بررسی انواع مواد ضدمیکروبی موثر در بسته‌بندی و امنیت مواد غذایی

Investigating the types of effective antimicrobial substances in food packaging and safety

جواد بدرلو * [۱]، مهدی رسولی [۲]، سروه احمدی [۲]

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰ پذیرش: ۱۴۰۲/۲/۳

چکیده

بسته‌بندی مواد غذایی منجر به حفظ محصولات در فضایی ایمن و تسهیل حمل و نقل و نگهداری آن یا با جلوگیری از آلودگی شیمیایی و افزایش عمر مفید محصولات غذایی، راحتی را برای مصرف‌کنندگان فراهم می‌کند. برای بسته‌بندی مواد غذایی از انواع مواد مختلف از جمله پلاستیک، شیشه، فلزات و کاغذ و کامپوزیت آن‌ها استفاده می‌شود و گاهی به آن موادی برای افزایش پایداری محصول اضافه می‌کنند. با توجه به افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و اهمیت انتقال مواد مضر از بسته‌بندی مواد به ماده غذایی نگرانی بیشتری در مورد استفاده از هر نوع ماده بسته‌بندی وجود دارد. استفاده از روش‌های مناسب که ضامن تولید، عرضه و مصرف غذای سالم در طول زنجیره غذا باشد و وجود نظام ایمن و کنترل مؤثر ماده غذایی موجب ارتقا بهداشت، سلامت و افزایش بهره‌وری اقتصادی می‌گردد. در بسته‌بندی مواد غذایی، ایمنی از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. ایمنی بسته‌بندی شامل کنترل ورود ترکیبات مضر از بسته‌بندی به ماده غذایی است. برهم‌کنش بین بسته‌بندی ماده غذایی و نفوذ ترکیبات مهاجر مانند پلاستی سایزرها، پایدارکننده‌های حرارتی، آنتی‌اکسیدان‌ها، حلال‌ها، مونومرها و الیگومرها و آلاینده‌های حاصل از تجزیه مونومرها، مواد افزودنی و آلاینده‌های محیطی موجب تغییر ویژگی‌های حسی ماده غذایی می‌گردد. فاکتورهای تأثیرگذار بر مهاجرت شامل ماهیت ماده غذایی، نوع، زمان و دمای تماس، ماهیت ماده بسته‌بندی، ویژگی‌های مواد مهاجر و مقدار آن در بسته‌بندی است که در پژوهش پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: ضد میکروب، مواد غذایی، امنیت غذایی، بسته بندی

مقدمه

بسته‌بندی مواد غذایی به دلیل حمل و نقل آسان و ارتباط مستقیم کاربر با مواد غذایی از اهمیت بسیاری برخوردار است. همچنین یکی از عواملی که به صورت مستقیم در عمر مفید مواد غذایی نقش دارد، بسته‌بندی و نحوه انجام این عمل است. همواره تلاش بر آن است تا مواد غذایی در بازه قبل تولید تا زمان مصرف در معرض آلودگی‌های شیمیایی

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه ترویج و آموزش کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

[۲] استادیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، واحد ورامین-پیشوا، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران

- نویسنده و مسئول مکاتبه کننده: javad7713@yahoo.com

قرار نگیرند (۱). به این منظور نوع موادی که در بسته‌بندی مواد غذایی به کار رفته، از اهمیت خاصی برخوردار است. جهت بسته‌بندی مواد غذایی از مواد متنوعی مانند کریستال، فلزات، کاغذها، پلاستیک‌ها و کامپوزیت استفاده شده است (۲، ۳). از دلایلی که مصرف‌کننده مواد غذایی مورد نظر خود را از برند به خصوصی تهیه می‌کند، به بسته‌بندی و مواد به کار رفته در آن است. امروزه افکار بسیاری از افراد به حفظ کیفیت مواد غذایی در طول مسیر خود گره خرده است. این درصورتی است که تولید مواد غذایی بدون بسته‌بندی در ذهن کاربر غیر قابل تصور خواهد بود. در این صورت بسته‌بندی به یکی از بزرگترین صنایع در جهان تبدیل شده است. بسته‌بندی مواد غذایی علاوه بر وظیفه معمول خود که محافظت از محتوای مواد غذایی است، وظیفه تضمین تازگی، طعم و ارزش غذایی محصول را برعهده دارد و در نتیجه منجر به ماندگاری طولانی‌مدت و تامین مواد غذایی ایمن‌تر خواهد شد. به‌دلیل ارتباط مستقیم مواد به‌کاررفته در بسته‌بندی مواد غذایی با مواد غذایی، از موادی که از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مناسب برخوردار هستند استفاده می‌شود (۳). در طول فرایند تولید مواد پلاستیکی، مواد متنوعی به آن اضافه می‌شوند. بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته" (MAP) روشی است که برای طولانی کردن عمر قفسه‌ای مواد غذایی فراوری شده یا تازه استفاده می‌شود (۴). بسته‌بندی‌های مختلف بسته‌بندی در شرایط اتمسفر تغییر یافته فناوری نگهداری متداولی برای حفظ محصولات تازه است زیرا می‌تواند به کاهش سرعت تنفس محصول کمک کند، از رشد میکروبی جلوگیری نماید و باعث کاهش فعالیت‌های متابولیکی و اتلاف رطوبت در میوه‌ها و سبزی‌ها شود (۵). از آنجایی که میوه‌ها و سبزی‌های تازه دارای بافت زنده و متابولیسمی فعال هستند، برای فعالیت‌های خود به اکسیژن نیاز داشته و در اثر تنفس دی اکسید کربن تولید می‌کنند فعالیت‌های متابولیکی در بافت زنده میوه شامل فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با پیری و سوخت و ساز است که هرچه سرعت بیشتری داشته باشد پیری و زوال میوه با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد (۴، ۵). اتمسفر تغییریافته درون بسته به‌طور مستقیم به‌شدت تنفس فرآورده و نفوذپذیری پوشش به‌کاررفته برای گازهای اکسیژن، دی اکسید کربن و کاهش غلظت گاز اکسیژن تا رسیدن به یک وضعیت تعادلی بستگی دارد این ترکیب اتمسفری می‌تواند عمر پس‌از برداشت محصول را با کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن کاهش فعالیت متابولیکی، به‌تأخیرانداختن قهوه‌ای شدن آنزیمی و حفظ ویژگی‌های ظاهری افزایش دهد (۶). به طور کلی انواع بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییریافته را می‌توان به دو صورت فعال و غیر فعال اعمال نمود. اتمسفر تغییر یافته به‌صورت غیرفعال از طریق مصرف اکسیژن و تولید دی اکسید کربن در اثر تنفس به وجود می‌آید. به‌دلیل توانایی محدود تنظیم اتمسفر به صورت غیرفعال، اتمسفری که به‌صورت فعال تولید می‌گردد، مطلوب‌تر است (۷). اتمسفر فعال به‌طور معمول از طریق خلا اندک و جایگزین‌کردن اتمسفر بسته با مخلوط گازی مطلوب یا با استفاده از مواد جاذب، اکسیژن دی اکسید کربن و اتیلن به وجود می‌آید (۶، ۷).

