مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران
سال دوازدهم، شماره 1، بهار 1396، صفحات 78-69

اثر دما و زمان نگهداری و ویژگی لاک قوطی بسته‌بندی بر مهاجرت آلومینیوم به درون آبجوی بدون الکل و ویژگی‌های حسی آن

اُمامه دانش[1]، سارا سهراب وندی[2]، مهدی فرهودی[2]، مهرداد محمدی[2]

1- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، کمیته تحقیقات دانشجویان، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
2- نویسنده مسئول: دانشیار گروه تحقیقات علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: sohrabv@ut.ac.ir
3- نویسنده مسئول: استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: farhoodi@ut.ac.ir
4- استادیار گروه تحقیقات علوم و صنایع غذایی، انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور، دانشکده علوم تغذیه و صنایع غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 94/12/17 تاریخ پذیرش: 95/4/6

چکیده

سابقه و هدف: باتوجه به مضرات آلومینیوم و افزایش چشمگیر مصرف آبجوی بدون الکل بسته‌بندی شده در قوطی‌های آلومینیومی، لزوم جمع‌آوری و انتشار اطلاعات در مورد مقایسه کارایی پوشش‌های قوطی و میزان مهاجرت آلومینیوم از بسته‌بندی طی دوره نگهداری احساس می‌شود. هدف از این مطالعه بررسی اثر دما و زمان نگهداری و ویژگی لاک قوطی بسته‌بندی بر مهاجرت آلومینیوم به درون آبجوی بدون الکل و ویژگی‌های حسی آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: از دو نوع قوطی (داخلی و وارداتی) پرشده از آبجو در یک روز تولید، به‌طور تصادفی نمونه‌گیری شد. نمونه‌ها در3 دما گرمخانه‌گذاری شد و تا تاریخ انقضای فرآورده (یک‌سال) به‌منظور بررسی آلومینیوم و ارزیابی حسی استفاده شد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های لاک، از روش‌های شیمیایی و دستگاهی استفاده شد. بررسی میزان آلومینیوم با استفاده از دستگاه ICP_OES و ارزیابی حسی توسط 9 ارزیاب آموزش‌دیده انجام پذیرفت.

یافته‌ها: آزمایش پوشش‌ها نشان داد که پوشش قوطی وارداتی از ضخامت و وزن بیشتر و خلل و فرج کم‌تری در مقایسه با قوطی داخلی برخوردار هستند، ترکیبات و درصد عناصر تشکیل‌دهنده ورق آلومینیوم و عناصر تشکیل‌دهنده لاک مشابه بودند درحالی که ترکیب پوشش وارداتی پلی‌اتیلن ترفتالات و پوشش داخلی اپوکسی فنل بود. دما و زمان در قوطی‌های وارداتی اثر معنی‌داری روی مهاجرت آلومینیوم نداشته است اما در قوطی داخلی اثر معنی‌داری داشتند. در خصوص ویژگی‌های حسی، در نمونه حاوی طعم‌دهنده، طعم فلزی آلومینیوم کمتر احساس شد. آبجوهای طعم‌دار در زمان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ندارند اما آبجوهای بدون طعم دارای اثر معنی‌دار هستند.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که نوع پوشش لاک روی اثر دما و زمان بر مهاجرت آلومینیوم می‌تواند اثرگذار باشد. هرچند میزان آلومینیوم در هر دو نوع قوطی در محدوده خطر برای سلامتی نبود. در خصوص ویژگی حسی نیز انواع طعم‌دار اثر پوشانندگی دارد.

واژگان کلیدی: آبجو بدون الکل، پوشش قوطی، مهاجرت، ویژگی حسی

• مقدمه

آبجو، نوشیدنی تخمیری بر پایه‌ی مالت بوده و یکی از نوشیدنی‌های محبوب جهانی به‌شمار می‌آید (1). در سال‌های اخیر تولید و توزیع آبجوهای کم‌الکل و بدون الکل در بازار افزایش چشمگیری داشته است. افزایش تقاضای آبجو با درصد اتانول پایین و بدون اتانول ممکن است به دلایل مختلفی همچون اهمیت سلامتی‌بخشی، قوانین اجتماعی سختگیرانه و مسائل امنیتی در محیط کار و جاده‌ها باشد، هم‌چنین مصرف الکل در کشورهای اسلامی به دلیل مسائل شرعی مردود

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

دانسته شده است (2). امروزه آبجو در بسته‌بندی‌های مختلف شامل شیشه، پلی‌اتیلن ترفتالات (PET) و قوطی در بازار دیده می‌شود که هر کدام در مقایسه با یکدیگر از مزایا و معایب خاصی برخوردار هستند (3). اخیراً، قوطی‌های ساخته شده از استیل قلع اندود شده یا آلومینیوم، به دلیل قیمت نسبتاً پایین مواد، سرعت تولید بالا و دوام بالای ظرف، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین چون ویژگی غذای قوطی شده از نظر مزه، بافت و رنگ حفظ می‌شود، قوطی کردن بسیار مورد توجه می‌باشد (4). یکی از موضوعات اصلی در فرایند تولید قوطی‌ها، انتخاب آلومینیوم یا آهن قلع‌اندود است. در آمریکا، اساساً از آلومینیوم در خط تولید قوطی دو تکه استفاده می‌شود. در اروپا، حدود نیمی از قوطی‌ها آهن قلع‌اندود و نیم دیگر آلومینیوم است. تصمیم‌گیری در مورد انتخاب نوع ماده قوطی بیشتر بر اساس قیمت و میزان منابع آنها صورت می‌گیرد. قوطی‌های آلومینیوم برای نوشیدنی‌هایی مثل آبجو و نوشیدنی‌های کربناته بیشتر مورد استفاده قرار گرفته است (5).

به‌منظور جلوگیری از واکنش بین غذا و فلز قوطی، سطح داخلی قوطی توسط لاک‌هایی پوشیده می‌شود که این عمل، طعم واقعی غذای قوطی شده را حفظ می‌کند. بنابراین با یک لایه ساده بین غذا و ظرف، سطح دسترسی برای انحلال آندی و مهاجرت فلزات کم و یا حذف می‌شود (6). پس باید توجه خاصی به انتخاب پوشش قوطی شود (5). لاک‌های اپوکسی فنولی و اپوکسی انیدرید به ترتیب به رنگ بژ و طلایی، و سفید پوشش‌هایی هستند که در قوطی‌های فلزی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (8، 7). علی‌رغم استفاده از پوشش‌هایی که برای محافظت غذا صورت می‌گیرد اما با این حال فعل و انفعالاتی بین مواد غذایی و مواد بسته‌بندی رخ می‌دهد و یکی از این فعل و انفعالات مهاجرت است (9). اندازه‌گیری میزان مهاجرت مواد شیمیایی به غذا به دلیل اثر آن بر ایمنی و کیفیت غذا حائز اهمیت است (9). بدون شک آلومینیوم، یک نوروتوکسین به شمار می‌آید (10). رسوب آلومینیوم در مغز، با بیماری آلزایمر مرتبط بوده است (11). همچنین دریافت زیاد این فلز، با نرمی استخوان در بزرگسالان و مشکلات استخوانی در کودکان و انسداد روده مرتبط است (13، 12).

