

بررسی میزان تغییرات ضریب فعالیت لیمون در سیستم‌های مدلی نوشابه‌های پرتقالی با استفاده

از مدل ترمودینامیکی Dortmund-UNIFAC

حسین میرسعیدقازی^{۱*} - زهرا امام جمعه^۲

تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۸

چکیده

لیمون طعم شاخص نوشابه‌های پرتقالی می باشد که حفظ آن در افزایش بازاریابی آب میوه موثر خواهد بود. در این تحقیق اثر سه پارامتر جزء مولی، زمان و گاز CO₂ بر میزان ضریب فعالیت لیمون در سیستم‌های مدلی نوشابه‌های پرتقالی با استفاده از مدل ترمودینامیکی Dortmund-UNIFAC و بعد از تعیین پارامترهای مدل، مدل‌سازی گردید. نتایج نشان داد که افزایش جزء مولی باعث کاهش ضریب فعالیت خواهد شد. همچنین در زمان نگهداری ۳۰ روز مقدار ضریب فعالیت لیمون کمینه خواهد بود و قبل و بعد از آن افزایش نشان خواهد داد. ورود CO₂ به سیستم نوشابه باعث کاهش بیشتر ضریب فعالیت لیمون شد.

واژه‌های کلیدی: نوشابه، ترمودینامیک، UNIFAC، لیمون، ضریب فعالیت

مقدمه^۱

نوشابه‌ها جزء مواد غذایی پرمصرف در سطح دنیا می باشند. از میان انواع گوناگون نوشابه‌های موجود نوع پرتقالی آن از پذیرش قابل توجهی در سطح دنیا برخوردار است. بسته بندی‌های مختلفی برای محافظت از این نوع نوشیدنی‌ها بکار می رود که یکی از پرمصرف‌ترین آن‌ها قوطی‌های آلومینیومی می باشد. وظیفه اصلی بسته بندی محافظت ماده غذایی در برابر تغییرات نامطلوب است. یکی از این تغییرات، تغییراتی است که در طعم ماده غذایی ایجاد می‌گردد. از جمله این آن‌ها کاهش میزان طعم ماده غذایی بر اثر جذب آن توسط لاک قوطی آلومینیومی است. به مرور زمان با سرعتی که به میزان دما بستگی دارد این طعم در محیط ماده غذایی کاهش می‌یابد (میرسعیدقازی و همکاران، ۱۳۸۴). بر اثر کاهش این طعم میزان ضریب فعالیت طعم نیز تغییر می‌کند که با دانستن روند آن می‌توان به روند کاهش طعم در دما و زمان‌های گوناگون پی برد. مطالعات مختلفی در زمینه اثر عوامل مختلف بر روی کاهش طعم

در نوشابه‌ها و آبمیوه جات انجام شده است. González و همکاران (۲۰۰۷) اثر عواملی نظیر نوع شیر، غلظت نشاسته و وجود یا عدم وجود کاپاکاراگینان را بر آزاد شدن طعم در دسر توت فرنگی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که کاپاکاراگینان اثری بر آزاد شدن طعم ندارد، اما نشاسته باعث افزایش آزاد شدن طعم می‌گردد. همچنین نوع شیر نیز بر آزاد شدن طعم موثر بود. Sheung و همکاران (۲۰۰۷) ضریب نفوذ ترکیبات طعمی آب پرتقال را به درون ماده بسته بندی آن به صورت تابعی از زمان با استفاده از روش حل عددی مدل‌سازی ریاضی نمودند و نشان دادند که ضریب نفوذ د- لیمون و آلفاپینن در طول زمان تغییر نمی‌نماید، اما این مقدار برای اتیل بوتیرات و اکتانال متفاوت خواهد بود. Hofmann و همکاران (۲۰۰۱) اثر ملانوتیدین موجود در قهوه را بر مواد فرار طعمی نوشیدنی‌های قهوه مدل‌سازی نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزودن ملانوتیدین به نوشیدنی باعث کاهش طعم‌های اصلی آن شد، اما آلدئیدها تحت تاثیر آن قرار نگرفتند. بررسی این مطالعات و تحقیقات مشابه آن نشان می‌دهد که استفاده از مدل‌های ترمودینامیکی به عنوان ابزاری قدرتمند برای پیش بینی حفظ طعم در مواد غذایی بخصوص در نوشیدنی‌ها تاکنون مورد توجه محققین قرار نگرفته است.

