

تأثیر بسته‌بندی فعال ضد میکروبی بر خصوصیات کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها

اعظم امیری^۱، اصغر رمضانیان^{۲*}

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۹

چکیده

استفاده از بسته‌بندی فعال، روشی نوین برای نگهداری مواد غذایی می‌باشد و در سال‌های اخیر، پژوهش‌های زیادی برای تولید و اقتصادی کردن آن انجام شده است. این نوع بسته‌بندی با تغییر شرایط بسته‌بندی، ایمنی، ماندگاری و یا ویژگی‌های حسی ماده غذایی را بهبود می‌بخشد. مواد ضد میکروبی از جمله مهم‌ترین انواع ترکیبات فعال هستند که در طراحی بسته‌بندی فعال مورد استفاده قرار می‌گیرند. انواع مختلف ترکیبات ضد میکروبی مانند: ترکیبات شیمیایی و طبیعی از جمله اسانس‌ها برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این نوع بسته‌بندی به شکل‌های مختلف از جمله بالشتک‌های ضد میکروبی بارگذاری شده با اسانس‌های مختلف و پوشش‌های ضد میکروبی طبیعی برای میوه‌ها و سبزی‌های به کار گرفته شده است. در این مقاله مروری، به انواع بسته‌بندی ضد میکروبی و ترکیبات شیمیایی و طبیعی ضد میکروبی که می‌توانند در تولید بسته‌بندی‌های فعال استفاده شوند اشاره شده است. نحوه ساخت بالشتک‌های ضد میکروبی و کاربرد بالشتک‌ها و پوشش‌های ضد میکروبی در بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی

۱- مقدمه

بسته‌بندی فعال ضد میکروبی، بالشتک‌ها، ترکیبات فرار گیاهی، پوشش‌های ضد میکروبی

بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته^۲ (MAP) روشی است که برای طولانی کردن عمر قفسه‌ای مواد غذایی فرآوری شده یا تازه استفاده می‌شود. از میان 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 [۷]. 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، دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند. فعالیت‌های متابولیکی در بافت زنده میوه شامل فعالیت‌های آنزیمی مرتبط با پیری و سوخت‌وساز است که هرچه سرعت بیشتری داشته باشد

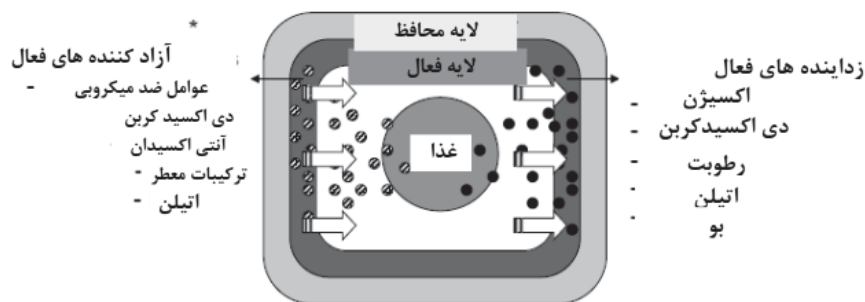
۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران (amiriazam23@gmail.com).

۲- استاد، بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

(*) نویسنده مسئول: ramezianian@shirazu.ac.ir

بین جعبه بسته‌بندی با هدف افزایش عمر قفسه‌ای محصول می‌باشد. به عبارتی، بسته‌بندی فعال، بسته‌بندی با تغییر شرایط مواد غذایی بسته‌بندی شده برای افزایش عمر قفسه‌ای یا برای بهبود سلامت و خصوصیات حسی آن با حفظ کیفیت خوب مواد غذایی بسته‌بندی شده تعریف می‌شود [۸]. در بسته‌بندی فعال، محصول با فضای گازی اطراف خود در فضای فوقانی بسته^۱ در تعامل می‌باشد. از روش‌های ایجاد بسته‌بندی فعال، استفاده از زاینده‌های اکسیژن، رطوبت و آزادکننده/جاذب‌های دی‌اکسیدکربن یا بو می‌باشد که به صورت بالشتک (ساشه)، پد یا برچسب درون بسته قرار می‌گیرند. بسته‌بندی ضد میکروبی یکی از مهم‌ترین شکل‌های بسته‌بندی فعال است. بسته‌بندی با خواص ضد میکروبی در واقع یک سیستم بسته‌بندی است که قادر به کشتن و از بین بردن آلودگی‌ها و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای عامل فساد مواد غذایی است. سیستم ضد میکروبی با افزایش فاز تأخیر در رشد میکروارگانیسم‌ها و کاهش تعداد میکروارگانیسم زنده، رشد میکروبی را محدود می‌کند. عوامل مختلف ضد میکروبی می‌تواند شامل: مواد شیمیایی، آنتی‌اکسیدان‌ها،

