

مروری بر انواع بسته‌بندی‌های فعال، مکانیسم و کاربرد هر یک در صنعت غذا

صونا دودانگه^۱، صابر امیری^{۲*}، لعیار رضازاد باری^۳

تاریخ دریافت مقاله: تیرماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: دی ماه ۱۳۹۹

چکیده

فناوری‌های جدید بسته‌بندی مواد غذایی در پاسخ به تقاضای مصرف‌کنندگان یا روند تولیدات صنعتی به سمت محصولات غذایی با نگهداره‌های کم‌تر، تازه، خوشمزه و مناسب با ماندگاری طولانی و کیفیت کنترل شده در حال توسعه هستند. به علاوه، تغییرات در شیوه‌های خرده‌فروشی (جهانی شدن بازار منجر به توزیع طولانی‌تر مواد غذایی)، یا شیوه زندگی مصرف‌کنندگان (صرف زمان کم‌تر برای خرید مواد غذایی تازه در بازار و پخت و پز)، چالش‌های اساسی موجود در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی بوده و به عنوان نیروهای محرکه در توسعه مفاهیم بسته‌بندی جدید و بهبود یافته هستند که ضمن حفظ ماندگاری، بر ایمنی و کیفیت مواد غذایی نظارت انجام می‌نمایند. بسته‌بندی سنتی مواد غذایی برای حفاظت مکانیکی مواد غذایی غیرجامد و محافظت از غذا در برابر تأثیر عوامل بیرونی مانند میکروارگانیسم‌ها، اکسیژن، بی‌بو شدن، نور و غیره عمل می‌کند و به این روش، راحتی در استفاده از مواد غذایی و حفظ کیفیت مواد غذایی برای یک دوره زمانی طولانی را تضمین می‌نماید. هدف اصلی ایمنی مواد سنتی در تماس با غذاها این است که تا حد ممکن بی‌اثر باشد، یعنی حداقل برهم‌کنش بین ماده غذایی و بسته‌بندی وجود داشته باشد. در دهه‌های گذشته یکی از ابتکاری‌ترین تحولات در زمینه بسته‌بندی مواد غذایی، بسته‌بندی فعال می‌باشد که براساس برهم‌کنش عمدی و حساب شده با غذا یا محیط مواد غذایی است. هدف از "بسته‌بندی فعال" افزایش عمر نگهداری مواد غذایی و حفظ یا حتی بهبود کیفیت آن است.

واژه‌های کلیدی

۱- مقدمه

ماندگاری، خرده‌فروشی، بسته‌بندی فعال^۴

بسته‌بندی فعال یک مفهوم ابتکاری است که می‌تواند به عنوان نوعی از بسته‌بندی که شرایط را برای افزایش ماندگاری، بهبود ایمنی یا خواص حسی ضمن حفظ کیفیت مواد غذایی تغییر دهد، تعریف می‌شود [۱]. یک تعریف متفاوت از بسته‌بندی فعال، این‌گونه بیان می‌شود: سیستمی که در آن محصول، بسته‌بندی و محیط به روشی مثبت جهت افزایش ماندگاری یا دستیابی به برخی از خصوصیات که با روشی دیگر امکان‌پذیر نیست، با یکدیگر واکنش می‌دهند [۲]. بسته‌بندی فعال نباید با بسته‌بندی‌های هوشمند که قادر به نمایش شرایط غذای بسته‌بندی شده هستند و اطلاعاتی در رابطه با کیفیت

۱- دانشجوی دکتری تخصصی فناوری مواد غذایی، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان (sawnadodange@gmail.com).

۲- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(x نویسنده مسئول: St_sa.amiri@urmia.ac.ir)

۳- دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل (laya_rezazad@yahoo.com)

4- Active Packaging

محصول در طول حمل و نقل و نگهداری در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌دهند، اشتباه گرفته شود [3]. فناوری‌های بسته‌بندی فعال را می‌توان در سه گروه مختلف قرار داد: جذب‌کننده‌ها، سیستم‌های آزادکننده و سایر موارد.

۲- انواع بسته‌بندی فعال

سیستم‌های بسته‌بندی فعال با هدف طولانی‌تر شدن ماندگاری و افزایش کیفیت مواد غذایی توسعه یافته‌اند. فناوری بسته‌بندی فعال شامل: عملکردهای فیزیکی، شیمیایی یا بیولوژیکی است که تغییرات حاصل از برهم‌کنش‌های بین بسته، محصول و یا فضای بسته به منظور رسیدن به نتیجه مطلوب یعنی حفظ کیفیت و افزایش عمر ماندگاری محصول می‌باشد [4].

۱-۲- جذب‌های اکسیژن

غذاهای بسته‌بندی شده شامل مقدار مشخصی از گازها مانند گاز اکسیژن در فضای بسته می‌باشند. نفوذ اکسیژن به داخل ظروف پلاستیکی نیز مهم است. حضور اکسیژن می‌تواند به دلیل تخلیه نامناسب هوا هنگام بسته‌بندی، نفوذ هوا در داخل بسته به دلیل بسته‌بندی ضعیف و یا سوراخ کوچک در بسته‌بندی مواد باشد. مقدار زیاد اکسیژن باعث کاهش ارزش غذایی و ماندگاری آن‌ها می‌شود. اکسیژن موجود در فضای فوقانی^۱ با مواد غذایی حساس واکنش می‌دهد و باعث تسریع فساد بسیاری از فرآورده‌های غذایی (گوشت، سوسیس، پودر شیر یا ادویه‌جات) می‌شود و تخریب ویتامین‌ها، ترشیدگی روغن، آجیل و غذاهای چرب و رشد میکروبی را تشدید می‌کند.

انتخاب جذب اکسیژن (شکل، اندازه، قابلیت جذب اکسیژن و زمان رسیدن به تعادل) باید بسیار دقیق و متناسب با نیازها و ویژگی‌های هر ماده غذایی (مایع، جامد، خشک، چرب و درجه حرارت ذخیره‌سازی) باشد [5].

