ORIGINAL ARTICLE

Assessment of Polychlorinated Biphenyls Concentration in Egg Using GC-MS Method

Mahsa Ahmadloo[1],
Nabi Shariatifar[2,3,4],
Razzagh Mahmoudi[5],
Peyman Qajarbeygi[6],
Mojtaba Moazzen[2]
Arash Akbarzadeh[7],
Shahrokh Nazmara[2],
Sina Dobaradaran[8]

[1] MSc in Food Hygiene and Safety, School of Public Health, Qazvin University of Medical Sciences, Qazvin, Iran
[2] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[3] Associate Professor, Halal research center of IRI.FDA.MOH, Tehran, Iran
[4] Associate Professor, Food safety research center, Shahid Beheshti University of medical science, Tehran, Iran
[5] Associate Professor, Medical Microbiology Research Center, Qazvin University of sciences, Qazvin, Iran
[6] Associate Professor, Health Products Safety Research Center, Qazvin University of medical sciences, Qazvin, Iran
[7] MSc in Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[8] Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran

(Received February 5, 2018 ; Accepted July 17, 2018)

Abstract

Background and purpose: Organic chlorine pollutants are stable in the environment and dangerous to the health of living organisms. Among these compounds, polychlorinated biphenyls (PCBs) can be carcinogenic to humans and affect brain function, nervous system, reproductive system, and the immune system. They could enter the body through many ways including eating or drinking contaminated water and food such as chicken egg.

Materials and methods: Sampling of 4 brand of chicken eggs was performed in all seasons in Tehran, Iran 2017. The mixed solvent of Hexane: Dichloromethane (same ratio) was used for extraction applying ultrasonic method. Then, the two phases were separated using concentrated sulfuric acid. They were then condensed by a rotary machine with a vacuum pump under a gentle nitrogen gas and purified using silica gel column or florisil. Finally, the concentration of each PCB was measured by the GC-MS device.

Results: In all samples, the mean polychlorinated biphenyls (1.40±0.3 pg WHO-TEQ /g fat) was lower than the standard range and the highest concentration was associated with PCB 28 (mean value= 0.802 pg WHO-TEQ / g fat). One of the brands (B) had the highest average of PCBs, and the most contaminated eggs were found in winter (1.822 pgWHO-TEQ/g fat).

Conclusion: In this study the average of each PCB was lower than the standard values in different types of eggs, indicating no risk to the consumers.

Keywords: polychlorinated biphenyls, egg, gas chromatography-mass (GC-MS)

J Mazandaran Univ Med Sci 2019; 28 (168): 69-81 (Persian).

*** Corresponding Author: Peyman Qajarbeygi -** Health Products Safety Research Center, Qazvin University of medical sciences, Qazvin, Iran (E-mail: pqajarbeygi@qums.ac.ir)

پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و هشتم شماره ۱۶۸ دی سال ۱۳۹۷ (۸۱-۶۲)

بررسی و اندازه گیری بی فنیل های پلی کلرینه در تخم مرغ با استفاده از روش GC-MS

مهسا احمدلو[۱]
نبی شریعتی فر[۲و۳و۴]
رزاق محمودی[۵]
پیمان قجربیگی[۶]
مجتبی موذن[۲]
آرش اکبر زاده[۷]
شاهرخ نظم آرا[۲]
سینا دوبرادران[۸]

چکیده

سابقه و هدف: آلاینده‌های آلی کلره، ترکیباتی پایدار در محیط زیست و خطرناک از نظر سلامتی موجودات زنده می‌باشند. از میان این ترکیبات، بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه می‌توانند برای انسان سرطان زا بوده و بر عملکرد فکری، سیستم عصبی، دستگاه تولید مثل و سیستم ایمنی بدن انسان تاثیر گذارند. یکی از راه‌های ورود این ترکیبات به بدن انسان از طریق تخم مرغ به دلیل تغذیه مرغ با غذاهای آلوده و یا از طریق آب و هوای آلوده می‌باشد.

مواد و روش‌ها: ابتدا نمونه برداری از ۴ برند تخم مرغ و در ۴ فصل در شهر تهران (سال ۹۶) انجام گرفت. برای استخراج از مخلوط حلال هگزان: دی کلرومتان با نسبت یکسان و توسط روش التراسونیک استفاده شد. سپس با کمک اسید سولفوریک غلیظ دو فاز را از هم جدا نموده و به وسیله دستگاه روتاری با پمپ خلا و تحت بخار ملایم نیتروژن تغلیظ و با ستون سیلیکاژل یا فلورسیل پاکسازی انجام شد. در نهایت غلظت هرکدام از PCB ها با دستگاه GC-MS اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: در تمامی نمونه‌ها میانگین میزان بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه (۱/۴۰±۰/۳ pgWHO-TEQ/gfat) پایین‌تر از محدوده استاندارد بوده است و بیش‌ترین غلظت نیز مربوط به PCB28 بود (با میانگین ۰/۸۰۲ pgWHO-TEQ/gfat). برندB دارای بالاترین میانگین PCB ها و فصل زمستان دارای بالاترین میزان آلودگی تخم مرغ‌ها (۱/۸۲۲ pgWHO-TEQ/gfat) بوده است.

استنتاج: به دلیل پایین‌تر بودن میانگین کل هرکدام از PCB ها نسبت به استاندارد در انواع مختلف تخم مرغ می‌توان بیان نمود که خطری از این مواد مصرف‌کننده‌ها را تهدید نمی‌کند.

واژه های کلیدی: بی فنیل های پلی کلرینه (PCBs) ، تخم مرغ، کروماتوگرافی گازی (GC-MS)

مقدمه

بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه (PCBs) همانند استرهای فتالات (PAEs) و هیدروکربن‌های آروماتیک چند هسته‌ای(PAHs) وسایر ترکیبات آلاینده، جزءآلاینده‌های شغلی و زیست محیطی است که بسیار خطرناک محسوب

مولف مسئول: پیمان قجربیگی– قزوین: دانشگاه علوم پزشکی قزوین E-mail: pqajarbeygi@qums.ac.ir
۱. کارشناس ارشد بهداشت و ایمنی مواد غذایی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. دانشیار، مرکز تحقیقات حلال، تهران، ایران
۴. دانشیار، مرکز تحقیقات ایمنی غذا، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۵. دانشیار، مرکز تحقیقات میکروبیولوژی پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۶. دانشیار، مرکز تحقیقات ایمنی محصولات سلامت، دانشگاه علوم پزشکی قزوین، قزوین، ایران
۷. کارشناس ارشد آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۸ دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۶/۱۱/۱۶ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات :۱۳۹۶/۱۱/۲۴ تاریخ تصویب : ۱۳۹۷/۴/۲۶