هدف از این تحقیق استفاده از مدل ترمودینامیکی مناسب برای

۱ و ۲- به ترتیب استادیار گروه فناوری صنایع غذایی پردیس اهوریحان دانشگاه تهران و استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

(Email: mirsaeed@ut.ac.ir)

(*- نویسنده مسئول)

$$\ln \gamma_i^c = \ln \frac{\phi_i^c}{x_i} + \frac{z}{2} q_i \ln \frac{\phi_i^c}{\phi_i} + L_i - \frac{\phi_i^c}{x_i} \sum_j^N x_j L_j \quad (2)$$

که در آن

$$\phi_i' = \frac{x_i r_i^{3/4}}{\sum_j x_j r_j^{3/4}} \quad (3)$$

قسمت باقیمانده ضریب فعالیت توسط رابطه ۴ محاسبه خواهد شد.

$$\ln \gamma_i^R = \sum V_i (\ln \Gamma_k - \ln \Gamma_k^i) \quad (4)$$

برای محاسبه Γ_i نیاز به محاسبه Ψ (ترم دمای مدل Dortmund-UNIFAC) داریم که اختلاف مدل Dortmund-UNIFAC با مدل UNIFAC اولیه در همین پارامتر است؛ در مدل اصلاح شده مذکور مقدار این پارامتر با رابطه ۵ بدست خواهد آمد.

$$\Psi_{nm} = \left[-\frac{a_{nm} + b_{nm}T + c_{nm}T^2}{T} \right] \quad (5)$$

که در آن پارامترهای a ، b و c پارامترهای برهم‌کنش‌های گروهی بین گروه‌های اصلی m و n در مولکول مورد بحث بوده و T دمای مطلق می‌باشد. بقیه قسمت‌های مدل جدید همانند مدل UNIFAC اولیه است (Prausnitz *et al.*, 1999).

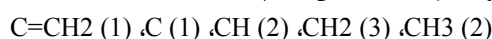
شکست D-Limonene

در ابتدا باید تکه‌های گوناگونی که در اثر شکست لیمونن حاصل می‌گردند را تعیین نماییم. لیمونن نوع D دارای ساختاری مانند شکل ۱ است.



شکل ۱- ساختار شیمیایی D- لیمونن

با شکستن این مولکول تکه‌های زیر حاصل می‌گردد (اعداد روبروی هر تکه مقدار آن است):



این تکه‌ها در اثر شکست مولکول حاصل می‌گردد و برهم‌کنش آنها با هم تولید پارامترهای a_{nm} و b_{nm} می‌نماید. مقادیر پارامتر a_{nm} در جدول ۱ نشان داده شده است (Gmehling *et al.*, 1998). جداول ۲ و ۳ نیز به ترتیب مقادیر b_{nm} و c_{nm} را نشان می‌دهد (Gmehling *et al.*, 1998).

پیش بینی تغییرات ضریب فعالیت طعم شاخص در زمان‌های مختلف و همچنین اثر تغییرات جزء مولی ناشی از اثر دما بر ضریب فعالیت لیمونن به عنوان طعم شاخص است.

مواد و روش‌ها

اندازه‌گیری لیمونن

به منظور تعیین میزان غلظت لیمونن در نمونه‌ها از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) ساخت شرکت Perkin-Elmer مدل ۸۳۲۰ استفاده شد، که دارای ستون کاپیلاری نوع Elite-Wax (Crossbond-PEG) بود. طول ستون ۳۰ متر و قطر داخلی و فاصله ذرات داخلی به ترتیب ۰/۳۲ میلی‌متر و ۰/۲۵ میکرومتر بودند. آشکارگر دستگاه از نوع آشکارگر یونیزاسیون شعله ای (FID) بوده است.

