



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

مقاله پژوهشی



مهاجرت آلومینیوم از بسته بندی نیمه منعطف به درون غذاهای بسته بندی شده در طی مدت نگهداری

فرشته احمدی^۱، نوشین راستکاری^۲، پریسا صدیق آرا^۱، غلامرضا جاهد خانیکی^{۱*}

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

۲- مرکز تحقیقات آلودگی هوا، پژوهشکده محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله:

زمینه و هدف: آلومینیوم عنصری نوروٹوکسیک است که احتمالاً در بروز بیماری آلزایمر نقش دارد. استفاده از بسته بندی نیمه منعطف در سال‌های اخیر افزایش یافته است. در این نوع بسته بندی لایه اصلی آلومینیوم است. هدف از این مطالعه تعیین غلظت آلومینیوم در غذاهای بسته بندی شده در بسته‌های نیمه منعطف آلومینیومی در طی مدت نگهداری است.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۶/۰۱
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۷/۲۴
تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۷/۳۰
تاریخ انتشار: ۹۶/۰۹/۲۱

روش بررسی: ۳۶ نمونه از انواع غذاهای بسته بندی شده در ظرف نیمه منعطف (جوجه کباب، خوراک مرغ، خورش قیمه) در چهار مقطع زمانی شامل روزهای ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ پس از تولید آنالیز شدند. تعیین غلظت AI در نمونه‌ها به کمک دستگاه ICP پس از هضم مرطوب نمونه‌ها انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون واریانس دو طرفه (Two-way analysis of variance) با در نظر گرفتن متغیر مدت نگهداری و نوع غذا صورت گرفت.

واژگان کلیدی: آلومینیوم، نشت، بسته بندی

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر مدت نگهداری بر افزایش محتوای AI غذاها از نظر آماری معنی‌دار است $p < 0/001$. پس از ۱۸۰ روز نگهداری غذاها بیشترین غلظت AI مربوط به غذای جوجه کباب (۳/۲۷±۰/۹۳ ppm) و کمترین غلظت AI مربوط به خورش قیمه (۱/۰۴±۰/۱۶ ppm) بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد نگهداری غذا در بسته‌های غذایی نیمه منعطف بر پایه AI می‌تواند منجر به افزایش محتوای AI غذا به مقدار معنی‌داری بشود.

نتیجه‌گیری: براساس میزان جذب قابل تحمل روزانه ۱ mg/kg وزن بدن اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی مواجهه با AI در اثر مصرف غذاهای آماده نگهداری شده به مدت شش ماه در بسته‌های نیمه منعطف آلومینیومی دوز پائینی از AI را به رژیم غذایی افراد اضافه می‌کند.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
ghjahedkh@yahoo.com

