

## ( آشنایی با بسته بندی هوشمند در صنایع غذایی و امکان سنجی استفاده در ایران )

سیده سونا حقیقی

دانشجو کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرقدس دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران .

شادی مهدیخانی\*

استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرقدس، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران .

مریم یعقوب الاملی

دانشجو کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد شهرقدس دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران .

### چکیده

بسته بندی مواد غذایی به منظور محافظت یا ایجاد سیستمی است که سلامت ماده غذایی مضرروف را در فاصله تولید تا مصرف حفظ کند و از آن در مقابل ضربات، صدمات، فساد، لرزش، فشار و ارتعاش محفوظ بدارد. علاوه بر اینها بسته بندی بعنوان یک فرهنگ بومی، ملی و یا اقلیمی سیستمی است که باعث ایجاد ارتباط بین تولید کننده و توزیع کننده می شود. به این معنی که بسته بندی، نظامی است که هم وظیفه حفاظتی دارد و هم نقش فرهنگ ارتباطی را بازی می کند و جنبه اطلاع رسانی دارد که می تواند به عنوان یک رسانه، نقش آفرینی کند. امروزه صنعت بسته بندی مواد غذایی یکی از عمده ترین زمینه هایی است که به صورت ((هوشمند)) در آمده است. بسته بندی هوشمند را میتوان بعنوان بسته بندی ای معرفی کرد که برخی ویژگیهای ماده غذایی محتوی خود و محیطی که در آن نگهداری می شود را کنترل کرده و اطلاعاتی را در این زمینه در طول نگهداری و انتقال ماده غذایی برای تولید کننده، خرده فروش و مصرف کننده فراهم می سازد. این نوع بسته بندی می تواند به طور قابل توجهی بر روی زنجیره تأمین، مدیریت موجودی و تعامل با مصرف کننده تأثیر بگذارد. تکنولوژی بسته بندی هوشمند به گونه ای طراحی شده که با ساختار ارتباطی خود باعث افزایش ماندگاری و کیفیت و امنیت مواد غذایی می شود و در نتیجه باعث افزایش سلامتی جامعه و سود بیشتر برای تولیدکننده می شود. بسته بندی های هوشمند در انواع مختلف با کارایی متفاوت برای انواع محصولات غذایی وجود دارد.

**واژگان کلیدی:** بسته بندی هوشمند، نگهداری، صنعت بسته بندی، ماده غذایی

## مقدمه

انسان از شروع زندگی اجتماعی خویش، از آن زمان که هیچ اندوخته قابل توجهی به جزء مایحتاج اولیه زندگی نداشت و نیازمند ظروفی بود تا غذا و لوازم خود را در آن جای دهد. با توجه به امکانات آن زمان، هدف از بسته بندی، بیشتر محافظت از کالاها در مقابل تنشها و آسیبهای فیزیکی و جوی بوده است. با بروز انقلاب صنعتی سیستم بسته بندی این بار به صورت مجموعه ای با دو پوشش درآمد، یکی پوشش حفاظتی و دیگری پوشش ارتباطی و این دو تا به امروز نقش مهمی در طراحی و ساخت سیستم های بسته بندی در مجموعه نظام کالایی بازی کرده اند. از ترکیب این دو پوشش که ظاهراً دو خصلت متضاد در خود دارند، یک سیستم بسته بندی حاصل میشود. اولین پوشش (یعنی پوشش حفاظتی) شرایطی ایجاد میکند که تحت آن شرایط، از نفوذ و تأثیر عناصر مخرب خارجی جلوگیری شده و بدین ترتیب ارتباط کالا را با جهان قطع میکند، دومین پوشش - که پوشش ارتباطی است - بر عکس پوشش اول، کوشش میکند شرایطی برای ایجاد ارتباط این کالا با جهان خارج ایجاد کند.

پس از آن صنایع بسته بندی سهمی قابل توجه از بودجه های پژوهشی شرکتهای تولیدی را به خود اختصاص دادند. حاصل این پژوهشها، این امکان مهم را فراهم کرد تا بتوان مواد غذایی، را به کمک فرآیندهای گوناگون بسته بندی کرده و بدین ترتیب بخش بسیاری از مواد غذایی (که تا پیش از این تحول، فاسد شده و از بین میرفت) به مدد تحولی این چنین قابل استفاده شود. امروزه، صنایع بسته بندی تبدیل به یک فناوری قدرتمند شده است (کدیور، ۱۳۹۶).

هدف اصلی از ایمنی مواد به کار رفته در بسته بندی های سنتی که در تماس مستقیم با مواد غذایی میباشد، خنثی بودن آنها میباشد. حال آنکه سیستم های بسته بندی هوشمند بر مبنای تعامل مؤثر بین محیط بسته بندی و مواد غذایی استوار است، تا از این طریق حمایت فعال از ماده غذایی را فراهم سازد (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

## ۱. بسته بندی فعال

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.