اندازه‌گیری ضریب فعالیت

طعم شاخص نوشابه‌های پرتقالی D-Limonene می‌باشد (Högnadóttir *et al.*, 2003; Orav *et al.*, 2001). برای محاسبه ضریب فعالیت لیمونن در دماها و زمان‌های گوناگون نیاز به مدل ترمودینامیکی مناسبی است. از آنجایی که سیستم مد نظر، سیستمی دو جزئی حاوی آب و لیمونن می‌باشد، از مدل‌هایی استفاده می‌شود که برای ترکیبات دوتایی ساخته شده است. در تحقیقی که بر روی آلفاپین انجام شد، نشان داده شد که مدل UNIFAC اصلاح شده ای می‌تواند برای تمام مونوترپنوئیدها استفاده گردد، که از جمله این مونوترپنوئیدها لیمونن است. این مدل اصلاح شده Dortmund-UNIFAC نام دارد (Batiu, 2004).

مدل Dortmund-UNIFAC

در مدل UNIFAC ضریب فعالیت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌گردد.

$$\ln \gamma_i^c + \ln \gamma_i^R = \ln \gamma_i \quad (1)$$

که در آن γ_i^c در برگیرنده ترکیب مولکولی و خصوصیات ساختمانی است که خود تابعی است از جزء مولی، جزء حجمی و جزء سطحی (یعنی اختلاف در اندازه و شکل مولکول را نشان می‌دهد) و بخش γ_i^R در برگیرنده ترکیب گروه‌ها، ساختار گروه‌ها و انرژی برهم‌کنش بین گروه‌ها (اثر برهم‌کنش انرژی بین گروه‌ها) می‌باشد.

مقدار $\ln \gamma_i^c$ با استفاده از مدل اصلاح شده Dortmund-UNIFAC و از رابطه ۲ بدست می‌آید.

جدول ۱- مقادیر a_{nm} حاصل از برهم‌کنش تکه‌های مختلف حاصل از شکست مولکول D-لیمون

| a_{nm} | CH3 | CH2 | CH | C | C=CH2 |
|----------|-------|------|--------|-------|--------|
| CH3 | . | . | . | . | -۱۱۷/۱ |
| CH2 | . | . | . | . | ۲/۴۰۶ |
| CH | . | . | . | . | ۱۳۴/۶ |
| C | . | . | . | . | -۱۰۷/۱ |
| C=CH2 | ۱۷۰/۹ | ۶۰/۲ | -۲/۶۱۹ | ۱۹۱/۵ | . |

جدول ۲- مقادیر b_{nm} حاصل از برهم‌کنش تکه‌های مختلف حاصل از شکست مولکول D-لیمون

| b_{nm} | CH3 | CH2 | CH | C | C=CH2 |
|----------|---------|--------|-------|---------|---------|
| CH3 | . | . | . | . | ۰/۵۴۸۱ |
| CH2 | . | . | . | . | -۰/۱۸۸۲ |
| CH | . | . | . | . | -۱/۲۳۱ |
| C | . | . | . | . | ۰/۲۵۶۴ |
| C=CH2 | -۰/۸۰۶۲ | ۰/۱۵۶۵ | ۱/۰۹۴ | -۰/۵۵۶۱ | . |

جدول ۳- مقادیر c_{nm} حاصل از برهم‌کنش تکه‌های مختلف حاصل از شکست مولکول D-لیمون

| c_{nm} | CH3 | CH2 | CH | C | C=CH2 |
|----------|---------|-----|----------|---|----------|
| CH3 | . | . | . | . | -۰/۰۰۰۹۸ |
| CH2 | . | . | . | . | . |
| CH | . | . | . | . | ۰/۰۰۱۴۹ |
| C | . | . | . | . | . |
| C=CH2 | ۰/۰۰۱۲۹ | . | -۰/۰۰۱۵۶ | . | . |

جدول ۴- جزء مولی D-لیمون در دماها و زمان‌های مختلف

| زمان | جزء مولی D-لیمون | | |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | ۴ درجه سانتی‌گراد | ۲۵ درجه سانتی‌گراد | ۴۰ درجه سانتی‌گراد |
| ۰ | $۳/۶ \times ۱۰^{-۵}$ | $۳/۶ \times ۱۰^{-۵}$ | $۳/۶ \times ۱۰^{-۵}$ |
| ۳ | $۲/۹ \times ۱۰^{-۵}$ | $۳/۴ \times ۱۰^{-۵}$ | $۳/۴ \times ۱۰^{-۵}$ |
| ۱۰ | $۱/۶ \times ۱۰^{-۵}$ | $۲/۲ \times ۱۰^{-۵}$ | $۲/۷ \times ۱۰^{-۵}$ |
| ۳۰ | . | . | . |
| ۴۳ | . | $۳/۴ \times ۱۰^{-۵}$ | $۲/۹ \times ۱۰^{-۵}$ |