می‌گردند که دارای حلقه‌های بی فنیل بوده و محتوی ۲ تا ۱۰ اتم کلر هستند و این اختلاف در تعداد کلر آن‌ها منجر به تشکیل بی‌فنیل‌های مختلفی شده است(۸-۱). نقطه اشتعال آن‌ها ۲۰۰- ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد است. حلالیت بسیار کمی در آب دارند، اما در روغن‌ها و چربی‌ها محلول هستند. اگرچه این ترکیبات دارای ۲۰۹ عنصر هستند، تنها ۱۵۰ عنصر برای مصارف تجاری استفاده می‌شوند(۹). ترکیبات PCB جزءترکیبات آروماتیک با مشخصات مشابه ترکیبات dichloro diphenyl trichloroethane-DDT هستند. بی‌فنیل‌های کلردار از دهه ۱۹۳۰ تا ۱۹۹۰ در حجم بسیار زیادی تولید شده‌اند و به دلیل خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و الکتریکی منحصر به فرد خود در سطح وسیعی به عنوان دی‌الکتریک در خازن‌ها، مایعات هیدرولیک در ابزارهای هیدرولیکی، روغن ترانسفورمر، مواد پوشش‌دهنده سطح، چسب‌ها، آفت‌کش‌ها، کاغذهای کپی بدون کربن، جوهرها، موم‌ها و رنگ‌ها در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند(۱۲-۱۰). به زودی مشخص شد پلی‌کلروبی فنیل‌ها (PCBs) ترکیب‌های شیمیائی مقاوم و زیست تخریب‌ناپذیری هستند که می‌توانند آثار زیانباری بر سلامت انسان و محیط زیست داشته باشند. آن‌ها می‌توانند تا مسافت‌های زیادی جابجا شوند و در دورترین نقاط کره خاکی، از جمله مکان‌هایی که بسیار دور از مراکز تهیه و مصرف آن‌ها بوده‌اند، مشاهده شوند(۱۴،۱۳). اگر چه ساخت PCB ها براساس گزارش‌ها ممنوع شده است، اما پتانسیل یا امکان ورود واقع بینانه آن‌ها به محیط زیست وجود دارد، زیرا مقادیر قابل توجهی از آن‌ها در انبارها و یا در دستگاه‌های مختلف وجود دارند. در آب، غلظت PCBs در نزدیکی سواحل و فعالیت انسانی بالاتر است. منبع اصلی PCBs در آب‌های سطحی از رسوبات، هوا و زمین است. رسوبات ته آب می‌تواند به عنوان یک مخزنی که PCBs را در مقادیرکم به آب آزاد می‌کند، عمل کند(۱۷،۹-۱۵). چرخه محیط زیستی به عنوان منبع اصلی PCBs در خاک‌ها به جز در نواحی نشت و دفع در نظر گرفته می‌شوند. این ترکیبات به صورت قوی به خاک متصل شده و ممکن است برای چندین سال آنجا بماند. این ترکیبات نسبت به تجزیه بسیار مقاوم هستند و می‌توانند برای سال‌های متمادی در خاک و آب باقی بمانند(۲۱-۱۸). از آن‌جایی که این ترکیبات لیپوفیل هستند در بافت چرب ماهی‌ها، پرندگان، حیوانات و انسان‌ها تجمع می‌یابند(۲۲). انسان‌ها از طریق خوردن غذا و یا نوشیدن آب آلوده به این ترکیبات آلوده خواهند شد. دفع بی رویه این ترکیبات به محیط زیست در گذشته منجر به آلودگی منابع مختلف محیط زیست شده است. نگرانی‌هایی که در مورد اثرات بهداشتی این ترکیبات بر روی انسان و نیز مقاومت آن‌ها در محیط وجود داشته است، منجر به توقف تولید آن‌ها در سال ۱۹۷۶ شد(۲۵-۲۳). تحقیقات نشان می‌دهند $۲/۱ \times ۱۰^{۸}$ کیلوگرم از ترکیبات PCBs تقریباً معادل ۱/۳ مقدار تولید شده آن، به عنوان آلاینده در محیط زیست شامل رودخانه‌ها خاک، دریاچه و رسوبات اقیانوس‌ها وارد شده است(۲۶).

مطالعات انجام شده روی حیوانات نشان داد که PCBs سرطان‌زا هستند. آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا، PCBs را به عنوان ماده احتمالی سرطان‌زای انسان طبقه‌بندی کرده است. مصرف کوتاه مدت غذاهای حاوی PCBs در حیوانات منجر به آسیب‌های کبدی و مرگ در آن‌ها گردید. این ترکیبات در حیوانات و انسان‌ها از طریق پوست، شش‌ها و لوله گوارش جذب می‌شود(۳۱-۲۷). PCBs پس از ورود به بدن از طریق خون به کبد، ماهیچه‌های مختلف و بافت چربی منتقل می‌شود و درآن‌جا تجمع می‌یابد. PCBs در انسان می‌توانند باعث سرطان‌زایی و یا تحریک سیستم ایمنی شوند و یا باعث نقص مادرزادی شوند(۳۳،۳۲،۲۵،۲۴). منبع اصلی PCBs در رژیم غذایی، غذاهای با منشا حیوانی، شیر، تخم‌مرغ، محصولات لبنی و ماهی است(۳۶،۲۲،۱-۳۴). آلودگی غذایی عمدتاً از PCBs نشسته در آب، خاک و رسوبات می‌آید(۱۷،۷). مصرف محصولات دامی در کشورهای در حال توسعه خصوصاً از دهه ۱۹۸۰ به بعد افزایش یافته است. سرانه مصرف تخم مرغ در کشورهای

توسعه یافته در سال ۲۰۰۵، ۱۳ کیلوگرم بوده که در کشورهای درحال توسعه و به طور کلی در جهان به ترتیب ۵/۵ و ۹ کیلوگرم برای هر فرد در سال بوده است. سرانه مصرف تخم مرغ در ایران حدود ۱۹۰ عدد یا حدود ۹ تا ۹/۵ کیلوگرم در سال می‌باشد(۳۷،۲۷). تخم‌مرغ یک منبع ارزان پروتئین با کیفیت بالا، ویتامین‌های ضروری و مواد معدنی است که برای یک رژیم غذایی سالم لازم هستند. تخم مرغ راحت پخته و خورده می‌شود و در بسیاری از فرهنگ‌ها به عنوان منبع اصلی غذایی محسوب می‌شود که می‌تواند خودش یک وعده غذایی بوده و یا از ترکیبات تشکیل‌دهنده غذا مثل نان، کیک، سس و غیره باشد(۳۸،۳۱،۲۷-۳۶).

در مطالعه Overmeire و همکاران در سال ۲۰۰۶، غلظت چندین آلاینده شیمیایی و از جمله بی‌فنیل‌های چند کلره در تخم‌مرغ‌های خانگی و تجاری اندازه‌گیری شد. در تخم مرغ‌های خانگی در ۳۶ درصد نمونه‌ها هیچ PCB دیده نشد، درحالی‌که نتایج حاصله در تخم‌مرغ‌های تجاری به ترتیب ۹۵ درصد بود، به‌طوری‌که می‌توان گفت هیچ آلودگی قابل توجهی به PCBs نشانگر در نمونه‌های مرغداری دیده نشد(۳۱).

در مطالعه Traag و همکاران در سال ۲۰۰۶، غلظت PCBs در تخم‌مرغ مرغان تخم‌گذار با مصرف غذای آلوده اندازه‌گیری شد. غلظت PCBs اندازه‌گیری شده در چربی تخم مرغ پس از ۹/۵ هفته به ترتیب ۱۶/۵ و ۲/۲ میکروگرم در هر گرم بود. این مطالعه بینش خوبی در ارتباط بین سطح آلاینده در غذا و تخم مرغ و اثر جایگزینی غذای آلوده با غذای غیر آلوده ارائه می‌دهد(۳۸).

