فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ـ دانشکده بهداشت
دوره ۲، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۳، صفحات ٤٤ تا ٥١

# بررسی مقادیر فلزات سنگین در تخم مرغ های عرضه شده در شهر تهران و محاسبه میزان دریافت روزانه آنها

سمیه عباسی کیا[۱]، غلامرضا جاهد خانیکی*[۲]، نبی شریعتی‌فر[۳]، شاهرخ نظم آرا[٤]، آرش اکبر زاده[٥]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] دانشیار مرکز تحقیقات مواد زائد جامد، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳] استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[٤] کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[٥] دانشجوی کارشناسی ارشد آمار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

## چکیده

**زمینه و هدف:** تخم مرغ به دلیل غنی بودن از پروتئین و املاح ضروری، مورد استفاده زیادی در میان جوامع مختلف دارد و مصرف آن، تقریبا تمام گروه‌های سنی را شامل می‌شود. یکی از آلاینده‌های مهم محیطی که باعث آلودگی تخم مرغ می‌شود، فلزات هستند. هدف از این تحقیق بررسی فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، آهن و روی در تخم مرغ‌های عرضه شده در شهر تهران و محاسبه میزان دریافت روزانه آنها است.

**مواد و روش‌ها:** تعداد ۲۹ نمونه تخم مرغ از برندهای مختلف از فروشگاه‌های مواد غذایی شهر تهران جمع آوری شد. پس از آماده سازی نمونه‌ها، مقادیر فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، آهن و روی با استفاده از دستگاه ICP-OES سنجیده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از برنامه نرم افزار آماری SPSS و Excel (V.2.26) انجام گرفت. جهت مقایسه میزان فلزات سنگین بین برندهای مختلف از آنالیز واریانس و کروسیکال والیس استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که میانگین غلظت فلزات برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در تخم مرغ به ترتیب برای کادمیوم ۰/۰۱، سرب ۰/۰۷٤، آرسنیک ۰/۰۳، نیکل ۰/۰۱٤، مس ۱/٤٦، آهن ۳٤/۳۷ و روی ۱۲/۵۵ است. فلز آهن بیشترین و کادمیوم کمترین مقدار دریافت روزانه را از طریق مصرف روزانه تخم مرغ به همراه دارد.

**نتیجه گیری:** مقادیر فلزات در نمونه‌های تخم مرغ از حد مجاز پایین‌تر است و این تخم مرغ‌ها از این جهت ایمن می‌باشند. اما نظر به مهم بودن آلودگی مواد غذایی به فلزات از نظر سلامت همگانی، لزوم توجه به پایش مداوم آنها در تخم مرغ توصیه می‌گردد.

**کلید واژه‌ها:** تخم مرغ، فلزات سنگین، ایمنی مواد غذایی، تهران

*آدرس نویسنده مسئول:
تهران- خیابان پورسینا، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

**Email:** ghjahed@sina.tums.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۳/۱۰/۲٤
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹٤/۰۷/۱٤

## مقدمه

فلزات سنگین یکی از مهمترین آلاینده‌های شیمیایی مواد غذایی محسوب می‌شوند و وجود آنها در مواد غذایی با منشاء دامی، امکان قرار دادن انسان را در معرض عوارض ناشی از آنها به طور مستمر بسیار افزایش خواهد داد [١]. در زمینه حفاظت محیط زیست، بهداشت و سلامت انسانها، فلزاتی مانند سرب، جیوه، مس، کادمیوم، نیکل، کروم و... جزء گروه فلزات سنگین می‌باشند [٢]. آلودگی مواد غذایی به فلزات سنگین نه تنها در نتیجه فعالیتی انسان حاصل می‌گردد، بلکه به طور طبیعی و از طریق خاک‌های آلوده نیز ممکن است این آلاینده‌ها به غذا وارد شوند [٣،٤]. فراوری مواد غذایی، یکی از علل آلودگی مواد غذایی به فلزات سنگین گزارش شده است [٥]. تغذیه دام‌ها و ماکیان با علوفه و خوراک آلوده نیز از دیگر عوامل آلوده کننده گوشت به فلزات سنگین می‌باشد [٦]. فلزات سنگین زمانی که به وسیله انسان مصرف می‌شوند، اغلب اثرات قوی و زیان آوری را به همراه دارند. در بدن انسان به طور پیوسته غلظت مواد سمی تجمع یافته و زیاد می‌گردد و ممکن است بیشترین فراوانی را در یک بافت بخصوص داشته باشد. یکی از اساسی‌ترین مسائل در ارتباط با فلزات سنگین، عدم متابولیزه شدن آنها در بدن می‌باشد.

در واقع فلزات سنگین پس از ورود به بدن، دیگر از بدن دفع نشده و در بافتهایی مثل چربی، عضلات، استخوانها و مفاصل رسوب کرده و انباشته می‌گردند که همین امر موجب بروز بیماریها و عوارض متعددی در بدن می‌شود. این فلزات همچنین توسعه و گسترش عفونت‌های ویروسی، باکتریایی و قارچی را افزایش می‌دهند و از سویی دیگر می‌توانند جایگزین سایر املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن گردند [٢]. حضور فلزات سنگین، بیش از مقادیر استانداردهای تعریف شده در محیط، باعث بروز مشکلات و عوارض زیست محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می‌گردد. تأثیرات فلزات سنگین بر روی انسان، متفاوت بوده و عمده ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی است [٧].

