

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

Somayeh Abbasi Kia¹, Gholamreza Jahed Khaniki^{2*}, Nabi Shariatifar³, Shahrokh Nazmara⁴, Arash Akbarzadeh⁵

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

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 شریعتی فر^۳، شاهرخ نظم آرا^۴، آرش اکبر زاده^۵

^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
^۴ کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۵ 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، تقریباً 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 ۰/۰۷۴، آرسنیک ۰/۰۳، نیکل ۰/۰۱۴، مس ۱/۴۶، آهن ۳۴/۳۷ 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: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۱۴

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 [۱]. در زمینه حفاظت محیط زیست، بهداشت و سلامت انسانها، فلزاتی مانند سرب، جیوه، مس، کادمیوم، نیکل، کروم و... جزء گروه فلزات سنگین می‌باشند [۲]. آلودگی مواد غذایی به فلزات سنگین نه تنها در نتیجه فعالیت انسان حاصل می‌گردد، بلکه به طور طبیعی و از طریق خاک‌های آلوده نیز ممکن است این آلاینده‌ها به غذا وارد شوند [۳، ۴]. فراوری مواد غذایی، یکی از علل آلودگی مواد غذایی به فلزات سنگین گزارش شده است [۵]. تغذیه دام‌ها و ماکیان با علوفه و خوراک آلوده نیز از دیگر عوامل آلوده کننده گوشت به فلزات سنگین می‌باشد [۶]. 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 متابولیسم 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 [۲]. 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 [۷].

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 [۸، ۹]. تخم مرغ مصرف زیادی در میان جوامع مختلف دارد و تقریباً 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 [۱۰، ۱۱]. 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) در تخم 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 ۲۹ نمونه تخم مرغ عرضه شده در فروشگاه‌های مواد غذایی شهر تهران بصورت مقطعی و توصیفی در سال ۱۳۹۳ 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, J انتخاب شد و براساس تاریخ تولید متفاوت از هر برند مشخص و با سه بار تکرار در مجموع ۸۷ 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 ۲۰۱۲، میانگین و انحراف معیار مقادیر سرب در نمونه‌های تخم مرغ آزمایش شده به ترتیب ۰/۲۷ و ۰/۰۸ بیان شده است [۱۲]. با توجه به اینکه در نتایج بدست آمده، انحراف معیار در مقایسه با میانگین ناچیز است، خطا را ۰/۱ 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 $1/96$ ، میزان خطا (d) برابر با $0/27$ و میزان انحراف معیار (SD) برابر با $0/08$ در نظر گرفته شود، تعداد نمونه (N) برابر با $28/09$ 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 میلی لیتری ریخته شد و با ترازوی دقیق وزن گردید. سپس مقدار ۱۵ میلی لیتر اسید نیتریک 65% و ۳ میلی لیتر پرکلریک اسید 70% به نمونه‌ها اضافه شد و برای مدت یک ساعت در دمای 140 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].

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

حد تشخیص (میکروگرم در گرم)	طول موج (نانومتر)	R ²	فلز
۰/۱	۲۱۴/۴۳۸	۰/۹۹۹۴	کادمیوم
۲	۲۲۰/۳۵۳	۰/۹۹۹۶	سرب
۱	۱۸۹/۰۴۲	۰/۹۹۹۸	آرسنیک
۰/۳	۲۲۱/۶۴۸	۰/۹۹۹۹	نیکل
۰/۲	۲۵۹/۹۴۱	۰/۹۹۹۹	آهن
۰/۳	۲۱۳/۸۵۶	۰/۹۹۹۵	روی
۰/۳	۳۲۴/۷۵۴	۰/۹۹۹۹	مس

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، ۶۰ 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 میلی گرم در یک فرد بالغ ۶۰ 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 $0/05$ بعنوان معنی دار بیان شد. جهت مقایسه مقادیر فلزات سنگین در تخم مرغ‌ها، با توجه به برندهای مورد مطالعه، ابتدا

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 $0/0001$ 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 $0/01$ تا ۵ میلی گرم 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 100 ، 500 و

مرغ مورد بررسی، میانگین غلظت فلزات برحسب میلی گرم بر کیلوگرم به ترتیب برای کادمیوم ۰/۰۱، سرب ۰/۰۷۴، آرسنیک ۰/۰۳، نیکل ۰/۰۱۴، مس ۱/۴۶، آهن ۳۴/۳۷ و روی ۱۲/۵۵ بدست آمده است.