مهاجرت و فاکتورهای اصلی کنترل‌کننده آن

بسته‌بندی مواد غذایی از طریق تسهیل در حمل و نقل، ذخیره‌سازی و همچنین حفظ مواد غذایی نقش مهمی در صنایع غذایی دارد. براین‌اساس نوع، ترکیب ساختار ویژگی‌ها، کیفیت کلی و شرایط فناوری استفاده از ماده بسته‌بندی در صنایع غذایی می‌تواند ایمنی، کیفیت و ماندگاری مواد غذایی را تا حد زیادی تحت‌تأثیر قرار دهد. در بسته‌بندی ماده غذایی احتمال انتقال بخار آب یا اکسیژن از بسته‌بندی به ماده غذایی (نفوذ)، انتقال جرم اجزاء ماده غذایی به بسته‌بندی (جذب) و انتقال جرم از اجزاء بسته‌بندی به ماده غذایی وجود دارد (۸). واژه مهاجرت برای بیان انتقال مواد از بسته به ماده غذایی استفاده می‌گردد. مهاجرت انتقال ترکیبات از سطح مواد بسته‌بندی طی واکنش‌های فیزیک و شیمیایی به محصول است؛ بنابراین پدیده مهاجرت یک طرفه نیست (۷، ۸).

مهاجرت ترکیبات شیمیایی یک فرایند انتشار تحت کنترل عوامل سینتیکی ترمودینامیکی است و توسط قانون فیک توصیف می‌گردد. قوانین طبیعی شیمی - فیزیک در مهاجرت نقش دارند. اجزاء ماده غذایی مثل چربی یا آب می‌توانند موجب تورم ماده بسته‌بندی و افزایش مهاجرت ترکیبات بسته‌بندی شوند، به خصوص اگر غذا در بسته‌بندی حرارت ببیند مهاجرت به چند فاکتور دیگر وابسته است زمان و درجه حرارت تماس نوع ماده بسته‌بندی ضخامت ماده بسته‌بندی و وزن مولکولی مواد مهاجرت‌کننده (۹).

پدیده مهاجرت در غذاهای بسته‌بندی شده ممکن است در دو جهت به طور همزمان یعنی از مواد بسته‌بندی به محصول غذایی و بالعکس رخ دهد. مواد مولکولی با وزن مولکولی پایین مانند افزودنی‌ها و الیگومرهای فیلم‌های بسته‌بندی به مواد غذایی منتقل می‌شوند (۹). در نتیجه انتقال انبوه مواد از بسته‌بندی، رنگ غذا، عطر، طعم و مواد مغذی آن تحت تأثیر قرار می‌گیرند که بر ویژگی‌های حسی آن اثر می‌گذارد. مهاجرت شیمیایی نشان داده شده است. برای مواد پلاستیکی مانند PET APP PE و غیره، شامل دو مهاجرت کلی و خاص تعریف می‌شود حد مهاجرت کلی (OML) عبارت است از مجموع مواد منتقل شده از بسته به ماده غذایی اعم از مواد شناخته شده و شناخته نشده حد مهاجرت کلی در مورد اکثر مواد ۳۰ میلی‌گرم در لیتر تعیین شده است. حد مهاجرت خاص (SML) یک محدودیت برای مواد یا گروهی از مواد مهاجرت‌کننده است (۹، ۱۰).

