

کیسه‌های قابل اتوکلاو و کاربرد آن‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی

سمانه فرجی^{۱*}، علی مهربان^۲، حبیب‌اله میرزایی^۳

تاریخ دریافت مقاله: مهر ماه ۱۳۹۱

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۱

چکیده

انعطاف‌پذیر بسته‌بندی شونده. بعد از توسعه قوطی‌های فلزی، کیسه‌های قابل اتوکلاو، از مهم‌ترین پیشرفت‌ها در بسته‌بندی مواد غذایی به شمار می‌آیند.

واژه‌های کلیدی

کیسه‌های قابل اتوکلاو، انعطاف‌پذیر، قابلیت اتوکلاو شدن، ساختار لایه لایه، پلی‌استر، فویل آلومینیوم، پلی‌پروپیلن و افزایش ماندگاری.

۱- مقدمه

بسته‌بندی‌های انعطاف‌پذیر و قابل اتوکلاو از اواخر دهه ۱۹۷۰ جهت مصارف تجاری در دسترس می‌باشند. مواد غذایی ابتدا در کیسه مهر و موم شده و سپس مانند فرآیند کنسروسازی استریل^{۱۰} می‌شوند. برخلاف مواد غذایی کنسرو شده، غذاهای فرآوری شده در کیسه، بافت و مزه بهتری داشته و دچار نرمی و پختگی بیش از حد نخواهند شد زیرا مواد غذایی بسته‌بندی شده در کیسه‌های قابل اتوکلاو نسبت به قوطی‌ها، جهت استریلیزاسیون^{۱۱} تجاری به حرارت کمتری نیاز دارند و زمان پخت و هزینه‌های انرژی در آن‌ها نسبت به قوطی‌ها به نصف کاهش یافته است. امروزه فرآوری مواد غذایی جامد و کم اسید در کیسه، صرفه اقتصادی داشته و به طور گسترده‌ای به‌عنوان یک فناوری مورد استفاده و پذیرش قرار گرفته است.

کیسه‌های قابل اتوکلاو^۴ ظروفی انعطاف‌پذیر^۵ و دارای قابلیت اتوکلاو شدن و ساختاری لایه لایه هستند و مشابه قوطی‌های کنسرو، حرارت‌دهی می‌شوند. ساختار کیسه‌های قابل اتوکلاو شدن که امروزه استفاده می‌شوند از سه ماده ساخته شده است که شامل لایه خارجی ۱۲ میکرومتری پلی‌استر^۶ به منظور ایجاد مقاومت حرارتی بالا، استحکام و قابلیت چاپ؛ لایه میانی از فویل آلومینیوم^۷ با ضخامت ۹-۱۸ میکرومتر که به عنوان سدّی در برابر نفوذ گاز، نور و رطوبت عمل کرده و لایه درونی پلی‌پروپیلن^۸ با ضخامت ۷۶ میکرومتر در تماس با غذا است که این سه لایه روی هم قرار گرفته و با حرارت‌دهی در آن^۹ به هم متصل می‌شوند. لایه‌های تشکیل‌دهنده این ظروف، خواص مناسبی جهت افزایش ماندگاری، درب‌بندی کامل، استحکام، مقاومت به پارگی و پایداری در برابر فرآیندهای حرارتی فراهم می‌آورند. امروزه هر فرآورده بسته‌بندی شده در قوطی‌ها و شیشه‌ها، می‌توانند در ظروف

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(* نویسنده مسئول. samanefaraji_90@yahoo.com)

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

4- Retort pouch

5- Flexible

6- Polyesters

7- Aluminum foil

8- Polypropylene

9- Oven

10- Sterill

11- Sterility

۲- سابقه تاریخی

کیسه‌های قابل اتوکلاو برای اولین بار در سال ۱۹۴۰ جهت بسته‌بندی جیره غذایی نظامیان ایالات متحده آمریکا به وجود آمدند. شکل ساده کیسه که حمل و نقل آن را بدون هیچ محدودیتی امکان‌پذیر می‌سازد، نرمی و انعطاف‌پذیری آن، که از آسیب در حین سینه‌خیز شدن جلوگیری می‌کند، سهولت باز شدن، آماده به مصرف بودن و سبک‌تر بودن وزن آن نسبت به قوطی‌ها از انگیزه‌های اصلی جهت استفاده کیسه در صنایع نظامی ایالات متحده بوده است. توسعه و گسترش کیسه در ایالات متحده آمریکا، از کارهای آزمایشگاهی در اوایل ۱۹۵۰ آغاز شد و استفاده از آن در برنامه‌های فضایی آپولو^۱ (که در سال ۱۹۶۸ آغاز شد) و نیز اثبات توجیه‌پذیری اقتصادی و تجاری آن بین سال‌های ۱۹۷۲-۱۹۶۸ به طول انجامید.

در سال ۱۹۵۹ آزمایشات گسترده‌ای توسط ارتش ایالات متحده آمریکا در انستیتو^۲ غذا و ظروف ایالات متحده انجام شد که هدف از این آزمایش‌ها، پیدا کردن نوعی بسته‌بندی با دوام که به سهولت قابل باز شدن و حمل و نقل توسط سرباز بوده، به راحتی در جیب یونیفرم‌های^۳ جنگی جای گرفته و نیز در صورت افتادن سرباز روی آن، سرباز صدمه نبیند. علاوه بر این موارد، مواد غذایی در داخل آن، بدون نیاز به یخچال ماندگاری بالایی داشته باشد، آماده به مصرف بوده و بدون ذوب شدن، به صورت سرد و گرم، قابل پذیرش بوده و حداقل کیفیتی مشابه غذاهای کنسروی داشته باشد. نتایج موفقیت‌آمیز آزمایشگاهی و مزایای بالقوه آن منجر به استفاده از کیسه در کاربردهای نظامی و غیر نظامی شده است. از سال ۱۹۶۶-۱۹۵۹ بخش تحقیق و توسعه ناتیگ^۴ بیش از ۲۰۰ نوع ماده مختلف برای تولید کیسه را مورد آزمون قرار دادند و نوع و میزان مواد قابل مهاجرت از بسته‌بندی به داخل مواد غذایی را بررسی کردند تا تعیین کنند که آیا

- 1- Apollo
- 2- Institute
- 3- The uniform
- 4- Natick

بسته‌بندی کیسه به همراه پاکت‌های کاغذی ضروری است و یا برتری خاصی بر آن‌ها دارد. همچنین پایداری و دوام آن‌ها طی حمل و نقل و کهنگی یا عدم آن نیز مورد آزمون قرار گرفت، نتایج آزمون‌های میدانی ۵۰۰۰۰ کیسه پر شده، نشان داد که اگر کیسه‌ها به خوبی طراحی شوند، کارایی بهتری نسبت به بسته‌بندی‌های دیگر دارند. کیسه‌های قابل اتوکلاو در اواخر دهه ۱۹۷۰ به یک واقعیت تجاری تبدیل شدند.