در مطالعه Papadopoulos وهمکاران درسال ۲۰۰۴، میزان PCDD و DL-PCBs در نمونه‌های غذایی مختلف (شیر و محصولات لبنی، گوشت و محصولات گوشتی، ماهی، روغن گیاهی، تخم مرغ، میوه ، سبزی و برنج) در یونان اندازه‌گیری شد. بیش‌ترین مقدار non-ortho PCB اندازه‌گیری شده مربوط به نمونه های ماهی بود. مجموع non-ortho PCB اندازه‌گیری شده در تخم مرغ ۱۲/۲۴ پیکوگرم در هر گرم چربی بود(۲۴). در سال ۲۰۰۶، در مطالعه Darnerud و همکاران، دریافت روزانه آلاینده‌های ارگانوهالوژن از جمله PCBs در سبد بازار سوئد (ماهی، گوشت، محصولات لبنی، تخم مرغ، روغن و چربی و شیرینی) اندازه‌گیری شد. در مورد تمام آلاینده‌ای اندازه‌گیری شده نمونه‌های ماهی حاوی بیش‌ترین مقدار بود. میانگین مجموع PCBs اندازه‌گیری شده در تخم‌مرغ ۱/۳۳ پیکوگرم در وزن تازه نمونه بود که ۵ درصد سهم نسبی دریافت روزانه مجموع PCBs در میان شش گروه غذایی مختلف را تشکیل می‌دهد(۳۹).

در شهر تهران به عنوان پایتخت و پرجمعیت‌ترین شهر ایران، روزانه مقادیر زیادی تخم مرغ عرضه و مصرف می‌گردد. از این رو، ایمنی این فرآورده‌ها از نظر آلاینده‌های شیمیایی که سلامت مصرف کنندگان را به خطر می‌اندازند، بسیار دارای اهمیت است. هدف از این مطالعه تعیین غلظت PCBs در فصول و برندهای مختلف تخم‌مرغ عرضه شده در شهر تهران به منظور بررسی سطح آلودگی به این ترکیبات می‌باشد.

مواد و روش ها

مواد و دستگاه ها

هگزان و دی کلرو متان با گرید HPLC از شرکت سیگما آدریچ، سیلیکاژل (با مشخصات ۶۰، ۰/۰۶۳-۰/۲۰۰ میلی‌متر) از شرکت مرک آلمان و اسید سولفوریک با گرید آنالیتیکال از شرکت مرک تهیه‌گردید. استانداردهای PCB (مخلوط ۲۸، ۵۲، ۱۰۱، ۱۳۸، ۱۵۳ و ۱۸۰) با گرید آنالیتیکال از شرکت سیگما آلدریچ خریداری گردید. از دستگاه‌های التراسونیک مدل Elma LTD از شرکت آلمان، سانتریفوژ مدل A۳۲ شرکت هتیچ، دستگاه روتاری مدل RV ۸ ساخت IKA آلمان و دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل ۷۸۹۰ شرکت Agilent آمریکا و طیف سنج جرمی مدل ۵۹۷۵ استفاده گردید. قبل از شروع آزمایش، همه پیپت‌های پاستور، سرنگ GC، و ظرف‌های کوچک

طی یک شب جهت اجتناب از هرگونه آلودگی احتمالی حرارت داده شد.

تهیه استاندارد های کاری

ابتدا از سموم PCBs، استاندارد مادر ۱ ساخته شد، با این صورت که از هر کدام از سموم، ۰/۰۱ گرم معادل ۱۰ میلی‌گرم سم را توزین نموده، سپس به‌طور جداگانه در بالون ژوژه ۱۰ میلی‌لیتری با استون به حجم ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. هر میلی‌لیتر از این محلول حاوی ۱ میلی‌گرم سم می‌باشد. به علت غلظت بالای استاندارد مادر، از هر کدام از سموم موردنظر یک استاندارد واسط تهیه شد. برای این کار غلظت‌هایی مشخص ازسموم، به وسیله میکرو سرنگ از استاندارد مادر برداشت شد، که بدین صورت می‌باشد: ابتدا از هر یک از سموم یک محلول با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام ساخته شد، سپس به ترتیب استاندارد کاری (۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، (۱ میکروگرم بر میلی‌لیتر)، (۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر) برای غلیظ ترین استاندارد سموم PCBs با حلال استون تهیه گردید. سپس به نسبت ۵۰/۵۰ استانداردهای کاری دیگر تهیه شد و در نهایت سموم PCBs با غلظت‌های (۱۰ میکروگرم برلیتر)، (۵ میکروگرم برلیتر)، (۲/۵ میکروگرم بر لیتر) و (۱/۲۵ میکروگرم بر لیتر) برای ترسیم منحنی استاندارد به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد.

آماده سازی استانداردها و نمونه ها

جهت انجام آزمایش، ابتدا پنج غلظت از مخلوط استانداردها از ۰/۰۱ تا ۱/۲ pg WHO-TEQ/g fat شامل غلظت‌های ۰/۰۱، ۰/۱، ۰/۴، ۰/۸، ۱/۲ در ۱۰ گرم تخم‌مرغ تهیه وکلیه مراحل آماده‌سازی بر روی این استانداردهای حاوی استاندارد داخلی، همان‌گونه که پیش‌تر برای نمونه‌ها توضیح داده خواهد شد، انجام شد و مقدار یک میکرولیتر از آن به دستگاه GC- MS تزریق شد. پس از تزریق و جمع‌آوری نتایج، ضریب تغلیظ و کاهش حجم از ۵۰ میلی‌لیتر و ۱۰ گرم نمونه به ۵۰ میکرولیتر محاسبه و اعمال شد. میانگین درصد ریکاوری برای هر ترکیب محاسبه و این درصد، در نتایج حاصل از آنالیز نمونه‌ها اعمال و محاسبه شد. درصد ریکاوری برای کلیه ترکیبات بین ۹۱ -۱۰۴ درصد محاسبه گردید. LOD و LOQ به ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۳ pg WHO-TEQ/g fat به دست آمد. ۱۶ نمونه تخم مرغ (در ۴ فصل مختلف (به دلیل متفاوت بودن میزان آلودگی‌ها مخصوصاً هوا در فصل‌های مختلف سال) و ۴ برند مختلف تخم مرغ (به دلیل متفاوت بودن مرغ‌داری‌ها در مناطق مختلف و فاصله‌ی آن‌ها از مراکز آلودگی و غذاها و سایر متغیرهای مختلف)) با دو بار تکرار را از سطح شهر جمع‌آوری نموده و توسط کول باکس حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل و درون یخچال تا زمان آزمایش قرار داده شد. برای آزمایش، ۱۰ گرم زرده تخم مرغ را برداشته و به لوله ی آزمایش منتقل و سپس به آن ۵۰ میکرولیتر استاندارد داخلی PCB-29 با غلظت ۱۰ PPM اضافه نمودیم. سپس در ادامه به آن ۵۰ میلی‌لیتر حلال مخلوط هگزان: دی کلرومتان با نسبت یکسان اضافه و با روش التراسونیک (به مدت ۳ دقیقه با قدرت کامل مطابق متد EPA 3550B) استخراج نمودیم. نمونه در ادامه سانتریفیوژ و به لوله آزمایش انتقال داده شد. سپس به آن در طی چند مرحله، ۲ الی ۵ سی‌سی اسید سولفوریک غلیظ اضافه و به شدت شیک انجام گرفت. اجازه داده شد تا دو فاز از هم جدا شوند، آن را جدا کرده، چند بار با آب (در صورت نیاز) شستشو شد تا اسید در نمونه باقی نمانده باشد. سپس آن را به وسیله دستگاه روتاری با پمپ خلا و تحت بخار ملایم نیتروژن تغلیظ و با ستون سیلیکاژل یا فلورسیل پاکسازی نموده و در نهایت به حجم ۵۰ µl رسانیده شد. برای شناسایی و اندازه‌گیری PCBs، مقدار یک میکرولیتر از محلول نهایی به دستگاه GC- MS تزریق شد. نمونه‌ها برای ۶ ترکیب شاخص PCBs (2,4,4'-Trichlorobiphenyl (PCB–۲۸)، 2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl (PCB–۵۲)، 2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl (PCB–۱۰۱)، 2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl (PCB–۱۳۸)، 2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl (PCB–۱۵۳) و 2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl (PCB–۱۸۰)) مورد آنالیز قرار گرفتند (۲۵، ۳۱، ۴۰).

