

## مروری بر کاربرد بسته بندی فعال در صنایع غذایی

میترا پایان<sup>۱</sup>، منوچهر حامدی<sup>۲</sup>

۱- کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی و مدرس دانشگاه آزاد اسلامی - واحد ورامین

۲- عضو هیات علمی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۱۸)

### چکیده

بسته بندی فعال یکی از مفاهیم نوین در بسته بندی مواد غذایی است که در پاسخ به تغییرات مداوم در نیازهای مصرف کنندگان به بازار فروش عرضه شده است. بسته بندی فعال شرایط جو بسته را به گونه مطلوبی تغییر می دهد که موجب افزایش عمر نگهداری ماده غذایی گردد. برخلاف بسته بندی قدیمی که بر اساس آن کیفیت نگهداری فرآورده باید به گونه ای حفظ گردد که حداقل بر هم کنش بین فرآورده و بسته صورت گیرد بر اساس پیشرفتهای جدید به عمل آمده در دهه های اخیر در صنایع بسته بندی بر هم کنش بین بسته بندی و فرآورده سودمند به حساب می آید. بسته بندی تغییر یافته فعال طی ۲۵ سال اخیر به ویژه در آمریکا و ژاپن به منظور نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است و کاربرد انواع گوناگون این نوع بسته بندی روز به روز در حال گسترش است. این نوع بسته در انواع مختلفی تولید شده است مانند انواعی که دارای افزودنیهای به منظور حفظ تازگی محصول است که می توانند کاربردهای متعددی داشته و در مقایسه با بسته بندی قدیمی در نگهداری ماده غذایی موثر است. مواد یا عوامل فعال به طور مستقیم یا غیرمستقیم در تماس با مواد غذایی می باشند. ترکیبات فعال شامل جاذب های اکسیژن، دی اکسید کربن، رطوبت، اتیلن، عوامل آزاد کننده اتانل، مواد طعم دهنده و عوامل ضد میکروب می باشد. انواع با توانایی تغییر ویژگیهای فیزیکی مانند بسته های خود گرم یا سرد شونده (self-heating/cooling) هم نوعی بسته فعال در نظر گرفته می شوند. بسته بندی فعال در مورد انواع گوناگون از مواد غذایی مانند، نان، کیک، شیرینی، پیتزا، خمیر تازه، پنیر، گوشت و فرآورده های آن و میوه جات مورد استفاده قرار گرفته است.

کلید واژه گان: بسته بندی فعال، نگهداری مواد غذایی، ماندگاری، بسته های خود گرم شونده

\*مسئول مکاتبات: mitra.payan@yahoo.com

## ۱- مقدمه

بندی به ماده غذایی آزاد می شود و در غلظت مورد نیاز برای جلوگیری از رشد میکروبی حفظ می گردد [۳،۲]. آزاد شدن تدریجی عامل ضد میکروب از فیلم به سطح ماده غذایی از راه تبخیر در مقایسه با غوطه ور سازی ماده غذایی در محلول ضد میکروب یا افشاندن آن (اسپری نمودن) بر سطح ماده غذایی مزیت دیگری نیز در بردارد. در روش های اخیر احتمال کاهش سریع فعالیت ضد میکروبی به دلیل غیر فعال شدن آن در اثر تماس با مواد تشکیل دهنده ماده غذایی (واکنش با ترکیب های ماده غذایی) یا انتشار سریع از سطح به توده ماده غذایی و در نتیجه کاهش مقدار موثر ترکیب ضد میکروب به علت انتقال به توده ماده غذایی وجود دارد. برای نمونه واکنش امولسیون کننده ها و اسیدهای چرب با نیسین باعث کاهش فعالیت آن می گردد. Vojdani و همکاران (۱۹۸۹) نشان دادند سورباتها به سرعت به سطح ماده غذایی جذب شده و اثر محافظت کننده خود را از دست می دهند [۳].

با توجه به دلایل یاد شده استفاده از فیلمهای چند لایه (لایه شاهد / لایه بستر/ لایه حصار) پیشنهاد شده است. در این فیلمها سرعت انتشار ترکیب فعال توسط لایه داخلی کنترل می شود، درحالی که لایه بستر حاوی ترکیب های فعال و لایه حصار یا محافظ برای جلوگیری از انتقال عامل فعال به خارج از بسته بندی عمل می کند [۳].

فیلم ضد میکروب باید در برابر دامنه گسترده ای از میکروارگانیسم ها در غلظت کم موثر باشد و موجب هیچ گونه تغییر در ویژگیهای حسی فرآورده نشود، همچنین مقرون به صرفه بوده و با قوانین موجود همخوانی داشته باشد [۴]. انواع ترکیبات ضد میکروبی شامل الکل، باکتریوسینها، عوامل چنگا لی کننده<sup>۱</sup>، آنزیم ها، اسیدهای آلی (پروپیونیک و سوربیک)، پلی ساکاریدها (آمینوپلی ساکاریدهای کاتیونی) هستند. لازم به یادآوری است بسته بندی های ضد میکروبی جز در ژاپن، در دیگر کشورها از موفقیت نسبتاً کمی برخوردار بوده اند [۴،۱].

### ۲-۱-۱- طبقه بندی فیلمهای ضد میکروب

فیلم های ضد میکروبی به دو دسته تقسیم می شوند:

1. Control Layer/Matrix Layer/ Closure Layer
2. Chelating Agents

در سالهای اخیر توجه به بسته بندی فعال در تولید مواد غذایی افزایش یافته است که این امر ناشی از این حقیقت است که این نوع بسته در مقایسه با نوع مرسوم تنها مسئول در بر گرفتن و محافظت ماده غذایی در برابر عوامل خارجی نیست بلکه مزایای دیگری نیز خواهد داشت مانند کمک به افزایش ماندگاری ماده غذایی با استفاده از عوامل جاذب (رطوبت، اکسیژن و...)، عوامل آزاد کننده ترکیبات مختلف (اتانول، دی اکسید کلرو... و گرم نمودن و سرد نمودن ماده غذایی و امکان تعیین ماندگاری مواد غذایی با استفاده از سنسورها و معرفهای گوناگون مانند معرفهای تازگی و بی عیبی بسته و... که در ادامه به بحث در مورد آنها پرداخته می شود.

## ۲- انواع بسته بندی فعال

### ۲-۱- بسته بندی ضد میکروب

فراوری نامناسب و آلودگی میکروبی ماندگاری ماده غذایی را کاهش می دهد و منجر به افزایش خطر ابتلا به بیماریهای ناشی از مصرف غذا می گردد. به همین دلیل پژوهش های گسترده ای در زمینه ساخت بسته بندی های فعال و دارای عوامل ضد میکروب صورت گرفته است. روشهای قدیمی نگهداری مواد غذایی شامل فرآوری گرمایی، انجماد، پرتودهی، نگهداری در جو تغییر داده شده و استفاده از مواد افزودنی ضد میکروب یا نمک ها هستند که متأسفانه در رابطه با فرآورده هایی مانند گوشت تازه و فرآورده های آماده برای مصرف نمی توان آنها را به کار برد [۱]. علت اصلی فساد میکروبی بسیاری از مواد غذایی نگهداری شده در یخچال رشد میکروبی در سطح محصول است. استفاده از عوامل ضد میکروب در تهیه ماده بسته بندی برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم که می تواند در ماده غذایی بسته بندی شده یا ماده بسته بندی موجود باشد، سودمند است و از این رو باعث افزایش ماندگاری می گردد. پژوهش های انجام شده در این رابطه نشان می دهد که استفاده از فیلم های ضد میکروب در مقایسه با افزودن مستقیم ماده ضد میکروب بسیار موثرتر است، زیرا ترکیب ضد میکروب به کندی از سطح بسته

شده تحت خلاء و نگهداری شده در یخچال (دمای  $7^{\circ}\text{C}$ ) ندارد [۳].

دسته دوم شامل موادی است که از ساختار مولکولی بزرگی برخوردار بوده و می توانند در وضعیت متصل به ماده بسته بندی روی دیواره سلولی میکروبی اثر کنند و فعال باقی بمانند و این دسته محدود به آنزیم ها یا دیگر پروتئین های میکروبی است.

ترکیب های ضد میکروبی روی پلیمرهایی مانند دکستران، پلی اتیلن گلیکول، اتیلن دی آمین و پلی اتیلن آمین از راه پیوند یونی یا کووالانسی تثبیت شده اند. این پلیمرها از سمیت اندکی برخوردارند و مصرف آنها در بسته بندی مواد غذایی متداول است. پیوند یونی ماده ضد میکروبی روی پلیمر باعث آزاد شدن کند آن در ماده غذایی می گردد و در این حالت در مقایسه با زمانی که پیوند بین پلیمر و ماده ضد میکروبی از نوع کووالانسی است نگرانی کمتری از بابت انتشار در فرآورده وجود دارد مگر آنکه شرایط فرآورده واکنشهایی مانند هیدرولیز را افزایش دهد که این وضعیت برای مثال هنگام گرمادهی ماده غذایی با اسیدیته بالا رخ می دهد [۵].

#### ۲-۱-۲- روشهای گنجاندن ماده ضد میکروب در سیستم بسته بندی

۱- وارد کردن ماده ضد میکروب در فیلم از راه افزودن آن به دستگاه اکسترودر هنگامی که فیلم کواکستروده شده تولید می شود که پیش تر به آن اشاره شد. این روش از لحاظ اقتصادی چندان مقرون به صرفه نیست زیرا ماده ضد میکروب در سطح فیلم قرار ندارد و به منظور فعالیت ضد میکروبی به طور کامل در دسترس نیست. در عین حال دمای بالا و برش لازم جهت فرآوری اکسترودر می تواند باعث تخریب افزودنی آنتی میکروب گردد.

۲- روش جایگزین فرآوری اکسترودر که عبارتست از کاربرد افزودنی ضد میکروب در محیط به صورت کنترل شده به گونه ای که به طور کامل مورد استفاده قرار گیرد و از دست نرود. برای نمونه می توان آن را در لایه ای که در تماس با ماده غذایی در بسته بندی چند لایه (که معمولاً به عنوان لایه دربندی یا دوخت حرارتی داخلی هم به کار می رود) در بسته

۱- فیلم های دارای عامل ضد میکروب فعال در سطح ماده غذایی پس از انتقال به سطح

۲- فیلمهای دارای اثر جلوگیری کننده از رشد میکروارگانیسم در سطح ماده غذایی بدون انتقال به سطح

از دسته اول می توان به Aglon® اشاره کرد که اساس ساختاری آن را یون فلزی نقره تشکیل می دهد که از اثر ضد میکروبی قوی برخوردار است. نمونه دیگر تریکلوزان (۲، ۴ - تریکلوزو-۲ - هیدروکسی متیل اتر) است که مدت بیش از ۲۰ سال به صورت موثر در فرآورده های بهداشتی فردی مانند خمیر دندان مایع دهان شویه، مواد ضد بو و صابون مورد استفاده قرار گرفته است. اثر محافظتی آن از ترکیب تریکلوزان با پلیمرهای اصلی مثلاً "پلی اتیلن، پلی استیرن یا پلی وینیلیدین کلراید حاصل می گردد. لازم به یاد آوری است با وجود فعالیت بالای ضد میکروبی، در محیط های غنی از مواد مغذی اثر چندانی ندارد زیرا با ترکیب های مواد غذایی واکنش داده اثر خود را از دست می دهد [۴، ۱].

تریکلوزان در فضای خالی پلیمر جایگزین می شود و به سطح انتقال می یابد تا از رشد هر گونه باکتری جلوگیری شود. طی شستشو نزدیکترین مولکولها به سطح شسته شده ولی بی درنگ توسط مولکول های محافظ دیگر جایگزین می گردد.