جدول ۲ نشان می دهد 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 (میلی گرم بر کیلوگرم) در تخم مرغ

نمونه	آرسنیک	کادمیوم	سرب	نیکل	مس	آهن	روی
مقدار	۰/۰۳±۰/۰۰۹	۰/۰۱±۰/۰۰۸	۰/۰۷۴±۰/۰۲۱	۰/۰۱۴±۰/۰۰۵	۱/۴۶±۰/۴۴	۳۴/۳۷±۵/۱۸	۱۲/۵۵±۵/۸۶

جدول ۳ مقایسه میزان فلزات در تخم مرغ به تفکیک برند (میلی گرم بر کیلوگرم) آورده شده است. جدول ۳ نشان می دهد 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≤ ۰/۰۵).

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

فلز	برند*	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	p-value
آرسنیک	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰۳
کادمیوم	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
سرب	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۹	≤۰/۰۰۱
نیکل	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۰۱
مس	۱/۳۹	۱/۳۳	۱/۳۴	۱/۲۹	۱/۰۲	۱/۱۸	۱/۱۸	۱/۳۴	۱/۴۹	۱/۴۴	۲/۸۹	۰/۰۰۷
آهن	۳۰/۸۵	۳۸/۵۶	۳۶/۰۴	۳۰/۱۳	۲۴/۵۴	۳۳/۵۸	۳۶/۸۱	۳۳/۱۷	۳۳/۰۳	۴۳/۰۳	۳۸/۳۷	۰/۰۰۱
روی	۱۲/۳۲	۱۱/۶۰	۱۰/۲۴	۱۰/۳۳	۸/۶۸	۹/۶۶	۱۱/۳۰	۱۲/۹۲	۱۲/۳۶	۱۲/۳۶	۳۲/۹۱	۰/۰۱

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

جدول شماره ۴- 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	۰/۱۲۶	۰/۰۰۱۸	٪۱/۴۲
کادمیوم	۰/۰۶	۰/۰۰۰۶	٪۱
سرب	۰/۲۱۶	۰/۰۰۴۴۴	٪۲/۰۵
نیکل	۰/۳	۰/۰۰۰۸۴	٪۰/۲۸
مس	۳۰	۰/۰۸۷۶	٪۰/۲۹
آهن	۴۸	۲/۰۶۲۲	٪۴/۲۹
روی	۶۰	۰/۷۵۳	٪۱/۲۵

*حداکثر میزان دریافت قابل تحمل موقتی روزانه (Provisional Maximum Tolerable Daily)

(Intake) بر حسب میلی گرم در یک فرد بالغ ۶۰ کیلوگرمی

**میزان دریافت فلز با مصرف روزانه ۶۰ گرم تخم مرغ بر حسب میلی گرم بر اساس نتایج پژوهش حاضر

***درصد حداکثر دریافت قابل تحمل روزانه

کادمیوم برای افراد سیگاری محسوب می‌شود [۱۷]. 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، ۰/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمده است. همچنین مطالعه یولوزلا در سال ۲۰۰۹، میزان آرسنیک موجود در تخم مرغ را ۰/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است [۱۴]. میزان آرسنیک تخم مرغ در مطالعه باشا و همکاران، ۰/۳۴ به میزان میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که بیشتر از مطالعه حاضر است [۱۱]. میزان آرسنیک موجود در تخم مرغ در مطالعه انجام شده توسط هاشیش و همکاران در سال ۲۰۱۲، به میزان ۰/۰۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیان گردیده است [۱۶] 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، ۰/۰۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم نشان داده شده است. یولوزلا و همکاران در سال ۲۰۰۹، میزان سرب را در تخم مرغ را ۰/۰۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ذکر کرده‌اند که کمتر از مشابه مطالعه حاضر می‌باشد [۱۴]. در مطالعات باشا و همکاران در سال ۲۰۱۳، عبدالخلیق و همکاران در سال ۲۰۱۲، میزان سرب موجود در تخم مرغ به ترتیب ۰/۵۱ و ۰/۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است که بیشتر از مطالعه حاضر می‌باشد [۱۱، ۱۲]. کیرک پاتریک و همکاران در سال ۱۹۷۵، میزان سرب را در تخم مرغ را ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم اعلام کرده‌اند که مشابه مطالعه حاضر است [۱۵].

