

علمی - مروری

مروری بر فناوری فعال در بسته بندی مواد غذایی

محمد امین حیدرزادی^{۱*}، محمود کهنه پوشی^۲، اسما موسوی^۳

۱- دانشجوی دکتری تخصصی بهداشت مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران،

۲- کارشناس ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی زابل، زابل، ایران،

۳- کارشناس علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد شهرکرد، شهرکرد، ایران.

(دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۰، پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۵)

چکیده

امروزه صنایع بسته بندی به یک فناوری قدرتمند بدل شده تا بتواند باکتری‌ها، کپک‌ها و سایر عوامل ایجادکننده بیماری را به حداقل برساند. استفاده از فناوری‌های فعال و هوشمند در بسته بندی‌های مواد غذایی رو به افزایش است. این سیستم علاوه بر به تأخیر انداختن عوامل محیطی مؤثر بر فساد مواد غذایی، روشی پویاتر را برای حفظ و نگهداری محصول به کار می‌گیرد و سبب حفظ کیفیت مواد غذایی و افزایش بازارپسندی می‌گردد. فناوری‌های فعال بسته بندی مواد غذایی، فرصت‌های جدیدی را برای نگهداری مواد غذایی به صورت ایمن ارائه می‌دهد. هدف این مقاله ارائه‌ی سیستم‌های بسته بندی فعال مهمی است که تا به امروز شناخته شده‌اند. این سیستم‌ها شامل: جاذب‌های اکسیژن، دفع کننده‌ها/جذب کننده‌های دی‌اکسید کربن، جذب کننده‌های رطوبت، جاذب‌های اتیلن، ساطع کننده‌های اتانول، سیستم‌های آزادکننده/جذب کننده‌ی طعم، شاخص‌های دما - زمان، و فیلم‌های حاوی مواد ضد میکروبی است. در این مقاله عملکرد هر سیستم فعال توضیح داده شده است. شناخت مزایای فناوری‌های بسته بندی فعال از سوی صنایع غذایی، توسعه سیستم‌های بسته بندی فعال با صرفه‌ی اقتصادی و افزایش پذیرش مصرف کننده، مرزهای جدیدی را برای بسته بندی فعال باز می‌کند. انتظار می‌رود ادامه‌ی نوآوری‌ها در بسته بندی فعال منجر به بهبود بیشتر در کیفیت، ایمنی و ثبات مواد غذایی شود.

کلیدواژه‌ها: بسته بندی فعال، بسته بندی مواد غذایی، ایمنی مواد غذایی، کیفیت مواد غذایی، ماندگاری

۱- مقدمه

بسته بندی را شناسایی و تا رسیدن به شرایط مناسب، آن را اصلاح می‌کند. در بسته بندی‌های فعال، عوامل فعال به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم با مواد غذایی در تماس است. از جمله این عوامل می‌توان به ترکیبات فعال جاذب اکسیژن، کربن دی‌اکسید، رطوبت، مواد طعم‌دهنده و اتیلن اشاره نمود. بسته بندی هوشمند را می‌توان بسته بندی فعال پیشرفته‌ای دانست که علاوه بر کنترل شرایط محیطی، اطلاعاتی در مورد کیفیت محصول در طول دوره‌ی نگهداری و توزیع به مصرف کننده با بهره‌گیری از اجزایی مانند اندیکاتورها با هدف اطلاع‌رسانی ارائه می‌دهد [۱،۲]. بسته بندی فعال باعث افزایش عمر ماندگاری غذاها می‌شود و در عین حال کیفیت و ارزش غذایی آن‌ها را حفظ می‌کند؛ از رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و فاسدکننده و انتقال آلاینده‌ها، جلوگیری و بنابراین، ایمنی غذا را تضمین می‌کند [۱،۳]. نمونه‌های مهم بسته بندی فعال شامل: جاذب‌های اکسیژن، دفع کننده‌ها/جذب کننده‌های دی‌اکسید کربن، جذب کننده‌های

استفاده از مواد و روش‌های بسته بندی مناسب برای به حداقل رساندن هدررفت مواد غذایی و ارائه‌ی محصولات غذایی سالم و ایمن، همواره در بسته بندی مواد غذایی مورد توجه بوده است. علاوه بر این، سلیقه‌ی مصرف کنندگان برای محصولات غذایی با کیفیت بهتر و تازه‌تر، در دهه‌ی گذشته رو به فزونی نهاده است. بنابراین، انواع فن‌آوری‌های بسته بندی فعال برای ارائه‌ی غذاهای باکیفیت، سالم و ایمن و همچنین برای محدود کردن آلودگی‌های زیست محیطی مرتبط با بسته بندی و مشکلات دفع زباله‌های ناشی از آن ایجاد شده است [۲۵]. بسته بندی‌های فعال، شرایط را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که سبب افزایش ماندگاری محصول و حفظ کیفیت آن می‌گردد. بسته بندی فعال سیستمی از بسته بندی به شمار می‌آید که تغییرات نامطلوب در محیط درون

اقتصادی در کاهش هزینه‌های بسته‌بندی معمولی مقرون به صرفه هستند [۸].

سیستم‌های جاذب اکسیژن معمولی مبتنی بر اکسیداسیون پودر آهن با روش‌های شیمیایی یا حذف اکسیژن از طریق استفاده از آنزیم‌ها هستند. در حالت اول (اکسیداسیون پودر آهن)، پودر آهنی که در یک بسته‌ی کوچک (ساشه) نگهداری می‌شود به اکسید آهن تبدیل می‌شود. این سیستم شناخته شده اکسیژن‌گیر اولین بار به دست شرکت شیمی گازی میتسوبیشی معروف به Agel ساخته و به بازار بسته‌بندی مواد غذایی معرفی شد.

۲-۱-۱- مزایای جاذب‌های اکسیژن

در سیستم‌های آنزیمی مهار اکسیژن، یک آنزیم با یک بستر واکنش می‌دهد تا اکسیژن را از بین ببرد. این سیستم‌ها به دلیل هزینه‌ی آنزیم‌های مورد استفاده برای مهار اکسیژن، گران‌تر از سیستم‌های مبتنی بر عنصر آهن هستند. سیستم‌های اکسیداسیون آنزیمی نیز معمولاً به دما، pH، فعالیت آب و حلال/پیش‌ماده موجود در بسته بسیار حساس هستند؛ بنابراین این موضوع استفاده‌ی گسترده از این سیستم‌های مبتنی بر آنزیم را محدود می‌کند. بسته‌های جاذب اکسیژن، برای غذاهای مایع مناسب نیستند؛ زیرا تماس مستقیم مایع با کیسه، معمولاً باعث ورود محتویات کیسه در داخل مایع شده و بدون شک کیفیت ارگانولپتیکی ماده‌ی غذایی مایع را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، ممکن است باعث مصرف تصادفی با غذا شوند یا ممکن است کودکان آن را بلعند. به دلایل ایمنی و مقاصد نظارتی که از سوی غذا و دارو آمریکا (FDA) اجباری شده است، بسته‌های جاذب اکسیژن که در ایالات متحده فروخته می‌شود، باید دارای برجسب «نخورید» باشد. گنجاندن جاذب‌ها در فیلم‌های بسته‌بندی راه بهتری برای حل مشکلات مربوط به بسته‌های ساشه است. جاذب‌های اکسیژن ممکن است در پلاستیک پراکنده شود، یا در لایه‌های مختلف بسته‌بندی، قرار داده شود [۷].

