

اندازه‌گیری جذب عطر و طعم نوشابه گازدار پرتقالی در ظروف پلی اتیلن ترفتالات با استفاده از میکرو استخراج با فاز جامد - گاز کروماتوگرافی

مریم سلامی، زهرا امام جمعه*⁺، سید محمدعلی ابراهیم‌زاده موسوی، کرامت‌الله رضایی

تهران، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی بیوسیستم، گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی، آزمایشگاه پدیده‌های انتقال

چکیده: مهم‌ترین هدف از بسته بندی مواد غذایی، حفظ خواص و کیفیت اولیه ماده غذایی است. اساسی‌ترین مشکلی که در به کارگیری بسته بندی پلاستیکی وجود دارد، جذب عطر و طعم ماده غذایی به وسیله این مواد است. هدف از این تحقیق مطالعه جذب عطر و طعم نوشابه پرتقالی به داخل پلی اتیلن ترفتالات (PET) است. برای این منظور رفتار جذبی سه اسانس د-لمونن، مایرسین و آلفا-پینن در دما (۴، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و زمان‌های متفاوت مورد بررسی قرار گرفت. برای استخراج اسانس‌های جذب شده در PET از روش میکرو استخراج با فاز جامد (SPME) استفاده شده است. اندازه‌گیری میزان جذب به وسیله‌ی گاز کروماتوگرافی با آشکار ساز یونش شعله‌ای (FID) صورت گرفت. نتیجه‌ها نشان می‌دهد که میزان جذب بسته به تغییرهای دما در طول زمان تغییر می‌کند. از بین مواد طعمی تنها د-لمونن در PET به میزان ۴۷ نانو گرم بر سانتی متر مربع جذب شد که میزان ضریب جذب آن با افزایش دما از ۴ به ۴۰ درجه سانتی‌گراد، ده برابر افزایش می‌یابد و از $10^{-11} \times 6/94$ به $5/207 \times 10^{-11} m^2/s$ می‌رسد. همچنین برای تعیین اثر از دست رفتن مواد عطر و طعمی بر روی طعم نوشابه از آزمون چشایی نیز استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: جذب عطر و طعم، پلی اتیلن ترفتالات (PET)، میکرو استخراج با فاز جامد (SPME)، د-لمونن، مایرسین، آلفا-پینن.

KEY WORDS: Diffusion, Polyethylene terphthalat (PET), Solid phase microextraction (SPME), D-limonene, Myrecene, α -pinene.

مقدمه

عطر و طعم به دو دسته محلول در آب و نا محلول در آب تقسیم می‌شوند که منو - ترپنوئیدها جز دسته دوم هستند [۲]. پلی اتیلن ترفتالات^(۱) (PET) پلیمری است زنجیر بلند که به خانواده ترموپلاستیک‌های پلی استری نیمه بلوری تعلق دارد. PET از واکنش بین ترفتالیک اسید و گلیکول اتیلن تشکیل شده

یکی از نوشیدنی‌هایی که مصرف زیادی در دنیا دارد، نوشابه‌های گازدار غیر الکلی است، به طوری که به طور متوسط سالانه هر فرد ۲۶ لیتر نوشابه مصرف می‌کند [۱]. یکی از اصلی‌ترین ترکیب‌های هر نوشابه عطر و طعم آن است که از روی آن می‌توان به نوع و کیفیت نوشابه پی برد.

*عهده دار مکاتبات

+E-mail: emamj@ut.ac.ir

(۱) Polyethylene terephthalate

روش SPME تحقیق‌های فراوانی صورت گرفته است. بسیاری از تحقیقات در زمینه شناسایی هیدروکربن‌های آروماتیک چند حلقه‌ای و آفت‌کش‌ها صورت گرفته است، درحالی که در زمینه مواد غذایی تحقیقات بسیار کمی صورت گرفته است. در زمینه مواد غذایی عمده‌ترین تحقیقات صورت گرفته در مورد استخراج مواد عطر و طعمی از ماده غذایی است [۱۴-۱۶].

