J TOLOO E BEHDASHT, School of Public Health, Yazd Shahid Sadoughi Univ Med Sci

ORIGINAL ARTICLE
Received: 2015/12/06 *Accepted: 2016/01/09*

Evaluation of Zinc, Cadmium, and Nickel Transition from Soy Milk to Soy Cheese

Elham Khalili sadrabad (Ph.D.)[1], Hamdollah Moshtaghi boroujeni (Ph.D.)[2], Aziz Fallah Mehrjardi(Ph.D.)[3], Alireza Hosseinpour(Ph.D.)[4]

1.PhD student of Food Hygiene and Quality control, faculty of Veterinary medicine, Shahrekord University, Shahrekord. Iran.
2.CorrespondingAuthor: Associated Professor Department of Food Hygiene and Quality control, Faculty of Veterinary medicine, Shahrekord University, Shahrekord. Iran. Email: hmoshtaghi@yahoo.com Tel:09131812815
3.Associated Professor Department of Food Hygiene and Quality control, Faculty of Veterinary medicine, Shahrekord University, Shahrekord. Iran.
4.Professor,Department of Soil science, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord. Iran.

Abstract

Introduction: Awareness and concern about soil contamination with metals and their effects on the food chain are increasing. Cereal consumption is one of the major sources of metal exposure which soybean may accumulate more toxic metals than other crops.
Method: Three metal elements including Zn, Cd, and Ni were measured in soy products. First, soymilk and soy cheese (tofu) were prepared by common methods, and then the digested samples were analyzed by ICP-OES. The carryover of metals in different methods was determined.
Results: The soymilk prepared by rapid method showed higher Zn content ($P<0.05$). Furthermore, among all types of cheeses, Zn content of calcium cheese obtained from all three methods was significantly higher ($P<0.05$). Ni content of soymilk and soycheese of the rapid method was higher than the other methods ($P<0.05$). In the traditional method large quantities of Ni was removed by soaking seeds and okara. Measurements showed high Cd content in soymilk and soy cheese in the rapid method ($P<0.05$); however, Cd content of other methods was lower than expectation.
Conclusion: According to the results the method of soybean production, soy soaking, the type of clot and the tendency of elements toward different parts of the product can have a significant effect on the amount of transfer and removal of the metals.

Keywords: Soy Cheese (Tofu), Soy Milk, Metals Transfer, Processing Methods
Conflict of interest: The authors declared that there is no Conflict interest

This Paper Should be Cited as:
Elham Khalili sadrabad, Hamdollah Moshtaghi boroujeni, Aziz Fallah Mehrjardi, Alireza Hosseinpour. Evaluation of Zinc, Cadmium, and Nickel Transition from Soy Milk to Soy Cheese. Tolooebehdasht Journal. 2018; 16(6):103-119. [Persian]

طلوع بهداشت

دو ماهنامه علمی پژوهشی
دانشکده بهداشت یزد
سال شانزدهم
شماره:ششم
بهمن و اسفند ۱۳۹۶
شماره مسلسل: ۶۶

تاریخ وصول: ۱۳۹۴/۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹

ارزیابی انتقال فلزات روی، کادمیوم و نیکل از شیر سویا به پنیر سویا

نویسندگان :الهام خلیلی صدرآباد[۱]، حمداله مشتاقی بروجنی[۲]، عزیزاله فلاح مهرجردی[۳]، علیرضا حسین‌پور[۴]

۱. دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت مواد غذایی، گروه بهداشت مواد غذایی و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲. نویسنده مسئول: دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

تلفن تماس: ۰۹۱۳۱۸۱۲۸۱۵ Email: hmoshtaghi@yahoo.com

۳. دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی و کنترل کیفی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۴. استاد گروه شیمی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

چکیده

مقدمه: آگاهی و نگرانی در مورد آلودگی خاک با فلزات و اثرات نامطلوبی آن‌ها در زنجیره غذایی، در حال افزایش است. مصرف غلات یکی از منابع عمده دریافت این گونه عناصر است، که سویا نسبت به دیگر محصولات قادر به تجمع بیشتری از این مواد است.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی سعی شد میزان سه عنصر روی، کادمیوم و نیکل در محصولات حاصل از سویا اندازه‌گیری شود. در ابتدا شیر سویا و پنیر سویا با استفاده از روش‌های معمول تهیه گردید و پس از هضم نمونه‌ها، به منظور سنجش این عناصر از دستگاه ICP-OES استفاده شد. سپس میزان انتقال فلزات در تمامی روش‌های تهیه محصولات سویا مورد مقایسه قرار گرفت.

یافته‌ها: شیر سویاهای تهیه شده با روش سریع دارای مقادیر بالاتری ($P<۰/۰۵$) روی بودند و در میان پنیرها، میزان روی در پنیرهای کلسیمی حاصل از هر سه روش تهیه شیر، به طور معنی‌داری بالاتر($P<۰/۰۵$) بود. میزان نیکل در شیر و پنیرهای روش سریع بالاتر($P<۰/۰۵$)از بقیه روش‌ها بوده است. در روش سنتی مقادیر زیادی نیکل از طریق خیساندن دانه و اکارا از دسترس خارج شده است. در اندازه‌گیری‌ها مشخص شد که شیرهای تهیه شده با روش سریع و پنیرهای حاصل دارای مقادیر قابل توجهی از کادمیوم ($P<۰/۰۵$) بودند، اما در بقیه روش‌ها مقدار کادمیوم پایین‌تر از حد قابل تشخیص بود.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج بدست آمده، نوع روش تهیه محصولات سویا و خیساندن دانه سویا، نوع لخته تشکیل شده و تمایل هرکدام از عناصر به قسمت‌های مختلف محصول می‌تواند روی میزان انتقال فلزات و خارج‌سازی این فلزات نقش موثری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: شیر سویا، پنیر سویا، انتقال فلزات، روش‌های مختلف فرآوری

مقدمه

تامین امنیت غذایی جمعیت در حال رشد، با توجه به محدود بودن منابع طبیعی و به گونه‌ای که محیط زیست کمترین تاثیر را متحمل گردد، یکی از مهمترین مباحث در جهان به شمار می‌رود. عموم مردم، خاک را بستری جهت تولید مواد غذایی می‌دانند، اما باید این موضوع را در نظر داشت که خاک مانند مخزنی برای ترکیبات آلاینده محیط زیست به شمار رفته و به صورت سدی طبیعی از رسیدن ترکیبات سمی و خطرناک به آب‌های زیرزمینی جلوگیری می‌کند(۱). آگاهی و نگرانی در مورد آلودگی خاک با فلزات و اثرات نامطلوبی که این عناصر می‌توانند در زنجیره غذایی ایجاد کنند، در حال افزایش است. امروزه فلزات از مهمترین منابع آلوده کننده می باشند و مشکل جدی برای سلامت عموم محسوب می شوند (۲). منابع این عناصر متفاوت است و قابلیت گیاهان در جمع‌آوری و قرارگیری این مواد در بخش های خوراکی وابسته به فاکتورهای آب و هوایی، ژنوتیپ گیاه و مدیریت کشاورزی است(۳). مصرف این مواد توسط جمعیت انسانی می‌تواند منجر به ایجاد خطراتی در سلامت انسان شود. تأثیر فلزات روی انسان متعدد بوده و عمده‌ترین آن مربوط به بروز اختلالات عصبی است. فلزات همچنین جایگزین دیگر املاح و مواد معدنی مورد نیاز در بدن می‌گردند. مثلاً در صورت کمبود روی در مواد غذایی کادمیوم جایگزین آن می‌گردد. به طور کلی اختلالات عصبی، انواع سرطان‌ها، فقر مواد مغذی، چاقی، اختلالات تنفسی و قلبی-عروقی، آسیب به کبد، کلیه ها و مغز، آلرژی و آسم، اختلالات غدد درون ریز، عفونت های ویروسی مزمن، اختلال در عملکرد آنزیم‌ها، کم خونی، خستگی، سردرد و سرگیجه تضعیف سیستم ایمنی بدن، تخریب ژن ها، پیری زودرس، اختلالات پوستی، کاهش حافظه، بی اشتهایی التهاب مفاصل، پوکی استخوان و در موارد حاد مرگ از نتایج ورود فلزات به بدن انسان می‌باشد. از طرفی خاصیت سمی و قابلیت تجمع زیستی فلزات در گیاهان و جانوران و نیز ورود آن‌ها به زنجیره غذائی خطرات ناشی از آن‌ها را دو چندان ساخته و تأثیرات اکولوژیکی زیاد به وجود می‌آورد. استفاده مکرر از آب های فاضلاب و پساب کارخانجات در آبیاری زمین های کشاورزی هم می تواند منجر به افزایش میزان فلزاتی هم چون روی، مس، سرب، منگنز، نیکل، کروم و کادمیوم در خاک و به دنبال آن افزایش در محصولات گیاهی شود (۴).

