاده شد. برای ارزیابی کارایی روش و درست بودن نتایج، نمونه‌های کنترل کیفیت برای ۴ سطح از غلظت (۰/۲۵، ۰/۷۵، ۵۰/۰ و ۱۵۰/۰ µg/Kg) در سه نسخه تهیه و آماده‌سازی شد. برای استفاده از روش نمودار کالیبراسیون تثبیت شده، آماده‌سازی و کنترل کیفیت نمونه‌ها به همان مشابهت نمونه‌های واقعی بسیار مهم است. وقتی PAHs واقعا به درون ماتریکس دوغ افزوده شد، آنالیزهای تثبیت شده به مانند نمونه‌های واقعی به درون ماتریکس باند نخواهند شد. این تفاوت در باند شدن سبب خطای معنی‌داری در کمی کردن داده‌ها می‌شود. بنابراین در این مطالعه ما از یک روش خاص برای آماده‌سازی نمونه‌های تثبیت شده استفاده کردیم. بعد از تثبیت کردن، نمونه‌های کنترل کیفیت وکالیبراسیون به خوبی نمونه‌های تثبیت نشده که برای اندازه‌گیری سطوح خط مبنا و معیار به مدت ۳۰ دقیقه درون ظروف حاوی ۱۰ میلی‌لیتر از محلول با نسبت ۵۰-۵۰ آب-متانول هموژن شد، استفاده گردید. سپس نمونه‌ها بعد از اینکه به مدت ۲۴ ساعت در یک محیط تاریک با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شد، به مدت ۲ ساعت در درون دمای اتاق قرار داده شد. در نهایت نمونه‌ها در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت فریز شدند. بعد از استخراج در شرایط بهینه شده، نمودارهای کالیبراسیون توسط کشیدن نسبت‌های منطقه اوج یا حداکثر (استاندارد داخلی/آنالیت)، که بر مبنای سطوح ابتدایی و در خلاف غلظت‌های اسمی تثبیت شده PAHs تصحیح شده بود، ترسیم شدند.

*تحلیل آماری*

پس از انجام آزمایش‌ها، داده‌ها وارد نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ شد. جهت مقایسه میانگین شاخص‌های PAH بر مبنای متغیرهای کیفی همچون نوع محصولات، برند و فصل از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد و برای مقایسه میانگین PAH در تاریخ تولید از آزمون تی مستقل استفاده شد. سطح معنی‌داری ۵ درصد در نظر گرفته شد. درمواردی‌که ترکیبات PAH مشاهده (Detect) نشد، ازنصف کم‌ترین حد تشخیص (Limit of Detection) به منظور محاسبه میانگین غلظت‌ها استفاده شد.

## یافته ها

*بررسی غلظت PAH ها در انواع مختلف دوغ های ایرانی*

شاخص میانگین فاکتورهای PAH در در دوغ در جدول شماره ۲ لیست شده است.

**جدول شماره ۲:** غلظتs PAH در دوغ های مختلف ایرانی (µg/kg)

| آنالیت | انحراف معیار± میانگین | بیشینه | کمینه | تعداد | سطح معنی داری |
|---|---|---|---|---|---|
| NA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| Ace | ۰/۳۸±۰/۱۰ | ۰/۵۴ | ۰/۲۱ | ۲۴ | P < ۰/۰۰۱ |
| Ac | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| F | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| Pa | ۰/۵۱±۰/۱۴ | ۰/۷۶ | ۰/۳۰ | ۲۴ | P < ۰/۰۰۱ |
| A | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| Fl | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| P | ۰/۷۳±۰/۰۸ | ۰/۹۰ | ۰/۶۲ | ۲۴ | P < ۰/۰۰۱ |
| BaA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| Ch | ۰/۰۵±۰/۰۳ | ۰/۱۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| BbF | ۰/۰۷±۰/۰۴ | ۰/۱۴ | ۰/۰۲ | ۲۴ | P < ۰/۰۰۱ |
| BkF | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| BaP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۰/۷۳۷ |
| IP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| DhA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۱/۰۰۰ |
| BgP | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۶ | ۰/۰۲ | ۲۴ | ۰/۰۸۷ |
| total | ۱/۹۶±۰/۳۹ | ۲/۷۳ | ۱/۳۹ | ۲۴ | P < ۰/۰۰۱ |
| PAH4 | ۰/۱۵±۰/۰۷ | ۰/۳۱ | ۰/۰۸ | ۲۴ | P < ۰/۰۰۱ |