در سال 2008 در یک تحقیق توسط Verissimo و همکاران مهاجرت آلومینیوم از قوطی‌ها به درون آبجو و چای از زمان تولید تا تاریخ مصرف فراورده طی 7 ماه بررسی شد و نتایج نشان داد که میزان آلومینیوم در آبجو و چای افزایش یافت. که این افزایش در قوطی‌های آسیب‌دیده حاوی چای بسیار چشمگیر بود (14). در سال 2001 Barabasz و همکاران مطالعه‌ای بر روی اثرات مصرف آلومینیوم انجام دادند و نتایج نشان داد، به دلیل اثرات منفی این فلز بر سلامت مصرف کننده، بهتر آن است که مواد غذایی و دارویی دارای آلومینیوم از چرخه مصرف حذف شده و استفاده از ظروف و وسایل آشپزخانه و پوشش‌های ساخته شده از آلومینیوم بسیار محدود شود (15).

گزارشات نشان می‌دهند که بیشتر پژوهش‌های موجود در این زمینه روی مهاجرت آلومینیوم در آبجوی الکلی و نوشابه های گازدار بوده است و تا اکنون، مطالعه‌ای در خصوص آبجوی بدون الکل انجام نشده است. در این تحقیق اثر دما و زمان نگهداری و ویژگی لاک قوطی بسته‌بندی بر مهاجرت آلومینیوم به درون آبجوی بدون الکل و اثر مقدار آلومینیوم بر ویژگی‌های حسی بررسی شده است.

• مواد و روش‌ها

آبجوی بدون الکل در دو دسته‌ی طعم‌دار (طعم لیمویی) و بدون طعم، پر شده در دو نوع قوطی آلومینیومی داخلی با مساحت سطح 154/31 cm^2 و وارداتی با مساحت سطح cm^2 161/18 با ویژگی‌های متفاوت پوشش، از کارخانه بهنوش تهیه شدند.

ویژگی‌های لاک: برای انجام آزمون‌های مربوط به لاک از قوطی‌های خالی تهیه شده استفاده شد. آزمون تعیین خلل و فرج پوشش قوطی با استفاده از دستگاه Enamel rater (مدل 9525A، شرکت ALTEK، کشور آلمان) و تعیین وزن لاک قوطی‌ها به روش وزن‌سنجی و طبق استاندارد 2509 انجام شد (16). تعیین گروه‌های عاملی و ساختار لاک با استفاده از دستگاه FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) مدل SRG1100G، شرکت BOMEM ، کشور کانادا (17) و تشخیص عناصر تشکیل دهنده پوشش‌ها با استفاده از دستگاه EDX (Energy Dispersive X ray) مدلXMU، شرکت TESCAN کشور آمریکا) انجام شد (18).

اندازه‌گیری میزان مهاجرت آلومینیوم: پس از تهیه آبجوها، نمونه‌ها در دماهای 45، 22 و 4 درجه سانتی‌گراد به مدت یک سال (تاریخ انقضای محصول) گرمخانه‌گذاری شدند و طی هشت دوره تا تاریخ انقضای فرآورده (روزهای صفر، 7، 14، 30، 60، 105، 195 و 365)) به منظور اندازه‌گیری مقدار آلومینیوم، نمونه‌ها را از انکوباتورها خارج کرده تا به دمای محیط برسد، سپس تقریباً حجم (60 mL) را درون بشری که یک شب در اسید نیتریک 1درصد بوده و کاملاً شسته شده جهت گاززدایی ریخته (20، 19) و با استفاده از دستگاه

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

اولتراسونیک (مدلSONO، کشور سوییس) به مدت 3 ساعت گاز زدایی شد، مقدار آلومینیوم نمونه‌های آماده‌سازی شده توسط دستگاه ICP-OES (Inductively-coupled Plasma) مدل Optima 800 شرکت perkin Elmer، کشور آمریکا اندازه‌گیری شد.

آزمون ارزیابی حسی: قوطی‌های آبجوی طعم‌دار و بدون طعم پرشده در دو نوع قوطی به‌منظور انجام ارزیابی حسی فقط در انکوباتور 22°c نگهداری شد و در هر دوره (کلاً 6 دوره) توسط یک گروه 9 نفره آموزش دیده، ارزیابی حسی (تشخیص طعم فلزی) انجام شد. نمونه‌ها از نظر تشخیص طعم فلزی در مقیاس هدونیک 5 نقطه‌ای انجام شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: تمام نمونه‌ها به‌منظور بررسی آلومینیوم با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. یافتن تفاوت معنی‌دار میان داده‌های قوطی‌های داخلی و وارداتی در 3 دما، با استفاده از آزمون ANOVA یک طرفه، بررسی اثر زمان با استفاده از آزمون Repeated measure صورت گرفت. برای مشخص نمودن تفاوت معنادار بین میانگین نتایج آزمون‌های حسی از روش ناپارامتری کروسکال- والیس (Kruskal-Wallis) و من‌ویتنی‌یو (Mann-Whitney U) برای مقایسه بین نمونه‌ها در یک زمان مشخص و نیز از آزمون فریدمن (Friedman Test) و ویلکاکسون (Wilcoxon) برای مقایسه یک نمونه مستقل در مراحل مختلف زمانی استفاده گردید. سطح معنی‌داری در این مطالعه $\alpha = 0/05$ و$(p<0/05)$ در نظر گرفته شد و برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS V.16.0 استفاده شد. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار OriginPro 8.1 رسم شده‌اند.