هر بسته بندی غذایی ایده آل در درجه اول به عنوان یک ظرف غذا در سراسر زنجیره تامین عمل می کند و از مواد غذایی در برابر تغییرات بیوشیمیایی و میکروبی ناخواسته محافظت می کند. علاوه بر عملکردهای اولیه، سیستم های بسته بندی فعال برخی عملکردهای اضافی را برای بهبود کیفیت و ایمنی مواد غذایی انجام می دهند

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 افزودنی هایی به منظور حفظ تازگی محصول است که می توانند کاربردهای متعددی داشته و در مقایسه با بسته بندی قدیمی در نگهداری ماده غذایی مؤثر 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 اتانول، مواد طعم دهنده و عوامل ضد میکروب می باشد. انواع با توانایی تغییر ویژگی های 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.

تأثیر متقابل پویای مواد غذایی، محیطی و عوامل انسانی، نقش بسته بندی فعال را در حفظ و بهبود ایمنی و کیفیت مواد غذایی و ارتقاء بازارپسندی گسترش داده است. با توجه به مطلوبیت بسته بندی فعال مواد غذایی، ارزیابی مداوم ایمنی و اثربخشی آن ضروری است. با تشخیص شکاف بین تحقیق و تجاری سازی، آخرین نوآوری ها و فناوری ها باید با استانداردهای نظارتی مطابقت داشته باشند (پایان و حامدی، ۱۳۹۲)

#### ۱/۱. جاذب اکسیژن

استفاده از جاذب های اکسیژن (OS) یکی از اصلی ترین فناوری های بسته بندی فعال است که می تواند سطح اکسیژن موجود در بسته بندی مواد غذایی را حذف یا کاهش دهد یا با عمل به عنوان یک مانع فعال، خواص مانع را بهبود بخشد. هدف یک جاذب اکسیژن محدود کردن مقدار اکسیژن موجود برای واکنش های بدتر است که از مواد غذایی بسته بندی شده در برابر افت کیفیت محافظت می کند و ماندگاری محصول را افزایش می دهد. علاقه فزاینده ای به توسعه پلیمرهای زیستی وجود دارد که می توانند ضایعات مواد غذایی و اثرات زیست محیطی بسته ها را کاهش دهند. برای حفاظت از محیط زیست و به حداقل رساندن آلودگی ناشی از مواد بسته بندی، توسعه فیلم ها و پوشش های سیستم عامل زیست تخریب پذیر برای بسته بندی به طور فزاینده ای مورد تاکید قرار می گیرد. (Chawla et al , ۲۰۲۱)

#### ۱/۲. جاذب های CO<sub>2</sub>

جذب یا حذف CO<sub>2</sub> از یک فاز گازی از نظر تئوری می تواند با یک واکنش شیمیایی با محلول قلیایی، جذب فیزیکی، جداسازی غشا و تراکم برودتی به دست آید. تحقیقات زیادی به توسعه فناوری هایی برای جذب گاز CO<sub>2</sub> برای محافظت از محیط زیست در برابر گرمایش جهانی اختصاص یافته است. بیشتر این پیشرفت های فناوری کارخانه های تولیدی را هدف قرار داده و کاربرد مستقیم محدودی در بسته بندی مواد غذایی دارند. کاربردهای جاذب CO<sub>2</sub> در بسته بندی مواد غذایی هر ماده جاذب CO<sub>2</sub>، اعم از شیمیایی یا فیزیکی، می تواند به اشکال مختلف برای استفاده در بسته بندی مواد غذایی ترکیب یا ساخته شود. جاذب های پودر را می توان در یک کیسه فیلم یا کیسه قرار داد تا در بسته های انعطاف پذیر یا سفت قرار گیرد. مواد جاذب را می توان با باینر پردازش کرد تا دانه ها یا گلوله ها را تشکیل دهند که می توانند در یک کیسه یا ساشه نیز قرار گیرند. در موارد نادر، حذف کننده های CO<sub>2</sub> به شکل گرانول یا پودر مستقیماً در معرض جو محیطی قرار می گیرند. می توان از جاذب های شیمیایی و فیزیکی CO<sub>2</sub> برای بهبود سطح نگهداری غذاهای بسته بندی شده تولید کننده CO<sub>2</sub> در طول نگهداری و بازاریابی آنها استفاده کرد. خواص غذاها از نظر تولید CO<sub>2</sub> و شرایط جوی مورد نظر باید تعیین شده و با خواص ترمودینامیکی و جنبشی واکنش های جذب و ظرفیت های جاذب CO<sub>2</sub> متعادل شوند. خواص انتقال گاز بسته نیز ممکن است به عنوان متغیر تعاملی دیگری در صورت لزوم در نظر گرفته شود (Chawla et al , ۲۰۲۱)

