

مهاجرت ریزساختارهای آلومینیوم از بسته‌های چندلایه‌ی مقوایی به داخل آب پرتقال

مهران کریمی^{۱*}، حمیدرضا مهری ایرایی^۲، محمدرضا دهقانی^۳

تاریخ دریافت مقاله: اسفند ماه ۱۳۹۰

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۱

چکیده

در نتیجه مجموع میزان عدم قطعیت‌های محاسبه شده در روش مورد بررسی در حدود RSD^y تعیین شده است. آزمون‌های آماری انجام شده بر روی داده‌های به دست آمده، نشان داد که زمان ذخیره‌سازی بین ۱۲ ساعت تا یک سال، بر روی تغییر میزان غلظت آلومینیوم موجود در تمام ۳، ۶، ۹ و ۱۲ آب پرتقال مورد بررسی، تأثیری ندارد. از نظر آماری (تعداد) ماه ذخیره‌سازی بسته‌ها در دمای محیط، تفاوت چندانی بین غلظت آلومینیوم آب پرتقال، قبل از پر کردن آب پرتقال در بسته‌ها و ذخیره‌سازی نمونه‌ها طبق بازه زمانی تعیین شده وجود نداشت (۱).

واژه‌های کلیدی

آلومینیوم، آبمیوه، بسته‌های چندلایه‌ی مقوایی، طیف‌سنجی جرمی پلاسمایی و زمان ذخیره‌سازی.

میزان مهاجرت آلومینیوم از بسته‌های مقوایی چند لایه اسپتیک^۴ به داخل آب پرتقال از طریق کنترل میزان آلومینیوم موجود در آب پرتقال که (آبمیوه خاص، بدون مواد افزودنی) در چنین بسته‌هایی پر شده و نیز به مدت یک سال در دمای محیط (۲۳ °C) نگه‌داری شده‌اند، مطالعه گردید. روش تحلیلی شامل هضم و تجزیه آب پرتقال به کمک مایکروویو^۵ (MW)، با اسید نیتریک غلیظ می باشد که منجر به تعیین میزان غلظت آلومینیوم از طریق میدان القایی دو قطبی به همراه طیف‌سنجی جرمی پلاسمایی^۶ (ICP-SFMS)، انجام می‌شود. احتیاط‌های لازم جهت کاهش آلودگی‌های نمونه در طول آزمایش صورت گرفت و منجر به شناسایی روشی گردید که در آن میزان آلودگی‌های نمونه تا حد $5 \mu\text{g L}^{-1}$ محدود بوده است و میزان غلظت مواد دیگر نیز در غلظت نهایی مورد بررسی، برآورد شده‌اند، ۱۰٪ تعیین شده است.

۱- مقدمه

آلومینیوم سومین عنصر از نظر فراوانی در پوسته زمین می‌باشد و استفاده صنعتی از این ماده به میزان ده میلیون تن در سال می‌رسد. خطرات بهداشتی بالقوه در ارتباط با افزایش میزان جذب آلومینیوم در بدن انسان از عوامل مورد بحث در میان پزشکان می‌باشد، زیرا مسمومیت ناشی از حضور آلومینیوم در بدن انسان، سبب ایجاد ناتوانی در عملکرد کلیه می‌گردد که این مسئله یکی از مشکلات

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته صنایع خمیر و کاغذ، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (* نویسنده مسئول: mehran.gamgam@yahoo.com)
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته صنایع خمیر و کاغذ، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ۳- دانشیار، رشته صنایع خمیر و کاغذ، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

- 4- Aseptic
- 5- MW-assisted digestion(Mars 5, CEM, Matthews, NC, USA)
- 6- Double-focusingsector field inductively coupled plasma mass spectrometry: (ICP-SFMS)

7- Relative standard deviation



موجود در ارتباط با بیماری حاصل از حضور فلزات در بدن انسان می‌باشد(۲). به غیر از این شاید به‌خاطر خصوصیت وجودی آلومینیوم در مواد غذایی و سؤال‌هایی مبنی بر آلودگی آلومینیوم ناشی از مواد بسته‌بندی به وجود آمده در حال حاضر و حتی در آینده نیز شکل گیرد. می‌دانیم که مواد غذایی اسیدی همانند سیب، ریوواس چینی و سرکه سبب خوردگی ظرف پخت‌پز غذا می‌شوند که در نتیجه این رخداد، میزان آلومینیوم ماده غذایی در طی آماده‌سازی افزایش می‌یابد؛ اما در بسته‌های مقوایی چندلایه، فویل آلومینیومی به وسیله پوشش پلیمری، پوشش داده می‌شود و در واقع تماس مستقیم بین فرآورده‌ای که بسته را پر می‌کند و فویل آلومینیومی وجود ندارد. هدف از فویل در این نوع بسته‌ها، عمل کردن به عنوان حایل برای نفوذ نور و اکسیژن، عطر و بو به محصول مورد نظر می‌باشد. فویل آلومینیومی یک فلز جامد با فشار بخار ناچیزی است، بنابراین ایده‌ای که آلومینیوم خود شروع به مهاجرت می‌کند، نادرست است. به خوبی ثابت شده که اجزای متنوعی از آب پرتقال قادرند به درون پلیمر مهاجرت کنند. ادعا شده که اجزای موجود در آب پرتقال مانده مسئول کاهش قدرت چسبندگی پیوند بین فویل آلومینیوم و پلیمر در طی زمان نگه‌داری طولانی می‌باشد. اگر این کاهش قدرت چسبندگی، ناشی از واکنش شیمیایی بین محتویات آبمیوه و سطح فویل باشد و فرآورده‌های شکل گرفته‌ی حاصل از این واکنش، بتوانند به میان آبمیوه و پلیمر مهاجرت کنند، در نتیجه این عمل، میزان آلومینیوم موجود در آبمیوه با گذر زمان افزایش می‌یابد. حتی اگر محتویات آبمیوه در فضای بین پلیمر و فویل انتقال یابد احتمال دارد با سطح فویل واکنش نشان دهد و بازگشت دوباره این محتویات به داخل آبمیوه امکان‌پذیر نمی‌باشد، به این دلیل که فرآورده‌های واکنش جامد(محصولات ناشی از خوردگی فویل) و یا قطبی/افزودنی(نمک‌های محلول) می‌باشند و در چنین موادی نمی‌توانند به یک پلیمر ناقطبی مهاجرت کنند(۳).