محاسبه جزء مولی

برای محاسبه جزء مولی ابتدا مقدار D-limonene در دما و زمان‌های مختلف در هر لیتر از مطالعه قبلی نویسندگان بدست آمد. سپس با توجه به اینکه وزن مولکولی D-limonene برابر با ۱۳۶/۲۳ می‌باشد و با استفاده از رابطه ۶ جزء مولی لیمون در دماها و زمان‌های مختلف بدست آمد.

$$X = \frac{n_1}{n_w + n_1} \quad (۶)$$

که در آن X ، n_1 و n_w به ترتیب جزء مولی لیمون، تعداد مول لیمون و تعداد مول آب می‌باشند. نتایج در جدول ۴ آورده شده است. در محاسبات انجام شده نمونه‌ها، عاری از CO_2 بوده و سیستم دو جزئی در نظر گرفته شد. در ادامه نمونه‌ها را حاوی CO_2 در نظر گرفته و سیستم را سه جزئی قرار داده و مقادیر جدید ضریب فعالیت محاسبه شد. بنابر تحقیقات انجام شده در مورد CO_2 این ترکیب به عنوان ترکیبی یک تکه در مدل UNIFAC اصلاح شده در نظر گرفته شد و به عنوان جزء سوم از آن یاد گردید (da Silva *et al.*, 2004).

نتایج و بحث

نمونه های بدون گاز

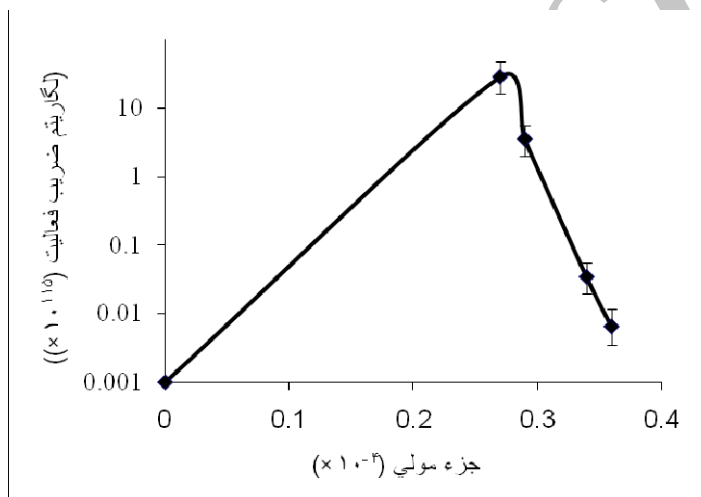
با انجام محاسبات لازم برای نمونه نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد تغییرات ضریب فعالیت لیمونن نسبت به جزء مولی را می‌توان در شکل ۲ مشاهده نمود.

همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش جزء مولی لیمونن میزان ضریب فعالیت آن کاهش خواهد داشت و تنها در نبود لیمونن ضریب فعالیت آن صفر خواهد بود. بررسی تغییرات زمانی ضریب فعالیت لیمونن در نوشابه های پرتقالی شکل ۳ را حاصل می‌نماید.

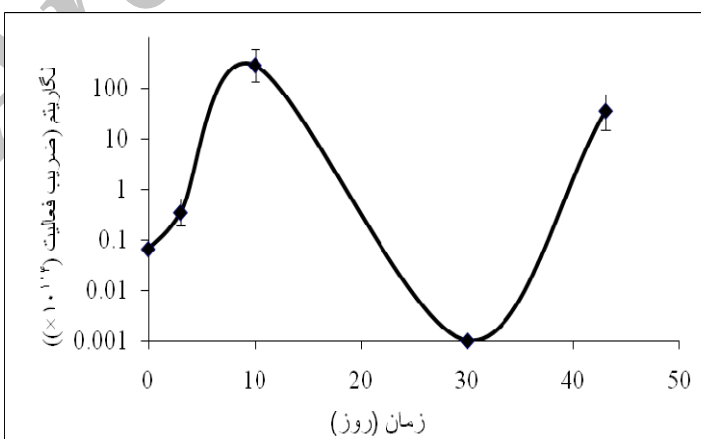
همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود تا زمان ۱۰ روز ضریب فعالیت افزایش خواهد داشت، زیرا طبق مطالعات قبلی نویسندگان مقاله جذب ترکیبات به درون بسته بندی زیادتر خواهد شد. به عبارتی

