

بررسی فرآیند حرارت‌زایی در بسته‌بندی‌های خود گرم شونده

فریدالدین محمدیان^{*۱}

تاریخ دریافت مقاله: اسفند ماه ۱۳۹۱

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۲

چکیده

صنعت بسته‌بندی مواد غذایی همگام با پیشرفت در سایر صنایع، موفقیت‌های چشمگیری داشته و فناوری‌های نوینی جهت رفاه مصرف‌کنندگان ارائه نموده است به طوری که امروزه شاهد طیف وسیعی از انواع بسته‌بندی‌های ساده تا اصلاح شده و در نهایت بسته‌بندی‌های خاصی هستیم که خود قادر به گرم و یا سرد نمودن محتویاتشان می‌باشند. بسته‌بندی خود گرم شونده، در واقع نوعی از بسته‌بندی فعال ماده غذایی است که قادر به حرارت‌دهی ماده غذایی بدون نیاز به استفاده از منبع حرارتی خارجی است. این نوع کنسروهای غذایی معمولاً برای استفاده کوهنوردان و مردمی که به مایکروویو^۲ و اجاق گاز (وسایل حرارتی) دسترسی ندارند، مفید است. بدنه این قوطی‌ها دوجداره بوده که انرژی مورد نیاز برای گرم کردن این غذاها از واکنش گرمازا^۳ مواد شیمیایی موجود بین این دو لایه تأمین می‌شود. در این مقاله، به مکانیسم تولید حرارت پرداخته شده است.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی خود گرم شونده، واکنش گرمازا و آنتالپی^۴.

۱- مقدمه

محققان معتقدند که پایه‌گذاری صنعت بسته‌بندی مدرن به سال ۱۸۴۰ میلادی باز می‌گردد، زمانی که آپرت^۵ فرانسوی توانست هنر نگاه‌داری مواد غذایی در شیشه درب بسته را ابداع نماید. و ایم مسئله بیانگر شکوفایی روز افزون این صنعت در آن زمان بوده است. [۳، ۱] ظروف و قوطی‌های خودگرم شونده به مدت چند دهه است که به طور تجاری در دسترس می‌باشند و به طور ویژه دارای محبوبیت خاصی در کشوری مانند ژاپن است. اولین بار در سال ۱۸۷۹ این نوع کنسرو توسط مهندسی روسی به نام فدور^۶ اختراع شد و در حدود سال ۱۹۰۰ برای استفاده کوهنوردان و اکتشاف‌کنندگان، شروع به تولید آن نمود. هیرام بینگام^۷ کنسرو خود گرم شونده را با نقره نیز تولید کرده بود و در زمان جنگ جهانی اول، کنسروهای خودگرم شونده به تعداد محدود برای ارتش روسیه تولید شده بود.

مفهوم قوطی گرم شونده^۸ اولین بار در سال ۱۹۳۹ مطرح شد. در آن زمان تولید گرما بر مبنای سوزاندن (نوعی پودر مرکب از نیتروگلیسرین^۹ و نوعی ژل معدنی ژلاتینه شده با افزایش استن^{۱۰}) قرار داشت که از ایمنی چندانی برای مصرف‌کننده ناآگاه برخوردار نبود. به

۱- دانشجوی کارشناسی ناپیوسته علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، باشگاه پژوهشگران جوان، تنکابن، ایران
(*) نویسنده مسئول: mohammadian_f@ymail.com

2- Microwave
3- Exothermic reaction
4- Enthalpy

5- Apert
6- Fedorov
7- Hiram Bingham
8- Self-heating can
9- Nitro glycerin
10- Aceton

واکنش اندوترمیک^۴ عکس این حالت را دارد و گرماگیر است. در اینجا این واکنش با موازنه شیمیایی توضیح داده شده است [۸]:

مواد اولیه واکنش ← محصول + انرژی
واکنش گرمازا، واکنشی شیمیایی است که همراه با آزادسازی حرارت می‌باشد. (شکل ۱)