۲-۱- کاربرد جذب اکسیژن در میوه‌ها و سبزیجات

اثرات مختلف اکسیژن در حفظ غذاها و نوشیدنی‌ها عبارتند از: رنسید نمودن چربی‌های غیراشباع، تیره نمودن پیگمان‌های گوشت تازه از طریق افزایش رشد باکتری و قارچ‌های هوازی، بوی کهنگی و بیاتی محصولات نانویی و قهوه‌ای شدن میوه/سبزیجات. به علاوه، تخریب ویتامین C (آسکوربیک اسید) و تسریع تنفس در میوه و غذاهای بر پایه سبزیجات، از بین بردن آرومای نوشیدنی‌ها (قهوه و چای) از طریق اکسیداسیون مواد معطر آروما و بی‌رنگ نمودن غذاهای فرآوری شده نظیر: گوشت تازه، میوه و سبزیجات که تأثیر بزرگی بر خرید مصرف‌کننده در صنعت فروش غذا داراست [6].

جذب‌های اکسیژن امروزه به عنوان فناوری متداول و شناخته شده در بسته‌بندی فعال مطرح هستند. جذب‌های اکسیژن از طریق جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها و کاهش واکنش‌های اکسیداسیون افت کیفیت محصول غذایی را کند می‌نمایند. بنابراین، به نظر می‌رسد که جذب‌های اکسیژن کاربرد بهتری در میوه و سبزیجات حساس به اکسیژن داشته باشند [7].

۲-۲- زداینده‌ها و منتشرکننده‌های دی‌اکسید کربن

سطح نسبتاً بالای دی‌اکسید کربن نقش سودمندی را در به تعویق انداختن رشد میکروبی بر سطوح گوشت و مرغ ایفا می‌کند و فساد میوه‌ها و سبزیجات را به تأخیر می‌اندازد. از این‌رو، باعث افزایش ماندگاری مواد غذایی بسته‌بندی شده می‌شود. از آن‌جا که نفوذپذیری دی‌اکسید کربن نسبت به اکسیژن در فیلم‌های پلاستیکی که برای بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شود ۳ تا ۵ برابر بالاتر می‌باشد، باید آن را به طور مداوم تولید کرد تا غلظت موردنظر در داخل بسته حفظ شود. مقدار زیادی از دی‌اکسید کربن از طریق فیلم به درون بسته نفوذ می‌کند. در برخی موارد هنگامی که بسته نفوذپذیری بالایی نسبت به دی‌اکسید کربن داشته باشد، یک سیستم انتشار

1- Head Space

دی اکسید کربن لازم است تا سرعت تنفس میکروپها کاهش یابد و رشد میکروبی متوقف شود. استفاده از سیستم های دوگانه که مرکب از جاذب های اکسیژنی و انتشاردهنده دی اکسید کربن هستند ماندگاری مواد غذایی فاسدشدنی را به میزان قابل توجهی افزایش می دهند [۸].

۲-۳- جاذب های رطوبت

اهمیت کنترل رطوبت در بسته های مواد غذایی به دلیل سرکوب رشد میکروبی است. اگر بسته نفوذپذیری کمی در برابر بخار آب داشته باشد، تجمع آب درون بسته نمود بیش تری خواهد داشت. معمولاً افزایش آب اضافی در بسته مواد غذایی ناشی از تنفس محصول، نوسانات درجه حرارت در رطوبت نسبی بالای تعادل در بسته های مواد غذایی یا چگه کردن مایع بافت گوشت برش خورده یا مرغ می باشد. تجمع آب اضافی در بسته باعث گسترش رشد باکتری و کپک ها می شود که منجر به از دست رفتن کیفیت و کاهش طول عمر محصول می شود. یک روش مؤثر برای کنترل تجمع آب اضافی در بسته ماده غذایی که سد قوی در برابر بخار آب است، استفاده از یک جاذب رطوبت نظیر سیلیکاژل^۱، خاک رس (مانند مونت موریلونیت^۲)، اکسید کلسیم، کلرید کلسیم و نشاسته اصلاح شده یا دیگر مواد جاذب رطوبت می باشند. سیلیکاژل به دلیل غیر سمی و غیر خورنده بودن به طور گسترده مورد استفاده قرار می گیرد. معمولاً یک روکش یا یک پد خشک کن ماده غذایی (گوشت، مرغ و ماهی) به جهت محفوظ ماندن و جذب آب استفاده می شود. روش دیگری که برای جذب رطوبت از مواد غذایی به کار می رود، استفاده از یک فیلم ورقه ای پلیمر فوق جاذب است که دارای یک لایه جاذب رطوبت می باشد که از کوپلیمر پیوندی پلی استر و یک رزین تشکیل شده است. رزین شامل: رزین پلی اورتان، رزین آکرلیک و رزین وینیل می باشد. معمولاً از سیستم های جاذب رطوبتی که به صورت کیسه هستند برای نگهداری مواد غذایی خشک مانند: چپیس،

آجیل، ادویه ها، بیسکویت ها، کلوچه ها، پودر شیر و قهوه فوری در برابر مقادیر کم رطوبت استفاده می شود [۹].

۲-۴- جاذب های اتیلن

اتیلن یک هورمون محرک رشد است که از طریق افزایش سرعت تنفس میوه ها و سبزیجات باعث تسریع رسیدگی و پیری می شود که نتیجه آن کاهش ماندگاری است. اتیلن هم چنین باعث تسریع سرعت تخریب کلروفیل در سبزیجات برگ دار و میوه ها می شود. از این رو، حذف گاز اتیلن از فضای بسته سرعت پیری را آهسته تر و طول عمر محصول را طولانی تر می کند. شناخته شده ترین، ارزان ترین و گسترده ترین سیستم جاذب اتیلنی، پتاسیم پرمنگنات گنجانده شده در سیلیکا است.