بسته‌بندی ضدمیکروبی

از آنجایی که آلودگی میکروبی میوه‌ها و سبزی‌ها ابتدا در سطح محصول رخ می‌دهد در سال‌های اخیر توجه خاصی به سیستم‌های بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی شده است. در این سیستم‌ها ترکیبات ضدمیکروبی به منظور افزایش عمر قفسه‌ای و کیفیت درون بسته آزاد می‌گردد (۱۰). این سیستم یک محیط درونی دربسته ایجاد کرده و رشد میکروبی را به تأخیر می‌اندازد. میوه‌های تازه و سبزی‌ها از جمله محصولات بسیار فاسدشدنی در دوره پس‌از برداشت هستند

پوسیدگی میکروبی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت محصولات تازه می‌باشد. تیمارهای شیمیایی پس‌از برداشت می‌تواند باعث کاهش پوسیدگی شود اما اثر این مواد با ظهور نژادهای مقاوم کاهش می‌یابد. از طرفی مصرف‌کننده‌ها نگران باقی‌مانده مواد شیمیایی در محصولات هستند. سازمآن‌های بین‌المللی که منابع جهانی را حمایت می‌کنند کاهش ضایعات پس‌از برداشت میوه و سبزی را روش عملی برای حل نیاز غذایی آینده می‌دانند (۱۰، ۱۱). از مهم‌ترین فناوری‌ها برای کنترل بیماری‌های پس‌از برداشت کاربرد مواد ضدمیکروبی است. بسته‌بندی ضدمیکروبی، نوعی سیستم بسته‌بندی است که قادر به کشتن و ازبین‌بردن آلودگی‌ها و میکروارگانیسم‌های بیماریزای عامل فساد مواد غذایی است. سیستم ضدمیکروبی با افزایش فاز تأخیر رشد میکروارگانیسم و کاهش رشد و یا کاهش تعداد میکروارگانیسم زنده رشد میکروبی را محدود می‌کند (۱۰).

انواع بسته‌بندی‌های ضدمیکروبی

بسته‌بندی مواد غذایی به صورت کلی به چند روش در حال انجام است مانند افزودن بالشتک‌های دارای مواد میکروب‌زدا درون بسته، ترکیب مواد بخصوص ضدمیکروبی به‌صورت مستقیم به پلیمر، ثابت‌نگهداشتن مواد ضدمیکروبی روی پلیمر توسط یون‌های بخصوص، استفاده از پلیمر با خواص ضدمیکروبی (۱۱).

مواد ضدمیکروبی شیمیایی

مواد ضدمیکروبی شیمیایی عمومی‌ترین مواد مورد استفاده در صنعت می‌باشند که شامل اسیدهای آلی قارچ‌کش‌ها الکل‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها می‌باشند. اسیدهای آلی شامل اسیدهای بنزوئیک پارابنها سورباتها اسید سوربیک اسید پروپیونیک اسید استیک اسیدهای چرب با اندازه متوسط و مخلوطی از آن‌ها دارای فعالیت ضدمیکروبی قوی بوده و به عنوان گندزدایی کننده و نگه‌دارنده مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند ایمازالیل در فیلم پلاستیکی ترکیب شده و فعالیت ضدقارچی آن‌ها ثابت شده است. اتانول فعالیت ضد قارچی و ضدباکتریایی قوی دارد اما برای جلوگیری از رشد مخمر مناسب نیست. اتانول همچنین برخی از مواد فرار را که باعث بوی نامطلوب در بیشتر مواد غذایی می‌گردد افزایش می‌دهد (۱۲).

مواد ضدمیکروبی طبیعی

در سال‌های اخیر علاقه به مواد ضدمیکروبی طبیعی افزایش داشته است. مطالعات زیادی روی فعالیت ضدمیکروبی رنج وسیعی از ترکیبات طبیعی انجام شده است. در بین این مواد چندین اسانس، گیاهی الکل‌ها اسیدهای آلی و ترکیبات معطر فعالیت بیولوژیکی نشان می‌دهند. گیاهان دارویی حاوی تعدادی از مواد سازنده ترکیبات ضدمیکروبی می‌باشد که به عنوان عوامل کنترل‌کننده بیماری‌های پس‌از برداشت مورد بررسی قرار می‌گیرند. مهم‌ترین دلیل برای توسعه کاربرد مواد طبیعی در میوه‌های تازه و سبزی‌ها تقاضای مصرف‌کننده برای نگهداری مواد غذایی با روش‌های طبیعی یا

ارگانیک است (۱۳). با این حال، تیمارهای ترکیبات طبیعی مانند اسانس‌های گیاهی به علت انتقال مواد معطر از اسانس به میوه یا سبزی‌ها می‌تواند کیفیت حسی محصول را تحت‌تأثیر قرار دهد. میکروکپسول‌سازی یک‌روش برای حل این مشکل است. زیرا در طول این فرایند مواد ضدمیکروبی متراکم شده در کپسول در مقدار کم و به‌مرور در اتمسفر آزاد شده و اثرات آن را بر طعم مواد غذایی کاهش می‌دهد (۱۲، ۱۳). این فرایند می‌تواند رشد میکروبی محصولات را بدون اثر بر کیفیت محافظت کرده و قابلیت کاربرد به عنوان سیستم حسی بسته‌بندی فعال را دارد. مواد ضدمیکروبی فعالیت متفاوتی داشته و روی میکروارگانیسم‌ها اثر متفاوتی می‌گذارند به علت مکانیسم‌های ضدمیکروبی و فیزیولوژی مختلف میکروارگانیسم‌ها عامل ضدمیکروبی جامع وجود ندارد که بتواند همه میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را از بین ببرد (۱۳).

