نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۲، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۵ ص.۱۱-۱

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 12, No. 1, Apr. May. 2016, p. 1- 11

بررسی اثر نوع و مقدار ترکیب گرمازا بر میزان گرمای تولیدی و پروفیل زمان-دمای قوطی‌های خودگرم‌شونده

ناصر صداقت[1*]، مریم رستگاری[2]، سارا خشنودی[3]، علی شریف[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۴

چکیده

هدف از این پژوهش طراحی ظروف خودگرم‌کننده و بررسی اثر میزان و نوع ترکیبات گرمازا بر دمای تولید شده، می‌باشد. شش ترکیب بازی- اسیدی هیدروکسیدسدیم+ اسید سیتریک، هیدروکسیدسدیم+ اسید تارتاریک، هیدروکسید پتاسیم+ اسید سیتریک، هیدروکسید پتاسیم + اسید تارتاریک، اکسیدکلسیم + اسید سیتریک و اکسیدکلسیم + اسیدتارتاریک به نسبت ۱: ۱/۵ در سه میزان ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ گرم تهیه و در فضای خالی بین دو جداره‌ی قوطی‌های طراحی شده، تعبیه شدند. آب به میزان ۰/۷۵ وزن ترکیب گرمازا نیز در لفاف قرار داده شد و در فضای مذکور جاسازی شد. برای تعیین بهترین میزان و نوع ترکیب، دمای جدار قوطی و غذا (کنسرو لوبیا و کنسرو خاویاربادنجان) و همچنین پروفایل دما-زمان ترکیبات مختلف ترسیم گردید. نتایج نشان داد، میزان ترکیب قلیا-اسید بر حرارت تولیدی مؤثر است و بهترین نتیجه در میزان ۲۵۰ گرم حاصل شد. نوع ترکیب تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر حرارت تولیدی داشت. بهترین ترکیب هیدروکسیدسدیم- اسیدسیتریک بود. بین انتخاب اسیدسیتریک و اسیدتارتاریک تفاوت معنی‌داری دیده نشد. با مقایسه میزان و سرعت گرم شدن در کنسرو لوبیا وکنسرو خاویاربادنجان نتایج نشان داد گرمای ایجاد شده در کنسرو بادنجان به طور معنی‌داری بیش تر از کنسرو لوبیا است. پروفایل دمایی نشان داد ۶ دقیقه طول می‌کشد تا دما به حداکثر خود برسد، ۶-۱۰ دقیقه نیز دما ثابت باقی ماند. به این ترتیب مشخص شد، ترکیبات گرمازا انتخاب شده به خوبی توانستند حرارت مناسبی برای گرم کردن مواد غذایی ایجاد کنند و بهترین ترکیب گرمازا هیدروکسیدسدیم - اسیدسیتریک به میزان ۲۵۰ گرم بود.

واژه‌های کلیدی: ظروف خودگرم‌شونده، ترکیبات‌گرمازا، پروفایل زمان-دما

مقدمه

قوطی‌ها و ظروف خودگرم‌شونده[5] نوعی بسته‌بندی فعال محسوب می‌شوند، در واقع این نوع ظروف قادرند ماده‌غذایی را بدون نیاز به هیچ منبع حرارتی خارجی گرم کنند. استفاده از این نوع قوطی‌ها برای کوهنوردان، سربازان ارتش و یا آسیب‌دیدگان حوادث طبیعی می‌تواند بسیار کارآمد باشد. بدنه این قوطی ها از ۳ لایه تشکیل شده است که لایه اصلی و میانی محتوی ماده‌ی غذایی است، لایه بعدی مواد شیمیایی با پتانسیل ایجاد یک واکنش گرمازا را د ربرداشته و لایه سوم مخزنی از آب است که با فشار دکمه مخصوص در انتهای قوطی پاره شده و مقدمات شروع واکنش گرمازا را ایجاد می‌کند. به این ترتیب امکان گرم کردن محتویات داخل قوطی در کمتر از ۳ دقیقه تا حدود ۶۰ درجه سانتی‌گراد فراهم می‌شود (Steeman, 2012). عموما یک منبع قابل حمل حرارت، مواد شیمیایی را در خود جای داده است که در حالت طبیعی به صورت جامدند و برای مدت طولانی در شرایط دور از رطوبت هیچ واکنشی نشان نمی‌دهند، این ترکیبات با افزودن آب، فعال شده و حرارت تولید می‌کنند. عموماً این ترکیبات شامل یک اسید بدون آب یا نمک اسیدی و یک ترکیب قلیایی بدون آب یا یک نمک قلیایی هستند (FINN *et al*., 2005).ایده‌ی اولیه ساخت ظروفی خود گرم شونده به بیش از یک قرن قبل برمی‌گردد. اولین پتنت[6] در این زمینه در سال ۱۹۰۶ [7] به ثبت رسیده است (Sangyo, 2002). اما ساخت رسمی این ظروف به سال ۱۹۳۸ برمی‌گردد، زمانی که Heinzو Arrder برای ساخت اولین کنسرو خودگرم‌شونده

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشیار، دانش‌آموختگان کارشناسی ارشد و استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسئول: Email: sedaghat@um.ac.ir)

5- Self heating

6- Patent
7- US Patent 827,222

همکاری کردند. یک لایه از قوطی با مواد شیمیایی بدون دود پر شد و با سوراخ کردن سر قوطی و جاری شدن آب واکنش آغاز و گرما تولید می‌شد. این محصول گسترش یافت و غذای گرم را برای ارتش انگلستان در طول جنگ جهانی دوم به همراه آورد (Gluch&Mandler, 2013).