۳- کاربرد کیسه‌های اتوکلاو

امروزه کیسه‌های قابل اتوکلاو در فرآیندهای حرارتی مواد غذایی توجه زیادی را به خود جلب کرده است. به دلیل توانایی بالا در تحمل فرآیندهای حرارتی و سهولت فرآوری مواد غذایی در آن‌ها، کیسه‌های قابل اتوکلاو جایگزین مناسبی برای قوطی‌های فلزی مرسوم به شمار می‌آیند. با توجه به تقاضای مصرف‌کنندگان برای تولیدات جدید، شرکت‌های مواد غذایی کنسرو شده، به‌طور افزایش‌دهنده‌ای از کیسه‌ها به‌عنوان جایگزینی برای قوطی‌های فلزی، شیشه‌های دهان‌گشاد و یا فویل‌های آلومینیومی استفاده می‌کنند.

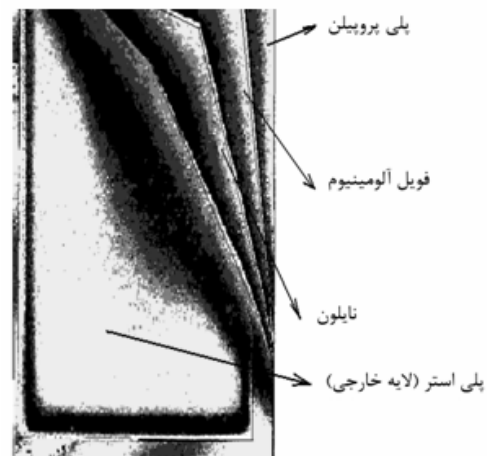
امروزه به دلیل ایجاد تغییراتی در سبک زندگی مصرف‌کنندگان، پیشرفت فناوری بسته‌بندی و کمبود قوطی‌های فلزی، کیسه‌های قابل اتوکلاو به موقعیتی مناسب و برتر دست یافتند و به عنوان یک بسته‌بندی منتخب به بازارهای مواد غذایی راه یافته‌اند. ظهور فناوری کیسه‌های قابل اتوکلاو، امکان استفاده از غذاهای آماده به خوردن^۵ (RTE) با ماندگاری بالا را فراهم کرده است. امروزه غذاهای آماده به خوردن متنوعی توسط چندین شرکت چند ملیتی در سراسر جهان تولید می‌شوند که این فرآورده‌ها به‌عنوان جایگزینی برای غذاهای خانگی، در میان مصرف‌کنندگان قشر متوسط جامعه از پذیرش بالایی برخوردارند. برخی از این محصولات شامل: سبزیجات کاری، دسرهای محتوی آرد برنج و تخم مرغ و

5- Ready to eat

همچنین لبنیات و آشامیدنی‌های موجود در بطری‌های پلاستیکی می‌باشند. توسعه فناوری کیسه‌های قابل اتوکلاو به پیشرفت‌هایی در بسته‌بندی اسپتیک^۱ نیز کمک کرده است.

۴- ساختار

بیشتر کیسه‌های قابل اتوکلاو از چهار لایه از خارج به داخل به ترتیب شامل پلی‌استر، نایلون^۲، فویل آلومینیومی و پروپیلن ساخته شده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱- ساختار کیسه

نقطه ذوب پلیمرهای پلی‌پروپیلن حدود ۲۸۰°C (۲۸۰ درجه فارنهایت) می‌باشد که از دمای استریلیزاسیون تجاری که ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد (۲۵۰ درجه فارنهایت) است، بیشتر می‌باشد. فویل آلومینیوم می‌تواند با هر دو طرف، مات یا برآق به کار گرفته شود. در برخی از کیسه‌ها موادی شامل پلی‌وینیل دی ان کلراید^۳ (PVDC)، اتیلن وینیل الکل^۴ (EVOH) یا نایلون به‌عنوان یک لایه میانی به جای فویل آلومینیومی قرار می‌گیرند. لایه‌ها توسط چسب کنار هم نگه داشته می‌شوند که معمولاً به وسیله فیلم‌های پلیمری مثل اتیلن وینیل استات^۵ (EVA) اصلاح می‌شوند. در برخی از نمونه‌ها، یک لایه شفاف که امکان رؤیت محصول از آن

وجود دارد، با استفاده از پلی‌وینیل دی ان کلراید، اتیلن وینیل الکل یا نایلون، جایگزین لایه فویل می‌شود. این پلاستیک‌ها موانع خوبی در مقابل مولکول‌های اکسیژن هستند؛ اما بازدارندگی کامل ایجاد نمی‌کنند. بنابراین ماندگاری محتویات ظروف بدون فویل به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. در ساختار کیسه، هر جزء نقش خاصی ایفا می‌کند که جهت پایداری ورقه‌ها و سلامت محتویات بسیار مهم است. لایه پلی‌استر خارجی با ضخامت ۱۲ میکرومتر، مقاومت لازم را ایجاد کرده و همچنین قابلیت چاپ‌پذیری مناسبی نیز دارد. لایه چسبنده یا لایه میانی از فویل آلومینیوم با ضخامت ۹-۱۸ میکرومتر ساخته شده و به عنوان سدّی در مقابل رطوبت، گاز و نور عمل می‌کند. لایه پروپیلن داخلی نیز در تماس با غذا بوده و قابلیت دوخت حرارتی دارد. از آن جایی که این لایه مستقیماً با غذا در ارتباط است، قابلیت چسبندگی محتویات با لایه داخلی بسیار مورد اهمیت است. ضخامت این لایه بسته به نوع ماده غذایی متفاوت است. چنانچه ماده غذایی مایع باشد، حدود ۵۰ میکرومتر و چنانچه جامد باشد ۷۰-۷۶ میکرون ضخامت دارد. جهت چسباندن این لایه‌ها نیز از ترکیباتی به نام پلی‌اورتان^۶ استفاده می‌شود. جهت بهبود کیفیت پلی‌اورتان‌ها از ترکیباتی به نام ایزوتیوسیانات‌ها^۷ استفاده می‌شود. نحوه چسباندن لایه‌ها به این صورت است که روی لایه پلی‌استر از پلی‌اورتان استفاده شده و سپس لایه میانی و داخلی را روی هم قرار می‌دهند و سپس کل لایه‌ها را با استفاده از حرارت‌دهی در آون یا کوره به هم متصل می‌کنند.