بالشتک‌های ضدمیکروبی

بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی به چند روش شامل: ترکیب مستقیم ماده ضدمیکروبی درون پلیمر پوشش روی سطح بسته‌بندی پوشش‌های خوراکی با خاصیت ضدمیکروبی و بالشتک ضدمیکروبی انجام می‌شود. بالشتک‌ها و پدهای قرار گرفته در بسته نوعی از بسته‌بندی ضدمیکروبی هستند (۷، ۹، ۱۳). پیشرفت‌های اخیر در بسته‌بندی ضدمیکروبی به شکل فیلم‌های خوراکی زیست‌تخریب‌پذیر و نانوکامپوزیت‌های فلزی می‌باشند، اگرچه بالشتک‌ها هنوز نقش شاخصی در بسته‌بندی ضدمیکروبی کنند بالشتک‌های ضدمیکروبی در دو گروه قرار می‌گیرند. گروه اول مواد ضدمیکروبی تولید کرده و سپس‌ازاد می‌کنند و گروه، دوم بالشتک‌های حاوی حامل‌هایی که مواد ضدمیکروبی آزاد می‌کنند. گروه اول این بالشتک‌ها در دو گام تولید می‌شوند: ابتدا ترکیبات ضدمیکروبی درون بالشتک قرار گرفته و سپس بالشتک دوخت می‌شود از این نوع بالشتک می‌توان سیستم آنزیمی تولیدکننده بخارات آلیل ایزوتیوسیانات از طریق فعالیت سیتیژرین - میروسیناز و آزاد شدن دی اکسید کلرین را نام برد. گروه دوم در این گروه از بالشتک‌ها مواد ضدمیکروبی درون یک حامل قرار گرفته و درون بسته قرار می‌گیرد (۱۴). ترکیب آلیل ایزوتیوسیانات درون حامل رزین پلی اتیلن درون پوشش نمونه‌ای از این نوع بالشتک می‌باشد. اصول تولید این بالشتک‌ها جذب مواد ضدمیکروبی درون یک حامل و سپس‌ازادسازی آن درون یک سیستم بسته‌بندی است. آزادسازی معمولاً از طریق بافت‌های نفوذپذیر به این مواد صورت می‌گیرد (۳، ۶، ۱۲).

تاثیر بالشتک های ضدمیکروبی بر خصوصیات فیزیکی مواد غذایی

بسته‌بندی فعال با برچسب حاوی اسانس دارچین باعث افزایش عمر قفسه‌ای هلو گردید که نسبت به بسته‌های بدون برچپ کارایی بهتری نشان داد که علت آن می‌تواند ترکیبات فعال آزادشده در بسته باشد. خصوصیات فیزیکی - شیمیایی هلو مانند کاهش وزن و سفتی نیز در بسته‌بندی فعال بهتر بوده از فعالیت آنزیم لیپرکسیژناز جلوگیری کرد،

و فعالیت سایر آنزیمها را تحت‌تاثیر قرار داد (۱۵). پس‌از ۱۲ روز نگهداری هلو بسته‌بندی شده در دمای اتاق کیفیت میوه در حد بهینه گزارش گردید و اثری از طعم اسانس دارچین به وسیله تشخیص ارزیاب در میوه مشاهده نشد. در پژوهش دیگری بالشتک‌های اسانس به‌عنوان بخشی از بسته‌بندی ضدمیکروبی برای نگهداری پاپایا مورد استفاده قرار گرفت و کاهش رشد میکروبی در میوه نشان داده شد (۱۵). باتوجه به عدم تفاوت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بین شاهد و تیمارها این بالشتک‌ها اثر مضری بر کیفیت میوه پاپایا نداشت و رسیدن طبیعی میوه تحت‌تأثیر بالشتک‌ها حاوی اسانس قرار نگرفت. بسته‌بندی فعال توت‌فرنگی با غلظت‌های مختلف از عصاره دارچین تأخیر در فساد قارچی میوه و بهبود شاخص‌های کیفی میوه را باعث گردید در مقایسه با شاهد استحکام بافت افزایش و میزان افت وزن شدت تنفس و درصد فساد کاهش نشان داد در انگور کاربرد اسانس میخک به روش تدخینی در غلظت‌های مختلف، پوسیدگی، تلفات آب، تجمع مواد جامد محلول چروکیدگی و قهوه‌ای شدن چوب خوشه و قهوه‌ای شدن و ریزش حبه را طی مدت انبارداری کاهش داد (۱۳، ۱۴). غوطه‌وری با عصاره با توجه به کنترل ضعیف‌تر پوسیدگی و نیز وقوع کاهش آب و قهوه‌ای شدن چوب خوشه چندان توصیه نشده است. کاربرد ۲ نونانون در بسته‌بندی فعال توت فرنگی وحشی به همراه اتمسفر تغییر یافته تعادلی باعث بهبود عمر قفسه ای توت فرنگی شد. به طوری که کاربرد غلظت پایین ۲ نونانون بر خواص کیفی و حسی محصول تأثیر نداشت، اما باعث کاهش رشد قارچها شده و با کاهش فعالیت‌های فیزیولوژیکی پس‌از برداشت میوه باعث تأخیر در پیری گردید (۱۲، ۱۳).