مقدمه

آلومینیوم (Al) یک عنصر با قابلیت سمی برای سیستم عصبی است (۱) و ارتباط آن با بروز بیماری آلزایمر به اثبات رسیده است (۲). ارتباط عنصر Al با بیماری‌های متعددی از قبیل کم خونی ناشی از کمبود هموگلوبین گزارش شده و همچنین تاثیر آن در ناهنجاری متعددی در بیماران دیالیزی از قبیل انسفالوپاتی و پوکی استخوان گزارش شده است (۳). غذا منبع اصلی ورود Al به بدن است (۴). کمیته مشترک افزودنی‌های غذا در همکاری با کارشناسان سازمان جهانی خوار و بار و سازمان جهانی بهداشت در مورد Al میزان جذب موقت قابل تحمل هفتگی 7mg/kg از وزن بدن را تعیین کرده اند (۵). بسته بندی در صنعت غذا به علت دارا بودن ویژگی‌هایی از قبیل وزن کم، رسانایی حرارتی بالا و ظاهر جذاب بسیار مورد توجه است. از آلومینیوم در صنعت بسته بندی به دو شکل استفاده می‌شود: شکل ساده و معمولی که کاربرد اصلی آن فویل آشپزخانه و لفافه است و شکل تغییر یافته در صنعت بسته بندی عمدتاً از شکل تغییر یافته آلومینیوم استفاده می‌شود. در این فرم‌ها روی لایه آلومینیومی با یک یا چند لایه کاغذی یا پلاستیکی یا لاک پوشانده می‌شود و بسته‌بندی به صورت چند لایه است (۶). استفاده از بسته بندی‌های چند لایه نیمه منعطف که دارای لایه اصلی Al است روز به روز در حال افزایش است (۷). افزایش گرایش به غذاهای با کیفیت بالاتر و سالم‌تر و با عمر نگهداری طولانی‌تر موجب افزایش توجه به موضوع تداخلات بین مواد بسته بندی و غذا شده است (۸). تداخلات بسته بندی غذا را می‌توان به‌عنوان واکنش‌هایی بین غذا، ماده بسته بندی و محیط تعریف نمود (۹). در مطالعات انجام شده در ارتباط با نشت Al از مواد در تماس با غذا، میزان نشت به عواملی از قبیل نوع غذا، روش پخت، مواد تشکیل دهنده غذا، pH غذا، مدت تماس یا پخت و وجود برخی افزودنی‌ها، وابسته است (۱۰). نتایج مطالعه بررسی میزان مهاجرت ویژه عنصر مذکور از بسته‌های نیمه منعطف آلومینیومی به درون خوراک مرغ ایرانی و شبه غذاها و مقایسه آنها با هم نشان داده که نوع غذا عامل مهمی در تعیین میزان مهاجرت است (۱۱).

با توجه به افزایش روز افزون استفاده از بسته بندی‌های دارای لایه آلومینیومی، تعیین غلظت Al در غذاهای بسته بندی شده ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه بررسی تاثیر مدت نگهداری بر نشت Al از بسته بندی‌های نیمه منعطف آلومینیومی به درون سه نوع غذای آماده ایرانی است.

مواد و روش‌ها

جمع آوری نمونه‌ها

نمونه‌ها که در مجموع ۳۶ بسته بود شامل سه نوع غذای آماده و در بسته‌های نیمه منعطف کنسرو شده بود که از سه خط تولید یک شرکت تولیدکننده غذاهای آماده به‌طور تصادفی برداشته شد. سه نوع غذای انتخابی شامل: جوجه کباب (قطعات گوشت مرغ کباب شده، عصاره لیمو، ادویه و روغن) و خورش قیمه (شامل قطعات گوشت گوساله، سیب زمینی، لپه، رب گوجه، ادویه و روغن) و خوراک مرغ (مرغ، قارچ، سیب زمینی، مخلوط سبزیجات، رب گوجه، ادویه و روغن) بودند. ۳۶ نمونه در روزهای ۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ پس از تولید آنالیز شدند. در هر کدام از این مقاطع زمانی به تعداد ۹ بسته غذایی که شامل سه تکرار از هر غذا بود برای آنالیز برداشته شد. نمونه‌های روز صفر بلافاصله پس از بسته بندی جهت آنالیز به آزمایشگاه فرستاده شدند سایر نمونه‌ها تا زمان آنالیز در دمای اتاق نگهداری شدند. ظروف حاوی غذا در این پژوهش از نوع ظروف آلومینیومی نیمه منعطف بود که لایه‌های آن از خارج به داخل به این ترتیب است: چاپ، لاک کوره‌ای، ورق آلومینیومی، چسباننده‌ها، لایه پلی پروپیلن، روان کننده‌ها. ضخامت لایه پلی پروپیلن $30\text{--}50\ \mu\text{m}$ و ضخامت لایه آلومینیومی حدود $90\text{--}120\ \mu\text{m}$ بود. اسید نیتریک ۶۵ درصد و آب اکسیژنه ۳۵ درصد از شرکت مرک تهیه شد.