#### ۱/۳. عوامل ضد باکتریایی

گنجاندن عوامل ضد میکروبی در فیلم های خوراکی مبتنی بر پلیمرهای زیستی یک پیشرفت قابل توجه در فناوری بسته بندی مواد غذایی فعال بوده است. در مهار یا کشتن میکروب های بیماری زا/فاسد کننده که باعث آلودگی مواد غذایی می شوند بسیار کارآمد است. این می تواند طعم های نامطلوب بالقوه تولید شده به دلیل ترکیب مستقیم ترکیبات فعال در غذاها را کاهش دهد. کارایی هم افزایی سیستم های بسته بندی زیستی ضد میکروبی با به کارگیری مفاهیم نانو تکنولوژیکی مانند نانوکامپوزیت های زیستی و سیستم های نانوکپسوله سازی بیشتر افزایش یافته است. طراحی یک سیستم ضد میکروبی موثر مستلزم در نظر گرفتن کامل جنبه های متعدد است و این کار را می توان از طریق رویکردهای مختلف انجام داد. استفاده از درجات ضد میکروبی یا مواد بسته بندی برای ایجاد شرایط ضد میکروبی غیرمستقیم یا از طریق تجویز مستقیم مواد غذایی با خواص ضد میکروبی در محصول غذایی. سیستم های بسته بندی ضد

میکروبی برای طراحی بسیار مهم هستند و بنابراین نیاز به برخی موارد ضروری برای کنترل رشد میکروبی دارند و در عین حال کیفیت ذاتی محصول غذایی را دست نخورده نگه می دارند و از پنج جزء اصلی تشکیل شده است، یعنی غذا، فضای داخلی بسته بندی، بسته بندی مواد، عوامل ضد میکروبی و ارگانیسم های فاسد هدف برای کنترل کامل رشد میکروبی در غذاهای بسته بندی شده، جایی که ویژگی های سیستم نهایی و این پنج جزء ارتباط نزدیکی با سیستم دیگر دارند.

این سیستم های بسته بندی را می توان به پنج کلاس اصلی دسته بندی کرد. دسته اول شامل کیسه های ضد میکروبی است که در بسته بندی گنجانده شده است که عامل فعال در طول دوره ذخیره سازی از آن خارج می شود. این سیستم ها به بسته بندی خاصی نیاز ندارند و می توانند با مواد معمولی کار کنند. در نوع دوم، عوامل زیست فعال مستقیماً به ماتریس پلیمری برای تولید فیلم های بسته بندی اضافه می شوند. در این روش تولید فیلم ممکن است شامل فرآیندهای وابسته به حرارت مانند اکستروژن باشد. بنابراین، یک ارزیابی دقیق برای یک فعالیت ضد میکروبی برای خواص برشی و مقاومت حرارتی آن باید انجام شود. دسته سوم بسته های ضد میکروبی شامل جذب یا پوشش یک ماتریکس بر روی سطح بسته بندی است که در آن ماتریس به عنوان حامل افزودنی های ضد میکروبی عمل می کند. این روش بر مضرات کلاس ۱، قرار گرفتن در معرض دمای بالا یا نیروهای برشی غلبه می کند و می تواند در مراحل بعدی در سیستم بسته بندی گنجانده شود، جایی که می تواند عوامل زیست فعال را مستقیماً روی سطح غذا آزاد کند.

ترکیبات زیست فعال فرار ممکن است از طریق تبخیر به داخل فضای بسته تخلیه شوند، در حالی که افزودنی های غیرفرار از طریق انتشار به محصول غذایی مهاجرت می کنند. کلاس چهارم بسته بندی ضد میکروبی، ضد میکروبی ها را از طریق تشکیل پیوندهای کووالانسی یا یونی بین گروه های عاملی آنها روی ماتریس های پلیمری بی حرکت می کند. این نوع بسته بندی ضد میکروبی هم به پلیمرها و هم به عوامل زیست فعال با گروه های عاملی مناسب و سازگار نیاز دارد، در حالی که آزاد شدن عوامل فعال از ماتریکس تا حد زیادی به نوع پیوند بستگی دارد. کاربرد پلیمرهایی با خواص ضد میکروبی ذاتی نشان دهنده پنجمین کلاس از سیستم های بسته بندی ضد میکروبی است که در آن عامل بیوسیدال پلیمری مستقیماً در محصول غذایی آزاد می شود. با این حال، برای مهار موثر مواد بسته بندی مبتنی بر پلیمر نیاز دارد که بدون واسطه و در ارتباط مستقیم با محصول غذایی باشد. این رویکرد می تواند یک محدودیت در نظر گرفته شود که در آن جلوگیری از رشد و مهار فقط به لایه های تماس سطحی محدود می شود. بنابراین، پلیمر ضد میکروبی باید به عنوان یک افزودنی غذایی تأیید شود. (Chawla et al, ۲۰۲۱)