منابع فلزات سمی در محیط زیست، سوخت‌های فسیلی، صنایع استخراج معادن، فاضلاب‌های شهری و دفع زباله‌ها در محیط است. همچنین محیط زیست می‌تواند به دلیل استفاده از سموم کشاورزی آفت کش‌ها، علف کش‌ها، و کودها به فلزات آلوده شود. این فلزات در محیط پایدار هستند، زیرا تجزیه پذیر نیستند و از این طریق وارد زنجیره غذایی می‌شوند. با توجه به اینکه انسان برای حیات خویش نیاز به غذا دارد، بنابراین مسیر اصلی ورود فلزات سنگین به بدن انسان از طریق مصرف رژیم غذایی آلوده است [٨،٩]. تخم مرغ مصرف زیادی در میان جوامع مختلف دارد و تقریبا تمام گروه‌های سنی از آن استفاده می‌کنند. تخم مرغ در طول تولید و مصرف، می‌تواند آلوده به فلزات شود. آلوده شدن به فلزات سنگین در تخم مرغ، می‌تواند از طریق خوراک و آب آشامیدنی مورد استفاده مرغ باشد که بطور عمده تحت تاثیر محیط زیست است [١٠،١١]. در شهر تهران بعنوان پایتخت و پرجمعیت‌ترین شهر ایران، روزانه مقادیر زیادی تخم مرغ عرضه و مصرف می‌گردد. از این رو، ایمنی این فرآورده‌ها از نظر آلودگی‌های شیمیایی، بخصوص فلزات سنگین و سمی که سلامت مصرف کنندگان را به خطر می‌اندازند، بسیار دارای اهمیت است. هدف از این مطالعه تعیین میزان فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، آرسنیک، مس، آهن، نیکل و روی) درتخم مرغ‌های عرضه شده در شهر تهران، بمنظور مشخص کردن وضعیت آلودگی تخم مرغ به این فلزات بوده است.

## روش کار

### تعداد نمونه و روش نمونه گیری

در این پژوهش، نمونه‌گیری بر روی ٢٩ نمونه تخم مرغ عرضه شده در فروشگاه‌های مواد غذایی شهر تهران بصورت مقطعی و توصیفی در سال ١٣٩٣ صورت گرفت. نمونه‌ها از ده برند مختلف با نام‌های طلایی، پارس، ماه، مروارید، گنجاب، خانگی، بندر، برنا، برادران و صحرا و به ترتیب با کدهای A، B، C، D ، E ، F، G، H، I و J انتخاب شد و براساس تاریخ تولید متفاوت از هر برند مشخص و با سه بار تکرار در مجموع ٨٧ مورد آزمایش انجام گرفت. از هر برند بطور متوسط سه نمونه تهیه شد.

تعداد نمونه انتخابی، ترکیبی از تعداد نمونه‌های مطالعات قبلی انجام شده می‌باشد. بگونه‌ای که در مطالعه عبدالخلیق و همکاران در سال ٢٠١٢، میانگین و انحراف معیار مقادیر سرب در نمونه‌های تخم مرغ آزمایش شده به ترتیب ٠/٢٧ و ٠/٠٨ بیان شده است [١٢]. با توجه به اینکه در نتایج بدست آمده، انحراف معیار در مقایسه با میانگین ناچیز است، خطا را ٠/١ میانگین در نظر گرفته تا دقت برآورد، بیشتر شود. بنابراین با استفاده از فرمول زیر، حجم نمونه مشخص گردید.

$$N = \frac{(Z\alpha/_2 \times SD)^2}{d^2}$$

اگر در این فرمول میزان $Z\ \alpha/2$ برابر با ۱/۹۶، میزان خطا(d) برابر با ۰/۰۲۷ و میزان انحراف معیار (SD) برابر با ۰/۰۸ در نظر گرفته شود، تعداد نمونه (N) برابر با ۲۸/۰۹ می باشد.
با توجه به محاسبه فوق تعداد تخم مرغ مورد نیاز برای مطالعه از برندهای مختلف، ۲۹ عدد است. پس از آن نمونه‌ها تحت شرایط بهداشتی به آزمایشگاه گروه مهندسی بهداشت محیط دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انتقال داده شد و پس از ثبت مشخصات نمونه‌ها، آزمایش برای اندازه گیری فلزات سنگین بر روی آنها انجام شد. در این تحقیق ملاحظات اخلاقی مشاهده نشد.

**آماده سازی اولیه نمونه‌ها جهت استخراج فلزات با اسید**

هضم نمونه‌های تخم مرغ با روش هضم مرطوب (Wet Digestion) انجام شد. ابتدا مقدار ۲ گرم از نمونه یکنواخت شده تخم مرغ با قاشق پلاستیکی شسته شده با اسید برداشت شد و درون بشر ۸۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و با ترازوی دقیق وزن گردید. سپس مقدار ۱۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ٦٥٪ و ۳ میلی‌لیتر پرکلریک اسید ۷۰٪ به نمونه‌ها اضافه شد و برای مدت یک ساعت در دمای ۱٤۰ درجه سانتیگراد بر روی هیتر قرار گرفت تا یک محلول شفاف بدست آید. سپس ظروف از دستگاه خارج گردیدند تا خنک شوند. پس از این مرحله، محتویات ظروف را از کاغذ صافی عبور داده و با محلول ۲ نرمال اسید نیتریک به حجم ۵۰ رسانده شد [۲].

