



## Original Research Paper

## Determining the levels of lead and mercury in honey samples collected from Eastern Azarbaijan and Ardabil Provinces

Fatemeh Rahmani<sup>1</sup>, Abbasali Motallebi<sup>2</sup>, Mahya Mozaffarzogh<sup>\*1</sup>, Sonia Shojagharehbagh<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Food Hygiene and Control, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Department of Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

### Key Words

Spectroscopy  
Heavy metals  
Lead  
Mercury  
Honey

### Abstract

**Introduction:** The presence of heavy metals in water, air, soil and human food chain has indeed been a significant challenge in recent years that may put human life in jeopardy. Honey is one of the products which may be polluted by these metals. The aim of this study was to determine the levels of mercury and lead, supplied in Eastern Azarbaijan and Ardabil provinces.

**Materials & Methods:** 50 samples of honey were collected randomly from the markets of the two provinces during May, 2015. The levels of mercury and lead were determined using atomic absorption spectrometry.

**Result:** The levels of the determined heavy metals were below the international standard (which is 1ppm for lead and 0.05 ppm for mercury) in all the tested samples. Unlike the levels of lead which were higher in the samples of Eastern Azarbaijan, mercury had a greater amount in the samples of Ardabil. The differences in the amounts of heavy metals in the two provinces were not significant though ( $P>0.05$ ). The presence of these heavy metals in honey may be due to highly dense population in the areas, urbanization, industrial companies and traffic jams caused by countless transportation vehicles.

**Conclusion:** Due to the fact that Iran has a considerable potential in producing and exporting honey, the safety of this product is of paramount importance and necessary measures must be taken to ensure its safety.

\* Corresponding Author's email: [mahya.mozafar@ut.ac.ir](mailto:mahya.mozafar@ut.ac.ir)

## بررسی میزان فلزات سنگین سرب و جیوه در عسل استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل

فاطمه رحمانی<sup>۱</sup>، عباسعلی مطلبی<sup>۲</sup>، محیا مظفرنوق<sup>۱\*</sup>، سونیا شجاع‌قره‌باغ<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه بهداشت و کنترل مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۲</sup> گروه بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### چکیده

### کلمات کلیدی

طیف‌سنجی  
فلزات سنگین  
سرب  
جیوه  
عسل

**مقدمه:** یکی از چالش‌های زیست محیطی در دهه گذشته، حضور فلزات سنگین در آب، هوا، خاک و حتی زنجیره غذایی انسان است. عسل نیز به‌عنوان یکی از فراورده‌های غذایی از این نوع آلودگی‌ها در امان نیست. هدف مطالعه حاضر، سنجش فلزات سنگین سرب و جیوه در عسل‌های عرضه شده در بازار در دو استان آذربایجان شرقی و اردبیل بود.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه تعداد ۵۰ نمونه عسل در اردیبهشت ماه ۱۳۹۴ از دو استان آذربایجان شرقی و اردبیل به‌صورت تصادفی از عسل‌های عرضه شده در بازار جمع‌آوری و جداسازی سرب و جیوه توسط دستگاه جذب اتمی انجام شد.

**نتایج:** مقدار سرب و جیوه یافت شده در همه نمونه‌ها زیر حد استاندارد جهانی (حد مجاز استاندارد جهانی برای سرب در عسل ۱ ppm و برای جیوه در عسل ۰/۰۵ ppm است) بود و مقدار سرب در نمونه عسل‌های آذربایجان شرقی بیش‌تر از اردبیل و مقدار جیوه در نمونه عسل‌های اردبیل بیش‌تر از آذربایجان شرقی تشخیص داده شد که البته این تفاوت‌ها در مورد هردو فلز سنگین، معنی‌دار نیست. دلیل وجود این دو فلز در نمونه‌ها را می‌توان به عواملی از قبیل تمرکز جمعیت و فعالیت‌های صنعتی در مناطق شهری، آلودگی‌های زیست محیطی، ازدحام ترافیکی و ازدحام خودروهای سواری که خود یکی از عوامل مهم ورود این فلزات به محیط زیست می‌باشد، مرتبط دانست.

**نتیجه‌گیری و بحث:** به‌طور کلی توانایی بالای کشور در تولید عسل و صادرات آن به دیگر کشورها لزوم توجه به سالم بودن این محصول را افزایش می‌دهد.

\* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mahya.mozafar@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ اسفند ۱۳۹۸؛ تاریخ داوری: ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۹ خرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲ تیر ۱۳۹۹