در این تحقیق میزان عطر و طعم نوشابه پرتقالی جذب شده به وسیله‌ی بطری PET در طول مدت نگهداری با روش SPME-GC اندازه‌گیری شد و اثر عوامل محیطی بر میزان جذب مورد بررسی قرار گرفت. از آنجایی که اسانس‌هایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند غیر قطبی هستند، در نتیجه SPME روش مناسبی برای انجام این تحقیق است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از نوشابه پرتقالی تهیه شده در آزمایشگاه مرکزی شرکت زمزم استفاده شده است. برای تهیه نوشابه شکر، سیتریک اسید، سدیم بنزوات و عصاره‌های پرتقالی را به نسبت مشخصی با هم مخلوط کرده و با استفاده از دستگاه نوشابه ساز مجهز به کربوکولر ساخت شرکت هوک (Hook) سوئیس در فشار ۳.۵psi و در دمای ۴ درجه سانتی گراد آب گاز دار به نوشابه اضافه می‌شود. عصاره پرتقالی شامل دو بخش است:

بخش الف: شامل اسانس پرتقالی، لاکتیک اسید، پتاسیم سوربات، پتاسیم بنزوات، سیتریک اسید و آب است. بخش ب: شامل رنگ کارموزین، رنگ سانسیت یلو، سیتریک اسید و آب است.

نوشابه‌های ذکر شده در بطری‌های PET به حجم ۳۰۰ میلی‌لیتر بسته‌بندی شده و سپس در سه شرایط دمایی متفاوت نگهداری شدند. دمای انتخابی برای نگهداری نوشابه‌ها سه دمای ۴، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد بود. ظروف PET مورد استفاده در این تحقیق، در کارخانه زمزم به روش قالب‌گیری به وسیله‌ی تزریق، کشیدن و دمیدن تولید شده است.

اسانس‌های مورد تجزیه

نوشابه پرتقالی در بخش عصاره خود دارای مخلوطی از اسانس‌های متفاوتی هستند که در هر دو واقع مخلوطی از این اسانس‌هاست که طعم خاص هر نوشابه را می‌سازند. در این تحقیق از سه اسانس د-لمونن، مایرسین و پینن استفاده شده است.

و دارای مقاومت خوبی در برابر گاز، مواد فرار عطری و چربی است [۳]. بر همکنش‌های بین ماده بسته‌بندی و ماده غذایی به سه دسته نفوذ، مهاجرت و جذب تقسیم می‌شود که پدیده جذب به جذب یک ترکیب از ماده غذایی به داخل پلیمر گفته می‌شود. امروزه برای بسته‌بندی نوشابه‌های گازدار غیر الکلی از مواد پلاستیکی به‌ویژه PET استفاده زیادی می‌شود. زیرا این مواد مقاومت خوبی در برابر از دست رفتن کربن دی‌اکسید از خود نشان می‌دهند [۴].

بیشتر مطالعاتی که روی PET صورت گرفته است، بر مهاجرت مواد مونومری متفاوت از آن به درون ماده غذایی است. مونارکا و همکارانش در سال ۱۹۹۴ میلادی روی مهاجرت استالدهید، دی‌متیل ترفتالات و ترفتالیک اسید از PET به نوشیدنی‌های کربناتی مطالعه کرده و نشان دادند که میزان مهاجرت این مواد در حد بسیار پایین است [۵].

ناراکا و همکارانش در سال ۲۰۰۲ میلادی ترکیب‌های کربونیلی متفاوتی مانند د-استن، فرمالدهید و استالدهید را در آب‌های بسته‌بندی شده در بطری‌های PET شناسایی کردند [۶]. بیسکاردی و همکارانش در سال ۲۰۰۳ میلادی روی میزان خاصیت سرطان‌زایی ترکیب‌هایی که از PET به درون آب معدنی مهاجرت می‌کنند مطالعه کردند و نشان دادند که ترکیب‌هایی مانند استالدهید و دی‌متیل ترفتالات دارای خاصیت سرطان‌زایی هستند [۷]. مطالعات چندی نیز در زمینه نفوذپذیری مواد متفاوت در مواد بسته‌بندی صورت گرفته است [۸ و ۹].