در نیمه اول دهه ۱۹۹۰، Freund ماده جاذب اکسیژن را با یک عامل مهار کننده به منظور تولید Negamold® درآمیخت و برای بسته بندی ماهی تازه، گوشت، فرآورده های شیر و مواد غذایی تازه مورد استفاده قرار داد. چنین سیستم هایی با افزودن ترکیب ضد میکروب به دستگاه اکسترودر هنگامی که فیلم کواکسترود شده تولید می شود، عمل می کنند. عیب این سیستم آن است که دماهای بالا نیروهای برشی مربوط به فرآیند اکسترودر می تواند باعث تخریب افزودنی ضد میکروب گردد. به همین دلیل این دسته از فیلمهای طبیعی هنوز وارد تولید با مقیاس وسیع تجاری نشده است [۳].

Kerry و همکارانش (۲۰۰۶) گزارش کردند فیلم حاوی ۱٪ تریکلوزان اثر ضد میکروبی قوی بر لاکتوباسیلوس مونوسیتوژنز در بررسی های خارج سلولی داشته ولی اثر چندانی بر رشد این میکروارگانیسم در گوشت مرغ بسته بندی

بنابر پژوهش های Han (۲۰۰۰) در طراحی بسته بندی ضد میکروبی باید چند عامل در نظر گرفته شود که عبارتند از: ماهیت فیلم یا پوشش از لحاظ ثبات گرمایی، ویژگی های ترکیب ضد میکروبی و واکنش آن با مواد تشکیل دهنده ماده غذایی، دمای نگهداری از لحاظ تاثیر آن بر فعالیت ضد میکروبی، ضریب انتقال جرم ماده بسته بندی به دلیل تاثیر آن بر انتقال و سرعت آزاد شدن ماده ضد میکروبی از فیلم و خواص فیزیکی ماده بسته بندی که ممکن است تحت تاثیر ماده ضد میکروب قرار گیرد [۷].

### ۲-۱-۳- انواع سیستم های ضد میکروبی

۱- سیستم های ضد میکروب با استفاده از مواد ضد میکروب

۱-۱ باکتریوسینها: پپتیدهای ضد میکروبی تولید شده توسط باکتری های لاکتیک هستند که بر رشد گونه های باکتریایی مشابه اثرکشنده یا بازدارنده از رشد دارند. در واقع می توان گفت آنتی بیوتیک هایی با طیف بسیار باریک هستند. این عوامل عمدتاً "مقاوم به گرما بوده ولی به آسانی توسط آنزیم های پروتئولیتیک دستگاه گوارش تجزیه می شوند. تاکنون باکتریوسین های زیادی شناسایی شده اند. گرچه مصرف برخی از آنها مانند پدیوسین و لاکتی سین تا اندازه ای گسترش یافته است، نئیسین همچنان مهم ترین باکتریوسین مورد استفاده است. چربی، نشاسته و پروتئین همچنین غلظت متوسط نمک موجود در مواد غذایی می تواند باعث غیرفعال شدن باکتریوسینها در مواد غذایی گردد [۸]. از دیگر عوامل محدودکننده موثر بر کارایی باکتریوسین ها می توان به دامنه فعالیت محدود (بی اثر بودن آنها بر باکتریهای گرم منفی و باکتریهای مولد فساد)، میزان انتشار محدود در بستر جامد، سازگاری ضعیف محیط های کشت با محیط های مواد غذایی، میزان تولید اندک و ظهور گونه های مقاوم به باکتریوسین اشاره نمود [۹].

استفاده موفق از مواد بسته بندی ضد میکروبی به صورت پوشش های حاوی نئیسین یا کیتوزان و آمیزه ی این دو به منظور مهار رشد میکروبی توسط Holee (۲۰۰۴) در رابطه با بررسی تاثیر ماده ضد میکروبی بر سینتیک رشد

بندی چند لایه، قرار داد. این روش دارای این مزیت است که افزودنی ضد میکروب خاص به صورت کنترل شده آزاد شده و در معرض دماهای بالا یا نیروهای برشی طی فرآوری اکستروژن قرار نمی گیرد. همچنین پوشش می تواند در مرحله بعد امکان مجاورت فرآورده را با عوامل آلاینده به کمترین اندازه برساند. پوشش می تواند به عنوان حامل ترکیب های ضد میکروب عمل کند که به نوبه خود می تواند غلظت نگهدارنده را در سطح ماده غذایی در حد بالا حفظ کند. فعالیت طبیعی بر مبنای انتقال یا آزاد شدن ماده ضد میکروب از راه تبخیر به فضای درون بسته بندی است [۶].

در مورد سیستم هایی که از عوامل غیرفعال استفاده می کنند و فعالیت طبیعی<sup>۳</sup> بر اساس انتقال ترکیب های ضد میکروب به ماده غذایی است می توان به رزین های نقره به صورت استخلافی اشاره کرد که در ژاپن مورد استفاده قرار گرفته است [۴]. در این رزینها برخی از اتم های سطحی با نقره جایگزین شده اند. رزین به صورت غشایی با ضخامت ۳-۶ میکرو متر روی سطح پلیمر لامینیت شده قرار دارد که با ماده غذایی تماس پیدا می کند و به واسطه آزاد کردن یون های نقره به صورت محلول آبی از ماده غذایی در مجاور حفرات موجود در ساختار متخلخل قرار گرفته و در برابر محدوده گسترده ای از آنزیم های متابولیکی اثر ضد میکروب برخوردار است. میزان نقره موجود در پوشش AgIon<sup>®</sup> کمتر از ۰/۰۰۱٪ است [۵، ۱]. باکتریوسین می تواند به صورت جذب شده بر سطح پلیمر یا به صورت پوششی روی آن به کار رود. برای نمونه می توان به پوشش های حاوی مخلوط متیل سلولوز/ نئیسین (نئیسین) برای فیلم های پلی اتیلن و پوشش های نئیسین برای ماکیان بر مبنای جذب به پلی اتیلن، اتیلن وینیل استات، پلی پروپیلن، پلی آمید، پلی استر آکرلیک و پلی وینیلیدین کلراید اشاره نمود. Ming و همکاران (۱۹۹۷) باکتریوسینها را روی سطح داخلی کیسه های پلاستیکی مورد استفاده در بسته بندی تحت خلاء به کار برده و نتیجه گرفتند پوششهای دارای نئیسین و پدیوسین می توانند رشد لاکتوباسیلوس مونوسیتوزن را در گوشت بوقلمون و گوساله نگهداری شده در دمای یخچال مهار کند [۶].

## ۱-۳- تثبیت آنزیم ها

تثبیت آنزیم ها در مواد بسته بندی اولین بار در خط های تولید مواد غذایی به دلیل مزایای تکنولوژیکی زیادی مانند قابلیت استفاده دوباره، بهبود پایداری یا مقاومت گرمایی مقاومت به آنزیم های پروتئاز و ترکیب های تغییر ماهیت دهنده و نیز بهبود فعالیت مورد استفاده قرار گرفت [۸].

از میان پلیمرهای مورد بررسی برای تثبیت آنزیمها کاراگینان، کیتوزان، ژلاتین، پلی لاکتیک اسید (PLA)، پلی گلیکولیک اسید و آلژینات مناسب می باشند. هدف از کاربرد این مواد طبیعی افزایش سرعت واکنشی است که از لحاظ تغذیه ای سودمند است، یعنی کاهش غلظت اجزای غذایی نامطلوب و یا تولید ترکیب غذایی مناسب برای سلامت مصرف کننده. اخیراً "آنزیم های زیادی هم در فرآیندهای تبدیل مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته و هم در مواد بسته بندی تثبیت شده اند. از میان آنها می توان به لیزوزیم اشاره نمود که نوعی پروتئین تک پپتیدی است که در بدن اغلب موجودهای زنده تولید می شود و می تواند در برابر پپتید و گلیکان دیواره سلولی باکتریهای گرم منفی و گرم مثبت فعالیت آنزیمی نشان دهد و به این ترتیب فعالیت باکتریایی را محدود کند [۸].

در این رابطه پژوهش های زیادی صورت گرفته است. برای نمونه می توان به پژوهش های انجام شده توسط Lagaron (۲۰۰۵) در مورد استفاده از آنزیم  $\beta$ -گالاکتوزیداز و کلاسترول رودوکتاز در ماده بسته بندی برای هیدرولیز لاکتوز و کلاسترول که باعث کاهش لاکتوز یا حذف کامل آن از شیر UHT گردید [۱۶] و همچنین به تحقیقات Soares و Hotcklas (۱۹۹۸) در مورد تاثیر استفاده از بسته بندی پلاستیکی حاوی آنزیم نارینژیناز برای کاهش تلخی آب گریپ فروت به دلیل هیدرولیز نارینجین (عامل تلخی مرکبات) اشاره کرد [۱۷].

نمونه دیگر از کاربرد آنزیمها در بررسی انجام شده توسط Gucbilmoz و همکاران و Conteen (۲۰۰۷) دیده می شود که به نقش موثر لیزوزیم تثبیت شده در ماده بسته بندی در مهار رشد باکتری ها به واسطه تجزیه دیواره سلولی اشاره شده است [۱۸]. از میان مواد طبیعی که برای تثبیت آنزیم ها مورد استفاده قرار گرفته و از توانایی ذاتی برای استفاده در سیستم فعال طبیعی برخوردار است می توان به

میکروارگانسیم های عامل فساد در شیر و آبمیوه ها گزارش شده است [۱۰]. در بررسی دیگری توسط Silveria (۲۰۰۷) به کارایی فیلم های استات سلولز حاوی اسیدسوربیک در نگهداری خمیر شیرینی آردی اشاره شده است [۲].

Aymerish و همکاران (۲۰۰۸) به استفاده موثر از فیلم های حاوی انتروسین B، A و ساکاسین K، پتاسیم لاکتات، نیسین و همچنین استفاده توام از نیسین همراه با پتاسیوم لاکتات یا فشارهیدروستاتیک در افزایش ماندگاری گوشت اشاره کردند [۱۱].

Natrajan و Sheldon در ۲۰۰۰ اثر مثبت استفاده از مواد بسته بندی به عنوان ناقل فرمولاسیونهای حاوی نیسین، Amlia Scannel و همکاران در همین سال به نقش موثر فیلمهای بسته بندی دارای نیسین و لاکتیسین (۳۱۴۷) در مهار رشد میکروارگانسیمها در گوشت مرغ و پنیر اشاره نمودند. [۱۲، ۱۳].

## ۱-۲- ادویه ها و روغنهای فرار

ادویه ها غنی از ترکیب های فنلی هستند مانند فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک که می توانند آثار بیولوژیکی گوناگونی در برداشته باشند که یکی از آنها ویژگیهای ضد میکروبی است. کاربرد مستقیم روغنهای فرار در مواد غذایی مانند فرآورده های گوشتی باعث کاهش متوسط جمعیت باکتریایی می شود ولی درعین حال ممکن است ویژگیهای حسی را تغییر دهد. به همین دلیل استفاده از روغنهای فرار در تهیه فیلمهای خوراکی می تواند جالب توجه باشد. Seydim و همکاران (۲۰۰۶) به نقش استفاده از روغن سیر و پونه کوهی در فیلمهای بسته بندی با پایه پروتئین های آب پنیر اشاره کردند. همچنین Supplku و همکاران (۲۰۰۳) اثر مثبت روغن اسانسی ریحان را در افزایش ماندگاری مواد غذایی گزارش کردند [۱]. در این زمینه همچنین می توان به بررسی انجام شده توسط Nychas و Skandami (۲۰۰۲) در رابطه با اثر استفاده از روغن های فرار به دست آمده از پونه کوهی همراه با شرایط بسته بندی با جو تغییر داده شده بر ویژگی های حسی همچنین شاخص های میکروبیولوژیکی و فیزیکوشیمیایی گوشت تازه اشاره کرد [۴، ۱۴، ۱۵].