در این تحقیق میانگین غلظت نیکل در تخم مرغ ۰/۰۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بدست آمده است. یولوزلا و همکاران در سال ۲۰۰۹، میزان نیکل را در تخم مرغ ۰/۰۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند که این میزان نیکل در تخم مرغ تقریباً مشابه با مقدار نیکل مطالعه حاضر است [۱۴]. در مطالعه رحمان در سال ۲۰۱۳، میزان نیکل در تخم مرغ، کمتر از حد تشخیص گزارش گردیده است [۱۸]. اما در مطالعه باشا و همکاران در سال ۲۰۱۳، میزان نیکل در تخم مرغ ۰/۴ میلی‌گرم

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 ۴ 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 [۱]. 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 ($p \leq 0/05$). 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 ۰/۰۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده است. یولوزلا و همکاران، در مطالعه خود در سال ۲۰۰۹، میزان کادمیوم را در تخم مرغ ۲/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده است [۱۴]. در مطالعه عبدالخلیق و همکاران در سال ۲۰۱۲، مقدار کادمیوم اندازه گیری شده در تخم مرغ به میزان ۰/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم [۱۲] و در مطالعه کیرک پاتریک و همکاران در سال ۱۹۷۵، ۰/۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است [۱۵] که این مقادیر مشابه مقدار کادمیوم اندازه گیری شده در تخم مرغ تحقیق حاضر است. همچنین باشا و همکاران در سال ۲۰۱۳، مقدار کادمیوم را ۰/۰۰۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم [۱۱] و هاشیش و همکاران در سال ۲۰۱۲، میزان کادمیوم را در تخم مرغ ۰/۰۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم [۱۶] بیان کرده‌اند که کمتر از مقادیر بدست آمده در تحقیق 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

بر کیلوگرم بیان شده است که این مقادیر بیشتر از مطالعه حاضر است. در مطالعه کیرک پاتریک و همکاران در سال ۱۹۷۵ میزان روی، $14/6$ میلی گرم بر کیلوگرم در تخم مرغ‌های مورد آزمایش، گزارش شده است [۱۵].

میزان حد مجاز هر کدام از این فلزات به ترتیب، مس به میزان 10 میلی گرم بر کیلوگرم، روی 20 میلی گرم بر کیلوگرم، سرب $0/5$ میلی گرم بر کیلوگرم، کادمیوم $0/05$ میلی گرم بر کیلوگرم و آرسنیک $0/02$ میلی گرم بر کیلوگرم بیان شده است [۲۰، ۲۱]. در این تحقیق تمامی فلزات اندازه گیری شده از حد مجاز استاندارد بین المللی کمتر می باشد و از نظر سلامت همگانی نگرانی وجود ندارد. در مطالعه حاضر، حداکثر میزان دریافت قابل تحمل روزانه موقتی فلزات بر حسب میلی گرم در یک فرد بالغ 60 کیلوگرمی برای آرسنیک به میزان $0/126$ ، سرب به میزان $0/216$ ، کادمیوم مقدار $0/06$ ، نیکل به مقدار $0/3$ ، مس به مقدار 30 ، آهن به میزان 48 و روی به میزان 60 بدست آمده است. در حالی که یولوزلا و همکاران در سال 2009 ، حداکثر مقدار مصرف مجاز فلزات را برای شخص بالغ با وزن 60 کیلوگرم برابر با $32-3$ میکروگرم برای سرب، $2/5-1$ میلی گرم برای مس و 100 میکروگرم برای نیکل بیان نموده‌اند [۱۴]. سازمان بهداشت جهانی و سازمان خوار و بار جهانی، میزان دریافت مجاز روزانه بر حسب میلی گرم برای شخص 70 کیلوگرمی برای فلزات مس 35 ، روی 70 ، سرب $0/5$ ، کادمیوم $0/07$ و آرسنیک $0/147$ اعلام کرده‌اند [۲۳]. باشا و همکاران در سال 2013 گزارش کردند که میانگین فلزات دریافت شده از طریق مصرف یک عدد تخم مرغ بر حسب میلی گرم در روز برای آهن برابر با $2/99$ ، نیکل برابر با $0/02$ ، مس برابر با $0/07$ ، روی برابر با $1/5$ و سرب برابر با $0/02$ است. همچنین در این مطالعه اشاره شده است که با مصرف کردن یک عدد تخم مرغ تقریباً $5-0/5$ درصد از هرکدام از فلزات، وارد رژیم غذایی می شوند. در حالی که در مورد فلز سرب، ممکن است این مقدار، حداکثر 50 درصد باشد [۱۱].