سنجش فلز Al در نمونه‌ها به کمک دستگاه ICP-OES مدل ۷۳۰ VARIAN انجام گرفت. جهت آماده‌سازی دستگاه ICP برای آنالیز نمونه‌ها پس از انجام تنظیم دستگاه و اپتیمم کردن آن از رقیق‌سازی محلول استوک، ۵ محلول استاندارد کاری تهیه شد که حاوی غلظت‌های $10\text{--}1\ \text{ppm}$ از

فرایندهای لازم برای آنالیز بدون حضور نمونه در محلول انجام شد. غلظت AI در محلول نهایی به وسیله دستگاه ICP تعیین و غلظت‌ها بر حسب mg/kg یا ppm بیان شده است. در این پژوهش که نوعی مطالعه توصیفی مقطعی است تجزیه و تحلیل آماری با کمک نرم افزار SPSS23 و به کارگیری آزمون واریانس دو طرفه (Two way analysis of variance) با نظر گرفتن دو عامل زمان و نوع غذا انجام شد و معنی داری اختلاف میانگین‌ها در سه سطح بررسی شد.

یافته‌ها

در این مطالعه سه نوع ماده غذایی شامل قیمة، خوراک مرغ و جوجه کباب از نظر میزان نشت AI از بسته بندی به درون غذا در چهار فاصله زمانی مورد بررسی قرار گرفته است. در جدول ۱ میانگین و انحراف معیار غلظت آلومینیوم به تفکیک زمان و نوع ماده غذایی ارائه شده است.

جهت آزمون اهداف ارائه شده مبنی بر بررسی اثر زمان در افزایش میزان نشت AI از روش تحلیل واریانس دو طرفه استفاده شد که در این روش علاوه بر اثر زمان مقایسه میزان مهاجرت از بسته بندی نیمه منعطف آلومینیومی به درون سه نوع خوراک نیز انجام می‌شود و اثر متقابل زمان و نوع خوراکی مورد بررسی قرار گرفته است. جدول ۲ نتایج مربوط به جدول تحلیل واریانس دو طرفه فوق را ارائه کرده است. براساس نتایج بدست آمده، اثر متقابل زمان و نوع خوراکی معنی دار نیست $p=0/31$.

فلز AI بودند. سپس این غلظت‌ها به دستگاه داده شد و منحنی کالیبراسیون رسم گردید. ضریب همبستگی منحنی کالیبراسیون ۰/۹۹ به دست آمد. منحنی کالیبراسیون ۶ نقطه‌ای در محدوده‌ای از غلظت انتخاب شد که با غلظت‌های مورد انتظار برای نمونه‌های مورد بررسی همخوانی داشته باشد. LOD دستگاه ۰/۱ ppb و LOQ دستگاه ۰/۳۳ ppb به دست آمد.

هضم اسیدی نمونه‌ها به روش هضم مرطوب

روش‌های مختلفی برای هضم نمونه‌ها وجود دارد در این پژوهش از روش هضم مرطوب استفاده شد (۱۲). از آنجایی که پژوهش‌های جدید نشان داده که هضم اسیدی با استفاده از مخلوط اسید نیتریک و آب اکسیژنه نتیجه بهتری نسبت به استفاده از اسید نیتریک همراه با اسید سولفوریک یا اسید کلریدریک در انجام کامل هضم در طی مدت کوتاه هضم اسیدی دارد در این پژوهش از مخلوط اسید نیتریک و آب اکسیژنه ۱:۳ استفاده شد. غذاهای محتوی بسته‌ها هموژن شدند در ادامه هضم ۱ g از مخلوط هموژن بدست آمده به کمک ۱۶ mL مخلوط اسید نیتریک با آب اکسیژنه و نگهداری در شرایط حرارتی 130°C به مدت ۴ h بر روی هیتر انجام شد. پس از تبخیر نسبی محلول مجدداً مخلوط آب اکسیژنه/اسید نیتریک اضافه شد. پس از هضم کامل نمونه یک مایع شفاف به دست آمد. پس از خنک شدن ۵ mL آب مقطر دیونیزه به نمونه افزوده شد. مایع شفاف به دست آمده از کاغذ صافی واتمن گذرانده شد و در نهایت با آب دیونیزه به حجم ۱۰ mL رسانده شد. برای تهیه نمونه شاهد همه