۵- ویژگی‌ها

- ۱- کیسه‌های قابل اتوکلاو باید به دماهای بالا تا ۱۲۳ درجه سانتی‌گراد مقاوم بوده و چروکیده نشوند؛
- ۲- نسبت به گازها نفوذپذیری پایین داشته و به اکسیژن نفوذناپذیر باشد؛

- 1- Aseptic
- 2- Nylon
- 3- Polyvinylidene chloride
- 4- Ethylene vinyl alcohol
- 5- Ethylene vinyl acetate

- 6- Polyurethane
- 7- Isocyanate

۳- نسبت به انجام واکنش با ترکیبات مواد غذایی مقاوم باشد؛

۴- نرخ انتقال بخار آب از آن‌ها پایین باشد؛

۵- دارای قابلیت دوخت حرارتی مناسب باشد؛

۶- دارای مقاومت فیزیکی مناسب طی تولید، بسته‌بندی، استریل و انبارداری و توزیع باشد (مقاوم به سوراخ شدن، فرسودگی، فشار و سائیدگی)؛

۷- قابلیت چاپ‌پذیری مناسبی داشته باشد؛

۸- با گذشت زمان چاپ، شکل و ظاهر آن کهنه نشود؛

۹- در مقابل ترکیب‌های مقاوم باشد؛

۱۰- ویژگی‌های هیدروفیلیک^۱ پایین داشته باشد؛

۱۱- از مواد مناسبی که توسط سازمان نظارت غذای کانادا^۲ (CFIA) تأیید شده باشد، ساخته شود.

۱۲- به نفوذ چربی، روغن و دیگر ترکیبات غذایی مقاوم باشد؛

۱۳- عدم باقی ماندن حلال در آن‌ها.

دمای استریلیزاسیون، به زمان کمتری نیاز دارند. همچنین زمان پخت کوتاه‌تری دارند (۳) که این زمان پخت کوتاه تر و از طرفی به علت اینکه فراورده مجاور سطح، همچون قوطی یا شیشه بیش از حد پخته نمی‌شود موجب می‌شود که کیفیت فراورده حفظ شده و موجب بهبود مزه، رنگ، طعم، و کاهش افت ارزش تغذیه‌ای و رطوبتی در محصول شود (۲).

۲- کیسه‌ها برای محصولاتی از قبیل سس‌های حساس به حرارت، غذاهای دریایی که رنگ و بافت در آن‌ها مورد اهمیت است، مناسب‌تر می‌باشد. همچنین محصولاتی مثل سبزیجات را می‌توان در کیسه‌های قابل اتوکلاو با آب نمک کمتر بسته‌بندی نمود (آب نمک برای بهبود انتقال حرارت لازم است) و بنابراین وزن کمتری جهت حمل و نقل داشته و دور ریختن آب نمک در هنگام مصرف نیز وجود ندارد (۱).

۳- کیسه‌های قابل اتوکلاو، لبه‌های تیزی ندارند و موجب بریدگی و جراحت کارکنان در کارخانه‌های مواد غذایی یا مصرف‌کنندگان در خانه زمانی که بسته را باز می‌کنند، نمی‌شود و ایمنی را برای مصرف‌کنندگان و کارکنان بهبود می‌بخشند.

۴- بازکردن کیسه در مقایسه با قوطی برای مصرف‌کنندگان آسان‌تر است زیرا کیسه‌ها به راحتی به وسیله پاره کردن شکاف آن در امتداد درز فوقانی و یا توسط برش قیچی باز می‌شوند بنابراین نیاز به درب بازکن ندارند و خطرات ناشی از شکسته شدن شیشه و پارگی ناشی از درب قوطی وجود ندارد. همچنین هیچ مشکلی در جابه‌جایی کیسه بلافاصله پس از خارج کردن از آب جوش هم وجود نخواهد داشت. برخی از کیسه‌ها نیز قابلیت بسته شدن مجدد را هم دارند (۳).

۵- کیسه‌ها همچنین قابلیت توزیع آسان دارند (۲)، زیرا وزن کیسه در مقایسه با قوطی‌ها و شیشه‌ها کمتر بوده و بنابراین از هزینه توزیع آن‌ها کاسته می‌شود.

۶- کیسه‌ها به صورت خالی یا پر فضای انباری کمتری را در مقایسه با قوطی، شیشه یا سینی اشغال

۱۴- مواد سازنده کیسه به داخل مواد غذایی مهاجرت نکند؛

۱۵- ممانعت بالا در برابر نور داشته باشد.

۶- مزایای کیسه‌های اتوکلاو

کیسه‌های قابل اتوکلاو نسبت به غذاهای منجمد و کنسرو شده، مزایای بیشتری را برای تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، مصرف‌کنندگان، عمده‌فروشان و خرده‌فروشان فراهم کرده‌اند (۱). چندین مزایا برای کیسه‌های قابل اتوکلاو وجود دارد که شامل موارد زیر است:

۱- کیسه‌ها به دلیل داشتن ضخامت کمتر نسبت به قوطی‌ها و نسبت بالای سطح به حجمشان، جهت رسیدن به

- 1- Hydrophilic
- 2- Canadian food inspection agency
- 3- Catalyst

می‌کنند و وزن کمتری دارند که منجر به افزایش بهره‌برداری از فضای انبارهای ذخیره‌سازی می‌شود.

۷- بسته‌بندی متمایز و پوشش و نمای سطحی کیسه‌ها در مقایسه با قوطی‌ها چشم‌گیرتر است.

۸- مواد سازنده کیسه، امکان ترسیم تصاویر و نوشتن مطالبی مربوط به محصول روی بسته و فضای بیشتری برای سایر موارد (به‌طور مثال، دستورالعمل، اطلاعات شرکت و غیره) فراهم می‌کند.

۹- مواد غذایی فرآوری شده در کیسه، استریل تجاری بوده و به یخچال یا فریزر نیاز ندارد و در دمای اتاق نیز پایدار است.

۱۰- مواد غذایی فرآوری شده در کیسه، می‌توانند بدون حرارت‌دهی مصرف شوند و یا با قرار دادن آنها در آب جوش طی چند دقیقه گرم شوند. برخلاف آنها، غذاهای منجمد به گرمایشی حدود نیم ساعت نیاز دارند. بنابراین انرژی کمتری برای کیسه‌ها مورد نیاز است و همچنین می‌توان کیسه‌های کنسرو شده را با خارج کردن غذا از کیسه قبل از حرارت‌دهی توسط مایکروویو^۱ گرم نمود.

۱۱- نیازی به به‌کارگیری ماهی‌تابه، قابلمه، ظروف غذا و بشقاب نمی‌باشد و غذا را می‌توان به‌طور مستقیم از کیسه مصرف کرد و یا در ظرف سرو نمود.

۱۲- قابلیت سرو کردن یک وعده غذایی کیسه را برای بازارهای منفرد و یا بازار غذاهای بیمارستانی مناسب می‌سازد.