۲-۴-۱- کاربرد جاذب های اتیلن در صنعت میوه و سبزیجات

اتیلن (C_2H_4) یک هیدروکربن غیر اشباع خالص است که در طبیعت یافت می گردد. اتیلن ترکیبی فرار بوده و به عنوان یک هورمون گیاهی است. این هورمون مکانیسم های فیزیولوژیکی، تنظیم رشد، رسیدن و پیری گیاهان را کنترل می نماید [۱۰]. اتیلن پاسخ های فیزیولوژیکی نظیر: زمین گرایی، رسیدن، پیری، نهمتگی و گل دهی را ایجاد می نماید [۱۱]. غلظت کم مورد نیاز برای ایجاد فعالیت های فیزیولوژیکی تأیید می کند که کاهش اتیلن در یک فضای بسته می تواند به دوام محصول پس از برداشت کمک کند [۱۲]، افت کیفیت میوه ها و سبزیجات عمدتاً به دلیل فرآیند رسیدن ناشی از اتیلن و آلودگی میکروارگانیسم ها است [۱۳]. بسته بندی فعال از اثرات مضر گاز اتیلن و رشد میکروبی جلوگیری می نماید. جاذب اتیلن موجب افزایش عمر ماندگاری محصولات تازه میوه و سبزیجات می گردد و یک جایگزین عالی برای مواد شیمیایی و ضد عفونی کننده می باشد [۱۴].

یک راه مؤثر جهت تنظیم تولید اتیلن داخل بسته، استفاده از جاذب اتیلن می باشد. جاذب های اتیلن، اتیلن

- 1- Silica Gel
- 2- Montmorillonite

رشد قارچها [۱۸]، از دست دادن رطوبت و بیاتی [۱۹] محدود می باشد.

معمولاً، بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) برای افزایش عمر ماندگاری رنج عظیمی از محصولات غذایی نظیر محصولات نانویی شامل نان گندم [۲۰]، نان چاودار [۱۸] و نان سویا [۲۱] استفاده شده است. یک مشکل که در بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده برای محصولات نانویی وجود دارد این است که کاهش محتوای اکسیژن داخل بسته بندی به سطوح پایین بسیار مشکل است که ناشی از تعداد زیادی از حفرات در ترکیب نان است که تمایل در به دام انداختن اکسیژن دارند [۱۷]. یکی از راه های برطرف نمودن این مشکل استفاده از جاذب های اکسیژن در داخل بسته بندی است. جاذب های اکسیژن به منظور جلوگیری از بی رنگ شدن گوشت، جلوگیری از رسیدن شدن غذاهای با چربی بالا و رشد کپک ها استفاده می شوند [۲۲].

در کنار جاذب های اکسیژن، برخی شرکت ها به ساخت و فروش محصولاتی می پردازند که بخار اتانول را بر فضای بالای بسته بندی آزاد می نمایند و مانع از رشد کپک ها، مخمرها و باکتری ها می گردند. تولیدکننده های بخار اتانول و/ یا جاذب های اکسیژن همچنین برای افزایش عمر نگهداری محصولات نانویی نظیر تکه های نان چاودار [۲۳] و نان گندم دوروم [۱۹] استفاده شده اند.

۲-۶- سیستم های جاذب یا منتشرکننده طعم و بو

به منظور بهبود عطر فرآورده تازه یا افزایش طعم ماده غذایی هنگامی که بسته باز می شود با استفاده از اسانس و عطر می توان شرایط مطلوب را در ماده غذایی برای مصرف کننده ایجاد کرد. این طعم و رایحه ها به آرامی در محصول بسته بندی در طول نگهداری منتشر می شوند که می تواند تا زمان باز کردن بسته و آماده کردن غذا، کنترل شود [۲۴]. مواد بسته بندی مواد غذایی به ویژه برخی از پلاستیک ها ممکن است با طعم ماده غذایی تعامل داشته باشند، که نتیجه آن از دست دادن طعم است. علاوه بر

تولید شده را جهت کنترل افت کیفیت پس از برداشت جذب می نمایند [۱۵]. مواد جاذب اتیلن معمولاً داخل تراشه های کوچکی در بسته بندی محصول تازه قرار داده می شوند تا تولید بیش از حد اتیلن را در بسته بندی میوه ها و سبزیجات را که طی نگهداری تولید می گردد، کنترل نمایند. جاذب ها با اتیلن از طریق فرآیند جذب فیزیکی یا شیمیایی واکنش می دهند [۱۶].

۲-۵- منتشرکننده های اتانول

اسپری کردن اتانول بر روی سطوح محصول غذایی مانند: نان و بیسکویت ها نشان می دهد که با متوقف کردن رشد کپک ها به طور مؤثری می توان باعث افزایش ماندگاری این محصولات شد. رهایش آهسته یا سریع اتانول از مواد حامل به فضای بسته به وسیله نفوذپذیری کیسه مواد نسبت به بخار آب کنترل می شود. اتانول موجود در مواد حامل با آبی که به وسیله مواد حامل جذب می شود، تعویض می گردد. برخی از کیسه ها علاوه بر اتانول ممکن است حاوی مقدار کمی از مواد طعم دهنده مانند: وانیل یا دیگر طعم دهنده ها باشند تا بوی الکل موجود در بسته را پنهان کنند. اثربخشی سیستم تولید اتانول در درجه اول به نوع و اندازه مواد حامل، مقدار اتانولی که به وسیله مواد حامل به دام می افتد، نفوذپذیری کیسه مواد نسبت به بخار آب و اتانول، فعالیت آب موجود در مواد غذایی و نفوذپذیری فیلم بسته بندی نسبت به اتانول بستگی دارد. معمولاً فیلم هایی که در آن ها اتانول گنجانیده شده است به یک لایه اضافی برای نگهداری اتانول نیازمند هستند تا رهایش اتانول به صورت یک شرایط کنترل شده انجام شود؛ که این مورد هزینه این سیستم ها را افزایش می دهد [۱۶].