به طور کلی، وجود آلومینیوم در مواد غذایی کم می‌باشد. در غذاهای آماده، مقادیر آلومینیوم به دلیل اضافه کردن مواد

افزودنی مجاز برای محافظت یا بهبود بافت غذا ممکن است قابل توجه باشد. برای تحقیق بر روی مهاجرت آلومینیوم از مواد بسته‌بندی به داخل تولیدات پرشدنی(آبمیوه)، انتخاب محصول پرشدنی که میزان آلومینیوم در آن کم باشد، اهمیت دارد. به همین دلیل انتخاب آب پرتقال به عنوان یک محصول تولیدی پرشدنی برای این تحقیق، مناسب می‌باشد(۴). شیر نیز دارای مقادیر کمی از آلومینیوم است؛ اما به خاطر کمترین واکنش نسبت به مواد بسته‌بندی برای این تحقیق مناسب نمی‌باشد.

نتایج تحقیق یک نروژی نشان داد که بعد از ۹۰ روز، در شرایط یخچال و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، هیچ انتقالی از اجزای آلومینیوم به آب پرتقال پر شده در بسته‌های چند لایه مقوایی ناتراوا که در ساختار خود دارای لایه‌ای آلومینیومی بودند، صورت نگرفت. از این‌رو نتایج نامعین تحلیلی زیادی که حاصل از این تحقیقات می‌باشد، می‌تواند به طور بالقوه نتیجه این پژوهش را تحت تأثیر قرار دهد(۵).

با انجام مطالعات اخیر، بررسی تعیین میزان مهاجرت آلومینیوم از بسته‌های مقوایی چندلایه به داخل آب پرتقال در زمان طولانی مدت برای ذخیره‌سازی در انبار(در حدود یک سال) و در شرایط دمای نگه‌داری (۲۳ °C)، چنین شرایطی برای مطالعه مناسب می‌باشد، زیرا تا زمانی که ما روی یک بسته و محصول اسپتیک تحقیق می‌کنیم و همین طور با توجه به شرایط حمل و نقل و پرکردن آن، محصول باید به گونه‌ای باشد تا بتواند، ماه‌ها بدون قرار گرفتن در یخچال از خود پایداری نشان دهد.

همچنین اگر هر گونه مهاجرتی از مواد بسته‌بندی به داخل آبمیوه صورت گیرد با گذشت زمان و افزایش دمای ذخیره‌سازی، میزان غلظت آلومینیوم در آب پرتقال افزایش می‌یابد. به‌علاوه ما روش دقیقی برای تعیین مقدار کل آلومینیوم در آبمیوه پرتقال را با (ICP-SFMS) توسعه دادیم به طوری که به وسیله آن، نتایج قاطع و قابل اطمینانی از تغییرات حرارتی و اثر آن در غلظت آلومینیوم نشان داده می‌شود.



۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- وسایل سنجش

ICP-SFMS استفاده شده با یک تغییردهنده نمونه^۱ ASX 500، مجهز شده است. به منظور جدا سازی سیگنال^۲ ^{27}Al از دیگر طیف‌های بالقوه موانعی که از ^{13}C ، ^{14}N ، ^{12}C ، ^{15}N نشأت می‌گیرند، شرایط تفکیک‌پذیری و وضوح^۳ متوسط (m/Δ) در حدود (۴۴۰۰) در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت. اندازه‌گیری میزان آلومینیوم تحت شرایط پلاسمای داغ^۴ انجام شده است.

برای تیمار مایکروویو (MW) از سامانه مایکروویو آزمایشگاهی که به ۱۲ خط لوله پرفلوئورآلکوکسی^۵ با غشاهای محافظ (حداکثر فشار عملیاتی 1380 kPa) که به منظور جلوگیری از ترکیدن آماده شده، استفاده می‌شود. همچنین به منظور تنظیم دمای نمونه‌ها، لوله‌ها نیز بر روی یک صفحه دوار قرار گرفته‌اند (۶).