مصرف غلات یکی از منابع عمده دریافت این گونه عناصر است. مطالعات نشان داده اند که سویا نسبت به دیگر محصولات قادر به تجمع بیشتری از این مواد در خود است (۵). استفاده از لوبیای سویا در غذا در طول هزار سال اخیر در قاره آسیا گسترش یافته است و مردم مناطق مختلف انواع غذاهای خود را براساس سنت، آب و هوا و علایق محلی تولید کرده اند. در مقایسه با بسیاری از منابع غذایی، سویا یک ماده مغذی بسیار سودمند است. این مواد حاوی بالاترین مقادیر پروتئین، مقادیر قابل توجهی چربی، کربوهیدرات، فیبر غذایی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و بسیاری از مواد دارویی گیاهی در مقایسه با بقیه غلات و لگوم‌ها هستند. محتوای غذایی سویا براساس شرایط رشد و

واریته‌های آن متغیر است اما اساسا حاوی ۳۵ تا ۴۰٪ پروتئین، ۱۵ تا ۲۰٪ چربی، ۳۰٪ کربوهیدرات، ۱۰ تا ۱۳٪ رطوبت و در حدود ۵٪ مواد معدنی و خاکستر است. در جهان حدود ۸۴۰ میلیون نفر گرفتار سوء تغذیه هستند و ۷۹۹ میلیون از این میزان به کشورهای در حال توسعه تعلق دارند. بنابراین نجات میلیون ها جان در سال ضروری است. این مشکل از طریق تنوع در رژیم غذایی و اصلاح مواد غذایی با مواد مغذی امکان پذیر است. دانه سویا با داشتن خصوصیات ذکر شده و قیمت پایین یکی از موادی است که برای حل این مشکل عدم تعادل مواد مغذی راه گشا است (۶). این ماده نه تنها مواد پرنیاز غذایی بلکه بسیاری از مواد کم نیاز غذایی را هم تامین می کند. شیر سویا در نتیجه خیساندن دانه های سویا و آسیاب کردن آن و فرآوری با مواد شیمیایی خاص تولید می شود. پنیر سویا از دلمه شدن شیر سویا به دست می آید که در آسیای شرقی قرن های متمادی جایگزین گوشت قرمز بوده است. به دلیل خصوصیات منحصر به فرد سویا از جمله کاهش کلسترول خون، مهار سرطان، ممانعت در ایجاد دیابت، ممانعت در ایجاد پوکی استخوان (به دلیل حضور ایزوفلاوون ها)، چاقی، ممانعت از بیماری های روده ای و کلیوی و تسهیل مشکلات دوران یائسگی، در سال های اخیر تحقیقات وسیعی روی این ماده سودمند صورت گرفته است (۷). از طرفی به دلیل عدم وجود لاکتوز و دارا بودن محتوای پروتئینی بالا، این محصولات می توانند رژیم غذایی مناسبی برای افراد با عدم تحمل لاکتوز و هم چنین گیاه خواران باشد(۸).

همان طور که پیش‌تر ذکر شد، به دلیل توسعه روز افزون شهرها و صنعتی شدن آن ها، آلودگی محیطی نیز افزایش یافته است. سویا به عنوان دانه ای بیش انباشت کننده می تواند این آلودگی ها را جمع نموده و در طی انجام فرآوری‌ها، آن را به محصولات تولیدی منتقل کند. محققان بسیاری بر روی میزان فلزات در دانه سویا و برخی از محصولات آن مطالعاتی انجام داده‌اند. آرتور و همکاران در سال ۲۰۰۷ به بررسی انتقال کادمیوم از سویا رشد یافته در خاک آلوده به انسان تحقیقاتی انجام دادند. در این تحقیق مشخص شد که سویا قابلیت تجمع غلظت‌های بالای کادمیوم را دارد (۹). آدامز در مطالعه‌ای بر روی زنان قبل از یائسگی اهمیت توفو (پنیر سویا) را در انتقال کادمیوم به بدن بیان کرد (۱۰). در تحقیق اسکانکار در اسلونی توفو و ماست سویا به عنوان منابع نیکل شناخته شد و بیان گردید سویا و محصولات آن نقش مهمی در جذب نیکل به صورت روزانه دارند (۱۱). این تحقیقات، تنها نمونه‌ای از مطالعات در رابطه با حضور فلزات در سویا و محصولات آن است اما در رابطه با انتقال آن‌ها در روش‌های مختلف تولید و مقایسه این روش‌ها مطالعه چندانی در دسترس نمی باشد. بنابراین، باتوجه به نبود اطلاعات کافی در این رابطه و استفاده روزافزون این ماده در ایران و به دلیل اهمیت تغذیه ای آن، برآن شدیم که به طور تجربی میزان انتقال فلزات در محصولات سویا با در نظر گرفتن و مقایسه روش های مختلف فرآوری رایج سنجیده شود. سپس مقایسه‌ای برای این انتقال این سه فلز (روی، کادمیوم و نیکل) در روش‌های تولیدی معمول صورت گیرد.

روش بررسی

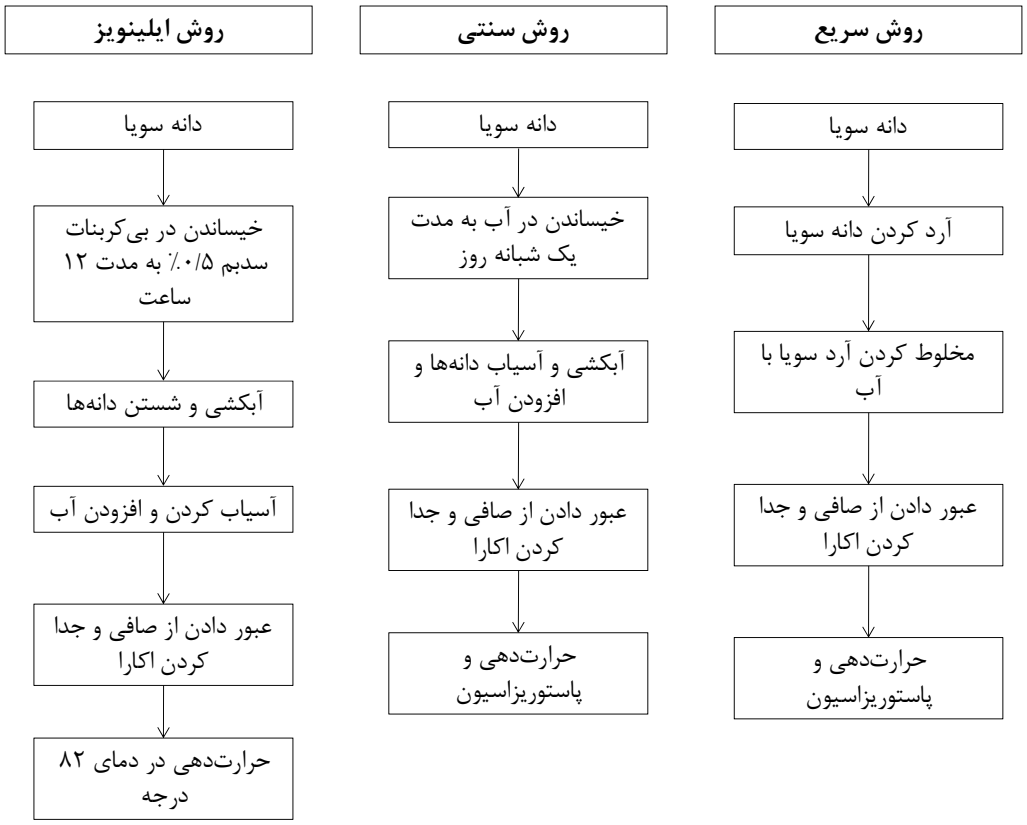
تهیه شیر سویا:ابتدا سویه سویا (سویه سحر) انتخاب گردید. این سویه در مرکز تحقیقات گرگان تولید شده و تغییر ژنتیکی در آن صورت نگرفته است. سپس سه روش مختلف تهیه برای