**تهیه نمونه شاهد**

لازم به ذکر است که برای هر سری از آزمایشات یک نمونه شاهد (بلانک) تهیه شد که تمام شرایط آزمایش برای نمونه‌های مورد استفاده و بلانک یکسان بوده است. از آنجا که اکثر اسیدها شامل مقدار کمی از فلزات هستند، سعی گردید از اسیدهای فاقد آلودگی استفاده شود و یا مقدار آهن و فلزات سنگین در آنها کمتر از ۰/۰۰۰۱ درصد باشد.

**اندازه گیری فلزات سنگین**

ابتدا برای فلزات مورد اندازه گیری، منحنی استاندارد رسم شد. برای رسم منحنی‌های استاندارد، از محلولهای استوک آنالیت‌های فلزی (سرب، روی، کادمیوم، نیکل، مس، آهن و آرسنیک) استفاده شد. برای اینکه میزان فلزات در نمونه‌ها بهتر تعیین مقدار شود، رقت سازی از ۰/۰۱ تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر انجام گرفت. محلول‌های استاندارد استوک در غلظت‌های مختلف رقیق شدند و بدین طریق محلول‌های استاندارد کاری تهیه گردیدند. برای تهیه غلظت‌های مورد نیاز از آب مقطر دو بار تقطیر استفاده شد. محلول‌های استاندارد تهیه شده حاوی غلظت‌های ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ ppm از ترکیبات این فلزات بودند. سپس این غلظت‌ها به دستگاه Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) تزریق شد و منحنی کالیبراسیون رسم گردید و ضریب همبستگی $R^2$، طول موج و حدود تشخیص هر یک از فلزات به دست آمد (جدول۱) و سپس مقادیر فلزات سنگین با استفاده از دستگاه سنجیده شدند.

**جدول شماره ۱- مقادیر ضریب همبستگی و حد تشخیص فلزات اندازه گیری شده در مطالعه حاضر**

| فلز | $R^2$ | طول موج (نانومتر) | حد تشخیص (میکروگرم در گرم) |
|---|---|---|---|
| **کادمیوم** | ۰/۹۹۹٤ | ۲۱٤/٤۳۸ | ۰/۱ |
| **سرب** | ۰/۹۹۹٦ | ۲۲۰/۳٥۳ | ۲ |
| **آرسنیک** | ۰/۹۹۹۸ | ۱۸۹/۰٤۲ | ۱ |
| **نیکل** | ۰/۹۹۹۹ | ۲۲۱/٦٤۸ | ۰/۳ |
| **آهن** | ۰/۹۹۹۹ | ۲٥۹/۹٤۱ | ۰/۲ |
| **روی** | ۰/۹۹۹٥ | ۲۱۳/۸٥٦ | ۰/۳ |
| مس | ۰/۹۹۹۹ | ۳۲٤/۷٥٤ | ۰/۳ |

**محاسبه میزان دریافت هر یک از فلزات از طریق مصرف روزانه تخم مرغ**

برای محاسبه میزان دریافت هر یک از فلزات از طریق مصرف روزانه تخم مرغ، میزان فلزات بدست آمده در یک کیلوگرم وزن مرطوب (به صورتی که مصرف می‌شود) در مصرف سرانه روزانه آن فراورده محاسبه گردید. میزان مصرف روزانه تخم مرغ، ٦۰ گرم (۱ عدد) می‌باشد. مقادیر فلزات بدست آمده در مصرف سرانه ضرب شد [۱۳]. حداکثر میزان دریافت قابل تحمل موقتی روزانه (PMTDI) (Provisional Maximum Tolerable Daily Intake) فلزات سنگین عبارت از مقداری است که خاصیت تجمعی در بدن انسان نداشته باشد. این کمیت نشان دهنده میزان مجاز در معرض قرار گرفتن یک فرد در برابر فلزات سنگین از طریق تخم مرغ است. در این تحقیق حداکثر میزان دریافت قابل تحمل موقتی روزانه (PMTDI) بر حسب میلی‌گرم در یک فرد بالغ ٦۰ کیلوگرمی بدست آمده است.

**تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها**

آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (test ANOVA) و Excel (V.2.26) انجام گرفت و مقادیر کمتر از ۰/۰۵ بعنوان معنی‌دار بیان شد. جهت مقایسه مقادیر فلزات سنگین در تخم مرغ‌ها، با توجه به برندهای مورد مطالعه، ابتدا

شرایط مقایسه آنها در آنالیز واریانس بررسی و سپس در صورت برقراری از تحلیل واریانس و در صورت عدم برقراری از آزمون ناپارامتری معادل آن، یعنی کروسکال والیس استفاده شد.