۲-۲- استانداردها و نمونه‌ها

تمامی درجه‌بندی‌ها و محلول‌های استاندارد داخلی، با رقت $1-10\text{ gL}^{-1}$ نمونه محلول استاندارد تجاری آماده می‌شوند. استانداردهای تهیه شده برای بررسی محلول‌های استاندارد از تولیدکنندگان مختلف با بررسی غلظت نهایی عنصر (آلومینیوم) در برابر عوامل مختلف پیگیری می‌شوند. برای رقیق‌سازی آب پرتقال پخت شده، آماده‌سازی نمونه‌های سفید^۶ و محلول‌های استاندارد از آب مقطر که توسط

جوشیدن و تقطیر مکرر در تفلون^۷ استیل (تصفیه مضاعف شده است) استفاده می‌گردد.

اسید نیتریک‌های مورد استفاده (مرک^۸، دارمستاد^۹ آلمانی) برای آزمایش، به وسیله جوشیدن و تقطیر در استیل کوارتز^{۱۰}، تصفیه مضاعف شده و در بطری‌های تفلن نگاه‌داری می‌شوند.

معلوم است که در آبمیوه خالص، سلول‌های میوه و مواد افزودنی وجود ندارد؛ اما در مطالعه اخیر به دلیل استفاده از مواد افزودنی مانند مواد معدنی که می‌توانند میزان غلظت آلومینیوم را به صورت معنی‌داری بالا ببرند، (حداقل از نظر تئوریک)، اگر میانگین میزان محتویات آلومینیومی ناشی از مواد معدنی قبل از پُر کردن آب پرتقال در بسته‌ها بالا باشد، می‌تواند از تعیین صحت میزان آلومینیوم مهاجرت کرده از مواد بسته‌بندی به داخل آبمیوه جلوگیری به عمل آورد. در روش جدید و مورد استفاده در این تحقیق، پنج مارک مختلف از آب پرتقال موجود در فروشگاه‌های خرده‌فروشی سوئد خریداری شده است (۷).

۲-۳- مواد بسته‌بندی، پر کردن و نمونه‌برداری

بسته‌های مورد استفاده برای آب پرتقال معمولاً از بسته‌های مقوایی پنج‌لایه و اسپتیک با ظرفیت 1000 mL استفاده می‌شود و امکان پاره کردن^{۱۱} بسته نیز به راحتی وجود دارد. آب پرتقال‌ها از نوع خالص بوده که از کنستانتره تهیه شده و با یک ماشین پرکننده تجاری واقع در سوئد پر شدند.

ساختار لایه‌گذاری بسته در (شکل ۱) نشان داده شده است. این یک نوع ساختار رایج از مقوای پوشش‌دار شده است که در بسته‌بندی فرآورده‌های غذایی مایع به کار برده می‌شود (۸).

7- Teflon still (Saville Corp., Minnetonka, MN, USA)

8- Merck

9- Darmstadt

10- Quartz

11- Tear opening



1- ASX 500 sample changer (CETAC Technologies Inc., Omaha, USA)

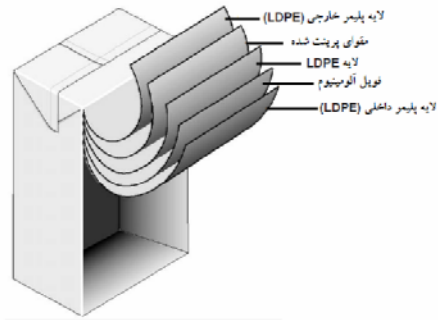
2- Signal

3- Resolution

4- Hot plasma

5- Perfluoroalcoxy

6- Blank



شکل ۱- نمونه‌ای از ساختار بسته مقوایی چندلایه

$0.09 \mu\text{g/L}$ ، آلومینیوم می‌باشد. مطالعات اخیر نشان داد که سلول‌های میوه پرتقال (گوشته)^۱ و آب پرتقال موجود در بسته‌های چندلایه حاوی مقادیر مختلف آلومینیوم می‌باشد. توزیع غیریکنواخت سلول‌های میوه بین بسته‌های مختلف و یا ریزنمونه‌های مورد بررسی برای آزمایش می‌تواند سبب غیریکنواختی در نتایج به دست آمده از مطالعه و نادرستی نتایج تحلیل شود. به منظور غلبه بر این مشکل و اطمینان از یکنواختی نمونه‌های مورد بررسی در داخل بسته‌ها، آب پرتقال با نسبت مصرفی زیاد (۵ mm) توسط مایکروویو پخته می‌شود. نسبت ۱/۱ نمونه به اسید، برای پخت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این پخت در 300 W و زمان حدود یک ساعت سبب گوارش و پخت کامل تفاله پرتقال می‌شود و همچنین عمل پخت نیز در یک دیگ با جداره شفاف صورت می‌پذیرد. دست کم سه تکرار پخت، برای هر بسته آبمیوه انجام می‌گیرد. قبل از بررسی و آنالیز^۲، نمونه‌های پخت شده تا ده برابر، توسط آب مقطر رقیق می‌شوند که در نتیجه آن عامل نهایی رقیق‌سازی باید به عدد ۲۰ رسیده تا محلول حاصله تبدیل به محلول استاندارد داخلی $25 \mu\text{g/L}$ شود (۱۰).