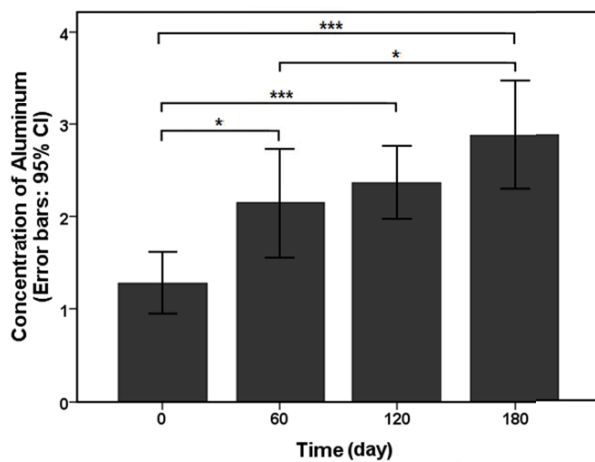
جدول ۱- میانگین و انحراف معیار میزان مهاجرت آلومینیوم (سه تکرار) به تفکیک زمان نمونه‌گیری و نوع ماده غذایی بر حسب mg/kg (میانگین \pm انحراف معیار)

زمان مواجهه (روز)	قیمه	خوراک مرغ	جوجه کباب	کل Al(mg/kg)
۰	۱/۰۵ \pm ۰/۲۴	۱/۷۷ \pm ۰/۴۰	۱/۰۴ \pm ۰/۱۶	۱/۲۹ \pm ۰/۴۴
۶۰	۱/۹۷ \pm ۰/۸۶	۲/۸۸ \pm ۰/۳۵	۱/۶۰ \pm ۰/۴۲	۲/۱۵ \pm ۰/۷۶
۱۲۰	۱/۹۷ \pm ۰/۴۳	۲/۸۶ \pm ۰/۰۶	۲/۲۹ \pm ۰/۵۳	۲/۳۷ \pm ۰/۵۲
۱۸۰	۲/۴۳ \pm ۰/۶۷	۲/۹۵ \pm ۰/۶۹	۳/۲۷ \pm ۰/۹۲	۲/۸۸ \pm ۰/۷۶
میانگین تمامی نمونه‌ها	۱/۸۵ \pm ۰/۷۳	۲/۶۱ \pm ۰/۶۳	۲/۰۵ \pm ۱/۰۰	۲/۱۷ \pm ۰/۸۴

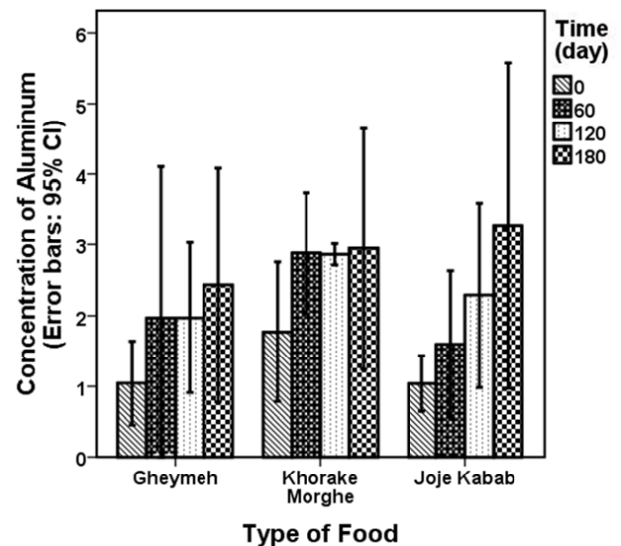
جدول ۲- تحلیل واریانس دوطرفه با اثرات زمان و نوع غذا بر روی غلظت آلومینیوم