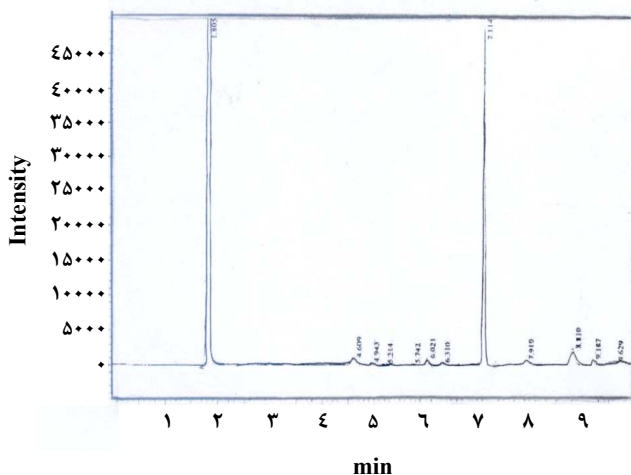
میلر و همکارانش در سال ۱۹۹۸ میلادی روی میزان نفوذپذیری د-لمونن در فیلم‌های خوراکی مطالعه کردند [۱۰]. ویلیج در سال ۲۰۰۰ میلادی معنی‌دار بودن اثر بافت و نوع ماده غذایی را روی میزان جذب عطر و طعم به داخل پلیمر بررسی کرد [۱۱ و ۱۲].

تاگو و همکارانش در سال ۲۰۰۴ میلادی نشان دادند که با جذب د-لمونن به داخل پلیمرهای متفاوت میزان نفوذ گازهایی چون اکسیژن و کربن دی‌اکسید در PET افزایش می‌یابد [۱۳]. روش‌های متفاوتی در مورد اندازه‌گیری مواد با غلظت کم وجود دارد که یکی از دقیق‌ترین آنها روش میکرو استخراج با فاز جامد^(۱) (SPME) است.

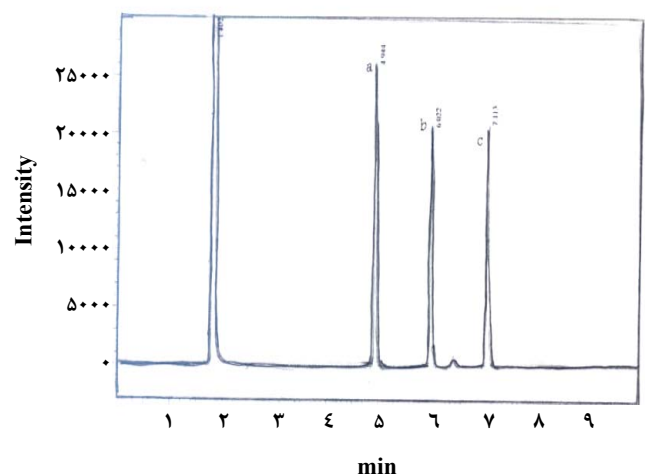
نخستین بار در سال ۱۹۸۷ میلادی، پائولیزین و لو برای تزریق کامل ترکیب‌های با نقطه جوش بالا به داخل سیستم کروماتوگرافی گاز^(۲) (GC) این روش را ابداع کردند که با استفاده از فیبرهای نوری صورت گرفت. از سال ۱۹۹۰ میلادی تا کنون به‌وسیله‌ی

(۱) Solid-phase microextraction-gas chromatography

(۲) Gas chromatography



شکل ۲- کروماتوگرام نوشابه پرتقالی (a: آلفا-پینن، b: مایرسین، c: د-لمونن، پیک نخست مربوط به حلال است).



شکل ۱- کروماتوگرام تزریق مستقیم استاندارد در اتانول (a: آلفا-پینن، b: مایرسین، c: د-لمونن، پیک نخست مربوط به حلال است).

در ادامه با حل کردن مقدار مشخصی از نوشابه در حلال اتانول و تزریق مستقیم آن به دستگاه، میزان هر یک از اسانس‌های د-لمونن، مایرسین و آلفاپینن در نوشابه پرتقالی تازه تولید شده اندازه‌گیری شد (شکل ۲). با مقایسه شکل‌های ۱ و ۲ نوع و غلظت اسانس‌ها تعیین شد.

در مرحله بعدی میزان اسانس‌های نفوذ کرده به داخل PET به این صورت اندازه‌گیری شد که پس از خارج کردن نوشابه در فاصله‌های زمانی معین، قسمتی از بدنه PET را با قیچی بریده و سپس با استفاده از یک دستگاه پرس دست ساز از قسمت بریده شده PET، فیلمی با ابعاد ۴ میلی‌متر در ۲۵ میلی‌متر به دست آمد. فیلم PET مذکور ۴ بار و هر بار به مدت ۵ ثانیه در آب مقطر غوطه ور شد.