در محصولات فریزری با رطوبت متوسط و بالا یا تغییر طعم اکسایشی در قهوه موثر هستند [۲۱،۱۹].

درعین حال این ترکیب ها بر فرآورده های دارای تنفس و حساس به اکسیژن مانند میوه و سبزی تازه یا با کمترین فرآوری اثر سود مندی دارند. انواع متفاوتی از جاذب های اکسیژن در سطح تجاری در دسترس هستند که براساس یکی از مکانیسم های زیر عمل می کنند:

- اکسایش آهن
- اکسایش اسیدآسکوربیک
- اکسایش اسیدهای چرب اشباع نشده مانند اولئیک یا لینولئیک، عصاره ی برنج یا مخمر تثبیت شده، روی سوبسترای جامد کاتکول پلی آمیدها
- اکسایش رنگ حساس به نور
- اکسایش آنزیمی مثلاً "گلوکز اکسیداز و الکل اکسیداز [۴،۱]. از لحاظ ساختاری جاذب های اکسیژن می توانند به صورت بسته های کوچک<sup>۵</sup> برچسب، فیلم، مقوا (حاوی جاذب) یا کنسانتره درون بسته بندی مورد استفاده قرار گیرند. روش جایگزین شامل استفاده از میکروارگانسیم های محبوس و مستعد جذب اکسیژن است [۲]. در این رابطه توضیحات لازم در قسمت های بعد ارائه می گردد. در حال حاضر اکثریت جاذب های موجود تجاری بر مبنای اکسایش آهن عمل میکنند. واکنش های مربوطه به قرار زیر می باشند: [۴،۳].

$$\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-}$$

$$\frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^{-} \longrightarrow 2\text{OH}^{-}$$

$$\text{Fe}(\text{OH})_2 + \frac{1}{4} \text{O}_2 + \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$$

متداولترین جاذب اکسیژن براساس اکسایش آهن می باشد. Sachet<sup>۴</sup> (بسته های کوچک) طوری طراحی می شوند که میزان اکسیژن را تا کمتر از ۱٪ در بسته کاهش دهند. طبق نشریات معتبر موجود جاذب های اکسیژن می توانند میزان اکسیژن باقیمانده را در دمای نگهداری ۱/۵- به کمتر از PPM ۱۰ طی ۲ ساعت کاهش دهند. جاذب های اکسیژن از توان جذب بالا (تا حدود ۱۰۰ میلی لیتر) برخوردارند [۱،۴،۲۰].

همانگونه که اشاره شد جاذب ها می توانند در ساخت خود ماده بسته بندی مورد استفاده قرار گیرند یعنی در تولید فیلم

کاراگینان ، کیتوزان ، گلوکان ، ژلاتین ، پلی اسید لاکتیک (PLA)، پلی گلیکولیک اسید (PGA) و آلژینات اشاره نمود [۱۹،۸].

### ۱ - ۴- سیستم ضد میکروب با استفاده از جاذبها<sup>۳</sup>

#### ۱-۴-۱- جاذب های اکسیژن

- جاذب های شیمیایی: سطح بالای اکسیژن موجود در بسته بندی های مواد غذایی می تواند رشد میکروبی، ایجاد طعم و بوی نامطلوب، تغییر رنگ و افت ارزش غذایی را در برداشته باشد که به نوبه خود باعث کاهش درخور توجه ماندگاری مواد غذایی می گردد. کاهش سرعت رشد باکتری های هوازی برای افزایش ماندگاری فرآورده های شیر و محصولات فریزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. همچنین برای جلوگیری از آسیب های احتمالی به دامنه ی گسترده ای از مواد غذایی کاهش سرعت فساد یا تخریب اجزای تشکیل دهنده آنها مانند روغنها، چربیها رنگدانه ها و ویتامینها ضروری است. اگر چه مواد غذایی حساس به اکسیژن می توانند به روش های جو تغییر داده شده (MAP) یا خلا بسته بندی گردند چنین روش هایی همواره خروج کامل اکسیژن را فراهم نمی کنند.

سیستم های جاذب می توانند به شکل مناسب به منظور خروج کامل اکسیژن پس از بسته بندی تحت خلا یا MAP مورد استفاده قرار گیرند. جاذب های اکسیژن نخستین بار در اواخر دهه ۱۹۷۰ توسط شرکت ژاپنی Chemical Mitsubishi GAS با عنوان Ageless<sup>®</sup> وارد بازار شده و می توانند اکسیژن را از فضای خالی بسته بندی فرآورده و حتی اکسیژنی که طی نگهداری از ماده بسته بندی عبور کرده است، حذف نمایند. با استفاده از جاذب های اکسیژن درون بسته بندی از تغییرات کیفی در مواد غذایی حساس جلوگیری می شود [۱،۴]. برای مثال جاذب های اکسیژن در جلوگیری از تغییر رنگ گوشت فراوری شده، چای، شکلات و واکنش های مربوط به تندی در مواد غذایی با چربی بالا، فساد کپکی

4. Sachet

3. Svavengerers

از میان پلیمرها آلزینات، آگار، ژلاتین با موفقیت مورد استفاده قرار گرفته اند. در این روش برای تولید فیلم میکروارگانسیم روی بستر پلیمری مناسبی نگهدارنده محبوس می شود و پس از خشک کردن فیلم تا زمان مصرف و آبدار شدن دوباره نگهداری می گردد. با قرارگیری فیلم در تماس با ماده غذایی مجدداً فعال می گردد. عوامل موثر در فعالیت میکروارگانسیم شرایط بهینه محبوس سازی آن را تعیین می کند که شامل نوع میکروارگانسیم، غلظت مواد مغذی و بستر پلیمری است.

Altieris و همکاران (۲۰۰۴) اثر استفاده از میکروارگانسیمهای *Pichia* و *Kozoria Varince* و *Subpelliculosa* محبوس در بستر هیدروکسی اتیل سلولز و پلی وینیل الکل را به عنوان جاذبههای بیولوژیکی اکسیژن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که *Kozoria Varince* برای استفاده به عنوان عامل فعال مناسبتر بوده و پلی وینیل الکل برای محبوس کردن میکروارگانسیم نسبت به اتیل سلولز مناسبتر است زیرا میکروارگانسیم در چنین بستری می تواند با سرعت بیشتری فعالیت نماید [۲۳].

#### ۱-۴-۲ جاذب ها یا تولید کننده های دی اکسید کربن

دی اکسید کربن در محیط بسته باعث مهار رشد میکروارگانسیم ها می گردد زیرا این گاز در برابر دامنه ی گسترده تری از قارچ ها و باکتری های هوازی اثر ضد میکروبی دارد. از میان گازهای اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن که بیشترین مصرف را در سیستم های MAP دارند، دی اکسید کربن تنها گازی است که اثر ضد میکروبی مستقیم دارد و منجر به افزایش فاز تاخیر و زمان رشد طی مرحله رشد لگاریتمی می شود [۱۰].

از نمونه های تجاری این جاذب ها می توان به *Ageless*®، *Cordimer* و *Fresh Pax*® اشاره کرد که به منظور افزایش ماندگاری گوشت تازه بر مبنای استفاده از کربنات آهن یا آمیزه ای از اسید آسکوربیک و بیکربنات سدیم طراحی شده اند [۲۱، ۱۹، ۴].

دی اکسید کربن بر میکروارگانسیم های گوناگون آثار متفاوتی دارد مختلف دارد مثلاً "درحالی که مقدار متوسط تا بالای دی اکسید کربن از رشد باکتری های هوازی مانند سودوموناس جلوگیری می کند، رشد میکروارگانسیم هایی مانند باکتریهای

یامقوای حاوی ماده جاذب. به این ترتیب واکنش منفی مصرف کننده به حداقل می رسد و با افزایش میزان فروش از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر خواهد بود. همچنین خطر مربوط به پارگی تصادفی بسته های کوچک و مصرف اتفاقی آنها را برطرف می نماید.

اساس تولید فیلم عبارت است از کاربرد یک ترکیب آلی جاذب در پلیمر که به صورت لایه پیوسته در فیلم لامینیت شده. لازم به یاد آوری است که سرعت و ظرفیت زدایش فیلم های جاذب اکسیژن در مقایسه با بسته های کوچک حاوی جاذب اکسیژن با پایه آهن پایین بوده و این فیلم ها را می توان با گرما فعال نمود. pyene و همکاران (۱۹۹۸) اثر بسته بندی با اتمسفر کنترل شده (CO<sub>2</sub>)

حاوی *Agless*® و بسته های حاوی جاذب های اکسیژن به تنهایی را بر میزان شیرابه خارج شده و ویژگی های حسی و میکروبی گوشت بررسی نمودند. میزان شیرابه خارج شده از این نمونه ها در مقایسه با گوشتی که تنها در خلا بسته بندی شده بود کمتر بود. [۲۱، ۴].

#### Beltran و Roncales (۲۰۰۶) و Florence

(۲۰۰۸) اثر بسته بندی با جو تغییر داده شده همراه با جاذب اکسیژن در افزایش ماندگاری گوشت و *Endive* (نوعی میوه) را گزارش نمودند. به دلیل کاهش میکروارگانسیم های سرمادوست در گوشت و به تاخیر افتادن روند رسیدن میوه ماندگاری آنها افزایش یافت که ناشی از زدایش سریع اکسیژن توسط جاذب مربوطه است [۲۲، ۲].

#### – جاذب های بیولوژیکی اکسیژن

چنانکه پیشتر اشاره شد نوع دیگری از جاذب ها شامل استفاده از میکروارگانسیم های هوازی برای زدایش اکسیژن است. این ایده نخستین بار توسط Rahem و همکاران (۱۹۹۸) مطرح شد [۲۳].

استفاده از جاذب های بیولوژیکی و طبیعی اکسیژن بر مبنای استفاده از میکروارگانسیم های محبوس در بستر پلیمری روش موثر در نگهداری مواد غذایی به حساب می آید. مزایای این روش عبارتند از:

- ۱) ایمنی از لحاظ مصرف (۲) پذیرش از دید مصرف کننده
- ۳) اقتصادی بودن (۴) سازگاری با محیط زیست

نمی گذارد ، بلکه فرآورده بسته بندی شده دچار فساد جزئی نیز نمی گردد.

آزاد شدن کنترل شده دی اکسیدکربن مربوط به مجاورت بارطوبت بالای ۸۰٪ در حضور نور است از فعالیت بالا در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسمها شامل سلولهای رویشی درحال رشد و اسپورها برخوردار می باشد. لازم به یادآوری است پودر **Microspher®** به صورت بسته های کوچک از قبل به ماده بسته بندی ضمیمه شده است. سرعت آزاد شدن دی اکسیدکربن از میکروسفر در محدوده ۱۰۰-۱ پی پی ام برای مدت نگهداری از چند روز تا ۶ هفته متغیر است . کاربرد این روش در صنایع غذایی مراحل اولیه را پشت سر می گذارد تا مخاطرات ایمنی مواد غذایی را در رابطه با فرآورده های گوشتی ، طیور ، ماهی ، فرآورده های لبنی ، قنادی و محصولات پخت کاهش دهد [۱].

