مجله پژوهشي دانشگاه اصفهان (علوم پايه)
جلد بيست و دوم - شماره ۲- سال ۱۳۸۴
صص ۷۰ - ۵۷

بررسی و تعیین میزان فلزات سمی جیوه، سرب، کادمیم،کرم در شیر گاو

ايرج جوادي* ، بهرام حقيقي* ، آتوسا عبداللهي و هاشم نجات*****

*** دانشكده داروسازي دانشگاه علوم پزشكي اصفهان**
**** كارشناسي ارشد گروه شيمي دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال**
***** گروه شيمي دانشگاه آزاد اسلامي واحد تهران شمال**

چكيده

شير به عنوان يك منبع غذايي منحصر به فرد براي تغذيه نوزادان، كودكان و حتي بزرگسالان بايد بسيار مورد توجه قرار گيرد. در اين پژوهش ميزان جيوه، سرب، كادميم و كرم در شير گاو بررسي گرديد. به منظور اندازه‌گيري فلزات سمي در شير، با مقايسه ۴ روش هضم مرطوب، روش هضم با استفاده از اسيد نيتريك - آب اكسيژنه- اسيد پركلريك انتخاب شد. براي اندازه‌گيري جيوه، بعد از هضم نمونه‌ها از روش جذب اتمي با بخار سرد استفاده گرديد. مقدار جيوه در نمونه‌هاي شير گاو كمتر از حد تشخيص روش (۰/۰۵ ppb) بود براي اندازه‌گيري سرب، كادميم و كرم بعد از عمليات هضم، ابتدا فلزات را با عامل كمپلكس كننده APDC و حلال

MIBK استخراج کرده و سپس از روش جذب اتمي با شعله استفاده شد. ميانگين غلظت سرب، کادميم و کرم در شير گاو به ترتيب، ۶/۶۲ ± ۴۹/۱، ۰/۳۶ ± ۹/۸ و ۰/۵۸ ± ۳۸/۸ ppb است که آلودگي سرب در ۷۲/۵۵% و آلودگي کرم در ۶/۸۶% بالاتر از حد مجاز است و غلظت کادميم در نمونه‌ها کمتر از حد مجاز مي‌باشد. با توجه به اين که ميزان فلزات سرب و کرم در شير گاو بيش از حد مجاز است، بايد توجه بيشتري به کنترل و نظارت بر توليد و مصرف شير داشت .

واژه‌هاي کليدي: فلزات، سميت، شير

Evaluation and Determination of Toxic Metals (Mercury, Lead, Cadmiun, and Chromium) in Cow Milk

I. Javadi *, B. Haghighi*, A. Abdolahiand H. Nejat *****

***Department of Pharmacy, Isfahan University of Medical Science**
****M. S., Department of Chemistry, Islamic Azad University (North Tehran Branch)**
***** Department of Chemistry, Islamic Azand University (North Tehran Branch)**

Abstract

Milk has been considered as one of the unique sources for children and even adults nutrition. In accordance with the present survey and studies the amount and level of Hg, Pb, Cd, and Cr has been specified in the cow milk. In order to measure the poisonous metals of milk, four digestion methods have been experienced. Organic matter is digested with nitric acid, hydrogen peroxide and

perchloric acid; the most suitable acids in wet digestion of milk. Mercury was determined by the Cold Vapor Atomic Absorption method, following acid digestion. Mercury was undetectable in milk samples (< 0.05 ppb). A method for determination of Pb, Cd, and Cr in milk consists of extraction in MIBK of the complexes formed with APDC and further analysis of the extracts by Flame AAS. The results showed that the mean concentration of Pb, Cd, and Cr were 0.58 (ppb) respectively. This ± 0.36 and 38.8± 6.62, 9.8± 49.1 indicates that 72.5% Pb and 6.8% Cr concentration were higher than the maximum levels recommended. The consequences have shown us that Lead and Chromium causes dangerous effects on human organs, and we should do our best to decrease the amount of the above mentioned metals.

Keywords: Metals, Milk, Toxicity

مقدمه

شير از مهم‌ترين مواد غذايي براي انسان است. از اين رو، وجـود عناصـر سـمي در آن عـوارض جبران ناپذيري به همراه دارد. از جمله جيوه موجب تشويش سيستم عصبي، ناراحتي‌هاي كليـه، كبـد (۱) ، قلب و ريه، تحريك چشم، حساسيت پوستي (۲) و اختلال در فعاليت آنزيم‌ها مي‌شود (۳). سـرب موجب اختلال در اعصاب مركزي، كم خوني، آسيب به كليه‌ها (۴)، كبد، قلب و عـروق، سيـستم ايمني بدن، دستگاه تناسلي و دستگاه گوارش مي‌گردد(۵).