تاکنون انواع مختلفی از این ظروف در کشورهای مختلف دنیا ساخته شده است، اما تمام اطلاعات موجود در این زمینه به صورت پتنت است و اطلاعات دقیقی از جزئیات آن‌ها وجود ندارد. از جمله پتنت‌های ثبت شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره داشت؛ Bell و همکاران (۲۰۰۱) از مخلوط یک ترکیب بازی (هیدروکسید کلسیم) و یک ترکیب اسیدی (نمک اسیدی کلرید منیزیم) به عنوان منبع حرارتی قابل حمل استفاده کردند. Finn و همکاران (۲۰۰۵) از یک ترکیب اسیدی و بازی برای ایجاد یک واکنش گرمازا استفاده کردند. آن‌ها عنوان کردند این واکنش یک واکنش گرماساز با سرعت کنترل شده و حداقل خطر محیطی و جانی است. آن‌ها از اسید بدون آب فسفروس‌پنتواکسید و باز بدون آب اکسید کلسیم بهره گرفتند. Carvallo و همکاران (۲۰۰۷) از یک سیستم کیسه‌ای چند لایه استفاده کردند، آن‌ها مواد حرارت‌زای اکسیدکلسیم/زئولیت/اسید سیتریک را در لایه‌ی بیرونی که هوای آن گرفته شده قرار دادند. کیسه‌ی درونی نیز محتوی رطوبت بود. زمانی که کیسه‌ی داخلی به وسیله‌ی فشردن پاره می‌شود آب با مواد شیمیایی ترکیب و واکنش حرارت‌زا ایجاد می‌شود. Ho و Rahman (۲۰۱۰) واکنش فلز منیزیم و آب را به‌عنوان واکنش گرمازا انتخاب کردند. آن‌ها مدلی را برای برخی واحدهای خودگرم‌کننده‌ی غذایی که شامل استیک و ساندویچ در سینی فلزی و جعبه‌های مقوای خودگرم‌کننده بود نیز توسعه دادند. فرد و داگلاس نیز ترکیب اکسید کلسیم و زئولیت را برای انجام واکنش گرمازا انتخاب کردند (Ford &doglass, 2011). از مهم‌ترین نمونه‌های تجاری نیز می‌توان شرکت نستل[1] اشاره کرد که در سال ۲۰۰۱ بسته‌های داغ هروقت شما بخواهید[2] را تولید کردند که مبنای آن واکنش آب و آهک بود که قادر بود دمایی حدود ۶۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را تولید کند. آن‌چه در طراحی این بسته حائز اهمیت استاندازه گرانول آهک است. درشتی این ذرات گرمای لازم را تامین نمی‌کند و ریزی بیش از حد فشار را در ظرف تا حد خطرناکی بالا خواهد برد (Steeman, 2012). شرکت آنترو[3] آمریکا بر پایه واکنش اکسید کلسیم و آب قوطی‌های خود گرم‌شونده‌ای برای ماکارونی، سوپ، چای، قهوه و شکلات داغ طراحی کرد. مصرف‌کننده بعد از باز کردن درب اولیه با فشار یک دکمه آب را به سمت مخلوط جامد اکسید کلسیم و نمک اسیدی کلرید منیزیم باز می‌کند و گرما تولید می‌شود (Gluch&Mandler, 2013). نحوه‌ی شروع و کنترل این واکنش‌ها، نگهداری و توزیع گرما، نوع مواد به کار رفته نکات کلیدی در موفقیت چنین محصولاتی هستند. حداکثر دمای ایجاد شده باید طوری انتخاب شود که باعث آسیب به مصرف نشود و فشار درون ظرف را نیز به حد خطرناک نرساند (Munguia, 2013). با این‌که امروزه این ظروف تجاری نیز شده‌اند اما در ایران تقریباً می‌توان گفت مطالعه‌ی جدی در مورد عملکرد و طراحی آن‌ها صورت نگرفته است، لذا هدف از این پژوهش طراحی طراحی قوطی‌های خودگرم‌شونده و بررسی عملکرد آن‌هاست. در این پژوهش ۶ ترکیب اسید و بازی مختلف انتخاب و به منظور تعیین بهترین میزان و ترکیب اسید و باز، آزمون‌های مختلف انجام شد و در نهایت این شش ترکیب در ساخت قوطی کنسرو لوبیا وکنسرو خاویار بادنجان تعبیه شدند و عملکرد آن‌ها مورد آزمون قرار گرفت.

مواد و روش

مواد

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل کنسرو لوبیا، کنسرو خاویار بادنجان و قوطی های یک کیلویی خالی و درب‌هایشان بود که ازمرکز پژوهشی بسته بندی مواد غذایی گروه صنایع غذایی در دانشگاه مشهد تهیه گردید. کنسرو لوبیای تهیه شده در این مرکز حاوی۲۰۰ گرم لوبیا و ۲۰۰ گرم سس بود که سس مورد استفاده در این کنسروها شامل آب، رب گوجه، سرکه، آبلیمو، فلفل، نشاسته و میخک می باشد. کنسرو خاویار بادنجان تهیه شده شامل ۲۰۰ گرم بادنجان پخته و چرخ شده و ۲۰۰ گرم سس بود که سس مورد استفاده برای این کنسرو مانند سس تهیه شده برای کنسرو لوبیا و بدون استفاده از نشاسته بود. تمام مواد شیمیایی به کار رفته از شرکت مرک آلمان تهیه شد. به‌منظور ایجاد یک لایه عایق در اطراف قوطی و جلوگیری از اتلاف حرارت تولیدی در طی واکنش گرمازا، از یک لایه پشم شیشه که درون فویل فلزی پیچیده شده بود استفاده گردید. پشم شیشه مورد نظر به سه بخش به منظور پوشاندن کف، دیواره و درب قوطی ها بریده شد و با استفاده از فویل فلزی در این بخش‌ها به قوطی متصل شد.

روش

قوطی کنسرو خوراک لوبیا و یا کنسرو خاویار بادنجان درون قوطی یک کیلویی خالی قرار داده شدند، در فضای خالی بین دو قوطی نیز ترکیبات گرمازای تعیین شده با نسبت‌های مشخص قرار داده شد.آب نیز در لفاف‌های پلاستیکی پنج لایه (دو لایه پلی اتیلن،

1 Nestle
2 Hot when you want
3 Ontro

دو لایه پلی آمید، یک لایه چسب آکریلیک) به ضخامت ۸۰ میکرون در فضای ایجاد شده بین دو قوطی قرار گرفت، سپس دربندی قوطی‌ها توسط دستگاه دربند تک هد ساخت شرکت لینگر انجام شد و دور قوطی نیز با پشم شیشه و مطابق شکل ۱ پوشانده شد (شکل ۱، الف و ب).

آزمون‌ها

اثر مقدار و نوع ترکیبات گرمازا بر دمای فضای بین دو جدار قوطی و محصولات غذایی کنسرو شده: ۶ ترکیب شیمیایی حرارت زا باز- اسید به ترتیب ذیل انتخاب شد، هیدروکسید سدیم- اسید سیتریک، هیدروکسید سدیم- اسید تارتاریک، هیدروکسید پتاسیم- اسید سیتریک، هیدروکسید پتاسیم-اسید تارتاریک، اکسید کلسیم- اسید سیتریک و در نهایت اکسید کلسیم-اسید تارتاریک. لازم به ذکر است این ۶ ترکیب از میان ۱۸ ترکیب اولیه معرفی شده در منابع مختلف و با توجه به پیش‌تیمارهای صورت گرفته و پتانسیل حرارتی ایجاد شده انتخاب گردیدند (جدول ۱).

با توجه بررسی دمای تولید شده و هم‌چنین pH پسماند واکنش (بهترین pH پسماند ۸-۶ است) از نسبت باز به اسید ۱ به ۱/۵ مخلوط‌های باز-اسید هیدروکسید سدیم/ پتاسیم- اسید سیتریک/ اسید تارتاریک و ۱ به ۰/۷۵ اکسیدکلسیم-اسیدسیتریک/ اسید تارتاریک (از آن‌جایی که نسبت ۱ به ۱/۵ و ۱به ۱ باز- اسید pH اسیدی داشت نسبت ۰/۷۵ برای اسید در نظر گرفته شد) انتخاب شد (Labuza, 2001) از هر یک از این ۶ ترکیب در سه سطح ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ گرم تهیه و در فضای خالی بین دو جدار قوطی ریخته شد.