#### ۱.۴. جاذب عطر و بو و یا پخش کننده بو

ترکیبات فرار موجود در بسته بندی مواد غذایی که در نتیجه تخریب غذایی ایجاد میشوند، همچون، آلدئیدها، آمینها و سولفیدها میتوانند به صورت انتخابی از داخل بسته های غذایی پاکسازی شوند. جاذبهای بوی مواد غذایی از آلودگی بیشتر مواد غذایی در نتیجه پخش بوی ناشی از تجزیه ماده غذایی در داخل بسته بندی پیشگیری میکند. بسته های بی بو و یا ضد بو به همین منظور تولید شده اند تا در حین انتقال محصولات میوه دارای بواز آنها استفاده گردد. این بسته ها متشکل از یک پلاستیک مقاوم در برابر بو مانند پلی اتیلن ترفتالات و یا پلی اتیلن با ضخامت مناسب که امکان عبور گازهای تبخیری را فراهم میسازد، میباشد. اغلب این بسته بندی ها کیسه های ساخته شده از زغال چوب و نیکل می باشند که به منظور جذب بو مورد استفاده قرار میگیرند. اسیدهای آمینه گوگردی نیز که در نتیجه تجزیه پروتئین ها در گوشت ماهی و ... تولید میشوند قابل حذف از طریق افزودن ترکیبات اسیدی مانند اسید سیتریک در پلیمرها میباشد. کیسه های ANICO (ژاپن) ساخته شده از فیلم حاوی نمک آهن و یک اسید آلی مانند اسید سیتریک و یا اسید اسکوربیک میباشد که قابلیت اکسید کردن اسید آمینه ها را دارا میباشد. استفاده از مواد بسته بندی با خواص سد کنندگی عالی میتوانند از جذب سایر بوهای غیرغذایی مانند بوهای آلاینده جلوگیری کند (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

#### ۲. بسته بندی هوشمند

بسته بندی هوشمند را در یک تعریف ساده می توان چنین گفت که : بسته ای که به شرایط محیطی واکنش می دهد و این عمل موجب می شود خریدار از سالمیت یا فساد محصول بسته بندی آگاهی یابد اما کاربرد این بسته ها تنها محدود به این موارد نیستند، بلکه در زمان ورود و خروج به انبار و دوران انبارداری می توانند کمک شایانی به تولید کننده و فروشنده کنند. مواد بسته بندی هوشمند یک فناوری جدید رو به رشد با ویژگی های متنوع است که امکان نظارت بر وضعیت محصولات بسته بندی، ارائه اطلاعات و افزایش مدت زمان نگهداری را فراهم می کند. این فناوری بسته بندی تکامل یافته بسیار ضروری می باشد زیرا می تواند افزایش تعامل بین مصرف کننده و محصول غذایی را تضمین کند و علاوه بر اجازه دادن به داده های بدون ابهام، قابلیت ردیابی، یک تجربه جدید به مصرف کننده را اضافه کند. همچنین بسته بندی هوشمند وضعیت را کنترل می کند و قادر به انجام فعالیت های شناختی مانند سنجش، تشخیص و ردیابی با کمک نشانگرها یا دستگاه های حسگر است. از آنجایی که ضایعات مواد غذایی و از دست دادن مواد غذایی به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است، این مقاله مروری بر اجرا، کاربرد، محدودیت ها و اهمیت بسته بندی هوشمند در به حداقل رساندن ضایعات مواد غذایی و هدررفت مواد غذایی در طول زنجیره تامین مواد غذایی در مقایسه با استراتژی های فعلی تاکید دارد. بسته بندی هوشمند وضعیت را کنترل می کند و قادر به انجام فعالیت های شناختی مانند سنجش، تشخیص و ردیابی با کمک نشانگرها یا دستگاه های حسگر است (Keisheni Ganeson et al, ۲۰۲۳).

#### ۲,۱. سیستم های بسته بندی هوشمند جاذب اکسیژن:

سطح اکسیژن باید در بسته های مواد غذایی کنترل شود. غذاهای حساس به اکسیژن را در بسته بندی مپ یا بسته بندی تحت خلا نیز می توان بسته بندی کرد. اما در این گونه بسته بندی ها اکسیژن کامل حذف نمی شود. اما در بسته بندی هوشمند مواد غذایی، پس از بسته بندی، اکسیژن باقی مانده در سیستم جذب می شود و مقدار اکسیژن به حداقل می رسد. (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

#### ۲,۲. بسته بندی هوشمند کنترل کننده رطوبت:

یکی از عوامل فساد غذا، وجود رطوبت مواد غذایی می باشد. در بسته بندی هوشمند مواد غذایی، هدف از تنظیم کننده رطوبت، کاهش فعالیت آب برای جلوگیری از رشد میکروبی در محصول می باشد. برای کنترل رطوبت مواد غذایی از پدهای جذب کننده رطوبت استفاده می شود. (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