كادميم سرطان‌زا است. به‌ويژه در شش‌ها و پروستات ايجـاد تومـور مـي‌كنـد (۶). كـادميم موجب ناراحتي كليه‌ها، استخوان‌ها، ريه، كبد، قلـب و عـروق مـي‌شـود (۲). از عـوارض ناشـي از آلودگي كادميم در زنان باردار، نقـص عـضو، كـاهش وزن جنـين، ناهنجـاري‌هـايي در DNA و پروتئين‌هاي نوزاد را ميتوان نام برد و در آلودگي‌هاي بالا منجر به سقط جنين مي‌شود (۱).

كرم با درجه اكسايش شش، سرطان‌زا است، بـه ويـژه در محلـي كـه در معـرض فلـز قـرار گرفته توليد تومور مي‌كند (۶و۷).

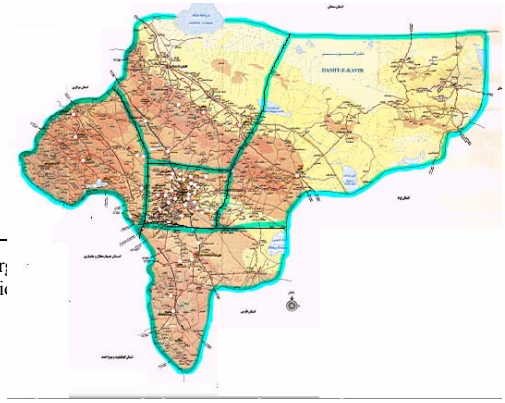
از نقطه نظر بهداشت و سلامتي، حداكثر ميزان مجـاز مـواد سـمي در مـواد غـذايي توسـط سازمان‌هاي بهداشت جهاني مثل FAO[1] و WHO [2] تنظيم شـده اسـت. اگـر چـه مطالعـاتي در مـورد جيوه موجود در شير، انجام گرفته است ولي هنوز حد مجازي براي آن تعريف نـشده‌اسـت (۸) .ميـزان سرب در مواد غذايي ۲/۵ mg/kg –۰/۰۱ وزن ماده تازه گزارش شـده اسـت و ميـزان سـرب در شير ۰/۰۲ mg/kg معين شده است (۶). حـد مجـاز كـادميم در شـير ۰/۰۵ – ۰/۰۰۲ ppm مقـرر گشته است. غلظت كادميم در اغلب مواد غذايي كمتر از ۰/۱ ppm مي باشـد (۶). بـه طـور كلـي مقدار كرم در مواد غذايي ۰/۰۶ mg/kg وزن ماده تازه در نظر گرفته شده است (۶).

غلظت فلزات در مواد غذايي بسيار متفاوت اند. بنابراين انتخاب يـك روش مناسـب بـراي اندازه‌گيري فلزات در مواد غذايي حايز اهميت است. هدف ايـن تحقيـق بررسـي ميـزان آلـودگي اين ماده غذايي و مقايسه با استانداردهاي جهاني و ارايه روشـي مناسـب و مقـرون بـه صـرفه بـراي اندازه‌گيري مكرر فلزات سمي در شير است.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداري

نمونه‌برداري يكي از مهم‌ترين مراحل تحقيق است و هر چه تعداد نمونـه‌هـا افـزايش يابـد، ميزان خطا، كاهش خواهـد يافـت. بـراي انجـام ايـن پـژوهش، نمونـه‌هـاي شـير گـاو از ۸۵ منطقـه مختلف استان اصفهان تهيه شد. از هر منطقـه ۵ نمونـه و هـر نمونـه ۳ بـار تكـرار شـد. نمونـه‌هـا در ظروف پلي‌اتيلني كه با محلول اسيد نيتريك ۵% شستشو داده شده بودند، جمع‌آوري شد. كوشـش شده است كـه تعـداد نمونـه‌هـا در هـر منطقـه متناسـب بـا جمعيـت آن باشـد. اسـتان اصـفهان از لحـاظ جغرافيايي به ۵ قسمت مركزي، شمالي، جنوبي، غربي و شرقي تقسيم شد و مقايسه گرديد (شكل ۱).



1. Food and Agriculture Or
2. World Health Ogranizati

شكل ۱: پنج منطقه جغرافياي استان اصفهان.

هضم شير

اولين مرحله، هضم شير به منظور اكسيداسيون مواد آلي است. براي هضم نمونه‌هاي شير از روش هضم مرطوب[1] استفاده شد. براي نمونه‌ها، ۴ روش هضم (هضم با استفاده از اسيدنيتريك - آب اكسيژنه - اسيد پركلريك (۱۰ و ۱۱)، هضم مرطوب با استفاده از اسيد نيتريك - اسيدسولفوريك (۹)، هضم مرطوب با استفاده از اسيدنيتريك (۹)، هضم با استفاده از تري كلرواستيك اسيد(۱۱) را مورد بررسي قرار داده و بهترين روش، روش هضم مرطوب با استفاده از اسيد نيتريك - آب اكسيژنه - اسيد پركلريك (۱۰ و ۱۱)، انتخاب شد.