به عبارتی دیگر، انرژی لازم برای انجام واکنش، کمتر از کل انرژی آزاد شده است. نتیجه آن، آزاد سازی انرژی خارجی است که معمولاً به شکل حرارت است. [۹]
زمانی که از یک کالوری‌متر^۵ (گرما سنج) استفاده می‌شود، تغییر حرارت کالوری‌متر برابر با عکس تغییر گرمای سامانه است. این بدین معنی است که متوسط واکنشی که جایگزین گرمای حاصل می‌شود، واکنش گرمازا است. مقدار انرژی مطلق در سامانه شیمیایی به سختی اندازه‌گیری یا محاسبه می‌شود. تغییر آنتالپی (ΔH) در یک واکنش شیمیایی به راحتی قابل اندازه‌گیری و محاسبه است. [۱۰]



شکل ۱- قوطی خود گرم شونده

برای محاسبه تغییر آنتالپی واکنش، از معادله زیر استفاده می‌شود: [۸]

$$q = MC\Delta T \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این معادله، q گرما (J)، M جرم (g)، C گرمای ویژه ($J/g^{\circ}C$) و ΔT تغییر دما ($^{\circ}C$) خواهد بود.

همین دلیل متخصصین صنایع بسته‌بندی غذایی موظف به طراحی بسته‌هایی شدند که بدون اتکا به منبع الکتریکی بتوانند گرم شوند. به این ترتیب ایده استفاده از واکنش گرمازا برای گرم کردن محتویات قوطی مطرح گردید که یکی از متداول‌ترین آن‌ها بر مبنای واکنش اکسید کلسیم^۱ با آب است. [۴، ۲]

جنس این قوطی‌ها می‌تواند از هر دو فلز آلومینیوم و فولاد باشد و در این زمینه محدودیتی ندارد. وقتی مصرف‌کننده، می‌خواهد که مواد درون کنسرو، گرم شود، با فشردن دکمه‌ای که بالای قوطی تعبیه شده است، منجر به شکسته شدن حامل مجزاکننده ماده شیمیایی درون محفظه خارجی می‌شود. پس از تولید حرارتی که بر اثر واکنش و به وسیله ماده غذایی جذب می‌شوند، مصرف‌کننده می‌تواند از مصرف غذا یا نوشیدنی گرم لذت ببرد. [۵]

نوعی دیگری از کنسروهای خودگرم شونده‌ای که رایج است، عملکرد آن به همان شیوه می‌باشد، ولی با این تفاوت که در آن‌ها ماده شیمیایی درون محفظه داخلی و مواد نوشیدنی در محفظه خارجی این ماده شیمیایی را احاطه کرده است. این نوع طراحی مزیت‌های بسیاری نیز دارد (حرارت کمتری در هوای احاطه شده از دست می‌دهد) که بهتر از کاهش قابل مشاهده حرارت قسمت خارجی محصولات، عاملی را فراهم آورده که سبب نارضایتی مصرف‌کنندگان شده است. [۶]

۲- واکنش گرمازا

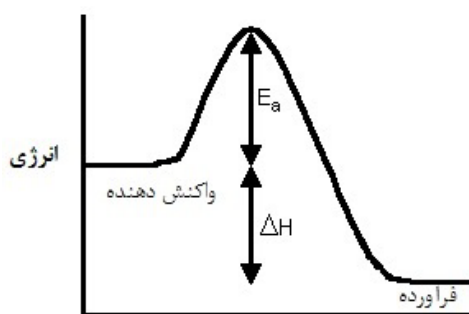
گلیس و سالدول^۲ در سال ۱۹۵۰ بررسی‌هایی در زمینه واکنش مطلوب برای گرمادهی محتویات قوطی حاوی سوپ یا سایر مواد غذایی مایع انجام داد. [۷]
منبع حرارت برای کنسرو خود گرم شونده واکنش گرمازا^۳ است. واکنش گرمازا، واکنشی شیمیایی است که انرژی را به حالت گرما آزاد می‌کند و در واقع گرمازا است.