الف

ب

شکل ۱. الف) پشم شیشه پیچیده در فویل برای کف، بدنه و درب قوطی. ب) قوطی‌های پیچیده‌شده در عایق.

جدول ۱- تعدادی از ترکیبات باز-اسید با پتانسیل ایجاد واکنش گرمازای مطلوب (Labuza, 2001؛ Ford &doglass, 2011؛ Gluch&Mandler, 2013)

ترکیب واکنش‌دهنده	ترکیب واکنش‌دهنده	ترکیب واکنش‌دهنده
هیدروکسید سدیم + اسید اگزالیک	هیدروکسید پتاسیم + اسید اگزالیک	اکسید کلسیم + اسید اگزالیک
هیدروکسید سدیم + اسید تارتاریک	هیدروکسید پتاسیم + اسید تارتاریک	اکسید کلسیم + اسید تارتاریک
هیدروکسید سدیم + اسید سیتریک	هیدروکسید پتاسیم + اسید سیتریک	اکسید کلسیم + اسید سیتریک
هیدروکسید سدیم + پنتا اکسید دی فسفر	هیدروکسید پتاسیم + پنتا اکسید دی فسفر	اکسید کلسیم + پنتا اکسید دی فسفر
هیدروکسید سدیم + کلرید آلومینیوم	هیدروکسید پتاسیم + کلرید آلومینیوم	اکسید کلسیم + کلرید آلومینیوم
هیدروکسید سدیم + کلرید منیزیم	هیدروکسید پتاسیم + کلرید منیزیم	اکسید کلسیم + کلرید منیزیم

بهترین وزن آب مورد استفاده برای انجام واکنش به مقدار آبی اتلاق می‌شود که با افزودن آن به ترکیبات گرمازا جامد به‌طور کامل واکنش داده و بیش‌ترین دما را حاصل کند. با توجه به پیش‌تیمارهای انجام شده در نسبت‌های ۱، ۰/۷۵ ، ۰/۵ و ۰/۲۵ وزن کل هر یک از مخلوط‌های اسید- باز، بهترین میزان آب ۰/۷۵ وزن کل هر یک از مخلوط‌های اسید- باز انتخاب شد (Gottfurcht&Weitzner, 1965; Labuza, 2001) این میزان آب را در کیسه‌های ۵ لایه پلاستیکی (دو لایه پلی اتیلن، دو لایه پلی آمید، یک لایه چسب) با

ضخامت ۸۰ میکرومتر ریخته و با دستگاه دوخت حرارتی دوخت زده شد. کیسه‌های آب نیز در فضای آزاد بین دو لایه‌ی قوطی کار گذاشته شد. پس از قراردادن کنسروهای آماده و استریل شده در قوطی و مواد شیمیایی و آب در فضای بین دو قوطی، دربندی انجام شد. سپس با فروکردن یک میخ نوک تیز در سوراخ‌های تعبیه شده بر روی درب قوطی‌ها، لفاف‌های حاوی آب پاره و واکنش آغاز گردید. پس از فعال کردن هر قوطی، بلافاصله درب قوطی‌ها باز و دمای فضای بین دو جداره قوطی و غذا اندازه‌گیری شد.

ترسیم نمودار اختلاف دمای فضای بین دو جدار قوطی و دمای غذای درون کنسرو

برای این منظور پس از فعال کردن ترکیبات گرمازای درون قوطی‌ها، به وسیله‌ی دو ترمومتر به طور همزمان دمای فضای بین دو جداره قوطی و دمای ماده‌ی غذایی درون ظرف داخلی در فواصل زمانی ۱۵ ثانیه یادداشت و نمودار آن ترسیم شد.

ترسیم پروفیل دما-زمان اثر انواع ترکیبات گرمازا بر دمای محصولات غذایی کنسرو شده

در بررسی اثر نوع ترکیب گرمازا بر دمای محصولات غذایی کنسرو شده، هر ۱۵ ثانیه دمای ماده غذایی اندازه‌گیری و پروفیل دما-زمان ترسیم گردید. به این ترتیب تغییرات همزمان دما و زمان مربوط به اثر انواع ترکیبات گرمازا بر دمای محصولات غذایی کنسرو شده بررسی شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون فاکتوریل در طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گردید. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار[1] و با سطح اطمینان ۹۵ درصد توسط نرم‌افزار نرم‌افزار MstatC صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Microsoft Excel ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر وزن‌های مختلف ترکیبات گرمازابر دمای فضای بین دو جدار قوطی و محصولات غذایی

از هر یک از مخلوط‌های اسید-باز در سه وزن ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ گرم تهیه و در فضای خالی بین دو جدار قوطی ریخته شد و اثر آن‌ها بر دمای فضای بین دو جدار قوطی تعیین گردید. نتایج نشان داد تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بین مقدار مخلوط اسید-باز و دمای تولید شده وجود دارد. وزن مخلوط ۲۵۰ گرم بیشترین دمای مطلوب را تولید کرد (شکل ۱، الف). پژوهش‌های صورت گرفته توسط جیمز (۱۹۹۶) نیز حاکی از تاثیر افزایش وزن ترکیبات گرمازا بر افزایش دمای فضای بین دو جدا قوطی بود (James, 1996). همچنین نتایج ایجاد شده با نتایجکاروالو و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت داشت آن‌ها نیز با افزایش میزان ترکیبات واکنش‌دهنده توانستند حرارت بیش‌تری تولید کنند (Carvallo *et al*., 2007). Kolb (۲۰۰۳) نیز نشان دادند هر چه مقدار ترکیبات گرمازا مورد استفاده در جدار قوطی بیشتر باشد حرارت بیش‌تری تولید خواهد شد. البته در افزایش مقدار ترکیب گرمازا به وزن نهایی بسته و همچنین قیمت تمام شده نیز باید توجه شود.