۱۳- سهولت آماده‌سازی، بازکردن و همچنین حذف فضای مورد نیاز برای انبارداری و یخچال، کیسه را برای به‌کارگیری در تغذیه سالمندان و افراد سالخورده مناسب می‌سازد.

۱۴- توانایی بسته‌بندی مقادیر حجیم بدون نیاز به آب نمک، کیسه را برای استفاده در سرویس‌دهی به شرکت‌ها مناسب می‌سازد.

با توجه به تمام دلایل فوق، انتظار می‌رود که کیسه در تمامی سطوح تجارت غذایی وارد عرصه شود.

۷- معایب کیسه‌های اتوکلاو

با وجود مزایای زیاد، کیسه‌ها معایب کمی نیز دارند. یکی از معایب کارکردن با کیسه، هم‌پوشانی یا روی هم افتادن کیسه‌ها در اتوکلاو است. یکی از موارد مهم در استفاده صحیح از کیسه‌ها در حین فرآیند، خشک کردن کیسه‌ها و تا حد امکان، قرار دادن آنها در یک پوشش بیرونی محافظ است. خشک کردن صحیح کیسه‌ها، جهت جلوگیری از آلودگی مجدد کیسه‌های مهر و موم شده مهم است (سازمان نظارت غذای کانادا، ۲۰۰۲). کیسه‌ها همچنین مستعد برش، سوراخ شدن و رخنه هستند (۳).

در ایالات متحده برخی از کیسه‌ها با مقاومت قابل پذیرش تولید شدند که به دلیل نیاز به سرمایه‌گذاری بالا، شرکت‌های قوطی‌سازی متحمل هزینه‌های زیادی برای دستگاه‌های پرکردن و مهر و موم کردن کیسه‌های جدید شدند. همچنین بی‌تجربگی کارکنان وابسته به دستگاه‌ها و پردازشگران طرح‌های یک کارخانه در توسعه و پردازش محصولات فراوری شده در کیسه‌ها از دیگر معایب به شمار می‌آیند (۳).

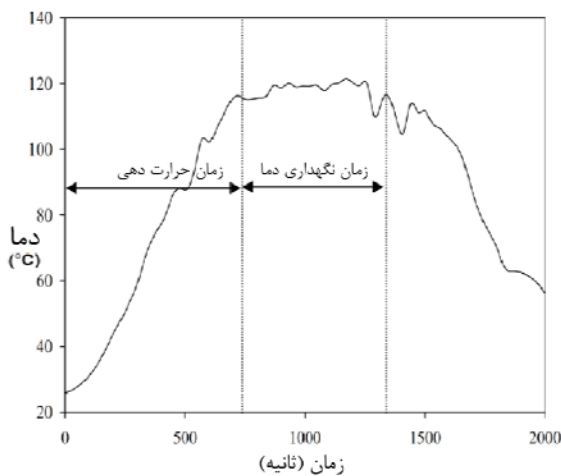
۸- حرارت‌دهی اهمی کیسه‌های قابل اتوکلاو

سامانه‌های استریل جهت پختن مواد غذایی به آب داغ یا مخلوطی از آب - بخار نیاز دارند که انرژی آنها کارآمد و مؤثر نیست. جان و دکتر ساستری^۲ در دانشگاه ایالت اوهایو^۳ کیسه‌ای با قطعه هادی باریک درون آن جهت گرم کردن مواد غذایی تا حدود ۸۰ درجه سانتی‌گراد و حرارت‌دهی آن تا ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد ایجاد کردند که حرارت کافی جهت استریلیزاسیون را فراهم می‌کند (شکل ۲).

2- Sastry

3- Ohio

بستگی زیادی داشته باشد. بهینه‌سازی زمان مورد نیاز برای رسیدن دما به ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد زمان مشخص جهت نگهداری برای محصول در دمای ۱۲۱



شکل ۳- الگوی حرارت‌دهی در تیمار حرارتی مهمی

درجه سانتی‌گراد هنوز مورد سؤال محققین است. کیسه‌های قابل اتوکلاو اهمی راهی جهت پختن محصولات بسته‌بندی شده در سطح خانگی و انبوه را وعده می‌دهد(۴).

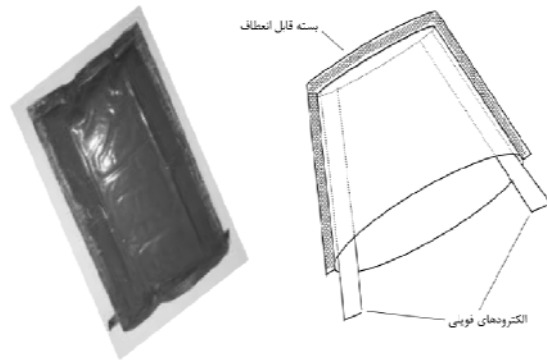
۹- فرآوری مواد غذایی در کیسه‌های قابل اتوکلاو

۹-۱- عملیات فرآوری در بسته‌بندی کیسه

عملیات فرآوری در بسته‌بندی کیسه‌های قابل اتوکلاو پس از آماده‌سازی محصول، شامل پرکردن، خروج هوا، درزبندی، استریلیزاسیون و خنک کردن می‌باشد که در زیر مورد بحث قرار می‌گیرند.

۹-۱-۱- پرکردن و درزبندی^۵ سامانه

بسته‌بندی مواد غذایی در کیسه‌های قابل اتوکلاو، مانند فرآیند کنسروسازی است. پرکردن مواد غذایی در کیسه نیازمند عملیات دقیقی است زیرا آلودگی ناحیه درزگیری در کیسه‌های انعطاف‌پذیر می‌تواند سبب نقص در فرآیند



شکل ۲- کیسه‌های قابل اتوکلاو انعطاف‌پذیر حاوی الکترودها

که این نوع کیسه‌ها جهت حرارت دادن به واکنش شیمیایی و واکنش هیدراتاسیون انهدریدها^۱ نیاز ندارد. در عوض، این کیسه‌های جدید در هر دو نوار، زوائد بسیار کوچکی دارند، شامل اتصالات الکتریکی که به یک واحد حرارت‌دهی کوچک، متصل می‌شوند که پالس‌های^۲ الکتریکی با فرکانس‌های مختلف تولید می‌کنند. الکتریسیته از طریق نوارها، الکترودها و در نهایت از طریق محصول جریان می‌یابد. جریان یافتن جریان الکتریکی از طریق الکترودها، یک میدان الکتریکی تولید می‌کند که مولکول‌های غذا را برانگیخته کرده و باعث ارتعاش و افزایش دمای آن‌ها می‌شود. این فرآیند در غذاهای با مزه تازه بافت را بهبود می‌بخشد زیرا طی این فرآیند، حرارت‌دهی از همه طرف بوده و از داخل به بیرون محصول را گرم می‌کند. روش حرارت‌دهی اهمیک^۳، یک محصول غذایی را پس از رسیدن به زمان مورد نیاز برای رسیدن دما به ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد^۴ (CUT) در مدت زمان معینی در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد استریل می‌کند(شکل ۳).