برای محاسبه اثر دوغ بر روی فاکتورهای PAH از آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شد. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین Ace، Pa، P، BbF، total و PAH4 در دوغ وجود داشت. آنالیت P دارای بالاترین میزان میانگین (۰/۷۳ ± ۰/۰۸) و بیش‌ترین میزان بیشینه بودند (۰/۹). از طرف دیگر آنالیت‌های NA، Ac، F، A، Fl، BaA، BkF، BaP، IP و DhA دارای کم‌ترین میزان میانگین بودند (۰/۰۲±۰/۰۰). میانگین PAH کل برابر ۱/۹۶ ± ۰/۳۹ و میانگین PAH4 برابر ۰/۱۵ ± ۰/۰۷ µg/Kg بود.

*مقایسه اثر برندهای مختلف در غلظت PAH ها*

میانگین فاکتورهای PAH بر مبنای نوع برند در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. از آنالیز واریانس

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

یک طرفه برای محاسبه تاثیر نوع برنـد بـر روی فاکتورهـای PAH استفاده شد و انواع برنـدها A، B و C نـام‌گـذاری شـد. اخـتلاف معنـی‌داری در متغیرهـای PAH وجـود نداشت. اگرچه در دوغ میانگین همه متغیرها در برنـد B بـالاترین (۲/۰۴ ± ۰/۴۱) و در برنـد A پـایین‌تـرین بـود (۱/۹۶ ± ۰/۳۹). آنالیـت P در برنـد B دارای بـالاترین میانگین غلظت بود (۰/۷۶ ± ۰/۰۹).

**جدول شماره ۳:** میانگین غلظت PAH ها در برند های مختلف دوغ (µg/Kg)

| آنالیت | نوع برند A<br>انحراف معیار ± میانگین | B<br>انحراف معیار ± میانگین | C<br>انحراف معیار ± میانگین | سطح معنی داری |
|---|---|---|---|---|
| NA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Ace | ۰/۳۸±۰/۰۱ | ۰/۴۰±۰/۱۰ | ۰/۳۶±۰/۱۰ | ۰/۸۱۸ |
| Ac | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| F | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Pa | ۰/۵۱±۰/۱۴ | ۰/۵۳±۰/۱۴ | ۰/۵۰±۰/۱۴ | ۰/۹۲۷ |
| A | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Fl | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| P | ۰/۷۳±۰/۰۸ | ۰/۷۶±۰/۰۹ | ۰/۷۲±۰/۰۸ | ۰/۶۶۶ |
| BaA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Ch | ۰/۰۵±۰/۰۳ | ۰/۰۵±۰/۰۴ | ۰/۰۴±۰/۰۳ | ۰/۸۳۷ |
| BbF | ۰/۰۶±۰/۰۳ | ۰/۰۸±۰/۰۴ | ۰/۰۶±۰۴/۰ | ۰/۷۰۶ |
| BkF | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| BaP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۶۱۴ |
| IP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| DhA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| BgP | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۳۲۲ |
| total | ۱/۹۶±۰/۳۹ | ۲/۰۴±۰/۴۱ | ۱/۹۰±۰/۳۹ | ۰/۸۸۶ |
| PAH4 | ۰/۱۵±۰/۰۷ | ۰/۱۷±۰/۰۸ | ۰/۱۴±۰/۰۷ | ۰/۷۶۹ |

*مقایسه اثر فصول مختلف در غلظت PAH ها*

میانگین فاکتورهای PAH بـر مبنـای نـوع محصـول لبنی در فصول مختلف در جدول شماره ۴ نشـان داده شـده است و از آنالیز واریانس یک طرفه برای مقایسه استفاده شـد. همـه فاکتورهـای PAH در سـطح ۰/۰۵ معنـی‌دار بودند بـه جـز بـرای NA، AC، F، A، Fl، BaA، BkF، BaP، Ip و DhA . اگرچه در دوغ میانگین همه فاکتورها در زمستان بیش‌ترین (۲/۳۳ ± ۰/۳۲) و در بهار کم ترین (۱/۶۲ ± ۰/۱۹) بود. بـالاترین میـزان میـانگین PAH نیـز مربوط به آنالیت P در فصل زمستان بود (۰/۸۱ ± ۰/۰۷).