جاذب‌های اکسیژن چندلایه به‌طور مؤثرتری نسبت به سیستم‌های مهارکننده‌ی پراکنده‌ی یک لایه، اکسیژن را جذب می‌کند. ورود اکسیژن از محیط بیرون به لایه‌ی جذب‌کننده‌ی اکسیژن از طریق یک لایه‌ی مانع، محدود می‌شود که در برابر اکسیژن بسیار غیرقابل نفوذ است. یک لایه‌ی داخلی یا یک لایه‌ی کنترل در کنار لایه‌ی جذب‌کننده‌ی اکسیژن ممکن است برای به حداقل رساندن هرگونه انتقال ماده‌ی جذب‌کننده‌ی اکسیژن به غذا استفاده شود. جاذب‌های اکسیژن، به شکل فیلم (پوشش) است و اجازه‌ی جذب اکسیژن را از تمام سطوح مواد غذایی که با فیلم در تماس هستند می‌دهند. اخیراً Farkas پودر آهن را در

رطوبت، جاذب‌های اتیلن، ساطع‌کننده‌های اتانول، سیستم‌های آزادکننده/جذب‌کننده‌ی طعم، شاخص‌های دما - زمان، و فیلم‌های حاوی مواد ضد میکروبی است [۱۰، ۴، ۲، ۱]. چند نمونه از سیستم‌های بسته‌بندی فعال شناخته شده و نحوه‌ی عملکرد در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱): نمونه‌هایی از سیستم‌های بسته‌بندی فعال

سیستم مواد مورد استفاده و نحوه‌ی عمل	نوع بسته‌بندی فعال
سیستم‌های آنزیمی (گلوکز اکسیداز، گلوکز، الکل اکسیداز - بخار اتانول)، سیستم‌های شیمیایی (پودر اکسید آهن، کاتکول، کربنات آهن، گوگرد آهن)	جذب‌کننده‌های اکسیژن
پودر آهن - هیدروکسید کلسیم، آهن	جذب‌کننده‌ی دی‌اکسید کربن
سیلیکاژل، پروپیلن گلیکول، پلی‌وینیل الکل،	جذب‌کننده‌های رطوبت
زغال فعال، سیلیکاژل - پتاسیم	جاذب‌های اتیلن
اتانول کپسوله‌شده	انتشاردهنده‌های اتانول
سوربات‌ها، بنزوات‌ها، پروپیونات‌ها، اتانول،	مواد ضد میکروبی

۲- بررسی سیستم‌های بسته‌بندی

۲-۱-۱- جاذب‌های اکسیژن

سطوح بالای اکسیژن موجود در بسته‌های معمولی مواد غذایی ممکن است سبب رشد میکروب، ایجاد طعم و بوی نامطلوب، تغییر رنگ و از دست دادن مواد مغذی و در نتیجه باعث کاهش کیفیت قابل توجهی در ماندگاری غذاها شود. بنابراین، کنترل سطح اکسیژن در بسته‌های غذایی برای محدود کردن سرعت این واکنش‌های فسادزا در مواد غذایی حائز اهمیت است. سیستم‌های جاذب اکسیژن، جایگزینی برای بسته‌بندی‌های خلاء و فلاشینگ گاز هستند که کیفیت و ماندگاری محصول را بهبود می‌بخشند. جاذب‌های اکسیژن می‌توانند مقدار اکسیژن را به کمتر از ۰/۰۱ درصد کاهش دهند و در این سطح را حفظ نمایند. جاذب‌های اکسیژن به وسیله‌ی واکنش‌های شیمیایی یا آنزیمی اکسیژن را حذف می‌کنند و بنابراین فساد ماده غذایی و افت کیفیت آن را به تعویق می‌اندازند. این سیستم‌های بر پایه‌ی عنصر آهن طراحی شده‌اند و توانایی حذف اکسیژن در بسیاری از غذاها از جمله غذاهای با رطوبت بالا، متوسط یا کم و غذاهای حاوی چربی را دارند. علاوه بر مسائل ذکر شده، این بسته‌بندی‌ها از نظر

نفوذ می‌کند. در مواردی که بسته دارای نفوذپذیری بالایی در برابر دی‌اکسیدکربن است، ممکن است یک سیستم انتشار دی‌اکسید کربن برای کاهش سرعت تنفس و سرکوب رشد میکروبی ضروری باشد. استفاده از یک سیستم عملکرد دوگانه متشکل از یک جاذب اکسیژن و یک انتشاردهنده دی‌اکسیدکربن، روش معمول برای افزایش ماندگاری مواد غذایی بسیار فاسدشدنی است. دی‌اکسیدکربن از رشد باکتری‌های هوازی مانند سودوموناس جلوگیری می‌کند و در عین حال محرک رشدی برای باکتری‌های لاکتیکی است [۲۶،۲۷]. همچنین تأثیر دی‌اکسیدکربن در دماهای پایین تأثیرات بیشتری را بر مهار رشد میکروارگانیسم‌ها می‌گذارد [۹].

قدم اول برای اثر ممانعت‌کنندگی دی‌اکسیدکربن بر روی رشد میکروارگانیسم، حل شدن آن است. مولکول‌های دی‌اکسیدکربن غیرقطبی است و حلالیت آن‌ها در لیپیدها بیشتر از محیط آبی است؛ در نتیجه به سهولت می‌تواند با لیپیدهای موجود در غشا ترکیب شود و باعث افزایش سیالیت غشا گردد و بی‌حفاظ شدن سیتوپلاسم سلول در برابر محیط‌های سمی را منجر شود.

هرگاه دی‌اکسیدکربن در یک محیط آبی حل می‌شود رشد باکتری‌های گرم‌مثبت و گرم‌منفی، با تأخیر قابل توجهی مواجهه می‌شود. حضور دی‌اکسیدکربن بر روی فاز رشد لگاریتمی میکروارگانیسم‌ها نیز تأثیرگذار است [۳۲].