#### ۲,۳. نشانگرهای دما-زمان:

دما عامل مهمی برای کیفیت و ایمنی غذایی در طول توزیع و ذخیره سازی است. دشواری کنترل و نظارت بر دمای محصولات مواد غذایی پیش بینی عمر مفید آن ها را مشکل کرده است. این شناساگرها مشخص می سازند که آیا محصول از زمان تولید و در طی انبارداری و توزیع و در فروشگاه های خرده فروشی و حتی پس از خرید توسط مصرف کننده نهایی، در معرض دماهایی قرار گرفته است که از جنبه کیفیت، سلامتی و ایمنی در غذا تغییر به وجود آورده باشد. (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

#### ۲,۴. نشانگرهای تشخیص غلظت گاز:

این نشانگرها به شکل برچسب داخل بسته بندی قرار می گیرند تا تغییرات در محیط داخل را نمایش دهند. اغلب افراد، نشانگرهای تشخیص غلظت گاز را برای بررسی غلظت اکسیژن و دی اکسید کربن می شناسند. از این نشانگرها برای اطمینان از عدم وجود منافذ در

بسته بندی‌های با اتمسفر ویژه مثل بسته بندی مپ استفاده می‌شود. همانطور که مشاهده می‌شود بسته بندی هوشمند در دنیا روز به روز در حال پیشرفت بوده و محققان سعی دارند با حل چالش‌های روبه‌رو یک محصول کاربردی که برای طیف وسیعی از مواد غذایی قابل استفاده بوده و همچنین از نظر هزینه تولید نیز صرفه اقتصادی داشته باشد را تولید کنند. (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

## ۲,۵ . Controlled release Packaging :

این گروه از بسته بندی‌های هوشمند در صنایع غذایی به محض شروع فساد در ماده غذایی در داخل بسته، از خود ماده نگهدارنده آزاد کرده و تغییرات دمایی، ترشح رطوبت و مایعات را از ماده غذایی داخل بسته تشخیص داده و به مصرف کننده اعلام می‌کنند. این گروه بسته‌ها حاوی فیلم پلاستیکی شفاف به نام دورتان (که حاوی نانو مواد رسی) است که در سراسر پلاستیک پراکنده شده است و هدف اولیه تولید این نوع پلاستیک‌ها، جلوگیری از خشک شدن محتویات آنها و محافظت در مقابل رطوبت و اکسیژن است و قادر است اکسیژن، دی اکسید کربن و رطوبت را برای حفظ گوشت و سایر غذاها بلوکه کند. این ماده پلاستیکی می‌تواند پلاستیک‌های روشن‌تر و مقاوم به حرارت ایجاد کند. (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

## ۲,۶ . بسته های سخن گو :

این بسته‌ها که تحت عنوان بسته های زبان الکترونیکی شناخته می‌شوند، دارای رشته‌هایی از نانوحسگرها هستند که نسبت به گازهایی که از مواد غذایی آزاد و موجب فساد آنها می‌شوند به شدت حساس بوده و تا حد PPT آن‌ها را شناسایی و تغییر رنگ می‌دهند که این تغییر رنگ، علامت واضحی از سلامت یا فساد ماده غذایی است. (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

## ۲,۷ . بسته بندی آزاد کننده اتانول و بخار آب :

یکی از شناخته شده ترین محصولات در این زمینه، کیسه های آزاد کننده اتانول هستند که می‌توانند رشد کپک را به تأخیر بیندازند و به این ترتیب طول عمر محصولات نانویی را افزایش دهند. کیسه های کوچک آزاد کننده بخار آب، یک عنصر کلیدی بسته بندی ابتکاری و موفق برای سبزیجات تازه می‌باشد. (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

## ۲,۸ . بسته بندی آزاد کننده سولفور دی اکسید :

این بسته‌ها جهت حفاظت انگور از رشد و توسعه کپک به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این زمینه، بعضی از محصولات تجاری بر پایه واکنش کلسیم سولفیت با اکسیژن عمل می‌کنند، در حالی که انواع دیگر آن بر پایه هیدرولیز متابی سولفیت عمل می‌نمایند. یکی از محصولات حاصل از واکنش های فوق، سبب افزایش ماندگاری محصولات غذایی میشود (حاجی غفارلو وجوکی، ۱۳۹۹).

## انواع سنسورهای (حسگرهای) استفاده شده در بسته بندی هوشمند:

حسگر وسیله‌ای برای تشخیص، جایگذاری و یا کمیت سنجی انرژی یا ماده فرستنده سیگنال، جهت تشخیص و یا ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشتر سنسور ها دارای دو بخش اساسی و مهم می‌باشند: گیرنده و مبدل.