## یافته‌ها

### مقادیر فلزات در تخم مرغ

نتایج مقادیر فلزات در نمونه‌های تخم مرغ عرضه شده در شهر تهران در جدول ۲ نشان داده شده است. در نمونه‌های تخم مرغ مورد بررسی، میانگین غلظت فلزات برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای کادمیوم ۰/۰۱، سرب ۰/۰۷٤ ، آرسنیک ۰/۰۳ ، نیکل ۰/۰۱٤ ، مس ۱/٤٦، آهن ۳٤/۳۷ و روی ۱۲/۵۵ بدست آمده است.

جدول ۲ نشان می‌دهد که بیشترین میانگین فلز سنگین موجود در تخم مرغ به ترتیب مربوط به آهن و روی و سپس فلز مس بوده است. همچنین سایر فلزات نیکل، سرب، آرسنیک و کادمیوم به میزان قابل توجهی نسبت به بقیه فلزات کمتر هستند.

**جدول شماره ۲- میانگین (Means±SD) غلظت فلزات سنگین (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تخم مرغ**

| نمونه | آرسنیک | کادمیوم | سرب | نیکل | مس | آهن | روی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار | ۰/۰۳±۰/۰۰۹ | ۰/۰۱±۰/۰۰۸ | ۰/۰۷٤±۰/۰۲۱ | ۰/۰۱٤±۰/۰۰۵ | ۱/٤٦±۰/٤٤ | ۳٤/۳۷±۵/۱۸ | ۱۲/۵۵±۵/۸٦ |

### مقایسه مقادیر فلزات سنگین در تخم مرغ به تفکیک برند

به منظور مقایسه مقادیر فلزات سنگین (سرب، آرسنیک، کادمیوم، مس، آهن، نیکل و روی) در تخم مرغ به تفکیک برندهای A، B، C، D، E، F، G، H، I و J از آزمونهای آنالیز واریانس یکطرفه و کروسکال والیس استفاده شده است. در جدول ۳ مقایسه میزان فلزات در تخم مرغ به تفکیک برند (میلی‌گرم بر کیلوگرم) آورده شده است. جدول ۳ نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری در میزان آرسنیک، کادمیوم، سرب، نیکل، مس، آهن و روی بین برندهای مختلف تخم مرغ با استفاده از آزمون کروسکال والیس وجود دارد ($p\leq$ ۰/۰۵).

**جدول شماره ۳- مقایسه میزان فلزات در تخم مرغ به تفکیک برند (میلی‌گرم بر کیلوگرم)**

| برند* / فلز | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | p-value |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آرسنیک | ۰/۰۲ | ۰/۰٤ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰٤ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۳ |
| کادمیوم | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۲ | ۰/۰۳ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۰۱ |
| سرب | ۰/۰٤ | ۰/۰٦ | ۰/۰٦ | ۰/۰۹ | ۰/۱۱ | ۰/۰۹ | ۰/۰٦ | ۰/۰۷ | ۰/۰٦ | ۰/۰۹ | ≤۰/۰۰۱ |
| نیکل | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰۱ |
| مس | ۱/۳۹ | ۱/٦۳ | ۱/۳٤ | ۱/۲۹ | ۱/۰۲ | ۱/۱۸ | ۱/۳٤ | ۱/٤۹ | ۱/٤٤ | ۲/۸۹ | ۰/۰۰۷ |
| آهن | ۳۰/۸۵ | ۳۸/۵٦ | ۳٦/۰٤ | ۳۰/۱۳ | ۲٤/۵٤ | ۳۳/۵۸ | ۳٦/۸۱ | ۳۳/۱۷ | ٤۳/۰۳ | ۳۸/۳۷ | ۰/۰۰۱ |
| روی | ۱۲/۳۲ | .۱۱/٦۰ | ۱۰/۲٤ | ۱۰/۳۳ | ۸/٦۸ | ۹/٦٦ | ۱۱/۳۰ | ۱۲/۹۲ | ۱۲/۳٦ | ۳۲/۹۱ | ۰/۰۱ |

*برندهای تخم مرغ با نام‌های‌طلایی، پارس، ماه، مروارید، گنجاب، خانگی، بندر، برنا، برادران و صحرا و به ترتیب با کدهای A، B، C، D، E، F، G، H، I و J

**جدول شماره ٤- محاسبه میزان دریافت فلزات از طریق مصرف روزانه تخم مرغ بر اساس مقادیر بدست آمده از پژوهش**

| فلز | PMTDI* | میزان دریافت فلز** | درصد حداکثر دریافتی*** |
|---|---|---|---|
| آرسنیک | ۰/۱۲٦ | ۰/۰۰۱۸ | ٪۱/٤۲ |
| کادمیوم | ۰/۰٦ | ۰/۰۰۰٦ | ٪۱ |
| سرب | ۰/۲۱٦ | ۰/۰۰٤٤٤ | ٪۲/۰۵ |
| نیکل | ۰/۳ | ۰/۰۰۰۸٤ | ٪۰/۲۸ |
| مس | ۳۰ | ۰/۰۸۷٦ | ٪۰/۲۹ |
| آهن | ٤۸ | ۲/۰٦۲۲ | ٪٤/۲۹ |
| روی | ٦۰ | ۰/۷۵۳ | ٪۱/۲۵ |