دی‌اکسیدکربن یک ترکیب GRAS است که توانایی حلالیت در محلول‌های آبی و فازهای چربی را دارد که این یک وضعیت ایده‌آل برای استفاده در محصولات بسته‌بندی است. دی‌اکسیدکربن به‌عنوان یک عامل جلوگیری‌کننده در برابر رشد پاتوژن‌ها و ارگانیسم‌های عامل فساد در محصولات لبنی هم‌به‌کار می‌رود. همچنین از آن به‌عنوان عامل اصلاح‌کننده در خصوصیات کازئین‌ها نیز استفاده می‌شود. یکی از عوامل مطلوب در استفاده از CO₂ حذف آسان آن از محصول با خلاء یا هم‌زدن و حرارت ملایم است. پنیر حاصل از شیر خام مطلوبیت بالایی در کشورهای آمریکا و اروپایی دارد که می‌توان با به‌کارگیری CO₂ سبب کاهش خطر پاتوژن‌ها در این دسته از محصولات - بدون تغییر در طعم منحصره‌فرد آن - گردید. همه‌ی تکنولوژی‌های ممانعت‌کننده از سرد کردن تا پاستوریزاسیون سبب تغییر در وضعیت میکروبی محصولات لبنی می‌گردند. سرد کردن برای سرماگراهای گرم منفی و پاستوریزاسیون برای سایکروتروف‌های اسپوردار انتخاب شده است. بدون شک CO₂ روی تعادل میکروبی در محصولات لبنی تأثیرگذار است. تأثیرات CO₂ روی طیف

یک پلی‌اتیلن با چگالی کم (LDPE) قرار داده است که به‌طور مؤثر اکسیژن را با سرعت قابل توجهی جذب می‌کند تا در بسته‌بندی مواد غذایی مفید باشد [۱۱]. میزان جذب اکسیژن از طریق لایه‌ها بسته به مساحت و ضخامت لایه‌های حاصل تغییر می‌کند. اگرچه فیلم‌های حاوی پودر آهن، حذف‌کننده‌های مؤثر اکسیژن هستند، اما ممکن است طعم نامطلوبی را به غذایی که با آن‌ها در تماس هستند، ببخشند. شرکت Cryovac اخیراً یک فیلم جذب‌کننده‌ی اکسیژن مبتنی بر پلیمر ساخته است که می‌تواند بر اثرات منفی فیلم‌های مهارکننده‌ی اکسیژن محتوای پودر آهن غلبه کند. این فیلم جاذب اکسیژن، بر پایه‌ی پلیمر از فناوری پیشرفته‌ای استفاده می‌کند که برای مصرف‌کنندگان نامرئی است؛ زیرا جزء مهارکننده به‌عنوان لایه‌ای از بسته فشرده می‌شود. از آنجایی که مواد جاذب اکسیژن در فیلم‌ها تقریباً نامرئی هستند، این فیلم‌ها ظاهر بسته را تغییر نمی‌دهند. آن‌ها همچنین دید واضحی از محصول داخل را به خریداران ارائه می‌دهند [۱۱،۱۳].

۲-۱-۲- معایب جاذب‌های اکسیژن

حضور اکسیژن در بسته‌بندی می‌تواند اثرات مخرب قابل توجهی روی غذاها داشته باشد و آغازگر واکنش‌های اکسیداسیون باشد یا به آن‌ها سرعت قابل توجهی ببخشد. جذب‌کننده‌های اکسیژن با حذف اکسیژن باعث کاهش واکنش‌های اکسیداتیو می‌شود. جذب‌کننده‌های اکسیژن به‌طور مؤثری از رشد حشرات، کرم‌ها و یا تخم‌های آن‌ها در غلاتی مثل برنج، گندم و سویا جلوگیری می‌کند.

با وجود استفاده از تکنیک MAP و بسته‌بندی تحت خلا این تکنیک‌ها نمی‌تواند باقی‌مانده‌ی اکسیژن را در بسته به‌طور مناسبی حذف نماید و حدود ۰،۱ تا ۲ درصد اکسیژن در داخل خلل و فرج غذا باقی می‌ماند. علاوه بر این اکسیژن ورودی از طریق بسته بندی نیز در این روش‌ها حذف نمی‌شود. در حضور این مقدار اکسیژن هنوز رشد میکروارگانیسم‌ها ادامه دارد. جاذب‌های اکسیژن قادر هستند میزان اکسیژن را به کمتر از ۰،۰۱ درصد کاهش دهند و در این مقدار نگه دارند.

۲-۲- حذف‌کننده‌ها و انتشاردهنده‌های دی‌اکسیدکربن

سطوح بالای دی‌اکسیدکربن معمولاً نقش مفیدی در به تأخیر انداختن رشد میکروبی روی سطوح گوشت و طیور و در به تأخیر انداختن سرعت تنفس میوه‌ها و سبزیجات دارد. از آنجایی که دی‌اکسیدکربن از طریق بسیاری از فیلم‌های پلاستیکی که برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود، نفوذپذیرتر از اکسیژن است، بیشتر دی‌اکسیدکربن داخل بسته معمولاً از طریق فیلم

رطوبت را با جذب فیزیکی از محیط خارج می‌نماید که با تغییر دما قابل برگشت است؛ یعنی سیلیکاژل تغییر دما رطوبت جذب شده را از دست می‌دهد. اکسید کلسیم با رطوبت به صورت غیرقابل برگشت واکنش می‌دهد [۲۸، ۲۹].