(DOI): 10.22034/aej.2021.135069

## مقدمه

است که به وسیله آن می‌توان با دقت بالایی غلظت عناصر فلزی موجود در یک نمونه را تعیین نمود. با توجه به اثرات سوء فلزات سنگین و مصرف زیاد عسل در این مطالعه به بررسی میزان فلزات سنگین سرب و جیوه در نمونه‌های عسل استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل پرداخته شد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از ۵۰ نمونه عسل (با توجه به محدودیت‌ها و ظرفیت آزمایشگاهی تعداد ۲۵ نمونه برای هر استان انتخاب شد) از استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۴ استفاده شده که در چند مرحله از بازار خریداری گردید و سپس نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه واحد علوم تحقیقات تهران، انجام مراحل هضم و آماده‌سازی اولیه نمونه‌ها در آزمایشگاه دانشگاه انجام شد و جهت استفاده از دستگاه جذب اتمی به آزمایشگاه پرتو بپاش انتقال داده شد. بعد از آماده‌سازی نمونه‌ها، اندازه‌گیری سرب و جیوه با دستگاه جذب اتمی با شعله بر مبنای روش آماده‌سازی هضم خشک استفاده گردید و به منظور تشخیص آلودگی به جیوه در نمونه‌های گرفته شده از عسل‌های عرضه شده در بازار از دستگاه جذب اتمی بدون شعله بر مبنای روش آماده‌سازی هضم اسیدی استفاده شد. آماده‌سازی و اندازه‌گیری سرب و جیوه بر مبنای استاندارد ملی ایران صورت گرفت (ISIRI، ۲۰۰۸/۹۲۶۵؛ ISIRI، ۲۰۰۸/۹۲۶۶).

### هضم نمونه اولیه و تهیه محلول برای جداسازی سرب: مقدار

۱۰ گرم از نمونه عسل را در یک کروزه ریخته شد و در داخل آن خشک کن در محدوده دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. برای خاکسترسازی کروزه در داخل کوره با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. به تدریج دمای کوره با سرعتی حدود ۵۰ درجه در ساعت تا دمای حداکثر  $50 \pm 50$  درجه سلسیوس، افزایش یافت. کروزه در این دمای حداکثر، حداقل باید به مدت ۸ ساعت در کوره می‌ماند. مرحله خنک کردن کروزه و مرطوب کردن با آب و مجدداً قرار گرفتن داخل کوره تا تبدیل کامل نمونه به خاکستر (به رنگ سفید مایل به خاکستری) تکرار شد. بعد از تبدیل کامل نمونه به خاکستر، مقدار ۵۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ مولار داخل کروزه اضافه گردید و با قرار دادن کروزه روی حمام آب یا هیتر، اسید اضافه شده را تبخیر کرده و به منظور حل نمودن محتویات باقی‌مانده داخل کروزه، مقدار ۱۰ الی ۳۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱/۱ مولار به داخل کروزه اضافه گردید، به طوری که تمام محتویات به اسید آغشته شد، با قراردادن یک عدد شیشه ساعت، روی کروزه پوشانده شد و به مدت ۱ الی ۲ ساعت به این حالت ماند. سپس با وسیله‌ای نظیر میله شیشه‌ای، محلول داخل کروزه به هم زده شد تا محتویات داخل کروزه کاملاً در اسید حل شوند. به منظور انحلال بهتر محتویات داخل کروزه در اسید، بعد از اضافه

عسل ماده‌ای مغذی و دارای خواص درمانی فراوان است که حاوی فروکتوز، گلوکز، مالتوز، ساکارز، آب و مقادیر کمی پروتئین و مواد معدنی می‌باشد که ترکیبات آن با توجه به آب و هوا، شرایط محیطی و جغرافیایی و گونه گیاهی متغیر است (Ioannidou و همکاران، ۲۰۰۵؛ Azeredo و همکاران، ۲۰۰۳). فرآورده‌های زنبور عسل به عنوان موادی طبیعی، سالم و پاک در نظر گرفته می‌شود ولی این فرآورده‌ها در محیط‌های آلوده به مواد مختلف تولید می‌شوند. در سالیان اخیر بررسی‌های زیادی روی منابع آلوده کننده فرآورده‌های زنبور عسل به ویژه عسل انجام گرفته است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها بررسی میزان آلودگی عسل با انواع فلزات سنگین در کلنی‌ها است (Rodriguez Garcia و همکاران، ۲۰۰۳). در بین یون‌های فلزی مختلف، سرب، جیوه، کادمیوم و کروم (VI) در صدر فهرست سمیت‌ها قرار دارند (Honarmandrad و همکاران، ۲۰۲۰). تعیین میزان فلزات سنگین در عسل برای کنترل کیفیت عسل به عنوان یک ماده غذایی پرمصرف، اهمیت ویژه‌ای دارد (Pohl، ۲۰۰۹). نیکل، کروم و سرب و دیگر فلزات سنگین ساطع شده به جو از طریق منابع صنعتی تولید و استخراج از معادن تولید مواد شیمیایی، نیروگاه‌هایی با سوخت زغال سنگ و احتراق سوخت‌های فسیلی و غیره محیط زیست را آلوده می‌کنند. ذرات فلز ممکن است در زمین گسترش یابند یا می‌توانند با قطرات باران واکنش داده و به سطح زمین برگردند (Saghaei و همکاران، ۲۰۱۲). به طور کلی فلزات سنگین باعث اختلالات عصبی، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی، اختلالات تنفسی و قلبی-عروقی، آسیب به کبد، کلیه‌ها و مغز، عفونت‌های ویروسی مزمن، کم‌خونی، خستگی، تضعیف سیستم ایمنی بدن، پیری زودرس، اختلالات پوستی، کاهش حافظه، بی‌اشتهایی، التهاب مفاصل، یوکی استخوان و در موارد حاد مرگ می‌شوند (Singh و همکاران، ۲۰۱۰). تجمع فلزات سنگین در اندام‌های مختلف بدن باعث ایجاد عوارض جانبی می‌شود زیرا آن‌ها قابل تجزیه نیستند و نیمه عمر طولانی بیولوژیکی دارند. ایران یکی از مهم‌ترین کشورهای جهان در زمینه تولید عسل است. طبق آمار رسمی در سال ۲۰۰۷، ۲٪ (۳۶۰۰۰ تن) از کل تولید عسل جهان متعلق به ایران بود. سالانه حدود ۱۰۰۰۰ تن عسل در مناطق شمال غربی ایران به ویژه شهر ارومیه تولید می‌شود (Mahmoudi و همکاران، ۲۰۱۸). نتایج مطالعات نشان داده که استفاده از بنتونیت فعال شده و خاک قرمز می‌تواند در حذف فلزات سنگینی مانند مس و روی کارایی خوبی داشته باشد (Farsi و همکاران، ۲۰۱۹). در این مطالعه از طیف‌سنجی استفاده شد که به عنوان یک تکنیک جدید نه فقط برای نور مرئی بلکه برای بسیاری از تابش‌ها با طول موج‌های متفاوت به کار برده می‌شود. طیف‌سنجی جذب اتمی، یکی از روش‌های طیف‌سنجی