تولید شیر سویا به کار گرفته شد که عبارتند از روش تهیه سریع، روش ایلینویز و روش سنتی. به طور کلی شیر سویا عصاره آبی دانه های سویا است.روش تهیه سریع شیر سویا: در روش سریع دانه های تمیز شده سویا آسیاب شده و به شکل آرد سویا در آمدند و سپس در آب حل شده و حرارت دید، پس از خنک شدن به منظور جدا نمودن اکارا (ضایعات حاصل از استخراج شیر سویا) و شیر سویا محلول آبکی از صافی پارچه ای عبور داده شد(۱۲).

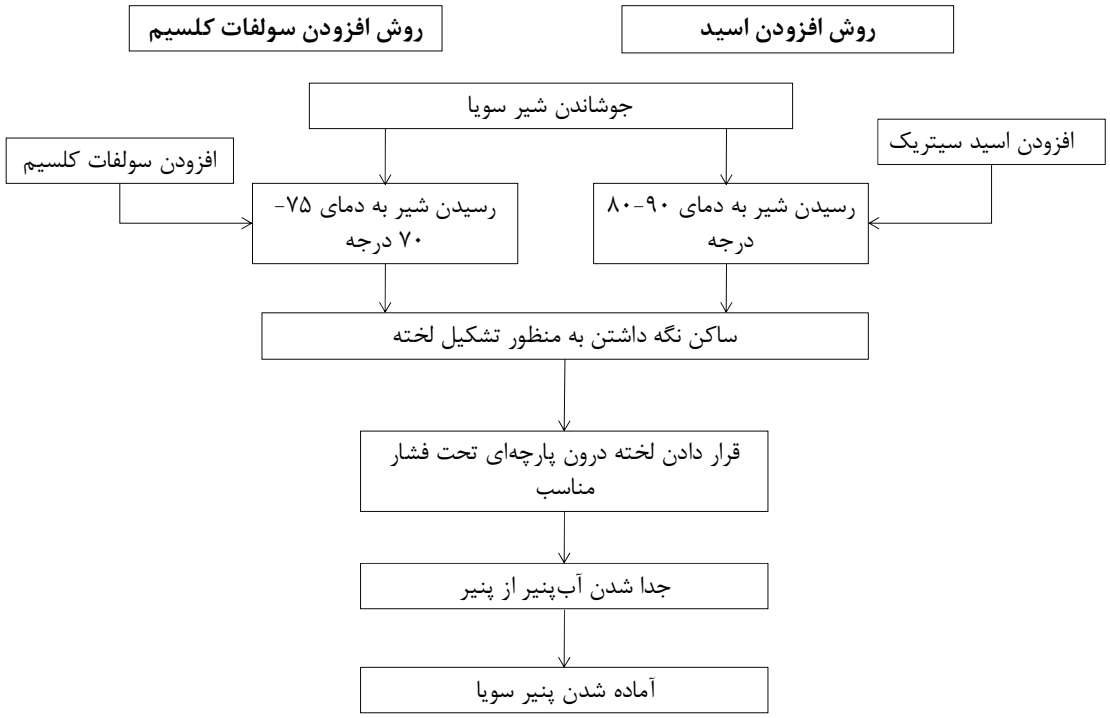
روش تهیه ایلینویز: در تهیه شیر سویا به روش ایلینویز، دانه های تمیز شده سویا به مدت ۱۲ ساعت در NaHCO3 ٪۰/۵ خیسانده شد. پس از طی این مدت آبکشی شده و آسیاب گردید و آب به نسبت مناسب افزوده گردید و حرارت داده و سپس فیلتر می شود(۱۲).

روش تهیه سنتی: در روش سنتی دانه تمیز و شسته شده سویا یک شبانه روز در آب خیسانده شده، پس از طی این مدت آبکشی گردید. دانه های خیس خورده که به نسبت مناسب به آن آب افزوده شده، آسیاب می شود و سپس از پارچه ای عبور داده تا اکارا از شیر سویا جدا شود (نمودار ۱). به منظور جلوگیری از ورود فلز سنگین از طریق آب، در تمام مراحل از آب دیونیزه استفاده شده است (۱۲).

تهیه پنیر سویا (توفو):پنیر سویا یکی از محبوبترین محصولات برپایه سویا در بسیاری از کشورها است. این پنیر از رسوب اسیدی یا نمکی شیر سویا تهیه می شود. بافت پنیر سویا یا توفو می‌تواند براساس روش تولید، از خیلی محکم، محکم، نرم و ابریشمی طبقه‌بندی شود(۱۳). در این مطالعه دو روش تهیه پنیر سویا به کار گرفته شد (نمودار۲).



نمودار ۱: تهیه شیر سویا با روش‌های مختلف



نمودار۲: تهیه پنیر سویا با روش‌های مختلف

پنیر سویا به روش اسیدی: در روش اسیدی، شیر سویای تولید شده طی سه روش ذکر شده، به مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شد و بعد از خنک کردن اسید سیتریک به آن افزوده شد. اسید سیتریک در دمای ۸۰-۹۰ درجه سانتی‌گراد و به میزان ۲/۱٪

پنیر سویا به روش سولفات کلسیم: در این روش اجازه داده می‌شود تا دمای شیر به حدود ۷۵-۷۰ درجه سانتی‌گراد برسد، در این هنگام محلول سولفات کلسیم آماده شده به میزان ۰/۲۷٪ از پنیر و آب‌پنیر تولید شده برای آنالیز میزان فلزات نمونه‌گیری انجام گرفت.

به منظور کاهش احتمال آلودگی، تمامی لوازم شیشه‌ای در محلول رقیق شده نیتریک اسید ۱۰٪ به مدت یک شبانه روز خیسانده شده و تمامی ظروف قبل از استفاده با آب دیونیزه آبکشی شدند.

وزن شیر سویا بدان افزوده شد. اجازه داده می‌شود تا لخته تشکیل شود، سپس لخته تشکیل شده به منظور جداسازی آب‌پنیر درون پارچه‌ای قرار می‌گیرد. پس از طی چند ساعت و جداسازی کامل آب‌پنیر، پنیر سویا آماده است(۱۴).

وزن شیر سویا، به شیر اضافه می‌شود و مانند روش قبل پس از تشکیل لخته، به منظور جداسازی آب‌پنیر از پنیر، لخته درون پارچه ای تحت فشار قرار می‌گیرد (۱۴).

هضم نمونه ها:به منظور هضم نمونه ها، برای نمونه‌های مایع مانند شیر سویا، آبی که دانه سویا در آن خیس خورده و آب‌پنیر هرکدام ۵ میلی‌لیتر و برای نمونه‌های جامد مانند پنیر سویا و اکارا (ضایعات ناشی از جدا نمودن شیر سویا) هرکدام یک گرم داخل یک بشر قرار گرفت. سپس، به نمونه های مورد نظر ۵ میلی لیتر اسید نیتریک۶۵٪، ۲ میلی لیتر اسید هیدروکلریک ۳۷٪

و ۱ تا ۲ میلی لیتر پراکسید هیدروژن ۳۰٪ افزوده شد. پس از به هم زدن محتویات بشر، ظروف حاوی نمونه روی صفحه داغ با دمای ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. در طی انجام هضم محتوبات داخل بشرها از نظر میزان هضم مورد بررسی قرار گرفت. بعد از انجام هضم کامل، نمونه ها از فیلتر ۰/۴۵ میکرومتر عبور داده شده و نمونه‌های فیلتر شده با استفاده از آب دیونیزه (دوبار تقطیر) در بطری‌های نمونه، به حجم نهایی ۲۵ میلی لیتر رسید (۱۵).

