

(مقاله پژوهشی)

تعیین میزان آلاینده‌های سرب، کادمیوم و آرسنیک در چپس‌های سیب‌زمینی موجود در بازار تبریز سال ۹۵

سمیرا ابراهیم پور احمدی^۱، میرهادی خیاط نوری^{۲*}، لیلا روفه‌گری نژاد^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- گروه فارماکولوژی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۷/۰۱

چکیده

آلودگی فلزات سنگین یکی از مشکلات مهم زیست محیطی و یکی از نگرانی‌های بهداشت مواد غذایی به شمار می‌آید. آلودگی سیب‌زمینی و فرآورده‌های آن به برخی از فلزات بخصوص سرب، کادمیوم و آرسنیک موجب بروز اثرات سمی و تاثیر سوء بر سلامت انسان می‌گردد. بنابراین هدف از این بررسی تعیین میزان آلاینده‌های فلزی از جمله سرب، آرسنیک و کادمیوم در چپس‌های سیب‌زمینی می‌باشد. برای این منظور در مطالعه توصیفی-مقطعی حاضر از ۵ محصول اصلی چپس‌های تولید و عرضه شده در بازار شهر تبریز انتخاب گردیده و برای این منظور از محصول هر کارخانه ۳ نمونه در ۳ تکرار به صورت کاملاً تصادفی از قسمت‌های مختلف شهر تبریز خریداری و در ادامه غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از آنالیز آماری نشان داد که میانگین مقدار سرب $0/168 \pm 0/016$ mg/kg (کمینه $0/150$ mg/kg و بیشینه $0/193$ mg/kg)، میانگین مقدار کادمیوم $0/130 \pm 0/019$ mg/kg (کمینه $0/093$ mg/kg و بیشینه $0/170$ mg/kg) و میانگین مقدار آرسنیک بصورت غیرقابل تشخیص می‌باشد. همچنین تفاوت معنی‌داری در غلظت‌های میانگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در نمونه‌های مختلف وجود نداشت. غلظت تمامی فلزات فوق در نمونه‌ها کمتر از استانداردهای بین‌المللی و ملی بود و بنابراین مصرف این ماده غذایی از لحاظ میزان فلزات سنگین خطری برای مصرف‌کننده ندارد.

واژه‌های کلیدی: چپس سیب‌زمینی، فلزات سنگین، سرب، کادمیوم، آرسنیک

۱- مقدمه

فلزات سنگین، عموماً به عنوان فلزاتی تعریف می‌گردند، که چگالی ویژه بیشتر از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب دارند. از بین آن‌ها فلزاتی مانند سرب، کادمیوم و آرسنیک زنوبیوتیک^۱ هستند، به این مفهوم که این عناصر برای متابولیسم بدن مورد نیاز نیستند و حتی مقادیر کم آن‌ها برای بدن مضر است. عناصر بالقوه سمی مانند کادمیوم، سرب و آرسنیک به طور گسترده‌ای در محیط به صورت طبیعی یا در اثر فعالیت انسان از طریق عملیات کشاورزی و صنعتی پراکنده شده‌اند (۳). از آنجا که حد مجاز آرسنیک، کادمیوم و سرب بسیار ناچیز می‌باشد، این فلزات برای انسان بسیار سمی محسوب می‌شود (۵). در میان تمامی فلزات سنگین کادمیوم یکی از عناصر پرتحرکی است که به آسانی نیز توسط گیاهان جذب شده و به اندام‌های هوایی انتقال پیدا کرده و می‌تواند تا مقادیر بالایی تجمع پیدا کند، بنابراین به راحتی به زنجیره غذایی وارد شده و برای سلامت انسان و جانداران مضر و زیان آور می‌شود (۳۲). در بسیاری از نقاط جهان سبزیجات به شدت توسط کادمیوم آلوده می‌شوند (۲۲). طی تحقیقی در سال ۲۰۰۵ گزارش شد که جذب طولانی مدت کادمیوم منجر به بروز سرطان‌های کلیه، پروستات و تخمدان می‌شود (۲۶). منابع زیست محیطی آرسنیک از ادامه مصرف ترکیب‌های آن به عنوان آفتکش سرچشمه می‌گیرد. به علت تشابه آرسنیک با فسفر از نظر خواص، ترکیب‌های آرسنیک در طبیعت همراه ترکیب‌های فسفر وجود دارد (۲۷). روزانه حدود ۸ میکروگرم سرب از طریق تنفس و ۲۰ میکروگرم نیز از طریق گوارش وارد بدن انسان می‌گردد (۹). غلظت بالای سرب در خون و رسوب آن در عضلات و مفاصل موجب درد در این مناطق از بدن و همچنین سرب موجب اختلال انتقال و سنتز مولکول آهن و در نتیجه کم‌خونی می‌گردد (۱). اثرات سمی سرب، آرسنیک و کادمیوم در بدن شامل بیماری‌های عصبی (بخصوص در کودکان)، خونی، مغزی،