- 1- Oxide calcium
- 2- Caldwell, Gilles
- 3- Exothermical reaction

کالوری متری بمبی^۱ برای اندازه‌گیری تغییر انرژی، آنتالپی و واکنش احتراق بسیار مناسب است. ارزش آنتالپی اندازه‌گیری و محاسبه شده به پیوند انرژی بستگی دارد. (شکل ۲)

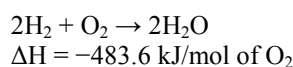
انرژی تولیدی در تشکیل پیوند فرآورده‌ها - انرژی مصرفی در واکنش شکستن پیوند: ΔH
 اگر مقدار تغییرات آنتالپی منفی باشد، این گونه تعریف می‌شود:

$$\Delta H < 0$$



واکنش همپایه
 شکل ۲- نمودار تغییر آنتالپی

برای یک واکنش گرمازا، زمانی که مقدار بزرگ‌تر (انرژی تولید شده در واکنش) از مقدار کوچک‌تر (انرژی مصرف شده در واکنش) کم شود، ارزش آنتالپی منفی خواهد بود. برای مثال؛ هنگامی که هیدروژن^۲ می‌سوزد: [۱]
 رابطه (۲)



زمانی که در نتیجه واکنش گرمازا، انرژی آزاد می‌شود، دما افزایش می‌یابد که یک مثال آن وسایل آتش بازی است. مثال‌هایی از واکنش گرمازا:

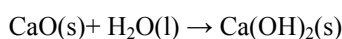
- واکنش احتراقی سوخت فسیلی؛

- واکنش‌های خثی‌سازی از قبیل واکنش مستقیم اسید و باز؛
- افزودن اسید غلیظ به آب؛
- سوزاندن مواد؛
- افزودن سولفات مس (۲) آبدار^۳.

۳- مکانیسم تولید حرارت

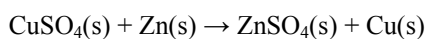
کنسرو خودگرم شونده از سه قسمت تشکیل شده است. از داخل به خارج به ترتیب شامل قسمتی برای ماده غذایی و قسمتی برای ماده حرارت‌زایی که وقتی مصرف‌کننده، دکمه روی کنسرو را فشار می‌دهد، اجازه می‌دهد تا آب و ماده حرارت‌زا با هم ترکیب شوند. در نتیجه، حرارت حاصل از واکنش آزاد شده، ماده غذایی را گرم می‌سازد. [۱۱] ماده حرارت‌زا و مسئول تأثیرگذار واکنش از محصولی به محصول دیگر مصرف می‌شود. کلسیم اکسید در واکنش زیر مصرف شده است:

رابطه (۳)



همچنین سولفات مس^۴ و پودر روی^۵ نیز به کار رفت:

رابطه (۴)



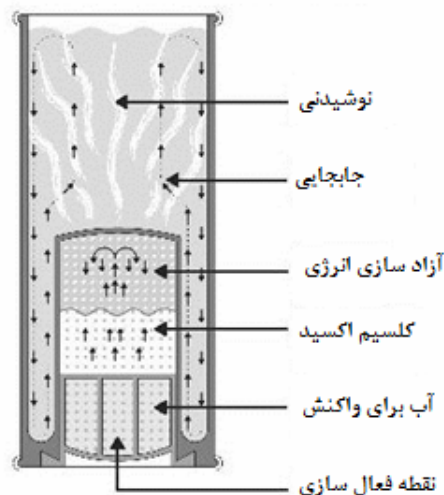
از کلرید کلسیم آبدار^۶ نیز اغلب استفاده می‌شود و در این حالت، واکنش شیمیایی رخ نمی‌دهد و به جای آن، حرارت از محلول تولید می‌شود.

3- Anhydrous copper sulfate
 4- Copper sulfite
 5- Zinc
 6- Anhydrous calcium chloride

1- Bomb calorimeter
 2- Hydrogen



شکل ۴- مقطع درونی فنجان خود گرم شونده



شکل ۳- سطح مقطع قوطی خود گرم شونده

تمامی تجهیزات و ابزار لازم در یک فنجان ایزوله گرمایی قرار داشت که اندازه آن دو برابر فنجان‌های مرسوم بود. به تدریج متخصصین به این نتیجه رسیدند که اکسید کلسیم برای واکنش از سرعت کافی برخوردار نبوده و به همین دلیل با اکسید منیزیم جایگزین گردید که سرعت گرم شدن آن بسیار زیاد بود. فلز منیزیم به صورت مخلوط با آهن در بسته موجود است. [۲]

برای فعال‌سازی مقدار کمی آب اضافه شده و با شروع واکنش دما تا حد دمای جوش، آب بالا خواهد رفت و آهن در واقع کاتالیزور^۱ واکنش می‌باشد، زیرا به مقدار اندک مورد استفاده قرار گرفته است. آهن در ابتدا اکسید شده سپس همزمان با اکسایش^۲ منیزیم^۳ و انتقال الکترون‌های^۴ لایه ظرفیت آهن به شکل اولیه احیاء می‌گردد. برای اطمینان از اینکه واکنش قبل از موعد، در حین انبارداری روی ندهد بخش گرمادهی باید در محفظه ضد آب قرار گیرد.