پیری و زوال میوه با سرعت بیشتری اتفاق می‌افتد. اتمسفر تغییر یافته درون بسته به طور مستقیم به شدت تنفس فرآورده و نفوذپذیری پوشش به کار رفته برای گازهای اکسیژن، دی‌اکسید کربن و کاهش غلظت گاز اکسیژن تا رسیدن به یک وضعیت تعادلی بستگی دارد. این ترکیب اتمسفری می‌تواند عمر پس از برداشت محصول را با کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن، کاهش فعالیت متابولیکی، به تأخیر انداختن قهوه‌ای شدن آنزیمی و حفظ ویژگی‌های ظاهری افزایش دهد [۸]. به طور کلی، انواع بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییر یافته را می‌توان به دو صورت فعال و غیرفعال اعمال نمود. اتمسفر تغییر یافته به صورت غیر فعال از طریق مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسید کربن در اثر تنفس به وجود می‌آید. به دلیل توانایی محدود تنظیم اتمسفر به صورت غیر فعال، اتمسفری که به صورت فعال تولید می‌گردد، مطلوب‌تر است. اتمسفر فعال به طور معمول از طریق خلاء اندک و جایگزین کردن اتمسفر بسته با مخلوط گازی مطلوب یا با استفاده از مواد جاذب اکسیژن، دی‌اکسید کربن و اتیلن به وجود می‌آید (شکل ۱) [۷].



شکل ۱- انواع آزادکننده‌ها و جاذب‌ها در بسته‌بندی فعال [۲]

محصولات بیوتکنولوژی، پلیمرهای ضد میکروبی، ترکیبات طبیعی و گازها باشند [۹].

۲- بسته‌بندی فعال

بسته‌بندی تغییر یافته فعال طی ۲۵ سال اخیر به ویژه در آمریکا و ژاپن به منظور نگهداری مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است و کاربرد انواع گوناگون این نوع بسته‌بندی، روز به روز در حال گسترش است. بسته‌بندی فعال، ترکیبی از افزودنی‌های خاص درون فیلم بسته‌بندی یا

1- Headspace

۳- بسته‌بندی ضد میکروبی

از آنجایی که آلودگی میکروبی میوه‌ها و سبزی‌ها ابتدا در سطح محصول رخ می‌دهد، در سال‌های اخیر توجه خاصی به سیستم‌های بسته‌بندی فعال ضد میکروبی شده است. در این سیستم‌ها، ترکیبات ضد میکروبی به منظور افزایش عمر قفسه‌ای و کیفیت درون بسته آزاد می‌گردد. این سیستم یک محیط درونی در بسته ایجاد کرده و رشد میکروبی را به تأخیر می‌اندازد [۱۰]. میوه‌های تازه و سبزی‌ها از جمله محصولات بسیار فاسد شدنی در دوره پس از برداشت هستند. پوسیدگی میکروبی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کیفیت محصولات تازه می‌باشد. تیمارهای شیمیایی پس از 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. سازمان‌های بین‌المللی که منابع جهانی را حمایت می‌کنند کاهش ضایعات پس از برداشت میوه و سبزی را روش عملی برای حل نیاز غذایی آینده می‌دانند. از مهم‌ترین فناوری‌ها برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت، کاربرد مواد ضد میکروبی است. بسته‌بندی ضد میکروبی، نوعی سیستم بسته‌بندی است که قادر به کشتن و از بین بردن آلودگی‌ها و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای عامل فساد مواد غذایی است. سیستم ضد میکروبی با افزایش فاز تأخیر رشد میکروارگانیسم و کاهش رشد و یا کاهش تعداد میکروارگانیسم زنده، رشد میکروبی را محدود می‌کند [۹].