اندازه‌گيري سرب، كادميم و كرم به روش جذب اتمي

بعد از هضم نمونه، به منظور استخراج فلزات از عامل كمپكس كننده آمونيوم پيروليدين دي تيوكاربامات (APDC) و حلال متيل ايزوبوتيل كتون استفاده شد و سپس ميزان فلزات در فاز آلي، توسط دستگاه اسپكترومتري جذب اتمي[2] تعيين شد (۱۲ و۱۳ و ۱۴ و ۱۵ و ۱۶ و۱۷ [Method 218.4]).

اندازه‌گيري جيوه در شير

هدف اندازه‌گيري كل جيوه آلي و معدني است. دو روش مورد بررسي قرار گرفت. در هر دو روش از جذب اتمي با بخار سرد[3] استفاده شد. در اين روش جيوه موجود در نمونه بعد از هضم در حضور پرمنگنات پتاسيم اكسيد شده و اضافي پرمنگنات با محلول هيدروكسيل آمين كلريد- سديم كلريد احيا مي‌شود. جيوه نمونه با استفاده از كلريد قلع II احيا و به صورت بخارات اتمي جيوه به وسيله جريان هواي ناشي از پمپ به سل جذبي رانده مي‌شود. در روش دوم افزون بر پرمنگنات پتاسيم از پرسولفات پتاسيم نيز به منظور اكسيداسيون استفاده شد (۱۸ [Method 254.1] و ۱۹).

1.Wet digestion

۲- Perkin Elmer 2380، لامپ‌هاي سرب و كرم از نوع هالو كاتد لامپ و براي كادميم از EDL استفاده شد.

3. Perkin Elmer MAS-50A

براي بهينه كردن پارامترها از روش تك عاملي استفاده گرديد. در اين پژوهش بهينه‌سازي غلظت محلول اسيدي براي تهيه استانداردها، سرعت جريان گاز حامل و مقدار ماده احيا كننده مورد بررسي قرار گرفت. در اين بخش، اثر مزاحمت عناصر كلسيم، سرب، كادميم و كرم بررسي شد.

روش‌هاي آماري

به منظور قضاوت دقيق‌تر در مورد نتايج به دست آمده از روش‌هاي آماري استفاده شده است. آزمون دانكن براي مقايسه بيش از دو ميانگين بعد از آناليز واريانس يك طرفه به كار رفته است. در آزمون گفته شده ۰/۰۵ (۵ درصد) به عنوان سطح معني دار بودن[1] در نظر گرفته شده است.

نتايج

بازيابي روش هضم مرطوب با اسيد نيتريك - آب اكسيژنه - اسيد پركلريك (۱۵ و ۲۰)، بعد از بهينه‌سازي براي سرب، كادميم، كرم و جيوه به ترتيب ۰/۴۳ ± ۹۵/۲۰%، ۰/ ۵۰ ± ۹۲/۵۰%، ۱/۳۸ ± ۹۰/۰۸% و ۱/۱۴ ± ۹۵/۸۲ درصد است.

شرايط بهينه كه براي اندازه گيري سرب، كادميم و كرم حاصل شد عبارتند از: pH=۴ مناسب‌ترين pH براي استخراج است كه براي رسيدن به اينpH از ۱۰ ميلي‌ليتر بافر سديم استات - اسيد استيك استفاده شد استخراج با ۵ ميلي‌ليتر عامل كمپلكس كننده آمونيوم پيروليدين دي تيوكاربامات ۲ % و به صورت دو مرحله‌اي هر بار با ۵ ميلي‌ليتر متيل ايزوبوتيل كتون انجام شد. زمان بهينه انتقال كمپلكس از فاز آبي به فاز آلي، ۳ دقيقه است و كمپلكس كرم با APDC تا ۲ روز و كمپلكس كادميم و سرب حداقل تا ۷ روز در دماي ۴ درجه سانتي‌گراد پايدارند. راندمان استخراج براي سرب، كادميم و كرم به ترتيب، ۹۶/۳۲، ۹۴/۶۳ و ۹۳/۳۵ درصد به دست آمد.

اثر مزاحمت سرب، كادميم و كرم در اندازه‌گيري هر فلز با اين روش زياد نيست و قابل صرف نظر كردن است. بيشترين مزاحمت در اندازه‌گيري كرم در حضور سرب و كادميم، ۰/۸۶% افزايش است. در اندازه‌گيري جيوه به روش جذب اتمي با بخار سرد، با مقايسه بازيابي دو

1. Level of Significant

روش، روش دوم برگزيده شد. بهترين غلظت اسيد براي تهيه استانداردها، ۲% اسيد نيتريك، مقدار بهينه سرعت جريان گاز حامل ۱۴۰ml/min و احيا كننده $SnCl_2$ مقدار ۰/۵ گرم مي‌باشد.