#### ۱-۶ سیستمهای ضد میکروب بر مبنای کنترل رطوبت

هدف اصلی از کنترل رطوبت کاهش میزان فعالیت آبی فرآورده است که به نوبه خود باعث جلوگیری از رشد میکروبی می گردد. علاوه بر آن با جلوگیری از جذب رطوبت در قسمتهای سطحی کیفیت فیزیکی آنها حفظ می گردد. مواد جاذب الرطوبه مانند سیلیکاژل رطوبت را با جذب فیزیکی از محیط خارج می نمایند که با تغییر دما قابل برگشت است یعنی سیلیکاژل تغییر دما رطوبت جذب شده را از دست می دهد. اکسید کلسیم با رطوبت به صورت غیر قابل برگشت طبق واکنش زیر ترکیب می شود:



روش مورد دیگر برای خروج رطوبت اضافی موجود روی سطح مواد غذایی مرطوب استفاده از رطوبت گیر بین دو لایه فیلم پلاستیکی نفوذپذیر به رطوبت است. نمونه ای از این سیستمها **Pitchit** محصول شرکت **Showa Denko** و پلی پروپیلن گلیکول ویسکوز می باشند که به صورت ساندویچی بین فیلمهای پلی وینیل الکل قرار دارند. برای بافری کردن فعالیت آبی داخل بسته فرآورده تازه، بسته های کوچک های حاوی حاوی شکر و نمک آلی جاذب الرطوبه همچنین مورد آزمایش قرار گرفته اند. در مورد مواد آزمایش شده شکر،

لاکتیک به واسطه وجود دی اکسید کربن افزایش می یابد و مقادیر کمتر از ۵۰٪ دی اکسید کربن بر باکتریهای بیماری زا یا مانند بوتولینوم و لاکتوباسیلوس مونوسیتوژنز کمترین تاثیر را دارد [۴،۱].

بنابراین یک سیستم جاذب دی اکسید کربن می تواند با جذب دی اکسید کربن تولید شده در بسته از افزایش فشار یا افزایش حجم داخل بسته های دارای مواد غذایی بو داده یا تخمیری جلوگیری نماید [۲۱،۴].

از آنجایی که نفوذپذیری دی اکسید کربن در اغلب فیلمهای پلاستیکی ۵-۳ برابر بیشتر از اکسیژن است، باید تولید آن به صورت مداوم انجام گیرد تا غلظت مناسب در بسته بندی حفظ گردد. جاذب های دی اکسید کربن می توانند شامل جاذب های فیزیکی مانند رزین یا پودر کربن فعال یا جاذب شیمیایی ( هیدروکسید کلسیم، کربنات سدیم، هیدروکسید منیزیم و...) باشند و طبق بررسی انجام شده توسط **Florence** و همکاران (۲۰۰۶) در رابطه با اثر شرایط بسته بندی بر رشد میکروبی در **endive** (نوعی میوه) جاذب های شیمیایی در مقایسه با انواع فیزیکی موثرتر بودند [۳،۲۵]. علاوه بر اثر ضد میکروبی دی اکسید کربن، این جاذب ها از مزیت دیگری برخوردارند و آن اینکه به محض اینکه دی اکسید کربن موجود در فضای جذب شدن دی اکسید کربن موجود در فضای بسته به وسیله فرآورده جذب شود ، دی اکسید کربن از بسته های کوچک منفذ دار آزاد می شود و جایگزین دی اکسید کربن جذب شده می گردد [۲۱].

#### ۱-۵ سیستم های ضد میکروبی بر مبنای تولید دی اکسید

##### کلر

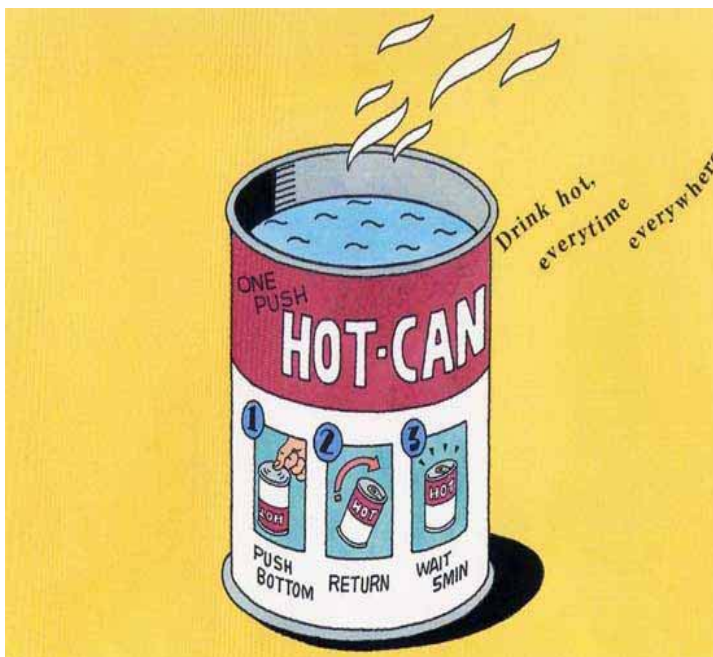
دی اکسید کلر به اشکال مختلف جامد، مایع و گازی موجود می باشد و شکل جامد آن که از کارایی قابل ملاحظه ای در مقابل باکتری قارچ و ویروس برخوردار است، **Microspher®** (محصول شرکت **Barned Technology** آمریکا ) نامیده می شود که شکل جامد دی اکسید کلر است و س از واکنش با رطوبت باعث آزاد شدن فرم گازی دی اکسید کلر می شود. دی اکسیدکلر آزاد شده به صورت کنترل شده در اثر واکنش رطوبت با **Microspher®** ، نه تنها هیچ باقیمانده ای به جا



## ۲-۲- Self-heating can

نوع دیگر بسته بندی فعال می باشد. (شکل ۱ قسمت الف) بیشتر پیشرفتهای صورت گرفته در رابطه با این نوع بسته به صورت پتنت بوده و اطلاعات چندانی در این زمینه در دسترس نمی باشد. مفهوم Self-heating can اولین بار در سال ۱۹۳۹ مطرح شد. در آن زمان تولید گرما بر مبنای سوزاندن (نوعی پودر مرکب از نیتروگلیسرین و نوعی ژل معدنی ژلاتینه شده با افزایش استن) قرار داشت که از ایمنی چندانی برای مصرف کننده ناآگاه برخوردار نبود. به همین دلیل متخصصین صنایع بسته بندی غذایی موظف به طراحی بسته هایی 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 متداول ترین آنها بر مبنای واکنش اکسید کلسیم با آب است [۳۷، ۳۸].

Caldwell, Gilles در ۱۹۵۰ بررسیهایی در زمینه واکنش مطلوب برای گرمادهی محتویات قوطی حاوی سوپ یا سایر مواد غذایی مایع انجام داد [۳۹]. در ۱۹۶۰ در کشور انگلیس گزارش شد که چندین میلیون از این قوطیها طی جنگ به اقتضای شرایط مورد استفاده قرار گرفتند. سطح مقطع این نوع بسته در شکل ۱ قسمت ب و شکل ۲ دیده می شود.



شکل ۱ بسته خود گرم شونده ( الف ) نمای روبرو

کسیلیتول، سوربیتول، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم و کلرید سدیم برای کنترل مناسب رطوبت نسبی داخل بسته لازم است ایزوترم جذب مواد جاذب و نفوذ پذیری بسته های کو چک به رطوبت تعیین گردد [۲۶].

زمان مورد نیاز برای دمادهی مواد غذایی با فعالیت آبی بالا منجر به استفاده از پلاستیکهایی با افزودنی ضد رطوبت (نوعی پلیمر با با توانایی جذب بالا) گردیده که کشش بین سطحی بین فیلم و ماده کندانه را کاهش میدهد که به نوبه خود شفافیت فیلم را بهبود داده و به مصرف کنندگان امکان دیدن واضح ماده غذایی بسته بندی شده را می دهد. لازم به یادآوری است این نوع بسته تاثیر بر میزان آب موجود در بسته ندارد [۲۶، ۳].

### ۱-۷- سیستمهای ضد میکروب بر مبنای تولید اتانل

این بسته های کو چک انتخابی حاوی اتانل به صورت جذب شده یا کپسوله شده در مواد حامل است (روی سیلیس یا محیط دیگر) که در بسته های پلیمری محبوس شده اند. با عبور از لایه محافظ که به صورت انتخابی عمل می نماید، بخار اتانل به آرامی برای جلوگیری از رشد قارچ روی فرآورده های پخت و کیک برنجی آزاد می شود. به فضای خالی بسته آزاد می شود. از آنجاییکه اتانل به میزان بسیار کم تولید و تنها در فرآورده های با فعالیت آبی کمتر از ۰/۹۲ موثر است، هدف از استفاده از این بسته های کوچک ها کاهش رشد کپکها در برخی فرآورده های پخت و فرآورده های ماهی خشک می باشد. از انواع در دسترس تجاری این بسته های کو چک می توان به Etichap<sup>®</sup> اشاره کرد که به صورت بسته های دربندی شده با گرما و حاوی اتانول به صورت میکروکپسوله شده در پودر دی اکسید سیلیکون است. نوع دیگر آن Frettek<sup>®</sup> است که در واقع یک لایه کاغذی است که در آن لایه مرکزی با محلول اتانول در اسید استیک اشباع شده و بین لایه های فیلم از جنس پلی اولفین به صورت ساندویچ شده قرار می گیرد. از معایب این بسته های کو چک ها بوی قوی اتانل در زمان باز کردن بسته ماده غذایی است زیرا بخار اتانل فضای خالی بسته را پر نموده و به سطح ماده غذایی نیز جذب می گردد که بر طعم محصول اثر منفی دارد [۳، ۲۶، ۲۷].

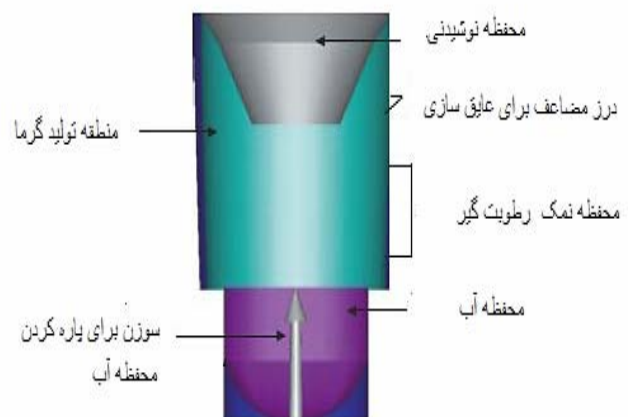
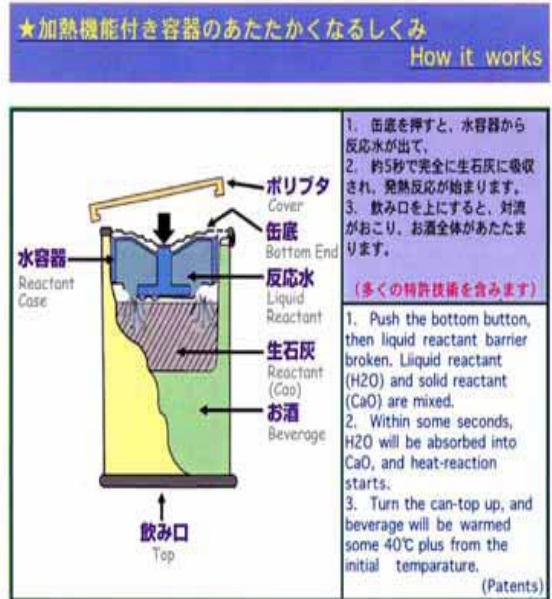
تمامی تجهیزات و ابزار لازم در یک فنجان ایزوله گرمایی قرار داشت که اندازه آن دو برابر فنجانهای مرسوم بود. به تدریج متخصصین به این نتیجه رسیدند که اکسید کلسیم برای واکنش از سرعت کافی برخوردار نبوده و به همین دلیل با اکسید منیزیم جایگزین گردید که سرعت گرم شدن آن بسیار زیاد بود. فلز منیزیم به صورت مخلوط با آهن در بسته موجود است. برای فعال سازی مقدار کمی آب اضافه شده و با شروع واکنش دما تا حد دمای جوش آب بالا خواهد رفت آهن در واقع کاتالیزور واکنش می باشد زیرا به مقدار اندک مورد استفاده قرار گرفته است. آهن در ابتدا اکسید شده سپس همزمان با اکسایش منیزیم و انتقال الکترونها لایه ظرفیت به آهن به شکل اولیه احیا می گردد. برای اطمینان از اینکه واکنش قبل از موعد حین انبار داری روی نمی دهد بخش گرمادهی باید در محفظه ضد آب قرار گیرد. اگر بستر گرمازا به دلیل مجاورت با هوا مرطوب گردد ممکن است سطح آن با لایه نازکی از هیدروکسید کلسیم نامحلول پوشانده شده و به این ترتیب پیشروی واکنش های بعدی به تعویق خواهد افتاد. در عین حال آزاد شدن گاز هیدروژن می تواند باعث ترکیدن قوطی و آتش سوزی در انبار گردد [۱۹،۳۷]. از گازهای قابل اشتعال مانند هیدروژن هم نمی توان برای تولید گرما استفاده نمود.