*مقایسه اثر تاریخ ها مختلف در غلظت PAH ها*

میانگین فاکتورهای PAH بر مبنای نوع محصولات لبنـی و زمـان تولیـد (تـاریخ تولیـد و تـاریخ انقضـا) در جدول شماره ۵ آمده است. برای تاثیر اثر زمان تولید، از تست تی مسـتقل اسـتفاده شـد. اخـتلاف معنـی‌داری در فاکتورهای Ace، Pa، P، Ch، Bbf ، total و PAH4 بین تـاریخ تولیـد و انقضـا در دوغ وجـود داشـت. در هـر صـورت میـانگین تمـام فاکتورهـای PAH در دوغ در تـاریخ انقضـا (۲/۲۰ ± ۰/۳۷) بـالاتر از زمـان تولیـد (۱/۷۳ ± ۰/۲۴) بود. آنالیت P نیز در زمان تـاریخ انقضـا دارای بالاترین میانگین PAH بود (۰/۷۸ ± ۰/۰۹).

**جدول شماره ۴:** میانگین غلظت PAH ها در فصول مختلف (µg/Kg)

| آنالیت | فصل<br>بهار<br>حراف معیار ± میانگین | تابستان<br>انحراف معیار ± میانگین | پاییز<br>انحراف معیار ± میانگین | زمستان<br>انحراف معیار ± میانگین | سطح معنی داری |
|---|---|---|---|---|---|
| NA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Ace | ۰/۲۹±۰/۰۶ | ۰/۳۴±۰/۰۶ | ۰/۴۲±۰/۰۸ | ۰/۴۷±۰/۰۶ | ۰/۰۰۱ |
| Ac | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| F | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Pa | ۰/۴۰±۰/۰۹ | ۰/۴۴±۰/۰۷ | ۰/۵۷±۰/۱۲ | ۰/۶۴±۰/۱۱ | ۰/۰۰۱ |
| A | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Fl | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| P | ۰/۶۵±۰/۰۳ | ۰/۷۰±۰/۰۳ | ۰/۷۸±۰/۰۷ | ۰/۸۱±۰/۰۷ | P < ۰/۰۰۱ |
| BaA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Ch | ۰/۰۲ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۴±۰/۰۲ | ۰/۰۶±۰/۰۴ | ۰/۰۷±۰/۰۴ | ۰/۰۳۳ |
| BbF | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۶±۰/۰۳ | ۰/۰۸±۰/۰۴ | ۰/۱۰±۰/۰۳ | ۰/۰۰۲ |
| BkF | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| BaP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۸۹ |
| IP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| DhA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| BgP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۴ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۱۳ |
| total | ۱/۶۲±۰/۱۹ | ۱/۸۸±۰/۱۹ | ۲/۱۳±۰/۳۶ | ۲/۳۳±۰/۳۲ | ۰/۰۰۱ |
| PAH4 | ۰/۱۰±۰/۰۲ | ۰/۱۳±۰/۰۴ | ۰/۱۷±۰/۰۷ | ۰/۲۲±۰/۰۷ | ۰/۰۰۷ |

**جدول شماره۵:** میانگین غلظتPAHها درمدت زمان‌نگه‌داری(µg/Kg)

| آنالیت | زمان نگه داری<br>تاریخ تولید<br>انحراف معیار ± میانگین | تاریخ انقضا<br>انحراف معیار ± میانگین | سطح معنی داری |
|---|---|---|---|
| NA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Ace | ۰/۳۲±۰/۰۷ | ۰/۴۴±۰/۰۸ | ۰/۰۰۱ |
| Ac | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| F | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Pa | ۰/۴۲±۰/۰۹ | ۰/۶۰±۰/۱۲ | ۰/۰۰۱ |
| A | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Fl | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| P | ۰/۶۹±۰/۰۵ | ۰/۷۸±۰/۰۹ | ۰/۰۱۳ |
| BaA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| Ch | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱ | ۰/۰۳ ± ۰/۰۷ | ۰/۰۰۱ |
| BbF | ۰/۰۵±۰/۰۲ | ۰/۰۹±۰/۰۴ | ۰/۰۰۲ |
| BkF | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| BaP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۱۶۶ |
| IP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| DhA | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۱/۰۰۰ |
| BgP | ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ | ۰/۰۳ ± ۰/۰۱ | ۰/۱۰۵ |
| total | ۱/۷۳±۰/۲۴ | ۲/۲۰±۰/۳۷ | ۰/۰۰۲ |
| PAH4 | ۰/۱۱±۰/۰۳ | ۰/۲۰±۰/۰۷ | ۰/۰۰۱ |