اگر بستر گرم‌آزا به دلیل مجاورت با هوا مرطوب گردد، ممکن است سطح آن با لایه نازکی از هیدروکسید کلسیم^۵ نامحلول پوشانده شود و به این ترتیب، پیشروی واکنش‌های بعدی به تعویق خواهد افتاد. در عین حال آزاد شدن گاز هیدروژن^۶ می‌تواند باعث ترکیدن قوطی و آتش‌سوزی در انبار گردد. [۲ و ۱۲]

در (شکل ۳)، روند توزیع دما در بسته خود گرم شونده نشان داده شده که به صورت وارونه قرار گرفته است. در این بسته‌ها لایه پروپیلن خارجی می‌تواند دمای یاد شده را تا حدود ۲۰ دقیقه حفظ نماید.

لازم به یادآوری است با هم زدن محتویات بسته یا تکان دادن ظرف، تولید گرما شدت می‌یابد. قوطی‌های کنسرو

بررسی فرآیند حرارت‌زایی در بسته‌بندی‌های خود گرم شونده

5- Hydroxide calcium
6- Hydrogen

1- Catalyst
2- Oxidation
3- Magenesium
4- Electron

باشد حفظ ایمنی و گرمادهی پایدار باید مورد توجه قرار گیرد که این امر نیازمند کنترل کیفی قوی و آگاهی کامل از جزئیات است. [۲]

بازار این نوع بسته بعد از دهه ۹۰ به دلایل متعدد محدود شده است:

(۱) گرم شدن جهانی به ویژه در ژاپن.

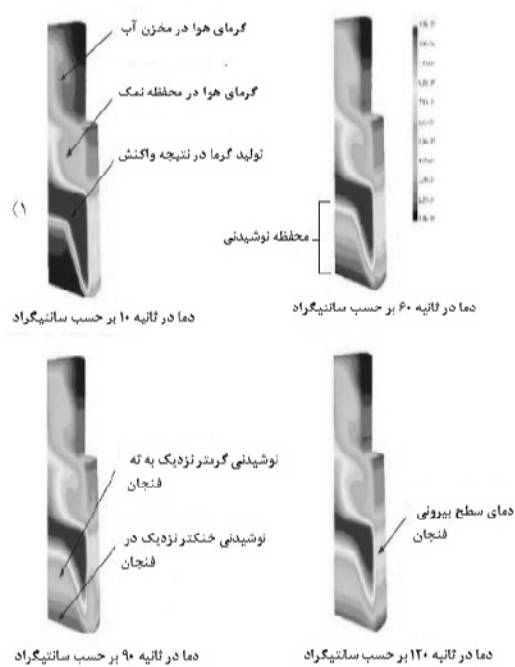
(۲) رکود اقتصادی شدید.

(۳) قیمت بالای نوشیدنی‌ها.

هر چند کاربرد این نوع بسته در برخی از کشورها متداول شده است بیان اینکه چقدر چنین بسته‌هایی در آینده مرسوم خواهند شد، دشوار بوده، اما نشانه‌ای از تلاش‌های انجام شده به منظور تأمین راحتی مصرف‌کننده در صنایع غذایی است. [۲]