۲-۴- جاذب‌های اتیلن

اتیلن C₂H₄ یک هورمون گیاهی محرک رشد است که با تنظیم سرعت پیری، رسیدن، نهفتگی، گل‌دهی و دیگر پاسخ‌های فیزیولوژیکی یک محصول تازه در ارتباط است. این هورمون گیاهی دارای اثرات منفی است که زمان ماندگاری محصول را تحت‌الشعاع قرار می‌دهد و کنترل آن نقش کلیدی در افزایش مدت زمان ماندگاری در انواع محصولات تازه ایفا می‌کند. از این رو برای کنترل و یا حذف آن از بسته‌بندی‌های جاذب اتیلن استفاده می‌گردد که جهت حفاظت میوه‌ها و سبزیجاتی از قبیل سیب، انبه، موز، گوجه‌فرنگی و ... سودمند است. اتیلن همچنین سرعت تخریب کلروفیل را در سبزیجات و میوه‌های برگ‌دار تسریع می‌کند [۱۲]. از این رو، حذف گاز اتیلن از فضای بسته‌بندی، رسیدگی، پیری و متعاقب آن، فساد را کند و عمر مفید را طولانی می‌کند. شناخته‌شده‌ترین، ارزان‌ترین و پرمصرف‌ترین سیستم جذب اتیلن، پرمنگنات پتاسیم است که در سیلیس جاسازی شده است. سیلیس اتیلن را جذب می‌کند و پرمنگنات پتاسیم آن را به اتیلن گلیکول اکسید می‌کند. سیلیکا در یک کیسه با نفوذپذیری بالا نسبت به اتیلن نگهداری می‌شود؛ یا می‌توان آن را در یک فیلم بسته‌بندی گنجانند. با این حال، پرمنگنات پتاسیم به دلیل سمی بودن در سطوح تماس با مواد غذایی فیلم‌های بسته‌بندی ادغام نمی‌شود. سطح زیرلایه و میزان پرمنگنات پتاسیم بر عملکرد این سیستم‌ها تأثیر می‌گذارد. سیستم دیگری که برای جذب اتیلن موجود است، مبتنی بر آغشته کردن ژئولیت به پرمنگنات پتاسیم و سپس پوشش دادن ژئولیت آغشته شده با یک کاتیون آمونیوم چهارتایی است. این سیستم نه تنها قادر به جذب اتیلن از محیط است، بلکه سایر ترکیبات آلی مانند بنزن، تولوئن و زایلن جذب می‌کند. ثابت شده است که جاذب‌های اتیلن در نگهداری میوه‌های بسته‌بندی شده از جمله کیوی، موز، آووکادو و خرمالو مؤثر هستند [۱۴]. سایر سیستم‌های جاذب اتیلن بر پایه‌ی توانایی مواد معینی در جذب اتیلن به‌تنهایی یا همراه با یک عامل اکسیدکننده هستند که به‌عنوان مثال پالادیوم ظرفیت جذب اتیلن بالاتری در مقایسه با جاذب‌های پرمنگناتی در شرایط رطوبت نسبی بالا نشان می‌دهد. همچنین دیگر جاذب‌های اتیلن تحت عنوان نام‌های مختلفی از قبیل Evert-fresh و Peak-fresh جذب بر پایه‌ی ژئولیت پراکنده شده در مواد به‌طور تجاری در دسترس قرار دارند [۳۷، ۳۸].

به‌عنوان مثال، نتیجه‌ی یک مطالعه نشان داد که یک سیستم مهار اتیلن، حاوی کربن فعال و PDCI (Product Data call-In)

وسعی از باکتری‌ها در کشت‌های خالص و ترکیبی در محصولات لبنی متنوع، امکان حفظ و نگهداری منابع مغذی در محصولات لبنی را فراهم می‌آورد.

۲-۳- جاذب‌های رطوبت

کنترل رطوبت اضافی در بسته‌های مواد غذایی برای سرکوب رشد میکروبی و جلوگیری از تشکیل رطوبت داخل بسته مهم است. اگر بسته نفوذپذیری کمی در برابر بخار آب داشته باشد، تجمع آب در داخل بسته بارزتر است. وجود آب اضافی در داخل بسته‌بندی مواد غذایی معمولاً به دلیل تنفس محصولات تازه، نوسانات دما در بسته‌های مواد غذایی با رطوبت نسبی بالا یا چکیدن قطرات از بافت‌های تازه‌ی گوشت قرمز، مرغ و دیگر محصولات رخ می‌دهد. تجمع آب اضافی در داخل بسته‌بندی باعث رشد باکتری‌ها و کپک‌ها می‌شود و در نتیجه به از دست رفتن کیفیت و کاهش ماندگاری می‌انجامد. یک راه مؤثر برای کنترل تجمع آب اضافی در بسته‌بندی مواد غذایی، استفاده از یک جاذب رطوبت، مانند سیلیکاژل، غربال‌های مولکولی، خاک رس‌های طبیعی، اکسید کلسیم، کلرید کلسیم و نشاسته یا سایر مواد جاذب رطوبت اصلاح شده است [۷]. سیلیکاژل پرمصرف‌ترین ماده‌ی خشک‌کننده است؛ زیرا غیرسمی است. روش دیگر برای جذب رطوبت از این غذاها استفاده از یک لایه‌ی پلیمری سوپرجاذب است که دارای یک لایه‌ی جاذب رطوبت است که از پیوند پلی‌استر و یک رزین تشکیل شده است. سیستم‌های جذب رطوبت در قالب‌های کیسه‌ای معمولاً برای حفظ سطوح پایین رطوبت در بسته‌های مواد غذایی خشک‌شده مانند چیپس، آجیل، ادویه‌جات ترشیجات، بیسکویت، کراکر، پودر شیر و قهوه فوری استفاده می‌شود [۵]. غربال مولکولی ماده‌ای است که از مواد آلومینوسیلیکات ریز متخلخل مانند ژئولیت‌ها ساخته می‌شود، منافذ آن با اندازه‌ی یکنواخت و از نظر اندازه شبیه مولکول‌ها هستند؛ این بدان معنی است که فقط مولکول‌های کوچک‌تر را جذب می‌کنند و مولکول‌های بزرگ‌تر را کنار می‌گذارند. از آنجایی که آن‌ها در سطح میکروسکوپی کار می‌کنند، واحد اندازه‌گیری مورد استفاده برای اندازه‌گیری اندازه‌ی غربال‌های مولکولی آنگستروم است. شاید برجسته‌ترین مزیت غربال‌های مولکولی این باشد که سازندگان می‌توانند اندازه‌ی منافذ را کنترل و غربال‌های مولکولی را برای کاربردهای مختلف ایجاد کنند؛ این امر آن‌ها را قادر می‌سازد تا گازها و مایعات خاص را از بین ببرند و تصفیه کنند. هدف اصلی از کنترل رطوبت، کاهش میزان فعالیت آبی فرآورده است که به نوبه‌ی خود باعث جلوگیری از رشد میکروبی می‌گردد. علاوه‌بر آن با جلوگیری از جذب رطوبت در قسمت‌های سطحی، کیفیت فیزیکی آن‌ها حفظ می‌گردد. مواد جذب‌کننده‌ی رطوبت مانند سیلیکاژل