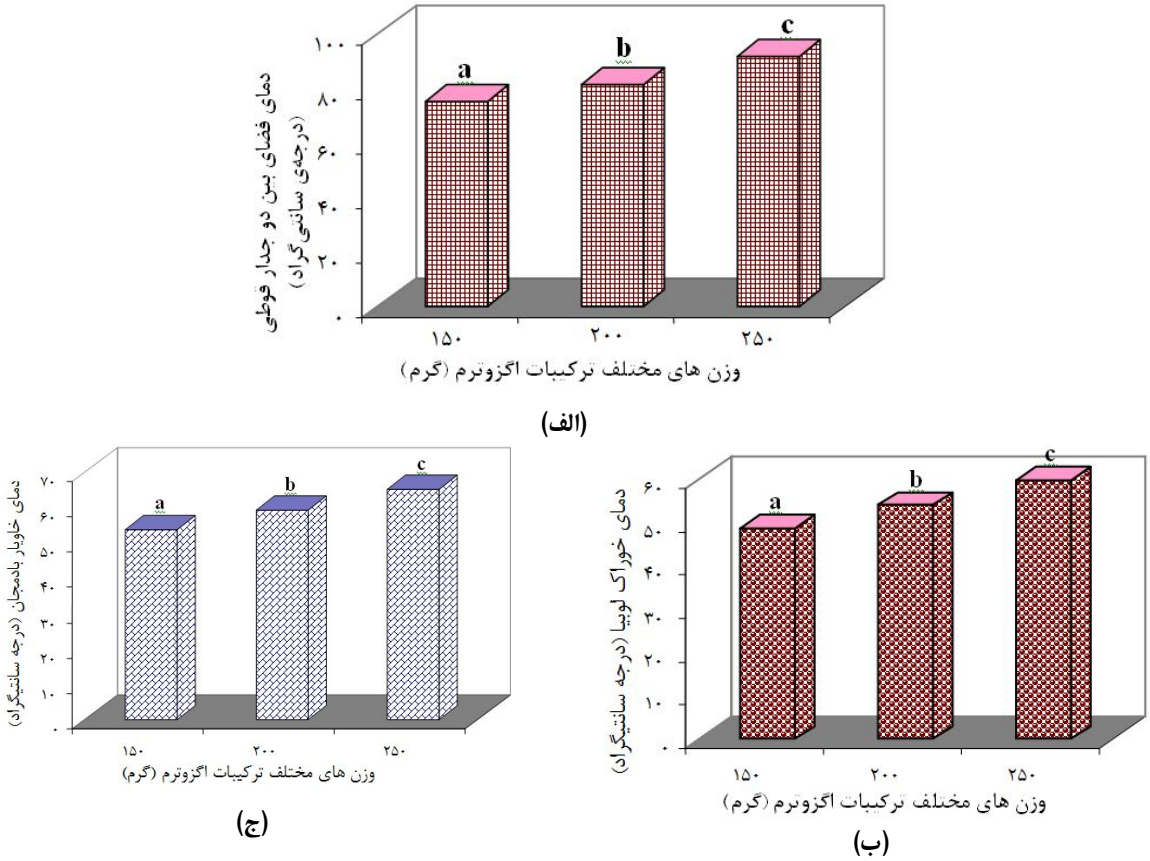
اندازه‌گیری دمای کنسرو خوراک لوبیا و خاویار بادنجان نیز نشان داد وزن‌های مختلف ترکیبات گرمازا (اگزوترم) تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در دمای این دو محصول ایجاد می‌کنند. همان‌طور که پیش‌بینی می‌شد بیشترین دمای خوراک لوبیا و خاویار بادنجان مربوط به وزن ۲۵۰ گرم و کم‌ترین آن مربوط به وزن ۱۵۰ گرمبود (شکل ۲ ب و ج).

اثر نوع ترکیب گرمازا بر دمای فضای بین دو جدار قوطی

در بررسی دمای فضای بین دو جدار قوطی در شش نوع مخلوط گرمازای مورد استفاده نتایج نشان داد تفاوت دمای فضای بین دو جدار قوطی در مخلوط‌های حاوی باز هیدروکسید سدیم (سود) در مقایسه با مخلوط های حاوی بازهای هیدروکسید پتاسیم (پتاس) و اکسید کلسیم (آهک) معنی‌دار بوده ($P<۰/۰۵$) است. همچنین استفاده از اسید سیتریک و اسیدتارتاریک تفاوت معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) در دمای فضای بین دو قوطی ایجاد نکرد. پس از مخلوط هیدروکسید سدیم(سود) و اسید تارتاریک، مخلوط های هیدروکسید سدیم (سود) و اسید سیتریک، هیدروکسید پتاسیم (پتاس) و اسید تارتاریک، هیدروکسید پتاسیم (پتاس) و اسید سیتریک، اکسید کلسیم (آهک) و اسید تارتاریک و در نهایت اکسید کلسیم (آهک) و اسید سیتریک‌ها به ترتیب بیش‌ترین تا کم‌ترین دما را تولید کردند. علت این‌که هیدروکسیدسدیم (سود) در مقایسه با دو ترکیب قلیایی دیگر توانایی تولید گرمای بیش‌تری دارد به این نکته برمی‌گردد که عنصر سدیم در جدول تناوبی در مقایسه با عناصر پتاسیم و کلسیم بوده بالاتر بوده در نتیجه واکنش‌پذیری مخلوط های حاوی سدیم در مقایسه با مخلوط های حاوی پتاسیم و کلسیم بیشتر خواهد بود متعاقباً دمای بیش‌تری نیز تولید می‌کند.

Labrousse (۱۹۸۸)، نیز اعلام کرد مخلوط‌های اسید-باز حاوی هیدروکسید سدیم در مقایسه با مخلوط‌های حاوی هیدروکسید پتاسیم و اکسید کلسیم حرارت بیش‌تری تولید می‌کند. James (۱۹۹۶) نیز نشان داد که دمای حاصل از واکنش مخلوط‌های حاوی اسیدتارتاریک نسبت به مخلوط‌های حاوی اسید سیتریک بیشتر بوده اما اختلاف دمای حاصل از آنها کم می باشد.