۲-۵-۱- کاربرد آزادکننده اتانول در صنعت نانویی

نان به دلیل خصوصیات تغذیه ای و حسی بسیار زیاد، همیشه یکی از متداول ترین محصولات غذایی بوده است [۱۷]. عموماً عمر نگهداری نان به دلیل فرآیندهایی نظیر:

این، معمولاً از دست دادن طعم یا تخریب آن بعد از فرآوری غذا در دمای بالا یا پس از بسته‌بندی ایجاد می‌شود. بنابراین، هنگامی که تخریب رخ می‌دهد به یک جایگزین برای طعم و بوی از دست رفته ترکیبات نیاز است. علاوه بر این، مصرف‌کنندگان هنگامی که برای اولین بار درب بسته ماده‌غذایی را باز می‌کنند به رایحه خوب آن تمایل دارند. سیستم‌های منتشرکننده و جاذب‌های طعم و عطر تمامی طعم‌ها، عطرها و بوهای نامطلوب موجود در فضای بسته را می‌زدایند.

۷-۲- بسته‌بندی‌های ضد میکروبی

این فناوری بسته‌بندی می‌تواند نقش مهمی را در افزایش ماندگاری مواد غذایی و کاهش خطر ابتلا به عوامل بیماری‌زا ایفا کند و تا حدودی باعث افزایش ایمنی و کیفیت محصول شود. آلودگی میکروبیولوژیکی ممکن است در طول فرآوری نامساعد یا هنگامی که بسته پلمپ شده پاره یا سوراخ شود، رخ دهد. روش‌های سنتی حفظ مواد غذایی از اثرات مضر رشد میکروبی شامل عملیات حرارتی، خشک کردن، انجماد، تبرید، تابش، بسته‌بندی اصلاح شده با اتمسفر و اضافه کردن نمک‌ها و عوامل ضد میکروبی می‌باشند [۲۵]. بسته‌بندی‌های ضد میکروبی امروزه شامل سیستم‌هایی نظیر پراکنده‌کردن عامل‌های زیست‌فعال در بسته‌بندی، ایجاد پوششی از عوامل زیستی فعال بر روی سطوح مواد بسته‌بندی شده و یا استفاده از ماکرومولکول‌های ضد میکروبی با خاصیت تشکیل فیلم یا ماتریکس خوراکی هستند. تعداد زیادی از عامل‌ها با خواص ضد میکروبی (اتانول، دی‌اکسید کربن، یون‌های نقره، دی‌اکسید کلر، آنتی‌بیوتیک‌ها، اسیدهای آلی، روغن‌ها و ادویه‌جات) هستند که به منظور مهار رشد میکروارگانیسم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌توانند میزان فساد مواد غذایی را نشان دهند (باکتری‌ها هم‌چنین می‌توانند به بسته‌ها حمله کنند و بر عملکرد و خواص آن‌ها اثر بگذارند).

میکروارگانیسم‌های هدف و ترکیب مواد غذایی باید در بسته‌بندی ضد میکروبی در نظر گرفته شوند. به طوری که هر عامل ضد میکروبی که درون پلیمرها گنجانده شوند بر مبنای

فعالیت، نحوه عملکرد، ترکیب شیمیایی، سرعت رشد و وضعیت فیزیولوژیکی میکروارگانیسم‌های هدف انتخاب می‌شود. فعالیت ماده ضد میکروبی منتشر شده در مواد غذایی بسته‌بندی شده توسط کم‌ترین سینتیک انتشار تعیین می‌شود [۲۶].

۷-۲-۱- کاربرد بسته‌بندی فعال ضد میکروبی در صنعت گوشت

آلودگی‌های میکروبی عمر نگهداری غذاها را کاهش داده و ریسک ابتلا به بیماری‌های غذازاد را افزایش می‌دهد. متأسفانه، برخی از روش‌های نگهداری غذاها را که برای اثر رشد میکروبی به کار می‌روند در برخی از محصولات غذایی نظیر: گوشت تازه و محصولات آماده مصرف نمی‌توان استفاده نمود.

بسته‌بندی ضد میکروبی یک حالت مجاز از بسته‌بندی فعال غذایی، به ویژه در محصولات گوشتی است. از آنجایی که آلودگی میکروبی این غذاها ابتدا در سطح اتفاق می‌افتد، بنابراین در بسیاری از موارد، ماده ضد میکروبی بر سطح داخلی بسته‌بندی اسپری می‌گردد و یا ماده بسته‌بندی در محلول ضد میکروبی فرو برده می‌شود. اگرچه، کاربرد سطحی مستقیم مواد ضد باکتریایی در مواد غذایی مزایای محدودی دارد زیرا مواد فعال به سرعت از سطح به توده ماده غذایی منتشر می‌گردند. بنابراین، استفاده از فیلم‌های بسته‌بندی حاوی عوامل ضد میکروبی به دلیل مهاجرت آهسته عوامل ضد میکروبی از مواد بسته‌بندی به سطح محصول می‌تواند مؤثرتر باشد. اگر یک ماده ضد میکروبی قادر به آزاد شدن از بسته‌بندی در مدت طولانی باشد، فعالیت ضد میکروبی بسته‌بندی تا مراحل انتقال و نگهداری ماده غذایی ادامه خواهد داشت [۲۷].

۸-۲- آزادکننده‌های آنتی‌اکسیدان‌ها

بسته‌بندی تحت خلأ یا بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده به صورت ترکیب‌شده با مواد بسته‌بندی با لایه سدنی بالا می‌تواند حضور اکسیژن را محدود کند؛ با این وجود، همیشه مقداری اکسیژن در زمان بسته‌بندی باقی می‌ماند یا

ذخیره سازی، به دلیل پراکندگی آنتی اکسیدان از طریق فیلم و سپس تبخیر آن بر سطح کاهش می یابد. می توان با اضافه کردن یک لایه اضافی فیلم از کاهش غلظت آنتی-اکسیدان جلوگیری کرد. آنتی اکسیدان ها می توانند برای روغن، آجیل، کره، گوشت تازه، مشتقات گوشت، فرآورده های نانوائی، میوه ها و سبزیجات مورد استفاده قرار گیرند [۳۱].