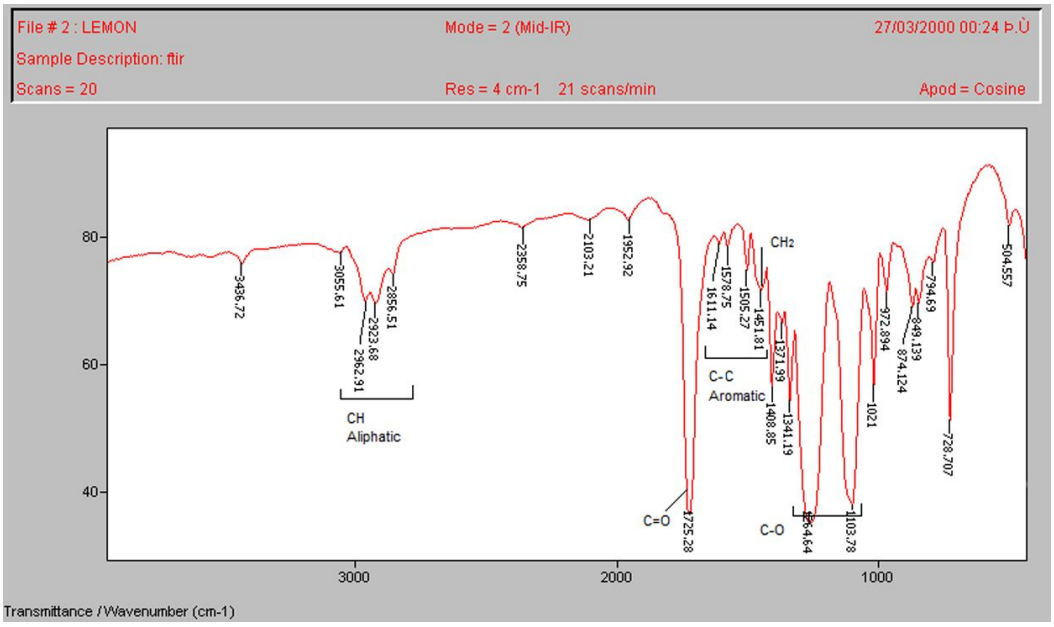
• یافته‌ها

نمایشگر دستگاه Enamel rater که نمایانگر میزان خلل و فرج است به طور میانگین 0/67 میلی‌آمپر برای قوطی وارداتی و 1/7 میلی‌آمپر را برای قوطی داخلی نشان داد. وزن پوشش قوطی وارداتی $0/0038gr/cm^2$ و قوطی داخلی $0/0023gr/cm^2$ اندازه‌گیری شد.

گروه‌های عاملی پوشش‌ها» مقدار مورد نیاز لاک را از قوطی جدا کرده و به دستگاه FTIR معرفی شد که برای دو قوطی طیف‌های زیر را نشان داد.

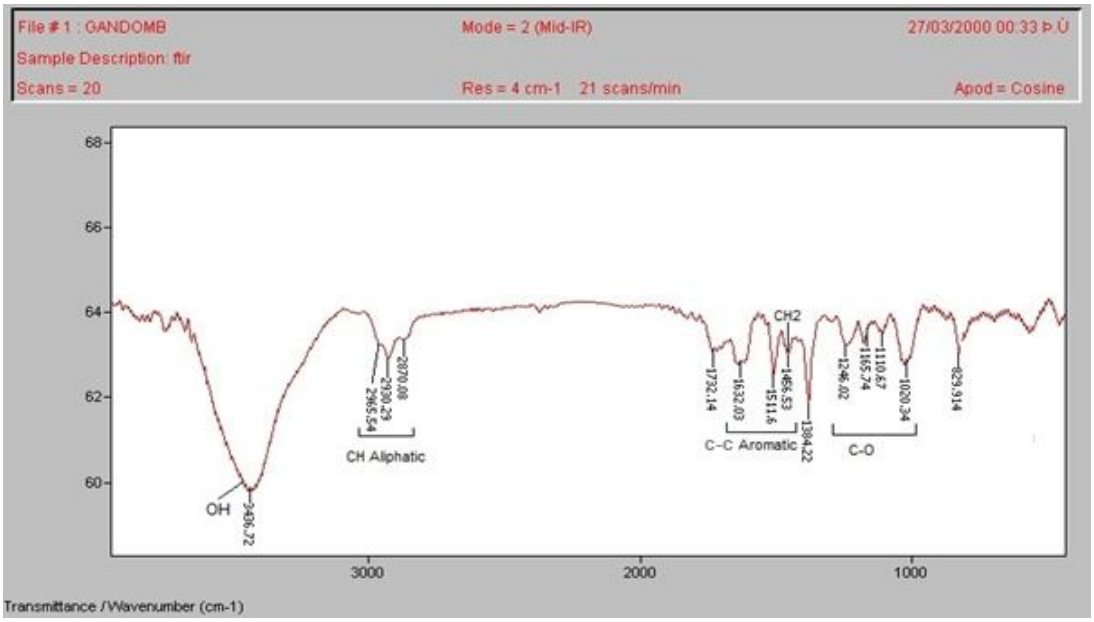
تفسیر این طیف‌ها با استفاده از کتاب طیف‌سنجی پاویا انجام شد (17). در پوشش قوطی‌های وارداتی گروه کربونیلی و استری مشاهده می‌شود. در حالی که در قوطی‌های داخلی پیوند هیدروکسیل، حضور گروه الکل‌ها و فنل‌ها را نشان می‌دهد. حلقه آروماتیک در دو نوع قوطی وجود دارند. همچنین از میان هیدروکربن‌ها، آلکان‌ها و آلکن‌ها در هر دو نوع قوطی وجود دارند. از آلکان‌ها گروه‌های متیلن مشاهده شد.

با توجه به گروه‌های عاملی نشان داده شده در طیف مادون قرمز، کتابخانه دستگاه FTIR دو ترکیب پلی‌اتیلن ترفتالات برای پوشش قوطی وارداتی و اپوکسی فنل را برای پوشش قوطی داخلی پیشنهاد داده است.



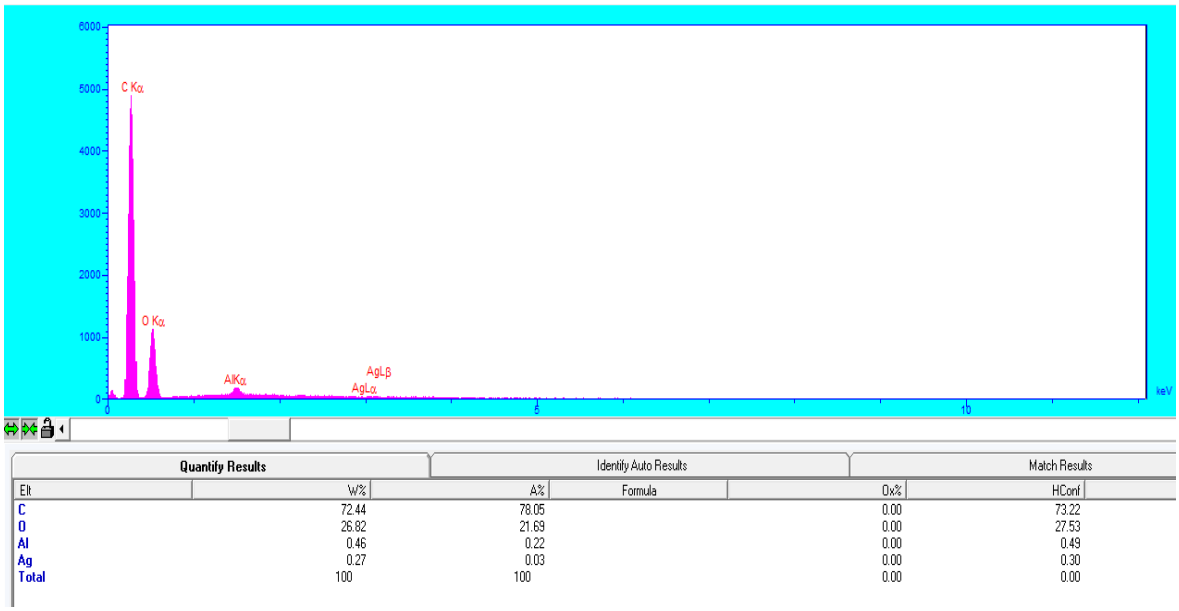
شکل1. طیف مادون قرمز پوشش قوطی وارداتی

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]