۱۰۰۰ میلی‌لیتر انتقال داده و رقیق کردن نمونه هضم شده در این مراحل با اضافه کردن آب انجام شد. ۲۵ میلی‌لیتر از محلول مورد آزمایش به فلاسک هضم دیگری انتقال یافت و حجم محلول به وسیله محلول رقیق‌کننده به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد (AOAC, ۲۰۰۳). برای جداسازی جیوه در این تحقیق از دستگاه جذب اتمی بدون شعله مدل پرکین المر B۳۰۳۰ استفاده شد و روش هضم نمونه‌ها به روش هضم اسیدی می‌باشد و مراحل روش کار به شرح زیر می‌باشد:

دستگاه جذب اتمی بدون شعله (دستگاه تجزیه‌کننده جیوه) شامل یک اسپکترومتر و بالن‌های اندازه‌گیری می‌باشد. اسپکترومتر دارای یک لامپ بخار جیوه می‌باشد که پرتوهای آن از یک نمایه جذب می‌گردد. تغییر انرژی انتقال یافته از absorption cell به وسیله یک لوله نوری حساس به تابش ماوراء بنفش اندازه‌گیری می‌شود. یک صافی در جلو لوله نوری، تابش طول ۲۵۳/۷ نانومتر را جدا می‌کند و نتیجه بر روی دستگاه خوانده می‌شود. بالن اندازه‌گیری دارای یک حباب‌ساز می‌باشد که به مدار بسته‌ای پیوسته است که جیوه فلزی در این دستگاه رها می‌گردد و در جریان مدار بسته هوا قرار گرفته و به وسیله چرخش در آن، توزیع بخار جیوه را در جریان هوا به گونه یکنواخت تأمین می‌نماید. میزان جیوه با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{Concentration Hg } (\mu\text{g/ Kg}) = \frac{\mu\text{gHg}}{g \text{ test portion}}$$

در پایان، نتایج با استفاده از نرم‌افزار Spss ۱۹ مورد بررسی قرار گرفت.

## نتیجه

با توجه به نتایج، در همه نمونه‌ها آلودگی سرب و جیوه تشخیص داده شد ولی میزان آلودگی نمونه‌ها زیر حد استاندارد جهانی قرار داشت که حد مجاز استاندارد جهانی برای سرب در عسل ۱ ppm و برای جیوه در عسل ۰/۰۵ ppm است. در جدول ۱ آمار توصیفی متغیرهای سرب و جیوه به تفکیک استان و در مجموع نشان داده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین هیچ‌یک از دو مقدار سرب و جیوه وجود ندارد. در جدول ۲ با استفاده از آزمون من-وینتی مقدار سرب و جیوه را در دو استان مورد آزمون قرار گرفت. هم‌چنین نتایج نشان داد (شکل ۱) که استان اردبیل میانگین مقدار جیوه بیش‌تری نسبت به آذربایجان شرقی داشت و در استان آذربایجان شرقی میانگین مقدار سرب نسبت به استان اردبیل بیش‌تر بود که این تفاوت‌ها در مورد هر دو فلز سنگین معنی‌دار نبود.