انتخاب مناسب ترکیبات آنتی اکسیدان که در بسته بندی مواد غذایی گنجانیده می شوند، بسیار اهمیت دارد. به منظور دستیابی به یک توزیع همگن، ترکیب آنتی اکسیدانی و مواد بسته بندی باید سازگار باشند. هنگام انتشار، خاصیت انحلال پذیری آنتی اکسیدانی می تواند به وسیله تأثیر آن تعیین شود. از این رو، نوع آنتی اکسیدان باید براساس نوع عملکرد ماده غذایی انتخاب شود. به نظر می رسد که آنتی اکسیدان های غیرقطبی برای مواد غذایی که حاوی چربی زیادی هستند، مناسب تر می باشند و بالعکس.

به دلیل نشت از قسمت بیرونی بسته به طور کامل و مؤثر حذف نمی شود. برخی محصولات غذایی مانند گوشت قرمز تازه یا محصولات دریایی را نمی توان بدون اکسیژن بسته بندی کرد. افزودن مستقیم ترکیبات آنتی اکسیدانی به سطح ماده غذایی ممکن است با محدودیت هایی از قبیل: واکنش هایی که ترکیبات فعال با آن ها روبه رو هستند، از بین رفتن حفاظت و افزایش سرعت کاهش کیفیت مواد غذایی مواجه هستند [۲۸].

در حال حاضر، سیستم های بسته بندی فعال آنتی اکسیدانی در حال توسعه هستند. این فناوری بسته بندی جایگزینی برای اختلاط عوامل آنتی اکسیدانی در بسته و به عنوان روشی که بر بهبود پایداری محصولات غذایی حساس به اکسایش مبتنی هستند، می باشد.

بعد از رشد میکروبی، مهم ترین مکانیسم هایی که منجر به فساد مواد غذایی و رشد میکروارگانیسم ها می شوند، اکسایش چربی ها می باشند. موادی که حاوی چربی زیادی باشند، مستعد تخریب سریع تر هستند. اکسایش چربی ها در مواد غذایی منجر به کاهش طول عمر می شود و تغییراتی در طعم و یا مزه ایجاد می کند، بافت و مواد غذایی ماهیچه ای رو به فساد می رود و ارزش غذایی کاهش می یابد. اکسایش چربی ها در مواد غذایی باعث افزایش بوی بد، ترشیدگی و در نتیجه ارائه کالای نامرغوب به مصرف کننده می شود [۲۹]. برای جلوگیری از اکسایش مواد غذایی می توان از جاذب های اکسیژن و عامل های آنتی اکسیدان در بسته بندی مواد غذایی استفاده کرد. چنین بسته بندی هایی برای جلوگیری و یا کاهش سرعت واکنش های اکسایش بر کیفیت مواد غذایی در نظر گرفته می شوند [۳۰].

استفاده از فیلم های فعال آنتی اکسیدانی برای حفاظت از گوشت تازه می تواند پایداری میوگلوبین^۱ و گوشت تازه را در برابر فرآیندهای اکسایشی افزایش دهد. وارد کردن آلفا توکوفرول^۲ در یک بسته فعال، اکسایش چربی در پودر شیر را به تأخیر می اندازد. مقدار آنتی اکسیدان در طول

1- Myoglobin
2- α Tocopherol

۲-۸-۱- کاربرد بسته بندی فعال آنتی اکسیدانی در صنعت گوشت

فساد محصولات گوشتی طی فرآیندهای فرآوری، توزیع و در قفسه فروشگاه ها اثر منفی مهمی را از نقطه نظر اقتصادی در صنعت گوشت دارا است. دو مشکل اساسی گوشت و محصولات آن طی فرآوری و متعاقباً نگهداری عبارتند از: اکسیداسیون لیپید و فساد ناشی از رشد

می دهند که این عمل از طریق به دام انداختن ترکیبات پرواکسیدان و یا از طریق آزاد نمودن ترکیبات آنتی-اکسیدانی انجام می شود که در نتیجه موجب تأخیر در افت کیفیت از طریق اکسیداسیون لیپید می گردند. بنابراین، استفاده از بسته بندی فعال به عنوان یک راه حل برای مشکل ناشی از اکسیداسیون گوشت و محصولات گوشتی مطرح هستند (جدول ۱) [۳۲].

جدول ۱- کاربرد فناوری های بسته بندی فعال

غذاها	نوع کاربرد
قهوه، چای، آجیل های بوداده، چپس های سیب زمینی، شکلات، پودر شیر چربی دار، نوشیدنی های پودری، نان، تورتیلا، پیتزا، پاستای تازه یخچالی، تارت میوه، کیک ها، کوکی ها، گوشت های دودی، ماهی، پنیر	جاذب های اکسیژن
قهوه	جاذب های کربن دی اکسید
گوشت، ماهی	انتشار دهنده های کربن دی اکسید
محصولات خشک و دهیدراته شده، گوشت، مرغ، ماهی	جاذب های رطوبت
کیوی، موز، آووکادو، خرمالو	جاذب های اتیلن
نان، کیک ها، ماهی	انتشار دهنده های اتانول
زردآلوهای خشک شده	فیلم های آزادکننده مواد ضد میکروبی
غلات	فیلم های آزادکننده ترکیبات آنتی اکسیدانی
آب پرتقال	فیلم های جاذب طعم
قهوه	فیلم های آزادکننده طعم
سوریمی	فیلم های حاوی رنگ
بسته بندی های برخی میوه و سبزیجات تازه	فیلم های ضد مه (مانع از ایجاد قطرات رطوبت)
آب نبات نرم، نکه های پیتزا	فیلم های ضد چسبندگی
پیتزا، شیر	جاذب های نور

۳- چالش های توسعه بسته بندی فعال با استفاده از

نانومواد

برای حضور هر سیستمی در بازار اروپا، باید قوانین رعایت گردد. نظر به اینکه بخش غیرفعال، به عنوان مثال بسته بندی که مواد فعال را در بر می گیرد، باید کاملاً مطابق با مقررات مربوط به تماس بسته بندی با مواد غذایی باشد. این مقررات 1935/2004 (EC) برای کلیه مواد در تماس