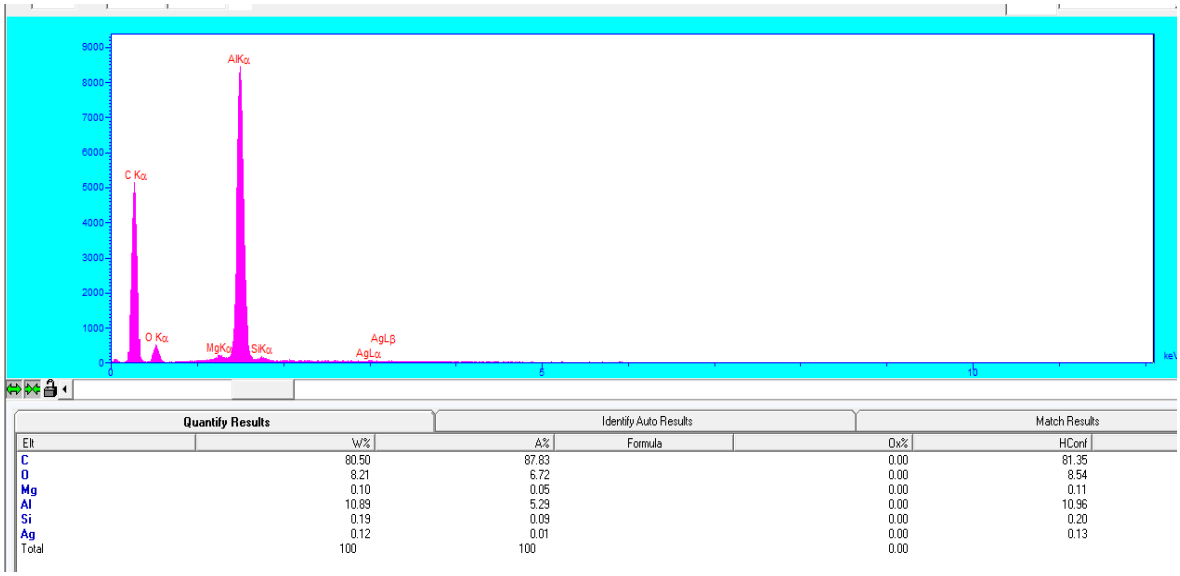
شکل2. طیف مادون قرمز پوشش قوطی داخلی

عناصر تشکیل دهنده پوشش‌ها: برش‌هایی از قوطی‌ها با پوشش و بدون پوشش به دستگاه EDX معرفی شد. در واقع یک آزمایش تکمیلی برای تأیید نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز است، که در آن برای پوشش‌ها فقط دو عنصر کربن و اکسیژن را نشان داده است. در تجزیه دستگاهی توسط FTIR نیز گروه‌های عاملی شناخته شده فقط از عناصر کربن، اکسیژن و هیدروژن تشکیل شده بودند. قابل ذکر است که عنصر هیدروژن توسط دستگاه قابل شناسایی نیست. با توجه به شکل 3 و 4 با بررسی نمونه ورق و پوشش مشاهده شد که درصد آلومینیوم در قوطی وارداتی بسیار کم‌تر از قوطی داخلی بود، که این اختلاف می‌تواند به دلیل ضخامت بیشتر پوشش قوطی وارداتی نسبت به پوشش قوطی داخلی باشد. با توجه به شکل‌های 5 و 6 قوطی وارداتی حاوی 96/69 درصد آلومینوم، 2/15 درصد منیزیم و 1/16 درصد عنصر احتمالاً مس و قوطی داخلی، 96/71 درصد آلومینیوم، 2/19 درصد منیزیم و 1/15 درصد عنصر احتمالاً مس است. پس دو قوطی از نظر میزان آلومینیوم و سایر ترکیبات و همچنین درصد آن‌ها تقریباً مشابه بودند و فقط در ضخامت لاک تفاوت مشاهده شد.