طور مؤثری می‌توان باعث افزایش ماندگاری این محصولات شد. رهایش آهسته یا سریع اتانول آن مواد حامل به فضای بسته، به‌وسیله‌ی نفوذناپذیری کیسه‌ی مواد نسبت به بخار آب کنترل می‌شود. اتانول موجود در مواد حامل با آبی که به‌وسیله‌ی مواد حامل جذب می‌شود تعویض می‌گردد. برخی از آن کیسه‌ها علاوه بر اتانول ممکن است حاوی مقدار کمی از مواد طعم‌دهنده مانند: وانیل یا دیگر طعم‌دهنده‌ها باشند تا بوی الکل موجود در بسته را از بین ببرند. اثربخشی سیستم تولید اتانول در درجه‌ی اول به نوع و اندازه‌ی مواد حامل، مقدار اتانولی که به‌وسیله‌ی مواد حامل به دام می‌افتد، نفوذپذیری کیسه‌ی مواد نسبت به بخار آب و اتانول، فعالیت آب موجود در مواد غذایی و نفوذپذیری فیلم بسته‌بندی نسبت به اتانول بستگی دارد. معمولاً فیلم‌هایی که در آن‌ها اتانول گنجانیده شده است به یک لایه‌ی اضافی برای نگهداری اتانول نیازمند هستند تا رهایش اتانول به‌صورت یک شرایط کنترل‌شده انجام شود؛ که این مورد هزینه‌ی این سیستم‌ها را افزایش می‌دهد [۳۳، ۳۴] بخار اتانول به‌آرامی برای جلوگیری از رشد قارچ روی فرآورده‌های پخته‌شده و کیک برنجی در فضای خالی بسته آزاد می‌شود. از آنجایی که اتانول به میزان بسیار کم تولید و تنها در فرآورده‌های با فعالیت آبی کمتر از ۰/۹۲ مؤثر است، هدف از استفاده از این بسته‌های کوچک کاهش رشد کپک‌ها در برخی فرآورده‌های پخت و فرآورده‌های ماهی خشک است [۳۰، ۳۵، ۳۶].

۲-۶- سیستم‌های جذب/آزادکننده‌ی طعم

به‌منظور بهبود عطر فرآورده‌های تازه یا افزایش طعم ماده‌ی غذایی، هنگامی که بسته‌بندی غذایی باز می‌گردد، با استفاده از اسانس و عطر می‌توان شرایط مطلوب را در ماده‌ی غذایی برای مصرف‌کننده ایجاد کرد. این طعم و رایحه‌ها به‌آرامی در محصول بسته‌بندی در طول نگهداری منتشر می‌شوند که می‌تواند تا زمان باز کردن بسته و آماده کردن غذا، کنترل گردد. جنس و متریکال بسته‌بندی مواد غذایی، به‌ویژه برخی پلاستیک‌ها، ممکن است با طعم غذا تداخل داشته باشد و در نتیجه طعم مطلوب مواد غذایی را از بین ببرد، که به‌عنوان بد طعم شدن (Bad taste) شناخته می‌شود. علاوه بر این، طعم‌ها معمولاً پس از پردازش مواد غذایی در دمای بالا یا پس از بسته‌بندی از بین می‌روند یا تخریب می‌شوند. اگرچه استفاده از پلاستیک‌های با خاصیت ممانعت‌کنندگی بالا طعم‌های غذا را در بسته نگه می‌دارد، سیستم‌های آزادکننده‌ی طعم اضافی ممکن است در برخی موارد ضروری باشد؛ به‌ویژه زمانی که لایه‌های مهر و موم حرارتی بسته‌بندی میل ترکیبی بالایی با طعم‌ها دارند [۱۸].

به‌عنوان یک کاتالیزور، به‌طور مؤثری سرعت نرم شدن کیوی و موز با حداقل فرآوری را کاهش داد و با جذب اتیلن از محیط، از دست دادن کلروفیل در برگ‌های اسفناج ذخیره شده در دمای ۲۰ درجه‌ی سانتی‌گراد را کاهش داد [۱۵].

۲-۵- انتشاردهنده‌های اتانول

اسپری کردن اتانول روی سطوح محصولات غذایی مانند نان، کلوچه و سایر محصولات نانوائی در افزایش ماندگاری این کالاها با سرکوب رشد کپک مؤثر است [۱۶]. یکی از کاربردهای جدید اتانول به‌عنوان یک مهارکننده رشد میکروبی در غذاها، کیسه‌ها یا فیلم‌هایی است که اتانول ساطع می‌کنند. ساشه‌ها حاوی اتانول مواد غذایی هستند که جذب شده یا در یک ماده‌ی حامل محصور شده‌اند. برخی از کیسه‌ها، علاوه بر اتانول، ممکن است حاوی مقادیر کمی از مواد طعم‌دهنده مانند وانیلیا و طعم‌دهنده‌های دیگر باشند تا بوی الکل موجود در بسته را بپوشانند [۱]. اثربخشی یک سیستم تولید اتانول در درجه‌ی اول به نوع و اندازه‌ی ماده‌ی حامل، مقدار اتانول محبوس‌شده در مواد حامل، نفوذپذیری مواد کیسه‌ای به بخار آب و اتانول، فعالیت آب غذا و نفوذپذیری اتانول در فیلم بسته‌بندی بستگی دارد. مزیت‌های سیستم‌های انتشار اتانول به شرح زیر است [۱۵]:

- ✓ بخار اتانول مستقیماً از کیسه‌های مولد اتانول در بسته‌بندی تولید می‌شود. این امر از تماس مستقیم اتانول با مواد غذایی جلوگیری می‌کند و در نتیجه غذاهای ایمن‌تری را در مقایسه با اسپری اتانول قبل از بسته‌بندی فراهم می‌کند.
- ✓ ساشه‌های مولد اتانول نیاز به سایر مواد نگهدارنده مانند سوربات‌ها و بنزوات‌ها را برای مهار کپک برطرف می‌کنند.
- ✓ ساشه‌هایی با برچسب «نخورید» را می‌توان به‌راحتی از بسته‌بندی خارج کرد و دور انداخت.
- ✓ ساشه‌های اتانول‌کننده ممکن است به تأخیر در بیات شدن محصولات نانوائی کمک کند.

جذب بخار اتانول از طریق مواد غذایی از بسته‌بندی، عیب اصلی سیستم‌های مولد اتانول است. اگرچه سطح اتانول را می‌توان با حرارت دادن یا میکروویو محصول به مقادیر ناچیز کاهش داد، اما محصولات غذایی که بدون حرارت دادن مصرف می‌شوند ممکن است حاوی اتانول باقی مانده باشند. اگر مقدار باقی‌مانده‌ی اتانول قابل توجه در نظر گرفته شود، ممکن است آزمایش سم‌شناسی دقیق مورد نیاز باشد [۶].