استخوانی، قلبی-عروقی، گوارشی (کولیت)، کلیوی، کبدی، تناسلی، پوستی و سرطان می‌باشد (۱۰، ۶، ۵، ۱). سیب‌زمینی، بعد از برنج و گندم سومین محصول کشاورزی پرمصرف در ایران است. این محصول در صنایع غذایی جهت تهیه انواع خوراکی‌ها بر پایه سیب‌زمینی کاربرد دارد. در این میان چیپس سیب‌زمینی با ظرفیت تولید ۳۰ هزار تن در سال نقش بسزایی را در جذب سیب‌زمینی کشور بر عهده دارد (۲). منابع آلودگی این فرآورده خوراکی با فلزات سنگین به دو صورت آلودگی در مرحله کشت و یا در مرحله فرآوری می‌باشد. در مرحله کاشت آلودگی خاک و آب و در مرحله فرآوری مربوط به خوردگی تجهیزات در صنایع غذایی و یا ظروف نگهداری مواد غذایی است. علاوه بر این چیپس در روغن سرخ می‌شود که این روغن خود می‌تواند محتوی فلزات سنگین باشد. از آنجایی که مصرف این محصولات به عنوان میان وعده (اسنک) در افراد بالغ و بخصوص کودکان بیشتر به چشم می‌خورد، لذا این افراد با خطر آلودگی به این فلزات مواجهه هستند، لذا ارزیابی میزان سه فلز سنگین پرخطر در این فرآورده‌ها کمک شایانی به آگاهی یافتن از کیفیت این محصول می‌کند (۲۰). طی پژوهشی در اردن که در سال ۲۰۱۴ صورت گرفت محتوای فلزات سنگین آهن، مس، منگنز، سرب، روی و کادمیوم اندازه‌گیری و خطرات سلامتی چیپس‌های ذرت و سیب‌زمینی عرضه شده در بازار اردن مورد بررسی قرار گرفت با محاسبه‌ی میزان جذب روزانه با در نظر گرفتن مصرف روزانه ۲۰ گرم از چیپس‌های ذرت یا سیب‌زمینی در برخی برندها به دلیل محتوای بالای کادمیوم و سرب موجود، خطر تهدید سلامتی وجود داشت (۲۰).

گوپالانی^۲ و همکاران در سال ۲۰۰۷ محتوای فلزات سنگین آهن، آلومینیوم، روی، نیکل، مس، منگنز، کبالت، کروم، سرب و کادمیوم در چیپس‌های سیب‌زمینی و بیسکوئیت‌های عرضه شده در شهر ناگپار^۳ کشور هند را گزارش کردند. در

حرارت داده شد تا سرعت انجام آزمایش افزایش یابد. بر روی شعله به آرامی عمل مخلوط کردن انجام گرفت تا سطح مواد ثابت باقی بماند و تبخیر متوقف شود. به طور میانگین این کار به مدت ۳ ساعت و تا دمای ۱۳۰ درجه‌ی سانتی گراد انجام شد. سپس محتوی هضم شده پس از خنک شدن در هوای اتاق برای تبخیر بیشتر به مدت ۲۰ دقیقه روی هات پلیت قرار داده شد. پس از این مدت، محتوی را از صافی blue band عبور داده تا محلول زیر صافی، محلولی صاف و کاملاً شفاف شود. این محلول با آب مقطر به حجم ۱۲ میلی لیتر رسانیده شد تا زمان انجام آزمایش در یخچال نگهداری شد. طبق این دستورالعمل نمونه‌ی شاهد^۳ نیز تهیه شد (۲۱، ۲۰، ۱۸، ۱۷).

۲-۳- تعیین غلظت فلزات سرب، آرسنیک و کادمیوم

۲-۳-۱- روش کار اندازه‌گیری فلزات سنگین سرب و کادمیوم با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای

جهت اندازه‌گیری میزان سرب و کادمیوم مواد اولیه‌ی مورد نیاز شامل اسیدنیتریک (HNO₃) ۶۵٪، محلول استاندارد تجاری سرب (۱۰۰۰ ppm) یا $\beta(\text{pb}^{2+})=1\text{g/L}$ و محلول استاندارد تجاری کادمیوم (۱۰۰۰ ppm) یا $\beta(\text{Cd}^{2+})=1\text{g/L}$ می‌باشد، که از طریق شرکت مرک آلمان تهیه شدند. محلول‌های استاندارد‌های میانی مورد نیاز نیز با غلظت‌های ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ تهیه شدند. محلول حاصل از مرحله هضم چپس سیب‌زمینی جهت اندازه‌گیری میزان فلزات سرب و کادمیوم توسط دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل AA240، محصول شرکت VARIAN کشور آمریکا به دستگاه تزریق شد. عمل اندازه‌گیری میزان کادمیوم بر حسب میلی گرم بر کیلوگرم (mg/kg) در طول موج ۲۲۸/۸nm و سرب در طول موج ۲۸۳/۳nm انجام شد (۵، ۳). برخی مشخصات دستگاه جذب اتمی شعله‌ای VARIN مدل AA240 در جدول ۱ آمده است.