*حداکثر میزان دریافت قابل تحمل موقتی روزانه (Provisional Maximum Tolerable Daily Intake) بر حسب میلی‌گرم در یک فرد بالغ ٦۰ کیلوگرمی

**میزان دریافت فلز با مصرف روزانه ٦۰ گرم تخم مرغ برحسب میلی‌گرم بر اساس نتایج پژوهش حاضر

*** درصد حداکثر دریافت قابل تحمل روزانه

**محاسبه میزان دریافت فلزات از طریق مصرف روزانه تخم مرغ**
میزان دریافت هر یک از فلزات از طریق مصرف روزانه تخم مرغ در یک کیلوگرم وزن مرطوب محاسبه شد که مقادیر بدست آمده در جدول شماره ٤ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان دریافت فلزات کمتر از یک درصد حداکثر میزان دریافت قابل تحمل روزانه یا PMTDI می‌باشد.

## بحث
فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌های شیمیایی مواد غذایی محسوب می‌شوند و وجود آنها در مواد غذایی با منشاء دامی، امکان قرار دادن انسان را در معرض عوارض ناشی از آنها به طور مستمر بسیار افزایش خواهد داد [١]. آلودگی مواد غذایی ممکن است از راه‌های مختلفی صورت گیرد. تخم مرغ نیز می‌تواند از طروق مختلف بخصوص از طریق مصرف آب و خوراک آلوده توسط طیور آلوده شود. در این مطالعه مقادیری از فلزات در نمونه‌های تخم مرغ آزمایش شده یافت شد. بر اساس آزمون‌های انجام یافته در این مطالعه، میان میزان فلزات موجود در بین برندهای مختلف ارتباط معنی‌داری دیده شد ($p\leq$ ٠/٠٥). البته علل احتمال این آلودگی، را می‌توان به شرکت‌های مختلف با فرایندهای متفاوت بسته بندی نسبت داد و از طرفی دیگر به مرغداری‌های متفاوت با جیره غذایی مختلف در تولید تخم مرغ مربوط دانست. کیفیت تغذیه و محیط رشد مرغ، عامل مهمی در میزان فلزات در تخم مرغ است. در مطالعه حاضر میانگین غلظت کادمیوم در تخم مرغ ٠/٠١٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است. یولوزلا و همکاران، در مطالعه خود در سال ٢٠٠٩، میزان کادمیوم را در تخم مرغ ٢/٣٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است [١٤]. در مطالعه عبدالخلیق و همکاران در سال ٢٠١٢، مقدار کادمیوم اندازه گیری شده در تخم مرغ به میزان ٠/٠٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم [١٢] و در مطالعه کیرک پاتریک و همکاران در سال ١٩٧٥، ٠/٠١ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است [١٥] که این مقادیر مشابه مقدار کادمیوم اندازه گیری شده در تخم مرغ تحقیق حاضر است. همچنین باشا و همکاران در سال ٢٠١٣، مقدار کادمیوم را ٠/٠٠٨ میلی‌گرم بر کیلوگرم [١١] و هاشیش و همکاران در سال ٢٠١٢، میزان کادمیوم را در تخم مرغ ٠/٠٠٧ میلی‌گرم بر کیلوگرم [١٦] بیان کرده‌اند که کمتر از مقادیر بدست آمده درتحقیق حاضر است. مصرف مواد غذایی می‌تواند منبع اصلی مواجهه با کادمیوم از طریق رژیم غذایی در افراد غیر سیگاری باشد، در حالی که سیگار مهمترین منبع کادمیوم برای افراد سیگاری محسوب می‌شود [١٧]. با توجه به نتایج مطالعه حاضر تخم مرغ نیز می‌تواند به کادمیوم آلودگی داشته باشد و بعنوان یکی از مواد غذایی مطرح باشد که در انتقال آلودگی این فلز به بدن انسان نقش داشته باشد و باعث به خطر افتادن سلامت مصرف کننده این ماده غذایی با ارزش باشد.

یکی دیگر از فلزات سمی، آرسنیک است که میانگین غلظت آرسنیک در تخم مرغ در این پژوهش، ٠/٠٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمده است. همچنین مطالعه یولوزلا در سال ٢٠٠٩، میزان آرسنیک موجود در تخم مرغ را ٠/٠٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است [١٤]. میزان آرسنیک تخم مرغ در مطالعه باشا و همکاران، ٠/٣٤ به میزان میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که بیشتر از مطالعه حاضر است [١١]. میزان آرسنیک موجود در تخم مرغ در مطالعه انجام شده توسط هاشیش و همکاران در سال ٢٠١٢، به میزان ٠/٠٢٩ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان گردیده است [١٦] که کمتر از مقدار آرسنیک در تحقیق حاضر است. با توجه به نتایج این تحقیق و گزارشات سایر محققین، تخم مرغ نیز می‌تواند به آرسنیک آلوده باشد، چرا که تغذیه مرغ با مواد غذایی حاوی آرسنیک به مرور زمان موجب تجمع آرسنیک در مرغ و تخم مرغ می‌شود.