اثر مزاحمت عناصر كلسيم، سرب، كادميم و كرم هركدام به تنهايي و دوتا و چند تا در اندازه‌گيري جيوه با روش مذكور قابل ملاحظه نبود. بيشترين مزاحمت در حضور كلسيم به تنهايي ۳/۶۵ % كاهش است.

پارامترهاي آناليتيكي (ارقام شايستگي) اندازه‌گيري سرب، كادميم و كرم به روش جذب اتمي با شعله و اندازه‌گيري جيوه به روش جذب اتمي با بخار سرد طبق روش دوم را به صورت خلاصه در جدول يك ملاحظه مي‌فرماييد.

جدول ۱. پارامترهاي آناليتيكي روش جذب اتمي با بخار سرد براي اندازه‌گيري جيوه و روش جذب اتمي با شعله براي اندازه‌گيري سرب ، كادميم و كرم در فاز آلي

فلز	بازيابي (recovery) %	حساسيت (sensitivity)	حد تشخيص *(Detection limit)
جيوه	۹۷/۱۸ ±۱۱/۰۶	(ppb) [a] ۰/۱۷۲	(ppb) ٤/٨٧ *١٠-٣
سرب	۹۷/۲٤ ± ٤/۳٥	(ppm) [b] ۲/٤٥	(ppm) ٦/٥١ * ١٠-٤
كادميم	۹۷/٤٥ ± ۲/٦٥	(ppm) [c] ۳/۹۳	(ppm) ٨/٦٥ *١٠-٤
كرم	۹٦/۰٥ ± ۳/۰٥	(ppm) [d] ۰/٤٥	(ppm) ۲/۹۰ * ١٠-٣

* اندازه گيري بلانك براي جيوه ۷ بار و براي سرب وكادميم و كرم ۱۰ بار تكرار شد

a دامنه ۱-۰/۰۵ ppb است

b دامنه ۰/۱ - ۰/۰۰۵ ppm است

c دامنه غلظت ۰/۰۵ - ۰/۰۰۲۵ ppm است

d دامنه غلظت ۱-۰/۰۲۵ ppm است

سرب

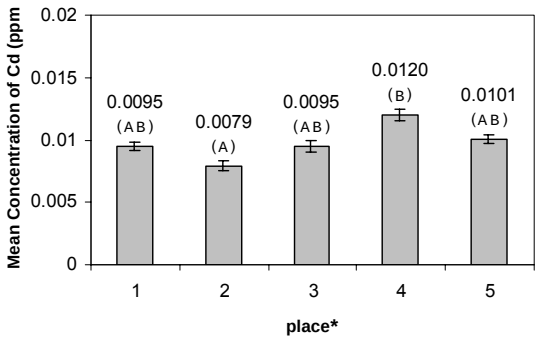
نتايج نشان مي‌دهد كه ميانگين غلظت سرب در نمونه‌هاي شير گاو منطقه مركزي ۰/۵۸ ± ۵۴/۵ ppb با ۸۱/۸۲ % آلودگي، ميانگين غلظت سرب در منطقه شمالي ۰/۶۶ ± ۴۶/۴ ppb با ۸۰ % آلودگي، در منطقه جنوبي ۰/۶۰ ± ۴۷/۷ ppb با ۸۰ % آلودگي، در منطقه شرقي ۰/۷۲ ± ۵۶/۶ ppb با ۹۰ % آلودگي، در منطقه غربي ۰/۵۰ ± ۴۰/۱ ppb با ۵۰ % آلودگي است. از اين رو، بنحو

كلي ميانگين غلظت سرب در شير گاو ۰/۶۶ ± ۴۹/۱ ppb است كه آلودگي سرب ۷۶/۵% است. همچنين مقايسه مناطق مختلف با استفاده از طرح آماري آناليز واريانس يك طرفه و مقايسه ميانگين آنها از طريق آزمون دانكن نشان مي‌دهد كه اختلاف ميانگين غلظت سرب در مناطق مختلف استان اصفهان معني‌دار نيست .

كادميم

ميانگين غلظت كادميم در نمونه‌هاي شير گاو منطقه مركزي استان اصفهان ۰/۳۸ ± ۹/۵ ppb، ميانگين غلظت كادميم در منطقه شمالي ۰/۴۲ ± ۷/۹ ppb، در منطقه جنوبي ۰/۴۶ ± ۹/۵ ppb، در منطقه شرقي ۰/۴۸ ± ۱۲/۰ ppb و در منطقه غربي ۰/۳۳ ± ۱۰/۱ ppb است. به طور كلي ميانگين غلظت كادميم در شير گاو استان اصفهان ۰/۳۶ ± ۹/۸ppb است و غلظت‌ها در دامنه ۱۹/۸ –۱/۹۲ ppb قرار دارد .