نمودن اسیدنیتریک ۰/۱ مولار به‌داخل کروزه، به‌مدت چند دقیقه آن‌را روی حمام آب در حال جوش و یا هیتر حرارت داده و بعد از انحلال کامل محتویات مربوطه، کروزه از روی حمام آب یا هیتر برداشته و اجازه داده شد تا خنک شود. البته در صورتی که بعد از انجام مراحل مذکور هنوز ذرات نامحلولی در کروزه موجود باشد، محتویات کروزه باید با کاغذ صافی مناسب صاف گردد. محلول به‌دست آمده را به‌دقت به بالن حجمی منتقل نموده و بالن را تا خط نشانه با آب دوبار تقطیر بدون یون پر کرده و بالن را بخوبی تکان داده شد تا محلول داخل آن کاملاً همگن و یکنواخت گردید (پیران و همکاران، ۱۳۹۲). از آب دو بار تقطیر بدون یون به‌عنوان نمونه بلانک استفاده شد. مقادیر سرب در بلانک و استانداردها به‌ترتیب با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل پرکین المر B ۳۰۳۰ اندازه‌گیری شدند. از غلظت‌های مشخص برای رسم منحنی کالیبراسیون استفاده شد و براساس آن غلظت عنصر سرب در محلول آزمودنی تعیین شد:  $C = ((a - b) \times v) / m$

$C =$  مقدار غلظت عنصر مورد نظر در نمونه برحسب میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد.  $a =$  مقدار غلظت عنصر مورد نظر در محلول آزمودنی، برحسب میلی‌گرم در لیتر که از روی منحنی کالیبراسیون به‌دست می‌آید.  $b =$  مقدار متوسط غلظت عنصر مورد نظر در محلول آزمون تهی، برحسب میلی‌گرم در لیتر که از روی منحنی کالیبراسیون به‌دست می‌آید.  $V =$  مقدار حجم محلول آزمودنی تهیه شده که ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌باشد.  $m =$  مقدار وزن نمونه، بر حسب گرم.

## جداسازی جیوه به‌وسیله جذب اتمی بدون شعله با روش

**هضم اسیدی:** ۵ الی ۱۰ گرم از نمونه عسل را داخل فلاسک هضم ریخته شد و سپس ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۹ مول اسیدسولفوریک و ۲۰ میلی‌لیتر از محلول ۷ مول اسیدنیتریک و ۱ میلی‌لیتر از محلول سدیم مولیبدات ۲٪ به آن اضافه شد و ۵ الی ۶ عدد مروارید شیشه‌ای در آن قرار گرفت. در مرحله بعد دستگاه تقطیر را (به‌همراه جریان آب) وصل کرده و برای مدت یک‌ساعت گرمای ملایم به آن داده شد تا مایع روشن یکنواختی به‌دست آمد، سپس پانزده دقیقه استراحت داده شد و پس از آن ۲۰ میلی‌لیتر محلول حاوی اسیدنیتریک و پرکلریک اسید (۱۰ میلی‌لیتر از هرکدام) از طریق کندانسور به محلول داخل دستگاه اضافه شد. جریان گردش آب را از طریق کندانسور خاموش کرده و تا زمانی که دود سفید در فلاسک ظاهر شد، اجازه جوشش به محلول داده شد و این مقدار حرارت تا ده دقیقه ادامه یافت. در مرحله بعد با احتیاط ۱۰ میلی‌لیتر آب از طریق کندانسور اضافه شد که مایع در فلاسک می‌چرخد و با این عمل، محلول سرد گردید. در مرحله بعد محلول دوباره به‌مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شد، سپس گرما قطع گردید و کندانسور سه مرتبه با ۱۵ میلی‌لیتر آب شسته شد. محلول سردشده به قسمت اتانک دما رفت. نمونه هضم شده را با آب به حجم

جدول ۱: آمار توصیفی متغیرهای سرب و جیوه به تفکیک استان (قسمت در میلیون)

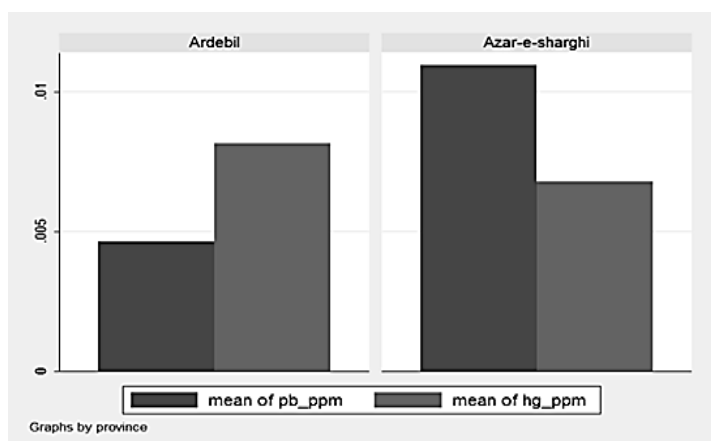
استان	جیوه	سرب	
اردبیل	۰,۰۰۸۱۶	۰,۰۰۴۶۴	Average
	۲۵	۲۵	Number
	۰,۰۱۴۱۰۹	۰,۰۰۵۶۳۴	Standard deviation
	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	Middle
	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	Minimum
	۰,۰۰۶۵	۰,۰۰۲۱	Maximum
آذربایجان شرقی	۰,۰۰۶۷۹	۰,۰۱۰۹۴	Average
	۲۵	۲۵	Number
	۰,۰۱۰۴۲۵	۰,۰۱۵۰۳۹	Standard deviation
	۰,۰۰۱۶	۰,۰۰۳۳	Middle
	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	Minimum
	۰,۰۰۴۴	۰,۰۰۶۱	Maximum
کل	۰,۰۰۷۴۸	۰,۰۰۷۷۹	Average
	۵۰	۵۰	Number
	۰,۰۱۲۲۹۶	۰,۰۱۱۶۸۱	Standard deviation
	۰,۰۰۰۲	۰,۰۰۰۲۵	Middle
	۰,۰۰۰۱	۰,۰۰۰۱	Minimum
	۰,۰۰۶۵	۰,۰۰۶۱	Maximum