مشخصات دستگاه

دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل 7890 N, AGILENT و دتکتور مدل MS 5975C , MODE EI بود. انژکتور مدل split/splitless۱۱۷۷ در حالت 50% split و نیز از ستون ۳۰ متری (J&W DB5 MS column) با مشخصات (0.25 mm i.d. × 0.25 µm film thickness) مطابق تزریق cool on-column برای جداسازی آنالیت‌ها استفاده گردید. دمای آون برای آنالیز PCB ها در ابتدا بر روی ۸۰ درجه سانتی‌گراد و برای ۱ دقیقه تنظیم گردید و پس از آن دما با نرخ ۱۲ min/°C تا ۲۳۰ °C و برای ۵ دقیقه افزایش یافت و بعد از آن دما با نرخ ۱۰ min/°C تا ۲۵۰ °C برای ۵ دقیقه ی اضافه افزایش یافت. دمای نهایی در رنج ۲۵ min/°C تا ۳۰۰ °C برای ۲ دقیقه افزایش یافت. گاز حامل هم هلیوم با جریان منظم ۱ mL در دقیقه بود. طیف سنج mass در حالت EI+ve در ۵۰ eV تنظیم گردید و trap current بر روی ۶۵۰ uA و source بر روی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد برای تمام نمونه‌ها تنظیم شده بود.

آنالیزهای آماری

برای آنالیز داده‌ها از SPSS نسخه ۲۰ و EXCEL نسخه ۲۰۱۳ استفاده گردید. در ابتدای آنالیز داده‌ها، میزان نرمال بودن بررسی و سپس به نسبت آن، سایر آنالیزهای مورد نظر هم‌چون معنی‌دار بودن یا مقایسه‌ی میزان PCBها در برندها و یا فصول گوناگون، انجام گرفت. برای مقادیر صفر موجود در نتایج آنالیز نمونه‌ها که کم‌تر از LOD تشخیص داده شده بودند، برای انجام محاسبات آماری، مقدار یک دوم حد تشخیص منظور گردید.

یافته ها

بررسی غلظت PCBs در تخم مرغ

اطلاعات به‌دست‌آمده از شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مربوط به متغیرهای مورد پژوهش (در حالت کلی) در جدول شماره ۱ آمده است. به‌منظور بررسی نرمال بودن مشاهدات از آزمون کولموگروف-اسمیرنف استفاده شد. نتایج این آزمون در جدول شماره ۲ قابل مشاهده است. خروجی حاصل از آزمون کولموگروف- اسمیرنف نشان داد که متغیرهای غلظت بی فنیل های چندکلره با غلظت‌های ۲۸، ۱۳۸ و ۱۵۳ از توزیع نرمال پیروی می‌کنند اما سایر متغیرها دارای توزیع نرمال نبوده‌اند. لذا به منظور آزمون متغیرهای غیر نرمال از توزیع ناپارامتری و برای سایر متغیرها از توزیع‌های پارامتری استفاده شد.

جدول شماره ۱: شاخص‌های مرکزی و پراکندگی مربوط به متغیرهای مورد پژوهش (pg WHO-TEQ/g fat)

متغیر	میانگین	حداقل	حداکثر
PCB 28	۰/۸ ± ۰/۱۲	۰/۶	۱/۱۲
PCB 52	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۷	۰/۰۰۵	۰/۱۱
PCB 101	۰/۰۳ ± ۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲
PCB 138	۰/۲۳ ± ۰/۰۶	۰/۱۳	۰/۴
PCB 153	۰/۳۲ ± ۰/۱۱	۰/۰۰۵	۰/۶۱
PCB 180	۰/۰۶ ± ۰/۰۴	۰/۰۰۵	۰/۲۳
Total	۱/۴ ± ۰/۳	۰/۸۹	۲/۲۱

جدول شماره ۲: بررسی نرمال یا غیر نرمال بودن داده ها

غلظت بی‌فنیل‌های چند کلره	مقدار کولموگروف-اسمیرنف	سطح معنی داری	نتیجه
PCB 28	۰/۷۱۹	۰/۶۸	نرمال
PCB 52	۴/۸۱	<۰/۰۰۱	غیرنرمال
PCB 101	۴/۷۸	<۰/۰۰۱	غیرنرمال
PCB 138	۱/۲۰	۰/۱۱۲	نرمال
PCB 153	۰/۷۱۵	۰/۶۸۶	نرمال
PCB 180	۴/۰۴	<۰/۰۰۱	غیرنرمال

مقایسه غلظت PCBs در برندهای مختلف

نتیجه آزمون آنالیز واریانس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چند کلره با شماره آیوپاک ۲۸، ۵۲، ۱۰۱ و ۱۸۰ اختلاف معنی‌داری بین برندهای مختلف ندارند. نتیجه آزمون آنالیز واریانس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چند کلره با شماره آیوپاک ۱۳۸ اختلاف معنی‌داری بین برندهای مختلف دارند. به طوری که بیش‌ترین میانگین را برند B و کم‌ترین میانگین را برند A داشتند. بیش‌ترین اختلاف میانگین مربوط به گروه B با سایر برندها بوده است. نتیجه آزمون آنالیز واریانس

نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چند کلره با شماره آیوپاک ۱۵۳ اختلاف معناداری بین برندهای مختلف دارند، به طوری که بیش‌ترین میانگین را برند B و کم‌ترین میانگین را برند D داشتند. بیش‌ترین اختلاف میانگین مربوط به گروه B با سایر برندها بوده است. این نتایج در جدول شماره ۳ مشاهده می شود.

مقایسه غلظت PCBs در فصل های مختلف

نتیجه آزمون کروسکال- والیس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چندکلره با شماره آیوپاک ۵۲ اختلاف معنی‌داری بین فصول مختلف ندارند. نتیجه آزمون آنالیز واریانس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چندکلره با شماره آیوپاک ۲۸ اختلاف معنی‌داری بین فصول مختلف دارند، به طوری که بیش‌ترین میانگین را فصل زمستان و کم‌ترین میانگین را فصل بهار داشتند. نتیجه آزمون کروسکال- والیس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چندکلره با شماره آیوپاک ۱۰۱ اختلاف معناداری بین فصول مختلف دارند، به‌طوری‌که بیش‌ترین میانگین را فصل زمستان داشت. نتیجه آزمون آنالیز واریانس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چندکلره با شماره آیوپاک ۱۳۸ اختلاف معنی‌داری بین فصول مختلف دارند. به طوری که بیش‌ترین میانگین را فصل تابستان و کم‌ترین میانگین را فصل بهار داشتند. بیش‌ترین اختلاف میانگین مربوط به گروه تابستان با سایر فصل‌ها بوده است. نتیجه آزمون آنالیز واریانس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چندکلره با شماره آیوپاک ۱۵۳ اختلاف معناداری بین فصول مختلف دارند، به طوری که بیش‌ترین میانگین را فصل زمستان و کم‌ترین میانگین را فصل تابستان داشتند. بیش‌ترین اختلاف میانگین مربوط به گروه زمستان با سایر فصل‌ها بوده است. نتیجه آزمون کروسکال- والیس نشان داد که غلظت بی‌فنیل‌های چندکلره با شماره آیوپاک ۱۸۰ اختلاف معنی‌داری بین فصول مختلف دارند، به‌طوری که بیش‌ترین اختلاف را متوسط زمستان با سایر فصول داشته است. نتایج این مشاهدات در جدول شماره ۴ آورده شده است.