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

## بحث

از آن جایی که تاکنون استاندارد قانونی برای PAHs در دوغ و حتی در شیر در ایران و دنیا تعیین نشده به ناچار از قوانین مشابه (و در ماتریکس غذایی مشابه) برای مقایسه استفاده خواهد شد که این قوانین شامل قوانین انجمن اروپایی به شماره ۸۳۵/۲۰۱۱ (کمیسیون اروپایی a۲۰۱۱) برای PAH4 در شیر خشک و غذای کودک است که میزان استاندارد ۱ µg/kg را تعیین نموده است(۱۴،۱۳،۵). اتحادیه اروپا نیز بالاترین میزان (MLs) مصرف µg/kg ۱ را برای benzo[a]pyrene در غذای نوزاد، کودک و بچه‌ها و همین‌طور در شیر مصرفی آن‌ها تعیین و تصویب نموده است(۲۵،۲۳،۱۹).

بنابراین نتایج ما نشان داده که میزان میانگین و ماکزیمم PAH4 در دوغ به ترتیب ۰/۱۵ ± ۰/۰۷ و ۰/۳۱ µg/kg بوده است که از استاندارد پایین‌تر بوده است. در مورد BaP نیز به همین صورت بوده و میزان میانگین ۰/۰۲ ± ۰/۰۰ و ماکزیمم ۰/۰۳ µg/kg بوده است که مجددا پایین‌تر از استانداردهای تعریف شده برای این ماده در مواد غذایی مشابه بود. میزان میانگین کل PAH در دوغ برابر ۱/۹۶ µg/kg ± ۰/۳۹ بوده است که به دلیل بومی بودن این نوشیدنی، به مقایسه آن با سایر مواد غذایی در کشورهای مختلف خواهیم پرداخت. Grova و همکاران در سال ۲۰۰۲ در کشور فرانسه میانگین ۸ PAH در شیر تازه را ۲۶/۷ ng/g ± ۱۰/۸ بیان نمود(۲۴).

در سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ Aguinaga و همکاران با بررسی ۱۶ و ۱۰ PAH در غذای کودک، نتایج را پایین‌تر از حد تشخیص دستگاه بیان نمودند(۱۰،۵).

Abou-Arab و همکاران در سال۲۰۱۴ در مصر با اندازه‌گیری ۱۵ PAH در شیرخام مزرعه، شیر خام صنعتی و شیر پاستوریزه، میانگین PAH ها را به ترتیب ۱/۰۱۱، ۰/۳۷۰ و ۰/۱۹۸ µg/kg بیان نمودند(۴). در سال ۲۰۱۵ Lee و همکاران در کره جنوبی ۸ PAH را در محصولات لبنی و غذای دریایی اندازه‌گیری نمودند و نتایج آن ها بدین صورت بود که مجموع PAHs در مواد فوق به ترتیب ۱/۵۲ و ۱/۰۶ µg/kg بوده است(۳۸). مطالعه دیگری در رومانی توسط Dobrinas و همکاران در سال ۲۰۱۶ بر روی شیر خشک انجام گرفت که مجموع ۱۵ PAH برابر ۰/۴۷۵- ۱/۴ µg/kg بود(۱۷). در سال ۱۹۸۴ در کانادا در مطالعه ای که Lawrence و همکاران انجام دادند بیان نمودند که مجموع میانگین ۱۵ PAH در شیر خامه گیری شده و غذای کودک به ترتیب ۲/۷-۰ و ۸/۱ µg/kg بوده است(۳۹).

Wegrzyn و همکاران در سال ۲۰۰۶ در کشور لهستان بر روی شیر خشک مطالعه‌ای انجام دادند که نتایج نشان داد مجموع ۱۶ PAH اندازه‌گیری شده برابر ۱/۸۳ µg/kg بوده است(۴۰). نتایج مطالعه دیگری که بر روی پنیر دودی صنعتی توسط Suchanov در سال ۲۰۰۸ انجام شد، نشان داد که مجموع میانگین ۱۵ PAH برابر ۰/۱۱ µg/kg بوده است(۴۱).