جدول ۲: مقدار سرب و جیوه در دو استان (قسمت در میلیون)

استان	تعداد	Mean Rank	Sum of Ranks
اردبیل	۲۵	۲۴,۱۰	۶۰۲,۵۰
آذربایجان شرقی	۲۵	۲۶,۹۰	۶۷۲,۵۰
کل	۵۰		
اردبیل	۲۵	۲۷,۵۴	۶۸۸,۵۰
آذربایجان شرقی	۲۵	۲۳,۴۶	۵۸۶,۵۰
کل	۵۰		

جدول ۳: مقدار آماری آزمون من ویتنی برای هر یک از مقادیر سرب و جیوه (قسمت در میلیون)

جیوه	سرب	
۲۶۱,۵۰۰	۲۷۷,۵۰۰	Mann-Whitney U
۵۸۶,۵۰۰	۶۰۲,۵۰۰	Wilcoxon W
-۱,۰۱۶	-۰,۶۹۳	Z
-۰,۳۱۰	۰,۴۸۹	Asymp. Sig. (2-tailed)



شکل ۱: نمودار مقایسه‌ای میانگین میزان سرب و جیوه در ۵۰ نمونه عسل تهیه شده از دو استان آذربایجان شرقی و اردبیل

### بحث

عسل می‌تواند توسط منابع مختلفی آلوده شود. این منابع را می‌توان به دو دسته مهم طبقه‌بندی کرد. یکی عوامل آلوده کننده با منشأ محیطی و دیگری مربوط به پرورش و نگهداری زنبور عسل (Mahmoudi و همکاران، ۲۰۱۴). طبق نتایج مطالعه حاضر در همه نمونه‌ها سرب و جیوه توسط دستگاه جذب اتمی تشخیص داده شد ولی همه مقادیر، زیر حد استاندارد جهانی بودند. حد مجاز استاندارد جهانی برای سرب در عسل ۱ ppm و برای جیوه در عسل ۰/۰۵ ppm است. در مطالعه حاضر، استان اردبیل میانگین مقدار جیوه بیش‌تری نسبت به استان آذربایجان شرقی داشت (میزان جیوه در استان اردبیل ۰/۰۰۸۱۶ پی‌پی‌ام و میزان آن در آذربایجان شرقی ۰/۰۰۶۷۹ پی‌پی‌ام تشخیص داده شد) و استان آذربایجان شرقی میانگین مقدار سرب بیش‌تری نسبت به اردبیل دارد (میزان سرب در استان اردبیل ۰/۰۰۴۶۴ پی‌پی‌ام و میزان آن در استان آذربایجان شرقی ۰/۰۱۰۹۴ پی‌پی‌ام تشخیص داده شد). وجود مقادیر بالای سرب در عسل استان آذربایجان شرقی را می‌توان به عواملی از قبیل تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی در مناطق شهری، انواع آلودگی‌های زیست محیطی، ازدحام ترافیکی و نهایتاً شلوغی و ازدحام شهری مانند ازدحام خودروهای سواری که خود یکی از عوامل مهم ورود سرب به محیط زیست می‌باشد، نسبت داد. جیوه در هوا اغلب به شکل گاز است و مقدار اندکی از آن، به ذرات معلق متصل است. جیوه گازی معلق در هوا می‌تواند مسافت‌های زیادی را در اتمسفر طی کرده و پس از شسته شدن به وسیله بارش در خاک و آب‌راه رسوب کند. شاید بتوان گفت مهم‌ترین منبع آلودگی آب‌ها به جیوه تخلیه فاضلاب‌های صنعتی کارخانه‌های کاغذسازی، PVC و تولید کلر سرد می‌باشد. استفاده از ترکیبات آلی جیوه به صورت قارچ‌کش‌ها در کشاورزی، از منابع مهم