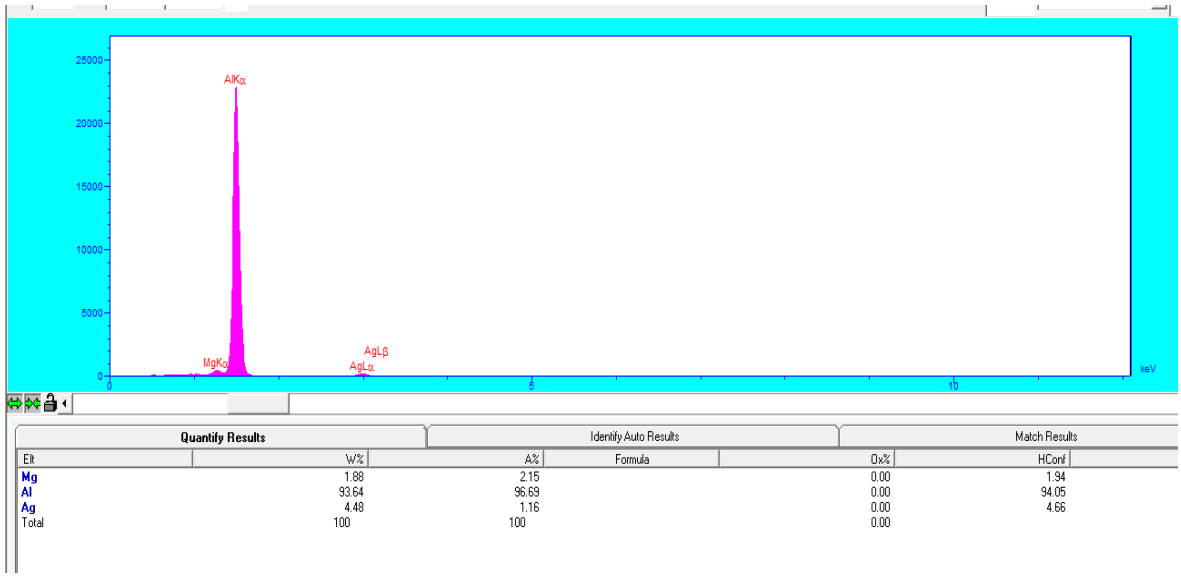


شکل3. عناصر تشکیل دهنده مجموع قوطی و پوشش وارداتی

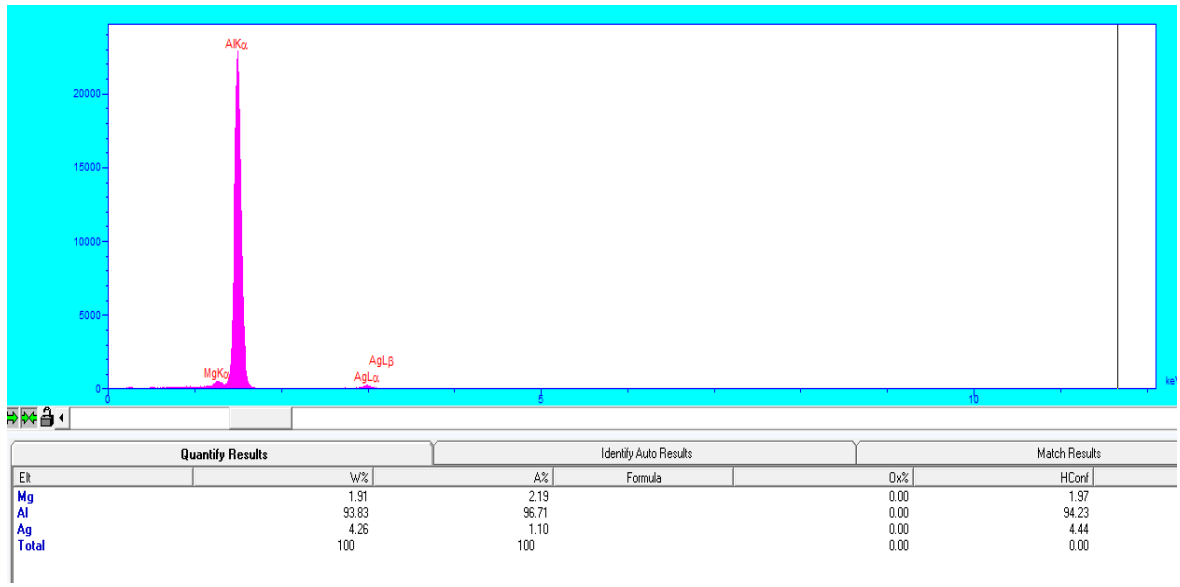
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]



شکل 4. عناصر تشکیل دهنده مجموع قوطی و پوشش داخلی



شکل 5. اجزا و درصد تشکیل دهنده قوطی فلزی وارداتی بدون پوشش

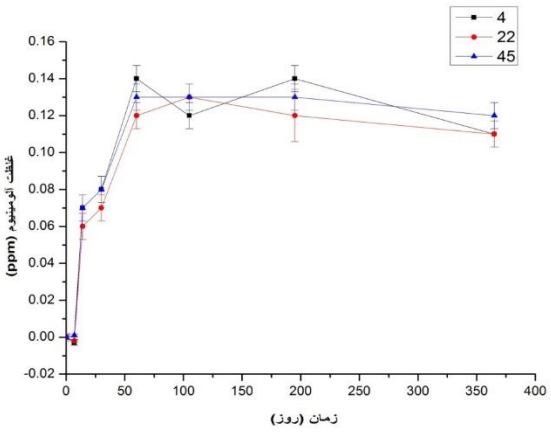


شکل 6. اجزا و درصد تشکیل دهنده قوطی فلزی داخلی بدون پوشش

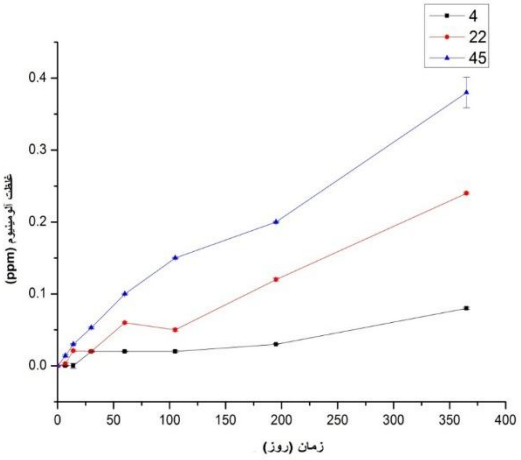
[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

به طورکلی قوطی وارداتی در مقایسه با قوطی داخلی دارای خلل و فرج کمتر و وزن و ضخامت بیشتری است. برای پوشش قوطی وارداتی پلی‌اتیلن ترفتالات و برای پوشش قوطی داخلی اپوکسی فنل پیشنهاد شد. از نظر عناصر تشکیل دهنده لاک، درصد و عناصر تشکیل‌دهنده فلز، دو قوطی باهم تفاوتی نداشتند.

مهاجرت آلومینیوم: در شکل 7 و 8 میزان مهاجرت آلومینیوم طی زمان و دمای نگهداری در نمونه‌های آبجو نشان داده شده است، همان‌طور که مشاهده می‌شود در قوطی وارداتی از زمان صفر تا روز 60 در هر 3 دما آلومینیوم به میزان تقریباً یکسانی افزایش یافته‌است و از روز 60 به بعد افزایش چشمگیری مشاهده نمی‌شود. اما در قوطی داخلی از زمان صفر تا روز 365 افزایش آلومینیوم یک سیر صعودی دارد و این افزایش در دمای 45°C بیشترین مقدار و دمای 4°C کمترین مقدار است.



شکل7. روند تغییرات میزان آلومینیوم طی دما و زمان نگهداری در قوطی‌های وارداتی حاوی آبجو



شکل8. روند تغییرات میزان آلومینیوم طی دما و زمان نگهداری در قوطی‌های داخلی حاوی آبجو

با توجه به جدول 1، از لحاظ آماری زمان اثر معنی‌داری روی مهاجرت آلومینیوم نداشته است، به جز در تیمار 2 (قوطی داخلی در دمای 22°C) که روز 105 با 195 و 365 و تیمار 3 (قوطی داخلی در دمای 45°C) که روز صفر با روز 195 تفاوت معنی‌داری را نشان داده است. و دما در قوطی‌های داخلی در همه دوره‌ها اثر معنی‌دار داشته است. اما در قوطی‌های وارداتی اثر معنی‌داری در نمونه‌های روز 7 (دمای 22°C و 4 با 45°C) و روز 30 (دمای 45°C با 22°C) مشاهده می‌شود.