تمامی آنالیزها با سه مرتبه تکرار انجام شد. میزان فلزات در نمونه ها با استفاده از دستگاه ICP-OES سنجیده شد. دستگاه ICPیا پلاسمای جفت شده القایی، یک سیستم آنالیز عنصری است که نوع طیف‌بینی آن، طیف‌سنجی نشری و روش اتم سازی آن از طریق پلاسما صورت می‌گیرد. پلاسما، مجموعه‌ای از الکترون‌ها و یون های مثبت گاز آرگون دارای انرژی بالا و دمایی در حدود ده‌هزار کلوین است. این محیط به وسیله امواج رادیویی RF یا Radio Frequency با توان بالا ایجاد می‌شود. با تولید میدان مغناطیسی، الکترون‌ها و یون‌های پلاسما در محیطی مغناطیسی در مسیرهای مدور با شتاب خیلی بالا به حرکت در می‌آیند. اتم‌های خنثی آرگون درون پلاسما در اثر برخورد با ذرات باردار در حال حرکت، یونیزه شده و بدین ترتیب بقای پلاسما ادامه می‌یابد. نمونه از میان یک مجرای باریک مکنده بوسیله جریان آرگون در پلاسما پخش شده، سپس انرژی الکترون‌ها و یون‌ها به نمونه منتقل و باعث اتمی شدن و برانگیختگی آن می‌شود. بدین ترتیب پرتوهایی با طول موج‌های خاص عناصر موجود در محلول منتشر می‌شوند که موقعیت طول موج، نشان دهنده نوع عنصر و شدت آن نشان دهنده مقدار عنصر در نمونه است. دقت اندازه‌گیری عناصر در این سیستم در حد قسمت در بیلیون (ppb) است (۱۶). مشخصات دستگاه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: پارامترهای ابزاری دستگاه ICP-OES و طول موج های استفاده شده برای اندازه گیری عناصر در نمونه

پارامتر	ویژگی
نوع ابزار	GENESIS-EOP
قدرت (Power)	۱۴۰۰ وات
سرعت پمپ	Step ۲
جریان خنک کننده (Coolant Flow)	۱۲ لیتر بر دقیقه
جریان کمکی (Auxiliary Flow)	۱ لیتر بر دقیقه
جریان مه پاش (Nebulizer Flow)	۱ لیتر بر دقیقه
مه پاش (Nebulizer)	Modified Lichte Spectro
سرعت پیش پاشش (Pre-Flush)	۴ دور سریع، ۱۵ ثانیه-۲ دور نرمال، ۳۰ ثانیه
درجه حرارت اپتیک	۲۹/۶۵ درجه سانتیگراد
عنصر-طول موج (نانومتر)	کادمیوم: ۲۱۴/۴۳۸
	روی: ۲۱۳/۸۵۶
	نیکل: ۲۲۱/۶۴۸

برای آنالیز آماری نمونه ها از نرم افزار SAS و از تست آنالیز واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین ها با آزمون آماری LSD استفاده شد. تفاوت های به دست آمده در سطح P<۰/۰۵، معنی دار در نظر گرفته شدند.

یافته ها

میزان روی در شیرهای تهیه شده از روش سریع نسبت به دو روش دیگر به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) بالاتر بوده است، زیرا در دو روش دیگر مقادیری از روی در اثر خیساندن دانه سویا از دسترس خارج شده است (جدول ۲). اکارای به جای مانده از شیر سریع دارای مقدار ۹۷/۵۹ µg/g روی بوده است و این مقدار نسبت به مقادیر ۶۳/۹۰ µg/g و ۶۱/۸۳ µg/g بترتیب برای شیر سنتی و ایلینویز به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) بالاتر بوده است.

در میان پنیرهای تهیه شده از هر سه شیر، پنیرهای کلسیمی مقادیر بالاتری روی را در خود جای داده‌اند و میزان روی در پنیرهای اسیدی به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) کمتر بوده است. با مشاهده جدول ۲ خواهیم یافت که آب‌پنیرهای کلسیمی هم مقادیر کمتری از روی را از پنیر خارج نموده‌اند. در میان پنیرهای کلسیمی در هر سه روش تهیه شیر، پنیرهای تهیه شده از شیر ایلینویز بیشترین مقدار را با ۳۱/۵۴ µg/g روی به خود اختصاص داده‌اند. بعد از آن بترتیب پنیرهای کلسیمی تهیه شده از شیر سریع و سنتی با مقادیر ۳۱/۰۱ µg/g و ۳۰/۷۵ µg/g جای گرفته‌اند که این تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبوده‌اند.

حروف نامتشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی دار است (P<۰/۰۵).

در کل می توان گفت که در میان شیرها، شیر تهیه شده با روش سریع دارای مقادیر بالاتری روی بوده است و در میان پنیرها، پنیرهای کلسیمی هر سه روش تهیه شیر دارای مقادیر بالایی از روی بوده‌اند (جدول ۲).

همان طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، شیر تهیه شده از روش سریع دارای مقدار ۰/۱۲ µg/ml کادمیوم بوده است، در صورتی که در دیگر روش‌ها میزان این عنصر پائین تر از حد شناسایی بوده است. در آبی که دانه‌ها در آن خیسانده شده‌اند هم کادمیوم ردیابی نشده است. در اکاری به جای مانده از هر سه شیر کادمیوم وجود داشته که اکارای شیر سریع با میزان ۱/۴۶ µg/g بیشترین میزان را به خود اختصاص داده است که این مقدار از نظر آماری معنی‌دار (P<۰/۰۵) بوده است.

در میان پنیرهای تولید شده، حضور کادمیوم تنها در پنیرهای تهیه شده از شیرهای روش سریع اثبات گردید و چنین نتیجه ای در مورد آب پنیر هم به طور مشابه تکرار شده است. از نظر آماری تفاوت معنی داری در میزان کادمیوم بین دو پنیر کلسیمی و اسیدی تهیه شده از شیر به روش سریع وجود نداشت. در کل می‌توان با توجه به نتایج بدست آمده چنین گفت که شیرهای تهیه شده با روش سریع و پنیرهای حاصل از آن نسبت به روش‌های دیگر دارای مقادیر قابل توجهی از کادمیوم بوده‌اند.

در شیر تهیه شده در روش سریع میزان نیکل به طور معنی‌داری(P<۰/۰۵) نسبت به دو روش دیگر بالا است. این میزان در حدود ۳/۰۶ µg/ml می‌باشد. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در روش‌های سنتی و ایلینویز مقداری از نیکل در آبی که دانه سویا در آن خیسانده شده از دست می‌رود، که این میزان در آب شیر به روش سنتی به طور معنی‌داری (P<۰/۰۵) بالاتر است. چنانچه انتظار می‌رود اکارای شیر سریع دارای مقادیر بیشتری نیکل است که این اختلاف با شیر سنتی

معنی‌دار نبوده اما با اکارای شیر ایلینویز معنی‌دار (P<۰/۰۵) است.

در میان پنیرهای تولید شده، پنیرهای تهیه شده از شیر به روش سریع دارای مقادیر بالاتری نیکل هستند و این مقادیر بالا با پنیرهای تهیه شده از دو شیر دیگر از نظر آماری معنی‌دار(P<۰/۰۵) است. در مرحله بعد، پنیرهای تهیه شده از شیر به روش ایلینیوز دارای مقادیر بالایی نیکل هستند که این اختلاف نیز معنی‌دار(P<۰/۰۵) است. پنیرهای تهیه شده از شیر به روش سنتی دارای کمترین میزان نیکل می‌باشند. الگوی مشابهی از پنیرها در آب‌پنیر نیز مشاهده می‌شود. بیش‌ترین میزان نیکل در آب‌پنیر کلسیمی از شیر سریع است و کمترین میزان در شیرهای اسیدی تهیه شده از شیر سنتی است.