متیل جیوه است. این ترکیبات در نتیجه تماس با خاک شسته شده و جیوه آن در نتیجه اتصال با گروه‌های گوگرددار در خاک رس و ماده آلی آن نیز به صورت ترکیبات نامحلول، وارد محیط زیست می‌شوند. هر چند فعالیت‌های انسانی بیش‌ترین منابع بالقوه ایجاد جیوه می‌باشد، به دلیل متنوع بودن زمینه‌های طبیعی جیوه، تفریق سطوح طبیعی و تجاری در هر بخش از محیط دشوار است. در بررسی نمونه‌های عسل، ارتباط مستقیم میزان آلودگی عسل به فلزهای سنگین با تعداد مراکز صنعتی و میزان آلودگی منطقه نمایان شد. زنبور عسل از راه‌های مختلفی در معرض آلودگی قرار می‌گیرد، از جمله مصرف آب‌های سطحی، گرده و شهد آلوده یا تنفس ذرات آلوده موجود در هوا هنگام پرواز. در این مطالعه نیز، در بررسی‌های انجام شده در استان اردبیل میزان جیوه بالاتر از استان آذربایجان شرقی بود و همه این عوامل می‌تواند دلیلی بر آلودگی عسل استان اردبیل به جیوه باشد. اندازه‌گیری و تعیین مقدار عناصر جزئی در محیط زیست انسان، بررسی نحوه ورود این عناصر به چرخه غذایی و مقادیر فلزات سمی در غذای انسان همیشه مورد توجه سازمان‌های بهداشتی و محققان بوده است. در حدود سال‌های ۱۹۹۰ تاکنون مطالعات گوناگونی برای اندازه‌گیری این عناصر انجام شده است. با توجه به این واقعیت که سرب یکی از گسترده‌ترین فلزات محیط زیست می‌باشد، حتی در مناطق روستایی، در تمام مطالعات زیست‌محیطی و کیفی عسل محتوای سرب مورد بررسی قرار می‌گیرد. در تحقیقی که Bilandzic و همکاران (۲۰۱۱) انجام دادند، میانگین و دامنه تغییرات سرب اندازه‌گیری شده در نمونه‌های عسل از ۵ منطقه مختلف ۰/۶۲۵ و ۰/۰۱ و ۰/۸۴۱ میکروگرم در گرم بود. در حالی که در این تحقیق در ۵۰ نمونه گرفته شده، میانگین سرب در استان اردبیل ۰/۰۰۴ و میانگین سرب در استان آذربایجان شرقی ۰/۰۱ می‌باشد و میانگین جیوه در استان اردبیل ۰/۰۰۸ و میانگین جیوه در استان آذربایجان شرقی ۰/۰۰۶ بود و میانگین کلی در دو استان از نظر عنصر سرب ۰/۰۷۷۹ و میانگین جیوه در دو استان ۰/۰۰۷۴۸ بود. Saghaei و همکاران (۲۰۱۲) عسل ارومیه را مورد بررسی قرار دادند که در عسل ارومیه بالاترین غلظت مربوط به فلز روی و بعد از آن به ترتیب کروم < آهن < سرب < منگنز < نیکل < کبالت < آرسنیک دارای بیش‌ترین غلظت بودند. Fredes و Montenegro (۲۰۰۶) مقدار سرب و کادمیوم در عسل را اندازه‌گیری کردند. این مقادیر به ترتیب برابر بود با  $0.03 \pm 0.02$  ppm و  $0.01 \pm 0.01$  ppm که مقادیر سرب در مطالعه حاضر در استان آذربایجان شرقی ۰/۰۱ و در استان اردبیل ۰/۰۰۴ است که هر دو این مقادیر کم‌تر از مقدار گزارش شده توسط Fredes و Montenegro (۲۰۰۶) بود. در تحقیقی دیگر که آلودگی فلزهای سنگین در ۴۰ نمونه در منطقه تهران از نظر عناصر سرب و جیوه به ترتیب  $0.11 \pm 0.05$  و  $0.03 \pm 0.035$  می‌باشد که این مقادیر

نسبت به مقادیر اندازه‌گیری شده در این تحقیق بیش‌تر می‌باشد که می‌توان این میزان آلودگی را به نزدیک بودن این منطقه به مناطق صنعتی نسبت داد. در پژوهشی انجام شده توسط رسول‌بحرینی و همکاران (۱۳۸۴) در سطح استان تهران در مناطق شهر کرج، طالقان، جاده چالوس، فیروزکوه، دماوند، شهر تهران، اوشان، لواسانات و اشتهارد با عنوان تعیین میزان فلزات سنگین بر روی زنبور بالغ و گرده و عسل در استان تهران انجام شد. نتایج نشان داد که سرب، کادمیوم، آرسنیک و کبالت در نمونه‌ها در وضعیت زیر حد تشخیص دستگاه قرار داشتند و عنصر مس کم‌ترین مقدار را در نمونه عسل فیروزکوه و عنصر روی کم‌ترین مقدار را در نمونه عسل اوشان داشت (Singh و همکاران، ۲۰۱۰). پژوهشی تحت عنوان بررسی رابطه میان تجمع یافتگی عناصر سنگین آرسنیک، سرب و سلینیوم در عسل استان کردستان با مقدار این عناصر در خاک استان توسط پیران و امامی‌فر (۱۳۹۳) انجام گرفت و احتمال حضور عناصر سنگین سرب، آرسنیک و سلینیوم در ۲۷ نمونه عسل شهرستان‌های سنندج، سقز، قروه استان کردستان و ۹ نمونه خاک این مناطق توسط دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی بررسی گردید. بر طبق نتایج مشاهده شده میان عناصر سرب و سلینیوم موجود در خاک با عناصر سرب و سلینیوم تجمع یافته در عسل از لحاظ آماری ارتباط معنی‌داری را نشان داد. بر طبق نتایج، عسل شهرستان سنندج بیش‌ترین و عسل شهرستان سقز کم‌ترین مقدار سرب را نشان داد (ناجی و همکاران، ۱۳۸۶). در مقاله‌ای دیگر تحت عنوان مقادیر برخی فلزات سنگین در عسل‌های تولید شده استان چهارمحال و بختیاری توسط مشتاقی و همکاران (۱۳۸۷) انجام شد و متوسط مقدار سرب، کادمیوم و جیوه در عسل استان چهارمحال و بختیاری به ترتیب  $0.009$  ppm،  $0.064$  ppm و  $0.0$  ppm ارزیابی شدند که همانند نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر پایین‌تر از حد استاندارد این عناصر بودند (Bilandzic و همکاران، ۲۰۱۱). تحقیقی تحت عنوان آلودگی عسل‌های تولیدی ایران به فلزهای سنگین توسط Mahmoudi و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد. در بیش‌تر بررسی‌ها، آلودگی عسل ایران به فلزهای سنگین ناچیز بود، اما گزارش‌هایی هم از آلودگی‌های بالا در مناطق صنعتی کشور وجود داشت که این نشان‌دهنده انتقال این فلزات از منابع آلوده به مواد غذایی مانند عسل می‌باشد. پژوهش دیگری تحت عنوان تعیین فلزات سنگین در برندهای مختلف عسل در بازارهای ایران توسط Akbari و همکاران (۲۰۱۲) انجام گرفت. به طور کلی میزان فلزات سنگین در محدوده‌ای که در منابع مختلف گزارش شده بودند، قرار داشتند به جز جیوه، آلومینیوم و آرسنیک. در مقایسه با مصرف‌روانه توصیه شده نتیجه گرفته می‌شود که مسمومیت به وسیله فلزات سنگین و یا عناصر کمیاب به دنبال مصرف در ایران بعید است که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت دارد. در تحقیق دیگری