بحث

در این پژوهش، ۶ PCB شاخص در تخم مرغ های شهر تهران اندازه گیری و بررسی گردید و نتایج زیر حاصل گردید:

آنالیز داده‌ها نشان داد که میانگین مجموع PCBs در نمونه‌ها برابر ۰/۳ ± ۱/۴۰ pg WHO-TEQ/g fat (حداکثر ۲/۲۱ و حداقل ۰/۸۹) که بیش‌ترین میزان PCB به ترتیب مربوط به PCB ۲۸ (با میانگین ۰/۸۰۲ و حداکثر ۱/۱۲ و حداقل ۰/۶۰) و ۱۵۳ (با میانگین ۰/۳۲۱ و حداکثر ۰/۶۱۰ و حداقل ۰/۰۰۵) و ۱۳۸ (با میانگین ۰/۲۳۴ و

جدول شماره ۳: مقایسه غلظت PCBs در برندهای مختلف (pg WHO-TEQ/g fat)

متغیر	تعداد	PCB 28		PCB 52		PCB 101		PCB 138		PCB 153		PCB 180	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
A	۲	۰/۷۷	۰/۱۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷	۰/۲۱۷	۰/۰۵۴	۰/۳۰۵	۰/۰۸۵	۰/۰۳۸	۰/۰۶۶
B	۲	۰/۸۴	۰/۱۲۷	۰/۰۱	۰/۰۲۳	۰/۰۱۵	۰/۰۴۴	۰/۲۷۹	۰/۰۵۸	۰/۴۲۷	۰/۱۰۸	۰/۰۵۳	۰/۰۷۲
C	۲	۰/۸۰	۰/۱۱۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۱۱	۰/۰۲۶	۰/۲۲۱	۰/۰۵۸	۰/۲۸۴	۰/۱۰۴	۰/۰۲۶	۰/۰۴۶
D	۲	۰/۷۹	۰/۱۱۱	۰/۰۰۸۷	۰/۰۱۷	۰/۰۰۸	۰/۰۱۴	۰/۲۱۸	۰/۰۵۲	۰/۲۶۹	۰/۰۹۵	۰/۰۲۶	۰/۰۴۵
سطح معنی داری		۰/۲۷		۰/۵۶۷		۰/۹۹۹		۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱		۰/۵۵۶	

جدول شماره ۴: مقایسه غلظت PCBs در فصل های مختلف (pg WHO-TEQ/g fat)

متغیر	تعداد	PCB 28		PCB 52		PCB 101		PCB 138		PCB 153		PCB 180	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
بهار	۲	۰/۷۳۳	۰/۰۷۴	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۲۱۶	۰/۰۴۴	۰/۲۹۸	۰/۱۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰
تابستان	۲	۰/۷۳۴	۰/۰۶۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	/۰۰۰	۰/۲۰۹	۰/۰۴۲	۰/۲۶۹	۰/۰۸۲	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰
پاییز	۲	۰/۸۰۲	۰/۰۵۹	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۰	۰/۲۲	۰/۰۵۲	۰/۲۸۲	۰/۰۸۸	۰/۰۳۴	۰/۰۴۷
زمستان	۲	۰/۹۵	۰/۰۸۳	۰/۰۱۴	۰/۰۲۸	۰/۰۳۲	۰/۰۵۹	۰/۲۹۱	۰/۰۶۵	۰/۴۳۶	۰/۱۰۱	۰/۰۹۹	۰/۰۷۵
P-Value		<۰/۰۰۱		۰/۱۰۸		۰/۰۰۶		<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱		<۰/۰۰۱	

حداکثر ۰/۴۱ و حداقل ۰/۱۳) و ۱۸۰ (با میانگین ۰/۰۶ و حداکثر ۰/۲۳۰ و حداقل ۰/۰۰۵) و ۱۰۱ (با میانگین ۰/۰۳ و حداکثر ۰/۲۰ و حداقل ۰/۰۰۵) و ۵۲ (با میانگین ۰/۰۱ و حداکثر ۰/۱۱۰ و حداقل ۰/۰۰۵) بوده است بنابراین در تمامی داده‌ها، پایین‌تر از حدود استاندارد EU (pg WHO-TEQ/g fat ۱/۷۵) بوده است (۴۰،۳۳،۲۵،۲۴). در این رابطه باید عنوان شود که از جمله دلایل بیش‌تر یا کم‌تر بودن این ترکیبات مواردی چون نزدیک بودن مرغداری به مراکز صنعتی و خیابان‌ها و همین‌طور آلودگی‌های آب و هوا را می‌توان اشاره نمود که به دلیل استفاده مرغ‌ها از آب یا غذاهای آلوده به این ترکیبات میزان برخی از آن‌ها مانند PCB ۲۸ (با کم‌ترین تعداد اتم کلر) بیش ترین بوده است.

در مطالعه مقدم، در اندازه‌گیری بیسفول بر روی ظروف غذای کودک عاری از بیسفول A در سال ۲۰۱۲ نشان داده شد که مساحت سطح پیک‌های شناسایی شده در بار اول و دوم استفاده از بطری‌های غذایی به ترتیب برابر ۰/۱۹۵± ۰/۷۸ µg/Kg و ۰/۱۸۰±۱ µg/Kg بود(۴۱). در مطالعه‌ی صمدی جیردهی و همکاران در سال ۲۰۰۳ بر روی شیرهای خام شهر قزوین، میانگین PCB ها حدود ۰/۴ بود که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آن به ترتیب ۰/۰ و ۰/۹ بوده است که در تعدادی از نمونه‌ها بالاتر از حدود استاندارد تعیین شده بود و مواردی چون صنعتی بودن شهر یا نزدیک بودن به مراکز جمع‌آوری زباله از جمله دلایل آن می‌باشد(۳۲).

Olanca در سال ۲۰۱۵ با اندازه‌گیری PCB در تخم‌مرغ و تخم‌مرغ پاستوریزه اظهار داشتند که میزان آن‌ها در محدوده ۰/۲۴۷ تا ۱/۵۲۷ pg WHO-TEQ(2005)/g fat و ۰/۲۸۲ تا ۱/۷۶۲ pg WHO-TEQ(2005)/g fat بوده است. هم‌چنین در پودر تخم مرغ، میزان ۶ PCB نشانگر در رنج ۲۱۷–۱۴۹۸ pg WHO-TEQ(2005)/g fat بود و درتمامی نمونه‌ها میزان PCB وPCB های نشانگر پایین‌تر از استاندارد ۲/۵ , ۰/۵ pg WHO-TEQ(2005)/g fat و ۴۰ ng/g fat مطابق استاندارد کشور ترکیه بوده است(۴۲).