1 LSD (Least Significant Difference)



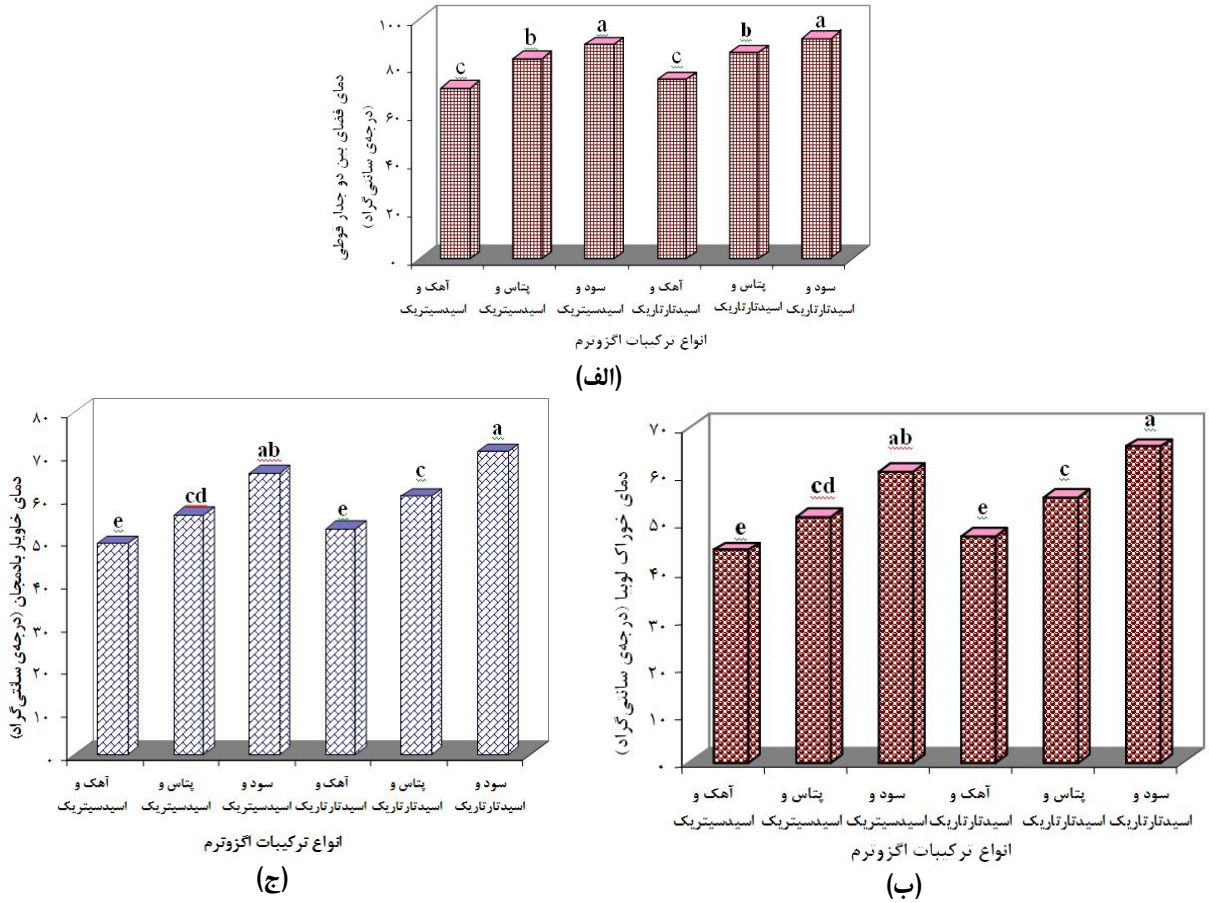
شکل ۲- اثر اوزان مختلف ترکیبات گرمازا بر روی دمای الف) جدار بین دو قوطی ب) خوراک لوبیا و ج) خاویار بادنجان.

بسیاری از محققین ترکیب بازی هیدروکسید کلسیم و اکسید کلسیم را ترکیبات خوبی برای ایجاد یک واکنش گرما زا معرفی کرده‌اند. برای مثال بل و همکاران از ترکیب بازی هیدروکسید کلسیم و نمک اسیدی کلرید منیزیم توانستند دمایی معادل ۶۵ درجه‌ی سانتی‌گراد تولید کنند(Bell *et al*., 2001). Finn و همکاران (۲۰۰۵) نیز اسید بدون آب فسفروپنتواکسید را در کنار اکسیدکلسیم به کار بردند و دمای ۷۰–۹۵ درجه‌ی سانتی‌گراد ایجاد کردند. Carvallo و همکاران (۲۰۰۷) نیز با ترکیب حرارت‌زای اکسیدکلسیم/زئولیت/اسید سیتریک حرارتی معادل ۱۰۰–۸۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تولید کردند. Sunol و Sunol (۲۰۱۱) واکنش اکسیدکلسیم و زئولیت را مبنای عمل گرمازای مورد نیاز قرار دادند. برای کنترل خیس شدن و محدود کردن سرعت اولیه واکنش از سورفاکتانت پلی‌اتیلن گلیکول استفاده شد. و اسید یا نمک‌های اسیدی نیز به منظور تعدیل دما و pH بکار رفت. در این پژوهش از ترکیب سود و اسیدتارتاریک دمای خوبی بالغ بر ۹۰ درجه‌ی سانتی‌گراد تولید شد (شکل ۳، الف).

بررسی دمای خوراک لوبیا و خاویار بادنجان اثر ترکیبات گرمازا مختلف بر روی دمای خوراک لوبیا و بادنجان نشان داد که استفاده از مخلوط‌های اسید– باز حاوی هیدروکسید سدیم (سود) در مقایسه با مخلوط‌های حاوی بازهای هیدروکسید پتاسیم (پتاس) و اکسید کلسیم (آهک) به طور معنی‌داری ($P<0/05$) دمای بیش‌تری ایجاد کرده است. هم‌چنین همان‌طور که انتظار می‌رفت هیچ تفاوت معنی‌داری ($P<0/05$) بین استفاده از اسید سیتریک و اسید تارتاریک دیده نشد. استفاده اسید سیترک به دلیل کم‌خطر بودن و ماهیت خوراکی و عدم حساسیت‌زایی ارجحیت دارد. در سال ۱۹۶۹ فرون و فوز با توجه به پژوهش های انجام داده استفاده از اسید سیتریک را بدلیل فراوانی و غیر سمی بودن ترجیح دادند (Fearon&Foss, 1996). کنسرو خاویار بادنجان به دلیل بافت یک‌پارچه‌ای که دارد در انتقال حرارت موفق‌تر بوده و با استفاده از ترکیب سود و اسید تارتاریک می‌توان حتی به دمایی بالاتر از ۷۰ درجه‌ی سانتی‌گراد رسید.

بررسی اختلاف دمای فضای بین دو جدار قوطی و دمای ماده غذایی

اختلاف دمای فضای بین دو جدار قوطی و دمای ماده غذایی به عوامل متعددی وابسته است.



(الف)

(ب)

(ج)