فاکتور	مجموع مربعات خطا	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	p
عرض از مبدا	۱۶۹/۹۱	۱/۰۰	۱۶۹/۹۱	۵۸۱/۸۸	<۰/۰۰۱
زمان	۱۱/۹۹	۳/۰۰	۴/۰۰	۱۳/۶۹	<۰/۰۰۱
غذا	۳/۷۴	۲/۰۰	۱/۸۷	۶/۴۰	۰/۰۱
اثر متقابل زمان و غذا	۲/۲۴	۶/۰۰	۰/۳۷	۱/۲۸	۰/۳۱
خطا	۷/۰۱	۲۴/۰۰	۰/۲۹		
کل	۱۹۴/۸۹	۳۶/۰۰			

(Adjusted R Squared = ۰/۵۹۱) R Squared = ۰/۷۱۹



نمودار ۲- بررسی روند تغییر غلظت Al در کل غذاها در طی مدت شش ماه (۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ روز)



نمودار ۱- بررسی روند نشت Al به تفکیک نوع غذا و مدت نگهداری (۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ روز)

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد مدت نگهداری نقش بسزایی در تعیین میزان نشت Al به درون غذاها دارد براساس نتایج این مطالعه با افزایش مدت نگهداری غلظت این عنصر در غذاها نیز به طور معنی داری افزایش می یابد. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش Vela و همکاران همخوانی دارد که در طی آن مشخص شد افزایش مدت نگهداری سبب افزایش میزان

نمودار ۱ نتایج تحلیل واریانس دوطرفه زمان و نوع غذا را نشان می دهد در طول زمان های مورد بررسی، سه نوع خوراکی دارای روند تغییر غلظت آلومینیوم مشابهی با یکدیگر هستند. نتایج این آزمون نشان داد که اثر اصلی زمان بر میزان نشت Al معنی دار است $p < 0/001$. همچنین در نمودار ۲ روند تغییرات سطح Al در کل غذاها در چهار مقطع زمانی بررسی شده است در این نمودار نوع غذا نادیده گرفته شده است و اختلاف میانگین ها در سطح $0/001$ و $0/01$ مقایسه شده است.

بندی می‌شود. مهاجرت عبارت است از انتقال ترکیبات از سطح بسته بندی به واسطه واکنش‌های فیزیکی یا شیمیایی به محصول بسته بندی شده، لذا مهاجرت یک پدیده یک طرفه است و با فرایند جذب قویا قابل مقایسه بوده و وجوه اشتراک زیادی دارد (۱۵). نتایج مطالعه *Siyahmoshteh* و همکاران نشان داد که به‌طور کلی با افزایش مدت نگهداری میزان مهاجرت نیز افزایش می‌یابد. ترکیب پیچیده و وجود انواع مختلف مولکول‌ها در این سه نوع غذا می‌تواند سبب افزایش میزان مهاجرت *Al* در طی مدت نگهداری بشود. یکی از این ترکیبات چربی و روغن موجود در غذاها است. از آنجایی که پلی اولفین‌ها (پلی اتیلن و پلی پروپیلن) شدیداً لیپوفیلیک هستند لذا چربی می‌تواند این لایه را در خود حل کند و ماده غذایی در تماس مستقیم با لایه آلومینیومی قرار گیرد. از دیگر ترکیبات موثر در این فرایند ترکیبات عطر و طعمی هستند. خواص مکانیکی لایه درونی ظرف در اثر جذب ترکیبات عطر و طعمی تحت تاثیر واقع می‌شود و از مقاومت آن کاسته شده که دلیل اصلی آن نرم‌کنندگی این ترکیبات بر روی لایه پلاستیکی و ایجاد ساختار غیر یکنواخت در پلیمر است. اختلاف پتانسیل شیمیایی بوجود آمده نیروی محرکه برای پدیده مهاجرت خواهد بود (۱۶، ۱۷). نتایج مطالعه *Jayashree* و همکاران نیز اثر نگهداری بر افزایش میزان مهاجرت را نشان داد (۱۸). مطالعه *Joshi* و همکاران نیز نشان داد که با افزایش مدت نگهداری به علت فرایند خوردگی *Al* میزان مهاجرت *Al* به غذای درون بسته افزایش می‌یابد (۱۹). از این رو می‌توان گفت در صورتی که این بسته‌های غذایی مدت بیشتری نگهداری شوند محتوای *Al* در غذاها افزایش می‌یابد. مطالعه *Verissimo* و همکاران در مورد میزان مهاجرت *Al* در قوطی‌های نوشیدنی که از داخل با یک پوشش پلیمری محافظ که مقاوم به نوشیدنی‌های اسیدی است پوشانده شده بودند نشان داد که لایه پلیمری سد کاملی در برابر مهاجرت نبوده و افزایش محتوای آلومینیوم نوشیدنی مشاهده شد (۲۰). در طی زمان مواد موجود در ظرف بر خواص مکانیکی ظرف اثر گذاشته و سبب کاهش مقاومت آن می‌گردند. وقتی ماده