در مطالعه حاضر میانگین غلظت سرب در تخم مرغ، ٠/٠٧٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم نشان داده شده است. یولوزلا و همکاران در سال ٢٠٠٩، میزان سرب را در تخم مرغ را ٠/٠٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم ذکر کرده‌اند که کمتر از مشابه مطالعه حاضر می‌باشد [١٤]. در مطالعات باشا و همکاران در سال ٢٠١٣، عبدالخلیق و همکاران در سال ٢٠١٢، میزان سرب موجود در تخم مرغ به ترتیب ٠/٥١ و ٠/٢٧ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است که بیشتر از مطالعه حاضر می‌باشد [١١، ١٢]. کیرک پاتریک وهمکاران در سال ١٩٧٥، میزان سرب را در تخم مرغ را ٠/٠١ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام کرده‌اند که مشابه مطالعه حاضر است [١٥].

در این تحقیق میانگین غلظت نیکل در تخم مرغ ٠/٠١٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمده است. یولوزلا و همکاران در سال ٢٠٠٩، میزان نیکل را در تخم مرغ ٠/٠٩ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند که این میزان نیکل در تخم مرغ تقریباً مشابه با مقدار نیکل مطالعه حاضر است [١٤]. در مطالعه رحمان در سال ٢٠١٣، میزان نیکل در تخم مرغ، کمتر از حد تشخیص گزارش گردیده است [١٨]. اما در مطالعه باشا و همکاران در سال ٢٠١٣، میزان نیکل در تخم مرغ ٠/٤ میلی‌گرم

در کیلوگرم گزارش شده است که بیشتر از مطالعه حاضر می‌باشد [١١]. کیرک پاتریک و همکاران در سال ١٩٧٥ نیز میزان نیکل تخم مرغ را ٠/٠٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند [١٥].

مس فلز دیگری است که در نمونه‌های تخم مرغ اندازه گیری شده است. مس بعنوان یکی از فلزات سنگین اساسی در غذا است و از عناصر ضروری و مورد نیاز بدن محسوب می‌شود، اما در مقادیر بیشتر از حد نیاز می‌تواند برای سلامتی مضر باشد. در این مطالعه میانگین غلظت مس در تخم مرغ ١/٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شده است. میزان مس تخم مرغ در مطالعات یولوزلا و همکاران در سال ٢٠٠٩ به میزان ٠/٥١ میلی‌گرم بر کیلوگرم [١٤] و کیرک پاتریک و همکاران در سال ١٩٧٥ به مقدار ٠/٦٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم [١٥] گزارش گردیده است که این مقادیر نسبت به مطالعه حاضر کمتر می‌باشد. همچنین در مطالعه باشا و همکاران در سال ٢٠١٣، مقدار مس تخم مرغ، ١/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم [١١] بیان شده است که مشابه مطالعه حاضر می‌باشد.

از فلزات اندازه گیری شده دیگر در تحقیق حاضر، آهن است که در این مطالعه میانگین غلظت آهن در تخم مرغ ٣٤/٣٧ میلی‌گرم بر کیلوگرم نشان داده شده است. یولوزلا و همکاران در سال ٢٠٠٩، مقدار آهن تخم مرغ را ٢٧/٠١ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان کرده‌اند که این مقدار کمتر از مطالعه حاضر است [١٤]. در مطالعه باشا و همکاران در سال ٢٠١٣، آهن موجود در تخم مرغ را ٦٠/٩ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش کردند که نسبت به مقدار مطالعه حاضر، بیشتر می‌باشد [١١]. در تحقیقی دیگر توسط چن و همکاران در سال ١٩٩٧، میزان آهن موجود در تخم مرغ ٢٦/٧٨–٢٠/٩١ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمده است [١٩]. در مطالعات عبدالخلیق و همکاران در سال ٢٠١٢ [١٢] و کیرک پاتریک وهمکاران در سال ١٩٧٥ [١٥] میزان آهن موجود در تخم مرغ به ترتیب ٢٣/٥٥ و ٢١/٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که این مقادیر نسبت به مطالعه حاضر بیشتر هستند.

یکی دیگر از فلزات روی است که در تحقیق حاضر میانگین غلظت روی در تخم مرغ ١٢/٥٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمده است. در مطالعه یولوزلا و همکاران در سال ٢٠٠٩، میزان روی در تخم مرغ ١٣/٢٣ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش گردیده است [١٤]. همچنین میزان روی موجود در تخم مرغ در مطالعات باشا و همکاران در سال ٢٠١٣ [١١] و هاشیش و همکاران در سال ٢٠١٢ [١٦] به ترتیب ٣٠/٦ و ٥٦/٨ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان شده است که این مقادیر بیشتر از مطالعه حاضر است. در مطالعه کیرک پاتریک و همکاران در سال ١٩٧٥ میزان روی، ١٤/٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تخم مرغ‌های مورد آزمایش، گزارش شده است [١٥].