## ۱) بیو سنسور (حسگر های زیستی):

این نوع سنسورها برای ثبت و انتقال داده‌های مربوط به واکنش‌های بیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این نوع حسگرها از مواد ارگانیک و یا از مواد بیولوژیکی مانند آنزیم، هورمون، اسید نوکلئیک، آنتی ژن میکروب‌ها و باکتری‌ها، شناساگرها و ... تشکیل می‌شوند. مبدل‌ها را نیز می‌توان به: نوری، صوتی و یا الکتروشیمیایی تقسیم کرد. (پایان و حامدی، ۱۳۹۲).

## ۲) حسگرهای گازی:

این نوع سنسورها برای تشخیص وجود آنالیت گازی در بسته بندی محصولات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که در برگیرنده حسگرهای اکسیژن، حسگرهای دی اکسید کربن، حسگرهای بخار آب، اتانول ترانزیستورهای افکت فیلند نیمه رسانای اکسید فلز، پلیمرهای رسانای آلی و سنسورهای کریستالی می‌باشند. این سیستم‌ها بر اساس کاهش یا از بین بردن روشنایی و یا تغییرات جذبی ایجاد شده در اثر ارتباط مستقیم با آنالیت مورد نظر عمل می‌کنند. روش دریافت سیگنال‌های نوری شیمیایی را می‌توان به سه نوع تقسیم کرد: فلئورسنس مبتنی بر سیستم با استفاده شاخص حساس به PH، جذب مبتنی بر دریافت، درک رنگ سنجی و انتقال انرژی با استفاده از تشخیص فاز فلئور سنجی می‌باشد (پایان و حامدی، ۱۳۹۲).

## ۳) حسگرهای شیمیایی:

این نوع سنسورها قابلیت تشخیص وجود، فعالیت، ترکیب و غلظت برخی مواد شیمیایی خاص و یا گاز می‌باشند. تشخیص توسط این سنسورها از طریق واکنش محیط انجام می‌شود. مواد استفاده شده در این حسگرها را به صورت کلی می‌توان به مواد نانو کربن مانند: نانو ذرات، گرافیت، نانو فیبرها و نانو لوله‌ها تقسیم کرد که خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه و منحصر به فردی را دارا می‌باشند. حسگرهای نانو نیز می‌تواند در تشخیص پاتوژن‌ها، آلاینده‌های شیمیایی، فساد مواد غذایی و تغییر خواص آن مورد استفاده قرار گیرند. (پایان و حامدی، ۱۳۹۲)

## مقبولیت توسط مصرف کنندگان و مسائل قانون گذاری

یکی از مسائلی که اکنون فناوری بسته بندی هوشمند با آن دست به گریبان است نگرانی مصرف کنندگان از وجود تجهیزات این فناوری درون بسته غذایی است. درحالیکه برچسب هاوتجهیزات نواری اغلب باعث نگرانی مصرف کننده نمی شوند زیرا به بسته غذایی قابل الصاق هستند. متخصصان صنایع غذایی در حال حاضر مشغول مطالعه برروی دیدگاه ها و نگرانی های مصرف کنندگان درمورد بهبود کیفیت و تضمین کارایی نشانگرهای مختلف هستند. تولیدکنندگان نیز بایستی باآموزش مصرف کنندگان آنها را از فناوری جدید و سلامتی آن آگاه سازند. مقررات جدید بسته بندی باتکیه بر عدم مهاجرت و انتقال مواد از بسته بندی به درون ماده غذایی تنظیم شده اند از این رو برچسب های هوشمند که در سطح خارجی بسته نصب میشوند و تجهیزاتی که در اتمسفر داخلی بسته قرار میگیرند مشکلی ایجاد نمی کنند و تنها درمورد بکارگیری تجهیزاتی که در تماس با ماده غذایی هستند بایستی احتیاطات لازم صورت پذیرد ( علی آبادی و همکاران، ۱۳۹۰)

## دلایل استقبال از بسته بندی هوشمند

۱. در تحقیقات سازمان های معتبر مشخص شده است که مهمترین عامل در پیشرفت این صنعت علاقه مشتریان به مواد غذایی سالم و تازه در بسته بندی های مناسب می باشد .



۲. استفاده گسترده از بسته های هوشمند در تمامی مواد غذایی خشک ، نوشیدنی ها، دارو ها و غیره .