اسپری کردن اتانول بر روی سطوح محصول غذایی مانند نان و بیسکویت‌ها نشان می‌دهد که با متوقف کردن رشد کپک‌ها به

شاخص‌های دما-زمان برای غذاهای منجمد، نگهداری شده در سرما، بسته‌بندی شده با جو اصلاح شده و غذاهای فرآوری شده حرارتی به صورت تجاری در دسترس هستند. اگرچه شاخص‌های برودت-زمان هنوز در مراحل ابتدایی خود هستند، انتظار می‌رود که تحقیقات مستمر و استقبال مصرف‌کننده نقش مثبتی در توسعه سیستم‌های قابل اعتمادتر و پیچیده‌تر ایفا کند [۱۷].

۲-۸- فیلم‌های ضد میکروبی

از زمان‌های گذشته، مردم روش‌هایی را برای حفظ منابع غذایی خود و جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های نامطلوب توسعه داده‌اند. کنسرو کردن، پاستوریزه کردن، آب‌گیری، انجماد، سرد کردن، تبخیر و تخمیر روش‌های اصلی نگهداری مواد غذایی امروزی هستند. با این حال، نگهدارنده‌های شیمیایی، هنگامی که با این تکنیک‌های نگهداری مواد غذایی استفاده می‌شوند، مزایای بیشتری در جلوگیری از آلودگی پس از فرآیند و در به دست آوردن اثرات بازدارنده‌ی قوی‌تر در برابر میکروارگانیسم‌ها ارائه می‌دهند.

به‌منظور تولید بسته‌بندی‌های فعال بر پایه‌ی فیلم زیست‌تخریب پذیر می‌توان از پلی‌ساکاریدهایی نظیر کیتوزان و پروتئین‌هایی مانند جدایه‌های پروتئینی آب پنیر به‌عنوان پایه‌ی فیلم بسته‌بندی و ترکیبات ضد میکروبی از جمله اسانس‌ها استفاده نمود. به فرض مثال، کیتوزان یک پلیمر کربوهیدرات تغییر یافته است که از داستیلاسیون کیتین به دست می‌آید و امکان استفاده از آن در مواد غذایی مختلف وجود دارد. کیتوزان یک بیوپلیمر پلی‌ساکاریدی خطی و با بار مثبت است که طی دیاستیلاسیون قلیایی کیتین به دست می‌آید. از جهت فراوانی کیتین دومین بیوپلیمر فراوان در زمین است که عمدتاً در بی‌مهرگان، حشرات، دیاتومه‌های دریایی، جلبک‌ها و قارچ‌ها یافت می‌شود. از ویژگی‌های بیولوژیکی و شیمیایی آن می‌توان به زیست‌تخریب‌پذیری، زیست‌سازگاری و فعالیت زیستی، ویژگی‌های ضد میکروبی و تأخیر در اکسیداسیون اشاره نمود. از کیتوزان در انکپسولاسیون ترکیبات فعال غذایی، تثبیت آنزیم‌ها و به‌عنوان حامل رها سازی کنترل شده‌ی داروها و محافظت از آن‌ها طی دارورسانی می‌توان استفاده کرد. همچنین با وجود نفوذپذیری به بخار آب می‌تواند از دست دادن رطوبت ماده‌ی غذایی را به تأخیر بیندازند [۳۷]. ترکیب، ساختار و گروه‌های عاملی اسانس‌ها نقش مهمی در تعیین فعالیت ضد میکروبی آن‌ها بازی می‌کنند و به‌طور عمده ترکیبات با گروه‌های فنلی مؤثرترند.

برخلاف سیستم‌های آزادکننده‌ی طعم، جاذب‌های طعم، طعم‌ها، عطرها و بوهای نامطلوب موجود در فضای بسته را از بین می‌برند. بطری‌های پلاستیکی با پوشش داخلی استات بوتیرات سلولز، که به‌عنوان جاذب لیمونین عمل می‌کنند، نشان داده‌اند که تلخی آب پرتقال را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهند و در نتیجه ماندگاری را افزایش می‌دهند [۱۹].

شکل‌گیری طعم‌های نامطلوب در محصولات غذایی عمدتاً [۱] از تجزیه‌ی پروتئین‌های ماهیچه‌ی ماهی به آمین، اکسیداسیون چربی‌ها و روغن‌ها نشئت می‌گیرد که منجر به تشکیل آلدئیدها می‌شود. [۲]. اگرچه آلدئیدها و آمین‌ها را می‌توان از فضای بسته‌بندی با تشکیل جاذب‌کننده‌های طعم فعال حذف کرد. اما این سیستم‌ها ممکن است طعم‌ها و بوهای نامطلوبی را که نشان‌دهنده‌ی فساد هستند بپوشانند یا جذب کنند. علاوه‌براین مصرف‌کنندگان می‌توانند در هنگام باز کردن چنین بسته‌هایی از رایحه و عطر تازه آن ماده غذایی بهره‌مند شوند.

۲-۷- شاخص‌های زمان و برودت

نشانه‌های زمان و برودت یکی دیگر از موارد کاربردی در بسته‌بندی فعال است. از آنجایی که کنترل نکردن برودت در طول نگهداری، حمل‌ونقل و جابه‌جایی رایج است، این نشانه‌ها برای نظارت بر دما در مدت ماندگاری یک محصول غذایی طراحی شده‌اند. کنترل نکردن برودت نه تنها باعث کاهش کیفیت و تغذیه می‌شود، بلکه ممکن است منجر به مسمومیت غذایی و از بین رفتن ارزش غذایی مواد شود. بسیاری از سیستم‌های نشان‌دهنده‌ی دما بر اساس تغییر رنگ یا توسعه‌ی رنگ کار می‌کنند که با کاهش کیفیت غذا مرتبط است. با این حال، نشانه‌های زمان و دما که پاسخی به شکل تغییر شکل مکانیکی قابل مشاهده دارند نیز در دسترس هستند [۲۱، ۲۰، ۱].

شاخص‌های برودت-زمان باید برخی از الزامات را برآورده کنند تا به‌عنوان یک سیستم مؤثر معرفی شود:

- ✓ آن‌ها باید درجه‌ی بالایی از دقت را ارائه دهند.
- ✓ پاسخ باید برگشت‌ناپذیر، تکرارپذیر و با تغییرات کیفیت غذا مرتبط باشد.
- ✓ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی شاخص‌های زمان-دما باید تعیین شود.
- ✓ پاسخ باید به راحتی قابل خواندن و نباید گنگ باشد.

پذیرش مصرف‌کننده، مرزهای جدیدی را برای بسته‌بندی فعال باز می‌کند. انتظار می‌رود ادامه‌ی نوآوری‌ها در بسته‌بندی فعال منجر به بهبود بیشتر در کیفیت، ایمنی و ثبات مواد غذایی شود [۲۳،۲۵].