Rawn در سال ۲۰۱۲ با مطالعه PCB در تخم‌مرغ نشان دادند که مجموع ۶ PCB نشانه‌گر از ۰/۱ تا ۹/۳۳ ng/g (با میانگین ۰/۴۹۵ ng/g) بوده است(۴۳).

در مطالعه Overmeire و همکاران در سال ۲۰۰۶، غلظت چندین آلاینده شیمیایی و از جمله بی‌فنیل‌های چند کلره در تخم‌مرغ‌های خانگی و تجاری اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد میانگین مجموع هفت PCBs نشانگر (به شماره آیوپاک‌های ۲۸، ۵۲، ۱۰۱، ۱۱۸، ۱۳۸، ۱۵۳ و ۱۸۰) اندازه‌گیری شده در تخم‌مرغ‌های خانگی ۵۸/۷۲ نانوگرم در هر گرم چربی بوده و در ۳۶ درصد نمونه‌ها هیچ PCB دیده نشد، در حالی که نتایج حاصله در تخم‌مرغ‌های تجاری به ترتیب ۳/۳۳ و ۹۵ درصد بود، به طوری که می‌توان گفت هیچ آلودگی قابل توجهی به PCBs نشانگر در نمونه‌های مرغداری دیده نشد. فراوان‌ترین PCBs اندازه‌گیری شده شماره‌های ۱۱۸، ۱۳۸ و ۱۵۳ بود(۳۱) که نسبت به این پژوهش دارای میزان کم‌تری بوده است که می تواند مربوط به فصول مختلف این نمونه‌برداری باشد که در فصل‌های آلوده‌تر نیز گرفته شده است.

در مطالعه Traag و همکاران در سال ۲۰۰۶، غلظت PCBs، PCDD و PCDF در تخم مرغ، چربی و کبد مرغان تخم‌گذار با مصرف غذای آلوده اندازه‌گیری شد. غذای داده شده به مدت هفت روز حاوی ۳/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم از هفت PCBs نشانگر بود و پس از آن به مدت شش هفته غذای غیر آلوده به آن ها داده شد. نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌ها در تخم‌مرغ نشان داد که کاهش غلظت PCBs در نمونه‌ها پس از ۷ هفته نسبت به روز ۹، بیش‌تر از کاهش غلظت PCDD/Fs بود. غلظت PCBs اندازه‌گیری شده در چربی تخم مرغ پس از نه و هفت هفته به ترتیب ۱۶/۵ و ۲/۲، در چربی شکمی۴/۶ و ۲/۶ و در بافت جگر ۰/۷۷ و ۰/۱۴ میکروگرم در هر گرم بود. این مطالعه بینش خوبی در ارتباط بین سطح آلاینده در غذا و تخم مرغ و اثر جایگزینی غذای آلوده با غذای غیر آلوده ارائه می‌دهد(۳۸).

در مطالعه Papadopoulos و همکاران در سال ۲۰۰۴، میزان PCDD و DL-PCBs در نمونه‌های غذایی مختلف در یونان اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها شامل شیر و محصولات لبنی، گوشت و محصولات گوشتی، ماهی، روغن گیاهی، تخم مرغ، میوه ، سبزی و برنج بود. بیش‌ترین مقدار non-ortho PCB اندازه‌گیری شده مربوط به نمونه‌های ماهی بود. مجموع non-ortho PCB اندازه‌گیری شده در تخم مرغ ۱۲/۲۴ پیکوگرم در هر گرم چربی بود(۲۴).

در مطالعه Zhang و همکاران در سال ۲۰۰۸، غلظت PCDD/PCDFs و PCBs در غذاهای خرده فروشی شن زن چین اندازه‌گیری شد. مجموع غلظت PCDD/PCDFs و DL-PCBs از ۰/۰۰۹۳ در سبزی تا ۹/۸۹ پیکوگرم در گرم در ماهی متغیر بود. پس از ماهی، بیش‌ترین غلظت این ترکیبات به ترتیب در تخم‌مرغ، گوشت مرغ، گوشت گاو و گوشت گوسفند اندازه‌گیری شد(۴۴). ر مطالعه مشابه‌ای توسط Darnerud و همکاران در سال ۲۰۰۶، دریافت روزانه آلاینده‌های ارگانوهالوژن از جمله PCBs در سبد بازار سوئد اندازه‌گیری شد. در این مطالعه شش گروه غذایی ماهی، گوشت، محصولات لبنی، تخم مرغ، روغن و چربی و شیرینی مورد بررسی قرار گرفتند. در مورد تمام آلاینده‌های اندازه گیری شده، نمونه‌های ماهی حاوی بیش‌ترین مقدار PCBs بود. میانگین مجموع PCBs اندازه‌گیری شده در تخم مرغ ۱/۳۳ پیکوگرم در وزن تازه نمونه بود که ۵ درصد سهم نسبی دریافت روزانه مجموع PCBs در میان شش گروه غذایی مختلف را تشکیل می‌دهد(۳۹). در مطالعه تیموری و همکاران در سال ۱۳۸۸، غلظت ایزومرهای PCB در بافت پوست و عضله ماهیان کپور معمولی و اردک ماهی اندازه‌گیری و با غلظت آن در آب، ذرات معلق در آب و رسوب تالاب انزلی مقایسه شد. نتایج نشان داد بیش‌ترین غلظت PCBs اندازه‌گیری شده در بافت پوست ماهیان (در اردک ماهی ۲۹/۴۳ و در ماهی کپور ۳۳/۰۶ نانوگرم بر گرم وزن خشک بدن) بود. حداکثر غلظت ایزومرهای PCBs اندازه‌گیری شده در پوست و عضله ماهی کپور و اردک ماهی، ایزومرهای با کلر بیش‌تر (در اردک ماهی PCB153 و در کپور PCB138) ولی در محیط‌های اندازه‌گیری شده آب، ذرات معلق و رسوبات، ایزومرهای با کلر کم‌تر (PCB52) بودند(۴۵). در مطالعه Baars و همکاران در سال ۲۰۰۴، غلظت PCDD، DL-PCBs و PCB غیر مشابه دی اکسین (non-dioxin-like PCBs) در مواد غذایی مختلف در هلند اندازه‌گیری شد. سهم گروه‌های غذایی مختلف در دریافت روزانه PCDD + DL-PCBs و PCB غیر مشابه دی اکسین به ترتیب بدین صورت بود: محصولات گوشتی ۲۳ و ۲۷ درصد، محصولات لبنی ۲۷ و ۱۷ درصد، ماهی ۱۶ و ۲۶ درصد، تخم مرغ ۴ و ۵ درصد، محصولات گیاهی ۱۳ و ۷ درصد و چربی و روغن صنعتی ۱۷ و ۱۸ درصد. غلظت PCDD+DL-PCBs در تخم مرغ ۲/۳۹ و غلظت PCB غیر مشابه دی اکسین ۱۵/۷ پیکوگرم در هر گرم چربی نمونه بود(۱۶). در مطالعه‌ای دیگر که توسط Shang و همکارانش صورت گرفت، سطوح آلودگی ۳۲ گونه ماهی مختلف از بنادر صیادی شهر Zhoushan را به ترکیبات پلی برومودی فنیل اتر (PBDEs) و PCBs مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان داد که سطوح مختلف این آلاینده‌ها می‌تواند تحت تاثیر محتوای چربی، عادات غذایی و منطقه زندگی متفاوت باشد و متوسط میزان آلودگی ماهی‌ها به آلاینده PBDEs در محدوه ۱/۶۸۱-۰/۰۸۵ نانوگرم بر گرم و ۳/۸۲۴-۰/۰۱۲ نانوگرم بر گرم بود(۲۰).