۳. حفظ کامل ماده غذایی بسته بندی شده و جلوگیری یا به تأخیر انداختن فساد آن بسته بندی هوشمند ( تکلوزاده و همکاران ، ۱۳۹۳)

#### مزایای بسته بندی هوشمند

۱. افزایش ایمنی محصول : با نظارت بر شرایطی مانند دما و رطوبت، بسته بندی هوشمند می تواند از فساد و خطرات ایمنی جلوگیری کند.
۲. بهبود عمر مفید : راهکارهای فعال می توانند تازگی محصولات غذایی را افزایش دهند و ضایعات غذایی را کاهش دهند.
۳. تعامل با مصرف کننده : ویژگی های تعاملی می توانند تجربه مصرف کننده را بهبود بخشند و اطلاعات بیشتری درباره محصول ارائه دهند.
۴. کارایی زنجیره تأمین : ردیابی و نظارت در زمان واقعی می تواند به بهبود لجستیک و مدیریت موجودی کمک کند.
۵. پایداری : بسیاری از راهکارهای بسته بندی هوشمند بر کاهش اثرات زیست محیطی تمرکز دارند ( تکلوزاده و همکاران ، ۱۳۹۳)

#### مثالهایی از عملکرد های حال حاضر و آینده هوشمندی

۱. حفظ سلامت غذا و جلوگیری از فساد محصول به صورت فعال
۲. افزایش ویژگی های بارز محصول (ظاهر، مزه ، عطر ، طعم و ...)
۳. پاسخ سریع به تغییرات در محصول یا محیط نگهداری آن
۴. آگاه ساختن مصرف کننده از سابقه نگهداری محصول و در اختیار گذاشتن سایر اطلاعات لازم
۵. تضمین سالم بودن بسته بندی و عدم وجود نشئی
۶. تضمین اصل بودن محصول و جلوگیری از جعل و تقلب در محصول ( علی آبادی و همکاران ، ۱۳۹۰)

#### مزیت نسبی کاربرد بسته بندی هوشمند مواد غذایی در کشور

بسته بندی های هوشمند مواد غذایی علاوه بر تأمین ایمنی و سلامت محصول غذایی جهت استفاده مصرف کننده، روشی مناسب جهت حفظ کیفیت محصول غذایی میباشد. از این رو باید گفت که ضرورت استفاده از بسته بندی هوشمند، حفظ کیفیت محصول، کاهش ضایعات، کاهش مصرف انرژی در فرآیند نگهداری، توزیع و پخش محصول غذایی است. بررسی با زار محصولات طرح نشان میدهد که هر چند در سالهای گذشته این محصولات فاقد تولید داخل بوده اند، اما مزیت های بازار این محصولات، پتانسیل تقاضا برای مصرف آنها در بازارهای داخلی و جهانی وجود داشته و نیازهای آینده این صنعت جهت تولید بسته بندی های هوشمند از سطح بسیار بالایی برخوردار میباشد ( حاجی غفارلو وجوکی ، ۱۳۹۹ ).

#### نقاط قوت و ضعف صنعت بسته بندی کشور

بسته بندی هوشمند همانند پلی ارتباطی میان خریدار و کالا قرار دارد و به محصول غذایی امنیت میبخشد. همچنین باعث آسودگی خیال مشتری از بابت ایمنی و سلامت محصول میگردد. امروزه بسته بندی محصولات غذایی صادراتی، جدی و مسله ساز شده که دولت باید به عنوان گامی مثبت در راه گسترش صادرات، تمهیدات و تسهیلاتی را برای انتقال فناوری و ورود تجهیزات لازم بسته بندی های نوین فراهم آورد و حمایت های لازم را از شرکتهای دانش بنیان در این زمینه انجام دهد. صنعت بسته بندی در ایران در مقایسه با کشورهای دیگر، از موقعیت چندان مطلوبی برخوردار نیست. پایین بودن جایگاه ایران در صنعت بسته بندی و نبود چشم انداز روشنی از رشد این صنعت میتواند تبعات منفی برای اقتصاد کشور به دنبال داشته باشد. صنعت بسته بندی به عنوان توانمندساز بخش های



اقتصادی عمل میکند. ضعف در این صنعت می تواند آسیبهای جدی به سایر بخشهای اقتصادی وارد سازد. مطالعه همه جانبه وضعیت بسته بندی های نوین در کشور و تحلیل نقاط قوت و ضعف آن و ترسیم نقشه راهی بلند مدت برای حمایت از صنعت بسته بندی در کشور با توجه به اینکه در آینده بسیاری از مصرف کنندگان به تبعات زیست محیطی صنعت بسته بندی حساسیت بیشتری از خود نشان خواهند داد. از این رو، جهت پاسخ به این نیازها و ایجاد توازن بین الزامات توسعه ای این صنعت و تبعات زیست محیطی آن تمرکز بر روی به بسته بندی سازگار با محیط زیست و ایمن از اهمیت ویژه ای برخوردار است ( حاجی غفارلو و جوکی ، ۱۳۹۹ ).

### راهکارهای لازم جهت معرفی و توسعه بسته بندی هوشمند در کشور:

افزایش آگاهی های عمومی در خصوص بسته بندی هوشمند مواد غذایی از طریق برگزاری نمایشگاه ها و دوره های آموزشی

مبادله تجارب فنی با دیگر کشورها و سازمانهای بین المللی

انتقال فناوری و دانش فنی از کشورهای پیشرو

حمایت از ایده ها و طرح ها و تبدیل ایده به محصول ( حاجی غفارلو و جوکی ، ۱۳۹۹ ).