در ادامه فیلم PET را در ظرف نمونه‌برداری به حجم ۴ میلی‌لیتر قرار داده و درب ظرف که یک سپتوم است بسته شد و بلافاصله SPME به وسیله‌ی این درب سپتومی وارد ظرف شده و به مدت ۸ ساعت در فضای فوقانی ظرف قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که SPME نیم ساعت قبل از اینکه به ظرف وارد شود در درجه تزریق دستگاه کروماتوگرافی گازی در معرض دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد تا بدین طریق همه آلودگی‌ها از بین بروند.

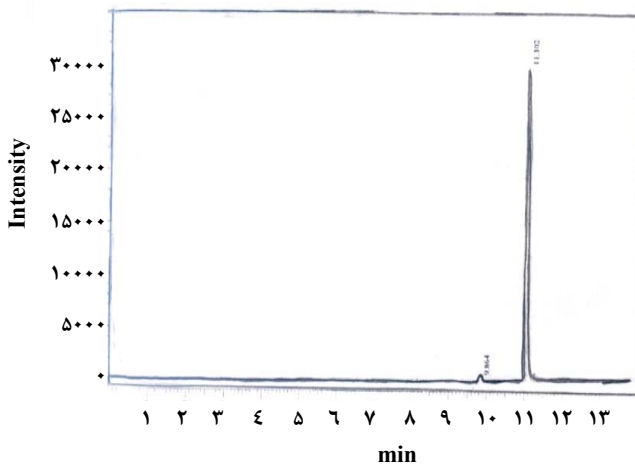
پس از خارج کردن SPME از ظرف حاوی نمونه، بلافاصله به دستگاه کروماتوگرافی گازی با همان شرایطی که ذکر شد تزریق شده است. در این تحقیق از SPME با پوشش کربن فعال استفاده شده است [۱۷].

غلظت سه اسانس د-لمونن، مایرسین و آلفاپینن بر حسب میلی‌گرم در لیتر در نوشابه پرتقالی به ترتیب ۰/۴۸، ۰/۲۶/۵۰ و ۰/۱۵ است. این اسانس‌ها جزو گروه منوترپنوهیدها با فرمول شیمیایی آن $C_{10}H_{16}$ هستند. برای تهیه کروماتوگرم‌های استاندارد نمونه‌های خالص این اسانس‌ها از شرکت مرک آلمان خریداری شدند.

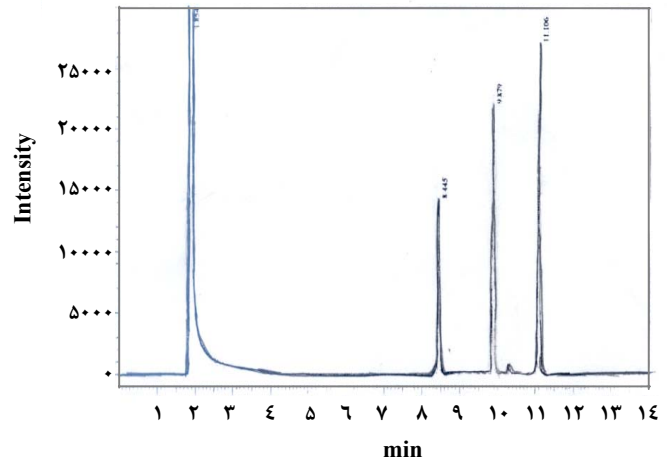
روش اندازه‌گیری اسانس

برای اندازه‌گیری میزان اسانس جذب شده به داخل PET از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل GC-۲۰۱۰ ساخت شرکت Shimadzu ژاپن استفاده شد که این دستگاه با ستون: 0.25μ split/splitless (DB-۵ (SE-۵۲) $L=30m$, $ID=0.22mm$) مجهز به آشکارساز یونش شعله‌ای (FID) و دریچه تزریق split/splitless است. در همه بررسی‌ها گاز هلیوم با خلوص ۹۹.۹۹ درصد و با سرعت ۳۰ درجه سانتی‌گراد در ثانیه به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. دمای تزریق ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بوده و دمای ستون با روند افزایشی ۱۵ به ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد.