۲-۵- کنترل آلودگی

برای تعیین میزان آلومینیوم موجود در آبمیوه در دامنه $\mu\text{g/L}$ ، می‌بایست مراقبت‌های شدید در جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها صورت گیرد و تجزیه و تحلیل نهایی با اطمینان از اینکه نمونه‌های مورد آزمایش از آلودگی‌های خارجی پاک می‌باشند، انجام شود. در مطالعه اخیر، اقدامات انجام شده جهت کاهش آلودگی نمونه‌ها شامل موارد زیر می‌باشند:

- الف - قبل از باز کردن بسته‌ها و فلاسک‌های^۳ آب پرتقال می‌بایست توسط آب مقطر و کاغذ تیشوی^۴ نرم از گرد و غبار پاک گردند؛

ده نمونه از آبمیوه (قبل از اینکه آبمیوه توسط نازل‌ها از تانک ذخیره به ماشین پرکننده بسته‌ها برسد)، گرفته می‌شود. نمونه‌ها به صورت مستقیم در داخل یازده بطری پلاستیکی ریخته می‌شوند. نمونه‌های باقی‌مانده، آبمیوه‌هایی بودند که مستقیماً در بسته‌های مقوایی پُر شده و در نهایت بارگیری شده‌اند. این بسته‌ها در یک شرایط حمل و نقل ایده‌آل به داخل مکانی با شرایط دمایی پایدار، (جایی که برای نگهداری آنها مد نظر بود)، انتقال یافتند. فاصله طی شده برای این انتقال تقریباً / حدوداً 100 کیلومتر بود. صبح بعد از پر کردن نمونه‌ها، 10 بسته پر شده از میان بسته‌های موجود در انبار گرفته می‌شود و قبل از اینکه این نمونه‌ها برای بررسی به آزمایشگاه بروند، در داخل بطری‌های پلاستیکی (یک بطری برای هر بسته) خالی می‌شوند. زمان ذخیره‌سازی این نمونه‌ها دوازده ساعت می‌باشد. نمونه‌های باقی‌مانده در دمای $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ذخیره‌سازی و انبار می‌شوند (رطوبت نسبی 50%). بعد از سه ماه، مانند روش اعمال شده برای نمونه‌های نگهداری شده به مدت دوازده ساعت، ده بسته را انتخاب نموده و پس از باز کردن آن، محتویات بسته‌ها را به داخل بطری‌های پلاستیکی منتقل می‌کنند. روش مشابه به صورت پی‌درپی برای زمان‌های ۶، ۹ و ۱۲ ماه نیز انجام خواهد شد (۹).

۲-۴- روش پخت

ما می‌دانیم که قسمت‌های مختلف میوه دارای مقادیر مختلف آلومینیوم می‌باشد. یک نمونه از این موارد، سیب است که پوست آن دارای $4/2 \mu\text{g/L}$ و گوشت آن دارای

- 1- Pulp
- 2- Analyse
- 3- Flask
- 4- Tissue



ب - تمامی نمونه‌ها در داخل یک محفظه چندلا قرار گرفته و این محفظه چندلا به داخل یک اتاق تمیز منتقل می‌شود (۱۱).

ج- تمامی بطری‌های پلاستیکی (پلی اتیلنی) مورد استفاده برای جمع‌آوری و انتقال نمونه‌ها، ابتدا باید تمیز شوند. تمیزسازی به ترتیب توسط یک ماده گندزدای آزمایشگاهی شروع شده و توسط همزدن HCl/HNO₃ (۱/۱، V/V) داغ و با آب مقطر شستشو می‌شود. بعد از آن، دو بطری که از دو مرحله پاک‌سازی گذشته‌اند، توسط HNO₃ ۰/۱۴m در آب مقطر آزمایش می‌شوند. بطری‌هایی از نظر تمیزی مورد قبول می‌باشند که میزان محتویات آلومینیومی موجود در آن بعد از ۲۴ ساعت پاک‌سازی، زیر ۰/۴ μg L⁻¹ باشد؛

د- خطوط نازل‌های ریزموج، به وسیله کاغذهای بهداشتی آغشته به اتانول تمیز شده و سپس با آب مقطر شستشو داده می‌شوند. مایکروویو توسط HNO₃ 7m تحت ۶۰۰ W برای مدت یک ساعت تمیز می‌شود؛

ه - تعیین ناخالصی اسید نیتریک و آب مقطر مورد استفاده به وسیله ICP-SFMS، انجام می‌شود.

و - تمامی پیپت‌های^۱ مورد استفاده برای آب‌پرتقال، اسید، آب مقطر و محلول‌های استاندارد مورد استفاده در آزمایش، به ترتیب به وسیله HNO₃ و آب مقطر شستشو داده می‌شوند (۱۳).

ز - لوله‌های نمونه‌برداری خودکار (۱۲ mL)، به ترتیب به وسیله مواد گندزدا، HCL داغ، HNO₃ داغ و خیساندن در اسید نیتریک ۱۰٪ در در بیشتر اوقات کاری تمیز شده و بلافاصله قبل از مصرف، به وسیله آب مقطر شستشو داده می‌شوند.

۶-۲- تحلیل

با استفاده از درجه‌بندی خارجی و تصحیح استاندارد داخلی برای تغییرات ممکن در واکنش‌های احتمالی، نمونه

آبمیوه‌های پخت شده به وسیله ICP-SFMS مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هر تحلیل شامل نمونه شاهد ترکیبی (اسید نیتریک ۰/۷m) که حداقل دو سری از استانداردهای درجه‌بندی (که آماده‌سازی نمونه‌های شاهد و آبمیوه را دربر می‌گرفت)، بود.

تمامی نتایج برای نمونه آبمیوه، شامل کاهش متوسط غلظت آلومینیوم موجود در نمونه سفید آماده‌سازی شده از نمونه سفید اولیه می‌باشد (۱۴).