بهینه‌سازی زمان مورد نیاز برای رسیدن دما به ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و مدت نگهداری در این دما، می‌تواند به ویژگی‌های محصول، میکروب‌های هدف و مواد بسته‌بندی

- 1- Anhydride
- 2- The pulse
- 3- Ohmic
- 4- Come up time

شود. سامانه‌های پرکن در کیسه‌های قابل اتوکلاو می‌تواند دستی، تمام خودکار و یا ترکیبی از این دو باشد.

طی عملیات پرکردن، حفاظت ناحیه درزگیری از آلودگی توسط محصول، بسیار حائز اهمیت است زیرا این مسئله می‌تواند باعث نقص در درزگیری و نشست از درز شود. سامانه‌هایی قادر به توزیع ترکیبات محصول برای انواع مختلفی از غذاها (مثل تکه‌های غذای تازه، برش‌ها و سس‌ها) در دسترس هستند. مایعات و مخلوط‌های مایع - جامد به وسیله شیر چرخان پیستونی به اندازه معین و دقیق توزیع می‌شوند و جامدات هم می‌توانند با استفاده از پرکن‌های خشک توزیع شوند. برای پرکردن محصولاتی مثل فیله ماهی، سامانه‌های اتوماتیکی^۱ وجود دارند. استفاده از نازل‌های دوجداره که در تماس با سطح داخلی کیسه‌ها هستند، روشی ساده جهت رفع آلودگی ناشی از فوران و چگه کردن مواد غذایی می‌باشد. این سامانه از دو لوله داخلی و خارجی ساخته شده است. لوله بیرونی محل درز را در مقابل سطح داخلی کیسه محافظت می‌کند تا ناحیه درز به طور مستقیم با محصول در تماس نباشد و لوله داخلی که نسبت به لوله بیرونی بلندتر است از هر گونه فوران و سرریز شدن مواد غذایی به لوله بیرونی، جلوگیری می‌کند. این سامانه یک ایده برای پرکن‌های دستی و خودکار مخصوص مایعات تا ویسکوزیته^۲ ۱۰۰۰ سانتی‌پواز^۳ است (۵).

۹-۱-۲- خروج هوا

عملیات خروج هوا از کیسه‌های پرشده جهت اطمینان از سالم ماندن بسته طی استریل، بسیار حائز اهمیت است. این عملیات همچنین از ترکیدن کیسه جلوگیری کرده و موجب یکنواختی انتقال حرارت می‌شود. خروج هوا از کیسه‌های پرشده معمولاً در خط تولید خودکار اجرا می‌شود. چنانچه هوای زیادی در کیسه باشد همواره خطر ترکیدن کیسه طی استریل یا گرم کردن مجدد وجود دارد. تورم کیسه طی

استریل همچنین موجب نقص در انتقال حرارت محتویات کیسه می‌شود. در مورد محصولات مایع با فشردن بسته، هوای زیادی از بسته خارج می‌شود که این مسئله موجب افزایش میزان پرکردن کیسه از مایع تا زیر سطح دوخت می‌شود. بسته‌های حاوی مواد جامد می‌توانند از طریق دستگاه‌های تحت خلأ درزگیری شوند. ایجاد خلأ مؤثر در بسته می‌تواند از طریق سامانه تزریق بخار از طریق جایگزینی هوا در بسته قبل از درزگیری انجام شود. با خنک شدن و میعان گاز میزان فضای خالی سر قوطی^۴ به حداقل کاهش می‌یابد. معمولاً برای این کار، از بخار سوپرریت^۵ استفاده می‌شود زیرا با میعان آن میزان رطوبت کمتری در ناحیه درز انباشته می‌شود. گاز باقی مانده در کیسه روی ویژگی‌های حسی و فیزیکی و شیمیایی محصول اثر منفی می‌گذارد. میزان هوای باقی مانده باید از ۲٪ حجم محتویات کیسه کمتر باشد.

۹-۱-۳- درزگیری

جهت درزگیری کیسه روش‌های مختلفی وجود دارد:

۹-۱-۳-۱- دوخت حرارتی

روش دوخت حرارتی^۶ مرسوم و معمولی است.

۹-۱-۳-۲- دوخت با حرارت و ضربه^۷

در این روش از دستگاهی مشابه ماشین دوخت استفاده می‌شود که ضربه و حرارت را با هم ایجاد می‌کند. روش دوخت حرارتی به روش درزبندی به کمک حرارت و ضربه ارجعیت دارد. دوخت مناسب دوختی است که ضخامتی در حدود ۱۰-۵ میلی‌متر داشته باشد. دوخت باید دو بار روی کیسه انجام شود تا خطر عیب و نقص در درزگیری کیسه کاهش یابد. چنانچه از درزگیری به کمک حرارت و ضربه استفاده شود باید از دو طرف حرارت‌دهی

4- Head space

5- Super heater

6- Hot-bar sealing

7- Impulse sealing

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون
بسته‌بندی

1- Automatic

2- Viscosity

3- Santi Poas

شود و ضخامت دوخت نسبت به حالت معمولی (۳ میلی متر) باید ۶ میلی متر باشد و یک دوخت اضافی جهت جلوگیری از رشد کپک‌ها در قسمت دهانه کیسه صورت گیرد. قسمت دوخت به هیچ عنوان نباید به مواد غذایی آلوده شود. در کیسه‌ها با وجود اینکه دو بار دوخت انجام می‌شود، اما درزبندی سر کیسه‌ها نسبت به قوطی‌های فلزی ضعیف‌تر است (۶).

۹-۱-۴- چیدمان

اتوکلاو مورد استفاده جهت حفاظت از کیسه طی استریلیزاسیون نیازمند طراحی به خصوصی است. برای اینکه بیشترین میزان انتقال حرارت و کمترین میزان آسیب دیدگی را داشته باشیم، کیسه‌های مهر و موم شده باید با احتیاط داخل توری‌های مشبک یا سینی‌هایی چیده شده و سپس در اتوکلاو قرار گیرند. به طور معمول، هر کیسه روی سینی، روی یک قسمت یا شیار جداگانه قرار داده می‌شود که این امر موجب دریافت یکسان حرارت توسط تمام کیسه‌ها می‌شود. سینی‌ها باید به گونه‌ای در اتوکلاو قرار گیرند که مانع جابه‌جایی یا روی هم افتادن کیسه‌ها طی استریل شوند. جهت جلوگیری از تورم کیسه و تغییرات نامطلوب در فرم کیسه، یک محافظ سینی توری مانند روی سینی کشیده می‌شود (۷).