از لحاظ آماري، اختلاف ميانگين غلظت كادميم تنها بين منطقه شمالي و شرقي استان اصفهان معني‌دار است كه به صورت نمودار يك ملاحظه مي‌فرماييد.

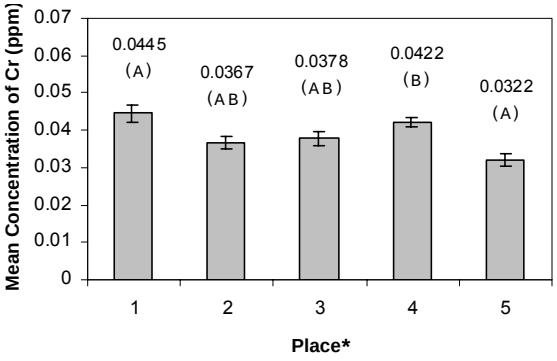


نمودار ۱ . مقايسه ميانگين غلظت كادميم در شير گاو مناطق مختلف اصفهان.

*اعداد ۱، ۲، ۳، ٤ و ٥ به ترتيب نشان‌دهنده مناطق مركزي، شمالي، جنوبي، شرقي و غربي مي‌باشند. با توجه به آزمون دانكن، حروف متفاوت نمايش اختلاف معني دار است (P< ۰/۰۵).

كرم

ميانگين غلظت كرم در نمونه‌هاي شير گاو منطقه مركزي استان اصفهان ۲/۱۶ ± ٤٤/٥ ppb با ۹/۰۹ % آلودگي، ميانگين غلظت كرم در منطقه شمالي ۱/٥۰ ± ۳٦/۷ ppb با ٥ % آلودگي، در منطقه جنوبي ۲/۰۰ ± ۳۷/۸ ppb با ٥ % آلودگي، در منطقه شرقي۱/۲۰ ± ٤۲/۲ ppb با ۱۰% آلودگي و در منطقه غربي ۱/٦۳ ± ۳۲/۲ ppb با ٥% آلودگي است. به طور كلي ميانگين غلظت كرم در شير گاو استان اصفهان ۰/٥۸ ± ۳۸/۸ ppb است و غلظت كرم در دامنه ٦٤/۳ –۸/٦ ppb قرار دارد و ٦/۸٦ % آلودگي كرم وجود دارد. براي مقايسه ميانگين غلظت كرم در شير گاو مناطق مختلف استان اصفهان آناليز واريانس يك طرفه و آزمون دانكن انجام شد. اختلاف ميانگين غلظت كرم بين منطقه مركزي و شرقي و بين منطقه غربي و شرقي استان اصفهان معني‌دار است ($p < ۰/۰٥$) كه به صورت نمودار دو ملاحظه مي‌فرماييد.



نمودار ۲ . مقايسه ميانگين غلظت كرم در شير گاو مناطق مختلف اصفهان.

*اعداد ۱، ۲، ۳، ٤ و ٥ به ترتيب نشان دهنده مناطق مركزي، شمالي، جنوبي، شرقي و غربي مي‌باشند.
با توجه به آزمون دانكن، حروف متفاوت نمايش اختلاف معني‌دار است ($P< ۰/۰٥$).

جيوه

بررسي‌هاي انجام شده به منظور يافتن جيوه با استفاده از روش جذب اتمي با بخار سرد، وجود جيوه را در هيچ يك از نمونه‌هاي شير گاو تأييد نكرد. البته ممكن است مقدار جيوه در

شير گاو زير حد تشخيص اين روش باشد. عدم وجود جيوه در نمونه‌هاي شيرگاو، دور از ذهن نيست، چرا كه در تحقيقات ديگري نيز اين موضوع صحت داشته است(۱۷ و ۱۸ و ۲۰).

بحث و نتيجه گيري

سرب

با توجه به نتايج به دست آمده در ۷۶/۵% از نمونه‌ها غلظت سرب بيش از حد مجاز است كه آلودگي بالايي است و اين آلودگي در تمام مناطق استان ملاحظه مي‌شود.