۴- مراجع

- [1] T. P. Labuza and W. M. Breene, "Applications of "Active Packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods," J. Food Proc. Preserv., vol. 13, pp. 1-69, 1989.
- [2] J. D. Floros, L.L. Dock, and, J. H. Han, "Active packaging technologies and applications," Food, Cosmet. Drug Packaging, vol. 20 pp, 10-17, 1997.
- [3] J. H. Hotchkiss, "Safety considerations in active packaging. In: Active Food Packaging Rooney," M. L., Blackie Academic and Professional, London.vol. 8, pp. 238-255, 1995.
- [4] T. Hirata, "Recent developments in food packaging in Japan. In: Proceedings 1st Japan-Australia Workshop on Food Processing," National Food Research Institute, Tsukuba. vol. 12, pp. 77-95. 1992.
- [5] Y.-M. Weng and J. H. Hotchkiss, "Inhibition of surface molds on cheese by polyethylene film containing the antimycotic imazalil," J. Food Protect., vol. 55, pp. 367-369, 1992.
- [6] T. Ishitani, "Active packaging for food quality preservation in Japan. In: Foods and Packaging Materials-Chemical Interactions," Eds., Ackermann, P., Jagerstad, M., and Ohlsson, T. The Royal Society of Chemistry, Cambridge. vol. 22, pp. 177-188, 1995.
- [7] M. L. Rooney, "Active packaging in polymer films. In: Active Food Packaging," Ed., Rooney, M. L. Blackie Academic and Professional, London. vol. 9, pp. 18-30, 1995.
- [8] J. P. Smith, Y. Abe, and J. Hoshino, "Modified atmosphere packaging present and future uses of gas absorbents and generators," In: Principles of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging Eds., Farber, J.M. and Dodds, K.L. Technomic Publishing, Lancaster, vol 6, pp. 287-323, 1995.
- [9] J. P. Smith, J. Hoshino, and Y. Abe, "Interactive packaging involving sachet technology," In: Active Food Packaging, Ed., Rooney, M.L. Blackie Academic and Professional, London, vol. 6, pp. 143-173, 1995.
- [10] T. P. Labuza, "An introduction to active packaging for foods," Food Technol., vol. 50, pp. 68-71, 2001.
- [11] M. Knee, "Ethylene effects in controlled atmosphere storage of horticultural crops," In: Food Preservation by Modified Atmospheres

ساشه‌ها و فیلم‌های حاوی مواد ضد میکروبی می‌توانند در سرکوب رشد میکروب‌های سطحی و افزایش ماندگاری مفید باشند. نگهدارنده‌های شیمیایی که می‌توانند در سیستم‌های آزادکننده‌ی فعال ضد میکروبی استفاده شوند عبارت است از: اسیدهای آلی و نمک‌های آن‌ها (عمدتاً سوربات‌ها، بنزوات‌ها و پروپیونات‌ها)، پارابن‌ها، سولفیت‌ها، نیتريت‌ها، کلریدها، فسفات‌ها، اپوکسیدها، الکل‌ها، ازن، پراکسید هیدروژن، دی‌اتیل پیروکربنات، آنتی‌بیوتیک‌ها و باکتریوسین‌ها [۲۲،۲۴].

۳- نتیجه‌گیری

در بسته‌بندی‌های فعال از یک ماده‌ی بسته‌بندی استفاده می‌شود که وارد فعل و انفعالاتی با گاز موجود در محیط داخل بسته‌بندی و از این رو سبب طولانی‌تر شدن عمر ماندگاری محصول می‌شود. چنین تکنولوژی‌های جدیدی به‌طور مداوم با دفع گازها یا افزودن گازهایی به داخل یک بسته‌بندی (و ممکن است با سطح ماده‌ی غذایی واکنش دهد) محیط‌گازی داخل آن را بهبود می‌بخشند. نوآوری‌ها و ابداعات فنی اخیر جهت کنترل گازهای خاص در داخل بسته‌بندی است. این ابداعات شامل به‌کارگیری جاذب‌های شیمیایی به‌منظور جذب گاز یا ترکیبات شیمیایی دیگر است که می‌تواند یک گاز را به شکل مورد نیاز آزاد سازد.

جاذب‌های اکسیژن، سیستم‌های جذب/آزادکننده‌ی دی‌اکسیدکربن و فیلم‌های ضد میکروبی، شکل امیدوارکننده‌ای از بسته‌های غذایی فعال هستند. بیشتر کاربردهای بسته‌بندی فعال بر روی محصولات تازه متمرکز شده است. اگرچه بسته‌بندی غیرفعال برای به حداقل رساندن رشد میکروبی و سرعت واکنش‌های زیان‌آور در میوه‌ها و سبزیجات تازه استفاده شده است، بسته‌بندی فعال فرصت‌های جدیدی را در حفظ محصولات تازه و افزایش عمر مفید ارائه می‌دهد. دستیابی به سطوح بهینه‌ی اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و غلظت بخار آب در داخل یک بسته با استفاده از فیلم‌های پلاستیکی غیرفعال به‌تنهایی تقریباً غیرممکن است. با این حال، استفاده از فناوری‌های بسته‌بندی فعال به دستیابی به اتمسفر گاز و سطوح رطوبت بهینه در بسته‌های مواد غذایی برای حداکثر ماندگاری کمک می‌کند. در حال حاضر، فناوری‌های بسته‌بندی فعال مورد استفاده، عمدتاً مبتنی بر فناوری‌های ساشه هستند. ساشه‌ها به دلیل احتمال بلعیده شدن محتوای بسته از طرف کودکان با استقبال کمتری مواجه شده است. توسعه و استفاده از سیستم‌های بسته‌بندی فعال می‌تواند در دهه‌ی آینده افزایش یابد. بسته‌بندی فعال در افزایش ماندگاری بسیاری از محصولات غذایی مفید است. شناخت مزایای فناوری‌های بسته‌بندی فعال از سوی صنایع غذایی، توسعه‌ی سیستم‌های بسته‌بندی فعال با صرفه‌ی اقتصادی، و افزایش