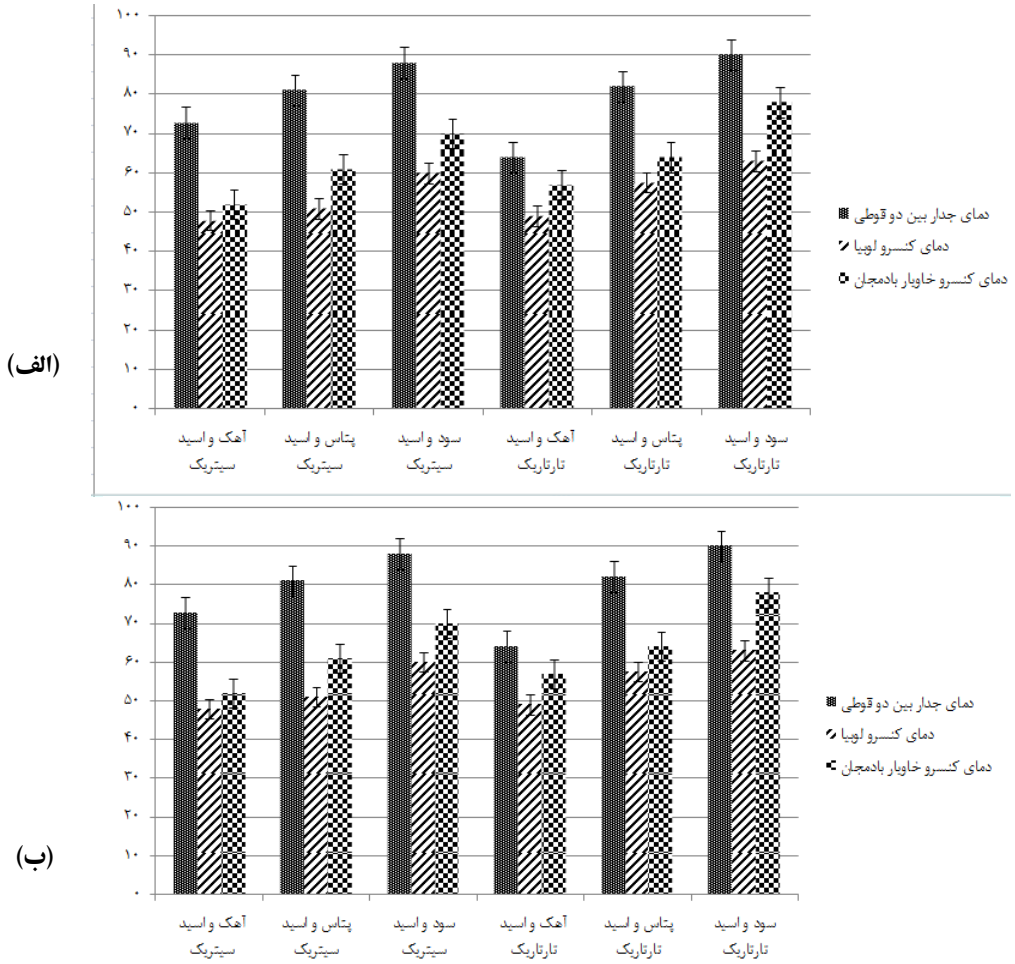
شکل ۳- تأثیر نوع ترکیب گرمازا بر روی دمای الف) جدار بین دو قوطی ب) کنسرو لوبیا و ب) خاویار بادنجان

یکی از مهم‌ترین این عوامل، عایق موجود در اطراف پوسته خارجی است، هر چه قدرت هدایت حرارتی این لایه کمتر باشد، گرمای کم‌تری هدر رفته و در نتیجه دمای حاصل از واکنش گرمازا، بیشتر صرف گرم‌کردن ماده غذایی خواهد شد. عامل مؤثر دیگر جنس قوطی کنسرو حاوی ماده غذایی است.معمولا این قوطی‌ها از موادی با هدایت حرارتی بالا هم‌چون ورق‌های فولاد عاری از قلع[1] و فولاد قلع‌اندود[2] ساخته می‌شوند. این مواد دمای حاصل از واکنش را به سرعت به ماده غذایی منتقل می‌کنند.

در بررسی اختلاف دمای فضای بین دو جدار قوطی و دمای خوراک لوبیا، دمای اندازه‌گیری شده در فضای بین دو جدار قوطی ۴۰-۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد بالاتر از دمای خوراک لوبیا بود. این نتیجه قابل انتظار بود، زیرا پس از آغاز واکنش گرمازا، تا زمانی که دمای ماده غذایی افزایش یابد حتی با وجود عایق‌های چند لایه، مقداری اتلاف انرژی حرارتی وجود خواهد داشت (شکل ۴، الف). James (۱۹۹۶) نیز اختلاف دمای حاصل از انواع ترکیبات گرمازا موجود در فضای بین دو جدار قوطی و دمای ماده غذایی کنسرو شده را ۲۰ تا۵۰ درجه سانتی‌گراد اعلام کرد.

این اختلاف دما در خاویار بادنجان به مراتب کم‌تر بود (شکل ۴ ، ب). از آنجایی که ترکیبات گرمازا مورد استفاده در فضای بین دو جدار قوطی در هر دو ماده غذایی کنسرو شده یکسان بود، دمای فضای بین دو جدار قوطی نیز در هر دو ماده‌ی غذایی کنسرو شده یکسان بود، لذا علت کاهش اختلاف دمای فضای بین دو جدار قوطی برای خاویار بادنجان در مقایسه با خوراک لوبیا، به اختلاف ویژگی‌های این دو ماده‌ی غذایی برمی‌گردد. یکنواخت بودن بافت کنسرو خاویار بادنجان در مقایسه با کنسرو خوراک لوبیا موجب انتقال حرارت بهتر و افزایش سرعت گرم شدن خاویار بادنجان شده در نتیجه اتلاف حرارت کمتری ایجاد کرد. در کنسرو خوراک لوبیا، پوسته خارجی موجود بر روی دانه های لوبیا، مانند یک عایق عمل کرده و در نتیجه مدت زمان گرم شدن این کنسروها را طولانی‌تر کرده و بنابراین اتلاف حرارت را بیش‌تر ساخته است (شکل ۴ الف و ب).

1Tin Free Steel (TFS)
2 Tin Plate(TP)



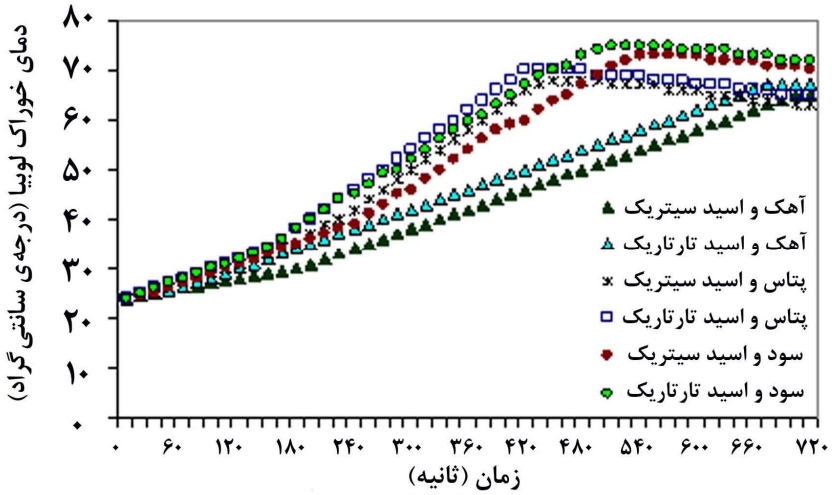
شکل ٤ -اختلاف دمای فضای بین دو جدار قوطی و دمای خاویار بادنجان و کنسرو خوراک لوبیا در دو مقدار الف) ۲۵۰ گرم و ب) ۲۰۰ گرم