یک شرکت آمریکایی به منظور تولید گرما از واکنش آهن غیر آلی با نمکهای منیزیم استفاده نمود. آب نمک از یک کیسه کاملاً مسدود موجود روی سینی اصلی که رو و زیر آن آهن و نمک منیزیم قرار دارد، افزوده می شود. ظرف ۱۵ دقیقه محتویات سینی تا حد قابل پذیرش گرم می گردد.

شرکت Ontro محصولات مختلفی مانند انواع سوپ، فرآورده های ماکارونی، چای، قهوه و شکلات داغ با استفاده از این روش تولید و به ثبت رسانید. در این قوطیها آب و اکسید کلسیم هر یک در محفظه مجزا قرار دارند. پس از تغییر شکل قوطی مصرف کننده می تواند بسته را با فشردن دکمه ای سوراخ نماید. به این ترتیب آب از محفظه مخصوص خود به داخل محفظه اکسید کلسیم فرستاده شده و با شروع واکنش گرما تولید می گردد [۴۰]. ایندیرید کلسیم بدون آب دارای ماهیت جذب کننده رطوبت بوده و به آسانی مولکولهای آب را به منظور تشکیل پیوند هیدروژنی جذب می کند. هر چند این فرآیند نیازمند انرژی



(ب) سطح مقطع بسته



شکل ۲ سطح مقطع قوطی خود گرم شونده

شرکت Nestle در ۲۰۰۱ بسته‌هایی با عنوان **Hot when you want** ( 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 می‌گردد. جوهر حساس به گرمای موجود روی قوطی مصرف‌کننده را از گرم شدن کافی محتویات قوطی مطلع می‌کند [۳۷].

در رابطه با این نوع بسته کنترل کیفی عالی و دقیق همچنین طراحی با جزییات کامل از لحاظ ایمنی حایز اهمیت است. یکی از موارد مهم در رابطه با ایمنی کنترل توزیع اندازه گرانولهای آهک در هر دو طرف است. مقدار بیش از حد پودر آهک باعث افزایش فشار بخار است که می‌تواند خطرآفرین باشد. علاوه بر آن قطعات درشت آهک گرمای مورد نیاز را تامین 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 باشد حفظ ایمنی و گرما دهی پایدار باید مورد توجه باشد که نیازمند کنترل کیفی قوی آگاهی کامل از جزییات است [۴۰].

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

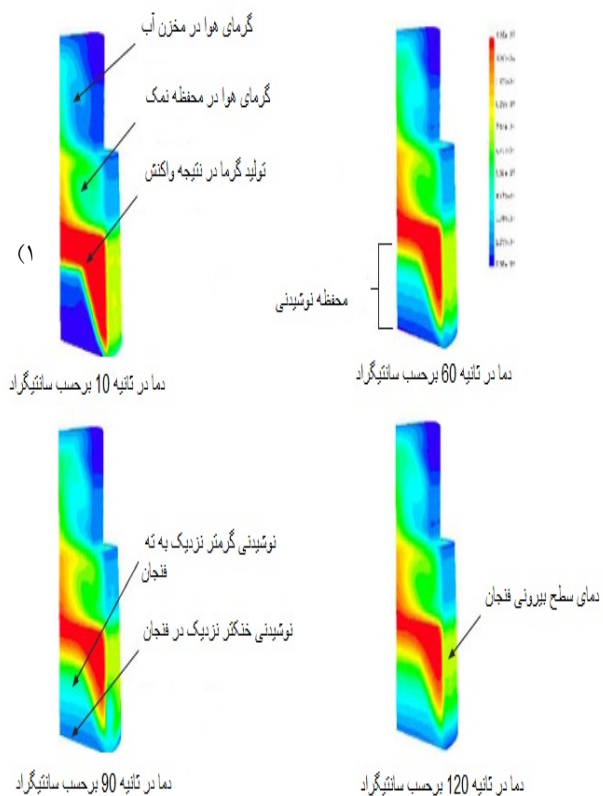
۱) گرم شدن جهانی به ویژه در ژاپن (۲) رکود اقتصادی شدید (۳) قیمت بالای نوشیدنیها

هر چند کاربرد این نوع بسته در برخی کشورها متداول شده است بیان اینکه چقدر چنین بسته‌هایی در آینده مرسوم خواهند شد دشوار بوده اما نشانه‌ای از تلاشهای انجام شده به منظور تامین راحتی مصرف‌کننده در صنایع غذایی است [۴۱].

در رابطه با کاربرد این نوع بسته در کشورهای توسعه یافته مساله بازیافت بسته مورد توجه می‌باشد. هر چند بازیافت این نوع بسته دشوار به نظر می‌رسد. قوطی خود گرم شونده شامل بدنه سر و انتهای قوطی و محفظه گرمادهی از جنس آلومینیم، محفظه آب از جنس فیلم لامینیت شده با پلاستیک - آلومینیم، برچسب و آهک (که پس از واکنش با آب به هیدروکسید کلسیم تبدیل می‌شود) می‌باشند. چنانچه ظروف وارد چرخه بازیافت آلومینیم شود، به دلیل آنکه

است. نتیجه واکنش بین آب و کلرید کلسیم تولید گرما می‌باشد. سومین محفظه درون بسته برای نگهداشتن بخارها و هدایت گرما به پیرامون محتوات غذایی طراحی شده است. پس از گذشت ۵ دقیقه از زمان فعال سازی دمای محتویات تا حد مناسب برای مصرف افزایش یافته و حداکثر به ۷۵ درجه سانتیگراد بالاتر از دمای محیط اولیه خواهد رسید [۳۷]. شکل ۳ روند توزیع دما را در بسته خود گرم شونده‌ای نشان می‌دهد 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 یاد آوری است با هم زدن محتویات بسته یا تکان دادن ظرف تولید گرما تشدید می‌گردد. قوطیهای کنسرو از جنس پروپیلن یا وینیل الکل چند لایه‌ای نیز به منظور ایجاد حصاری در برابر نفوذ اکسیژن طراحی شده‌اند. پلی پروپیلن نوعی ماده بسته بندی از جنس پلاستیک است که به خوبی می‌تواند دمای جوش آب را تحمل نماید [۱۹،۳۷].



شکل ۳ روند توزیع گرما در بسته خودگرم شونده وارونه

آب بسیار نازک بوده و زمانی که قسمت پایین قوطی توسط مصرف کننده به بالا فشرده گردد محفظه آب سوراخ شده و آب به سمت نیترات یا کلرید آمونیوم جریان می یابد. به این ترتیب واکنش شیمیایی گرماگیر آغاز شده و باعث کاهش دمای محتویات تا حد ۵ درجه سانتیگراد می گردد. البته چنین روشی به منظور خنک نمودن نوشابه های کربناتی پیشنهاد نمی گردد [۱۹، ۳۷].

نمونه دیگر این بسته ها Instacool (شکل ۴) می باشد که توسط شرکت Cool Can Technology طراحی شده است. در این بسته ها روش مورد استفاده بر این مبناست که هنگام باز کردن قوطی با کشیده شدن کپسول حاوی  $\text{CO}_2$  آزاد سازی گاز به صورت برف صورت گرفته و به این ترتیب محتویات بسته ظرف کمتر از ۱ دقیقه خنک می گردد [۳۷].

شکل دیگر قوطی سرد شونده Crown است (شکل ۵ و ۶) که از دو قطعه آلومینیوم تشکیل شده که نوشیدنی را در بر می گیرد. واکنش خنک کننده برعکس قوطیهای خود گرم کننده انجام می شود. قوطی از دو محفظه تشکیل شده است که بین آنها درزی از فویل قرار گرفته است. همراه یک تبخیر کننده مارپیچی در محفظه بالایی درون ظرف موجود است که با زلی که عمدتاً از آب تشکیل شده پر می گردد. محفظه پایینی عایق در برابر گرما بوده و با مواد جاذب الرطوبه مانند رس یا نمک سرکه تحت خلا پر شده است. مکانیسم عمل به این صورت است که وقتی مصرف کننده قسمت پایینی قابل پیچش را می فشارد ماده جاذب الرطوبه موجود در پایین منجر به تبخیر آب می شود. با ایجاد خلا در پایه قوطی آب از مارپیچ بیرون می رود. آب به عنوان مایع سرد کننده با جذب گرمای نهان تبخیر از ماده غذایی در محیط کم فشار تبدیل به بخار شده و ظرف مدت ۴ دقیقه قوطی تا  $40^\circ\text{F}$  جز در معدودی از کشورها مانند آمریکا، ژاپن و انگلیس در سایر مناطق چندان متداول نیستند زیرا اولاً در مقایسه با قوطیهای موجود بسیار گرانتند در واقع در تولید بسته بندی هزینه وسایل مربوط به تولید گرما به هزینه بسته بندی اولیه اضافه می گردد، افزون بر این وزن و حجم فضایی که هر یک از تجهیزات به خود اختصاص می دهند نیز مستلزم صرف هزینه است، ازسویی

پلاستیک/فیلیم/برچسب دچار سوختگی می گردد، هیچ اثر بدی در کوره نخواهد داشت. آهک از افزودنیهای معمول در کوره های بازیافت آلومینیم است. به هر حال در این رابطه مقررات مربوط به هر کشور را نباید نادیده انگاشت.

درست است که این نوع بسته از جنس آلومینیم ساده یا پلی اتیلن ترفتالات نیست و از مواد مختلفی ساخته می شوند که تقریباً به مفهوم دشواری بازیافت مواد است. همچنین متعادل سازی هزینه بازیافت و ارزش تولید بسته را باید در نظر گرفت.