مهاجرت *Al* به درون غذا می‌شود. طبق نتایج تحقیق *Vela* میزان افزایش *Al* از روز ۰ تا ۱۵۰ قابل ملاحظه بود که نشان‌دهنده خوردگی قوطی‌ها توسط آب جو بود (۱۳). در این پژوهش ارتباط متقابل زمان و نوع غذا معنی‌دار نبود و تفاوت معنی‌داری بین غذاها از لحاظ روند مهاجرت *Al* مشاهده نشد. از آنجایی که این مطالعه بر روی سه نوع از محصولات یک شرکت تجاری صورت گرفت دستیابی به فرمولاسیون دقیق غذاها برای نویسندگان مقاله مقدور نبود. ساختار کمپلکس و پیچیده غذاها، انجام آزمایشات و همچنین آنالیز داده‌ها را با مشکل مواجه می‌کند از این رو اکثر تحقیقات انجام شده در این زمینه به جای غذا بر شبه غذاها انجام گرفته است که بسته به *pH* ماده غذایی و دیگر خصوصیات آن از چهار ماده آب برای غذاهای آبکی با *pH* بالاتر از ۴/۵، محلول اسید استیک برای غذاهای اسیدی *pH* پایین‌تر از ۴/۵، اتانول ۱۰ درصد برای محصولات الکلی و روغن زیتون برای غذاهای چرب مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۴). در پژوهشی که توسط *Siyahmoshteh* و همکاران صورت گرفت میزان مهاجرت ویژه *Al* از ظروف بسته بندی نیمه منعطف به درون خوراک مرغ ایرانی و شبه غذاها و مقایسه آنها با هم نشان داد که نوع ماده در تماس با ظرف تاثیر بسزایی در میزان مهاجرت دارد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی ندارد. نتایج مطالعه *Siyahmoshteh* و همکاران نشان داد که مهاجرت *Al* از ظرف بسته‌بندی مورد استفاده برای خوراک مرغ، به شبه غذای اسید استیک در طول دوره نگهداری بیشترین مقدار بود؛ علت عدم همخوانی می‌تواند تفاوت در نوع محیط‌های غذایی مورد بررسی باشد، که در مطالعه حاضر آزمایشات بر روی غذای کامل آماده مصرف و نه شبه غذا صورت گرفته است (۱۱).