میزان حد مجاز هر کدام از این فلزات به ترتیب، مس به میزان ١٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم، روی ٢٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم، سرب ٠/٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم، کادمیوم ٠/٠٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم و آرسنیک ٠/٠٠٢ میلی گرم بر کیلو گرم بیان شده است [٢٠، ٢١، ٢٢]. در این تحقیق تمامی فلزات اندازه گیری شده از حد مجاز استاندارد بین المللی کمتر می‌باشد و از نظر سلامت همگانی نگرانی وجود ندارد. در مطالعه حاضر، حداکثر میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی فلزات بر حسب میلی‌گرم در یک فرد بالغ ٦٠ کیلوگرمی برای آرسنیک به میزان ٠/١٢٦، سرب به میزان ٠/٢١٦، کادمیوم مقدار ٠/٠٦، نیکل به مقدار ٠/٣، مس به مقدار ٣٠، آهن به میزان ٤٨ و روی به میزان ٦٠ بدست آمده است. در حالی که یولوزلا و همکاران در سال ٢٠٠٩، حداکثر مقدار مصرف مجاز فلزات را برای شخص بالغ با وزن ٦٠ کیلوگرم برابر با ٣٢–٣ میکروگرم برای سرب، ٢/٥–١ میلی‌گرم برای مس و ١٠٠ میکروگرم برای نیکل بیان نموده‌اند [١٤]. سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوار و بار جهانی، میزان دریافت مجاز روزانه بر حسب میلی‌گرم برای شخص ٧٠ کیلوگرمی برای فلزات مس ٣٥، روی ٧٠، سرب ٠/٥، کادمیوم ٠/٠٧ و آرسنیک ٠/١٤٧ اعلام کرده‌اند [٢٣]. باشا و همکاران در سال ٢٠١٣ گزارش کردند که میانگین فلزات دریافت شده از طریق مصرف یک عدد تخم مرغ بر حسب میلی‌گرم در روز برای آهن برابر با ٢/٩٩، نیکل برابر با ٠/٠٢، مس برابر با ٠/٠٧، روی برابر با ١/٥ و سرب برابر با ٠/٠٢ است. همچنین در این مطالعه اشاره شده است که با مصرف کردن یک عدد تخم مرغ تقریباً ٥–٠/٥ درصد از هرکدام از فلزات، وارد رژیم غذایی می‌شوند. در حالی که در مورد فلز سرب، ممکن است این مقدار، حداکثر ٥٠ درصد باشد [١١].

## نتیجه گیری

مطالعه حاضر نشان داد که تمامی فلزات مورد آنالیز در غلظت‌های در حد قابل تشخیص در نمونه‌های تخم مرغ وجود دارد و میزان تمامی فلزات مورد مطالعه در نمونه‌ها از استاندارد بین المللی پایین‌تر است. در تخم مرغ، فلزات سمی کادمیوم، نیکل، سرب و آرسنیک به مقدار زیادی وجود دارد، اما این مقادیر پایین‌تر از حد مجاز است.

آلودگی تخم مرغ به فلزات از طریق محیط زیست، هوا، آب و تغذیه با خوراک آلوده اتفاق می‌افتد. گرچه آلودگی تخم مرغ از نظر سلامت همگانی مهم بوده و خطرات و نگرانیهایی را می‌تواند بدنبال داشته باشد، اما مقادیر فلزات در نمونه‌های تخم مرغ مورد آزمون جمع‌آوری شده از مراکز عرضه شهر تهران در حد ایمن و قابل اطمینان بوده است و از این جهت مشکلی ندارد. با این وجود لزوم توجه به پایش این آلاینده‌ها بطور دوره‌ای و مداوم در این ماده غذایی توصیه می‌شود.

## تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی مرکز تحقیقات مواد زائد جامد پژوهشکده محیط زیست و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام گرفته است که بخاطر همکاری‌های لازم در تامین هزینه این تحقیق به شماره ۲۵۹۰۳-٤٦ صمیمانه قدردانی می‌شود.

## REFERENCES

1. Rokni N. Principles of Food Hygiene. Tehran: Tehran University Press 2010 (In Persian).
2. Dacera DM, Babel S. Removal of heavy metals from contaminated sewage sludge using Aspergillusniger fermented raw liquid from pineapple wastes. Bioresource Technology 2008;99(6):1682-9.
3.Vos G, Lammers H, Van Delft W. Arsenic, Cadmium, Lead and Mercury in meat, liver and kidney of sheep slaughtered in the Netherland. LebensmUntersForch1988;187(1):1-7.
4.Watson D. Food Chemical Safety. Cambridge: Woodhead Publishing Limited 2001.
5.Santhi D, Balakrishnan V, Kalaikannan A, Radhakrishnan K. Presence of heavy metals in pork products in Chennai (India). American Journal of Food Technology 2008;3(3): 192-9.
6. Miranda M, Lopez-Alonso M, Castillo C, Hernández J, Benedito J. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area of northern Spain. Environment International 2005;31(4):543-8.
7.Wang X, Sato T, Xing B, Tao S. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. Science of the Total Environment 2005;350(1):28-37.
8.Vieira C, Morais S, Ramos S, Delerue-Matos C, Oliveira M. Mercury, cadmium, lead and arsenic levels in three pelagic fish species from the Atlantic Ocean: intra-and inter-specific variability and human health risks for consumption. Food and Chemical Toxicology 2011;49(4):923-32.
9. Baykov BD, Stoyanov MP, Gugova ML. Cadmium and lead bioaccumulation in malechickens for high food concentrations. Toxicological and Environmental Chemistry 1996;54(1-4):155-9.
10. Sparks N. The hen's egg–is its role in human nutrition changing? World's Poultry Science Journal 2006; 62(2):308-15.
11. Basha AM, Yasovardhan N, Satyanarayana SV, Reddy GVS, Kumar AV.Assessment of heavy metal content of the hen eggs in the surroundings of uranium mining area, India. Annals Food Science and Technology2013; 14(2): 344-9.
12. Abdulkhaliq A, Swaileh KM, Hussein RM, Matani M. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow's milk, dairy products and hen's eggs from the West Bank, Palestine. International Food Research Journal 2012; 19(3): 1089-94.