۳- دستاورد

حد مجاز (۵ μg L⁻¹) روش اعمال شده برای نمونه‌های پخت شده (n = ۱۲)، در سه بازه زمانی برای انحراف معیار استاندارد محاسبه شده است که این میزان معادل با غلظت مواد ناخواسته موجود در آب‌پرتقال می‌باشد. به‌رغم آماده‌سازی نمونه‌ها به وسیله پخت در مایکروویو (MW)، استفاده از ظروف درب‌بندی به‌طور معنی‌داری، خطر آلودگی نمونه را به وسیله محیط اطراف در مقایسه با پخت در صفحه‌های داغ کاهش^۲ می‌دهد. میزان آلومینیوم در آب‌پرتقال تولید شده، ۵۰ μg L⁻¹ برآورد شده است. در پنج مرحله از تکرار آب‌پرتقال موجود در بسته‌های یکسان آماده‌سازی و تحلیل شده، میزان دقت حدود ۵/۱٪ RSD (انحراف معیار استاندارد) می‌باشد. در ده مرحله از تکرار آب‌پرتقال موجود در ۱۰ بسته متفاوت آماده‌سازی و تحلیل شده، میزان دقت ۹/۷٪ RSD می‌باشد. پس واضح است تلاشی که برای یکنواخت‌سازی محتویات بسته‌هایی که با مارک‌های متفاوت تولید می‌شوند با بسته‌هایی که دارای مارک و حجم یکسان بوده و از یک روش برای برچسب‌زنی بر روی بسته بهره می‌برند، انجام نشده است (۱۵).

مطمئن‌ترین راه برای ارزیابی دقیق، یک روش تحلیلی، مستلزم تحلیل مواد اولیه تضمین شده‌ای است که ترکیبات شیمیایی و غلظت آنها کنترل شده باشد تا شرایط آزمایش

2- Hot plate



1- Pipette

۵۰

شده، کنسانتره شده، دارای گوشته یا بدون گوشته و غنی شده از ویتامین و یا ... می‌باشد) که البته پاسخ این سؤالات به‌طور واضحی بیان نشده‌اند. برای تعیین عناصر موجود در آبمیوه، روش‌های تجزیه و تحلیل، روش‌های تولید و آماده‌سازی نمونه در طی سال‌های اخیر تغییر کرده است. از این رو، بسیار مهم است که تاریخ اطلاعات منتشر شده از تحقیق‌های قبلی و روش‌های مورد استفاده آن‌ها(وقتی که در مقام مقایسه با دیگر اطلاعات منتشر شده قرار می‌گیرند)، مورد توجه باشد. اطلاعات موجود از رفرنس‌های^۴ قدیمی باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرند. اکلونند و برنی^۵ (۱۹۹۸) میزان سطح آلومینیوم نفوذی از لایه آلومینیومی در بسته‌های مقوایی نازک را $90 \mu\text{gL}^{-1}$ گزارش دادند. در صورتی که در مورد جزئیات نوع آب‌پرتقال تهیه شده اطلاعاتی را بیان نمودند. روش تجزیه و تحلیل توسط جریان تزریقی^۶ و پنینگتن ایتاس^۷، انجام شده است. روش مشابه در مطالعه‌ای دیگر توسط لوپز^۸ و همکاران (۲۰۰۲) انجام گرفته است (۱۷). آن‌ها یافتند که میزان غلظت آلومینیوم آب‌پرتقال موجود در بسته‌های پنج‌لایه موجود در بازارهای اسپانیا در حدود $69.5-713.5 \mu\text{gL}^{-1}$ می‌باشد. آردا^۹ و همکاران (۱۹۹۳) میزان غلظت آلومینیوم را در حدود $171-225 \mu\text{gL}^{-1}$ گزارش نموده‌اند که در این مطالعه به مقایسه نتایج آنالیز توسط جریان تزریقی و ایتاس پرداخته شده است. پنینگتن (۱۹۸۷) در یک مقاله گزارش داده است که میزان غلظت آلومینیوم در آب‌پرتقال تازه در حدود $1300 \mu\text{gL}^{-1}$ می‌باشد و به نظر می‌رسد که این مقدار زیاد است. مطالعات اولیه در ارتباط با تعیین غلظت موادی مانند آلومینیوم از سال ۱۹۴۹ آغاز شده و آنالیز مورد استفاده توسط روش کالورومتريک^{۱۰} و

را برای نمونه‌های تحت تحقیق فراهم سازد. با توجه به دانش و تجربه، هیچ مرجع موادی از آب‌پرتقال‌های تجاری با مقادیر تضمین شده‌ای از آلومینیوم وجود ندارد.