۴- برچسب‌های ترموکرومیک^۵

در این نوع برچسب‌ها، رنگ چاپ شده بر روی آن‌ها به دما بستگی دارد، یعنی با تغییر دما، رنگ آن‌ها تغییر می‌کند این ویژگی برای کاربردهای گوناگونی از جمله صنایع غذایی برای تأیید کیفیت محصولات مناسب هستند، مثل غذاهای منجمد که در محدوده دمای تخمینی نگه‌داری شده‌اند. با تغییر رنگ لیبل، حاکی از آن خواهد بود که دما بالاتر از حداکثر دمای تخمین بوده است. همچنین در آبجوسازی، لیبل‌های^۶ بطری آبجو، زمانی که قسمتی از رنگ بطری تغییر کند، نشان می‌دهد که فرایند حرارتی بالاتر از اپتیمم^۷ درجه حرارت، فرآیند حرارتی بر آن اعمال شده است. از این نوع لیبل‌ها می‌توان در کنسروهای خودگرم شونده نیز استفاده کرد. همان‌طور که در بسته‌های خودگرم شونده، از جوهر حساس به گرمای موجود روی قوطی استفاده می‌شود تا مصرف‌کننده از گرم شدن کافی محتویات قوطی مطلع شود. [۲] اکثر جوهرهای به کار رفته در این لیبل‌ها جامد هستند (عموماً قرمز، آبی یا



شکل ۵- روند توزیع گرما در بسته خودگرم شونده وارونه

از جنس پروپیلن^۱ یا وینیل‌الکل^۲ چند لایه‌ای نیز به منظور ایجاد حصراری در برابر نفوذ اکسیژن طراحی شده‌اند. پلی‌پروپیلن^۳ نوعی ماده بسته‌بندی از جنس پلاستیک است که به خوبی می‌تواند دمای جوش آب را تحمل نماید. [۱۳]

در رابطه با این نوع بسته، کنترل کیفی عالی، دقیق و همچنین طراحی با جزئیات کامل از لحاظ ایمنی حائز اهمیت است. یکی از موارد مهم در رابطه با ایمنی کنترل توزیع، اندازه گرانول‌های^۴ آهک در هر دو طرف است. مقدار بیش از حد پودر آهک باعث افزایش فشار بخار است که می‌تواند خطر آفرین باشد. علاوه بر آن، قطعات درشت آهک گرمای مورد نیاز را تأمین نمی‌کند. در صورت نیاز به استفاده از این قطعات، باید آن‌ها را خرد کرده و یا به صورت پودر مورد استفاده قرار داد. چنانچه هزار بسته تولید شود، ممکن است کار دشواری نباشد ولی اگر تولید یک میلیون بسته مورد نظر

- 1- Propylene
- 2- Vinyl alcohol
- 3- Polypropylene
- 4- Granules

5- Thermochromic Labels

6- label

7- Optimum

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

سیاه می‌باشند)، اما در دمای تغییر طراحی شده، بی‌رنگ می‌شوند. این ویژگی به مصرف‌کننده اجازه می‌دهد که تصویر معمولی چاپ شده در دمای معمولی پنهان شده و در تغییر دما نمایان شود. در (جدول ۱) دمای تغییر رنگ، درجه حرارت لازم جهت تغییر رنگ و نوع تغییر نشان داده شده است. [۱۴]

جدول ۱- ویژگی برچسب‌های ترموکرومیک

رنگ در دمای اتاق (۲۰ °C)	نوع تغییر رنگ	تغییر دمای (°C)	نوع رنگ
قرمز	بی‌رنگ	۱۵°C	برگشت‌پذیر
آبی	بی‌رنگ	۱۵°C	برگشت‌پذیر
سیاه	بی‌رنگ	۱۵°C	برگشت‌پذیر
قرمز	بی‌رنگ	۳۰°C	برگشت‌پذیر
آبی	بی‌رنگ	۳۰°C	برگشت‌پذیر
سیاه	بی‌رنگ	۳۰°C	برگشت‌پذیر
بی‌رنگ	سیاه	۶۵°C	برگشت‌ناپذیر

جوهرهای ترموکرومیک به دو دسته برگشت‌پذیر و برگشت‌ناپذیر تقسیم می‌شوند. جوهرهای برگشت‌پذیر^۱، رنگ آن تغییر کرده و بارها به حالت اولیه برمی‌گردد، در حالی که انواع برگشت‌ناپذیر^۲ تنها یکبار تغییر رنگ داده‌ی آن تغییر کرده و شاخص‌های نشان‌دهنده تغییر رنگ را از دست می‌دهند. [۱۴]