در مطالعه Lavandier در سال ۲۰۱۳، سطوح PEDEs و PCBs در سه گونه ماهی مختلف جمع‌آوری شده از مناطق جنوبی ایالت ریو در برزیل بررسی شد. نتایج نشان داد که سطوح PBDEs پایین از حد اندازه‌گیری دستگاه بود. غلظت‌های PCBs در بافت ماهیچه‌ای در محدوده ۲۷/۶-۲/۲۹ نانو گرم بر گرم وزن تر نمونه و در بافت کبد برابر با ۳۴/۲۲-۳/۴۱ نانو گرم بر گرم وزن تر

نمونه گزارش شد. هم‌چنین نتایج نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین غلظت PCBs و متغیرهای بیومتریک ماهی (طول و محتوای چربی) وجود دارد(۴۶). در مطالعه بیات و همکاران در سال ۱۳۸۸، در بررسی بقایای ترکیبات پلی‌کلره بی فنیل (PCBs) در شیرهای پاستوریزه موجود در بازار، PCB ۱۸۰ دارای بالاترین میزان بوده است(۹).

نتایج مطالعه حاضر نشان داده که بیش ترین میزان PCB مربوط به برند B بوده است که احتمالاً به دلایلی چون قرار داشتن در محدوده ی شهرک صنعتی و یا نزدیک بودن به شهرهای صنعتی و هم‌چنین آلودگی‌های علوفه و غذای مرغ ها باشد که البته پایین تر از میزان استاندارد بوده است.

در مطالعه Overmeire و همکاران در سال ۲۰۰۹، سطح، منبع آلودگی و خطرات سلامتی PCDD/Fs و DL-PCBs در تخم مرغ‌های خانگی در بلژیک در دو فصل پاییز و بهار ارزیابی شد. عمده DL-PCBs دیده شده، PCB118، PCB105 و PCB156 بودند که به ترتیب غلظتی معادل ۴۰۸۴، ۱۶۷۴ و ۸۴۴ پیکوگرم در هر گرم چربی را نشان دادند و تفاوت قابل ملاحظه‌ای در غلظت اندازه‌گیری شده در دو فصل دیده نشد(۳۷) که در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌دار را نشان داد، به طوری که در فصل زمستان، اکثر نمونه‌های ما بالاتر از سایر فصول بوده است. همان‌طورکه از نتایج داده‌های مقایسه غلظت PCB ها در فصول مختلف سال پیداست، فصل زمستان دارای بالاترین میزان آلودگی بوده است که احتمالاً به دلیل آلودگی هوا در این فصل از سال و هم‌چنین آلودگی‌های منتقله از هوا به آب و غذای دام می‌تواند علت آن باشد. در مقابل، فصول بهار و تابستان در تمامی نمونه‌ها دارای کم‌ترین غلظت آلودگی بوده است که مواردی چون کم‌تر شدن آلودگی‌های هوا در این فصول و نیز رشد و نمو تازه علوفه‌ی مورد استفاده‌ی طیور که دارای آلودگی‌های کم‌تری می‌باشند از جمله دلایل این موارد است.

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان PCBs موجود در تخم مرغ مربوط به PCB 28 بوده است و فصل زمستان دارای بیش‌ترین میزان PCB ها بوده است (احتمالاً به دلیل آلودگی بیش‌تر هوا و آب و غذای طیور در این فصل)، ولی از آن‌جایی‌که میزان میانگین کل آن از استانداردهای موجود پایین‌تر است، بنابراین استفاده از تخم‌مرغ با برندها و در فصل‌های مختلف مشکلی برای سلامت افراد جامعه ایجاد نکرده و از نظر ترکیبات مذکور ایمن می‌باشند و خطری برای انسان ایجاد نمی‌کند.

سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از طرح پژوهشی دانشکده بهداشت به شماره ۱۴۰۰۲۲۴۲ است که با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی قزوین انجام گردید و بدین‌وسیله به خاطر تامین هزینه تشکر می‌شود.

References

1. Chovancová J, Kočan A, Jursa S. PCDDs, PCDFs and dioxin-like PCBs in food of animal origin (Slovakia). Chemosphere 2005; 61(9): 1305-1311.
2. 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).
3. 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 2017: 1-8.
4. Moazzen M, Rastkari N, Alimohammadi M, Shariatifar N, Ahmadkhaniha R, Nazmara S, et al. Assessment of Phthalate Esters in A

Variety of Carbonated Beverages Bottled in PET. J Environl Health Eng (JEHE) 2014; 2(1): 7-18 (Persian).

5. 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.
6. 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. 2018 (in press).
7. Baziar M, Azari A, Karimaei M, Gupta VK, Agarwal S, Sharafi K, et al. MWCNT-Fe3O4 as a superior adsorbent for microcystins LR removal: Investigation on the magnetic adsorption separation, artificial neural network modeling, and genetic algorithm optimization. Journal of Molecular Liquids 2017; 241: 102-113.
8. Dobaradaran S, Nodehi RN, Yaghmaeian K, Jaafari J, Niari MH, Bharti AK, et al. Catalytic decomposition of 2-chlorophenol using an ultrasonic-assisted Fe3O4–TiO2@ MWCNT system: Influence factors, pathway and mechanism study. J Colloid Interface Sci 2018; 512: 172-189.
9. Bayat S, Sari AE, Bahramifar N, Younesi H, Behrooz RD. Survey of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in commercial pasteurized milk in Iran. Environ Monit Assess 2011; 175(1-4): 469-474.
10. Eguchi A, Otake M, Hanazato M, Suzuki N, Matsuno Y, Nakaoka H, et al. Estimation of maternal blood PCB level using Food Frequency Questionnaire in Japanese national birth cohort. Toxicol Lett 2015; 238(S2): S104.
11. Eguchi A, Otake M, Hanazato M, Suzuki N, Matsuno Y, Nakaoka H, et al. Assessment of questionnaire-based PCB exposure focused on food frequency in birth cohorts in Japan. Environ Sci Pollut Res Int 2017; 24(4): 3531-3538.
12. Fadaei H, Watson A, Place A, Connolly J, Ghosh U. Effect of PCB bioavailability changes in sediments on bioaccumulation in fish. Environ Sci Technol 2015; 49(20): 12405-12413.
13. Godliauskienė R, Tamošiūnas V, Naujalis E. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans and dioxin-like polychlorinated biphenyls in food and feed in the Lithuanian market. Toxicol Environ Chem 2017; 99(1): 65-77.
14. Han ZX, Wang N, Zhang HL, Zhao YX. Bioaccumulation of PBDEs and PCBs in a small food chain at electronic waste recycling sites. Environ Forens 2017; 18(1): 44-49.
15. Ashpole S, Bishop C, Brooks R. Contaminant residues in snapping turtle (Chelydra s. serpentina) eggs from the Great Lakes–St. Lawrence River basin (1999 to 2000). Arch Environ Contam Toxicol 2004; 47(2): 240-252.
16. Baars AJ, Bakker MI, Baumann RA, Boon PE, Freijer JI, Hoogenboom LA, et al. Dioxins, dioxin-like PCBs and non-dioxin-like PCBs in foodstuffs: occurrence and dietary intake in The Netherlands. Toxicol Lett 2004; 151(1): 51-61.
17. Bernard A, Broeckaert F, De Poorter G, De Cock A, Hermans C, Saegerman C, et al. The

Belgian PCB/dioxin incident: analysis of the food chain contamination and health risk evaluation. Environ Res 2002; 88(1): 1-18.