بررسی پروفیل دما-زمان انواع ترکیبات گرمازا بر دمای خوراک لوبیا و بادنجان

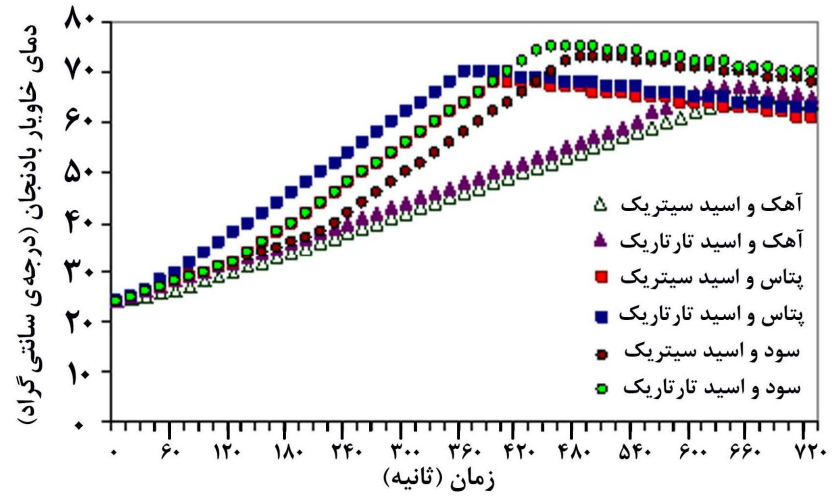
همان‌طور که پروفایل دما-زمان در خوراک لوبیا نشان می‌دهد (شکل ۵، الف) مخلوط‌های حاوی هیدروکسید سدیم (سود) نسبت به مخلوط‌های حاوی هیدروکسید پتاسیم (پتاس) و اکسید کلسیم (آهک)، دمای خوراک لوبیا را بیشتر افزایش می‌دهند. اما مخلوط‌های حاوی هیدروکسید پتاسیم سریع‌تر به دمای ماکزیمم می‌رسند مدت زمان رسیدن به دمای ماکزیمم برای مخلوط‌های حاوی اکسید کلسیم ۱۲-۱۰ دقیقه برآورد شد که نسبت به مخلوط‌های حاوی هیدروکسید سدیم و پتاسیم به طور معنی‌داری ($p<0/05$) طولانی‌تر بوده از این رو پس از فعال کردن قوطی های حاوی این ترکیبات گرمازا، ماده غذایی درون آن مدت زمان بیش‌تری طول می‌کشد تا گرم شود. بر اساس تحقیقاتLabrousse (۱۹۸۸)، مخلوط های اسید-باز حاوی هیدروکسید سدیم در مقایسه با مخلوط‌های حاوی هیدروکسید پتاسیم و یا اکسید کلسیم دمای بیشتری را تولید می‌نمایند. تحقیقات صورت گرفته توسط این دانشمند همچنین نشان می‌دهد که مخلوط‌های حاوی هیدروکسید پتاسیم در کم‌ترین زمان نسبت به مخلوط های حاوی هیدروکسید سدیم و اکسید کلسیم به دمای ماکزیمم خواهد رسید.

Ford و Doglass (۲۰۱۱) از مخلوط گرمازای اکسیدکلسیم به عنوان باز گرمازا استفاده کردند، مدت زمان صرف شده برای رسیدن دما به دمای حداکثر ۲۰-۱۰ دقیقه برآورد شد، آن‌ها در آب مورد استفاده سورفاکتانت اضافه کردند که سرعت واکنش را کند کرد، با کاهش سرعت واکنش، واکنش به مدت طولانی‌تری انجام و غذا برای مدت بیش‌تری گرم می‌ماند. هم‌چنین خاصیت متخلل زئولیت به طولانی‌تر شدن این زمان کمک می‌کند. اما گاهی ممکن است که صرف این زمان زیاد برای گرم‌شدن چندان از لحاظ مصرف‌کننده مطلوب نباشد.

(الف)



(ب)



شکل ۵- تأثیر نوع ترکیب گرمازا بر پروفیل دما-زمان الف) خوارک لوبیا و ب) خاویار بادنجان.

تفاوت پروفیل دما-زمان مربوط به خاویار بادنجان نسبت به خوراک لوبیا در این است که بطور کلی مدت زمانی که طول می‌کشد تا دمای خاویار بادنجان افزایش یافته و به دمای ماکزیمم برسد در کلیه مخلوط‌های تحت آزمایش،کوتاه‌تراست. بنابراین کنسروهای غذایی خاویار بادنجان سریعتر گرم می‌شود که این امر برای مصرف‌کننده مطلوب خواهد بود. علت اینکه خاویار بادنجان سریعتر از خوراک لوبیا به دمای ماکزیمم می‌رسد این است که بادنجان مورد استفاده در این کنسروها باید در ابتدا پخته و چرخ شود در نتیجه محصول نهایی نسبت به کنسرو خوراک لوبیا بافتی یکنواخت تر دارد که این امر موجب تسریع در انتقال حرارت خواهد شد (شکل ۵، ب). بررسی‌ها نشان داد که بعد از رسیدن به دمای حداکثر در تمام ترکیبات استفاده شده دست‌کم ۶ دقیقه دما به حالت ثابت باقی می‌ماند و بعد از آن افت دما ایجاد می‌شود. این زمان، نسبتاً زمان قابل قبول و مناسبی است. اما محققینی مانند Carvallo و همکاران (۲۰۰۷) و همچنین Ford و Doglass (۲۰۱۱) با ترکیب سورفاکتانت در آب، این زمان را تا ۲۰ دقیقه افزایش دادند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد، میزان ترکیب قلیا-اسید بر حرارت تولیدی مؤثر است و بهترین نتیجه در میزان ۲۵۰ گرم حاصل شد که باید با توجه با حرارت مورد نظر، وزن بسته‌بندی و قیمت تمام شده‌ی کالا بهترین مقدار انتخاب شود. برای مثال در مورد کنسرو خاویار بادنجان اختلاف معنی‌داری بین دو مقدار ۲۰۰ و ۲۵۰ گرم در مورد هیدروکسیدسدیم- اسیدسیتریک وجود نداشت و منطقی‌ترین حالت استفاده از ۲۰۰ گرم از این مخلوط بود. نوع ترکیب تأثیر معنی‌داری ($p<0/05$) بر حرارت تولیدی داشت. بهترین ترکیب هیدروکسیدسدیم- اسیدسیتریک بود. بین انتخاب اسیدسیتریک و اسیدتارتاریک تفاوت معنی‌داری دیده

نشد. پروفایل دمایی نشان داد ۶ دقیقه طول می‌کشد تا دما به حداکثر خود برسد، ۶-۱۰ دقیقه نیز دما ثابت باقی ماند و بعد از آن شاهد افت دما هستیم که این زمان، زمان نسبتاً قابل قبولی برای گرم کردن و گرم ماندن کنسروها است.