۹-۱-۵- استریلیزاسیون

استریلیزاسیون یکی از مهم‌ترین عملیات طی فرآوری مواد غذایی است. بهینه‌سازی فرآیندهای حرارتی جهت استریلیزاسیون کیسه‌های قابل اتوکلاو با روش مرسوم کنسروسازی قابل قیاس است و شامل تعیین شاخص‌های زیر می‌باشد:

۱- منحنی مرگ حرارتی^۱ (TDC): این شاخص به وسیله تعیین بقای میکروارگانیسم مقاوم به حرارت مثل اسپوره‌های باسیلوس استئاروترموفیلس^۲ یا کلسترییدیوم

بوتولینیم^۳ در فواصل زمانی مختلف در دمای ثابت (۱۲۱°C) به دست می‌آید که اندیس D میکروارگانیسم را می‌دهد. اندیس D مدت زمان لازم جهت تیمار حرارتی در دمای به‌خصوص جهت کاهش جمعیت میکروبی یا تعداد میکروارگانیسم‌ها به اندازه یک سیکل لگاریتمی^۴ است.

۲- اندیس F_0 : زمان لازم برای فرآیند حرارتی (مثلاً در دمای ۱۲۱/۱°C) به منظور کاهش جمعیت میکروبی اولیه به اندازه 10^{12} . برای اسپوره‌های کلسترییدیوم بوتولینوم نوع A و B، اندیس D در دمای ۱۲۱°C حدود ۰/۲۵ است بنابراین $F_0 = 3$ خواهد بود.

حداقل مدت زمان تیمار حرارتی در دمای ۱۲۱°C که جهت جلوگیری از بوتولسم^۵ در محصولات کنسرو شده شیلاتی در نظر می‌گیرند تنها ۳ دقیقه است ($F_0 = 3$). برای اسپوره‌های با مقاومت حرارتی بالا مثل باسیلوس استئاروترموفیلس حداقل زمان فرآیند حرارتی در دمای ۱۲۱°C باید ۲۵ دقیقه باشد که چنین فرآیند حرارتی اثر نامطلوب روی بافت و قابلیت پذیرش محصول دارد. بنابراین استفاده از مواد اولیه با کیفیت مناسب و سطح میکروبی کم حائز اهمیت است. اندیس F_0 برای محصولات کم اسید و اسیدیته^۶ متوسط بین ۶ تا ۱۴ است. جهت رسیدن به شرایط ایمنی مطلوب این دسته از مواد غذایی در بسته‌های کیسه به‌طور معمول اندیس F_0 را ۵ تا ۱۰ در نظر می‌گیرند (۸، ۹ و ۱۰). برخلاف قوطی‌های فلزی، کیسه‌های قابل اتوکلاو، به دلیل طبیعت قابل انعطاف و ضعیف بودن استحکام دوخت، قادر به تحمل فشار داخلی ناشی از انبساط گازهای فضای خالی سر قوطی که در طی شرایط حرارت‌دهی استریل ایجاد می‌شوند، نیستند. بنابراین کنترل فشار اتوکلاو، فشار داخلی کیسه و همچنین فشار بخار باقی‌مانده داخلی ناشی از سرد شدن، امری ضروریست (۱۱ و ۱۲).

3- Clostridium botulinum

4- Logarithmic

5- Botulism

6- Acidity

1- Thermal death curves

2- Bacillus Stearothermophilus

به دلیل توانایی اتوکلاوهایی که با مخلوط هوا - بخار کار می‌کنند در بیشتر نگه داشتن فشار داخل اتوکلاو از فشار بخار اشباع داخل بسته، طی فرآوری معمولاً از این نوع اتوکلاوها استفاده می‌شود. مخلوط‌های هوا و بخار به طور موفقیت‌آمیزی جهت استریلیزاسیون مواد غذایی در بسته‌بندی‌های نیمه سخت و به‌خصوص بسته‌بندی‌های سخت (فلزی و شیشه‌ای) استفاده می‌شود. این نوع اتوکلاوها بر تمایل گازهای داخل بسته برای منبسط شدن غلبه می‌کنند. مخلوط‌های هوا و بخار همچنین قادرند فشار بخار داخلی کیسه را خنثی کنند در غیر این صورت موجب تخریب یا ترکیدن ظرف خواهند شد.

در فرآوری مخلوط هوا و بخار در مقایسه با انتقال حرارت محسوس در سامانه آب خیلی داغ، گرمای نهان در درجه اول از کندانس^۱ شدن بخار آب روی قوطی به داخل قوطی انتقال می‌یابد. در نتیجه برای اینکه نرخ انتقال حرارت به تمام نقاط محصول یکنواخت باشد باید یک سامانه همگن و یکنواختی از مخلوط هوا و بخار داشته باشیم. اتوکلاوهای هوا و بخار از طریق کندانس شدن بخار در به دست آوردن یک دمای ثابت برتری دارند. طبیعت گازی بخار و هوا باعث می‌شود تا هوا و بخار به راحتی در اتوکلاو گردش کنند و از هر درزی عبور کنند. نرخ انتقال حرارت از بخار از طریق دیواره‌های بسته به طرف لایه‌های بیرونی غذا بالاست. از این نقطه به بعد نفوذ حرارت به سردترین نقطه غذا به خواص گرمایی ماده غذایی بستگی دارد و برای فرآوری کیسه از اتوکلاوهای نوع عمودی و افقی استفاده می‌شود. اتوکلاوهای عمودی نسبت به انواع افقی مرسوم‌تر است زیرا تعداد کیسه‌هایی که به ازای واحد حجم و فضای کف اتوکلاوی که در آن قرار می‌گیرند، بیشتر است.

۹-۱-۶- سرد کردن

بعد از استریلیزاسیون، جهت جلوگیری از پخت اضافی، محتویات کیسه سریعاً سرد می‌شوند. چرخه سرد کردن

مانند فرآیند حرارتی استریلیزاسیون لازم است. آب خیلی خنک باید جهت جلوگیری از هر گونه آلودگی محصول کلرینه شود. تولید مواد غذایی در این کیسه‌ها به شناسایی نقاط پرخطر بعد از استریلیزاسیون کیسه نیازمند است.

۱۰- انواع کیسه‌ها و کاربرد آنها

۱۰-۱- کیسه‌های بالشتی

این کیسه‌ها در صنایع غذایی برای مقاصد مختلفی همچون بسته‌بندی انواع اسنک و غذاهای میان وعده، ماکارونی، محصولات شیرینی و شکلات و به‌عنوان بسته‌بندی محافظ درون دیگر انواع بسته بندی، استفاده می‌شود.