هر دو نوع نمونه‌ها (چپس و بیسکوئیت) میزان کادمیوم پایین‌تر از سطح اندازه‌گیری و ردیابی گزارش شده است (۱۷). هرمانکیا و همکاران در سال ۲۰۱۳ با بررسی محتوی معدنی کادمیوم، کروم، مولیبدن، نیکل، سرب، روی، آهن، بور، کلسیم، منیزیم، مس، فسفر و پتاسیم گزارش کردند که در تمامی چپس‌ها محتوی کادمیوم، کروم، مولیبدن، نیکل و سرب در سطح پایین می‌باشد (۱۸). اوزتورک^۲ و همکاران در سال ۲۰۱۱ با تعیین میزان برخی فلزات سنگین آهن، مس، روی، منگنز، سرب، نیکل و کادمیوم موجود در ۱۶ گونه‌ی مختلف سیب‌زمینی کشت شده در ناحیه‌ی ارزوروم ترکیه گزارش کردند میزان این فلزات در نمونه‌ها در حد مجاز می‌باشد (۲۳). بنابراین هدف از این بررسی تعیین میزان آلاینده‌های فلزی از جمله سرب، آرسنیک و کادمیوم در اسنک‌های تهیه شده از سیب‌زمینی می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- نمونه برداری

در این مطالعه توصیفی- مقطعی، نمونه‌های مورد نظر از ۵ محصول اصلی چپس ساده عرضه شده در تابستان سال ۱۳۹۵ در بازار شهر تبریز (استان آذربایجان شرقی)، هر کدام در سه تکرار، به طور کاملاً تصادفی از قسمت‌های مختلف شهر جمع‌آوری گردید (۴).

۲-۲- آماده سازی

جهت آماده‌سازی محلول از روش هضم مرطوب استفاده شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده هر کدام به طور جداگانه مخلوط و آسیاب شده، سپس از هر کدام از نمونه‌ها به مقدار ۱ گرم برداشته و به ظرف نمونه منتقل گردید. سپس ۱۲ میلی لیتر از مخلوط H₂O₂:HNO₃ به نسبت حجمی ۱:۲ به هر کدام از ظروف نمونه اضافه گردید (به ازای هر ۱ گرم نمونه، ۱۲ میلی لیتر از محلول هضم تعریف شده است). مخلوط حاصل

1- Hermankaya

2- Ozturk

3- Blank

جدول ۱- مشخصات دستگاه جذب اتمی شعله‌ای VARIN مدل AA240

مونوکروماتور	طول موج قابل تنظیم	فاصله‌ی کانونی	تکرارپذیری طول موج	سرعت چرخشی طول موج	نوع شعله
double-beam	۱۸۵-۹۰۰ nm	۲۵۰ mm	± ۰/۰۴ nm	۲۰۰ nm/min	استیلن-هوا

۲-۳-۲- روش کار اندازه‌گیری فلز سنگین آرسنیک با دستگاه جذب اتمی شعله هیدرید

مواد اولیه‌ی مورد نیاز جهت سنجش آرسنیک شامل پتاسیم یدید، اسید آسکوربیک، اسید هیدروکلریک غلیظ، پودر سدیم تتراهیدروبورات، سدیم هیدروکسید و محلول استاندارد تجاری آرسنیک (۱۰۰۰ ppm) یا $\beta[\text{As(V)}] = 1 \text{ g/L}$ است. کلیه‌ی مواد مورد استفاده از طریق شرکت مرک آلمان تهیه گردیدند. محلول‌های استاندارد‌های میانی مورد نیاز نیز با غلظت‌های ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸ و تهیه شدند. پس از هضم نمونه‌ها طبق دستورالعمل ارائه شده (در قسمت هضم نمونه‌ها) به میزان ۱ mL از محلول پتاسیم یدید (W/V) ۳٪ و ۱/۵ mL از محلول هیدروکلریک (W/V) ۳٪ را به mL

۱۰ از نمونه‌های تجزیه شده اضافه شد و به مدت ۵ دقیقه در حمام آب 50°C قرار گرفت. پس از طی زمان تعیین شده اجازه داده شد تا محلول خنک شده و به دمای اتاق برسد. در طی پروسه که به عنوان مرحله‌ی پیش احیا^۱ شناخته می‌شود و تبدیل As(V) به As(III) صورت می‌گیرد (۸). اندازه‌گیری آرسنیک با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای دارای تکنیک هیدرید مدل AA200 مجهز به سیستم MHS15، محصول شرکت Perkin Elmer کشور آمریکا، انجام شد. میزان آرسنیک بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (mg/kg) در طول موج ۱۹۳/۶ nm اندازه‌گیری شد (۵، ۳). برخی مشخصات دستگاه جذب اتمی شعله‌ای Perkin Elmer مدل MHS-15 در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲- مشخصات دستگاه جذب اتمی شعله هیدرید Perkin Elmer مدل MHS-15