برای اندازه‌گیری میزان اسانس در نوشابه، در ابتدا مخلوطی از اسانس‌های خالص را به همراه حلال مخلوط کرده و به دستگاه تزریق شد، که این کار برای شناسایی پیک‌های اسانس‌های موجود در نوشابه انجام شده است و نتیجه کروماتوگرام در شکل ۱ آمده است. نتیجه‌های آزمایش‌ها بر حسب سطح زیر منحنی به دست آمده که برای تبدیل این عددها به مقادیر قابل مقایسه از منحنی کالیبره شدن استفاده شده است که معادله کالیبره شدن $y=9163x+8115$ است.



شکل ۴- کروماتوگرام اسانس های جذب شده در PET در نوشابه پرتقالی در دمای ۴ درجه سانتی گراد (پیک د: د-لمون).



شکل ۳- کروماتوگرام اندازه گیری استانداردها در اتانول به وسیلهی SPME (a: آلفا-پینن، b: مایرسین، c: د-لمون، پیک نخست مربوط به حلال است).

نتیجه‌های به‌دست آمده با نتیجه‌های گزارش شده توسط کاتکول مطابقت دارد [۱۹]. همان‌طور که گفته شد، هدف شناسایی سه اسانس د-لمون، مایرسین و آلفاپینن بوده است که پس از مطالعه کروماتوگرام‌های به‌دست آمده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مشاهده شده است که تنها اسانسی که به‌وسیلهی این روش در PET قابل شناسایی بوده است فقط د-لمون است. در صورتی که بخواهیم سرعت عبور مایرسین، آلفاپینن و سایر اسانس‌ها را در مطالعه کنیم باید از محیط‌های ساختگی استفاده کنیم که در آن‌ها میزان بالایی از این اسانس‌ها به‌کار برده می‌شود.

اندازه‌گیری مقدار اسانس‌های جذب شده در PET

شکل ۳ کروماتوگرام اندازه‌گیری استانداردها را به‌وسیلهی SPME نشان می‌دهد. در این قسمت به علت عدم امکان نشان دادن تمام کروماتوگرام‌های مربوط به جذب اسانس‌های جذب شده در داخل PET در دما و زمان‌های متفاوت، یک نمونه از کروماتوگرام مربوط به جذب در ۴ درجه سانتی‌گراد در زمان ۵۰ ساعت در شکل ۴ نشان داده شده است. پس از انجام تمام آزمایش‌ها در زمان و دماهای متفاوت، نتیجه‌ها به صورت منحنی رسم شدند که در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین سرعت و مقدار جذب در چند روز اول مربوط به دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، به‌طوری‌که در این دما میزان جذب به سرعت به حداکثر مقدار خود می‌رسد و به

روش آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کامل تصادفی در دو تکرار انجام شده و نتیجه‌ها با مقایسه میانگین دانکن دو طرفه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

آزمون چشایی

در این تحقیق نوشابه‌ها پس از نگهداری در دماهای ۴، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه ماه کدبندی شدند و در اختیار گروه پانل قرار گرفتند تا دو ویژگی عطر و طعم آنها مورد ارزیابی قرارگیرد. آزمون چشایی به‌وسیلهی یک گروه شامل ۱۲ نفر ارزیاب نیمه حرفه‌ای به روش تک چشایی و با پرسشنامه‌ای تنظیم شده به صورت هدونیک انجام شد. پاسخ‌ها بر اساس خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد (+۳ تا -۳ امتیاز) رده‌بندی شده و نتیجه‌های به‌دست آمده با استفاده از جدول‌های تجزیه واریانس و محاسبه عدد LSD مورد بررسی قرار گرفتند [۱۸].

نتایج و بحث

شکل ۲ کروماتوگرام مربوط به تزریق مستقیم نوشابه پرتقالی به دستگاه گاز کروماتوگرافی است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود به‌علت اینکه به‌طور مستقیم از نوشابه نمونه برداری شده است پیک‌های متفاوتی وجود دارند. نخستین منحنی مربوط به حلال است. بیشترین غلظت در بین اسانس‌ها مربوط به د-لمون است که در زمان ۷/۱۱۴ دقیقه ظاهر شده است.