در کل، می توان چنین نتیجه گرفت که میزان نیکل در شیر و پنیرهای روش سریع بالاتر از بقیه روش‌ها بوده است. در روش سنتی مقادیر زیادی نیکل از طریق خیساندن دانه و اکارا از دسترس خارج شده است.

جدول۲: مقادیر سه فلز روی، کادمیوم و نیکل در نمونه‌های تهیه شده برحسب µg/g در نمونه‌های جامد و µg/ml در نمونه‌های مایع

نمونه ها	روش های مختلف تولید	مقادیر فلز روی انحراف معیار ± میانگین	مقادیر فلز کادمیوم انحراف معیار ± میانگین	مقادیر فلز نیکل انحراف معیار ± میانگین
آب حاصل از خیس	روش سنتی	۴/۵۵ ±۰/۶۸^{a}	ردیابی نشد	۱/۳۲ ± ۰/۲۴^{a}
خوردن دانه	روش ایلینیوز	۵/۲۶ ±۰/۷۹^{a}	ردیابی نشد	۰/۸۱ ± ۰/۰۷^{b}
شیر سویا	روش سنتی	۵/۶۹ ± ۰/۹۰^{b}	ردیابی نشد	۱/۲۳ ± ۰/۱۴^{b}
	روش سریع	۸/۹۰ ± ۰/۳۷^{a}	۰/۱۲ ± ۰/۰۱^{a}	۳/۰۶ ± ۰/۱۲^{a}
	روش ایلینیوز	۵/۵۹ ± ۰/۹۱^{b}	ردیابی نشد	۱/۱۹ ± ۰/۱۴^{b}
اکارای حاصله	روش سنتی	۶۳/۹۰ ± ۴/۱۴^{b}	۱/۲۹ ± ۰/۰۳^{b}	۲۸/۶۹ ± ۲/۶۳^{ab}
	روش سریع	۹۷/۵۹ ± ۰/۴۹^{a}	۱/۴۶ ± ۰/۱۰^{a}	۳۱/۹۰ ± ۱/۹۲^{a}
	روش ایلینیوز	۶۱/۸۳ ± ۱/۳۹^{b}	۱/۳۵ ± ۰/۱۴^{b}	۲۷/۹۳ ± ۲/۶۱^{b}
پنیر	کلسیمی تهیه شده از شیر سنتی	۳۰/۷۵ ± ۳/۸۳^{a}	ردیابی نشد	۲/۰۲ ± ۰/۳۵^{d}
	اسیدی تهیه شده از شیر سنتی	۹/۰۶ ± ۱/۲۷^{b}	ردیابی نشد	۱/۶۹ ± ۰/۲۲^{d}
	کلسیمی تهیه شده از شیر سریع	۳۱/۰۱ ± ۴/۴۱^{a}	۰/۵۹ ± ۰/۰۵^{a}	۸/۱۶ ± ۰/۵۶^{a}
	اسیدی تهیه شده از شیر سریع	۳۱/۵۴ ± ۰/۷^{b}	۰/۵۷ ± ۰/۰۵^{a}	۸/۶۴ ± ۰/۸۳^{a}
	کلسیمی تهیه شده از شیر ایلینیوز	۳۱/۵۴ ± ۵/۱۱^{a}	ردیابی نشد	۴/۲۸ ± ۰/۵۲^{c}
	اسیدی تهیه شده از شیر ایلینیوز	۹/۵۳ ± ۱/۵۴^{b}	ردیابی نشد	۴/۸۷ ± ۰/۹۰^{b}
آب‌پنیر	کلسیمی تهیه شده از شیر سنتی	۱/۵۴ ± ۰/۶۸^{e}	ردیابی نشد	۱/۱۵ ± ۰/۲۱^{c}
	اسیدی تهیه شده از شیر سنتی	۵/۴۲ ± ۱/۱۳^{c}	ردیابی نشد	۰/۷۸ ± ۰/۰۳^{e}
	کلسیمی تهیه شده از شیر سریع	۲/۱۸ ± ۰/۳۹^{e}	۰/۱۲ ± ۰/۰۰۹^{a}	۲/۹۱ ± ۰/۰۴^{a}
	اسیدی تهیه شده از شیر سریع	۸/۴۶ ± ۰/۵۱^{a}	۰/۱۲ ± ۰/۰۱^{a}	۲/۶۲ ± ۰/۰۳^{b}
	کلسیمی تهیه شده از شیر ایلینیوز	۳/۶۹ ± ۰/۲۱^{d}	ردیابی نشد	۱/۱۹ ± ۰/۰۴^{c}
	اسیدی تهیه شده از شیر ایلینیوز	۶/۱۸ ± ۱/۲۵^{b}	ردیابی نشد	۰/۹۳ ± ۰/۱۴^{d}

بحث و نتیجه گیری

سویا قرن‌هاست که غذای مردم آسیا مخصوصا چین بوده است. همان‌طور که گفته شد، سویا از نظر مواد پروتئینی بسیار قوی است و افزون بر آن، سویا یک منبع غذایی ارزان به شمار می‌رود و با توجه به افزایش هزینه پروتئین‌های حیوانی بخصوص در کشورهای فقیر می‌تواند به خوبی جایگزین بخشی از این پروتئین‌ها در برنامه غذایی روزانه شود. این گیاه در جایگاه اول تولید جهان قرار داشته و کنجاله آن منبع غذایی غنی از پروتئین و مواد معدنی برای دام و طیور است. در ایران در سال‌های اخیر توجه بیشتری به این دانه مغذی شده است. برخی از کارخانجات لبنی در کنار تولید شیر سویا به صورت مجزا، این ماده را به محصولات دیگر خود نظیر ماست و کشک هم اضافه می‌نمایند. از طرفی سویا یکی از مواد مورد استفاده در بسیاری از شیرخشک‌های نوزادان است. این ماده به دلیل عدم وجود لاکتوز و دارا بودن محتوای پروتئینی بالا، می تواند رژیم غذایی مناسبی برای افراد با عدم تحمل لاکتوز و هم چنین گیاه خواران باشد (۳،۱۷).

فلزات مورد بحث در این مطالعه را می‌توان در دو دسته طبقه‌بندی کرد. دسته اول فلزاتی مانند روی و نیکل که در غلظت‌های مجاز و پایین غیر سمی بوده و تحت عنوان فلزات ضروری هم شناخته می‌شوند، که از نظر تغذیه ای دارای اهمیت فراوان بوده و هرکدام به نحوی در انجام فعالیت های حیاتی نقش اساسی دارند.

در این گونه فلزات با افزایش غلظت به تدریج بر خاصیت سمی آن‌ها افزوده می‌شود. دسته دوم فلز سنگینی مانند کادمیوم قرار دارد که می‌تواند اثرات نامطلوبی بر روی سلامت انسان گذارد. چنین فلزاتی در هر غلظتی سمی بوده و می‌توانند اثرات نامطلوبی بر روی سلامت انسان داشته باشند، اگرچه مقادیر مجازی برای حضور این فلزات در مواد غذایی توسط سازمان‌های مربوطه تعیین شده است (۳). بنابراین، آگاهی از سطوح این فلزات در مواد غذایی از اهمیت زیادی برخوردار است.

روی ترکیبی ضروری بیش از ۲۰۰ آنزیم است. این فلز ساختار یکپارچه‌ای برای بسیاری از پروتئین‌ها فراهم می‌کند.کمبود آن منجر به علایم بالینی مانند کاهش رشد، کاهش اشتها، ریزش مو و آسیب پوستی می‌شود. ازدیاد این فلز هم می‌تواند مشکلاتی ایجاد نماید.

نمک‌های روی اثرات نامطلوب، آسیب گوارشی، حالت تهوع، استفراغ و درد شکمی را در مصرف مقادیر بالای ۲۵۰ میلی‌گرم ایجاد می‌کند. اعتقاد براین است که طولانی شدن مواجهه با مقادیر بالای روی منجر به کمبود مس و متعاقب آن آنمی می‌شود. همچنین می‌تواند در متابولیسم آهن نیز مداخله کند(۱۸).