13. Chowdhury MZA, Siddique ZA, Hossain SA, Kazi AI, Ahsan AA, Ahmed S, et al. Determination of essential and toxic metals in meats, meat products and eggs by spectrophotometric method. Journal of the Bangladesh Chemical Society 2011; 24(2):165-172.
14. Uluozlu OD, Tuzen M, Mendi D. Assessment of trace element contents of chicken products from Turkey. Journal of Hazardous Materials 2009; 163(2): 982-7.
15. Kirkpatrick DC, Coffin DE. Trace metal content of chicken eggs. Journal of the Science of Food and Agriculture 1975;26(1):99-103.
16. Hashish SM, Abdel-Samee LD, Abdel-Wahhab MA. Mineral and heavy metals content in eggs of local hens at different geographic areas in Egypt. Global Veterinaria 2012;8(3):298-304.
17. Rahimi E, Drakhshesh SM. Determination of Cadmium content in raw milk by using Atomic Absorption Apectrophotometry in different regions of Iran. Journal of Veterinary and Laboratory 2010; 2(1):65-74.
18. Rehman F. Comparative Study of Heavy Metals in different Parts of Domestic and Broiler Chickens. International Journal of Pharmaceutical Sciences Review2013; 23(2): 151-4.
19. Chen SS, Lin YW, Kao YM, Shih YC. Trace elements and heavy metals in poultry and livestock meat in Taiwan. Food Additives and Contaminants: Part B 2013;6(4):231-6.
20. Zmudzki, J. and Szkoda, J. Concentrations oftrace elements in hen eggs. PolarBromatologia-i-Chemia-Toksykologiczna 1996; 29 (1):55-7.
21. Roychowdhury T, Tokunaga H, Ando M. Survey of arsenic and other heavy metals infood composites and drinking water and estimationof dietary intake by the villagers from an arsenicaffectedarea of West Bengal, India. Science of the TotalEnvironment 2003; 308(1-3): 15-35.
22. EC. Commission Regulations, European Commission (EC).Setting maximum levels for certain contaminants in food stuffs. 2006.
23. FAO/WHO.Joint Expert Committee on FoodAdditives, FAO/WHO. WHO Technical Report Series No. 776.Evaluation of certain food additives andcontaminants, Geneva. 1989.

# Contamination of chicken eggs supplied in Tehran by heavy metals and calculation of their daily intake

**Somayeh Abbasi Kia[1], Gholamreza Jahed Khaniki[*2], Nabi Shariatifar[3], Shahrokh Nazmara[4], Arash Akbarzadeh[5]**

1. MSc student of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
2. Associate Professor of Center for Solid Waste Research (CSWR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3. Assistant Professor Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
4. Expert of Environmental Health Engineering Department, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
5. MSc student of Biostatistics, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

## ABSTRACT

**Background and Aims:** Chicken eggs, owing to richness in protein and essential minerals, are used in many communities and for all age groups. Metals are considered as one of the most important environmental pollutants which may lead to egg contamination. The consumption of contaminated eggs can harm human health. The aim of this study was to evaluate heavy metal (arsenic, cadmium, lead, nickel, copper, zinc and iron) contents in chicken eggs supplied in Tehran. Daily intake rates of heavy metals were also calculated.

**Materials and Methods:** A total of 29 chicken eggs were sampled from various food stores in Tehran. Sample preparation was performed using wet acid digestion. Heavy metals concentrations were determined using ICP-OES. Data analysis was carried out by means of the statistical software SPSS as well as Excel (V.2.26). Kruskal Wallis and ANOVA tests were executed to compare heavy metal concentrations between different brands.

**Results:** Mean concentrations of cadmium, lead, arsenic, nickel, copper, iron and zinc in collected chicken eggs were 0.01, 0.074, 0.03, 0.014, 1.46, 34.37 and 12.55 mg/kg, respectively. Iron and cadmium respectively showed the highest and lowest daily intake through chicken egg consumption.

**Conclusion:** It was concluded that the levels of heavy metals in sampled chicken eggs were less than permissible limits and thus are considered safe. However, due to the importance of food contamination in public health, the continuous monitoring of these contaminants in food is recommended.

**Key words:** Chicken Eggs, Heavy Metals, Food Safety, Tehran

***Corresponding Author:**
Poorsina Street, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
**Tel:** +982188954914
**Email:** ghjahed@sina.tums.ac.ir

**Received:** 14 January 2015
**Accepted:** 6 October 2015