منابع

Bell, W., Copeland, R.J., Yu, J., Dippo, J.L., 2001, portable heat source.U.S. Pat.6248257 B.

Carvallo, R., 2007, Self-heating chemical system for sustained modulation of temperature. WO2007087039A2

Fearon, R. E & Foss, R.G, 1969, Exothermic composition containing a metal oxide and acid or acid salts. U. S. Pat. 3475239.

Finn, R., Harmsen, G.C., Kirkpatrick, J., Meyers, D., Mitchell, J., Payen, V., 2005, Heat-producing agglomerates and their application in flameless heaters and self-heating packaging.WO.Pat. 2005037953 A1.

Ford, J.M.B &Douglas, M. L., 2011,Self-heating container.U.S. Pat.8001959 B2.

Gluch, G. &Mandler, D. 2013,Kitchen in a can for people on the go, Available at: http://pubs.acs.org/subscribe/archive/ci/31/i09/html/09gluch.html.

Gottfurcht, B & Morris, Weitzner, M. 1965. Varied temperature container.U.S. Pat. 3213932.

Ho, S.H., Rahman, M.M., Sunol, A.K., 2010,Analysis of thermal response of a food self-heating system. *Applied Thermal Engineering*,30 (14–15), 2109–2115.

James. D.B. 1996. Acid-base fuels for self heating food containers. U.S. Pat. 5542418.

Kolb, K.W. 2003. Insertablethermoticmodule for Self-Heating can. U.S. Pat. 0205224.

Labrousse, B. L. P. E. 1988. Single use heat transfer packaging for drinks foodstuffs and medicaments. U. S. Pat. 4753085.

Labuza, T. 2001.Chemical heat sources. U.S. Pat. 6248257.

Munguia, M. 2013. Heated food sachet. U.S. Pat. 20130037016.

Sangyo, K., 2002. Self Heating Can, [On line]www.kitasangyo.com/SHC-System/SHC-Images/SHC_ppt_E_ed02.pdf[16May 2012].

Steeman, A., 2012, Self-Heating Packaging Containers – Part 1.[On line]http:// bestinpackaging.com/2012/12/03/self-heating-packaging-containers-part-1 [20 June 2013].

Sunol- aydin, K. &Sunol-Sermin, G., 2011,Sustained modulation of temperature of self heating chemical system.EP. Pat. 201007

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 12, No. 1, Apr. May. 2016, p. 1- 11

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۲، شماره ۱، فروردین-اردیبهشت ۱۳۹۵ ص.۱۱-۱

Effect of Type and Amount of Heat-Producing Compositions on the Amount of Heat-Producedand Temperature Profiles of Self Heating Cans

N. Sedaghat[1*], M. Rastegari[2], S. Khoshnoudi-nia[3], A. Sharief[4]

2013.07.05
2015.05.14

Introduction: Self-heating packaging (SHP) is an active packaging with the ability to heat food contents without external heat sources or power. Packets typically use an exothermic chemical reaction and then woul be useful for military operations, natural disasters, or whenever conventional cooking is not available. These packages are often used to prepare main courses such as meat dishes, which are more palatable when hot.The system consists of three compartments that are separated within the can: the first is the packaged food item; the second, exothermic chemical material(such as calcium hydroxide); and in the third, water. Once the calcium hydroxide is dissolved within the water, it generates, in just 3 minutes, a large amount of heat (up to 60 degrees Celsius), which heats the food item that is located in the first compartment of the can and allows for it to remain hot for up to 20 minutes.For consumption,consumer must remove a seal on the base of the can to reveal the activation button. Pressing the button activates the heater. After 2-3 minutes, the contents of the can must be lightly shaken to ensure contents are at an even temperature. Setting the can upright, the consumer opens the package and enjoys a hot food or beverage.

The present study would focuse on finding the new exothermic chemical materials for reducing cost or producing upper temperature.Therefore, the main objectives of this study were to determine the effect of type and amount of heat-producing compositions on heat-produced and temperature profiles of self heating cans.

Material and methods: In this study,the designed self-heating canswere consisted of twoseparated compartments within the can.The first section of can was used for putting of food and the second section was used for storage of exothermic chemical materials. A misture of 6 exothermic chemical materials alkali-acidic, (Sodium hydroxide+citricacid ,Sodiumhydroxide+tartaric acid , potassium hydroxide +citric acid, potassium hydroxide +tartaric acid, Calcium oxide+citricacid and Calcium oxide+tartaric acid) was selected. alkalian-acidic composition was mixed in the ratio 1:1.5 and mixture weighing 150, 200 and 250 g were used in this investigation and placed in the free space between cans. For added degree of heat insulation using of glass wool as label outer of cans. Cans wall andcanned food (canned beans and eggplant caviar) temperature were investigated to determine the best combination of level and type of heat-producing composition. In addition, Time-Temperature profiles of each combination were plotted.

Results&Discussion: Observations indicated that amount of Heat-producing compositions had significant effect on heat-generated and the best result was obtained with 250g of Heat-producing compositions($p<0.05$). In the other words,the most amount of Heat-producing compositions is used, more heat-generatedwill produce and this results was adapted with the resultsofCarvalho et al., 2007 and James, 1996.Mixture type also had significant effect ($p<0.05$) on investigated parameter and mixture of Sodium hydroxide and citric acid produced the most heat. However, type of acidic composition (citric or tartaric acid) had no significant effect on heat-produced. After mixing sodium hydroxide (NaOH) and tartaric acid, a mixture of sodium hydroxide (NaOH) and citric acid, potassium hydroxide (KOH) and tartaric acid, potassium hydroxide (KOH) and citric acid, calcium oxide (lime) and tartaric acid and Finally, calcium oxide (lime) and citric acid to produce the highest to the lowest temperature respectively.

Compare the speed and amount of heating in two canned food items revealed that eggplant caviar have a higher rate of heating than Canned Beans. Uniform texture than canned beans, canned eggplant caviar leads to better heat transfer and increase the rate of warming eggplant caviar has been created. In canned beans, bean

1, 4 – Associate and Assistant Professor.Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad.
2, 3 - MSc. Farmer Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad.
(*- Corresponding Author Email: sedaghat@um.ac.ir)

shells on the seeds, such as an insulator practice and therefore has a longer period of time warming the canned. In addition, results of quantitative analysis of time-temperature profile showed that it takes about **6** minutes to reach its maximum temperature**.**

Conclusion: It was concluded that these compositions, especially sodium hydroxide - citric acid, have a good potential to be used asHeat-producing compositions in self-heating Cans. There was no significant difference between the selectionof Citric acid and tartaric acid.The profile of temperature showed 6 minutes needs that temperature reaches its maximum and 6-10 minutes, the temperatures remained stable.This time relatively acceptable time to warm up and stay warm for canned foods.

Keywords: Self heating Can , exothermic materials, time-temperature profile.