در این مطالعه نشان داده شد که در سه روش تهیه شیر، روش سریع دارای مقادیر بالاتری از روی بود که به تبع آن در طی جداسازی اکارا هم میزان بالاتری از این فلز در اکارای این شیر از دسترس خارج شده بود. در پنیرهای تولید شده، پنیرهای کلسیمی دارای مقادیر بالایی از روی در خود بودند.

شاید بتوان این موضوع را به لخته محکم‌تر این پنیرها و گیر انداختن این فلز در چنین لخته‌ای و تمایل فلز روی به بخش دلمه نسبت داد. همچنان که ملاحظه می‌شود، در آب‌پنیر حاصل از پنیرهای اسیدی که لخته نرم‌تری نسبت به پنیرهای کلسیمی دارند، مقادیر بیشتری روی خارج شده است.

ایکدا به بررسی تغییرات هفت عنصر معدنی (روی، مس، منگنز، کلسیم، منیزیوم، پتاسیم و فسفر) در نودل گندم سیاه در طی پخت پرداخت. مقایسه نودل‌های خام با نودل‌های پخته تفاوت معنی‌داری را در کاهش میزان هفت عنصر نشان داد. این یافته‌ها نشان داد که این هفت عنصر در طی پخت به آب وارد شده‌اند. به طور کلی نشت تقریبا ۲۰ تا ۴۰٪ این مواد در آب خیسانده شده اثبات گردید (۱۹). نتایج به دست آمده در این پژوهش این موضوع را تایید نمود که شستن و خیساندن در کاهش میزان عناصر نقش داشته است.

لورنت مارتینز و همکاران در سال ۲۰۱۲ مطالعه ای در خصوص تجمع فلزات در ماست سویا، شیر سویا و مقایسه آن با محصولات لبنی با استفاده از ICP-MS انجام دادند. این محققان به بررسی ۲۰ عنصر کمیاب پرداختند و میزان روی در شیر سویا ng/g ۳۲۰۰-۲۱۰۰ و در ماست سویا ng/g ۳۵۰۰-۱۵۰۰ تخمین زده شد(۲۰). این مقادیر در مقایسه با مقادیر به دست آمده در این تحقیق که در محدوده ng/g ۵۵۹۰ تا ng/g ۸۹۰۰ ارزیابی شد، بسیار کمتر است.

در مطالعه ای دیگر در سال ۲۰۰۹ استخراج فلزات مس، سرب و روی توسط گیاهان برنج، سویا و ذرت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که سویا به میزان بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر، فلز روی را در خود جمع نموده است(۲۱).

منبع عمده‌ی ورود کادمیوم به بدن انسان، غذا و سیگار بوده و نقش آب آشامیدنی و آلودگی هوا ناچیز است. مقدار ورود کادمیوم از طریق غذا به بدن انسان در حدود ۱۰ تا ۴۰ میکروگرم در روز است که کمتر از ۵ درصد آن جذب بدن می شود. حد مجاز کادمیوم در انسان ۷۰ میکروگرم در روز توصیه شده است. از عوارض نامطلوب حضور آن در بدن می توان به اسهال، شکم درد، استفراغ شدید، شکستگی استخوان، عقیم شدن، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، آسیب به سیستم ایمنی، ناهنجاری های روانی، آسیب احتمالی به DNA و سرطان اشاره کرد(۲۲). در آسیا سویا به عنوان منابع مهم مواجهه با کادمیوم محسوب می‌شود. سویا کادمیوم را از خاک جذب کرده و در دانه خود ذخیره می‌کند و سپس می‌تواند این ماده را به محصولات خود وارد کند. البته آلودگی سویا در طی فرآوری هم امکان‌پذیر است برای مثال در توفو (پنیر سویا) استفاده از نمک‌های ناخالص سولفات کلسیم و یا منیزیوم می‌تواند یکی از عوامل افزایش این عناصر در محصول تولید شده باشد (۱۰).

در این مطالعه در شیر تهیه شده با روش سریع و اکارای هر سه نوع شیر مقادیری کادمیوم یافت گردید. انتقال کادمیوم در پنیرهای تهیه شده فقط در پنیرهای کلسیمی و اسیدی تهیه شده از شیر سریع به میزان به ترتیب µg/g ۰/۵۹ و µg/g ۰/۵۷ گزارش شد. در سایر پنیرهای حاصله مقادیر کادمیوم پایین‌تر از حد قابل شناسایی بود. در واقع می‌توان چنین بیان نمود که در فرآوری شیر سویا به طریق سنتی، به دلیل عدم وجود مرحله خیساندن دانه، مقادیر کادمیوم در شیر حاصل بالاتر از سایر روش‌ها گزارش گردید. چندان دور از ذهن نیست که وجود کادمیوم در شیر حاصله به دلیل تغلیظ شدن در پنیر تولیدی هم بالاتر خواهد بود. این نتیجه با مطالعات سلیمان و ایگوگبه در توافق است. سلیمان در سال ۱۹۸۷ گزارش نمود که محتوای فلزات در سبزیجات با شستن تحت تاثیر قرار می‌گیرد (۲۳). ایگوگبه هم بیان نمود که سرب و کادمیوم با شستن از نمونه‌ها خارج خواهد شد (۲۴). در مطالعه‌ای دیگری توسط اسچیلچر،

نشان داده شد که شستن گیاهان حدود ۱۵ تا ۳۰٪ در کاهش میزان فلزات آلاینده نقش دارد (۲۵).

در مطالعه‌ای در غنا که توسط آکا و همکاران در سال ۲۰۱۴ بر روی میزان فلزات سنگین در نوشیدنی های موجود در بازار انجام گردید، نشان داده شد که نوشیدنی‌های سویا بترتیب دارای ۰/۰۴، ۱/۷۰۸، ۰/۳۶۸ و ۰/۲۹۲ میلی‌گرم بر لیتر، کادمیوم، آهن، روی و سرب بودند(۲۶). در تحقیق حاضر، میزان کادمیوم در شیر سویای روش سنتی و ایلینویز پایین‌تر از محدوده تشخیص گزارش شد، اما در شیرسویای روش سریع این میزان ۰/۱۲ میلی‌گرم بر لیتر تخمین زده شد که این میزان سه برابر مقدار کادمیوم در مطالعه آکا است.

در برخی مواد غذایی مانند برنج دیده شده که پخت منجر به کاهش میزان کادمیوم شده است. در مطالعه‌ای نشان داده شد که شستن و پختن برنج منجر به کاهش کادمیوم در حدود ۴۸٪ شده است. نتایج مشابهی در تهیه نودل از آرد گندم مشاهده شد. تقریبا ۲۵٪ از کادمیوم کلی خارج شده و در آب‌گوشت نودل شناسایی گردید (۲۷).

در مطالعه آدامز و همکاران در سال ۲۰۱۱ مصرف توفو یکی از عوامل افزایش میزان کادمیوم در ادرار زنان غیرسیگاری پیش از یائسگی شناخته شد. در این مطالعه چنین فرض شد که احتمالا کادمیوم موجود در سویا دسترسی زیستی بیشتری نسبت به سایر غذاها دارد و یا اینکه مصرف توفو می‌تواند جذب کادمیوم از دیگر غذاها را افزایش دهد (۱۰). در مطالعه‌ای مشابه در دانمارک هم مصرف محصولات سویا به عنوان یکی از عوامل افزایش کادمیوم در ادرار شناخته شد (۲۸).

در مطالعه لورنت-مارتینز میزان کادمیوم در شیر سویای موجود ۱/۵-۵ ng/g تخمین زده شد و مقادیر این عنصر در ماست کمتر از حد محدوده قابل ردیابی بود(۲۰). این نتایج بسیار کمتر از مقادیر یافت شده در نمونه شیر سویای روش سریع در این تحقیق است.