دیگر مقدار لیمونن در محیط نوشابه کاهش خواهد داشت (میرسعیدقازی و همکاران، ۱۳۸۴). از آنجایی که ضریب فعالیت با جزء مولی رابطه‌ای عکس دارد، این ضریب افزایش خواهد داشت (Prausnitz *et al.*, 1999).

در زمان ۳۰ روز مقدار ضریب فعالیت به صفر می‌رسد، زیرا مطالعات نشان داده که جزء مولی این ترکیب در آن زمان حدود صفر است و در حقیقت فعالیت معنا نخواهد داشت. به عبارت دیگر مطالعات قبلی نویسندگان نشان داده بود که در این زمان بیشترین جذب ترکیبات طعمی توسط بسته بندی اتفاق خواهد افتاد و پس از آن دوباره مقداری از طعم جذب شده به داخل نوشابه برخواهد گشت (میرسعیدقازی و همکاران، ۱۳۸۴).



شکل ۲- تغییرات ضریب فعالیت لیمونن نسبت به جزء مولی در نمونه نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد



شکل ۳- تغییرات ضریب فعالیت لیمونن نسبت به زمان در نمونه نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد

به تمامی نمونه‌ها گاز CO₂ اضافه شد و در دماهای گوناگون نگهداری شد تا اثر توام دما و گاز نیز بر لیمون بررسی شود. جدول ۷ نشان دهنده تغییرات ضریب فعالیت نمونه‌های حاوی گاز نسبت به جزء مولی می باشد.

مطالعه تغییرات ضریب فعالیت نسبت به زمان در نمونه‌های حاوی گاز CO₂ نشان می دهد که در اکثر نمونه‌ها شیب کاهش ضریب فعالیت افزایش می یابد (جدول ۸)، که نمایانگر این است که ورود CO₂ به سیستم دوتایی باعث کاهش بیشتر ضریب فعالیت خواهد شد. در حالی که در نمونه‌های نگهداری شده در دماهای گوناگون همان روند ذکر شده در مورد نمونه‌های عاری از CO₂ دنبال می شود.

نتیجه‌گیری

ضریب فعالیت لیمون می تواند عاملی در پیش بینی میزان پایداری این طعم به عنوان طعم غالب در نوشابه‌های پرتقالی باشد. از اینرو مقدار این ضریب و اثرات پارامترهایی نظیر جزء مولی، زمان، دما و CO₂ بر روی آن با استفاده از مدل ترمودینامیکی Dortmund-UNIFAC مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان دادند که جزء مولی و ضریب فعالیت با هم رابطه عکس دارند.

در مورد نمونه نگهداری شده در ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز تغییراتی در میزان ضریب فعالیت لیمون مشاهده شد. روند این تغییرات در یکی از دو دمای مذکور کمی متفاوت بود. جدول ۵ تغییرات ضریب فعالیت لیمون نسبت به جزء مولی را در دو دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان می دهد.

همچنین جدول ۶ میزان تغییرات ضریب فعالیت نسبت به زمان را در دو دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان می دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، روند این تغییرات در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد همانند آنچه در مورد نمونه نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد مشاهده شده بود است؛ اما در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد از یک منحنی درجه ۲ پیروی می نماید. به عبارت دیگر در ۴۰ درجه سانتی‌گراد بازگشت طعمی به محیط نوشابه نخواهیم داشت.