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 پایین تر است. در تخم مرغ، فلزات سمی کادمیوم، نیکل، سرب و آرسنیک به مقدار زیادی وجود دارد، اما این مقادیر پایین تر از حد مجاز است.

در کیلوگرم گزارش شده است که بیشتر از مطالعه حاضر می باشد [۱۱]. کیرک پاتریک و همکاران در سال 1975 نیز میزان نیکل تخم مرغ را $0/04$ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند [۱۵].

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 می شود، اما در مقادیر بیشتر از حد نیاز می تواند برای سلامتی مضر باشد. در این مطالعه میانگین غلظت مس در تخم مرغ $1/46$ میلی گرم بر کیلوگرم اندازه گیری شده است. میزان مس تخم مرغ در مطالعات یولوزلا و همکاران در سال 2009 به میزان $0/51$ میلی گرم بر کیلوگرم [۱۴] و کیرک پاتریک و همکاران در سال 1975 به مقدار $0/66$ میلی گرم بر کیلوگرم [۱۵] گزارش گردیده است که این مقادیر نسبت به مطالعه حاضر کمتر می باشد. همچنین در مطالعه باشا و همکاران در سال 2013 ، مقدار مس تخم مرغ، $1/4$ میلی گرم بر کیلوگرم [۱۱] بیان شده است که مشابه مطالعه حاضر می باشد.

از فلزات اندازه گیری شده دیگر در تحقیق حاضر، آهن است که در این مطالعه میانگین غلظت آهن در تخم مرغ $34/37$ میلی گرم بر کیلوگرم نشان داده شده است. یولوزلا و همکاران در سال 2009 ، مقدار آهن تخم مرغ را $27/01$ میلی گرم بر کیلوگرم بیان کرده‌اند که این مقدار کمتر از مطالعه حاضر است [۱۴]. در مطالعه باشا و همکاران در سال 2013 ، آهن موجود در تخم مرغ را $60/9$ میلی گرم در کیلوگرم گزارش کردند که نسبت به مقدار مطالعه حاضر، بیشتر می باشد [۱۱]. در تحقیقی دیگر توسط چن و همکاران در سال 1997 ، میزان آهن موجود در تخم مرغ $26/78-20/91$ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمده است [۱۹]. در مطالعات عبدالخلیق و همکاران در سال 2012 [۱۲] و کیرک پاتریک و همکاران در سال 1975 [۱۵] میزان آهن موجود در تخم مرغ به ترتیب $23/55$ و $21/5$ میلی گرم 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 $12/55$ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمده است. در مطالعه یولوزلا و همکاران در سال 2009 ، میزان روی در تخم مرغ $13/23$ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش گردیده است [۱۴]. همچنین میزان روی موجود در تخم مرغ در مطالعات باشا و همکاران در سال 2013 [۱۱] و هاشیش و همکاران در سال 2012 [۱۶] به ترتیب $30/6$ و $56/8$ میلی گرم

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.

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

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 ۲۵۹۰۳-۴۶ 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. *LebensmUntersForch*1988;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 Technology*2013; 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 Spectrophotometry 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 Review* 2013; 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 of trace elements in hen eggs. *Polar Bromatologia-i-Chemia-Toksykologiczna* 1996; 29 (1):55-7.
21. Roychowdhury T, Tokunaga H, Ando M. Survey of arsenic and other heavy metals in food composites and drinking water and estimation of dietary intake by the villagers from an arsenic affected area of West Bengal, India. *Science of the Total Environment* 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 Food Additives, FAO/WHO. WHO Technical Report Series No. 776. Evaluation of certain food additives and contaminants, Geneva. 1989.