۳. مشتاقی، ح. و وکیل‌زاده، ا.، ۱۳۸۷. مقادیر برخی فلزات سنگین در عسل‌های تولید شده استان چهارمحال بختیاری. سر فصل پانل شیمی و سم‌شناسی مواد غذایی. پانزدهمین کنگره دامپزشکی ایران.
۴. ناجی، ط.؛ صفائی‌ان، ش.؛ رستمی، م. و صبرجو، م.، ۱۳۸۶. بررسی اثرات سولفات روی بر بافت آبشش بچه‌ماهی کبوتر معمولی. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره ۹، شماره ۲، صفحات ۳۶ تا ۳۹.

5. Akhari, B.; Gharanfali, F.; Khayvat, M.H.; Khashyarmansh, Z.; Rezaee, R. and Karimi G., 2012. Determination of heavy metals in different honey brands from Iranian markets. Food Additives and Contaminants. Part B. Vol. 5, No. 2, pp: 105-111.
6. AOAC, Official Method. 2003. Determination of heavy metals in foods Atomic Absorption Spectrophotometry.
7. Azeredo, L.D.C.; Azeredo, M.A.A.; De Souza, S.R. and Dutra VML., 2003. Protein contents and physicochemical properties in honey samples of Apis mellifera of different floral origins. Food Chemistry, Vol. 80, pp: 249-254.
8. Bilandžić, N.; Dokic, M.; Sedak, M.; Kolanovic, B.S.; Varenina, I.; Koncurat, A. and Rudan N., 2011. Determination of trace elements in Croatian floral honey originating from different regions. Food Chemistry. Vol. 128, No. 4, pp: 1160-1164.
9. Erbilir, F. and Erdoğan, O., 2005. Determination of heavy metals in honey in Kahramanmaraş City. Turkey environmental monitoring & assessment. Vol. 109, No. 1-3, pp: 181-187.
10. Farsi, A.; Javid, N. and Malakootian, M., 2019. Investigation of adsorption efficiency of Cu<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> by red soil and activated bentonite from acid conner mine drainage. Desalin. Water Treat. Vol. 144, pp: 172-184.
11. Fredeš, C. and Montenegro, G., 2006. Heavy metal and other trace elements contents in honey bee in Chile. Ciencia Investioacion Aoraria Vol 33 No 1 pp: 50-58.
12. Honarmandrad, Z.; Javid, N. and Malakootian, M., 2020. Efficiency of ozonation process with calcium peroxide in removing heavy metals (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd) from aqueous solutions. SN Applied Sciences. Vol. 2, No. 4, pp: 1-7.
13. Ioannidou, M.; Zachariadis, G.; Anthemidis, A. and Stratis, J.A., 2005. Direct determination of toxic trace metals in honey and sugars using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Talant Vol 65 No 1 pp: 92-97.
14. Mahmoudi, R.; Mardani, K. and Rahimi, B., 2018. Analysis of heavy metals in honey from north-western regions of Iran. Journal of Chemical Health Risks. Vol. 5, No. 4, pp: 251-256.
15. Mahmoudi, R.; Moosavy, M.H.; Norian, R.; Kazemi, S.; Asadi, N.M.R. and Mardani, K., 2014. Detection of oxytetracycline residues in honey samples using ELISA and HPLC methods. Pharmaceutical Sciences. Vol. 19, No. 4, pp: 145-50.
16. Mahmoudi, R.; Norian, R. and Pajohi, M.R., 2014. Antibiotic residue in Iranian honey. International Journal of Food. Vol. 17, pp: 2367-2373.
17. Mahmoudi, R.; Gajarbeygi, P. and Emami, J., 2015. Honey contamination with heavy metals in Iran pp: 67-70.
18. Perna, A.; Intaglietta, I.; Simonetti, A. and Gambacorta, E., 2014. Metals in Honeys from Different Areas of Southern Italy. Bulletin of environmental contamination and toxicology. Vol. 92, No.3, pp: 253-258.
19. Pohl, P., 2009. Determination of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries. Trends in Analytical Chemistry. Vol. 28, No. 1, pp: 117-128.
20. Rodriguez Garcia, J.C.; Barciela Garcia, J.; Herrero Latorre, C.; Martin, S.G. and Crecente R.P., 2003. Comparison of palladium magnesium nitrate and ammonium dihydrogenphosphate modifiers for lead determination in honey by electrothermal atomic absorption spectrometry. Journal of Food Chemistry. Vol. 91, No. 3, pp: 435-442.
21. Saghaei, S.; Ekici, H.; Demirbas, M.; Yarsan, E. and Tumer, L., 2012. Determination of the Metal Contents of Honey Samples from Orumieh in Iran. Kafkas of Veterinary Fakultesi Dergisi. Vol. 18, No. 2, pp: 281-228.
22. Singh, A.; Sharma, R.K.; Agrawal, M. and Marshall, F.M., 2010. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. Food and Chemical Toxicology. Vol. 48, pp: 611-619.