ارزیابی حسی: همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود در هر دو نوع قوطی میانگین رتبه و پذیرش آبجوهای طعم‌دار بیشتر از بدون طعم بود. در احساس طعم آلومینیوم طعم‌دار بودن اثر معنی‌داری دارد. با مقایسه دوتایی اثر نوع قوطی بر طعم آلومینیوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

آبجوهای طعم‌دار در زمان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ندارند اما آبجوهای بدون طعم دارای اثر معنی‌داری هستند. در بررسی دیده شد که زمان صفر نسبت به زمان 14، 105، 195 و 360 تفاوت معنی‌داری نشان داد. اما مقایسه دوتایی دوره‌های دیگر توسط آزمون ناپارامتری ویلکاکسون اثر معنی‌داری بین دوره‌ها را نشان نداد.

• بحث

نتایج حاصل از آزمایش‌های پوشش قوطی: به طور کلی هدف از انجام آزمایش‌ها و بررسی‌های مربوط به پوشش قوطی‌ها، مقایسه تفاوت‌های بین دو قوطی بود، که از نظر ضخامت، وزن لاک، میزان خلل و فرج و ساختار با هم متفاوت بودند. ساختار قوطی وارداتی پلی‌اتیلن ترفتالات و ساختار قوطی داخلی، اپوکسی فنل پیشنهاد شده است. با توجه به منابع در دسترس، مقیاس وسیعی از اپوکسی فنل‌ها در قوطی بسیاری از فرآورده‌های گوشتی، ماهی میوه و سبزیجات استفاده می‌شود (8، 7). هم‌چنین از فیلم‌های ترموپلاستیک مانند پلی پروپیلن، پلی‌اتیلن ترفتالات و پلی آمید به منظور پوشش‌دهی استفاده شده است (8).

بررسی مهاجرت آلومینیوم طی زمان و دمای نگهداری در دو نوع قوطی: نتایج نشان می‌دهد که میزان آلومینیوم در آبجوی زمان صفر (روز اول تولید) به مقدار 270µg/L وجود دارد که می‌تواند ناشی از مواد اولیه باشد (21). میزان آلومینیوم آبجوها قبل از بسته‌بندی با داده‌های سایر مقالات در آبجوهای الکلی مطابقت دارد، که در محدوده 505 µg/L-20 قرار داشت (22). چون آلومینیوم از مواد خام متفاوت، تجهیزات و فرایند تخمیر وارد می‌شود (19). مالت احتمالاً منبع اصلی آلومینیوم در آبجو قبل از بسته‌بندی است (23).

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

جدول1. میانگین تغییرات میزان آلومینیوم در نمونه‌های آبجوی بدون الکل طی زمان و دمای نگهداری

تیمار	روز0	روز7	روز14	روز30	روز60	روز105	روز195	روز365
4P:1	0/27850±0/000707 ^{Aa}	0/27850±0/000707 ^{Ca}	0/28050±0/003536 ^{Ca}	0/29750±0/000707 ^{Da}	0/29850±0/000707 ^{Da}	0/29900±0/001414 ^{Da}	0/30750±0/000707 ^{Ca}	0/35700±0/001414 ^{Da}
22P:2	0/27750±0/000707 ^{Aa}	0/28000±0/01414 ^{BCa}	0/29800±0/001414 ^{Ba}	0/29900±0/001414 ^{Da}	0/33700±0/001414 ^{Ca}	0/32950±0/002121 ^{Cab}	0/39950±0/02121 ^{Bac}	0/51900±0/001414 ^{Bac}
45P:3	0/27800±0/000000 ^{Aa}	0/29100±0/001414 ^{Aab}	0/30850±0/000707 ^{Bab}	0/33200±0/001414 ^{Cab}	0/35500±0/000707 ^{Bab}	0/42750±0/000707 ^{Aab}	0/47850±0/000707 ^{Ab}	0/67300±0/021213 ^{Aab}
4I:4	0/27900±0/001414 ^{Aa}	0/27800±0/001414 ^{Ca}	0/35000±0/0000 ^{Aa}	0/35500±0/007071 ^{ABa}	0/41500±0/007071 ^{Aa}	0/40500±0/007071 ^{Ba}	0/41500±0/007071 ^{Ba}	0/39500±0/007071 ^{Ca}
22I:5	0/27850±0/002121 ^{Aa}	0/27850±0/000707 ^{Ca}	0/34500±0/007071 ^{Aa}	0/34500±0/007071 ^{Ba}	0/41500±0/007071 ^{Aa}	0/41500±0/07071 ^{ABa}	0/41000±0/014142 ^{Ba}	0/39500±0/007071 ^{Ca}
45I:6	0/27950±0/000707 ^{Aa}	0/28150±0/000707 ^{Ba}	0/34500±0/007071 ^{Aa}	0/36000±0/00000 ^{Aa}	0/41500±0/007071 ^{Aa}	0/41500±0/07071 ^{ABa}	0/41500±0/007071 ^{Ba}	0/40500±0/007071 ^{Ca}

* حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح α=0.05 توسط آزمون مقایسه‌های چندگانه دانکن (Duncan) است.

** حروف متفاوت کوچک در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دوره‌های نگهداری در یک تیمار در سطح α=0.05 توسط آزمون (Bonferoni) است.

جدول2. ارزیابی حسی نمونه‌های آبجوی بدون الکل طی یک سال نگهداری

تیمار	روز 0	روز14	روز30	روز60	روز105	روز195	روز365
قوطی داخلی آبجوی بدون الکل و طعم	2/6667±0/86603^{Ba}	1/8889±0/60093^{Bb}	2/0000±0/86603^{Babc}	1/7778±0/97183^{Babc}	1/6667±0/86603^{Bbc}	1/3333±0/86603^{Bbc}	0/8889±0/78174^{Bc}
قوطی داخلی آبجوی بدون الکل طعم‌دار	4/0000±0/00000^{Aa}	4/0000±0/00000^{Aa}	3/7778±0/44096^{Aa}	3/7778±0/44096^{Aa}	3/7778±0/44096^{Aa}	3/7778±0/44096^{Aa}	3/7778±0/44096^{Aa}
قوطی وارداتی آبجوی بدون الکل و طعم	2/6667±0/86603^{Ba}	1/6667±0/70711^{Bb}	2/0000±0/86603^{Bab}	1/6667±0/86603^{Bab}	1/5556±0/88192^{Bb}	1/4444±0/72648^{Bb}	1/3333±0/50000^{Bb}
قوطی وارداتی آبجوی بدون الکل طعم‌دار	3/7778±0/44096^{Aa}	3/6667±0/70711^{Aaa}	4/0000±0/00000^{Aa}	3/7778±0/44096^{Aa}	3/7778±0/44096^{Aa}	3/8889±0/33333^{Aa}	4/0000±0/00000^{Aa}

* حروف متفاوت بزرگ در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح α=0.05 توسط آزمون کروسکال والیس Kruskal-Wallis و من ویتنی Mann-Whitney U است.

** حروف متفاوت کوچک در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین دوره‌های نگهداری در یک تیمار در سطح α=0.05 توسط آزمون فریدمن Friedman test و ویلکاکسون Wilcoxon است.