با وجود اینکه قسمت اعظم سازنده میوه پرتقال در ماتریکس^۱ آب‌پرتقال در طی پخت با مایکروویو (MW) متلاشی می‌شود؛ اما آنالیز چند ماده‌ای بر روی آب‌پرتقال نشان می‌دهد که میزان غلظت شش ماده اعظم غیرآلی (K, Cl, P, Ca, Mg and S)، در پنج مارک مختلف در حدود $3 \mu\text{gL}^{-1}$ می‌باشد. به دلیل حساس بودن ترکیبات ماتریکس به تغییرات، بعد از ۲۰ بار رقیق کردن، این ماتریکس می‌تواند به صورت بالقوه بر درستی میزان تعیین آلومینیوم توسط ICP-SFMS، تأثیر بگذارد. بنابراین آزمون بازیابی اسپایک^۲ با کسرهای مختلف آب‌پرتقال، قبل از پخت توسط ریزموج (MW)، انجام می‌شود. برای مثال، آزمون اسپایک به وسیله رقیق‌سازی در سه سطح غلظت ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکروگرم بر لیتر انجام می‌شود. میانگین بازیابی آلومینیوم به وسیله آزمون اسپایک از ماتریکس تشکیل شده حدود ۹۸/۱٪ می‌باشد. در نتیجه، درجه‌بندی توسط محلول‌های استاندارد می‌تواند برای تعیین میزان آلومینیوم به کار رود. باید تأکید داشت هدف این تحقیق که تعیین میزان مهاجرت آلومینیوم از بسته‌های مقوایی به داخل آب‌پرتقال می‌باشد، از اهمیتی برابر با عوامل مؤثر دیگر بر نتایج نهایی مورد انتظار برای استاندارد بودن آبمیوه مورد بررسی، برخوردار می‌باشد (۱۶).

۳-۱- غلظت آلومینیوم در آبمیوه‌های تجاری

به طور کلی، گزارش‌های فراوانی از حضور آلومینیوم در آبمیوه وجود دارد؛ اما در خیلی از گزارش‌ها به وضوح ذکر نشده است که میوه/میوه له‌شده^۳ برای تولید آبمیوه از چه نوعی بوده است (پرتقال، آناناس و ...). برای آب‌پرتقال نیز این عمل به ندرت انجام شده است، چون همواره، نوع آبمیوه مصرفی به عنوان سؤال مطرح بوده (که میوه تازه له

- 4- Electrothermal atomic absorption spectrometry
- 5- Ekelund and brenne
- 6- Flow injection
- 7- Pennington Etaas
- 8- Lopez
- 9- Arruda
- 10- Colorimetric

- 1- Matrix
- 2- Spike
- 3- Berry



اسپکتروفوتومتریک^۱، انجام می‌گرفت. میزان غلظت آلومینیوم گزارش شده با روش‌های مشابه این روش برای آب پرتقال می‌تواند در حدود $4300 \mu\text{gL}^{-1}$ باشد که به صورت مشکوکی زیاد خواهد بود. بیشتر تحقیقات اخیر (۱۹۸۷-۱۹۷۰) گزارش شده توسط پنینگتن، نشان می‌دهد که تقریباً مقدار غلظت تمامی کارهای انجام شده زیر حد مجاز برای روش بازرسی و کنترل می‌باشد. فقط یک استثناء میزان $60 \mu\text{gL}^{-1}$ است که توسط آنالیز انجام شده با ICP-SFMS، اندازه‌گیری شده است. دلس^۲ و همکاران (۱۹۹۸) نتایج کارشان بر روی آب میوه میوه‌دار را به طور خلاصه گزارش نمودند و بیان کردند که میزان محتویات آلومینیوم موجود در آن در حدود $1029-116 \mu\text{gL}^{-1}$ می‌باشد. در این نوع تحقیق گزارش نشده که چه نوع میوه‌ای در آماده‌سازی آبمیوه استفاده شده است؛ اما می‌توان فرض نمود که آبمیوه حاوی پرتقال می‌باشد. نویسندگان اظهار داشتند که هیچ شواهدی وجود ندارد که نشان دهد مقادیر بالای آلومینیوم در آبمیوه نشأت گرفته از مقوای لمینیت شده با آلومینیوم در بسته‌بندی آنهاست (۱۸).

این بررسی به وسیله روش ایتاس، انجام شده است. اساس کار در تحقیقات ذکر شده در بالا این است که میزان محتویات آلومینیوم آب پرتقال می‌تواند در محدوده ده‌ها تا صدها μgL^{-1} باشد که این میزان برای تعیین محدوده مناسب استاندارد مبهم می‌باشد. غلظت آلومینیوم موجود برای پنج مارک از آب پرتقال تجاری موجود در بازار سوئد طبق آنالیز و مطالعه انجام شده اخیر، حدود $151-46 \mu\text{gL}^{-1}$ و به طور میانگین در حدود $101 \mu\text{gL}^{-1}$ می‌باشد. بسیار جالب است که بدانیم همه آبمیوه‌های ارزیابی شده دارای مقادیر آلومینیومی زیر محدوده حداکثری این مقدار آلومینیوم در آب آشامیدنی بودند ($200 \mu\text{gL}^{-1}$)، پیشنهاد شده از سازمان جهانی سلامت WHO^۳ (۱۹۹۸).

۳-۲- غلظت آلومینیوم در آب پرتقال به عنوان تابعی از زمان ذخیره‌سازی در انبار

برای آزمون ذخیره‌سازی در انبار، ۱۰ بسته از هر زمان ذخیره‌سازی گرفته و ۳ نمونه از هر بسته برای آنالیز آماده می‌شوند، در مجموع ۳۰ نمونه به صورت جداگانه برای آنالیز و بررسی به دست می‌آید. آمار توصیفی از اطلاعات موجود نشانگر مقادیر آلومینیوم موجود در آبمیوه پرتقال نمونه‌گیری شده از نازل بعد از مخزن ذخیره‌سازی و همین طور قبل از پُرکردن بسته‌ها است که آن را در کنار بسته‌های پر شده و ذخیره شده در زمان‌های مختلف (جدول ۱) نشان می‌دهد.