در نمونه‌های ۴، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد نیز با افزایش میزان لیمون کاهش می یابد، از اینرو شیب نمودارهای تغییرات ضریب فعالیت با افزایش دما کاهش می یابد. از آنجایی که میزان برگشت طعم در نمونه‌های نگهداری شده در ۴۰ درجه سانتی‌گراد صفر می باشد مقدار ضریب فعالیت صفر باقی خواهد ماند و همانند دو دمای دیگر بعد از ۳۰ روز افزایش نخواهد یافت.

نمونه‌های حاوی گاز

جدول ۵- تغییرات ضریب فعالیت لیمون نسبت به جزء مولی لیمون در نمونه‌های فاقد CO₂

| ۴۰ درجه سانتی‌گراد | | ۲۵ درجه سانتی‌گراد | |
|--|--------------------------------|--|--------------------------------|
| ضریب فعالیت | جزء مولی (× ۱۰ ^{-۴}) | ضریب فعالیت | جزء مولی (× ۱۰ ^{-۴}) |
| ^a . | ^b . | ^{a,*} . | ^c . |
| (۱/۱۵ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^b | ۰/۱۶ | (۱/۰۹ × ۱۰ ^{۱۱۹}) ^b | ۰/۲۲ |
| (۳/۵۱ × ۱۰ ^{۱۱۵}) ^c | ۰/۲۹ | (۳/۴۳ × ۱۰ ^{۱۱۳}) ^c | ۰/۳۴ |
| (۶/۵۱ × ۱۰ ^{۱۱۲}) ^d | ۰/۳۶ | (۶/۵۰ × ۱۰ ^{۱۱۲}) ^d | ۰/۳۶ |

* تمامی اعداد میانگین داده‌های موجود بوده و حروف مشابه در هر ستون نمایانگر تفاوت غیر معنی‌دار داده‌ها می باشد.

جدول ۶- تغییرات ضریب فعالیت لیمون نسبت به زمان در نمونه‌های فاقد CO₂

| ضریب فعالیت | | زمان |
|--|---|------|
| ۴۰ درجه سانتی‌گراد | ۲۵ درجه سانتی‌گراد | |
| (۶/۵ × ۱۰ ^{۱۱۲}) ^a | (۶/۵ × ۱۰ ^{۱۱۲}) ^{a,*} | ۰ |
| (۳/۵۱ × ۱۰ ^{۱۱۵}) ^b | (۳/۴۳ × ۱۰ ^{۱۱۳}) ^b | ۳ |
| (۱/۱۵ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^c | (۱/۰۹ × ۱۰ ^{۱۱۹}) ^c | ۱۰ |
| ^d . | ^d . | ۳۰ |
| ^d . | (۳/۴۳ × ۱۰ ^{۱۱۳}) ^b | ۴۰ |

* تمامی اعداد میانگین داده‌های موجود بوده و حروف مشابه در هر ستون نمایانگر تفاوت غیر معنی‌دار داده‌ها می باشد.

جدول ۷- تغییرات ضریب فعالیت نسبت به جزء مولی در نمونه های حاوی CO₂

| ۴۰ درجه سانتی گراد | | ۲۵ درجه سانتی گراد | | ۴ درجه سانتی گراد | |
|--|-------------------------------|--|-------------------------------|--|-------------------------------|
| ضریب فعالیت | جزء مولی (×۱۰ ^{-۴}) | ضریب فعالیت | جزء مولی (×۱۰ ^{-۴}) | ضریب فعالیت | جزء مولی (×۱۰ ^{-۴}) |
| ^a | . | ^a | . | ^a | . |
| (۲/۳۷ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^b | ۰/۱۶ | (۲/۲۴ × ۱۰ ^{۱۲۹}) ^b | ۰/۲۲ | (۵/۴۲ × ۱۰ ^{-۵}) ^b | ۰/۲۷ |
| (۷/۲۳ × ۱۰ ^{۱۲۵}) ^c | ۰/۲۹ | (۷/۰۶ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^c | ۰/۳۴ | (۷/۲۳ × ۱۰ ^{۱۲۵}) ^c | ۰/۲۹ |
| (۱/۳۴ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^d | ۰/۳۶ | (۱/۳۴ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^d | ۰/۳۶ | (۷/۰۶ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^d | ۰/۳۴ |
| - | - | - | - | (۱/۳۴ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^e | ۰/۳۶ |

* تمامی اعداد میانگین داده های موجود بوده و حروف مشابه در هر ستون نمایانگر تفاوت غیرمعنی دار داده ها می باشد.