## ۲-۳- Self-chilling can

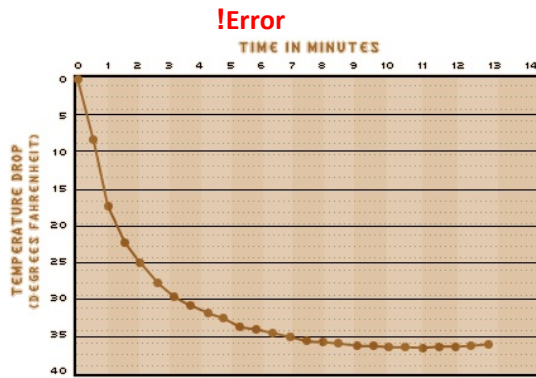
اولین بار توسط شرکت Joseph در ۱۹۹۷ طراحی گردید. (شکل ۴) اصول مورد استفاده در طراحی این بسته ها همان اصول به کار رفته در سیستم سردخانه های مکانیکی بود که عبارت است از تبخیر فلوروکربن مایع. این قوطیها دارای یک محفظه بسته داخلی است که هنگام باز شدن آن مایع به گاز تبدیل شده و به منظور گرمای نهان تبخیر خود گرما را از محتویات گرفته و آنها را خنک می نماید. (بسته با حجم ۵۰۰ میلی لیتر تا حدود  $30^\circ\text{F}$ ) با توجه به مخالفتهای صورت گرفته در مورد آزاد شدن فلوروکربن به محیط زیست از گاز دی اکسید کربن به عنوان عامل خنک کننده استفاده گردید.



شکل ۴ بسته خود سرد شونده

بسته های سرد شونده دوجداره شامل دو محفظه کوچکتر حاوی آب و نیترات یا کلرید آمونیوم به صورت جداگانه است. محفظه





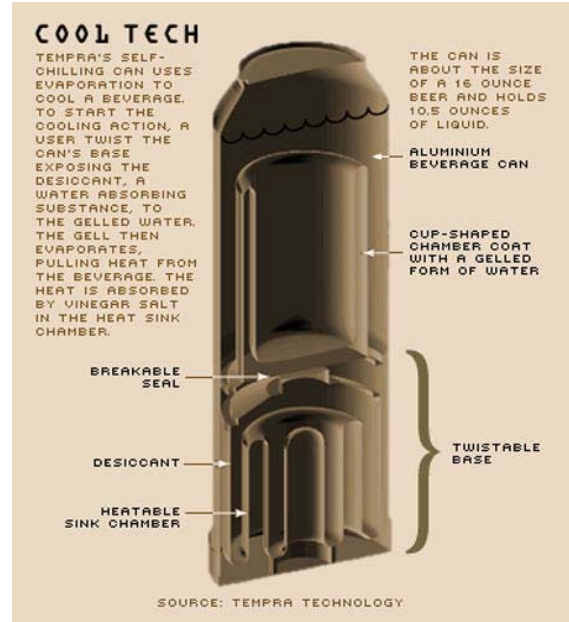
شکل ۷ منحنی مربوط به افت دما در بسته خود سرد شونده

### Crown

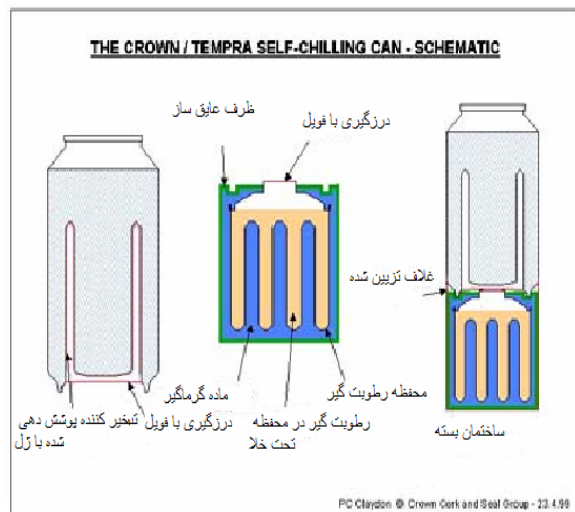
#### ۳- بسته بندی هوشمند

بسته ای است که به شکلی برخی ویژگیهای ماده غذایی محتوی خود یا محیطی که در آن نگهداری می شود را کنترل نموده و اطلاعاتی را در این زمینه طی نگهداری و انتقال ماده غذایی برای تولید کننده، خرده فروش و مصرف کننده فراهم می کند. اگر چه مفهوم بسته بندی هوشمند و فعال آشکارا متفاوت می باشد، در واقع می توان گفت بسته بندی هوشمند به منظور کنترل بی عیبی و کارایی سیستمهای بسته بندی فعال مورد استفاده قرار می گیرند [۴]. تجهیزات هوشمند می تواند جز ضروری یا از ویژگیهای لازم بسته بندی ماده غذایی بوده و برای کنترل بسیاری از شاخصهای کیفی مورد استفاده قرار گیرند. بسته هوشمند، بسته ای است که شرایط ماده غذایی محصور را کنترل نموده و اطلاعاتی در رابطه با کیفیت ماده غذایی بسته بندی شده طی نگهداری یا انتقال فراهم سازد. گرچه اطلاعات زیادی از راه اینترنت، مجلات صنعتی و منابع دیگر در این رابطه در دسترس نمی باشد. در این مورد دیدگاههای زیادی مطرح شده و کاربردهای متعددی نیز توسط آمریکا و ژاپن به ثبت رسیده است همچنین بررسیهای گسترده ای انجام شده ولی باین وجود بسته بندی هوشمند در سطح تجاری از کاربردهای چندانی برخوردار نمی باشد. در ادامه توضیحاتی در مورد انواع این نوع بسته ارائه می گردد [۴، ۲۶، ۲۷].

چنانکه اشاره شد گرما دهی به صورت غیر یکنواخت انجام می شود.



شکل ۵ سطح مقطع بسته خود سرد شونده



شکل ۶ طرح شماتیک در بسته خود سرد شونده Crown

## ۳-۱- استفاده از سنسورها

پایداری مواد غذایی در برابر اکسایش به غلظت ترکیب، فعالیت ترکیب های واکنش دهنده مانند پراکسیدانها و ضد اکسیدانهای موجود بستگی دارد. گرچه مواد غذایی مانند گوشت می توانند به صورت مناسب در محیطهای بدون اکسیژن بسته بندی گردند مانند استفاده از بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده یا بسته بندی تحت خلا این روشها اکسیژن موجود را به طور کامل خارج نمی کنند و نفوذ گاز اکسیژن از راه ماده بسته بندی باعث فساد ماده غذایی می گردد زیرا در چنین شرایطی اکسایش چربی با توجه به میزان اکسیژن باقیمانده در بسته ماده غذایی و شمار میکروبی موجود می تواند انجام شود [۲۷، ۲۸].

گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن مهمترین گازهای غیرخنتی در فرآورده های بسته بندی شده با اتمسفر اصلاح شده می باشند و فشار جزئی آنها در فضای بسته به عنوان شاخصی مناسب برای ارزیابی وضعیت کیفی بسته مورد استفاده قرار می گیرد. میزان اکسیژن و دی اکسید کربن با گذشت زمان تغییر می کند که این تغییر تحت تاثیر عواملی مانند نوع فرآورده، تنفس، ماده بسته بندی، اندازه بسته، نسبتهای حجمی، شرایط نگهداری، بی عیبی بسته و غیره قرار دارد: [۴]

یکی از ویژگیهای ضروری بسته بندی MAP یا بسته تحت خلاء بی عیبی آن است. اگر بسته بندی دچار نشتی گردد اتمسفر بهینه اطراف ماده غذایی با نفوذ اکسیژن و سایر گازهای اتمسفری از دست رفته و آثار سودمند آن از بین می رود. در چنین شرایطی احتمال وقوع آلودگی میکروبی نیز وجود دارد [۲، ۲۸].

بنابراین لازم است نشتهای احتمالی شناسایی شده و از آثار نا مطلوب ماده غذایی آلوده بر سلامت مصرف کننده جلوگیری گردد. بی عیبی بسته با استفاده از روشهای تخریبی مانند biotest، تست الکتروولیت، آزمون نفوذ رنگ یا آزمون حباب ارزیابی شده است. هرچند این آزمونها دشوار و وقت گیر بوده و علاوه بر آن امکان تشخیص همه بسته ها ی دارای نشتی وجود ندارد. با استفاده از روشهای کنترل روی خط تولید مانند روشهای چشمی نوری یا تشخیص صدا و تغییر فشار این مشکل برطرف شده است ولی به کمک این آزمونها هم امکان شناسایی نشتهای ایجاد شده پس از خروج از واحد تولیدی

وجود ندارد. روشهایی مانند GC و GC/MASS علاوه بر دارا بودن مشکلات بالا وقت گیر و پرهزینه می گردد [۲۹، ۴].

به منظور اطمینان باید تا حد امکان یک شنا سازی کننده نشتی به صورت مداوم همراه بسته وجود داشته باشد تا از سلامت بسته در طول زنجیره تولید اطمینان حاصل گردد. شیوه استفاده از سنسور جایگزینی مناسب برای روشهای قدیمی یاد شده می باشد. سنسور عبارت است از وسیله ای به منظور شناسایی یا اندازه گیری ماده یا انرژی و فرستادن پیامی برای شناسایی یا اندازه گیری ویژگی فیزیکی یا شیمیایی که وسیله یاد شده به آن عکس العمل نشان می دهد [۳۰، ۴].

Smiddy و همکاران (۲۰۰۲) استفاده از سنسورهای اکسیژن را برای بررسی تاثیر غلظت اکسیژن را برای بررسی تاثیر غلظت اکسیژن باقیمانده بر گوشت مرغ و گوساله بسته بندی شده با شرایط اتمسفر اصلاح شده و همچنین تحت خلا بررسی نمودند [۳۱، ۳۰].

سنسورها می توانند در بسته ماده غذایی قرار گرفته و به منظور کنترل کیفیت هر بسته به صورت مجزا با کنترل کردن میزان اکسیژن در بسته از در بندی مورد استفاده قرار گیرند. سنسور به منظور ارزیابی کیفی باید از توانایی پیوسته تولید سیگنال برخوردار باشد. تفسیر سیگنالهای نوری فرستاده شده توسط واحد آشکارساز (دکتور) موجود در بیرون بسته انجام می شود. بیشتر سنسورها دارای دو بخش اصلی می باشند:

(۱) بخش گیرنده (۲) مبدل یا ترانسفورماتور

اطلاعات فیزیکی یا شیمیایی به شکلی از انرژی تغییر می یابد که می توان توسط مبدل اندازه گیری شوند. ترانسفورماتور وسیله ای است که دارای قابلیت تبدیل انرژی (در برگیرنده اطلاعات فیزیکی یا شیمیایی) مربوط به نمونه به سیگنال آنالیتیکی می باشد. از سنسورها میتوان برای تشخیص هر گونه تغییر قابل اندازه گیری شاخصهای فیزیکی و شیمیایی استفاده نمود مانند شناسایی گازهای شاخص موجود در فضای خالی بسته که روشی سریع و کم هزینه بوده و برای ارزیابی کیفی فرآورده و بی عیبی آن مورد استفاده قرار می گیرد. ویژگیهای صنعتی، هزینه های تولید، ملاحظات ایمنی و تقاضای نسبتاً محدود چه از سوی صنایع و چه مصرف کننده

به عنوان نشانگر غیر تخریبی به منظور استفاده در بسته های مواد غذایی پیشنهاد نمودند. سنسورهای اکسیژن متعددی به صورت آزمایشی توسعه یافته و انتظار می رود در آینده نزدیک در سطح تجاری با مقیاس بالا مورد استفاده قرار گیرند. این سنسورها به صورت یک بار مصرف و کم هزینه تولید شده و در صورتی که همراه با تجهیزات دقیق مورد استفاده قرار گیرند اندازه گیری سریع غلظت اکسیژن را امکان پذیر می کنند [۴].