مونوکروماتور	طول موج قابل تنظیم	فاصله‌ی کانونی	گذر طیفی	ذوب منشور کوارتز	زاویه‌ی شعله	نوع شعله
Echelle	۱۸۹-۹۰۰ nm	۳۰۰ mm	۰/۱۵ nm	۴۰×۹۵ mm در 60°	76°	آرگون-هوا

۳-۳-۲- نحوه‌ی محاسبه‌ی داده‌های حاصل از

دستگاه‌های اندازه‌گیری شعله‌ای

محاسبه غلظت فلزات سرب و کادمیوم با استفاده از فرمول ارائه شده صورت گرفت (۱۳).

$$\text{غلظت نمونه تریز شده} \times \text{حجم نهایی نمونه} = \frac{\text{غلظت کادمیوم و سرب بر حسب ppm}}{\text{وزن نمونه اولیه}}$$

در مورد آرسنیک نیز دستگاه آنالیزکننده با وارد کردن اطلاعات اولیه قادر به محاسبه‌ی نتایج نهایی می‌باشد. بدین ترتیب برای هر سه فلز مورد آزمایش نتایج نهایی بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (ppm) در وزن خشک نمونه حاصل شدند.

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

نتایج با استفاده از آنالیز واریانس به روش بلوک‌های کاملاً تصادفی و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری $p < 0.05$ جهت مقایسه میانگین‌ها انجام گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS ویرایش ۱۶ انجام شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج غلظت سرب، کادمیوم و آرسنیک در ۵ نمونه از چپس-های سب‌زمینی پر مصرف در شهر تبریز در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- میزان فلزات سرب، کادمیوم و آرسنیک در ۵ نمونه چپس‌های موجود در بازار تبریز (مقادیر بصورت میانگین سه تکرار آمده است).

شماره نمونه	سرب (mg/kg)	کادمیوم (mg/kg)	آرسنیک (mg/kg)
A1	0.170 ± 0.028	0.106 ± 0.076	ND
A2	0.186 ± 0.049	0.093 ± 0.078	ND
A3	0.163 ± 0.058	0.103 ± 0.046	ND
B1	0.162 ± 0.092	0.170 ± 0.088	ND
B2	0.176 ± 0.092	0.161 ± 0.085	ND
B3	0.150 ± 0.043	0.143 ± 0.013	ND
C1	0.153 ± 0.029	0.140 ± 0.035	ND
C2	0.193 ± 0.018	0.130 ± 0.095	ND
C3	0.174 ± 0.063	0.110 ± 0.09	ND
D1	0.150 ± 0.07	0.146 ± 0.036	ND
D2	0.173 ± 0.046	0.143 ± 0.094	ND
D3	0.180 ± 0.061	0.126 ± 0.078	ND
E1	0.173 ± 0.081	0.123 ± 0.018	ND
E2	0.150 ± 0.062	0.140 ± 0.075	ND
E3	0.186 ± 0.071	0.123 ± 0.089	ND

۱- نتایج بر حسب میانگین ± انحراف معیار بیان شده است.

۲- ND: غیرقابل تشخیص

باشد (جدول ۳ و ۴). همچنین حداقل غلظت کادمیوم مربوط به نمونه‌ی A و حداکثر غلظت کادمیوم مربوط به نمونه‌ی B

همان طور که نتایج نشان می‌دهد حداقل غلظت سرب مربوط به نمونه‌ی B و حداکثر غلظت سرب مربوط به نمونه‌ی A می‌-

می باشد (جدول ۳ و ۴). در رابطه با آرسنیک مقدار این فلز توسط روش های فوق غیر قابل تشخیص گزارش شده است. آنالیز آماری نتایج نشان داده تفاوت معنی داری در غلظت های میانگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در نمونه های مختلف وجود نداشت ($p \geq 0.05$).

جدول ۴- نتایج حاصل از آنالیز کلیه نمونه های چپیس مورد بررسی

انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	تعداد	نمونه	نوع متغیر
۰/۰۲۴	۰/۱۷۳	۰/۱۸۶	۰/۱۶۳	۹	A	سرب (mg/kg)
۰/۰۴۰	۰/۱۶۲	۰/۱۷۶	۰/۱۵۰	۹	B	
۰/۰۵۴	۰/۱۷۰	۰/۱۹۳	۰/۱۵۳	۹	C	
۰/۰۳	۰/۱۶۷	۰/۱۸۰	۰/۱۵۰	۹	D	
۰/۰۳۶	۰/۱۷۰	۰/۱۸۶	۰/۱۵۰	۹	E	
۰/۰۳۴	۰/۱۰۱	۰/۱۰۶	۰/۰۹۳	۹	A	کادمیوم (mg/kg)
۰/۰۳۵	۰/۱۵۷	۰/۱۷۰	۰/۱۴۳	۹	B	
۰/۰۵۴	۰/۱۲۶	۰/۱۴۰	۰/۱۱۰	۹	C	
۰/۰۵۳	۰/۱۳۸	۰/۱۴۶	۰/۱۲۶	۹	D	
۰/۰۴۸	۰/۱۲۸	۰/۱۴۰	۰/۱۲۳	۹	E	
-	ND	ND	ND	۹	A	آرسنیک (mg/kg)
-	ND	ND	ND	۹	B	
-	ND	ND	ND	۹	C	
-	ND	ND	ND	۹	D	
-	ND	ND	ND	۹	E	