جدول ۸- تغییرات ضریب فعالیت نسبت به زمان در نمونه های حاوی گاز CO₂

| ضریب فعالیت | | | زمان |
|--|--|--|------|
| ۴۰ درجه سانتی گراد | ۲۵ درجه سانتی گراد | ۴ درجه سانتی گراد | |
| (۱/۳۴ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^a | (۱/۳۴ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^a | (۱/۳۴ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^{a,*} | . |
| (۷/۲۳ × ۱۰ ^{۱۲۵}) ^b | (۷/۰۶ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^b | (۷/۰۶ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^b | ۳ |
| (۲/۳۷ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^c | (۲/۲۴ × ۱۰ ^{۱۲۹}) ^c | (۵/۴۲ × ۱۰ ^{-۵}) ^c | ۱۰ |
| ^d | ^d | ^d | ۳۰ |
| ^d | (۷/۰۶ × ۱۰ ^{۱۳۳}) ^b | (۷/۲۳ × ۱۰ ^{۱۲۵}) ^e | ۴۰ |

* تمامی اعداد میانگین داده های موجود بوده و حروف مشابه در هر ستون نمایانگر تفاوت غیرمعنی دار داده ها می باشد.

این طعم جذب شده به محیط نوشابه باعث افزایش مجدد ضریب فعالیت آن خواهد شد. این اتفاق در دماهای بالا رخ نخواهد داد. وجود گاز CO₂ در ساختار نوشابه اثر منفی بر میزان ضریب فعالیت لیمونن خواهد داشت.

همچنین افزایش زمان نگهداری در ابتدا باعث افزایش ضریب فعالیت لیمونن خواهد شد اما در زمان نگهداری حدود یک ماه جذب ترکیبات طعمی به درون بسته بندی ضریب فعالیت آن را به صفر نزول خواهد داد و در دماهای اتاق و پایین برگشتن مجدد بخشی از

منابع

- میرسعیدقازی، ح. امام جمعه، ز. ابراهیم زاده موسوی، س.م.ع. رضایی، ک، ۱۳۸۴، مطالعه اثر زمان و دما بر جذب مواد طعمی در سیستم‌های مدلی نوشابه توسط لاک قوطی بسته بندی، فصل نامه علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۲، شماره ۴، ص ۵۹ تا ۵۳.
- Batiu, I., 2004, Vapor-liquid equilibria in the binary system (-)-beta-pinene+ (+)-fenchone, Analysis in terms of group contributions models of some binary systems containing terpenoids. Fluid Phase Equilibria, 227, 113-124.
- da Silva, M.V. and Barbosa, D., 2004, Predication of the solubility of aromatic component of wine in carbon dioxide. Journal of Supercritical Fluids, 31, 9-25.
- Gmehling, J., Lohmann, J., Jabob, A., Li, J. and Joh, R., 1998, A modified UNIFAC (Dortmund) model. Revision and Extension. Industrial and Engineering Chemistry Research, 37(12), 4876-4882.
- González-Tomás, L., Bayarri, S., Taylor, A.J. and Costell, E., 2007, Flavour release and perception from model dairy custards. Food Research International, 40, 520-528.
- Hofmann, T., Czerny, M., Calligaris, S. and Schieberle, P., 2001, Model studies on the influence of coffee melanoidins on flavor volatiles of coffee beverages. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 49, 2382-2386.
- Högnadóttir, Á. and Rouseff, R.L., 2003, Identification of aroma active compounds in orange essence oil using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. Journal of Chromatography A, 998(1-2), 201-211.
- Orav, A. and Kann, J., 2001, Determination of peppermint and orange aroma compounds in food and beverages. Proceeding of the Estonian Academy of Science. Chemistry, 50(4), 217-225.

- Prausnitz, J.M., Lichtenthaler, R.N. and de Azevedo, E.G., 1999, *Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria*, third edition, Nopardazan.
- Sheung, K.S.M., Sastry, S.K. and Min, D.B., 2007, Diffusion coefficient of orange juice flavor compounds into packaging materials: A mathematical model. *LWT*, 40, 157-163.

Archive of SID