دما روی مهاجرت آلومینیوم در قوطی‌های داخلی در همه دوره‌ها اثر معنی‌دار داشته است، به طوری که افزایش دما موجب افزایش مهاجرت شده است. که با نتایج بررسی سایر مطالعات در یک راستا بود. در مطالعه‌ای که توسط Vela و همکاران انجام شد، نشان داد که نگهداری در دمای یخچال طی 5 ماه موجب کاهش مهاجرت آلومینیوم می‌شود، اما با نگهداری در دمای اتاق، یک افزایش معنی‌داری در مقدار آلومینیوم در 3 ماهه اول نگهداری مشاهده شد (24).

زمان اثر معنی‌داری روی مهاجرت آلومینوم نداشته است، به جز در تیمار 2 که روز 105 با 195 و 365 و تیمار 3 که روز صفر با روز 195 تفاوت معنی‌داری را نشان داده است.

افزایش میزان آلومینیوم از زمان صفر تا روز 365 در قوطی داخلی سیر صعودی داشت. در قوطی وارداتی، تا روز 60 در مقدار آلومینیوم افزایش مشاهده می‌شود اما پس از آن ثابت می‌ماند که با نتایج مطالعات Verissimo مطابقت دارد (14) که این موضوع ممکن است به دلیل رسوب لایه‌ای از آبجو که در نتیجه فرآیند خوردگی قوطی رخ می‌دهد، باشد (25). مکانیسم مهاجرت نوعی پدیده انتقال جرم است و در اثر اختلاف پتانسیل شیمیایی و اختلاف غلظت رخ می‌دهد، با توجه به شکل 5 و 6 مقدار آلومینیوم دو نوع قوطی یکسان بود، پس این اختلاف در میزان مهاجرت در قوطی‌های وارداتی و داخلی، می‌تواند به دلیل تفاوت در پوشش داخلی قوطی و روش پوشش‌دهی قوطی‌های آلومینیومی باشد (19). یا احتمالاً به دلیل تفاوت در ضخامت پوشش قوطی باشد (24). که با توجه به بررسی‌های انجام شده روی پوشش قوطی‌ها، ضخامت و وزن پوشش در قوطی وارداتی بیشتر از قوطی داخلی بود. همچنین می‌تواند به دلیل ماندگاری بیشتر توسط شرکت تولیدکننده قوطی وارداتی باشد (24). با توجه به مطالعات Blanco و همکاران (26) مقدار آلومینیوم در آبجوهای غیر الکلی وارداتی به اسپانیا کمتر از مقدار آبجوهای black و pale بود. اما در آبجوهای اسپانیایی فرقی بین آلومینیوم آبجوهای بدون الکل و الکلی وجود نداشت. همان طور که مشاهده می‌شود مقدار آلومینیوم اندازه‌گیری شده در این مطالعه (270-670 µg/L) بیشتر از مقدار اندازه‌گیری شده توسط Blanco و همکاران (49/11 µg/L-3/64) در آبجوی بدون الکل است (26). و میزان آلومینیوم در مقایسه با تعدادی از داده‌های به دست آمده از سایر مطالعات کمتر (5/546-50 µg/L) (24)، 5/88-14/66 (26)، 92-171 (21)، 25-100 (14)) و در مقایسه با سایر آبجوهای الکلی بیشتر (67/4-7952 µg/L) (27)، 112-833 (19)) است. پس می‌توان نتیجه گرفت الکل نمی‌تواند تأثیری در مهاجرت آلومینیوم داشته باشد البته نیاز به بررسی‌های بیشتر در این زمینه دارد.

کمیته مشترک FAO/WHO در سال 2011 مقدار مجاز هفتگی قابل تحمل PTWI (Provisional tolerable weekly intake) را 2mg آلومینیوم را به ازای کیلوگرم وزن بدن تخمین زده‌اند، که این مقدار برای یک فرد با وزن 60 کیلوگرم معادل 120mg/week یا 17/14 mg/day است (28). میزان افزایش آلومینیوم در پایان ماه 12 در قوطی وارداتی به mg/L 0/405 و در قوطی داخلی به 0/673mg/L رسیده است. با فرض مصرف روزانه 1 لیتر آبجو بدون الکل این مقدار حدود 3 درصد مقدار مصرف قابل تحمل را شامل می‌شود. پس می‌توان نتیجه گرفت که میزان دریافت احتمالی آلومینیوم از طریق مصرف نوشیدن آبجوی بدون الکل در مقایسه با میزان کل دریافت غذایی روزانه که در مطالعات پیشین گزارش شده است، بسیار ناچیز است. پس باوجود نگرانی‌ها در مورد ارتباط بین آلومینیوم و بیماری‌هایی مثل آلزایمر، دریافت آلومینیوم از آبجو نمی‌تواند دلیل نگران‌کننده‌ای از سمیت آن برای بدن باشد.

بررسی ارزیابی حسی طی دوره نگهداری: طعم میوه‌ای اثر معنی‌داری در پوشاندن طعم فلزی دارد، اما نوع قوطی اثر معنی‌داری نداشت. آبجوهای طعم‌دار در زمان‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ندارند اما آبجوهای بدون طعم دارای اثر معنی‌داری می‌باشند. در بررسی دیده شد که زمان صفر نسبت به زمان 14، 105، 195 و 360 تفاوت معنی‌داری نشان داد. اما مقایسه دوتایی دوره‌های دیگر اثر معنی‌داری بین دوره‌های زمانی را نشان نداد. پس با این اوصاف پس از پر کردن قوطی‌ها، حتی تماس 14 روزه نیز موجب احساس طعم فلزی می‌شود این در حالی است که میزان افزایش آلومینیوم پس از 14 روز از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است.

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که اگر پوشش و شیوه پوشش‌دهی مناسب انتخاب شود، اثر دما و زمان نگهداری را بر مهاجرت آلومینیوم می‌توان کنترل کرد، اگرچه مقدار آلومینیوم در این مطالعه در حد قابل تشخیص بود، و در آبجوهای بدون طعم، طعم فلزی احساس می‌شد، اما میزان آلومینیوم حتی در دمای 45°C پس از یک سال در دو نوع قوطی در محدوده ناامن نبود.