ژوآنگ و همکاران در سال ۲۰۱۳ به بررسی میزان فلزات سرب، کادمیوم، مس، روی، کروم و نیکل در دانه سویا در مناطق نزدیک معدنی در جنوب چین پرداختند. میزان کادمیوم در دانه‌های سویا ۰/۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم برآورد گردید که از استانداردکدکس (۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم) بیشتر است (۲۹).

در تحقیق ردی و همکاران در سال ۱۹۸۶، تجمع فلزات سنگین توسط دانه سویای برداشت شده از خاکهای غنی شده با لجن-فاضلاب مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان لجن-فاضلاب غلظت فلزات سنگین از جمله کادمیوم در بافت سویا افزایش پیدا کرد. در این تحقیق روی، مس، نیکل، کروم و کادمیوم بترتیب بیشترین مقادیر را در دانه به خود اختصاص دادند (۳۰).

بنابراین، می‌توان چنین نتیجه گرفت که دانه سویا فادر به ذخیره عناصر فلزی در خود است و نوع فرآوری در افزایش یا کاهش مقادیر این فلزات در محصولات نهایی موثر خواهد بود. به عنوان مثال، تهیه شیر با روش سریع برای فلز کادمیوم مناسب نبوده و در نهایت پنیرهای تولیدی هم می‌توانند دارای مقادیر بالایی از این فلز باشند.

در این تحقیق در میان شیرهای تولیدی، شیر روش سریع دارای بیشترین میزان نیکل در خود بود.

در میان پنیرهای تولیدی پنیرهای تهیه شده از شیر سریع با میزان ۸/۱۶ µg/g و ۸/۶۴ µg/g بترتیب در پنیر کلسیمی و اسیدی بالاترین مقادیر نیکل را در خود داشتند. بعد از این پنیرها، پنیرهای تهیه شده با روش ایلینوز دارای مقادیر ۴/۲۸ µg/g و ۴/۸۷ µg/g نیکل، بترتیب در پنیر کلسیمی و اسیدی بودند. شیر تهیه شده با روش ایلینیوز مقادیر کمتری فلز نیکل را در آب دانه خیسانده شده سویا و اکارای جدا شده نسبت به شیر روش سنتی از دست داده است. احتمال دارد این موضوع به علت بالا بودن میزان نیکل در پنیرهای حاصله از شیر ایلینیوز نسبت به پنیرهای روش سنتی مرتبط باشد. هم‌چنین در روش تهیه سنتی شیر، دانه‌های سویا ۱۲ ساعت بیشتر از روش ایلینویز در آب خیسانده شده است که این موضوع می‌تواند یکی از دلایل کمتر بودن میزان نیکل در این روش باشد.

در مطالعه‌ای که توسط اسکانکار در سال ۲۰۱۳ صورت گرفت، بیان گردید که سویا و محصولات آن نقش مهمی در جذب نیکل به صورت روزانه دارند. در این تحقیق، در ۲۰۰ گرم توفو و ماست سویا بترتیب، میزان ۴۰۰ µg و بالای ۱۲۰۰ µg نیکل یافت شد (۱۱). براساس مطالعه لورنت-مارتینز میزان نیکل در حدود ۱۴-۴۵۰ ng/g و ۱۰۰-۵۰۰ ng/g بترتیب در ماست سویا و شیر سویا تخمین زده شد(۲۰). این مقادیردر شیر سویا در مقایسه با مقادیر نیکل موجو در این گزارش بسیار کمتر است.

کانی در بررسی شرح داد که دلمه بستن و نمک‌زنی دو مرحله مهم در تولید پنیر لبنی است زیرا منجر به ایجاد تغییرات مهم در غلظت فلزات خواهد شد. دلیل این تغییر بزرگ در دلمه بستن توزیع متغیر عناصر بین لخته و آب‌پنیر است که وابسته به شکل‌های اتصالی مختلف عناصر در شیر است.

در حالی که، در طی نمک‌زنی، پدیده فشار اسمزی متعاقب تغییر در میزان مواد معدنی غیر متصل رخ می‌دهد. مشاهده شده است، که دلمه بستن نسبت به شیر خام منجر به افزایش غلظت برخی عناصر مانند آلومینیوم، باریوم، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، آهن، منگنز، سرب و روی می‌شود، در حالی که منیزیم، نیکل و استرانسیوم در طرف دیگر قرار می‌گیرد. این واقعیت ممکن است به این نسبت داده شود که عناصر گروه اول تمایل به اتصال با کازئین و چربی را دارند و به همین دلیل به طرف دلمه حرکت می‌کند. عناصر گروه دوم، بیشتر در آب‌پنیر تغلیظ می‌شوند زیرا در شیر این عناصر به ترکیباتی با وزن مولکولی پایین (پروتئین آب‌پنیر، سیترات، لاکتوز و نمک‌های معدنی) متصل می‌گردد (۳۱).

براساس نتایج به دست آمده، مطالعه حاضر اثبات کرد که فلزات در پنیر به دلیل از دست دادن آب و غلیظ‌تر شدن، بیشتر خواهد بود که این نتیجه با مطالعه انب که میزان فلزات را در شیر و محصولات وابسته به آن بررسی نمود (۳۲)، در توافق است. انب و همکاران در سال ۲۰۰۹ به مقایسه فلزات (آهن، مس، منگنز، روی، سرب و کروم) در شیر گاو، بوفالو و محصولات حاصل از آن پرداختند. نتایج الگوی توزیع فلزات مختلف در شیر گاو و شیر بوفالو نشان داد که خامه گاو و بوفالو فاکتور غلظت مشابهی دارند. بدین معنی که، آهن، مس، منگنز، روی، سرب و کروم در خامه بترتیب ۵/۱، ۴/۶، ۵، ۴/۵، ۳/۷، ۴/۳ و ۴/۵ برابر میزان این فلزات در شیر خام بوده است (۳۲). ابوعرب و همکاران در مطالعه‌ای بر روی اثرات فرآوری در ادویه‌ها و گیاهان دارویی بیان کردند، جوشاندن گیاهان نسبت به غوطه‌ور کردن گیاهان در آب داغ، مقادیر بیشتری از فلزات را خارج می‌نماید (۳۳).

از مطالعه حاضر مشخص شده که نوع فرآوری مواد غذایی یکی از عوامل مهم در انتقال عناصر فلزی است. روش‌های به کارگیری در تهیه شیر و پنیر سویا نقش موثری در حضور و یا کاهش میزان فلزات مورد بررسی در محصولات داشته است. به عنوان مثال نوع لخته تشکیل شده در پنیرها، در تجمع فلزات هم اثر قابل توجهی داشته است. در پنیرهای کلسیمی در مقایسه با پنیرهای اسیدی لخته تشکیل شده سفت‌تر و محکم‌تر است، همین امر در به دام انداختن فلزات موثر بوده است. از طرفی این موضوع ممکن است بسته به نوع فلز می‌تواند، متفاوت باشد. در لخته‌های نرم پنیرهای اسیدی مقادیر بیشتری از فلزات از طریق آب‌پنیر دفع شده است. در روش سریع به دلیل فقدان مرحله خیساندن دانه در آب، همانطور که مشاهده می‌شود، مقادیر بیشتری از فلزات را در خود جای داده است. زمان خیساندن دانه‌ها هم فاکتوری مهم در تغییر میزان فلزات در روش‌های مورد بررسی بوده است. در روش سنتی دانه‌ها ۱۲ ساعت بیشتر از روش ایلینویز در آب خیس خورده است. مطالعات دانشمندان بیان‌کننده این واقعیت می‌باشد که حتی شستن گیاهان در کاهش میزان فلزات موثر بوده است (۲۵).