۱- ND: غیر قابل تشخیص

۳-۱- سرب (۳۰) (جدول ۵). نگرانی ها در مورد سرب به علت گسترش این فلز سنگین در خاک و هوا و استفاده روز افزون در صنعت است. تریپاتی و همکاران (۱۹۹۷) مقادیر سرب موجود در سیب زمینی را در شهر بمبئی هند $0.1 - 0.041 \text{ mg/kg}$ گزارش کردند (۲۸). مطالعه آلام و همکاران (۲۰۰۳) نیز در روستای ساماتای بنگلادش برای سبزیجات توده ای نظیر سیب زمینی مقدار $0.02 - 0.01 \text{ mg/kg}$ برای سرب نشان داد (۱۱). پاروین و همکاران در سال ۲۰۰۳ نیز با بررسی که در کشورهای مختلف از جمله مقدار 0.16 mg/kg سرب در سیب زمینی اندازه گیری کردند (۲۴). همچنین رادوان و سالما

۳-۱- سرب غلظت سرب در نمونه های چپیس از 0.150 mg/kg تا 0.193 mg/kg متغیر بوده و میانگین غلظت سرب برای کل نمونه ها $0.170 \pm 0.016 \text{ mg/kg}$ تعیین شد (جدول ۳). مطابق استاندارد ملی ایران شماره ی ۱۲۰۹۹، حداکثر غلظت مجاز سرب در فرآورده های سیب زمینی 0.2 mg/kg می باشد (۷)، همچنین مقادیر گزارش شده کمتر مقدار مجاز اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی^۱ که 0.3 mg/kg می باشد

1 - World Health Organization (WHO)

۳-۲- کادمیوم

غلظت کادمیوم در نمونه‌های چیپس از $0/093 \text{ mg/kg}$ تا $0/170 \text{ mg/kg}$ متغیر بوده و میانگین غلظت کادمیوم در کل نمونه‌ها $0/130 \pm 0/019 \text{ mg/kg}$ تعیین شد (جدول ۳). غلظت استاندارد کادمیوم در فرآورده‌های سیب‌زمینی مطابق استاندارد ملی ایران شماره‌ی ۱۲۰۹۹ برابر با $0/2 \text{ mg/kg}$ و طبق استاندارد بهداشت جهانی $0/3 \text{ mg/kg}$ است (۲۹، ۷) (جدول ۵). کادمیوم فلزی سنگین است که بصورت جزئی در خاک وجود دارد و بواسطه فعالیت‌های انسانی در هوا و خاک پخش شده و جذب گیاه می‌شود (۱۱). تریپاتی و همکاران (۱۹۹۷) مقادیر کادمیوم موجود در سیب‌زمینی را در شهر بمبئی بررسی کردند و مقادیر آن را $0/149-0/32 \text{ mg/kg}$ گزارش کردند (۲۸). مطالعه‌ای که توسط آلام و همکاران در سال ۲۰۰۳ در بنگلادش برای سبزیجات توده‌ای از جمله سیب‌زمینی صورت گرفت، مقدار کادمیوم را $0/3 \text{ mg/kg}$ نشان داد (۱۱). پاروین و همکاران در سال ۲۰۰۳ نیز مقدار $0/08 \text{ mg/kg}$ کادمیوم در سیب‌زمینی اندازه‌گیری کردند (۲۴). همچنین رادوان و سالما (۲۰۰۶) مقادیر کادمیوم در سیب‌زمینی‌های عرضه شده در مصر را $0/015-0/02 \text{ mg/kg}$ اعلام کردند (۲۵). جارادات و تاراوانه در سال ۲۰۱۴ مقدار کادمیوم چیپس‌های سیب‌زمینی عرضه شده در فروشگاه‌های کشور اردن را $10/32 \text{ mg/kg}$ گزارش کردند (۲۰). گوپالانی و همکاران در سال ۲۰۰۷ با بررسی محتوای برخی فلزات سنگین (آهن، آلومینیوم، روی، نیکل، مس، منگنز، کبالت، کروم، سرب و کادمیوم) در چیپس‌های سیب‌زمینی عرضه شده در شهر ناگپار کشور هند گزارش کردند که کمترین و بیشترین میزان فلزات سنگین در سیب‌زمینی به ترتیب مربوط به کادمیوم و آهن بود. در این مطالعه در تمامی نمونه‌ها میزان کادمیوم پایین‌تر از سطح اندازه‌گیری و ردیابی با این دستگاه گزارش شده است (۱۷). هرمانکیا و همکاران نیز در سال ۲۰۱۳ محتوای کادمیوم چیپس ذرت و سیب‌زمینی را mg/kg $0/012-0/038$ گزارش دادند (۱۸). الریجی در سال ۲۰۱۴