۵- شرح تولیدات

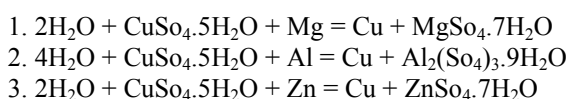
به صورت جدی شرکت‌هایی که برای توسعه این فناوری و کاربرد آن برای گرم کردن مواد غذایی فعالیت نمودند از سال ۱۹۸۶ بود که تولید خود را شروع کرده و تا کنون بالغ بر ۴۰ میلیون کنسرو تولید نمودند. [۱] همچنین بعضی از

شرکت‌ها در سال ۲۰۰۱ بسته‌هایی با عنوان^۳ (داغ هر زمان که بخواهید) به بازار عرضه کرد که در آن‌ها واکنش آب و آهک در کمتر از ۳ دقیقه انجام شده و دمای آن تا حدود ۶۰ درجه سانتی‌گراد بالا می‌رود. این بسته‌ها توسط حلقه‌ای از جنس مخصوص که روی قوطی نصب شده باز می‌شوند. جوهر حساس به گرمای موجود روی قوطی، مصرف‌کننده را از گرم شدن کافی محتویات قوطی مطلع می‌کند. [۲]

بعدها محصولات مختلفی مانند انواع سوپ، فرآورده‌های ماکارونی، چای، قهوه و شکلات داغ با استفاده از این روش تولید و به ثبت رسید. در این قوطی‌ها، آب و اکسید کلسیم هر یک در محفظه مجزا قرار دارند. پس از تغییر شکل قوطی، مصرف‌کننده می‌تواند بسته را با فشردن دکمه‌ای سوراخ نماید. به این ترتیب آب از محفظه مخصوص خود به داخل محفظه اکسید کلسیم فرستاده شده و با شروع واکنش، گرما تولید می‌گردد. [۱۴]

اکنون شرکت‌های شرقی محصولی با عنوان TT بر پایه فناوری حرارت ثبت، اختراع و تولید نموده که در آن برای ایجاد و حفظ واکنش گرمازا، از سه فلز فعال استفاده شده است.

رابطه (۵)



این فرایند از واکنش‌های متوالی و جایگزین‌های الکتروشیمیایی در فنجان خودگرم شونده ترکیب شیمیایی، تولید حرارت می‌کند که در (شکل ۶)، به این موضوع اشاره شده است. [۱۵]

امروزه محصولی با عنوان هیت جنی^۴ تولید شده که عنصر حرارت‌زای آن، ترکیبی از آلومینیوم و سیلیس^۵ خشک می‌باشد. عنصر حرارت‌زاوی آلومینیوم و سیلیس، دو مواد قابل ترکیب، که در حالت پودر مخلوط می‌تواند

3- Hot when you want

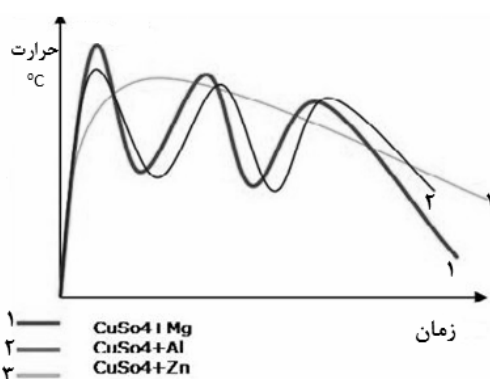
4- Heat Genie

5- Silice

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون
بسته‌بندی

1- Reversible inks
2- Irreversible inks

با یک واکنش شیمیایی به مقدار زیادی حرارت ایجاد کند. آلومینیوم فراوان‌ترین فلز و سومین عنصر در پوسته زمین (پس از اکسیژن و سیلیسیوم) است. رایج‌ترین شکل آن، اکسید آلومینیوم می‌باشد. کلید تعبیه شده، وسیله حرارت مکانیکی است که با فعال شدن آن، ناحیه‌ای گرم و موضعی که بایستی برای گرم شدن فعال گردد شروع به گرم شدن می‌نماید (که با شروع شدن واکنش اکسیداسیون، ایجاد حرارت می‌کند). پس از پایان این مرحله، فرآیند گرم‌زایی متوقف می‌گردد.