۱۰-۲- کیسه‌های پلی اتیلنی

محصولاتی همچون شامپوهای یک نفره، انواع حبوبات، منسوجات و انواع مواد غذایی قابلیت عرضه در این کیسه‌ها را دارا هستند. یکی از محصولات پر مصرف ارائه شده در این بسته‌بندی، آرد گندم می‌باشد.

۱۰-۳- کیسه‌های با درزبندی مرکزی

از این کیسه‌ها به دلیل نوع و محل دوخت، می‌توان در شرایط سخت انبارداری همچون سرما و یا گرمای شدید استفاده کرد زیرا از پایداری بالایی در برابر شرایط دمایی سخت برخوردارند.

۱۰-۴- کیسه‌های ایستاده

این نوع کیسه‌ها از پایداری مناسبی در برابر دمای دستگاه دوخت برخوردارند و به صورت استاندارد، کیسه‌های ایستاده در دو نوع زیپ دار و بدون زیپ عرضه می‌شوند. جنس مواد اولیه آنها نیز می‌تواند به صورت سخت و یا نرم باشد. از این کیسه‌ها برای عرضه انواع غذاهای آماده و مایعات می‌توان استفاده کرد و با توجه به نوع نیاز می‌توان حتی بر روی آنها سامانه‌های

تخلیه‌ای همچون، سامانه‌های تخلیه سوپاپ‌دار، نازل، زیپ‌های خاص و معمولی، نصب نمود.

۱۰-۵- کیسه‌های تحت خلأ

انواع غذاهای خام و آماده طبخ همچون محصولات آبی، مرغ و گوشت و انواع محصولات لبنی را می‌توان با استفاده از این کیسه‌ها بسته‌بندی نمود. کاربرد این کیسه‌ها محدود به این موارد نبوده و از آن‌ها می‌توان برای عرضه محصولات صنعتی و حتی تبلیغی نیز سود جست.

۱۱- گرم کردن قبل از مصرف

محصولات بسته‌بندی شده در کیسه‌های قابل اتوکلاو، معمولاً قبل از مصرف نیاز به گرم کردن مجلد دارند. شاخص‌های مختلفی را برای یک سامانه گرم کردن مجلد ایده‌آل باید در نظر گرفت که شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- صرفه اقتصادی جهت گرم کردن مجلد (اینکه

داخل بسته گرم شود یا خارج آن)؛

۲- تجهیزات گرم کردن (بخارپزهای طبقه‌ای، آون‌های مایکروویو، اشعه فرسوخ، ظروف دوجداره حاوی بخار و غیره)؛

۳- زمان انبارداری.

مشاهده شده است که گرم کردن مایکروویو مواد غذایی بسته‌بندی شده در کیسه حداقل انرژی را مصرف می‌کند، بنابراین مایکروویو به‌عنوان مناسب‌ترین روش برای گرم کردن مواد غذایی فرآوری شده در کیسه قبل از مصرف معرفی شده است. در مطالعه‌ای گرم کردن ۳ کیلوگرم گوشت گاو در اتوکلاو کیسه تا دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد به بوت^۱ ۱۸/۸۸۴ انرژی نیاز دارد (۱۳).

۱۲- ایمنی و شاخص‌های بحرانی

مطالعه کنسروسازی، قوانین اساسی برای ایمنی محصولات فرآوری شده در کیسه‌های قابل اتوکلاو به وجود آورده است که شامل: سالم بودن دوخت کیسه،

کافی بودن فرآیند حرارتی طوری که قادر به حذف خطرناک‌ترین و مقاوم‌ترین میکروارگانیسم به حرارت شامل اسپورهای کلستریدیوم بوتولینوم باشد و رعایت بهداشت پس از فرآیند می‌باشد. شمار دیگری از شاخص‌های بحرانی که در توسعه فرآوری کیسه مورد بحث هستند شامل موارد زیر است:

- غلظت محصول؛

- وزن آبکش؛

- سلامت دوخت؛

- زمان فرآیند؛

- کنترل و توزیع دما؛

- موقعیت ظرف، گاز باقی مانده در فضای خالی؛

- سامانه چیدمان؛

- محیط فرآوری؛

- ضخامت کیسه و فشار به کار گرفته شده.

عمر ماندگاری محصول، به طبیعت محصول بسته‌بندی و شرایط گرم کردن بستگی دارد. در برخی موارد بعد از چند ماه نگهداری، محتویات کیسه دچار تغییر رنگ و طعم می‌شوند که با کنترل دقیق روش عمل‌آوری می‌توان از این تغییرات نامطلوب جلوگیری کرد (۱۴).

۱۳- توسعه‌های اخیر در بسته‌بندی کیسه

موفقیت کیسه‌های قابل اتوکلاو مدیون پیشرفت‌هایی در زمینه فناوری بسته‌بندی است. معمولاً کیسه‌های متداول به شکل بالش هستند و به‌راحتی بر روی هم قرار می‌گیرند. اخیراً کیسه‌های انعطاف‌پذیر به حالت ایستاده طراحی شدند که به دلیل مسطح و صاف بودن، می‌توانند کنار یکدیگر قرار گیرند و از این رو قادرند محتویاتشان را بهتر نشان دهند (۱۷). امروزه کیسه‌های انعطاف‌پذیر به حالت ایستاده از نظر تجاری جهت نگهداری تمام گروه‌های مواد غذایی و آشامیدنی کاربرد دارند. استفاده از این بسته‌بندی جدید برای مواد غذایی مانند: مواد غذایی

سرد شده، منجمد، پودرهای قابل حل، گرانول‌ها^۱، گوشت، غذاهای دریایی و غذاهای آماده کاربرد دارد. در طول دو سال اخیر، سالمون^۲ و تن ماهی فراوری شده در کیسه قابل اتوکلاو در تایلند و اکوادور در بازارهای آمریکا با موفقیت خوبی روبه رو شده است. چندین محصول از سالمون مثل فیله‌های کبابی، طعم‌دار، نوعی آبگوشت دودی، مغز سالمون، محصول ترشی، کوفته برنجی، خوراک ناهار، خمیرها، برگرهای کم چرب و سوسیس‌ها، سالمون دودی و گوشت ترد شده سالمون در ماست برای بسته‌بندی در کیسه مورد آزمایش قرار گرفته است. جدا از سالمون، سایر محصولات ماهی که دارای پتانسیلی برای بسته‌بندی در کیسه‌های قابل اتوکلاو هستند شامل: تن، خرچنگ، صدف‌های دو کفه‌ای، میگو و اویستر^۳ می‌باشد (۱۶ و ۱۸). ماهی‌هایی که اخیراً در کیسه‌های انعطاف‌پذیر به حالت ایستاده اتوکلاو می‌شوند شامل تونا^۴، سالمون و ماهی دودی است. همچنین یک سامانه بسته‌بندی جوشاندن در کیسه جهت نگهداری و پختن مواد غذایی مختلف نیز توسعه یافته است.