سپاس‌گزاری: از کارخانه تولید آبجوی بهنوش و شرکت پاک‌بنیان و همکاران محترم آزمایشگاه کمال تشکر و قدردانی را دارم.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

• References

1. Catarino M, Mendes A, Maderia L, Ferreira A. Desalination. Beer dealcoholization by reverse osmosis. Desalination, 2006. 200(1): p. 397-399
2. Sohrabvandi S, mousavi SM, Razavi SH, Mortazavian AM, Rezaei K. Alcohol-free beer: methods of production, sensorial defects, and healthful effects. Food Reviews International, 2010. 26(4): p. 335-352.
3. Robertson G.L. Food packaging: principles and practice. CRC press 2012: p. 380-416
4. Jackson J.M , Shinn B.M. Fundamentals of food canning technology. 1979: AVI Pub. Co. p. 177-215
5. Simal-Gándara. Selection of can coatings for different applications. Food Reviews International, 1999. 15(1): p. 121-137.
6. Good R.H. Recent advances in metal can interior coatings. in ACS Symposium series-American Chemical Society. 1988. 17: p. 123-126.
7. Forrest M.J. Coatings and inks for food contact materials. 2007. iSmithers Rapra Publishing. 16 (7): p. 243-258.
8. Oldring P.K., Nehring U. Packaging materials: Metal packaging for foodstuffs. ILSI Europe. 2007. p. 855-937
9. Ahvenainen R. Novel food packaging techniques. Elsevier 2003. 14(2): p. 97-106.
10. Platts M, Goode G and Hislop J. Composition of the domestic water supply and the incidence of fractures and encephalopathy in patients on home dialysis. BMJ, 1977. 2(6088): p. 657-660.
11. Crapper D, Krishnan S and Dalton A. Brain aluminum distribution in Alzheimer's disease and experimental neurofibrillary degeneration. Science, 1973. 180(4085): p. 511-513.
12. Bougle D, Sabatier JP, Bureau F, Laroche D, Brouard J, Gullois B, et al. Relationship between bone mineralization and aluminium in the healthy infant. European journal of clinical nutrition, 1998. 52(6): p. 431-435
13. Stauber J ,Davies CM, Adams MS, Buchanan SJ, Florence TM. Bioavailability of aluminium in alum-treated drinking water and food. Journal of American Water Works Association. 1999. 91(11): p. 84-93.
14. Veríssimo M.I.S. and Gomes M.T.S.R. Aluminium migration into beverages: Are dented cans safe ? Science of the Total Environment, 2008. 405(1-3): p. 385-388.
15. Barabasz W, Albinska D, Jaskowska M, Lipiec J. Ecotoxicology of aluminium. Polish journal of environmental studies, 2002. 11(3): p. 199-204.
16. Institute of Standards and Industrial Research of Iran., packaging - organic can coating for metal - packaging - test method. ISIRI no 2509 2nd Reviision, Karaj ISIRI;2015. [in Persian].
17. Pavia D., et al., Introduction to spectroscopy. 2008: Cengage Learning.
18. Goldstein J, Newbury DE, Echlin P, Joy DC, Roming AD, Lyman Ch E, et al. Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis: a text for biologists, materials scientists, and geologists. Springer Science & Business Media, 2012.
19. Šeruga, M., Aluminium content of beers. European Food Research and Technology, 1997. 204(3): p. 221-226.
20. Aikoh H, Nishio M.R. Aluminum content of various canned and bottled beverages. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1996. 56(1): p. 1-7.
21. Ivušić F, Gjeldum MS, Nemet Z, Gracin L, Marić V. Aluminium and aroma compound concentration in beer during storage at different temperatures. Food Technology and Biotechnology, 2006. 44(4): p. 499-505.
22. Sharpe F.R., Williams D, Content, chemical speciation, and significance of aluminum in beer. American Society of Brewing Chemists (USA), 1995.
23. Viñas P, Aquinaqa N, Lopez-Gracia I, Hernandez-Cordoba M. Determination of cadmium, aluminium, and copper in beer and products used in its manufacture by electrothermal atomic absorption spectrometry. Journal of AOAC International, 2002. 85(3): p. 736-743.
24. Vela M.M., Toma RB, Reiboldt W, Pierri A, Detection of aluminum residue in fresh and stored canned beer. Food Chemistry, 1998. 63(2): p. 235-239.
25. Boroczsabo M. Th effect of Aluminum contamination on the sensory properties of liquid foods. Acta Alimentaria, 1985. 14(3): p. 243-257.
26. Blanco C.A, Sancho D ,Caballero I. Aluminium content in beers and silicon sequestering effects. Food Research International, 2010. 43(10): p. 2432-2436.
27. Lopez F.F., Cabera C, Luisa Lorenzo M, Carmen Lopez M. Aluminium levels in wine, beer and other alcoholic beverages consumed in Spain. Science of the total environment, 1998. 4;220(1): p.1-9.
28. Cederberg D.L., christiansen M, Ekroth S, Engman J, Fabech B, Guojonsdottir K, et al. Food contact materials-metals and alloys: Nordic guidance for authorities, industry and trade. Vol. 2015522. 2015: Nordic Council of Ministers.

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]

Effect of Storage Time, Storage Temperature and Type of Can Packages on Migration of Aluminum into Non-alcoholic, Classic Malt Beverage and Its Sensory Evaluation

Danesh O[1], Sohrabvandi S[2], Farhoodi M*[3], Mohammadi M[4]*

1- Students' Research Committee, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

*2- *Corresponding author: Associate Prof, Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email: sohrabv@ut.ac.ir*

*3- *Corresponding author: Assistant prof, Dept. of Food Science and Technology, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Email:* farhoodi@ut.ac.ir

4- Assistant prof, Dept. of Food Technology Research, National Nutrition and Food Technology Research Institute, Faculty of Nutrition Sciences and Food Technology, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received 7 Mar, 2016 **Accepted 26 Jun, 2016**

Background and Objectives: Because of the toxicity of aluminum and the substantial growth of consumption of non-alcoholic beer packaged in aluminum cans, the efficiency of aluminum-coated cans is a major concern. In this study, the effects of storage time and temperature and type of can packages on migration of aluminum into nonalcoholic, classic malt beverage and its sensory evaluation were investigated.

Materials and Methods: Two different cans (domestic and imported), filled at the same day, were randomly selected. The samples were kept under specified conditions to the expiration date for one year. The coating features of the two cans were evaluated using both chemical and instrumental methods. The aluminum concentration was measured using ICP-OES instrument, and the sensory evaluation was carried out by 9 trained assessors.

Results: Although the aluminum foil constituents and composition and the coating ingredients were similar in both cans, the inspection of the cans coatings showed that the thickness and the weight of the coating in the imported cans are higher than in the domestic cans, while their porosity is less. The imported cans' coating was made of polyethylene terephthalate and the coating of the domestic cans was made of epoxy phenol. The temperature and storage time had little effect on the migration of aluminum into the imported cans but it was meaningful in the domestic cans. The metallic taste was also higher in unflavored beers than in flavored beers, with storage time less effective in flavored cans.

Conclusion: The results showed that although the concentration of aluminum was beyond the health risk in both cans, but temperature and storage time can effect on the aluminum migration. Furthermore, the added flavor has a hiding effect on metallic taste.

Keywords: Aluminum, Can coating, Migration, Non-alcohol beer

[Downloaded from nsft.sbmu.ac.ir on 2026-11-14]