Naccari و همکاران در سال ۲۰۱۱ با اندازه‌گیری ۱۶ PAH در شیر خام، شیر پاستوریزه و شیر کامل بیان نمودند که میانگین مجموع PAH ها به ترتیب ۵/۴۴، ۶/۵۱ و ۷/۷۵ µg/kg بوده است(۴۲). در سال ۲۰۱۲ در ایتالیا مطالعه‌ای توسط Cirillo و همکاران بر روی پنیر غیر دودی و دودی انجام شد که مجموع میانگین ۱۶ PAH به‌ترتیب برابر ۱۶۰/۰۵-۵۹/۱۱ و ۳۹۹/۹۰- ۶۷/۴۹ µg/kg بود(۴۳). اسحاقی گرجی و همکاران در سال ۲۰۱۶ با بررسی ۱۵ PAH در انواع کباب‌های شهر تهران مجموع میانگین آن‌ها را µg/kg ۱۷/۹۴-۷/۳۷ نشان دادند(۱۶). در سال ۲۰۱۰ فرهادیان و همکاران در ایران با اندازه‌گیری ۳ PAH در گوشت‌های گریل شده مجموع میانگین آن‌ها را ng/g ۱۳۲-۳/۵۱ بیان نمودند(۱۵).

Wretling و همکاران در سال ۲۰۰۹ با اندازه‌گیری BaP در گوشت دودی سوئدی میزان میانگین آن را µg/kg ۳۶/۹-۶/۶ بیان نمودند(۴۴).

مطالعه Yurchenko و همکاران در سال ۲۰۰۵ در استونی بر روی ماهی دودی میانگین مجموع ۶ PAH را

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

۱۲/۳۷ µg/kg اندازه‌گیری نمودند(۴۵). در سال ۲۰۱۰ در اسپانیا Martorell و همکاران با اندازه‌گیری ۱۶ PAH در گوشت و فراورده‌های گوشتی، ماهی و صدف‌ها، سبزیجات، میوه‌ها، شیر و روغن و چربی، مجموع میانگین آن‌ها را به ترتیب ۳۸/۹۹، ۲/۸۷، ۱/۲۲، ۰/۸۱، ۰/۴۷ و ۱۸/۷۵ µg/kg بیان نمودند(۳۰). Orecchio و همکاران در سال ۲۰۰۹ در ایتالیا با مطالعه‌ای که بر روی ۲۲ PAH در قهوه انجام دادند مجموع میانگین آن‌ها را ۱/۸-۰/۵۲ µg/L بیان نمودند(۴۶). بالاتر بودن میزان PAHs در مطالعات ذکر شده می‌تواند به دلایلی چون آلودگی اولیه آب و غذای دام، استفاده از سوخت‌های فسیلی برای گرمایش دام‌داری‌ها، قرار گرفتن دام‌داری‌ها در مناطق صنعتی، فرایندهای گرمایی زیاد روی مواد اولیه و آلودگی‌های ثانویه در مواد غذایی باشد(۴۸،۴۷،۳۸،۳۲،۳۰).

میانگین همه متغیرها در برند B بالاترین (۲/۰۴±۰/۴۱) و در برند A پایین‌ترین بوده است (۱/۹۶ ± ۰/۳۹)، که بالاتر بودن آن به دلایلی چون نزدیکی به محیط صنعتی و شاید علوفه‌های کشت شده در نزدیکی محیط‌های صنعتی بوده باشد. میانگین همه فاکتورها در زمستان بیش‌ترین (۲/۳۳ ± ۰/۳۲) و در بهار کم‌ترین (۱/۶۲ ± ۰/۱۹) بوده است، که بالاتر بودن میزان آن ها در فصل زمستان به دلایلی همچون استفاده از سوخت‌های فسیلی در فصل زمستان و پایین‌تر بودن میزان آن‌ها به دلیل استفاده از علوفه تازه در فصل بهار بوده است. میانگین تمام فاکتورهای PAH در دوغ در تاریخ انقضا (۲/۲۰ ± ۰/۳۷) بالاتر از زمان تولید (۱/۷۳ ± ۰/۲۴) بود که بالاتر بودن آن به دلایلی چون افزایش آزاد شدن و تجزیه شدن این ترکیبات در طول زمان بوده است.