بخش فعال سنسور اکسیژن از رنگ فلورسان با فاز تاخیر طولانی یا رنگ درخشان (شب تاب) به صورت کپسوله در شبکه

پلیمری جامد تشکیل می شود در واقع نوعی پوشش به صورت فیلم تشکیل می دهد که روی پایه محکمی قرار می گیرد. کمپلکسهای لومینسانس روتنیوم و پورفیرینهای پلاتین (دوظرفیتی) و پالادیم (دوظرفیتی) معمولترین رنگهای مورد استفاده همراه با پلی استیرن، پلی سولفون، سیلیکون و پلیمرهای دیگر می باشند. چنین سنسورهایی با حل کردن رنگ و پلیمر در حلال آلی، سپس قرار دادن این محلول روی یک پایه جامد به صورت ورقه های پلی استر (Myler)، فیبر نوری، شیشه غشاهای با منافذ در حد میکرون و غیره تولید می شوند [۳۲].

پس از تبخیر حلال، سنسورها با حالت جامد به شکل نقطه ها یا غشا هایی تشکیل می شوند که می توانند در بسته مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند. چنین مواد حس کننده ای اگر همراه با روش فلوریمتری که روشی ساده و ارزان است به کار روند کارایی درخور توجهی نشان می دهند. سنسورها معمولاً ۱-۲ سانتیمتر قطر دارند و رنگ آنها به نوع ماده رنگی به کار رفته در تولید سنسور مربوط است که به راحتی روی مواد پایه متفاوت مرئی می شوند.

اکسیژن مولکولی موجود در فضای خالی بسته بندی در پوشش حساس با انتشار ساده نفوذ می کند و رنگ لومینسانس را به شکل دینامیک و با مکانیسم تصادفی غیر فعال می نماید. این فرآیند برگشت پذیر است و باقیمانده ای به جا نمی گذارد زیرا رنگ واکسیژن هیچ یک در واکنشهای شیمیایی انجام شده

از موانع اصلی در برابر کاربرد سنسورها در سطح وسیع تجاری است [۳۲].

### ۳-۱-۱- سنسورهای گازی

سنسورهای گازی به وجود جزء گازی به واسطه تغییر عوامل فیزیکی سنسور واکنش نشان داده و از طریق یک وسیله خارجی کنترل می گردند. در حال حاضر سیستم در دسترس موجود برای تشخیص گاز شامل سنسورهای اکسیژن بر مبنای جریان سنجی<sup>۵</sup> و سنسورهای اکسیژن بر مبنای سنجش اختلاف پتانسیل با میدان نیمه رسانای اکسید فلزی پلیمرهای هدایت کننده آلی و سنسورهای کریستالی پیزوالکتریک هستند [۳۲].

سیستم های قدیمی برای سنسورهای اکسیژن براساس روش های الکتروشیمیایی، محدودیت هایی دارند که عبارت است از مصرف ماده تجزیه شونده (اکسیژن)، حساسیت به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{S}$  و جرم گرفتگی یا زنگ زدگی غشاهای سنسور. در سال های اخیر دستگاه ها و مواد مختلفی برای شناسایی اکسیژن نوری شرح داده شده اند. این سنسورها معمولاً از ماده جامدی تشکیل می شوند که بر مبنای خاموش کردن لومینسانس یا تغییرات ایجاد شده در جذب پس از تماس مستقیم با ماده تجزیه شونده عمل می کنند.

سنسور با حالت جامد غیر فعال بوده، ماده تجزیه شونده را مورد استفاده قرار نداده دچار واکنشهای شیمیایی هم نمی گردد. سنسورهای شیمی- نوری با مشخص کردن فساد فرآورده یا آلودگی میکروبی توانایی سیستمهای کنترل کیفی را بهبود می دهند که این کار با شناسایی مواد تجزیه شونده گازی مانند  $\text{CO}_2$ ،  $\text{H}_2\text{S}$  و آمینها صورت می گیرد [۴].

### ۳-۱-۲- سنسورهای اکسیژن بر مبنای فلورسان

سنسورهای اکسیژن بر مبنای فلورسان از پیشرفته ترین و مطمئن ترین سیستمها برای اندازه گیری گازهای موجود در فضای خالی بسته بندی به ویژه در فرآورده های گوشتی می باشند. Reiner و همکاران (۱۹۹۶) برای اولین بار طرح استفاده از رنگهای لومینسانس غیر فعال شده توسط اکسیژن را

## 5. Amperimetric

در حال حاضر دو سیستم بیوسنسور در سطح تجاری در دسترس می باشند. **Toxin Guared™** که توسط شرکت **Toxin Alert** عرضه شده است و نوعی سیستم شناسایی چشمی است که در آن پادتن هایی را در یک بسته پلاستیکی با پایه پلی اتیلن وارد کرده اند. این سنسور از توانایی تشخیص گونه های سالمونلا، کامپیلو باکتر و *E. coli* برخوردار است [۳۶، ۳۵، ۳۱].

سیستم دیگر **FOOD SENTINEL SYSTEM** ( **SIRA** کالیفرنیا ایالت متحده) که نوعی بیوسنسور طبیعی است که می تواند به صورت مداوم آلودگی را از راه واکنش های ایمونولوژیکی انجام شده در بخشی از یک بارکد تشخیص دهد. به این ترتیب که به واسطه حضور باکتری آلاینده به حالت غیر قابل خواندن در می آید [۴].

### ۳-۲- نشانگرها یا معرفها

معرف را می توان به عنوان ماده ای تعریف کرد که وجود یا عدم وجود ترکیب دیگر یا سرعت واکنش بین دو یا تعداد بیشتری ترکیب را به واسطه تغییر یک ویژگی مانند رنگ نشان می دهد. بر خلاف سنسورها معرفها شامل اجزای گیرنده و مبدل نبوده و اطلاعات مورد نیاز و دارای انواع مختلف می باشند:

### ۳-۲-۱- نشانگرهای تازگی

معرف یا نشانگر تازگی اطلاعات مستقیمی از کیفیت ماده غذایی فراهم می کند که از رشد میکروبی یا تغییرات شیمیایی در فرآورده غذایی است. وضعیت میکروبی بسته می تواند از روی واکنشهای انجام شده بین معرفهای موجود در بسته و متابولیتهای حاصل از رشد میکروبا تعین گردد. انواع متفاوتی از نشانگرهای تازگی با جزئیات در نشریات شرح داده شده اند که اکثریت آنها بر مبنای تغییر رنگ معرف در واکنش به به متابولیتهای میکروبی تولید شده طی فساد عمل می کنند. معرفهای تازگی بر مبنای تغییرات زنگ با طیف وسیع معایی دارند که لازم است قبل از کاربرد در سطح وسیع تجارتی برطرف گردند. برای نمونه اختصاصی بودن ناکافی به این معنی که تغییرات رنگ نشان دهنده آلودگی حتی در فرآورده های بدون هر گونه فساد میکروبی یا حسی قابل توجه رخ می

مورد استفاده قرار نمی گیرند بنا بر این فرآورده جانبی تولید نمی شود و کل چرخه قابل تکرار است.

مواد مورد استفاده در تولید سنسور باید از حساسیت زیادی برخوردار باشند تا بتوان از آنها در بسته بندی هوشمند تجاری استفاده کرد. همچنین باید ویژگیهای فلورسانی متناسب با ساختار وسایل اندازه گیری معمولی را داشته باشند.

به نظر می رسد رنگهای دارای دامنه انتشار طولانی (تقریباً ۴۰-۵۰۰ میکرو ثانیه) مانند پورفیرینهای پلاتین همراه با پلی استیرن به عنوان شبکه بستر پلیمری بیشترین توانایی را نشان می دهند [۳۳].

نکات مهم در رابطه با کاربرد سنسورها در بسته های مواد غذایی عبارت اند از: ایمنی، پایداری و سازگاری با ماده غذایی و ماده بسته بندی مورد استفاده. باید اطمینان حاصل شود که طی زمان مجاورت سنسور با ماده غذایی اجزای تشکیل دهنده آن بر اثر نشتی باعث آلودگی ماده غذایی نمی شود و زمینه نگرانی از بابت ایجاد خطر برای مصرف کننده را فراهم نمی کنند. همچنین ویژگی های سنسورها طی زمان نگهداری ماده غذایی نباید تغییر کند. به منظور اطمینان از کاربرد تجاری در بسته بندی مواد غذایی باید معیارهایی مانند: محدوده فعالیت (عکس العمل به اکسیژن)، وابستگی به دما (محدوده دمایی که در آن سنسور فعال است)، سرعت واکنش با اکسیژن، پایداری و سمیت ذاتی در نظر گرفته شوند [۴].

### ۳-۱-۳- سنسورهای طبیعی

روشهای دیگری برای نشان دادن تازگی بر مبنای استفاده از سنسورهای طبیعی طراحی شده و توسعه یافته اند. سنسورهای طبیعی وسایل آنالیتیکی کم حجمی هستند که شناسایی، ثبت و انتقال اطلاعات مربوط به واکنش های بیولوژیکی را بر عهده داشته و از یک گیرنده طبیعی اختصاصی برای ماده تجزیه شونده هدف و مبدلی برای تبدیل پیام های بیولوژیکی به واکنشهای الکتریکی قابل اندازه گیری تشکیل می گردد [۳۳].

گیرنده های طبیعی موادی مانند آنزیمها، ضد ژنها، میکروبا، هورمونها و اسیدهای نوکلئیک هستند. سیستم های بسته بندی هوشمند شامل بیوسنسورها برای کاربردهای گوناگون از درجه اطمینان بالایی برای توسعه در آینده برخوردارند.



بندیهای با اتمسفر تغییر یافته گوشت تازه (بیشتر به منظور تشدید رنگ) بیشتر مواد غذایی در اتمسفرهایی با اکسیژن پایین (۰-۲٪) بسته بندی می گردند. در چنین مواردی نشت به صورت طبیعی باعث افزایش قابل توجه غلظت اکسیژن می گردد که به رشد میکروبی منجر خواهد شد. بنابراین استفاده از یک شناساگر نشتی روش مناسبی برای مقابله با این وضعیت است [۴ و ۲۶].

#### ۴- نتیجه گیری

انگیزه یا محرک نهایی برای گسترش هر فناوری جدید عامل هزینه است. کارایی اقتصادی تجهیزات هوشمند و فعال به مزایای حاصل از چنین سیستمهایی وابسته است. بررسیهای اقتصادی نشان می دهند که هزینه بسیاری از تجهیزات بسته بندی فعال (جاذبها و منتشر کننده ها) یا تجهیزات بسته بندی هوشمند مانند سنسورهای اکسیژن عامل بازدارنده ای در، مقیاس تولید در سطح تجاری نبوده و نخواهد بود، گرچه اطلاعات اندک موجود در رابطه با نظر مصرف کننده نسبت به چنین بسته بندی، نشان دهنده دید مثبت است. تغییرات ایجاد شده در تمایل مصرف کننده، منجر به نوآوری و توسعه در زمینه بسته بندی های جدید شده است. به همین دلیل بسته بندی ضد میکروبی به دلیل توانایی آن برای تامین کیفیت و ایمنی مورد توجه خاص پژوهشگران و صنایع قرار دارد. این نوع بسته بندی نیاز مصرف کننده را به فرآورده با حداقل ماده افزودنی برطرف کرده است.

به منظور درک بهتر رابطه بین کیفیت حسی و تشخیص فساد گنجاندن موثر سنسورها در فرآیند های بسته بندی در مقیاس وسیع نیاز به آگاهی عملکرد بسته بندی هوشمند در کلیه مراحل نگهداری، زنجیره توزیع، مشکلات مرتبط با حساسیت بیش از اندازه و درجه اطمینان می باشند که زمینه بررسی های آتی را فراهم می کنند. اشاره به این مورد نیز ضروری است که هرچند بسته بندی ضد میکروبی نقش موثری در کاهش خطر آلودگی به باکتریهای بیماریزا و افزایش ماندگاری مواد غذایی دارد هرگز جایگزین استفاده از مواد خام با کیفیت بالا، فرآوری مناسب و استفاده از روشهای تولید بهینه نمی شود. در

دهد، به عبارت دیگر وجود متابولیتهای هدف معین لزوماً "به مفهوم پایین بودن کیفیت نمی باشد.