(۲۰۰۶) مقادیر سرب موجود در سیب‌زمینی در کشور مصر را $0/01-0/007 \text{ mg/kg}$ اعلام کردند (۲۵). جارادات و تاراوانه در سال ۲۰۱۴ با بررسی محتوای فلزات سنگین سرب، مس، روی، منگنز و آهن در چیپس‌های سیب‌زمینی و ذرت عرضه شده در فروشگاه‌های کشور اردن و در ادامه تعیین احتمال خطرزایی این مواد در وعده‌های مصرفی برای سلامتی گزارش کردند که میانگین فلزات سنگین در چیپس‌های سیب‌زمینی برای آهن، مس، منگنز، سرب و روی به ترتیب $2/25$ ، $3/15$ ، $6/57$ ، $7/84$ و $0/25 \text{ mg/kg}$ می‌باشد (۲۰). هرمانکیا و همکاران در سال ۲۰۱۳ در بررسی محتوای مواد معدنی در چیپس‌های ذرت و سیب‌زمینی عرضه شده در فروشگاه‌های شهر کونیا^۱ کشور ترکیه محتوای سرب را $0/268 \text{ mg/kg}$ - $0/072$ گزارش دادند (۱۸). الریجی در سال ۲۰۱۴ نیز با اندازه‌گیری محتوای فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، آهن، منیزیم، منگنز و نیکل، سرب، روی، آرسنیک، سلنیم و آلومینیوم در انواع مختلف چیپس‌های سیب‌زمینی موجود در شهر ریاح^۲ کشور عربستان سعودی مقدار $0/062 \text{ mg/kg}$ - $0/014$ سرب گزارش و در نهایت مقایسه‌ی غلظت‌های بدست آمده با غلظت‌های پیشنهادی سازمان بین‌المللی ایمنی غذا گزارش کردند که به طور کلی هیچ خطری از لحاظ فلزات سنگین سلامتی انسان را با مصرف و جذب این چیپس‌های سیب‌زمینی تهدید نمی‌کند. سطوح فلزات سنگین در مشابه این پژوهش در سطح قابل قبول پیشنهاد شده‌ی FAO و WHO بوده است (۱۲). الرحمان و همکاران در سال ۲۰۱۵ مقادیر فلزات سنگین سرب کادمیوم و آرسنیک را در سیب‌زمینی‌های سرخ شده عرضه شده در رستوران‌های مصر را بررسی و مقدار $0/019-0/073 \text{ mg/kg}$ برای سرب گزارش کردند (۱۵).

همکاران (۲۰۰۰) دلیل اصلی وجود آرسنیک در سبزیجات را به علت استفاده روز افزون از کودهای شیمیایی و آفت کش های مختلف عنوان کردند (۱۹)، مقدار این عنصر در این مطالعه در سطح غیرقابل تشخیص قرار داشت مطالعه آلام و همکاران (۲۰۰۳) آرسنیک سیب زمینی را $0/005 \text{ mg/kg}$ و نشان داد (۱۱). الریجی در سال ۲۰۱۴ مقدار $0/712 \text{ mg/kg}$ را برای آرسنیک موجود در چپیس سیب زمینی گزارش کردند (۱۲). الرحمان و همکاران در سال ۲۰۱۵ مقدار آرسنیک را در سیب زمینی های سرخ شده عرضه شده در رستوران های مصر را $0/37-0/95 \text{ mg/kg}$ گزارش کردند (۱۵).

محتوای فلز سنگین کادمیوم در انواع مختلف چپیس های سیب زمینی $0/0006-0/0001 \text{ mg/kg}$ تعیین کردند (۱۲). محتوای کادمیوم اندازه گیری شده توسط الرحمان و همکاران در سال ۲۰۱۵ $2/99-0/503 \text{ mg/kg}$ بود (۱۵).