در مطالعه‌اي كه توسط Yang و همكارانش در سال ۱۹۹٤ بر روي غلظت سرب در شير در ژاپن انجام شده است. ميانه[1] غلظت سرب در شير ۱۰ppb است (۲۱). در مطالعه Ysart و همكارانش در سال ۱۹۹۹ در انگلستان، غلظت سرب در شير گاو كمتر از ppb ۱۰ تعيين شده است. همان گونه كه ملاحظه مي فرماييد در هر دو مورد ميزان سرب در شير گاو كمتر از حد مجاز (۲۲) و كمتر از ميزان اندازه‌گيري شده در اين تحقيق است. Sapunar-Postruznik و همكارانش در سال ۱۹۹٦ در كرواتيا[2] ميانگين غلظت سرب در شير گاو را ppb ۷٦ اندازه‌گيري كردند كه مقدار سرب بيش از حد مجاز و مقدار اندازه‌گيري شده در اين پژوهش مي‌باشد (۲۲). Larsen و Rasmussen در سال ۱۹۹۱ و انجمن بهداشت مواد غذايي در سال ۱۹۹۰ غلظت سرب در شير گاو دانمارك را به ترتيب ۰/۹ppb و ppb ۱ اندازه‌گيري كردند (۲۲). Tahvonen و Kumpulainen در سال ۱۹۹۵ در كشور فنلاند، ميانگين غلظت سرب در شير را ppb ۲ به‌دست آوردند (۲۲) كه در هر سه پژوهش غلظت سرب كمتر از حد مجاز و مقدار اندازه‌گيري شده در اين بررسي است. در سال ۱۹۹۱ Krelowska-Kulas در اسپانيا، غلظت سرب در شير را كمتر از ۰/۰۰۵ ppm اندازه‌گيري كرد (۲۳). DGS كشور فرانسه در سال ۱۹۹٤ ميانگين غلظت سرب در شير را ۰/۰۱۳ppm اندازه‌گيري كرد كه كمتر از حد مجاز است (۲۲) . Dabeka و Mckenzie در سال ۱۹۸۲ در ۱۱ شهر كانادا ميانگين غلظت سرب در شير گاو را ppm ۰/۰۰۱۱۲ اندازه‌گيري كردند (۱۵) و در سال ۱۹۹۲ در شهر اتاوا[3] غلظت سرب را ppm ۰/۰۰۱۹۵ به دست آوردند (۱۵) كه هر دو مقدار زير حد مجاز قرار دارد. در پژوهشي كه توسط

1. Median
2. Croatia
3. Ottawa

Martino و همكارانش در شهر اويدو[4] در كشور اسپانيا در سال ۱۹۹۹ انجام شد، ميانگين غلظت سرب در شير گاو ppb ۰/۹ به دست آمد كه كمتر از مقدار اندازه‌گيري شده در اين تحقيق است (۲۰).

اصفهان استاني نيم صنعتي و مستعد آلودگي است. اجتناب از آلودگي سرب بسيار مشكل است، زيرا سرب در همه محيط اطراف ما پراكنده است. آلوده شدن رودخانه‌ها به واسطه عبور در مسير معادن سرب و راه‌يابي فاضلاب كارخانه‌هاي بسياري كه با تركيبات سرب سر و كار دارند، موجب آلودگي آب مصرفي دام مي‌شود. علاوه بر آب، تركيبات سرب به عنوان قارچ‌كش براي محصولات كشاورزي استفاده مي‌شود كه موجب آلودگي مواد غذايي دام مي‌گردد. با توجه به مطالعات مشابهي كه در كشورهاي ديگر انجام شده ملاحظه مي‌شود كه آلودگي سرب در استان اصفهان بسيار بالا است. از آن جايي كه سرب عوارض جبران‌ناپذيري به بار مي‌آورد بايد توجه و نظارت بيشتري بركنترل اين آلودگي شود. بايد چرخه آلودگي و منابع آن بررسي شده و به سرعت آلودگي كاهش يابد.

كادميم

خوشبختانه غلظت كادميم در شير گاو نمونه‌هاي اندازه‌گيري شده كمتر از حد مجاز است و آلودگي كادميم در شير گاو مشاهده نشده است. در بررسي FDA توسط Roger D. Johnson و همكارانش در سال‌هاي ۱۹۷۵ -۱۹۷٦ در آمريكا، ميانگين غلظت كادميم در شير ۷ ppb (دامنه ٤۰ -۵ ppb) گزارش شد (۲٤). در پژوهش R.W. Dabeka و همكارانش در سال ۱۹۸۷ در كانادا، مقدار كادميم در شير گاو ppb۰/۰۱۰ (دامنه ۰/۰۰۵۰-۱۰ ppb) تعيين شد (۱۵). F.A.Rivero Martino و همكارانش در سال ۲۰۰۰ در اسپانيا، غلظت كادميم در شيرگاو را زير حد تشخيص روش مورد استفاده گزارش دادند (۲۰). در مطالعه‌اي كه توسط I.M.M. Kenawy و همكارانش در سال ۲۰۰۰ در مصر انجام شده است. ميانگين غلظت كادميم در شير ۰/۰۱ $\pm$ ppb ۰/۱ اندازه‌گيري شده است (۲٦). R.W. Dabeka و همكارانش در سال ۱۹۹۲ در كانادا، غلظت كادميم در شير را ppb ۰/٤۰ (دامنه ppb ۰/۲-۰/۱٤) به دست آوردند (۱۷). M.J. Gartreli و همكارانش در سال ۱۹۸٦ در آمريكا، غلظت كادميم در شير را ۸/۹ ppb