همان‌طور که ملاحظه شد، می‌توان به طور کلی چنین بیان نمود که در صورتی که در منطقه‌ای نگرانی از لحاظ وجود فلزات و آلودگی منابع آن وجود دارد، روش سنتی به هیچ عنوان پیشنهاد نمی‌شود. اما چنانچه این نگرانی وجود نداشته باشد و کمبود عناصر فلزی برای ساکنین منطقه‌ای وجود داشته باشد، می‌توان با توجه به نوع عنصر از روش مناسب به عنوان راهی برای وارد نمودن آن عنصر به رژیم غذایی و بدن استفاده کرد. در بسیاری از کارخانجات تولیدی به دلیل وقت‌گیر بودن سایر پروسه‌ها، از روش سریع برای تهیه محصولات با پایه سویا استفاده می‌شود، که این موضوع بدون در نظر گرفتن شرایط منطقه‌ای که سویا از آن تهیه شده، شرایط کشت و نوع خاک و بدون آنالیز کردن دانه‌های با سابقه نامعلوم توصیه نمی‌شود.

نکته دیگر که باید بدان توجه کرد این است که، اکارای باقیمانده از تهیه شیر سویا به دلیل بالا بودن کربوهیدرات و فیبر آن، در بسیاری از کشورها به عنوان محصولی مناسب برای تغذیه دام استفاده می‌شود. علاوه براین، به عنوان افزودنی غذایی در بیسکویت‌ها و اسنک به دلیل کاهش دریافت کالری و افزایش فیبر تغذیه‌ای استفاده می‌شود. لذا حضور زیاد فلزات در این محصول می‌تواند اثراتی مفید و یا مضر بسته به نوع فلز بر روی مصرف‌کنندگان داشته باشد.

تضاد منافع

هیچگونه تضاد منافعی در این بررسی وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه با حمایت مالی دانشگاه شهرکرد در قالب پایان‌نامه دانشجویی دکتری تخصصی بهداشت مواد غذایی انجام شده است که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1-Bacon JR, Hewitt IJ. Heavy metals deposited from the atmosphere on upland Scottish soils: chemical and lead isotope studies of the association of metals with soil components. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2005;69(1):19-33.

2-Duruibe J, Ogwuegbu M ,Egwurugwu J. Heavy metal pollution and human biotoxic effects. International Journal of Physical Sciences. 2007;2(5):112-8.

3-McLaughlin MJ, Parker DR, Clarke JM. Metals and micronutrients – food safety issues. Field Crops Research. 1999 ;60(1–2):143-63.

4-Singh A, Sharma RK, Agrawal M, Marshall FM. 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. 2010;48(2):611-9.

5-Corguinha APB, Souza GAd, Gonçalves VC, Carvalho CdA, Lima WEAd, Martins FAD, et al. Assessing arsenic, cadmium, and lead contents in major crops in Brazil for food safety purposes. Journal of Food Composition and Analysis. 2015;37:143-50.

6-Salazar MJ, Rodriguez JH, Nieto GL, Pignata ML. Effects of heavy metal concentrations (Cd, Zn and Pb) in agricultural soils near different emission sources on quality, accumulation and food safety in soybean [Glycine max (L.) Merrill]. Journal of Hazardous Materials. 2012;(233-234): 244-53.

7-Li Q, Xia Y, Zhou L, Xie J. Evaluation of the rheological, textural, microstructural and sensory properties of soy cheese spreads. Food and bioproducts processing. 2013;91(4):429-39.

8-Cai T, Chang K, Shih M, Hou H, Ji M. Comparison of bench and production scale methods for making soymilk and tofu from 13 soybean varieties. Food research international. 1997;30(9):659-68.

9-Arthur L, Hale B. Cadmium transfer to humans from soils via soybeans. Integrated Environmental Assessment and Management. 2007;3(3):462-3.

10-Adams SV, Newcomb PA, Shafer MM, Atkinson C, Bowles EJA, Newton KM, et al. Sources of cadmium exposure among healthy premenopausal women. Science of The Total Environment. 2011;409(9):1632-7.

11-Ščančar J, Zuliani T, Milačič R. Study of nickel content in Ni-rich food products in Slovenia. Journal of Food Composition and Analysis. 2013;32(1):83-9.

12-Lusas EW, Erickson DR, Nip W-k. food uses of whole oil and protein seeds. 1989.

13-Gandhi A. Quality of soybean and its food products. International Food Research Journal. 2009;16:11-9.

14-Wrigley CW, Walker CE, Corke H. Encyclopedia of Grain Science: Elsevier.; 2004.

15-Hamilton MA, Rode PW, Merchant ME, Sneddon J. Determination and comparison of heavy metals in selected seafood, water, vegetation and sediments by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry from an industrialized and pristine waterway in Southwest Louisiana. Microchemical Journal. 2008;88(1):52-5.

16-Douglas AS, Donald M. Principles of instrumental analysis. Holt, Rinhart, Winston, New York. 1971.

17-Khalili Sadrabad E, Moshtaghi Boroujeni H, Heydari A. Heavy Metal Accumulation in Soybeans Cultivated in Iran, 2015-2016. Journal of Nutrition and Food Security. 2018;3(1):27-32.

18-Reilly C. Metal contamination of food. Wiley Online Library; 2005.

19-Ikeda S, Tomura K, Miya M, Kreft I. Changes in the solubility of the minerals in buckwheat noodles occurring by processing, cooking and enzymatic digestion. Fagopyrum. 2003;20:67-71.

20-Llorent-Martínez E, De Córdova MF, Ruiz-Medina A, Ortega-Barrales P. Analysis of 20 trace and minor elements in soy and dairy yogurts by ICP-MS. Microchemical Journal. 2012;102:23-7.

21-Murakami M, Ae N. Potential for phytoextraction of copper, lead, and zinc by rice (Oryza sativa L.), soybean (Glycine max [L.] Merr.), and maize (Zea mays L.). Journal of hazardous materials. 2009;162(2):1185-92.

22-Boukhars L, A R. Plant exposure to cadmium in Moroccan calcareous soils treated with sewage sludge and wastewaters. Environmental Technology. 2001;21:641-52.

23-Soliman K, Abou-Arab A, Badawy A, Naguib K. Heavy metal contamination levels in Egyptian vegetables, fruits and elimination by washing procedure. Bull Nutr Inst Cairo Egypt 1997;17(2):120-46.

24-Igwegbe A, Belhaj H, Hassan T, Gibali A. Effect of a highway's traffic on the level of lead and cadmium in fruits and vegetables grown along the roadsides. Journal of food safety. 1992;13(1):7-18.

25-Schilcher H. Ruckstande und Verunreinigungen bei Drogen und Drogenzubereitungen. 19. Zur Wertbestimmung und Qualitatsprufung von Drogen. Planta medica; journal of medicinal plant research. 1982.

26-Ackah M, Anim AK, Zakaria N, Osei J, Saah-Nyarko E, Gyamfi ET, et al. Determination of some heavy metal levels in soft drinks on the Ghanaian market using atomic absorption spectrometry method. Environmental monitoring and assessment. 2014;186(12):8499-507.

27-Lee SR. Contamination and elimination of some heavy metals in Korean meals .Trends in Food Product Development. 1990:355-8.

28-Vacchi-Suzzi C, Eriksen KT, Levine K, McElroy J, Tjønneland A, Raaschou-Nielsen O, et al. Dietary Intake Estimates and Urinary Cadmium Levels in Danish Postmenopausal Women. PLoS ONE. 2015;10(9).

29-Zhuang P, Li Z-A, Zou B, Xia H-P, Wang G. Heavy Metal Contamination in Soil and Soybean near the Dabaoshan Mine, South China. Pedosphere. 2013;23(3):298-304.

30-Reddy M, Dunn S. Accumulation of heavy metals by soybean from sludge-amended soil. Environmental Pollution Series B, Chemical and Physical. 1984;7(4):281-95.

31-Coni E, Bocca A, Coppolelli P, Caroli S, Cavallucci C, Marinucci MT. Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. Food Chemistry. 1996;57(2):253-60.

32-Enb A, Abou Donia M, Abd-Rabou N, Abou-Arab A, El-Senaity M. Chemical composition of raw milk and heavy metals behavior during processing of milk products. Global Veterinaria. 2009;3(3):268-75.

33-Abou-Arab A ,Abou Donia M. Heavy metals in Egyptian spices and medicinal plants and the effect of processing on their levels. Journal of agricultural and food chemistry. 2000;48(6):2300-4.