۳-۳- آرسنیک

میزان آرسنیک نمونه های چپیس موجود در بازار تبریز غیرقابل شناسایی تعیین شد (جدول ۳ و ۴). استاندارد ملی ایران شماره- ۱۲۰۹۹ مقدار بیشینه آرسنیک را 1 mg/kg اعلام کرده است، طبق استاندارد WHO نیز این مقدار برای آرسنیک $0/43 \text{ mg/kg}$ تعیین شده است (۳۱، ۷) (جدول ۵). اسلام و

جدول ۵- مقادیر استاندارد تعیین شده برای فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در فرآورده های سیب زمینی

آرسنیک (mg/kg)	کادمیوم (mg/kg)	سرب (mg/kg)	
۰/۱	۰/۲	۰/۲	استاندارد ملی ایران
-	۰/۰۳	۰/۵	FAO
۰/۴۳	۰/۳	۰/۳	WHO
۰/۱	۰/۱	۰/۱	CODEX

۴- نتیجه گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و آرسنیک در پنج نمونه از چپیس های عرضه شده در بازار تبریز در مقایسه با بیشینه آلاینده های فلزی استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۰۹۹، استاندارد کدکس و استانداردهای ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی و خوارو بار جهانی کمتر از حد مجاز قرار دارد و مصرف این ماده غذایی خطری برای مصرف کننده ندارد.

۵- منابع

۱. پاستوریزه تولید شده در منطقه شهرکرد. مجله دامپزشکی ایران، دوره ۲، شماره ۲، ۸۰-۷۴.
۲. جوکار، م. نیکپور، ه. امین لاری، م. رضانی، ر و مظلومی، م. ت. (۱۳۸۵). تولید آزمایشگاهی چپیس سیب زمینی کم چربی با استفاده از پوشش هیدروکلوئیدی. فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال اول، شماره ۳، ۱۷-۹.
۳. رضائیان عطار، ف و حصار، ج. (۱۳۹۲). بررسی آلودگی برنج های وارداتی پر مصرف در شهر تبریز به آلاینده های فلزی کادمیوم، سرب، آرسنیک. نشریه پژوهش های صنایع غذایی، جلد ۲۳، شماره ۴، ۵۹۴-۵۸۱.

۱. بنیادیان، م. مشتاقی، ح و سلطانی، ز. (۱۳۸۵). بررسی میزان سرب و کادمیوم در شیرهای خام و

- فلزات سنگین سمی در کنسروهای ماهی تون شهرهای اصفهان، شوشتر و چابهار. مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی، سال دوم، شماره ۲، ۱۷-۲۳.
11. Alam, M. G. M., Snow, E. T. and Tanaka, A. 2003. Arsenic and heavy metal contamination of vegetables grown in Samta village, Bangladesh. *The Science of the Total Environment*, 308: 83-96.
 12. Al-rajhi, M. A. 2014. Measurement of Different Types of Potato Chips by Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectrometer. *Journal of Analytical Sciences, Method and Instrumentation*, 4: 46-52.
 13. AOAC Official Method 999. 11. 2000. Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods. Atomic Absorption Spectrophotometry after Ashing.
 14. CODEX STANDARD. 1995. CODEX General Standard for contaminant and toxins in food and feed, pp. 1-44.
 15. El-Rahman, H. S. M., El-Dakak, M. N. H. and Zein, H. 2015. Investigation and Evaluation on Heavy Metal Contaminations of Green Salads and Potato Fried in Different Restaurants and Fresh Vegetables in Some Egyptian Governorates. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3(2): 28-37.
 16. FAO/WHO Codex Alimentations Commission. 2001. Food Additives and Contaminants. Joint FAO/WHO Food Standards Program, 01/12a, pp. 1-289.
 17. Gopalani, M., Shahare, M., Ramteke, S. D. and Satish, R. W. 2007. Heavy Metal Content of Potato Chips and Biscuits from Nagpur City, India. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 79: 384-387.
 18. Hermankaya, M., Özcan M. M. and Endes, Z. 2013. Mineral Content of Several Corn and Potato Chips. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(2): 222-227.
 ۴. سعیدی اصل، م. ر. ایرجی فر، م. فهیم دانش، م و هنرور، م. (۱۳۹۱). ارزیابی پارامترهای کیفی نمونه‌های چیپس سیب‌زمینی موجود در بازار ایران. مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی، سال چهارم، شماره اول، ۹-۱۶.
 ۵. فکور جنتی، س. س. بهشتی، ح. ر و فیضی، ج. (۱۳۸۹). بررسی میزان فلزات سنگین در نمونه‌های کنجد خام و پوست گیری شده مصرفی در سطح استان خراسان با استفاده از دستگاه جذب اتمی با لامپ پیوسته. مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی، سال دوم، شماره ۳، ۲۴-۱۹.
 ۶. ملکوتیان، م و گلپایگانی، ع. (۱۳۹۲). تعیین میزان فلزات سمی سرب، کادمیوم، آلومینیوم و بازدارنده‌های کلسیم و روی در شیر خشک و غذای کودک عرضه شده در ایران. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، سال هشتم، شماره ۳، ۲۵۹-۲۵۱.
 ۷. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۳. فرآورده های سرخ شده بر پایه سیب‌زمینی، غلات و حبوبات- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، شماره ۱۲۰۹۹، چاپ اول.
 ۸. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۶. میوه ها، سبزی ها و فرآورده های آن‌ها- تعیین مقدار آرسنیک- روش بیناب سنجی جذب اتمی بر مبنای تولید هیدرید فرآورده های سرخ شده بر پایه سیب‌زمینی، غلات و حبوبات- ویژگی‌ها و روش‌های آزمون، شماره ۱۲۰۹۹، چاپ اول.
 ۹. نجومی، فرشاد. (۱۳۸۲). مسمومیت غذایی. چاپ اول، نشر انتشارات فن روز، تهران، صفحه ۱۱۱.
 ۱۰. ولایت زاده، م. عسکری ساری، ا. بهشتی، م. حسینی، م و محبوب، ث. (۱۳۸۹). تعیین میزان