برای محاسبه مجموع عدم قطعیت‌های موجود، هر دو، RSD (تعیین صحت پراکندگی، احتمال یکنواختی نمونه‌ها در داخل و بین بسته‌ها، عدم قطعیت مربوط به آماده‌سازی و انحلال نمونه و ...) و عدم قطعیت مربوط به آماده‌سازی محلول استاندارد، برای مقایسه داده‌های به دست آمده از آنالیزهای مختلف لازم می‌باشد. مجموع عدم قطعیت، از RSD ۱۰٪ برای تنظیم داده‌ها و از RSD ۷٪، برای درستی آزمایش مناسب‌تر است (۱۹).

آزمون‌های آماری مختلفی بر روی این داده‌ها انجام شده است. آزمون بارلت^۴ نشان می‌دهد که تمامی داده‌های مربوط به یک جامعه آماری یکسان می‌باشند. آزمون^۵، نشان می‌دهد که تفاوت چندانی بین غلظت متوسط آلومینیوم در آبمیوه قبل و بعد از پر کردن و پس از ذخیره‌سازی در زمان‌های مختلف در انبار تا سطح اطمینان ۹۹/۹٪ وجود ندارد. سرانجام برگشت (رگرسیون^۶) خطی بین غلظت آلومینیوم و میزان ذخیره‌سازی در انبار نشان داد که شیب نمودار $0.17 \text{ mgL}^{-1} \text{ month}^{-1}$ با عدم قطعیت $0.35 \text{ mgL}^{-1} \text{ month}^{-1}$ بوده و ضریب همبستگی $R^2 = 0.19$ می‌باشد (شکل ۲).

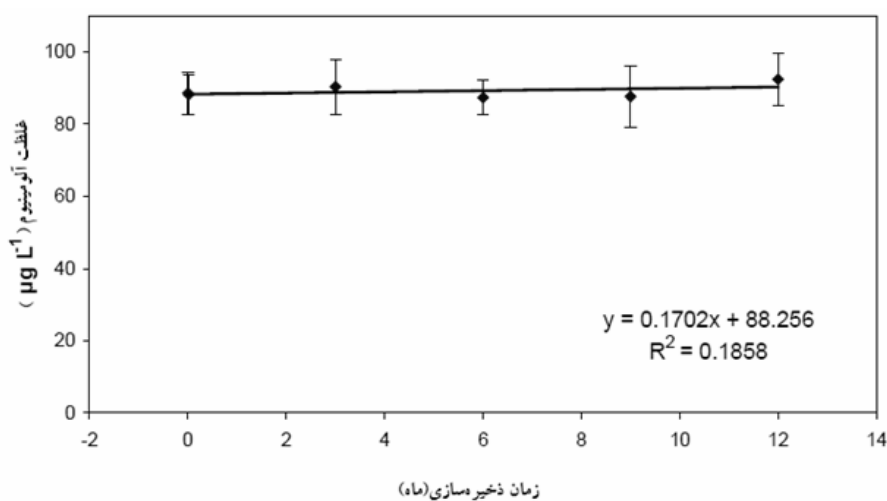
4- Bartlett test
5- Student's t-test
6- Regression



1- Spectrophotometric
2- Delves
3- World Health Organization

جدول ۱- خلاصه‌ای از نتایج حاصل از آزمون ذخیره‌سازی آب پرتقال در بسته‌های چندلایه آلومینیوم‌دار

مجموع زمانها (تعداد نمونه (۱۸۰=	بعد از ۱۲ ماه (تعداد نمونه (۳۰=	بعد از ۹ ماه (تعداد نمونه (۳۰=	بعد از ۶ ماه (تعداد نمونه (۳۰=	بعد از ۳ ماه (تعداد نمونه (۳۰=	زمان نمونه‌برداری		محافظة ذخیره‌سازی آلومینیوم
					قبل از پرکردن (تعداد نمونه (۳۰=	بعد از ۱۲ ساعت (تعداد نمونه (۳۰=	
۸۹/۱	۹۲/۴	۸۷/۷	۸۷/۴	۹۰/۴	۸۸/۲	۸۸/۶	میانگین (MEAN) (mgL^{-1})
۸۸/۴	۹۱/۵	۸۸/۲	۸۶/۷	۸۹/۴	۸۸/۸	۸۷/۸	میانگین (MEDIAN) (mgL^{-1})
۷۵/۹	۸۴/۲	۷۵/۹	۸۲/۶	۸۱/۰	۸۱/۱	۸۲/۷	حداقل (mgL^{-1})
۱۰/۶	۱۰/۶	۱۰/۳	۹۳/۹	۱۰/۶	۹۶/۲	۹۷/۷	حداکثر (mgL^{-1})
۰/۴	۱/۱	۱/۳	۰/۶	۱/۱	۰/۷	۰/۸	انحراف از استاندارد (mgL^{-1})
۵/۵	۵/۸	۶/۹	۴/۴	۱/۶	۴/۰	۴/۴	انحراف معیار (mgL^{-1})
۶/۲	۸/۰	۹/۶	۵/۷	۸/۵	۶/۲	۶/۷	مجموع عدم قطعیت (%)