شکل ۶- فرآیند حرارت‌زایی فلزات و مقایسه آن‌ها در فنجان خودگرم شونده

۶- نتیجه‌گیری

یک بسته‌بندی خوب، ویژگی‌های متعددی داشته و متناسب با نیاز و نوع کاربرد نقش‌های زیادی را ایفا می‌نمایند، اما نقش اولیه و هدف عمده در این نوع بسته‌بندی‌ها، تولید حرارت مناسب در کمترین زمان و با حداکثر حرارت بوده است. با پیشرفت فناوری‌ها، انتظار می‌رود که با ادامه تمرکز بر روی واکنش‌های شیمیایی آهک/ آب و کلسیم کلرید/ آب، با ایجاد درجه حرارتی مناسب، بازخورد سامانه را کنترل نموده و بدون در نظر گرفتن دمای محیط، حداکثر درجه حرارت برای مواد نوشیدنی ایجاد نماید، همچنین ترکیبات حرارت‌زای به کار گرفته شده از

نظر اقتصادی و زیست محیطی مهم بوده که با تحقیقات بیشتر در این زمینه، ترکیبات بهتری پیشنهاد گردد.

کنسرو خود گرم‌شونده برای طبیعت از نظر زیستی مضر نبوده و مواد شیمیایی درون قوطی قابل بازیافت می‌باشد و از طرفی برای گرم کردن مواد غذایی درون قوطی به زمانی کمتر از ۳ دقیقه و بیش از ۶۵٪ انرژی کمتر از کتری یا وسیله حرارتی دیگر نیاز دارد.

۷- منابع

۱. محمدیان، ف، خانی، م، حسینی، ز، «کنسرو خود گرم شونده»، کنگره ملی پژوهشگران و نخبگان ایمنی مواد غذایی، تهران، ۱۳۹۲.
۲. پایان، م، حامدی، م، «مروری بر کاربرد بسته‌بندی فعال در صنایع غذایی»، فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۳۸، دوره ۱۰، صفحه ۶۸-۴۹، بهار ۱۳۹۲.
۳. تدینی، م، مقصودلوی، کاشانی نژاد، م، «بسته‌بندی‌های خود سردشونده و خود گرم شونده»، شانزدهمین کنگره ملی صنایع غذایی، گرگان، ۱۳۸۵.
۴. میرزایی، حبیب اله، استاذزاده، حسنا. «قوطی‌های خود گرم شونده و خود سرد شونده». فصلنامه علوم و فنون بسته‌بندی، پیش شماره ۲، دوره اول، صفحه ۶۶-۶۳، تابستان ۱۳۸۹.
5. Eilet. S.J. "New packaging technologies for the 21st century". Meat science, 71, p:122-127, 2005.
6. Brody L. Aron, "Packages that heats and cools themselves". Food technology 56 (7) p: 80-82, 2002.
7. Nickerson, Jane, "News of Food: Food in self-heating cans reappears here; recommended for motorists and campers". The New York Times, November 26, 1947, p. 28, 1947.
8. Anon. "Canned heat – which self-heating and cooling packaging will have the best chances of success?"

- active & intelligent pack news”, (2003d).
9. Windholz, M., “The Merck index”. tenth edition. Rahway, NJ: Merck and company, ed.(1983).
10. Anon. “Tasty packaging – flavour-absorbing packaging has lots of benefits and should not be so easily dismissed. active & intelligent pack news, (2003c).
11. Holt, Jane. “News of Food: War emphasizes benefit of prune vitamins hammering opens Oysters”. The New York times, March 26, 1941, p. 19, 1941.
12. Son H. Hoo, Mohammad M. Rahman. “Analysis of thermal response of a self-heating System”. Applied thermal engineering ,30, p: 2109-2115, 2010.
13. Sajevkumar ,V A, Manish-Gupta, “Self heating system for ready to eat foods”. Inndian Food Industry,924[1], 2005.
14. Kolb.k.w, Insertable. “Thrmotic Module for Self-heating Cans”. United states patent and trademark office 7,004,161, 2006.
15. Lisa T. Su, James E. Chung, Dimitri A. Antoniadis, Kenneth E Goodson and Markus I. Flik, IEEE TED, Vol. 41, No. 1, pp. 69, 1994.

آدرس نویسنده

استان مازندران، شهرستان تنکابن، مؤسسه آموزش عالی رودکی.