میکروارگانیزم ها. در این زمینه، برخی بسته بندی های جدید در صنعت گوشت توسعه یافته اند که موجب محدود شدن این افت کیفیت ها و افزایش عمر ماندگاری محصولات گوشتی می گردند. در طول سال های گذشته، استفاده از بسته بندی فعال به عنوان جایگزینی برای بسته بندی سنتی مطرح گردیده است. قاعده و اصول بسته بندی فعال، به ویژه بسته بندی فعال آنتی اکسیدانی، شامل استفاده از عوامل فعال در بسته بندی است که با گوشت و/ یا با محیط واکنش نشان

با مواد غذایی وجود دارد. براساس این مقررات، برخی از دستورالعمل‌های خاص وجود دارند، به عنوان مثال دستورالعمل مربوط به پلاستیک‌ها که عبارت است از: 2002/72/EC. کلیه مواد ساخته شده از پلاستیک که در تماس با مواد غذایی قرار دارند باید از این دستورالعمل پیروی نمایند. با این حال، بسیاری از سیستم‌های بسته‌بندی فعال از مواد متفاوتی تشکیل شده‌اند و از دستورالعمل 2002/72/EC خارج می‌شوند. این مواد باید با قانون ملی که در بعضی از کشورها نظیر: آلمان و هلند وجود دارد، مطابقت داشته باشند. در حال حاضر، هیچ دستورالعمل یا مقرراتی برای اجزای فعال در بسته‌بندی فعال وجود ندارد و آن‌ها باید کاملاً مطابق با آیین‌نامه 1935/2004 (EC) باشند. مقرراتی که در رابطه با مواد در تماس با مواد غذایی وجود دارد این است که این مواد نباید در مقادیری که: (۱) سلامت انسان را به خطر می‌اندازد. (۲) تغییر غیرقابل قبول در ترکیب ایجاد می‌نماید و (۳) تغییر در خصوصیات ارگانولپتیک ماده غذایی ایجاد می‌نمایند، وارد ماده غذایی شوند. مقرراتی وجود دارد که الزامات ویژه‌ای را برای مواد فعال بیان می‌نماید که موضوعات اصلی آن عبارتند از:

(۱) مواد فعال ممکن است در شرایطی که تغییرات مطابق با مقررات ملی مناسب با غذاست، تغییراتی در ترکیب یا خواص ارگانولپتیک ایجاد کنند؛ (۲) موادی که از بسته‌بندی‌های فعال آزاد می‌شوند باید مطابق با مقررات جامعه در رابطه با مواد مجاز مورد استفاده باشند؛ (۳) مواد فعال نباید باعث ایجاد تغییر در ترکیب یا خصوصیات ارگانولپتیک مواد غذایی شوند، به عنوان مثال، با پوشاندن فساد مواد غذایی، مصرف‌کننده را گمراه نماید؛ (۴) برچسب زدن مناسب جهت شناسایی بخش‌های غیرخوراکی؛ (۵) برچسب زدن مناسب برای نشان دادن فعال بودن مواد. سرانجام، مقررات اظهار می‌دارند که مصرف‌کننده و کسی که بسته‌بندی مواد غذایی را انجام می‌دهد باید در مورد چگونگی استفاده از مواد فعال با صورت مناسب آگاه شوند. موارد دیگری که احتمالاً در پیش نویس مقررات درج می‌شوند عبارتند از: (۱) ماده آزاد شده از مهاجرت کلی

مستثنی باشد. (۲) مواد غذایی باید با مقررات غذایی مطابقت داشته باشند. (۳) بسته‌بندی فعال باید برای هدف مورد نظر مناسب و مؤثر باشد. (۴) موادی که ممکن است به عنوان بخشی از غذا اشتباه گرفته شوند، باید با استفاده از نماد مربوط به بخش غیرخوراکی برچسب زده شوند.

۴- چشم‌انداز آینده (ارزیابی بازار جهانی بسته‌بندی فعال)

مواد بسته‌بندی فعال ابتدا در اواسط دهه ۷۰ در بازار ژاپن معرفی شدند و در اواسط دهه ۹۰، این صنعت در اروپا و آمریکا توجه زیادی را به خود جلب کرد. در این دوره، ازدیاد اختراعات ثبت شده انتظارات زیادی از رشد تجاری را ایجاد نمود. در سال ۲۰۰۲، بیش از ۸۰٪ بازار جهانی یعنی حدود ۱/۴ میلیون دلار آمریکا، با دو مفهوم خاص بسته‌بندی فعال، یعنی جاذب‌های اکسیژن و رطوبت (هر کدام ۴۰٪) روبه‌رو گردید، کاربرد اصلی آن در زمینه‌های ابزارهای چشمی، الکترونیکی، داروهای پزشکی، دارویی و موارد دیگر بود. در این سال‌ها بسته‌بندی، به ویژه بسته‌بندی مواد غذایی، بخش کوچکی از بازار را به خود اختصاص می‌داد. اگرچه، بخش بسته‌بندی غذا به عنوان بازاری با سریع‌ترین رشد شناخته شده است که ناشی از رشد غذاهای فسادپذیر آماده شده در بسته‌بندی-های با اتمسفر اصلاح شده است، که به عنوان یک زمینه ایده‌آل برای کاربردهای بسته‌بندی جاذب اکسیژن در نظر گرفته شده است.