بر اساس نتایج سرانو و همکاران (۲۰۰۸)، کاربرد اوژنول تیمول و منتول در اتمسفر تغییر یافته از کاهش وزن میوه گیلاس جلوگیری نمود. به‌نظر می‌رسد این ترکیبات با کاهش فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی گالاکتوروناز و پکتین متیل استراز، تغییرات دیواره سلولی و نرم‌شدگی آن را گند نموده و بدین‌ترتیب از کاهش رطوبت و افت وزن جلوگیری می‌کنند. بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی در چند رقم انگور و گیلاس باعث بهبود کیفیت میوه و یا به‌عبارتی حفظ خواص ارگانولپتیک میوه همراه با سالم‌بودن گردید. در این بسته‌بندی اسانس خالص بر روی گاز استریل قرار گرفته و درون بسته حاوی میوه قرار گرفت. نتایج نشان داد که این بسته‌بندی فعال باعث کاهش نرم‌شدن و رنگ‌گیری بهتر میوه نسبت به شاهد گردید (۱۵).

ترکیب اسانس و بسته‌بندی تغییر یافته نسبت به اتمسفر تغییر یافته به‌تنهایی باعث افزایش عمر پس‌از برداشت گردید. در پژوهش والورد و همکاران عنوان شد که افزودن اوژنول، تیمول و منتول به بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، سبب کنترل کاهش وزن کاهش تغییرپذیری رنگ نسبت قند به اسید و حفظ سفتی میوه انگور می‌شود. تلفیق بسته‌بندی با ترکیبات منتول و اوژنول در انگور باعث تأخیر در نرم‌شدن و کاهش نسبت مواد جامد محلول به اسید گردید همچنین این ترکیبات توسعه قارچی در بسته‌بندی انگور را به تأخیر انداخت (۱۳، ۱۴). بسته‌بندی فعال توت‌فرنگی با ترکیبات

منتول و تیمول نشان داد با توجه به نبود تأثیر نامطلوب منتول بر بو و مزه نسبت به تیمول و تأثیر مثبت آن بر ویژگی‌های کیفی میوه، منتول می‌تواند به‌عنوان یک عامل فعال در بسته‌بندی توت‌فرنگی استفاده شود (۱۴).

امیری و همکاران گزارش کردند اسانس نعناع فلفلی بارگذاری شده در قوم میکروسلولی نشاسته در بسته‌بندی ضدقارچی میوه توت‌فرنگی تأثیر مثبت داشت و توانست با حفظ ترکیبات فیتوشیمیایی بار میکروبی را کاهش دهد و رهایش متوالی اسانس در بالشتک ساخته‌شده باعث عدم تغییر طعم و مزه میوه گردد (۱۲).

بسته‌بندی فعال مواد غذایی با استفاده از نانو ذرات آنتی‌باکتریال

بسته‌بندی‌های فعال حاوی موادی با عملکردی خاص شبیه به بسته‌بندی‌هایی هستند که از ورود اکسیژن و فساد غذا جلوگیری می‌کنند و فناوری به‌کاررفته در آن‌ها از بسته‌بندی هوشمند یک گام جلوتر است. در این بسته‌بندی‌ها مهم‌ترین نگرانی در مورد جذب و مصرف اکسیژن است. به علاوه خاصیت ضدمیکروبی نیز برای این نوع بسته‌بندی است که محصولات نانو به‌خوبی به این نیاز بسیار مهم پاسخ می‌دهند این بسته‌بندی‌ها را طوری طراحی کرده‌اند که به محض شروع فساد در ماده غذایی داخل بسته، از خود، ماده نگهدارنده آزاد می‌کنند این نوع بسته‌بندی توسط یک سوییچ زیستی، که به روش نانوفناوری ساخته‌شده فعال می‌شود (۱۰، ۱۱، ۱۵).

نانو ذرات نقره

علم نانو و نانو فناوری عبارت است از شناخت، تولید و به‌کارگیری مواد در ابعاد کوچک تر از ۱۰۰۰ نانومتر در مقیاس اتمی مولکولی و ماکرومولکولی است. مواد در ابعاد نانو نسبت سطح به حجم بیشتری در مقایسه با ذرات بزرگ‌تر با همان ترکیب شیمیایی دارند و همین امر موجب می‌شود تا از نظر بیولوژیکی فعال‌تر باشند (۱۲). بررسی‌ها نشان داده است که هرچه اندازه نانو ذرات کوچک‌تر باشد خصوصیات و فعالیت‌های جدید و متفاوت‌تری از خود نشان می‌دهند ترکیب‌کردن نانو مواد در پلیمرهای پلاستیکی منجر به توسعه و ایجاد بسته‌بندی جدیدی شده است به‌عنوان مثال می‌توان از نانو کامپوزیت‌های پلیمری با انعطاف‌پذیری بالا، مقاوم به دما، رطوبت و مقاوم به عبور گازها و نیز بسته‌بندی‌های فعال و هوشمند نام برد. در میان عوامل ضدمیکروبی غیرآلی یون‌های نقره و ترکیبات بر پایهٔ نقره به‌طور قابل‌توجهی سبب مهار رشد میکروارگانیسم‌ها شده و اثر ضدزیستی شدیدی ضد بسیاری از گونه‌های باکتریایی نشان می‌دهند (۸).