شکل ۲- غلظت آلومینیوم موجود در آب پرتقال به ازای تابعی از زمان نگهداری

۴- نتیجه گیری

توسعه روش‌های بر پایه پخت با مایکروویو (MW) و به دنبال آن آنالیز به وسیله ICP-SFMS، اجازه تعیین دقیق میزان آلومینیوم در آب پرتقال را می‌دهد. غلظت آلومینیوم موجود در آب پرتقال‌های تجاری قابل دسترس در بازار

حدود اطمینان برای شیب نمودار صفر می‌باشد و تغییر چندانی در غلظت آلومینیوم در طی دوره ذخیره‌سازی وجود ندارد. تمامی آزمون‌ها نشان می‌دهند که میزان غلظت آلومینیوم در آب پرتقال با توجه به زمان ذخیره‌سازی متفاوت، تقریباً یکسان می‌باشد. بنابراین مهاجرت آلومینیوم از مواد بسته‌بندی به داخل آبمیوه وجود ندارد (۲۰).

9. Llopez, F.F., Cabrera, C., Lorenzo, M.L., Llopez, M.C., "Aluminium content of drinkingwaters, fruit juices and soft drinks; contribution to dietary intake". *The Science of the Total Environment* 292, 205–213. 2002.

10. Mattsson, P., "Aluminium frian kokk.arl. Vaar F.oda 33, 231–236. 1981.

11. Pennington, J.A.T., "Aluminium content in food and diets". *Food Additives and Contaminants* 5, 161–232. 1987.

12. Pieper, G., Petersen, K., "Free fatty acids from orange juice absorption into laminated cartons and their effects on adhesion". *Journal of Food Science* 60 (5), 1088–1091. 1995.

13. Pieper, G., Borgudd, L., Ackermann, P., Fellers, P., "Absorption of aroma volatiles of orange juice into laminated carton packages did not affect sensory quality". *Journal of Food Science* 57 (6), 1408–1411. 1992.

14. "Recommendations World Health Organization, Guidelines for drinking-water quality". 2nd Edition, Addendum. 1998.

15. To Vol. 1, 3–4, pp. 122–130. Retrieved Nov 15, from the webpage: http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ. 2002

16. Rodushkin, I., O. dman, F., Appelblad, P.K., "Multielement determination and lead isotope ratio measurement in alcoholic beverages by high-resolution ICP-MS". *Journal of Food Composition and Analysis* 12, 243–257. 1999a.

17. Rodushkin, I., Ruth, T., Huhtasaari, A., "Comparison of two digestion methods for elemental determinations in plant material by ICP techniques". *Analytica Chimica Acta* 378, 191–200. 1999b.

18. Savory, J., Bertholf, S., Brown, S., Wills, M.R., "Aluminium". In: Herber, R.F.M., Stoeppler, M. (Eds.), *Trace*. 1994.

سوئد، توسط این روش نو، در مقایسه با روش‌های پیشین، به خوبی تعیین شده‌اند.

نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن مجموع عدم قطعیت‌ها (<10% RSD)، غلظت آلومینیوم در طول دوره ذخیره‌سازی در بسته‌های مقوایی چندلایه با فویل آلومینیومی، تحت دمای ۲۳ °C در ۱۲ ماه ذخیره‌سازی در انبار، تغییر نمی‌کند. بنابراین می‌توان گفت که طبق گفته دلوس، گواهی دال بر مهاجرت آلومینیوم از مواد بسته‌بندی به داخل آبمیوه وجود ندارد.

۵- منابع

1. Arruda, M.A.Z., Gallego, M., Valcarcel, M., "Determination of aluminium in slurry and liquid phase of juices by flow injection analysis graphite furnace atomic absorption spectrometry". *Analytical Chemistry* 65, 3331–3335. 1993.
2. Blom, G., "Matematisk Statistik F. or Kemister". Almqvist & Wiksells AB, Stockholm. 1971.
3. Delves, H.T., Suchak, B., Fellows, C.S., "The determination of aluminium in food and biological materials". In: Massey, R., Taylor, D. (Eds.), "Aluminium in Food and the Environment". Royal Society of Chemistry, London. Special Publication No. 73, pp. 52–67. 1988.
4. Ekelund, T., Brenne, E., "Aluminiumbelagt kartongemballasje: undersokelse av aluminiummigrasjon til". 1989.
5. "Mejeriprodukter". *Meieriposten* 14/15, 396–398.
6. Greger, J.L., Goetz, W., Sullivan, D., "Aluminum levels in foods cooked and stored in aluminum pans, trays and foil". *Journal of Food Protection* 48, 772–777. 1985.
7. Liukkonen-Lilja, H., Piepponen, S., "Leaching of aluminium from aluminium dishes and packages". *Food*. 1992.
8. "Additives and Contaminants". 9 (3), 213–223.



19. "Element Analysis in Biological Specimens". Elsevier, Amsterdam, pp. 273-320.

20. Willige, R.W.G., van Linsen, J.P.H., Legger-Huysman, A., Voragen, A.G.J., "Influence of flavour absorption by food-packaging materials (low-density polyethylene, polycarbonate and polyethylene terephthalate) on taste perception of a model solution and orange juice". Food Additives and Contaminants 20 (1), 84-91. 2003.

آدرس نویسنده

تهران- میدان صنعت - خیابان هرمان - خیابان پیروزان
جنوبی- نبش کوجه اسرا - مرکز مطالعات و
پژوهش های لجستیکی - کمیته استاندارد .