پیش‌بینی شده بود که ارزش بازار ۱/۴ میلیون دلاری آمریکا در سال ۲۰۰۲ به لطف توسعه بازار بطری‌های آب‌میوه و همچنین توسعه بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده برای گوشت تازه، غذاهای آماده، پاستای تازه و غیره به ارزشی بین ۲/۶ تا ۳/۷ میلیون دلار در سال ۲۰۰۷ دست یابد. اعتقاد بر این بود که فروش جاذب‌های اکسیژن در سال ۲۰۰۷ به ۵/۷ میلیارد واحد در اروپا (در مقابل ۰/۳ میلیارد در سال ۲۰۰۱) و ۴/۵ میلیارد واحد در ایالات متحده آمریکا در همان سال (در مقابل ۰/۵ میلیارد در سال

۲۰۰۱) برسد. اگرچه قیمت یکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده در نظر گرفته شده بود، اما در سال ۲۰۰۲ تقریباً ۸۰٪ صنعت معتقد بودند که پیشرفت فنی می‌تواند طی سال ۲۰۰۵ آن را به یک روش مقرون به صرفه تبدیل نماید. در واقعیت، این پیش‌بینی‌های خوش‌بینانه فقط تا حدی حاصل شد: هم اروپا و هم ایالات متحده آمریکا رشد کاملاً منطبق با رشد مورد انتظار را نداشتند، در حالی که ژاپن نسبت به سال‌های گذشته افزایش پایدار بازار را نشان داد. این در حالی است که بازار مواد غذایی بسته‌بندی شده در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده افزایش یافت.

در واقعیت، صنایع غذایی تمایل چندانی به سرمایه‌گذاری در زمینه بسته‌بندی فعال ندارد. دو دلیل اصلی وجود دارند که چنین رفتاری را توجیه می‌نمایند. اولین دلیل مربوط به هزینه است: زیرا بسیار تخصصی بوده و دارای فناوری‌های غالباً پیشرفته است، مواد فعال هنوز ۱۰۰-۵۰ درصد کل هزینه بسته‌بندی را به خود اختصاص می‌دهند. این مورد در اغلب صنایع غذایی مقرون به صرفه نیست. دلیل دوم پذیرش است: اغلب مصرف‌کنندگان، بسته‌بندی فعال را به عنوان یک مزیت قوی قبول ندارند. نگرش مصرف‌کنندگان غالباً به این صورت است که مواد غذایی با ماندگاری کوتاه‌تر، تازه‌تر هستند و مفهومی مانند جاذب‌های اکسیژن که ماندگاری را توسعه می‌دهند، ممکن است جذاب به نظر نرسد، اگرچه در برخی شرایط خاص مناسب می‌باشد. همان‌طور که گفته شد، قیمت به عنوان یک عامل محدودکننده قوی در نظر گرفته شده است و منجر به عدم تقاضای مصرف‌کنندگان گردیده است. از سوی دیگر، دیدگاه شرکت‌های ارائه دهنده فناوری به این مواد فعال متفاوت بود. آن‌ها کارایی غالباً مشکوک مواد فعال را به عنوان عامل اصلی محدودکننده شناسایی کردند. در حقیقت، در بسیاری از اختراعات ثبت شده در طول سال‌ها، اثربخشی مفاهیم فعال تقریباً همیشه در مقاله‌های آزمایشگاهی و تحت شرایط آزمایشگاهی نشان داده شده بودند؛ اما هنگامی که این مواد فعال در بسته‌بندی مواد غذایی واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، فعالیت محدودتری را نشان می‌دهند یا اصلاً

فعالیتی ندارند. دلیل چنین تفاوت رفتاری در شرایط بسیار متفاوت مدل آزمایشی و مواد غذایی واقعی نهفته است، به عنوان مثال مقادیر مختلف مواد غذایی بسته‌بندی شده، نسبت و توزیع قطعات چربی و غیرچربی، نوسان و تغییرپذیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی از قبیل فعالیت آبی، PH و غیره.

۵- نتیجه گیری

بسته‌بندی فعال به عنوان یک راه‌حل عالی برای طیف گسترده‌ای از کاربردها در صنعت غذاست. اگرچه هنوز هم فناوری‌های سنتی بسته‌بندی مواد غذایی به طور گسترده‌ای استفاده می‌شوند، اما بدون شک آینده متعلق به نوآوری‌هاست که در قرن بیست و یکم در قالب بسته‌بندی فعال نشان داده شد. مهم‌ترین مزیت استفاده از بسته‌بندی فعال کاهش ضایعات مواد غذایی ناشی از گسترش عمر نگهداری مواد غذایی است. بسته‌بندی فعال باید به گونه‌ای طراحی شود که اجزای موجود در آن‌ها آزاد شده و با مواد غذایی بسته‌بندی شده برهم‌کنش داشته باشند. همچنین ممکن است که اجزای موجود در بسته‌بندی، مواد نامطلوب موجود در بسته‌بندی را جذب کرده و از این طریق فرآیندهایی را که منجر به کاهش کیفیت مواد غذایی می‌شوند، مهار کنند.

افزایش کاربرد سیستم‌های فعال بسته‌بندی مواد غذایی و موفقیت تجاری آن‌ها در سال‌های آینده قابل انتظار است. بدون شک این امر ناشی از بهبود مداوم فناوری‌های تولید آن‌ها، افزایش اطلاعات در مورد مکانیسم عملکرد آن‌ها و اثربخشی آن‌ها در اطمینان از ایمنی مواد غذایی در طول زمان خواهد بود.

۶- منابع

1. Vermeiren, L., Devlieghere, F., van Beest, M., de Kruijf, N., & Debevere, J. (1999). "Developments in the active packaging of foods," Trends in food science & technology, 10(3), 77-86.