جذب شده به داخل نمونه برمی‌گردد و مقداری از آن نیز از PET عبور کرده و وارد محیط می‌شود. در حالی که در نمونه ۲۵ درجه سانتی‌گراد این عمل دیرتر دیده شده و در ۴ درجه سانتی‌گراد دیده نمی‌شود.

محاسبه ضریب جذب

برای محاسبه ضریب جذب، شیب قسمت بالارونده هریک از منحنی‌ها در هر سه دما حساب می‌شود. قسمت بالارونده شیب این خط نشان‌دهنده شار عبوری د - لمونن است. همچنین با استفاده از قانون نخست فیک $J = -D \partial C / \partial X$ ضریب جذب حساب می‌شود. در این رابطه D ضریب جذب، J شار عبوری، ∂C تغییرهای غلظت که در اینجا به علت این که تغییرهای غلظت بسیار کم است از غلظت اولیه اسانس در نوشابه استفاده می‌شود و ∂X ضخامت PET است. نتیجه‌ها در جدول ۱ ارایه شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار جذب مربوط به دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. ضریب جذب به دما بستگی داشته و از رابطه زیر پیروی می‌کند:

$$D = D_0 \exp(-E_a/RT)$$

این قانون نشان می‌دهد که ضریب جذب با دما رابطه نمایی دارد و با افزایش دما ضریب جذب افزایش می‌یابد. نتیجه‌های به‌دست آمده با نتیجه‌های عرب تهرانی و همکاران که در مورد جذب مواد آروماتیک در بسته‌بندی‌های متفاوت است هم‌خوانی دارد [۲۰].

نتیجه‌های آزمون چشایی

عطر

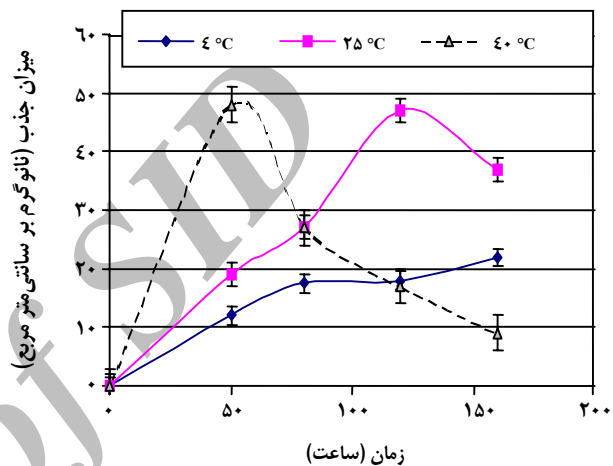
با جمع‌بندی اعداد به دست آمده از پرسشنامه‌ها و تشکیل جدول تجزیه واریانس برای صفت عطر، مشخص شد که در سطح ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری بین عطر موجود در نوشابه در سه دمای متفاوت وجود دارد. با محاسبه عدد LSD و مقایسه با جدول ۱ نشان داده شده که بین دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی هر دو با ۴۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری دارند (شکل ۶).

طعم

همان‌طور که در شکل ۷ ملاحظه می‌شود، به طور مشابهی برای طعم مشخص شد که در هر دو سطح ۹۹ و ۹۵ درصد بین

جدول ۱- ضریب جذب د - لمونن در PET در دماهای متفاوت در نوشابه پرتقالی.

درجه حرارت نگه‌داری نوشابه	ضریب جذب
۴ درجه سانتی‌گراد	$6/94 \times 10^{-12} M^2/S$
۲۵ درجه سانتی‌گراد	$1/735 \times 10^{-11} M^2/S$
۴۰ درجه سانتی‌گراد	$5/207 \times 10^{-11} M^2/S$

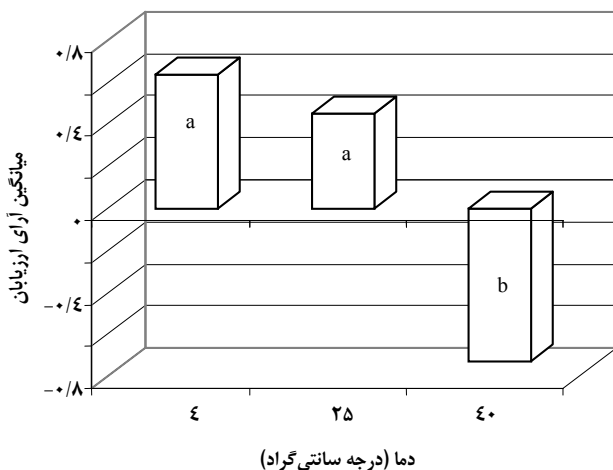


شکل ۵ - جذب د - لمونن در نوشابه پرتقالی در دماها و زمان‌های متفاوت.