با عنوان میزان فلزات سنگین موجود در عسل در قسمت جنوبی ایتالیا توسط Perna و همکاران (۲۰۱۴) انجام شد، نتایج حاصله بدین شرح می‌باشد که میزان آرسنیک از حد مجاز پایین‌تر بوده و میزان سایر فلزات، مقدار بسیار کمی از میزان قابل قبول کم‌تر بوده است. طبق تحقیقات به عمل آمده متوجه شدند که میزان فلزات سنگین موجود در عسل بستگی به موقعیت جغرافیایی تولید عسل دارد و مناطقی با آلاینده‌هایی با فلزات سنگین، میزان آلودگی عسل آن مناطق بیش‌تر است و این نتایج با نتایج تحقیق اخیر کاملاً هم‌خوانی دارد. زیرا در مطالعه حاضر در همه نمونه‌ها، عناصر سرب و جیوه وجود داشت، ولی مقدار آن از حد مجاز پایین‌تر بوده و میزان آلاینده‌ها در مناطق صنعتی با مقدار این عناصر سنگین در عسل هم‌خوانی دارد. در تحقیقی در کشور ترکیه توسط Erbilir و همکاران (۲۰۰۵) در ۲۱ نمونه عسل به‌وسیله دستگاه جذب اتمی صورت گرفت، نمونه‌های عسل عاری از فلزات سنگین نبودند اما مقدار آن‌ها زیر سطح مجاز یافت شد. این نتایج نشان داد که عسل ممکن است برای ارزیابی و بررسی حضور آلاینده زیست محیطی مفید باشد و این نتایج کاملاً با نتایج تحقیق اخیر هم‌خوانی دارد. تمامی مقادیر جیوه و سرب در عسل استان آذربایجان شرقی و اردبیل پایین‌تر از حدود مجاز تعیین شده توسط سازمان‌های جهانی (حد مجاز استاندارد جهانی برای سرب در عسل ۱ ppm و برای جیوه در عسل ۰/۰۵ ppm است) یافت شد و از این نظر خطری برای مصرف‌کنندگان ندارد. به‌طور کلی توانایی بالای کشور در تولید عسل و صادرات آن به دیگر کشورها لزوم توجه به سالم بودن این محصول را بیش از گذشته افزایش می‌دهد که مناسب بودن نمونه‌های عسل در دو استان ایران در مطالعه حاضر به اثبات رسید. انتخاب منطقه‌ای با کم‌ترین فعالیت‌های صنعتی در محل تولید عسل، به‌حداقل رساندن میزان آلودگی‌ها و همکاری نزدیک سازمان‌های دولتی مانند وزارت جهادکشاورزی، سازمان حفاظت محیط زیست، وزارت بهداشت برای جلوگیری از آلوده شدن محیط زیست توسط آلاینده‌ها و سموم شیمیایی و در نتیجه آلوده شدن عسل، بسیار حائز اهمیت است.

## منابع

۱. بحرینی، ر.؛ میرهادی، س.ا.؛ جواهری، س.د. و طالبی، م.، ۱۳۸۴. بررسی وضعیت عناصر سنگین در عسل، گرده و بدن زنبوران بالغ زنبورداری‌های استان تهران. فصلنامه دانش کشاورزی. دوره ۱۵، شماره ۴، صفحات ۲۴۷ تا ۲۵۲.
۲. پیران، ف. و امامی‌فر، آ.، ۱۳۹۲. بررسی وضعیت عناصر سنگین آرسنیک، سرب و سلنیوم در عسل سنندج قره و سقز استان کردستان. اولین کنفرانس ملی الکترونیکی علوم کشاورزی و محیط زیست.