11. Singh, S., Lee, M., Gaikwad, K. K., & Lee, Y. S. (2018). **“Antibacterial and amine scavenging properties of silver-silica composite for post-harvest storage of fresh fish,”** Food and Bioproducts Processing, 107, 61-69.
12. Gaikwad, K. K., Singh, S., & Lee, Y. S. (2017). **“A new pyrogallol coated oxygen scavenging film and their effect on oxidative stability of soybean oil under different storage conditions,”** Food science and biotechnology, 26(6), 1535-1543.
13. Singh, S., ho Lee, M., Shin, Y., & Lee, Y. S. (2016). **“Antimicrobial seafood packaging: a review,”** Journal of food science and technology, 53(6), 2505-2518.
14. Dainelli, D., Gontard, N., Spyropoulos, D., Zondervan-van den Beuken, E., & Tobback, P. (2008). **“Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns,”** Trends in Food Science & Technology, 19, S103-S112.
15. Mujtaba, A., Masud, T., Butt, S. J., Qazalbash, M. A., Fareed, W., & Shahid, A. (2014). **“Potential role of calcium chloride, potassium permanganate and boric acid on quality maintenance of tomato cv. Rio grandi at ambient temperature,”** Int J Biosci, 5(9), 9-20.
16. Brody, A. L., Strupinsky, E. P., & Kline, L. R. (2001). **“Active packaging for food applications,”** CRC press.
17. Galić, K., Ćurić, D., & Gabrić, D. (2009). **“Shelf life of packaged bakery goods—A review,”** Critical reviews in food science and nutrition, 49(5), 405-426.
18. Nielsen, P. V., & Rios, R. (2000). **“Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil,”**
2. Yam, K. L., Takhistov, P. T., & Miltz, J. (2005). **“Intelligent packaging: concepts and applications,”** Journal of food science, 70(1), R1-R10.
3. Ahvenainen, R. (2003). **“Active and intelligent packaging: an introduction,”** In Novel food packaging techniques (pp. 5-21). Woodhead Publishing.
4. Yam, K. L., Takhistov, P. T., & Miltz, J. (2005). **“Intelligent packaging: concepts and applications,”** Journal of food science, 70(1), R1-R10. and Postharvest Research, 3(9), 122-132.
5. Tewari, G., Jayas, D. S., Jeremiah, L. E., & Holley, R. A. (2002). **“Absorption kinetics of oxygen scavengers,”** International journal of food science & technology, 37(2), 209-217.
6. Brody, A. L., Strupinsky, E. P., & Kline, L. R. (2001). **“Active packaging for food applications,”** CRC press.
7. Charles, F., Sanchez, J., & Gontard, N. (2006). **“Absorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging,”** Journal of food Engineering, 72(1), 1-7.
8. Ha, J. U., Kim, Y. M., & Lee, D. S. (2001). **“Multilayered antimicrobial polyethylene films applied to the packaging of ground beef,”** Packaging Technology and Science: An International Journal, 14(2), 55-62.
9. Ozdemir, M., & Floros, J. D. (2004). **“Active food packaging technologies,”** Critical reviews in food science and nutrition, 44(3), 185-193.
10. Zhu, Z., Zhang, Y., Zhang, Y., Shang, Y., Zhang, X., & Wen, Y. (2019). **“Preparation of PAN@TiO₂ nanofibers for fruit packaging materials with efficient photocatalytic degradation of ethylene,”** Materials, 12(6), 896.

- “Advances in antioxidant active food packaging,”** Trends in Food Science & Technology, 35(1), 42-51.
29. Montero-Prado, P., Rodriguez-Lafuente, A., & Nerin, C. (2011). **“Active label-based packaging to extend the shelf-life of “Calanda” peach fruit: Changes in fruit quality and enzymatic activity,”** Postharvest Biology and Technology, 60(3), 211-219.
 30. Lopez-de-Dicastillo, C., Alonso, J. M., Catala, R., Gavara, R., & Hernández-Muñoz, P. (2010). **“Improving the antioxidant protection of packaged food by incorporating natural flavonoids into ethylene– vinyl alcohol copolymer (EVOH) films,”** Journal of agricultural and food chemistry, 58(20), 10958-10964.
 31. Nerin, C., Tovar, L., & Salafranca, J. (2008). **“Behaviour of a new antioxidant active film versus oxidizable model compounds,”** Journal of food Engineering, 84(2), 313-320.
 32. Domínguez, R., Barba, F. J., Gómez, B., Putnik, P., Kovačević, D. B., Pateiro, M., ... & Lorenzo, J. M. (2018). **“Active packaging films with natural antioxidants to be used in meat industry: A review,”** Food Research International, 113, 93-101.
- International journal of food microbiology, 60(2-3), 219-229.
 19. Del Nobile, M. A., Martoriello, T., Cavella, S., Giudici, P., & Masi, P. (2003). **“Shelf life extension of durum wheat bread,”** Italian journal of food science, 15(3), 383-394.
 20. Rodriguez, M., Medina, L. M., & Jordano, R. (2000). **“Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread,”** Food/Nahrung, 44(4), 247-252.
 21. Fernandez, U., Vodovotz, Y., Courtney, P., & Pascall, M. A. (2006). **“Extended shelf life of soy bread using modified atmosphere packaging,”** Journal of food protection, 69(3), 693-698.
 22. Berenzon, S., & Saguy, I. S. (1998). **“Oxygen absorbers for extension of crackers shelf-life,”** LWT-food science and technology, 31(1), 1-5.
 23. Salminen, A., Latva-Kala, K., Randell, K., Hurme, E., Linko, P., & Ahvenainen, R. (1996). **“The effect of ethanol and oxygen absorption on the shelf-life of packed sliced rye bread,”** Packaging technology and science, 9(1), 29-42.
 24. Almenar, E., Catala, R., Hernandez-Muñoz, P., & Gavara, R. (2009). **“Optimization of an active package for wild strawberries based on the release of 2-nonanone,”** LWT-Food Science and Technology, 42(2), 587-593.
 25. Skandamis, P. N., & Nychas, G. J. E. (2002). **“Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions,”** International journal of food microbiology, 79(1-2), 35-45.
 26. Han, J. H. (2003). **“Antimicrobial food packaging,”** Novel food packaging techniques, 8, 50-70.
 27. Quintavalla, S., & Vicini, L. (2002). **“Antimicrobial food packaging in meat industry,”** Meat science, 62(3), 373-380.
 28. Gómez-Estaca, J., López-de-Dicastillo, C., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R., & Gavara, R. (2014).

آدرس نویسنده

استان آذربایجان غربی - ارومیه - کیلومتر ۱۱
 جاده سرو، دانشگاه ارومیه - دانشکده کشاورزی
 و منابع طبیعی - گروه علوم و صنایع غذایی -
 کدپستی: ۵۷۵۶۱۵۱۸۱۸