به‌دلیل ویژگی ضدمیکروبی فوق‌العاده نقره و سمیت اندک یون‌های نقره آزاد برای سلول‌های پستانداران، علاقه برای استفاده از این نانو ذرات جهت کاربردهای غذایی در حال افزایش است نقره روی دسته وسیعی از میکروارگانیسم‌ها اعم از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی، قارچ‌ها پروتوزوآها و برخی ویروس‌ها اثر ضدمیکروبی دارد (۶، ۹). به‌علاوه نقره پایداری حرارتی بالا و فراریت کم داشته و بنابراین می‌تواند شرایط حین فراوری را به‌خوبی تحمل کند. مکانیسم اثر

ضدمیکروبی نانوذرات نقره به‌خوبی شناخته نشده است اما دالاس و همکارانش در سال (۲۰۱۱) طی یک مقاله مروری به سه مکانیسمی که به‌طور معمول توسط محققان مختلف پیشنهاد شده است اشاره کرده اند : ۱- آزادسازی تدریجی یون‌های نقره و در نتیجه مهار تولید ATP و رونویسی DNA -۲ آسیب مستقیم به غشای سلولی توسط نانو ذرات نقره -۳ ایجاد رادیکال‌های اکسیژن فعال توسط نانو ذرات نقره و یون‌های نقره یون‌های نقره می‌توانند به گروه‌های دهنده الکترون مثل گوگرد، اکسیژن یا نیتروژن در مولکول‌های زیستی متصل شوند (۹).

برهم‌کنش یون‌های نقره با گروه تیول پروتئین‌ها می‌تواند سبب غیرفعال‌شدن آنزیم‌های باکتریایی شود. در پاسخ به دناتوراسیون پروتئین‌ها امکان فشرده‌شدن و عدم رونویسی مولکول‌های وجود خواهد داشت. برخی محققان آزادسازی یون‌های نقره را برای اعمال اثر ضدمیکروبی ضروری می‌دانند. اما یو و همکارانش گزارش کرده‌اند که در DNA هیدروژل‌ها (PVA-PVP) پلی‌وینیل الکل و پلی‌وینیل پیرولیدون حاوی نانوذرات نقره نانوذرات نقره می‌توانند تنها از طریق تماس سطحی روی باکتری‌های اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس" اثر ضدمیکروبی داشته باشند. طبق یافته‌های برخی از پژوهشگران نانوذرات نقره با سایز ۱تا ۱۰ نانومتر درصورتی که متراکم و به‌هم چسبیده نشد ، باشند، دارای بیشترین اثر ضدمیکروبی هستند (۱۰).

نانولوله های کربنی ضدباکتریال در بسته‌بندی

مواد غذایی کربن نانو لوله ها نیز از جمله نانو کامپوزیت‌هایی محسوب می‌شوند که دارای خواص ضد باکتریایی می‌باشند تماس مستقیم CNTS با E.coli منجر به مرگ آن‌ها می‌شود که احتمالاً به‌دلیل طویل و نازک‌بودن CNTs سوراخی غیرقابل برگشت در سلول‌های میکروبی ایجاد می‌کند از سوی دیگر مطالعات نشان می‌دهند که کربن نانوتیوب‌ها برای سلول‌های انسانی در اثر حداقل تماس با پوست و ریه سمیت ایجاد می‌کنند. با این وجود، دانستن اثر نانولوله‌های کربنی هنگام مصرف با توجه به خطر مهاجرت ذرات موجود در مواد بسته‌بندی و مصرف این مواد غذایی ضروری می‌باشد. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که نانولوله‌های تک‌دیواره خالص فعالیت ضدمیکروبی بسیار قوی از خود نشان می‌دهند که مکانیسم احتمالی آن آسیب شدید به غشای سلولی در اثر تماس مستقیم با باکتری‌ها می‌باشد (۱۱).

مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع مروری است. برای انجام این پژوهش مقالاتی که دارای اعتبار بالا و تعداد استناد بسیاری بود استفاده شده است. به منظور یافتن این مقالات از موتور جستجوگرهای google scholar, sid.ir, normagezin, sciencedirect استفاده شده است. همچنین جهت سهولت در دسترسی به مقالات مورد بررسی از کلید واژه‌های مشخص (مواد غذایی، بسته‌بندی، ضدمیکروبی، امنیت غذایی) استفاده شده است. معیار بررسی هر پژوهش ارتباط مواد ضدمیکروبی با بسته‌بندی مواد غذایی و امنیت آن است و از مقالاتی که ارتباط کمتری داشتند صرفا برای گسترش