مطالعه حاضر که با اندازه‌گیری ترکیبات سرطان‌زا و خطرناک موجود در دوغ که یک نوشیدنی بسیار پر مصرف و مفید در ایران است، نشان داد که ترکیبات PAH موجود در دوغ از حدود استانداردها پایین‌تر است بنابراین از این بابت خطری مصرف‌کنندگان ایرانی را تهدید نمی‌کند، از طرفی نشان داد که فصل‌های سال و زمان تولید و همینطور نوع برند در میزان این سموم موثر می باشد ولی به دلیل پایین‌تر بودن از حدود استاندارد خطری ندارد ولی پیشنهاد می‌شود که ارزیابی خطر این ترکیبات در دوغ و سایر ترکیبات انجام شود و میزان این ترکیبات در سایر مواد غذایی هم بررسی شود و در اسرع وقت برای این ترکیبات بسیار مضر، در ایران استانداردهای قانونی و لازم تدوین و مورد استفاده قرار گیرد. در ضمن ارتباط میزان آلاینده مورد بررسی با برخی عوامل نظیر مراکز تامین شیر (سنتی یا صنعتی بودن دامداری)، کیفیت شیر خام مورد استفاده (درجه کیفی طبق استاندارد ملی ایران)، وجود یا عدم وجود طعم دهنده و اسانس، پودر شیر یا پروتئین های شیر براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۴۵۳، مورد بررسی قرار گیرد.

## سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از طرح پژوهشی دانشکده بهداشت به شماره ۹۶۲۵۳ و کد اخلاق IR.FUMS.REC.1397.029 است که با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی فسا انجام شد و بدین وسیله بخاطر تامین هزینه تشکر می‌شود.

## References

1. Amiri A, Baghayeri M, Kashmari M. Magnetic nanoparticles modified with polyfuran for the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons prior to their determination by gas chromatography. Microchimica Acta 2016; 183(1): 149-156.
2. Ahmadkhaniha R, Rastkari N, Jeddi MZ, Yunesian M, Gorji MEh, Moazzen M. 950: Intake and potential cancer risk of polycyclic aromatic hydrocarbons associated with

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

traditional grilled meat consumption in Iran. Eur J Cancer 2014; 50(5): S231-S2.

3. Bianchi F, Careri M ,Mangia A, Mattarozzi M, Musci M. Experimental design for the optimization of the extraction conditions of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk with a novel diethoxydiphenylsilane solid-phase microextraction fiber. J Chromatogr A 2008; 1196-1197: 41-45.
4. Abou-Arab A, Abou-Donia M, El-Dars F, Ali O, Hossam A. Detection of polycyclic aromatic hydrocarbons levels in Egyptian meat and milk after heat treatment by Gas chromatography-mass spectrometry. Int J Curr Microbiol App Sci 2014; 3(7): 294-305.
5. Aguinaga N, Campillo N, Vinas P, Hernández-Córdoba M. Determination of 16 polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and related products using solid-phase microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry. Anal Chim Acta 2007; 596(2): 285-290.
6. Ahmadkhaniha R, Shafiee A, Rastkari N, Kobarfard F. Accurate quantification of endogenous androgenic steroids in cattle's meat by gas chromatography mass spectrometry using a surrogate analyte approach. Anal Chim Acta 2009; 631(1): 80-86.
7. Rastkari N, Ahmadkhaniha R. Magnetic solid-phase extraction based on magnetic multi-walled carbon nanotubes for the determination of phthalate monoesters in urine samples. J chromatogr A 2013; 1286: 22-28.
8. Shariatifar N, Dadgar M, Fakhri Y, Shahsavari S, Moazzen M, Ahmadloo M, et al. Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and milk powder samples and their likely risk assessment in Iranian population. Journal of Food Composition and Analysis. 2020; 85: 103331.
9. Abdel-Shafy HI, Mansour MS. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. Egypt J Pet 2016; 25(1): 107-123.
10. Aguinaga N, Campillo N, Viñas P, Hernández-Córdoba M. A headspace solid-phase microextraction procedure coupled with gas chromatography–mass spectrometry for the analysis of volatile polycyclic aromatic hydrocarbons in milk samples. Anal Bioanal Chem 2008; 391(3): 753-738.
11. Chung T-L, Liao C-J, Chen M-F. Comparison of liquid–liquid extraction and solid-phase extraction for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in the milk of Taiwan. J Taiwan Inst Chem Eng 2010; 41(2): 178-183.
12. Ahmadloo M, Shariatifar N, Mahmoudi R, Qajarbeygi P, Moazzen M, Akbarzadeh A, et al. Assessment of Polychlorinated Biphenyls Concentration in Egg Using GC-MS Method. J Mazandaran Univ Med Sci 2019; 28(168): 69-81 (Persian).
13. Ciecierska M, Obiedziński M. Polycyclic aromatic hydrocarbons in infant formulae, follow-on formulae and baby foods available in the Polish market. Food Control 2010; 21(8): 1166-1172.
14. Cho HK, Shin HS. Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbon contents and risk assessment for infant formula in Korea. Food Sci Biotechnol 2012; 21(5): 1329-1334.
15. Farhadian A, Jinap S, Abas F, Sakar ZI. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meat. Food Control 2010; 21(5): 606-610.
16. Gorji MEh, Ahmadkhaniha R, Moazzen M, Yunesian M, Azari A, Rastkari N. Polycyclic aromatic hydrocarbons in Iranian Kebabs. Food Control 2016; 60: 57-63.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