4. Oviedo

(در دامنه ٦٦- T ppb) گزارش كردند (٢٤). همان گونه كه گفته شد، غلظت كادميم در شير كمتر از حد مجاز تعيين شده توسط سازمان بهداشت جهاني و مطابق با غلظت آن در شير ساير كشورها است. غلظت فلزات سمي در محيط زيست و مواد غذايي سال تا سال تغيير مي‌كند. از اين رو بايد ميزان فلزات به صورت گسترده و دايمي مورد بررسي و نظارت قرار گيرند.

كرم

با توجه به نتايج بدست آمده، ٦/٨٦ درصد آلودگي كرم در نمونه‌هاي شير گاو وجود دارد. Rosaura Farre و همكارانش در سال ١٩٨٦ در اسپانيا غلظت كرم در شير گاو را ٣٣ ppb گزارش كردند (١٣). در پژوهش Fidel Angel R.Martino و همكارانش در سال ٢٠٠٠ در اسپانيا ميانگين غلظت كرم در شير گاو كمتر از حد تشخيص روش كه ٣٠ ppb مي‌باشد، تشخيص داده شده است (٢٠).

به نظر مي‌رسد يكي از عوامل آلودگي شير گاو، وجود كارخانه‌هاي صنعتي بسيار در استان اصفهان باشد. البته منابع گوناگون آلودگي، مواد غذايي و محيط‌زيست بايد مورد بررسي قرار گيرد. كرم با درجه اكسايش IV در طي فرآيندهاي صنعتي (كرومات‌ها و دي‌كرومات‌ها)، به صورت ذرات يا بخارات كرم وارد هوا مي‌شود. توليدات رنگ و رنگدانه‌ها، صنايع فلزكاري و جوش‌كاري موجب آلودگي محيط زيست و درنتيجه آلودگي دام و شير گاو مي‌شود.

با توجه به نتايج حاصل شده از اندازه‌گيري فلزات سمي (سرب، كادميم، كرم و جيوه) و نظر به اين كه ميزان آلودگي سرب وكرم در شير گاو استان اصفهان به ترتيب، ٧٦/٥ و ٦/٨٦ درصد است و اين آلودگي‌ها از طريق زنجيره غذايي، هوا، آب، خاك و گياه به حيوان منتقل شده است و به نظر مي‌رسد وجود كارخانه‌هاي صنعتي مختلف (چرم‌سازي، باتري‌سازي، فلزكاري، رنگ و غيره) نيز از عوامل آلودگي باشد، بايد منابع گوناگون آلودگي، مواد غذايي به ويژه شير به عنوان مهم‌ترين ماده غذايي، به طور مرتب مورد نظارت و بررسي قرار گيرند و از مصرف مواد غذايي آلوده جلوگيري شود.

نتايج نشان مي‌دهد كه ميزان آلودگي در شير بالا است و بايد روشي مطلوب براي اندازه‌گيري مكرر اين ماده غذايي ارزشمند ارايه شود تا شيرهاي آلوده از چرخه غذايي انسان خارج شوند. استفاده از روش‌هايي چون جذب اتمي با كوره و پلاسما كه بتوان غلظت فلزات را

در حد ppb اندازه‌گيري كرد، بسيار پر هزينه‌اند و نميتوان از اين روش‌ها براي اندازه‌گيري مكرر استفاده كرد. در اين تحقيق علاوه بر اندازه‌گيري فلزات سمي در شير گاو استان اصفهان، روشي مناسب براي اندازه‌گيري اين فلزات در تعداد زياد نمونه ارايه شده است كه در مقايسه با روش‌هايي مانند جذب اتمي با كوره و پلاسما از نظر اقتصادي بسيار مقرون به صرفه است. بهينه‌كردن عمليات هضم و اضافه كردن مرحله استخراج براي حذف مزاحمت‌ها و تغليظ نمونه‌ها ميتوان از روش جذب اتمي با شعله بهره جست.