امید است که پیشرفت‌هایی در زمینه بسته‌بندی، کاربرد تجاری بسته‌بندی‌های قابل اتوکلاو در فرآورده‌های شیلاتی^۵ را افزایش دهد و فرآورده‌های شیلاتی^۵ RTE برای مصرف‌کنندگان به راحتی در دسترس باشد.

کشورهایی که ظروف فلزی گران وارد می‌کنند می‌توانند این فناوری را به جای فرآیند کنسروسازی مرسوم استفاده کنند. فرآوری کیسه‌ها در مقایسه با قوطی‌ها از نظر هزینه کل شامل انرژی، انبارداری و غیره مناسب‌ترند و زمان فرآیند در آنها نسبت به کنسروسازی ۳۰ تا ۴۰٪ کاهش می‌یابد (۱۹).

هزینه‌های تمام شده برای فرآوری مواد غذایی در قوطی و کیسه و مطالعه روی هزینه‌های تمام شده فرآوری مواد غذایی در قوطی، نشان داد که سامانه بسته‌بندی کیسه‌ای قابل

اتوکلاو در مقایسه با خط کنسرو کردن که در حال حاضر وجود دارد، کم هزینه‌تر است. شاخص‌های مختلفی در این مطالعه مورد آزمایش قرار گرفت. این محققان بیان کردند که هزینه‌های استفاده و نگهداری کیسه به طور معنی‌داری بالاتر از قوطی است، اما سایر شاخص‌های هزینه‌ای برای کیسه کمتر است. هزینه‌های باربری در سامانه کیسه کمتر است که این به دلیل وزن سبک‌تر و حجم کمتر کیسه‌ها است. همچنین، این کیسه‌ها باعث ذخیره انرژی (حمل و نقل و ساختن ظرف) می‌شود (۱۵).

علاوه بر تقلیل هزینه، مزایای دیگری از قبیل قابلیت جوشاندن در کیسه، سهولت باز کردن، کاهش وزن و هزینه‌های انتقال نیز موجب رشد فناوری بسته‌بندی کیسه در فرآورده‌های شیلاتی شده است.

۱۴- نتیجه‌گیری

به دلیل تغییر در سبک زندگی، فقدان اطلاعات کافی در مورد پختن مواد غذایی، تمایل مصرف‌کنندگان به داشتن فرآورده‌هایی با طعم و مزه مطلوب، کیفیت بهداشتی بهتر و سهولت فرآوری، فرآورده‌های بسته‌بندی شده در کیسه‌های قابل اتوکلاو، علاقه مصرف‌کنندگان را به خود جلب کرده‌اند. برخی از مواد غذایی که اخیراً در کیسه فرآوری می‌شوند شامل گوشت مرغ و گاو، تگه‌های بزرگ گوشت در ادویه‌ی کاری، برنج و عصاره گوشت، ماکارونی، مرغ بریان و فرآورده‌های گوشت گاو هستند. در نتیجه در دسترس بودن این محصولات، مصرف‌کنندگان را به مصرف مواد غذایی با پایداری مناسب علاقه‌مند ساخت و فناوری کیسه به علت امکان سهولت مصرف، وزن سبک‌تر، سهولت جوشش در کیسه و سهولت بازکردن، کاربرد ویژه‌ای در صنعت مواد غذایی پیدا کرده است.

- 1- Granules
- 2- Salmone
- 3- Shrimp and oyster
- 4- Daytona
- 5- Ready to eat

13. Cremer, M.L. and Pizzimenti, K.V., "Effects of packaging, equipment, and storage time on energy used for reheating beef stew". J. Am. Diet. Assoc. , 92, 954, 1992.
14. Beverly, R.G., Strasser, J., and Wright, B., "Critical factors in filling and sterilizing of institutional pouches". Food technol. , 44(9), 109, 1990.
15. Williams, J.R., Steffe, J.F. and Black, J.R. "Economic comparison of canning and retort pouch systems". Journal of food science, 47: 284-290. 1981.
16. Brody, A.L., Has the stand up flexible pouch come of age? Food technol. , 54 12,94, 2000.
17. Tung, M.A., Britt, I.J., and Yada, S., Packaging considerations, in food Shelf stability, Michael E.N.A. and Robinson, D.S., Eds. CRC Press, Boca Raton, FL ,p.129., 2001.
18. Brody, A.L., The return of the retort pouch, Food technol. , 57(2), 76, 2003.
19. Chia, S.S., Baskar, R.C., and Hatchkiss, J.H., "Quality comparison of thermo-processed fishery products in cans and retortable pouches". J. Food Sci. , 48, 1521, 1983.

آدرس نویسنده

استان گلستان - گرگان - میدان بسیج - دانشکده
علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان - گروه
علوم و صنایع غذایی.

1. Mermelstein, June, Retort Pouch Earns 1978 IFT Food technology, Industrial achievement award, food technology. 32, 22-23, 26, 30, 32-33. 1978.
2. Gazdziak, S. "Packaging technology". Retort pouches heating Up. The national provisioner magazine. May 2005.
3. Mykytiuk, A. "Retort flexible packaging: the revolutions has begun". Flexible packaging, October, 18-25. 2002.
4. Jun, S., Linda, J., Huang.A. "Using the flexible retort pouch to add Value to agricultural products". Food safety and technology. 417-436.
5. Madhwaraj, M.S. et al., Filling of retort pouch; a simple device to obtain clean seal area, Indian food Ind., 11, 47, 1992.
6. Lampi, R.A., "Flexible packaging for thermoprocessed foods". Adv. Food Res., 23,305,1997.
7. Arya, S.S., "Convenience foods: emerging scenario". Indian food Ind., 11, 31, 1992.
8. David, J.R.D. and Merson, R.L., "Kinetic parameters for inactivation of Bacillus thermostrophilus at high temperatures". J. Food Sci. , 55, 488, 1990.
9. Brow, K.L. et al., "Construction of a computercontrolled thermo resistometer for the determination of heat resistance of bacterial spores over the temperature range 100-180°C, Int". J. Food Sci., Technol., 23, 361, 1988.
10. Ranganna, S., Handbook of canning and aseptic packaging. Tata McGraw-Hill publishing, New Delhi, p. 615. 2000.
11. Bhowmik, S.R. and Tandon, S., A "Method for thermal process evaluation of conduction heated foods in retortable pouches". J. Food Sci. , 52, 202, 1987.
12. Tung, M.A., Britt, I.J., and Ramaswamy, S., "Food sterilization in steam/air retorts". Food technol., 44(9), 105, 1990.