17. Dobrinas S, Soceanu A, Popescu V, Coatu V. Polycyclic aromatic hydrocarbons and pesticides in milk powder. J Dairy Res 2016; 83(2): 261-265.
18. Fasano E, Yebra-Pimentel I, Martínez-Carballo E, Simal-Gándara J. Profiling, distribution and levels of carcinogenic polycyclic aromatic hydrocarbons in traditional smoked plant and animal foods. Food Control 2016; 59: 581-590.
19. Garcia Londoño VA, Garcia LP, Scussel VM, Resnik S. Polycyclic aromatic hydrocarbons in milk powders marketed in Argentina and Brazil. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess 2013; 30(9): 1573-1580.
20. Gutiérrez R, Vega S, Ortiz R, Pérez JJ, Schettino B. Presence of PAHs in milk of industrial farms from Tizayuca, Hidalgo, Mexico. J Environ Sci Health B 2015; 50(5): 317-321.
21. Howard JW, Fazio T. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods. Handbook of Naturally Occurring Food Toxicants. Florida, CRC Press; 2018.
22. Falco G, Domingo JL, Llobet JM, Teixido A, Casas C, MÜLLER L. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods: human exposure through the diet in Catalonia, Spain. J Food Prot 2003; 66(12): 2325-2331.
23. Girelli A, Sperati D, Tarola AM. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in Italian milk by HPLC with fluorescence detection. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess 2014; 31(4): 703-710.
24. Grova N, Feidt C, Crépineau C, Laurent C, Lafargue PE ,Hachimi A, et al. Detection of polycyclic aromatic hydrocarbon levels in milk collected near potential contamination sources. J Agric Food Chem 2002; 50(16): 4640-4642.
25. Grova N, Schroeder H, Farinelle S, Prodhomme E, Valley A, Muller CP. Sub-acute administration of benzo [a] pyrene (B [a] P) reduces anxiety-related behaviour in adult mice and modulates regional expression of N-methyl-D-aspartate (NMDA) receptors genes in relevant brain regions. Chemosphere 2008; 73(1): S295-S302.
26. Han J-H, Kim M-J, Shin H-S. Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbon contents and risk assessment for infant formula in Korea. J Korean Soc Appl Bi 2014; 57(2): 173-179.
27. Kiani A, Ahmadloo M, Shariatifar N, Moazzen M, Baghani AN, Khaniki GJ, et al. Method development for determination of migrated phthalate acid esters from polyethylene terephthalate (PET) packaging into traditional Iranian drinking beverage (Doogh) samples: a novel approach of MSPE-GC/MS technique. Environ Sci Pollut Res Int 2018; 25(13): 12728-12738.
28. Kouhpayeh A, Moazzen M, Jahed Khaniki GR, Dobaradaran S, Shariatifar N, Ahmadloo M, et al. Extraction and determination of phthalate esters (PAEs) in Doogh. J Mazandaran Univ Med Sci 2017; 26(145): 257-267 (Persian).
29. Iwegbue CM, Edeme JN, Tesi GO, Bassey FI, Martincigh BS, Nwajei GE. Polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in commercially available infant formulae in Nigeria: Estimation of dietary intakes and risk assessment. Food Chem Toxicol 2014; 72: 221-227.
30. Kamankesh M, Mohammadi A, Hosseini H, Tehrani ZM. Rapid determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

meat using microwave-assisted extraction and dispersive liquid–liquid microextraction coupled to gas chromatography–mass spectrometry. Meat Science 2015; 103: 61-67.