همان سرعت نیز مقدار جذب در داخل PET کم می‌شود. در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در زمان دیرتری جذب به ماکسیمم مقدار خود می‌رسد و بعد کاهش می‌یابد و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد روند تغییرها آهنگ آهسته تری نسبت به دو دمای دیگر دارد و در این مدت منحنی هنوز به ماکسیمم مقدار خود نرسیده است.

ضریب‌های محاسبه شده به وسیله عرب تهرانی و همکاران در مورد مواد آروماتیک نیز ارتباط آرنیوسی ضریب جذب و دما را تایید می‌کند [۲۰]. همچنین نتیجه‌های مشابه در مورد جذب د - لمونن در فیلم‌های حاصل از پروتئین آب پنیر توسط میلر و همکارانش مشاهده شده است، ولی در مورد جذب از محیط نوشابه به مواد بسته‌بندی و به ویژه PET تا کنون گزارشی مشاهده نشده است [۱۰].

در نمودارهای جذب د - لمونن ملاحظه شده است که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد مقدار جذب در ۲ روز نخست به مقدار قابل توجهی نسبت به ۲ دمای دیگر بالا می‌باشد و بلافاصله پس از رسیدن به ماکسیمم، افت شدیدی در جذب دیده می‌شود و آنچه



شکل ۷- مقایسه میانگین آرای ارزیابان در مورد صفت طعم در سه دمای متفاوت، پاسخ‌ها بر اساس خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد (۳+ تا ۳- امتیاز) رده بندی شده و حروف یکسان به معنای عدم وجود تفاوت معنی دار است.

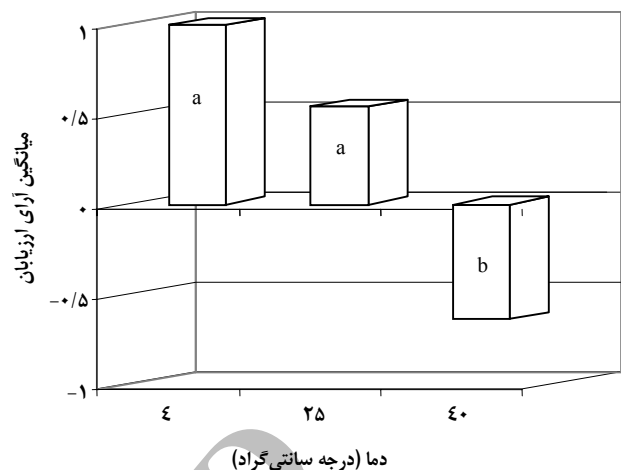
کاهش می‌یابد (۱ درصد C.V). نتیجه‌های آزمون چشایی نیز این موضوع را ثابت می‌کند، به طوری که ملاحظه شد میزان عطر و طعم در نوشابه‌های نگاهداری شده در دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد با عطر و طعم نوشابه نگاهداری شده در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری دارند.

در نهایت استفاده از SPME روش مناسب و قابل قبولی برای اندازه‌گیری مواد در حد میکرو داخل ماده‌ای هستند و استفاده از این فن رو به گسترش است و محدودیت استفاده از این روش به این علت است که در حال حاضر با این روش فقط می‌توان مواد غیرقطبی تا کمی قطبی را شناسایی و اندازه‌گیری کرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از شرکت زمزم ایران به واسطه تامین هزینه‌های اجرایی این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

تاریخ دریافت: ۱۴/۲/۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴/۱۲/۲۲



شکل ۶- مقایسه میانگین آرای ارزیابان در مورد صفت عطر در سه دمای متفاوت، پاسخ‌ها بر اساس خیلی خوب، خوب، متوسط، بد و خیلی بد (۳+ تا ۳- امتیاز) رده بندی شده و حروف یکسان به معنای عدم وجود تفاوت معنی دار است.