محتوای متغیر استفاده شده است. برای انجام این پژوهش ۱۵ مقاله مورد بررسی قرار گرفته است که ۸ مقاله خارج از کشور و ۷ مقاله داخل کشور به چاپ رسیده است. در کل ۹ مقاله مرتبط است و ۶ مقاله دارای ارتباط کمرنگ‌تری است. در مجموع حدود یک ماه برای مرور مقالات بدست آمده زمان صرف شده است و نگارش این پژوهش حدود ۱ ماه زمان برده است. برای هر کدام از مقالات مرتبط یک هفته زمان به منظور بازبینی دقیق صرف شده است و برای هر تحقیق که ارتباط کمتری داشت سه‌روز زمان صرف شده است. به منظور کاهش سوگیری شخصی، جمع‌بندی نتایج حاصل از پژوهش روش بررسی صحت فرضیه‌های پژوهش‌های صورت گرفته مورد بررسی قرار گرفته است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی بسته‌بندی نگهداری و محافظت ماده غذایی از مخاطرات فیزیک و شیمیایی و میکروبی است که متأثر بر ایمنی و کیفیت مواد غذایی است برای یک محصول غذایی خاص انتخاب دقیق مواد بسته‌بندی باید با در نظر گرفتن اجزای محصول نهایی، تمام فعل و انفعالات احتمالی آن‌ها و همچنین تأثیر ناشی از آن بر کیفیت و ایمنی مواد غذایی صورت بگیرد. معیار انتخاب بسته‌بندی مواد غذایی انطباق آن‌ها با قوانین و مقررات معتبر است که ممکن است نیاز به اندازه‌گیری مهاجرت کلی و خاص داشته باشد. آلودگی میکروبی و رشد میکروب‌ها روی مدت نگهداری مواد غذایی تأثیرگذار است و عمر نگهداری آن‌ها را کاهش می‌دهد و در عین حال خطر ابتلا به بیماری‌های ناشی از مصرف غذا را افزایش می‌دهد. هدف از استفاده از مواد ضدمیکروبی عمدتاً از بین بردن میکروارگانیسم‌های پاتوژن و مولد فساد می‌باشد. امروزه مواد ضدمیکروبی مصنوعی و طبیعی متعددی شناخته شده است که تمایل به سمت استفاده از مواد طبیعی است. تغییرات ایجاد شده در تمایل مصرف‌کننده منجر به نوآوری و توسعه در زمینه بسته‌بندی‌های جدید شده است. به‌همین‌دلیل بسته‌بندی ضدمیکروبی به دلیل توانایی آن برای تأمین کیفیت و ایمنی مورد توجه خاص پژوهشگران و صنایع قرار دارد.

این نوع بسته‌بندی نیاز مصرف‌کننده را به فرآورده با حداقل ماده افزودنی برطرف کرده است. اشاره به این مورد نیز ضروری است که هر چند بسته‌بندی ضدمیکروبی نقش مؤثری در کاهش خطر آلودگی به باکتری های بیماریزا و افزایش ماندگاری مواد غذایی دارد. هرگز جایگزین استفاده از مواد خام با کیفیت بالا، فراوری مناسب و استفاده از روش‌های تولید بهینه نمی‌شود. لازم به ذکر است که برای استفاده به صورت گسترده از این فناوری بررسی‌های بیشتری به‌منظور یافتن روش‌های تولیدی اقتصادی و کارایی بهتر باید صورت گیرد.

پژوهش‌های فیزیولوژی پس‌از برداشت به طور سنتی بر فرایندهای کاربردی تلفیقی شامل جابه‌جایی انبارداری و بازاررسانی میوه‌ها که تضمین‌کننده کیفیت میوه در بازار می‌باشند، متمرکز بوده است. در سال‌های اخیر برخی از روش‌های نوین به طور عمده با هدف کنترل مؤثر فساد میکروبی محصولات تازه و کنترل پوسیدگی قارچی پس‌از

برداشت محصول مورد استفاده قرار گرفت که به کارگیری این روش‌ها توانسته ضررهای مالی تولیدکنندگان و انبارداران را کاهش داده و موجب حفظ خصوصیات کمی و کیفی میوه و سبزی گردد. روش‌های زیادی به صورت پیش و پس‌از برداشت به منظور کنترل پوسیدگی محصول‌های باغی به‌کار برده شده است و بیشتر شامل مواد شیمیایی و قارچ‌کش‌ها بوده که امروزه مصرف آن‌ها ممنوع شده است. بسته‌بندی ضدمیکروبی یکی از مهم‌ترین شکل‌های بسته‌بندی فعال است که به روش‌های مختلف می‌تواند در افزایش عمر محصولات کشاورزی مفید واقع شود. استفاده از واکس برای پوشش‌دهی میوه در صنعت میوه داخل و خارج کشور سابقه‌ای طولانی دارد ولی عمده واکس‌های استفاده بر پایه مواد سنتزی شیمیایی بوده و برخی مورد محتوی ترکیبات قارچ‌کش هستند که برای انسان خطرناک می‌باشند. امروزه با توجه به افزایش سطح دانش، اکثر مصرف‌کنندگان غذاها را بدون مواد شیمیایی مصنوعی ترجیح می‌دهند بالشتک‌های ضدمیکروبی و پوشش‌های ضدمیکروبی ارگانیک به عنوان فناوری نوین و نوظهور در صنعت بسته‌بندی ،میوه از جمله موضوعاتی است که در بخش تجاری کشور کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این پروژه با معرفی و نحوه ساخت بالشتک‌ها و پوشش‌های ضدمیکروبی اطلاعاتی در این زمینه در اختیار تولیدکنندگان این مواد و مصرف‌کنندگان از جمله انبارداران و سردخانه داران به‌جهت تأثیر بر روی خصوصیات کیفی میوه و سبزی داده شده است.

منابع: **References**

۱. **امیری, اعظم, رمضانیان, اصغر.** (**۱۳۹۹**). تأثیر بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی بر خصوصیات کیفی میوه‌ها و سبزی ها. فصلنامه علمی علوم و فنون بسته‌بندی, ۱۲(۴۵), ۴۲-۵۱.