- [26] Hendricksmt and Hotchkissjh, "Effect of carbon dioxideon *Pseudomonas fluorescens* and *Listeriamonocytogenes* growth in aerobic atmospheres," *J. Food Prot.*, vol. 60, pp. 1548–1552, 1997.
- [27] J. P. Kerry and M. N. Ogrady, "Past, current and potential utilization of active and intelligent packaging systems for meat and muscle-based products: A review," 2006, *Meat Science*, vol. 44, pp. 113-130, 2006.
- [28] Dong Sun Lee and Yam L.KIT, "Piergiovanni Luciano," *CRC Press, Food Packaging Science & Technology*, capter:15, *Active Packaging*, vol. 29, pp. 445-473, 2008.
- [29] Jungh Han and H. L. Colin, "Intelligent packaging innovation in food packaging," vol. 12, pp. 138-155, 2005.
- [30] D. S. Lee, H. J. Wang, and C. Jaisan, "An DS. Active food packaging to control carbon dioxide. *Packaging Technology and Science*," Mar; vol. 35, p. 213, 2022.
- [31] S. Dudangeh, S. Amiri, and L. Rezazad Bari, "An overview of the types of active packaging, the mechanism and application of each in the food industry," *Journal of Packaging Science and Technology*, vol. 47, pp. 80-90, 2020.
- [32] F. Saliu and R. Della Pergola, "Carbon dioxide colorimetric indicators for food packaging application: Applicability of anthocyanin and poly-lysine mixtures. *Sensors and Actuators B: Chemical*," vol. 61, pp. 1117-24, Apr. 2018.
- [33] J. Shabani, and M. Najafzadeh, and H. Mirzaei, and M. B. Hobi Najafi, "The use of dissolved carbon di carbon in the development of durable dairy products," the first national conference on snacks, Mashhad, 2014. <https://civil.com/doc/267328>
- [34] Y. Ruiz-Navajas, M. Viuda-Martos, E. Sendra, J. A. PerezAlvarez, and J. Fernández-López, "In vitro antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with *Thymus moroderi* or *Thymus piperella* essential oils," *Food Control*, vol. 30, pp. 386- 392, 2013.
- [35] A. Maghsoudlou, Y. Maghsoudlou, M. Khomeiri, and M. Ghorbani, "Evaluationof anti-fungal activity of chitosan and its effect on the moisture absorption and organoleptic characteristics of pistachio nuts," *Int. J. Adv. Sci. Engin. Inform. Tech*; vol. 2, pp. 50- 65, 2010.
- [36] M. T. Safari and N. Soltani Tehrani, "Application of antimicrobial food films in packaging of meat products," *Journal of Packaging Science and Technology*, vol. 3, pp. 40-48, 2011.
- Eds., Calderon M. and Barkai-Golan, R. *CRC Press*, Boca Raton, vol. 8, pp. 225–235, 1990.
- [12] D. Zagory, "Ethylene-removing packaging," In: *Active Food Packaging* Ed., Rooney, M.L. Blackie Academic and Professional, London. vol. 14, pp. 38–54, 1995.
- [13] S. Sacharow, "Freshness enhancers: The control in controlled atmosphere packaging," *Prepared Foods*, vol. 157, pp. 121–122, 1998.
- [14] K. Abe and A. E. Watada, "Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables," *J. Food Sci.*, vol. 56, pp. 1589–1592, 1991.
- [15] D. A. L. Seiler and N. J. Russell, "Food Preservatives," Blackie Academic and Professional, London, vol. 2, pp. 14-36, 1993.
- [16] J. P. Smith, B. Ooraikul, W. J. Koersen, F. R. Vande Voort, E. D. Jackson, and R. A. Lawrence, "Shelf life extension of a bakery product using ethanol vapor," *Food Microbiol.*, vol. 4, pp. 329–337, 1987.
- [17] A. L. Brody, "Flavor, flavor everywhere-but in packaging? *Cereal Foods World*," vol. 37, pp. 834–835, 1992.
- [18] B.V.Chandler, J. F. Kefford, and G. Ziemelis, "Removal of limonin from bitter orange juice," *J. Sci. Food Agric.*, vol. 19, pp. 83–86, 1968.
- [19] B. Fu, and T. P. Labuza, "Potential use of time-temperature indicators as an indicator of temperature abuse of MAP products," In: *Principles of Modified-Atmosphere and Sous Vide Product Packaging*, Eds., Farber, J.M. and Dodds, K.L. Technomic Publishing, Lancaster, vol. 47, pp. 385–423, 1995.
- [20] J. D. Selman, "Time-temperature indicators," In: *Active Food Packaging*, Ed., Rooney, M.L. Blackie Academic and Professional, London, vol. 34, pp. 215–237, 1995.
- [21] J. D. Dziezak, "Preservatives: Antimicrobial agents-A means toward product stability," *Food Technol.*, vol. 40, pp. 104–111, 1986.
- [22] P. M. Davidson and V. K. Juneja, "Antimicrobial agents. In: *Food Additives*," Eds., Branen, A.L., Davidson, P. M., and Salminen, S. Marcel Dekker, New York, vol. 28, pp. 83–137, 1990.
- [23] J. N. Sofos, "Antimicrobial agents," In: *Food Additive Toxicology*, Maga, J.A. and Tu, A.T. Marcel Dekker, New York, vol. 48, pp. 501–529, 1995.
- [24] O. Murat and F. John, "Active Food Packaging Technologies," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Taylor and Francis Inc., vo. 44, pp. 185–193, 2004.
- [25] Rowemt, "Effect of carbon dioxide on growth and extracellular enzyme Production by *Pseudomonas fluorescens*," *Int J Food Microbiol*, vol. 6, pp. 51–56, 1988.

An Overview of Active Technology in Food Packaging

Mohammad Amin Heidarzadi*, Mahmoud Kohnehpoushi, Asma Mousavi

* PhD Candidate Food Hygiene, Faculty of Veterinary Medicine, Shahr Kord University, Shahr Kord, Iran

(Received: 10/10/2021; Accepted: 22/05/2022)

Abstract

Today, the packaging industry has become a powerful technology that can be used to minimize the activity of bacteria, mold and other disease-causing agents. The use of active and intelligent technologies in food packaging is increasing. In addition to delaying the environmental factors affecting food spoilage, this system uses a more dynamic method to preserve the product and maintain food quality and increase marketability. Active food packaging technologies offer new opportunities to keep food safe. The purpose of this paper is to present the important active packaging systems known to date, which include: oxygen adsorbents, carbon dioxide scavengers / absorbers, moisture absorbers, ethylene adsorbents, ethanol emitters, release systems Flavors, temperature-time indicators, and films containing antimicrobials. This article describes the performance of each active system. Recognizing the benefits of active packaging technologies by the food industry, developing cost-effective active packaging systems, and increasing consumer acceptance, open new frontiers for active packaging. Continued innovations in active packaging are expected to lead to further improvements in food quality, safety and stability.

Keywords: Active Packaging, Food Packaging, Food Safety, Food Quality, Shelf Life

*Corresponding Author E-mail: heidarzadi1373@gmail.com