به‌طور کلی فعل و انفعالات مواد بسته بندی را به سه دسته عمده می‌توان طبقه بندی کرد: نفوذ، جذب و مهاجرت. در هنگام جذب ترکیباتی نظیر طعم‌دهنده‌ها، چربی‌ها، اسیدهای آلی و پیگمان‌ها از داخل ماده غذایی وارد ساختار پلیمر می‌شوند که در نهایت منجر به کاهش شدت طعم ایجاد شده و یک پروفایل طعمی نامتعادل و آسیب دیدن ماده بسته

به مقدار معنی داری بشود. براساس میزان جذب قابل تحمل روزانه 1 mg/kg وزن بدن اعلام شده توسط سازمان بهداشت جهانی مواجهه با Al در اثر مصرف غذاهای آماده نگهداری شده به مدت شش ماه در بسته‌های نیمه منعطف آلومینیومی دوز پایینی از این عنصر را به رژیم غذایی افراد اضافه می‌کند.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه با عنوان "بررسی میزان مهاجرت Al از بسته بندی نیمه منعطف به درون تعدادی از غذاهای آماده در طی زمان نگهداری" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۳۹۶ و کد ۱۱۷/۲۹۰/ص/۹۵ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است. نویسندگان در پایان از کلیه عزیزانی که در انجام این پژوهش همکاری نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

1. Zatta P, Lucchini R, van Rensburg SJ, Taylor A. The role of metals in neurodegenerative processes: Aluminum, manganese, and zinc. *Journal of Brain Research Bulletin*. 2003;62(1):15-28.
2. Gura KM. Aluminum contamination in products used in parenteral nutrition: has anything changed? *Journal of Nutrition*. 2010;26(6):585-94.
3. Becaria A, Lahiri DK, Bondy SC, Chen D, Hamedeh A, Li H, et al. Aluminum and copper in drinking water enhance inflammatory or oxidative events specifically in the brain. *Journal of Neuroimmunology*. 2006; 62(1):15-28.
4. Soni MG, White SM, Flamm WG, Burdock GA. Safety evaluation of dietary Aluminum. *Journal of Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2001;33(1):66-79.
5. World Health Organization (WHO). Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants. Geneva: WHO; 1989.
6. Massey R, Taylor D. Aluminium in Food and the Environment. UK: Royal Society of Chemistry; 1989.
7. Pennarun P, Ngono Y, Dole P, Feigenbaum A. Functional barriers in PET recycled bottles. Part II. Diffu-

شامل نفوذکننده‌های آلی بسیار واکنشگر نظیر طعم‌دهنده‌ها، مواد عطر و طعمی و یا مولکول‌های حلال است فرایند نفوذ پیچیده‌تر از نفوذ گازهای ساده است و ضریب انتشار ممکن است بصورت تابعی از غلظت نفوذکننده و زمان تغییر کند (۱۵)، (۲۱). بنابراین هر چه تماس مواد و لایه مربوطه افزایش یابد میزان ممانعت لایه پلاستیکی کمتر شده و آلومینیوم بیشتری در تماس با ماده درون ظرف قرار می‌گیرد. مطالعه حاضر با توجه به محدودیت منابع مالی و زمانی، بررسی‌ها در یک دوره شش ماهه نگهداری بسته‌ها صورت گرفت در حالی که می‌توان در مدت طولانی‌تری بسته‌ها را پایش نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد نگهداری بسته‌های غذایی نیمه منعطف آلومینیومی می‌تواند منجر به افزایش محتوای Al غذا