طعم نوشابه‌های نگاهداری شده در سه دمای متفاوت، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. مشخص شد که بین دو دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ولی طعم هر دو نوشابه با نوشابه نگاهداری شده در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری دارد. با توجه به نتیجه‌های به دست آمده از گروه ارزیاب و روش کروماتوگرافی می‌توان نتیجه گرفت که نگاهداری نوشابه در دمای بالا باعث کاهش محسوس عطر و طعم می‌شود.

نتیجه‌گیری نهایی

پدیده جذب به داخل PET یک پدیده اگزوترمیک است. با افزایش دما ضریب تفکیک عطر و طعم بین PET و نوشابه افزایش می‌یابد و در نتیجه برای برقراری تعادل مقداری از د - لمون جذب شده به داخل نوشابه برگشت داده می‌شود و مقداری از آن از PET عبور می‌کند. از طرفی با افزایش دما اسانس‌ها تخریب می‌شوند و در نتیجه با گذشت زمان میزان جذب د- لمون در دمای بالا به طور معنی‌داری

مراجع

- [1] Ashurst, P.R., Introduction In: "The Chemistry and Technology of Soft Drinks and Fruit Juices", Ashurst, P.R. (Ed.), Sheffield Academic Press Ltd., England, pp.1-15(1998).
- [2] Wright, S. Essential oils In: "Food Flavorings", Ashurst, P.R.(Ed.), Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland, USA, pp.10-20 (1999).

- [3] Brancsch, J., Pringer, O., Characteristics of plastic material In: "Plastic Packaging Materail for Food", Baner, A.L. and Pringer (Eds.), Wiley-VCH, Weinhein, Germany, pp.9-37(2000).
- [4] Brooks, D.W. and Giles, G.A., Introduction In: "PET Packaging Technology", Brooks, D.W. and Giles, G.A.(Eds.), Shffield Academic Press Ltd, Sheffield, England pp.10-40(2002).
- [5] Monarca, S., De Fusco, R., Biscardi, D., De Feo, V., Pasquini, R., Fatigoni, C., Moretti, M., and Zanardini, A., *Water Research*, **32**, p. 783 (1994).
- [6] Nawrocki, J., Dabrowska, A. and Borcz, A., *Water Research*, **36**, p.4893 (2002).
- [7] Biscardi, D., Monaraca, S., De Fuco, R., Senatore, F., Poli, P., Buschini, A., Rosii, C., and Zani, C., *The Science of the Total Environment*, **302**, p.101 (2003).
- [8] Sadler, G., Parish, M., Van Clief, D. and Davis, J., *Lebensm-wiss U. Technologie*, **30**, p.686 (1997).
- [9] Lewis, E.L.V., Duckett, R.A., Ward, I.M., Fairclough, J.P.A. and Ryan, A.J., *Polymer*, **44**, p.1631 (2003).
- [10] Miller, K.S. and Krochita, J.M., *J. Food Sci.*, **63**(2), p. 244 (1998).
- [11] Van Willage, R.W.G., *J. Food Sci.*, **80**, p.1790 (2000).
- [12] Van Willage, R.W.G., *J. Food Sci.*, **80**, p.1779 (2000).
- [13] Tagwa, J., Kanno, T., Horiuch, J., and Kobayashi, M., *J. Membrane Sci.*, **188**, p. 39 (2001).
- [14] Cai, J., Liu, B. and Su, Q., *J. Chromatography A.*, **930**, p.1 (2001).
- [15] Matisova, E., Medvedova, M., Vraniakova, J. and Simon, P., *J. Chromatography A.*, **960**, p. 159 (2002).
- [16] Ezquerro, O., Pans, B. and Tena, M. T., *J. Chromatography A.*, **963**, p. 381 (2002).
- [17] Pawliszyn, J., Solid Phase Microextraction, John Wiley & Sons Inc., N.Y. pp.12-47(1997).
- [18] Carpenter, R.P., Lyon, D.H. and Hasdell, T.A., Guidelines for Sensory Analysis In: "Food Product Development And Quality Control", Second Ed. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, pp. 41-51 (2000).