#### ۳-۲- معرفیهای دما- زمان (TTI) <sup>۶</sup>

یک معرف دما - زمان طبق تعریف عبارت است از ابزار مورد استفاده به منظور نشان دادن هر تغییر قابل اندازه گیری وابسته به دما - زمان که نشان دهنده سابقه دمایی جزئی یا کامل فرآورده غذایی است که به آن متصل می باشد. عمل TTI بر مبنای تغییر مکانیکی شیمیایی الکتروشیمیایی آنزیمی میکروبیولوژیکی قرار دارد که معمولاً "به صورت واکنش مرئی با تغییر شکل مکانیکی توسعه رنگ یا حرکت یا حرکت آن مشاهده می شود. بنابراین واکنش مرئی شاخص تجمعی از دمای نگهداری است که TTI در مجاور آن قرار داشته است. TTI اساساً نوارهای کوچک یا برجسپهایی هستند که سوابق یا پیشینه دما - زمانی را ثبت می کند که فرآورده از زمان تولید تا مرحله خرده فروشی در معرض آن قرار داشته است. انواع مختلفی از TTI وجود دارد که بر مبنای انتشار یک ترکیب رنگی انواعی که بر اساس تغییر رنگ ایجاد شده به دلیل افت PH ناشی از هیدرولیز آنزیمی یک سوبسترای لپیدی و... عمل می کنند.

#### ۳-۲-۳ معرفیهای بی عیبی بسته

روش جایگزین روشهای تخریبی نوعی روش تضمین کیفیت بر مبنای استفاده از سیستمهای معرف غیر اختصاصی و به عنوان بخشی از بسته با اتمسفر اصلاح شده مورد استفاده قرار می گیرد. چنین سیستمهایی معمولاً "اطلاعات کیفی یا نیمه کمی را از روی تغییرات کالریمتری مرئی یا به واسطه مقایسه با منابع استاندارد فراهم می کنند. معمولترین علت آسیب در بسته های قابل انعطاف دربندیهای ناقص است بنابراین اتصال مداوم یک شناساگر نشتی به بسته به نظر می رسد مناسبترین روش برای اطمینان از بی عیبی بسته سراسر زنجیره تولید و توزیع است. گرچه روشهای دستی تخریبی متعددی به منظور کنترل بی عیبی و نشتی در دسترس می باشند چنین آزمونهایی دشوار و وقت گیر بوده و تنها امکان کنترل تعداد محدودی بسته را فراهم می نمایند. به استثنای میزان اکسیژن بالا در بسته

6. Time Indicators

- [10] Chan Ho Lee, Hyun Jin Park, et al., Influence of antimicrobial packaging on kinetics of spoilage microbial in milk & orange juice, 2004, J. of food engineering [65], 527-531.
- [11] Aymerich. M, Garrigna. J., et al., Application of entocins as biopreservatives against *Listeria Innocua* in meat product 2000, J. of food protection [63] p: 721-726.
- [12] Sheldon. B. W, Natrajan. N, Evaluation of bacteriocin-based packaging & edible film delivery systems to reduce salmonella in fresh poultry, 2000, Poultry Science [4]31-40.
- [13] Amlia G. M. Scannel, S Marx, Development of bioactive food packaging materials using immobilized bacteriocins lacticin 3147 and Nisaplin, 2000, International J. of Food Microbiology [601] Issue 2-3, p:241-249.
- [14] Suppalku, P., Miltz, J., Sonneveld, et al., Antimicrobial properties of basil oil and its possible application in food packs, 2003, [50] 3107-3207.
- [15] Skandamis, P. N., Nychas G. J. E., Preservation of fresh meat with active & modified atmosphere packaging conditions, 2002, International J. of Food Microbiology, [79] 35-45.
- [16] Lagaron, J. M., Biodegradable & sustainable polymers for packaging applications, 2005, Leatherhead (UK): PIRA International.
- [17] Soares, N. F. F. & Hotchkiss, J. H. Naringinase immobilization in packaging films reducing naringin concentration in grape fruit juice, (1998) J. of Food Science [63] p: 61-65.
- [18] A. Conteen, G. G. Buonocore, M. Sinigaglia, et al., Development of immobilized Lysozyme based active film, 2007, J. of Food Engineering [78] p: 741-745.
- [19] L. Brody, Eigene R, Strupinsky & Lari, Active packaging for food applications, 2008, Culinary & hospitality industry publication service.
- [20] Michael Rooney, Oxygen scavenging packaging, 2005, Innovation in food packaging, p: 123-131.
- [21] Pyene. S. R, Durham, C. J, The effects of non-vacuum packaging systems on drip loss from chilled beef, 1998, Meat Science [49], 277-287.

واقع نوعی فناوری مانعی (Hurdle Technology) است که به صورت روش تکمیلی همراه با روش های فرآوری غیر گرمایی مانند پالس نوری، فشار هیدروستاتیک یا پرتو دهی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. اما را در مورد قوطیهای Self-heating/Cooling can همانطور که قبلاً اشاره شد، در مقایسه با قوطیهای موجود بسیار گرانتند به همین دلیل در سطح محدود مورد استفاده می باشند و لازم است برای استفاده به صورت گسترده بررسیهای بیشتری به منظور یافتن روشهای تولیدی اقتصادی صورت گیرد.

## ۵- منابع

- [1] Coma Veronique, Bioactive packaging technology for extended shelf-life of meat based products, 2008, meat science [78] , page: 90-103 .
- [2] M.F. A Silveria, Active film incorporated with Sorbic acid on pastry dough conservation, 2007, Food Control [18], p: 1063-1067.
- [3] Paolo appendini, Joseph Hotckie, Review of antimicrobial food packaging, 2002, Innovative Food Science & Emerging technology [3], p:113-126.
- [4] Kerry.J.P, Ogrady.M.N, Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review, 2006, Meat Science [74] p:113-130.
- [5] Stefania Quitavalla, Loredana Vicini, Antimicrobial Food Packaging in meat industry, 2002, Meat Science [62] 373-380.
- [6] Ming, X, Weber. G. Ayres, et al., Bacteriocines applied to food packaging materials *Listeria Monocytogenes* on meats, 1997, Journal of food science [62], p: 35-45.
- [7] Han. J. H, Antimicrobial Food Packaging, 2000, Food Technology, 53[3], p: 56-65.
- [8] Amparo Lopez, Gavara Rafael et al., Bioactive Packaging turning foods into healthier foods through biomaterials, 2008, Meat Science [78] 78-90.
- [9] Frank Devlieghere, Lieve Vermeiren, et al., New preservation technologies: Possibilities & limitations, 2004, International Dairy Journal, [14]273-285.

- [31] Bodencomner, W. T, Methods & apparatus for selective biological material detection, 2002, US patent. 6376204.
- [32] Kress Rogers, Terms in instrumentation & sensor technology, Instrumentation & sensors for food industry, 1998, p: 673-691.
- [33] Popkovsky, D, B, PonomaeV, G. V, Phosphorescent complex of porphyrin-ketones: Optical properties & application to sensing. Analytical chemistry, 1995, [7], p: 4112-4117.
- [33] Smiddy. M, popkovsky et al, Evaluation of oxygen content in commercial atmosphere packs (MAP) of processed cooked meats, 2002, [35] p: 571-575.
- [34] Popkovsky, D, B, PonomaeV, G. V, Phosphorescent complex of porphyrin-ketones: Optical properties & application to sensing. Analytical chemistry, 1995, [7], p: 4112-4117.
- [35] Popkovsky, D. B New oxygen sensors & application to bio sensing, Sensors & Activators, 1995, [29] p: 213-218.
- [36] Davies. E. S & Gardner. C. D, Oxygen indication composition, 1996, British patent 2298273.
- [37] Brody L. Aron, Packages that heats and cools themselves, 2002, Food Technology 56 (7) p: 80-82.
- [38] Sajevkumar ,V A, Manish-Gupta, Self heating system for ready to eat foods, 2005, Indian Food Industry 924 [1].
- [39] Son H. Hoo, Mohammad M. Rahman, et al, Analysis of thermal response of a self-heating system, 2010, Applied Thermal Engineering (30), p: 2109-2115.
- [40] Kolb.k.w, Insertable Thrmotic Module for Self-heating Cans, 2006, United States Patent and Trademark Office 7,004,161.
- [41] Eilet. S.J, New Packaging Technologies for the 21st century, 2005, Meat Science, (71), p: 122-127.
- [22] Florence Charles, Jose Sanches, et al. , Adsorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging, 2006, J. of food engineering [72] p:1-7.
- [23] Florence Charles, Carole Guillaume, et al., Effect of passive & active modified atmosphere packaging on quality changes of fresh endives, 2008, Postharvest Biology & Technology [48] p:22-29.
- [24] C. Altieri, M. R. Corbo, et al. , Use of entrapped microorganisms as biological oxygen scavengers in food packaging applications, 2004, Lebensm-Wiss. u.Technol [37]p: 9-15.
- [25] Charles F., Rugani N., et al., Influence of packaging conditions on microbial population growth on endives, 2005, J. of food protection [68] p: 1020-1025.
- [26] Dong Sun Lee, Yam L.KIT, Piergiovanni Luciano, 2008, CRC Press, Food Packaging Science & Technology, capter:15, Active Packaging , p:445-473.
- [27] Jungh Han, Colin H. L, Intelligent packaging innovation in food packaging , 2005, p:138-155.
- [28] Dario Nahelli, Nathalie Grontard, Active and Intelligent Food Packaging: Legal aspects and safety concerns, 2008, laboratory of food technology, European food safety authority.
- [29] Tomas C. O Riordan, Hannes Voraberger et al. , Study of migration of active component of phosphorescent oxygen sensors for food packaging applications, 2005, Analytica chmica acta [ 530 ] p:135-141.
- [30] Use of oxygen sensors for non-destructive measurement of the oxygen content in modified atmosphere and vacuum packs of cooked chicken patties ; impact of oxygen content on lipid oxidation, 2002, Food Research International, [35] p: 577-584.

## Application of active packaging in foods - A review

Payan, M. <sup>1\*</sup>, Hamed, M. <sup>2</sup>

1. M.sc in food science & engineering, Varamin Azad university

2. Phd in department of food science & engineering, Tehran university

(Received: 88/10/22 Accepted: 89/9/18)

Active packaging is one of the innovative food packaging concepts which has been introduced to market as a reply to continuous changes in consumers demands. Active packaging modifies the packaging atmosphere condition in such a desirable way that results in shelf-life increase.

In contrast to the traditional concept that packaging should preserve the quality of the product with minimal product/package interaction, new developments achieved in the last decades considers the benefits of interactions between package and product. Active modified packaging has been used for food preservation over the last twenty five years specially in Japan and USA. The application of different kinds of this package is developing continuously.

Active packaging includes additives that can maintain the freshness of the product and have different potentialities. Active agents are in contact with food stuffs directly or indirectly and can be in the forms of oxygen and carbon dioxide scavengers, moisture and ethylene removers or emit ethanol and flavors.

Those with the ability to change physical properties like self-heating or cooling are also considered an active package.

Active packages have been used for a variety of food stuffs such as cakes, pizzas, fresh dough, cheese, meats and its products, fruits, breads etc.

**Key words:** Active packaging, Food preservation, Shelf-life, Scavengers, Self-heating<sup>7</sup>

---

\* Corresponding Author E-Mail address: mitra.payan@yahoo.com