31. Lamichhane S, Krishna KB, Sarukkalige R. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) removal by sorption: a review. Chemosphere 2016; 148: 336-353.
32. Martorell I ,Perelló G, Martí-Cid R, Castell V, Llobet JM, Domingo JL. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in foods and estimated PAH intake by the population of Catalonia, Spain: temporal trend. Environ Int 2010; 36(5): 424-432.
33. Mehdinia A, Khodaee N, Jabbari A. Fabrication of graphene/Fe3O4@ polythiophene nanocomposite and its application in the magnetic solid-phase extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from environmental water samples. Anal Chim Acta 2015; 868: 1-9.
34. Moazzen M, Ahmadkhaniha R, Gorji MEh, Yunesian M, Rastkari N. Magnetic solid-phase extraction based on magnetic multi-walled carbon nanotubes for the determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in grilled meat samples. Talanta 2013; 115: 957-965.
35. Moazzen M, Khaneghah AM, Shariatifar N, Ahmadloo M, Eş I, Baghani AN, et al. Multi-walled carbon nanotubes modified with iron oxide and silver nanoparticles (MWCNT-Fe3O4/Ag) as a novel adsorbent for determining PAEs in carbonated soft drinks using magnetic SPE-GC/MS method. Arab J Chem 2019; 12(4): 476-488.
36. Moazzen M, Mahvi AH, Shariatifar N, Jahed Khaniki G, Nazmara S, Alimohammadi M, et al. Determination of phthalate acid esters (PAEs) in carbonated soft drinks with MSPE/GC–MS method. Toxin Reviews 2018; 37(4): 319-326.
37. Mohammadi M, Valizadeh-Kakhki F. Polycyclic aromatic hydrocarbons determination in grilled beef and chicken. Polycyclic Aromatic Compounds 2018; 38(5): 434-444.
38. Lee SY, Lee JY, Shin HS. Evaluation of chemical analysis method and determination of polycyclic aromatic hydrocarbons content from seafood and dairy products. Toxicol Res 2015; 31(3): 265-271.
39. Lawrence JF, Weber DF. Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in Canadian samples of processed vegetable and dairy products by liquid chromatography with fluorescence detection. J Agric Food Chem 1984; 32(4): 794-797.
40. Wegrzyn E, Grzeskiewicz S, Poplawska W, Glod B. Modified analytical method for polycyclic aromatic hydrocarbons, using sec for sample preparation and RP-HPLC with fluorescence detection. Application to different food samples. Acta Chromatographica 2006; 17: 233-249.
41. Suchanová M, Hajšlová J, Tomaniová M, Kocourek V, Babička L. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked cheese. J Sci Food Agric 2008; 88(8): 1307-1317.
42. Naccari C, Cristani M, Giofrè F, Ferrante M, Siracusa L, Trombetta D. PAHs concentration in heat-treated milk samples. Food Res Int 2011; 44(3): 716-724.
43. Cirillo T, Milano N, Cocchieri RA. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in traditional smoked dairy products from Campania (Italy). Ital J Public Health 2004; 1(1-2): 51-53.
44. Wretling S, Eriksson A, Eskhult G, Larsson B. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]

in Swedish smoked meat and fish. J Food Compos Anal 2010; 23(3): 264-272.

45. Yurchenko S, Mölder U. The determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish by gas chromatography mass spectrometry with positive-ion chemical ionization. J Food Compos Anal 2005; 18(8): 857-869.
46. Orecchio S, Ciotti VP, Culotta L. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in coffee brew samples: analytical method by GC–MS, profile, levels and sources. Food Chem Toxicol 2009; 47(4): 819-826.
47. Rafiei Nazari R, Noorian S, Arabameri M. Migration modelling of phthalate from non-alcoholic beer bottles by adaptive neuro-fuzzy inference system. J Sci Food Agric 2018; 98(6): 2113-2120.
48. Santonicola S, Albrizio S, Murru N, Ferrante MC, Mercogliano R. Study on the occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in milk and meat/fish based baby food available in Italy. Chemosphere 2017; 184: 467-472.

[ Downloaded from jmums.mazums.ac.ir on 2026-11-24 ]