۲. **بقری, پروین, صداقت, ناصر.** (**۱۴۰۰**). ایمنی غذایی با تمرکز برمهاجرت از بسته‌بندی های پلاستیکی. فصلنامه علمی علوم و فنون بسته‌بندی, ۱۲(۴۷), ۱-۸.

۳. **حسینی صدر, سبلان وند, & ولیزاده.** (**۱۳۹۶**). کاربرد نانوتکنولوژی در بسته‌بندی مواد غذایی. پویش در آموزش علوم پایه, ۳(۸), ۴۱-۵۱.

۴. **شمس ابادی, امید.** (**۱۴۰۱**). مروری بر کاربرد نانو مواد و پلیمرهای زیست تخریب در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی. فصلنامه علمی بسپارش.

۵. **فتحی فر, صداقت.** (**۱۳۹۵**). کاربرد نانو ذرات نقره در بسته‌بندی مواد غذایی. In دومین کنگره سراسری در مسیر توسعه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.

۶. **قیافه شیرزادی, آسیه, صداقت, ناصر. (۱۴۰۱).** استفاده از تکنیک‌های نوین در بسته‌بندی انواع کیک. فصلنامه علمی علوم و فنون بسته‌بندی, ۱۲(۴۸), ۲۷-۳۴.

۷. **یاوری معروفی, شهابی, قربانی, مرجان. (۱۴۰۱).** ارزیابی ویژگی‌های فیلم تقویت شده کیتوزان-صمغ گوار اصلاح شده حاوی عصاره رزماری به منظور کاربرد در بسته‌بندی فعال مواد غذایی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران, ۱۹(۱۲۵), ۱۳۵-۱۴۶.

8. **Bajer, D., & Burkowska-But, A. (2022).** Innovative and environmentally safe composites based on starch modified with dialdehyde starch, caffeine, or ascorbic acid for applications in the food packaging industry. *Food Chemistry*, *374*, 131639.
9. **Garavand, F., Cacciotti, I., Vahedikia, N., Rehman, A., Tarhan, Ö., Akbari-Alavijeh, S., & Jafari, S. M. (2022).** A comprehensive review on the nanocomposites loaded with chitosan nanoparticles for food packaging. *Critical reviews in food science and nutrition*, *62*(5), 1383-1416.
10. **Kim, I., Viswanathan, K., Kasi, G., Thanakkasaranee, S., Sadeghi, K., & Seo, J. (2022).** ZnO nanostructures in active antibacterial food packaging: preparation methods, antimicrobial mechanisms, safety issues, future prospects, and challenges. Food Reviews International, 38(4), 537-565.
11. **Nikolic, M. V., Vasiljevic, Z. Z., Auger, S., & Vidic, J. (2021).** Metal oxide nanoparticles for safe active and intelligent food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, *116*, 655-668.
12. Sharma, S., Mulrey, L., Byrne, M., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2022). Encapsulation of essential oils in nanocarriers for active food packaging. Foods, 11(15), 2337.
13. **Vasile, C., & Baican, M. (2021).** Progresses in food packaging, food quality, and safety—controlled-release antioxidant and/or antimicrobial packaging. *Molecules*, *26*(5), 1263.
14. **Wang, J., Euring, M., Ostendorf, K., & Zhang, K. (2021).** Biobased materials for food packaging. *Journal of Bioresources and Bioproducts*.
15. **Zhang, W., Jiang, H., Rhim, J. W., Cao, J., & Jiang, W. (2022).** Effective strategies of sustained release and retention enhancement of essential oils in active food packaging films/coatings. Food Chemistry, 367, 130671.

Investigating the types of effective antimicrobial substances in food packaging and safety

Javad Badrloo [3] *, Mehdi Rasouli [4], Sarveh Ahmadi [5]

Received:2023/01/10 **Accepted:2023/04/23**

ABSTRACT

Food packaging leads to the preservation of products in a safe environment and facilitates its transportation and storage, or by preventing chemical contamination and increasing the useful life of food products, it provides convenience to consumers. Various materials are used for food packaging, including plastic, glass, metals, paper, and their composites, and sometimes they add materials to increase the stability of the product. Due to the increasing awareness of consumers and the importance of transferring harmful substances from packaging materials to food, there is more concern about the use of any type of packaging material. The use of appropriate methods that guarantee the production, supply and consumption of healthy food along the food chain and the existence of a safe system and effective control of food will improve health and increase economic productivity. In food packaging, safety is very important. Packaging safety includes controlling the entry of harmful compounds from the packaging into the food. The interaction between food packaging and the penetration of immigrant compounds such as plasticizers, heat stabilizers, antioxidants, solvents, monomers and oligomers and pollutants resulting from the decomposition of monomers, additives and environmental pollutants changes the sensory characteristics of food. Factors affecting migration include the nature of the food, type, time and temperature of contact, the nature of the packaging material, the characteristics of the migrating material and its amount in the packaging, which are discussed in the research.

Keywords: antimicrobial, food, food safety, packaging

[3] Master's student of Agricultural Extension and Education Department, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
[5] Assistant Professor, Department of Agricultural Extension and Education, Varamin-Pishva Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran
Corresponding author: javad7713@yahoo.com