### 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 هم چنین بررسی های اقتصادی نشان می دهند که هزینه بسیاری از تجهیزات بسته بندی فعال و جاذبها و منتشر کننده ها یا تجهیزات بسته بندی هوشمند مانند سنسورهای اکسیژن عامل بازدارنده ای در مقیاس تولید در سط 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 خطرآلودگی 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 واقع نوعی فناوری مانعی است. که به صورت روش تکمیلی همراه با روش های فرآوری غیر گرمایی مانند پالس نوری، فشار هیدروستاتیک یا پرتودهی می تواند مورد استفاده قرار گیرد. اما را در مورد قوطیهای خود گرم/سرد کن همانطور که قبال "اشاره شد، در مقایسه با قوطیهای موجود بسیار گرانتند به همین دلیل در سط محدود مورد استفاده می باشند و الزم است برای استفاده به صورت گسترده بررسیهای بیشتری به منظور یافتن روشهای تولیدی اقتصادی صورت گیرد

## منابع

۱. اصول و مبانی بسته بندی مواد غذایی ، چاپ هشتم ، مهدی کدیور ۱۳۹۶
۲. بسته بندی هوشمند در صنایع غذایی ، مجید علی ابادی ، الهام سادات علم الهدی ، نفیسه جیرفنی ، شهرزادفاضل ۱۳۹۰
۳. بسته بندی هوشمند مواد غذایی: معرفی، مطالعه امکان سنجی طراحی و تولید در کشور، مریم حاجی غفارلو، محمد جوکی ۱۳۹۹
۴. مروری بر کاربرد بسته بندی فعال در صنایع غذایی ، میترا پایان ، منوچهر حامدی ۱۳۹۲
۵. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications Volume ۲۰۲۱ Rekha Chawla, S. Sivakumar, Harsimran Kaur
۶. Food Packaging and Shelf Life Volume ۲۰۲۳, Keisheni Ganeson, Govindan Kothandaraman Mouriya, Kesaven Bhubalan, Mohd Razali Razifah, R. Jasmine, S. Sowmiya
۷. Food Packaging and Shelf Life ۲۰۲۳, Magdalena Wrona, Sofía Manso, Filomena Silva, Leticia Cardoso, Jesús Salasfranca, Cristina Nerín, María José Alfonso, Miguel Ángel Caballero
۸. Food Research International Volume ۱۱۱, November ۲۰۲۲, Jolvis Pou, Vijaya Raghavan, Muthukumaran Packirisamy
۹. Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science Methods for Producing Smart Packaging ۲۰۲۳ sun lee
۱۰. International Journal of Biological Macromolecules, ۲۰۲۱, Xiyu Yao, Yan Qin, Man Zhang, Jixian Zhang, Chunlu Qian, Jun Liu
۱۱. polymer Membranes and Films Health, Food, Environment, and Energy Applications ۲۰۲۰
۱۲. Trends in Food Science & Technology ۲۰۲۳, Haiyu Du, Xiaoli Sun, Xiaona Chong, Mengyao Yang, Zhu Zhu, Yongqiang Wen
۱۳. Trends in Food Science & Technology, November ۲۰۱۶

## Introduction to smart packaging in the food industry and feasibility of use in Iran

Seyede Sona Haghighi

Master's student, Department of Food Science and  
Technology ,Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad  
University ,Tehran, Iran

Shadi Mahdikhani

Assistant Professor, , Department of Food Science  
and Technology ,Shahr-e-Qods Branch, Islamic  
Azad University ,Tehran, Iran

Maryam Yaghoob Alamoli

Master's student, Department of Food Science and Technology ,Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad  
University ,Tehran, Iran

### Abstract

Food packaging is intended to protect or create a system that maintains the health of the food contained in the container from production to consumption and protects it from shocks, damage, spoilage, shaking, pressure and vibration. In addition, packaging as a local, national or climatic culture is a system that creates a connection between the producer and the distributor. This means that packaging is a system that has both a protective function and plays the role of a communication culture and has an information aspect that can play a role as a media. Today, the food packaging industry is one of the main fields that has become (smart). Smart packaging can be introduced as packaging that controls some characteristics of the food it contains and the environment in which it is stored and provides information in this field during the storage and transportation of food for the producer, retailer and consumer. This type of packaging can significantly impact the supply chain, inventory management and consumer interaction. Smart packaging technology is designed in such a way that with its communication structure, it increases the shelf life, quality and safety of food, and as a result, it increases the health of society and more profit for the manufacturer. Smart packaging comes in different types with different efficiencies for different types of food products.

**Keywords:** Smart packaging, storage, packaging industry, food