منابع

1. Massaro, Edward J. Handbook of Human Toxicology, National Health and Environmental Effets Research Laboratory, CRC Press, Boca Raton, New York, 1997, 38-54, 118-119, 135-136, 150-151, 163-176, 429-433.
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) 1999. Toxicological Profile for Mercury. Atlanta, GA: U.S. Deparment of Health and Human Services, Public Health Service,1999.
3. Berlin M. et al., Editors. Handbook of the Toxicology of Metals, V.2, 2nd ed. London, Elsevier Science Publishers B.V., 1985, 376-405.
4. Dixie Farley, Dangers of Lead Linger, U.S. Food and Drug Adminstration, FDA Consumer Megazine January-Febuary 1998. 1-8.
5. P.R.M. Correia, E. Oliveirra, P.V. Oliveirra, Simultaneous Determination of Cd and pb in Food Stuffs by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry, Analytical Chimica Acta, 2000, 405, 205-211.
6. Ballantyne Bryan, Timothy C. Marrs, Tore Syversen, General and Applied Toxicology, Second Edition. Vol. 3, Macmillan Publishers, November, 1999, 2052 –2062, 2145-2155.
7. Beyersmann Detmer, Effects of Carcinogenic Metals on Gene Experssion, Toxicology letters, 2002, 127, 63-68.
8. Derek W. Jones. Exposure or Absorption and the Crucial Question of Limit for Mercury, J. Can. Dent. Assoc, 1999, 65,42-46.
9. Igor M. Skurikhin. Methods of Analysis for Toxic Elements in Food Products. 1. Mineralization Methods to Determine Heavy Metals and Arsenic According to the USSR Standard, J. Assoc. Off. Anal. Chem., Vol. 72, No.2, 1989, 286-290.
10. Ali, S.S. Kazi, G.H. Kazi, T.G. Use of Comparative Method for the Extraction of Metal Ions in Milk as Determined by Atomic Absorption Spectroscopy, ACGC Chem. Commun .Vol. 6, 1997.

11. L. Nasreddine, D. Parint-Massin, Food Contamination by Metals and Pesticides in the European Union. Should We Worry?, Toxicology letters, 2002, 127, 29-41.
12. Warren R. Bontoyan, Pat Beckett, James Bell, Stephan G. Capar, et al., Methods Committee Reports; Journal of AOAC International, Vol. 84, No. 1, 2001, 284-286 .
13. Rosaura Farre, M. Jesus Langarda, Atomic Absorption Spectorophotometric Determination of Chromium in Foods, J. Assoc. Off Anal. Chem., 1986, Vol.69, 5, 876-879.
14. Mjesus Alvarez De Eulate, Rose Montoro, and Nives Ybanez, Determination of Cadmium, Copper, and Lead in Sodium Chloride Food Salts by Flame Atomic Absortroscopy, J. Assoc. Off. Anal. Chem ., 1986, Vol. 69, 5,871.
15. Dabeka Robert W. and Arthur D. Mckenzie. Lead, Cadmium, and Fluoride Levels in Market Milk and Infant Formulas in Canada, J. Assoc. Off .Anal. Chem., 1987, Vol. 70, 4.
16. Tsustum C., Koisumi H., Yoshikawa S.,. Atomic Absorption Spectrophtomeric Determination of Lead, Cadmium, and Copper in Foods by Simultaneous Extraction of the Iodides with Methylisobutyl Keton, Analyst, 1985, 94,1153.
17. Robert W. Dabeka and Arthur D. Mckenzie. Total Diet Study of Lead and Cadmium in Food Composites: Priliminary Investigations. Journal of AOAC International, 1992, Vol. 75, 3.
18. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, EPA-/4-82-055, December 1982, Method 218.4, Method 245.1.
19. Association of Official Analytical Chemists. Offical Methods Analysis of the AOAC, 1995, 16th. ed. Ch.49.
20. Martion Fidel Angel Rivero. Sanchez Maria Luisa Fernandez, Medel Alfredo Sanz. Total Determination of Essential and Toxic Elements in Milk Whey by Double Focusing ICP –MS, J .Anal. At. Spectrom, 2000, 15, 163-168 .
21. Yang H. F., Luo X. Y., Shan W., Zhou Z. F., Jin C. Y., Yu F., Liang C. S., National Food Contamination Monitoring Programmes Levels of Mercury, Lead and Cadmium in Chinese Foods, Biomedical and Environmental Science, 1994, Vol. 7, 362-368 .
22. Agency for Toxic Substance and Disease and Disease Registry. Toxicological Profile for Chromium, Atlanta, GA. U.S. (ATSDR) Sep. 2000.
23. Krelowska-Kulas M., Metal Content in Certain Food Products, Die Nahrung, 1991, 35, 363-367.

24. Gartrell, Marcia J, Craun, John C, and Podrebarac, David S. Pesticide, Selected Elements, and Other Chemicals in Infant and Toddler Total Diet Samples, October 1980- March 1982, J. Assoc. Off. Anal. Chem., 1986, Vol. 69, 1, 123-145.
25. Kenawy, I. M. M. Hafez, M. A. H. Akl, M. A. and Lashein, R. R. Determination by AAS of Some Trace Heavy Metal Ions in Some Natural and Biological Samples after Their Preconcentration Using Newly Chemically Modified Chloromethylated Polystyrene-PAN Ion-Exchanger, Analytical Scinces, 2000, Vol. 16, 493-500.