25. Radwan, M. and Salama. A. K. 2006. Market basket survey for some heavy metals in Egyptian fruits and vegetables. *Food and Chemical Toxicology*, 44: 1273-1278.
26. Salama, A. K. and Radwan, M. A. 2005. Heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) contents in some foodstuffs from the Egyptian market. *Journal of Agriculture Science*, 17 (1): 34-42.
27. Sapunar-Postruznik, J., Bazulic, D. and Kubala, H. 1996. Estimation of dietary intake of arsenic in the general population of the Republic of Croatia. *The Science of the Total Environment*, 191: 119-123.
28. Tripathi, R. M., Raghunath, R. and Krishnamoorthy, T. M. 1997. Dietary intake of heavy metals in Bombay city, India. *The Science of the Total Environment*, 208: 149-159.
29. WHO, 1992. Cadmium. Environmental Health Criteria, Geneva. Vol. 134.
30. WHO, 1995. Lead. Environmental Health Criteria, Geneva. Vol. 165.
31. WHO, 1995. Arsenic. Environmental Health Criteria, Geneva. Vol. 168.
32. Yang, Y., Zhang, F. S., Li, H. F. and Jiang, R. F. 2009. Accumulation of cadmium in the edible parts of six vegetable species grown in Cd-contaminated soils. *Journal of Environmental Management*, 90(2): 1117-112.
19. Islam, M. R., Salminen, R. and Lahermo P. W. 2000. Arsenic and other toxic elemental contamination of groundwater, surface water and soil in Bangladesh and its possible effects on human health. *Environmental Geochemistry Health*, 22: 33-53.
20. Jaradat, G. M. and Tarawneh, A. 2014. Heavy Metal Content and Health Risk of Potato and Corn Chips Being Sold in Jordanian Market. *Jordan Journal of Chemistry*, 9(2): 69-80.
21. Narin, I., Tuzan, M., Sari, H. and Soylak, M. 2005. Heavy Metal Content of Potato and Corn Chips from Turkey. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 74: 1072-1077.
22. Onianwa, P. C., Lawal, J. A., Ogunkeye, A. A. and Orejimi, B. M. 2000. Cadmium and nickel composition of Nigerian foods. *Journal of Food Composition Analyze*, 13: 961-969.
23. Öztürk, E., Astan, E., Polat, T. and Kara, K. 2011. Variation in Heavy Metal Concentration of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(2): 235-239.
24. Parveen, Z., Khuhro, M. I. and Rafiq, N. 2003. Market basket survey for lead, cadmium, copper, chromium, nickel and zinc in fruits and vegetables. *Bulletin Environmental Contamination Toxicology*, 71: 1260-1264.

(Original Research Paper)
**Determination of Lead, Cadmium and Arsenic Contaminants in
Potato Chips in Tabriz Market**

Samira Ebrahim Pour Ahmadi¹, Mir Hadi Khayyat Nouri^{2*}, Leila Roufeh Gari Nezhad³

1. MS.c. Graduated of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2. Department of Pharmacology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

3. Department of Food Science and Technology, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

Received:23/09/2017

Accepted:12/02/2018

Abstract

Heavy metal pollution is one of the most important environmental problems and considered as one of the food hygiene concerns. Contamination of potato and products with heavy metals, lead (Pb), Cadmium (Cd) and Arsenic (As) in particular, induces their toxic effects on humans. So the goal of this research is to evaluate metal pollution such as lead, arsenic and cadmium in potato chips. For this purpose in the present cross-sectional study 5 samples of produced and supplied chips from Tabriz markets were selected. Therefore randomly 3 samples of each factory product are purchased from different parts of Tabriz city markets then concentration of heavy metals lead, arsenic and cadmium were measured by AAS (flame atomic absorption spectrometry). The results were showed a mean value 0.168 ± 0.016 mg/kg (0.150 to 0.193 mg/kg) for lead, 0.130 ± 0.019 mg/kg (0.093 to 0.170 mg/kg) for cadmium. And mean value of arsenic was non detected. Also no significant differences in the mean concentration of lead, cadmium and arsenic were found in different samples. Concentration of all metals was less than the maximum national and international standards. Therefore, the consumption of these snacks is not dangerous to consumers from the aspect of heavy metals.

Keywords: Potato Chips, Heavy metals, Lead, Cadmium, Arsenic.

*Corresponding Author: mh.khayatnouri@iaut.ac.ir