18. Devriese LI, De Witte B, Vethaak AD, Hostens K, Leslie HA. Bioaccumulation of PCBs from microplastics in Norway lobster (Nephrops norvegicus): An experimental study. Chemosphere 2017; 186: 10-16.
19. Schwarz MA, Lindtner O, Blume K, Heinemeyer G, Schneider K. Dioxin and dl-PCB exposure from food: the German LExUKon project. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess 2014; 31(4): 688-702.
20. Shang X, Dong G, Zhang H, Zhang L, Yu X, Li J, et al. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) and indicator polychlorinated biphenyls (PCBs) in various marine fish from Zhoushan fishery, China. Food Control 2016; 67: 240-246.
21. Ssebugere P, Kiremire BT, Henkelmann B, Bernhöft S, Kasozi GN, Wasswa J, et al. PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in fish species from Lake Victoria, East Africa. Chemosphere 2013; 92(3): 317-321.
22. McLeod AM, Paterson G, Drouillard KG, Haffner GD. PCB Food web dynamics quantify nutrient and energy flow in aquatic ecosystems. Environ Sci Technol 2015; 49(21): 12832-12839.
23. Norli HR, Christiansen A, Deribe E. Application of QuEChERS method for extraction of selected persistent organic pollutants in fish tissue and analysis by gas chromatography mass spectrometry. J Chromatogr A 2011; 1218(41): 7234-7241.
24. Papadopoulos A, Vassiliadou I, Costopoulou D, Papanicolaou C, Leondiadis L. Levels of dioxins and dioxin-like PCBs in food samples on the Greek market. Chemosphere 2004; 57(5): 413-419.
25. Peakall DB. Effect of polychlorinated biphenyls (PCB's) on the eggshells of Ring Doves. Bull Environ Contam Ttoxicol 1971; 6(2): 100-101.
26. Yu LL, Wang S, Sun BG. Food safety chemistry: toxicant occurrence, analysis and mitigation. USA; Hardcover: CRC Press; 2014.
27. Stow CA. Great Lakes herring gull egg PCB concentrations indicate approximate steady-state conditions. Environ Sci Technol 1995; 29(11): 2893-2397.
28. Ten Dam G, Pussente IC, Scholl G, Eppe G, Schaechtele A, van Leeuwen S. The performance of atmospheric pressure gas chromatography–tandem mass spectrometry compared to gas chromatography–high resolution mass spectrometry for the analysis of polychlorinated dioxins and polychlorinated biphenyls in food and feed samples. J Chromatogr 2016; 1477: 76-90.
29. Tillitt DE, Ankley GT, Giesy JP, Ludwig JP, Kurita Matsuba H, Weseloh DV, et al. Polychlorinated biphenyl residues and egg mortality in double crested cormorants from the great lakes. Environ Toxicol Chem 1992; 11(9): 1281-1288.
30. Uekusa Y, Takatsuki S, Tsutsumi T, Akiyama H, Matsuda R ,Teshima R, et al. Determination of polychlorinated biphenyls in marine fish obtained from tsunami-stricken areas of Japan. PloS One 2017; 12(4): e0174961.
31. Van Overmeire I, Pussemier L, Hanot V, De Temmerman L, Hoenig M, Goeyens L. Chemical contamination of free-range eggs from Belgium. Food Addit Contam 2006; 23(11): 1109-1122.
32. Jirdehi ZS, Gajarbeygi P, Hosseini AH, Pakbin B, Mohammadpoorasl A, Mahmoudi

R. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans and Dioxin-like polychlorinated biphenyls Levels in Raw Cow Milk from Various Locations in Qazvin, Iran. Int J Food Nutr Saf 2015; 6(1): 42-51 (Persian).

33. Rasmussen J, Rowan D, Lean D, Carey J. Food chain structure in Ontario lakes determines PCB levels in lake trout (Salvelinus namaycush (and other pelagic fish. Can J Fish Aquat Sci 1990; 47(10): 2030-2038.
34. Conacher H, Page B, Ryan J. Industrial chemical contamination of foods. Food Addit Contam 1993; 10(1): 129-143.
35. Lake IR, Foxall CD, Fernandes A, Lewis M, Rose M, White O, et al. The effects of flooding on dioxin and PCB levels in food produced on industrial river catchments. Environ Int 2015; 77: 106-115.
36. Steidl RJ, Griffin CR, Niles LJ. Contaminant levels of osprey eggs and prey reflect regional differences in reproductive success. J Wildlife Manage 1991: 601-608.
37. Van Overmeire I, Waegeneers N, Sioen I, Bilau M, De Henauw S, Goeyens L, et al. PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in home-produced eggs from Belgium: levels, contamination sources and health risks. Sci Total Environ 2009; 407(15): 4419-4129.
38. Traag WA, Kan CA, Van der Weg G, Onstenk C, Hoogenboom LA. Residues of dioxins (PCDD/Fs) and PCBs in eggs, fat and livers of laying hens following consumption of contaminated feed. Chemosphere 2006; 65(9): 1518-1525.
39. Darnerud PO, Atuma S, Aune M, Bjerselius R, Glynn A, Grawé KP, et al. Dietary intake estimations of organohalogen contaminants (dioxins, PCB, PBDE and chlorinated pesticides, eg DDT) based on Swedish market basket data. Food Chem Toxicol 2006; 44(9): 1597-1606.
40. Schoeters G, Hoogenboom R. Contamination of free range chicken eggs with dioxins and dioxin like polychlorinated biphenyls. Mol Nutr Food Res 2006; 50(10): 908-914.
41. Moghadam ZA, Mirlohi M, Pourzamani H, Malekpour A. Bisphenol A in "BPA free" baby feeding bottles. J Res Med Sci 2012; 17(11): 1089-1091 (Persian).
42. Olanca B, Cakirogullari GC, Ucar Y, Kirisik D, Kilic D. Polychlorinated dioxins, furans (PCDD/Fs), dioxin-like polychlorinated biphenyls (dl-PCBs) and indicator PCBs (ind-PCBs) in egg and egg products in Turkey. Chemosphere. 2014; 94: 13-19.
43. Rawn DF, Sadler AR, Quade SC, Sun WF, Kosarac I, Hayward S, et al. The impact of production type and region on polychlorinated biphenyl (PCB), polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran (PCDD/F) concentrations in Canadian chicken egg yolks. Chemosphere 2012; 89(8): 929-935.
44. Zhang J, Jiang Y, Zhou J, Fang D, Jiang J, Liu G, et al. Concentrations of PCDD/PCDFs and PCBs in retail foods and an assessment of dietary intake for local population of Shenzhen in China. Environ Int 2008; 34(6): 799-803.
45. Teymouri B, Nabavi SMB, Safaeyan SH, Khatami SH. Determining level of PCBs in skin and muscle tissue of Cyprinus carpio and Esox lucius in Anzali Wetland (Abkenar). Iranian Fisheries Science Research Institue (ISFJ) 2012; 21(3): 23-30 (Persian).
46. Lavandier R, Quinete N, Hauser-Davis RA, Dias PS, Taniguchi S, Montone R ,et al. Polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in three fish species from an estuary in the southeastern coast of Brazil. Chemosphere. 2013; 90(9): 2435-2443.