- sion of pollutants during processing. *Journal of Applied Polymer Science*. 2004;92(5):2845-58.
8. Hotchkiss JH. Food and Packaging Interactions. USA: ACS Publications; 1988.
9. Hotchkiss JH. Food-packaging interactions influencing quality and safety. *Journal of Food Additives and Contaminants*. 1997;14(6-7):601-607.
10. Ranau R, Oehlenschläger J, Steinhart H. Aluminium content in edible parts of seafood. *Journal of European Food Research and Technology*. 2001;212(4):431-38.
11. Siyahmoshteh M, Nasirpour A, Keramat J. Study the migration of semi-rigid Aluminum base packaging to an Iranian stew (Khorak Morgh) after thermal processing and during storage. *Journal of Food Science and Technology*. 2016;50(13):95-101 (in Persian).
12. Altundag H, Tuzen M. Comparison of dry, wet and microwave digestion methods for the multi element determination in some dried fruit samples by ICP-OES. *Journal of Food and Chemical Toxicology*. 2011;49(11):2800-807.
13. Vela M, Toma R, Reiboldt W, Pierri A. Detection

- of Aluminum residue in fresh and stored canned beer. *Journal of Food Chemistry*. 2003;62(1):15-28.
14. FAO. Council Directive 85/572/EEC laying down the list of simulants to be used for testing migration of constituents of plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. Rome: Food and Agriculture Organization; 1985.
15. Ahvenainen R. *Novel Food Packaging Techniques*. Netherlands: Elsevier; 2003.
16. Arora D, Hansen A, Armagost M. Sorption of flavor compounds by low density polyethylene film. *Journal of Food Science*. 1991;56(5):1421-23.
17. van Willige RWG, Linssen JPH, Voragen AGJ. Influence of food matrix on absorption of flavour compounds by linear low-density polyethylene: proteins and carbohydrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2000;80(12): 1779-89.
18. Parkar J, Rakesh M. Leaching of elements from packaging material into canned foods marketed in India. *Journal of Food Control*. 2014;40(1):177-84.
19. Joshi S, Toma R, Medora N, O'Connor K. Detection of aluminium residue in sauces packaged in aluminium pouches. *Food Chemistry Journal*. 2003;83(3):383-86.
20. Veríssimo MI, Gomes MTS. Aluminium migration into beverages: Are dented cans safe? *Science of the Total Environment*. 2008;405(1-3):385-88.
21. Chang S-S. Migration of low molecular weight components from polymers: 1. Methodology and diffusion of straight-chain octadecane in polyolefins. *Journal of Polymer*. 1984;25(2):209-17.



Available online: <http://ijhe.tums.ac.ir>

Original Article



Aluminum migration from semi-rigid packaging into foods during storage

F Ahmadi¹, N Rastkari², P Sadighara¹, Gh Jahed Khaniki^{1,*}

1- Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Center for Air Pollution Research (CAPR), Institute for Environmental Research (IER), Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 23 August 2017
Revised: 16 October 2017
Accepted: 22 October 2017
Published: 12 December 2017

Key words: Aluminum, Leaching, Packaging

***Corresponding Author:**
ghjahedkh@yahoo.com

ABSTRACT

Background and Objective: Aluminum (Al) is a neurotoxic agent and this element is being associated with Alzheimer disease. The use of semi-rigid packaging has been increased in recent years. In these packages, the main layer is aluminum. The purpose of this study was to determine the Al concentration in foods packaged in semi-rigid packaging in during storage time.

Materials and Methods: Al concentration of the samples (Joje kabab, khorake morgh, khoresh gheymeh, n=36) was determined at different storage times (0, 60, 120, and 180 days after packaging). Aluminum was determined by ICP-OES after wet digestion method of the samples. A two-way analysis of variance was used to analyze the results with respect to time and food factors.

Results: The effect of storage time on Al concentration was significant $p < 0.001$. The samples that were stored longer had significantly higher aluminum concentrations. The highest concentration was determined in Joje kabab (3.27 ± 0.93 ppm) and lowest Al content was determined in khoresh gheymeh (1.04 ± 0.16 ppm). The results showed that Al concentration of the foods packaged in semi-rigid packaging increased significantly during storage.

Conclusion: Considering the present state of knowledge and the suggested provisional tolerable daily intake of 1 mg/kg body weight per day of according to World Health Organization, Al leaching from semi-rigid packages may add low doses of Al into the diet.