۳-۱- انواع بسته‌بندی ضد میکروبی

بسته‌بندی ضد میکروبی به چند روش انجام می‌شود:

الف: افزودن بالشتک یا پد حاوی مواد فرار ضد میکروبی درون بسته‌ها

ب: ترکیب مواد فرار و غیر فرار ضد میکروبی به طور مستقیم درون پلیمر
ج: غیرمتحرک کردن مواد ضد میکروبی روی پلیمر به وسیله یون یا اتصال‌دهنده‌های کوالانت
د: استفاده از پلیمرها با خواص ذاتی ضد میکروبی (شکل ۲).

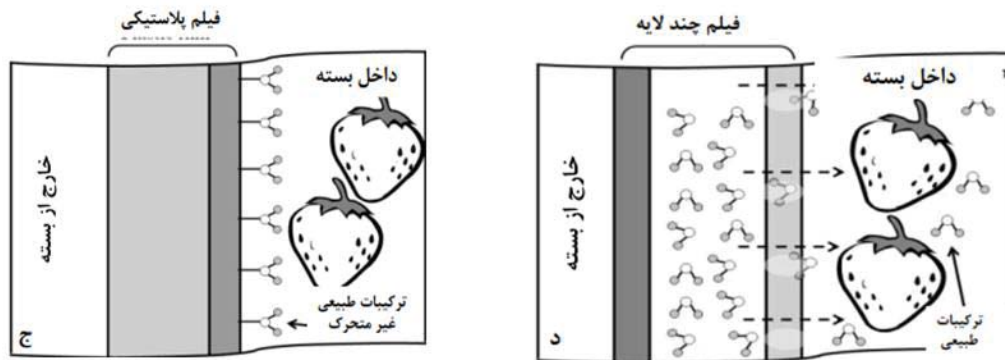
آزاد شدن تدریجی عامل ضد میکروبی از فیلم به سطح ماده غذایی از راه تدخین در مقایسه با غوطه‌ورسازی ماده غذایی در محلول ضد میکروبی یا محلول‌پاشی بر سطح ماده غذایی مزایایی دربر دارد.
الف. جلوگیری از کاهش سریع فعالیت ضد میکروبی که به‌طور معمول ناشی از غیر فعال شدن آن در اثر تماس با مواد تشکیل‌دهنده ماده غذایی (واکنش با ترکیب‌های ماده غذایی) است.

ب: انتشار سریع از سطح به ماده غذایی و در نتیجه کاهش مقدار ترکیب ضد میکروبی مورد نیاز [۱۰].
عامل‌های مختلف ضد میکروبی در سیستم بسته‌بندی ترکیب شده و شامل مواد ضد میکروبی شیمیایی، آنتی‌اکسیدان‌ها، محصولات بیوتکنولوژی، پلیمرهای ضد میکروبی، ضد میکروبی‌های طبیعی و گازها می‌باشند.

۳-۲- مواد ضد میکروبی شیمیایی

مواد ضد میکروبی شیمیایی، عمومی‌ترین مواد مورد استفاده در صنعت می‌باشند که شامل اسیدهای آلی، قارچ‌کش‌ها، الکل‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها می‌باشند. اسیدهای آلی شامل اسیدهای بنزوئیک^۱، پارابن‌ها^۲، سوربات‌ها^۳، اسید سوربیک^۴، اسید پروپیونیک^۵، اسید استیک^۶، اسیدهای

- 1- Benzoic Acids
- 2- Parabens
- 3- Sorbates
- 4- Sorbic Acid
- 5- Propionic Acid
- 6- Acetic Acid



شکل ۲- انواع بسته‌بندی ضد میکروبی: الف: بالشتک ضد میکروبی ب: استفاده از پوشش‌های خوراکی با خواص ضد میکروبی ج: غیرمتحرک کردن مواد ضد میکروبی روی سطح پلیمر با اتصال دهنده‌ها د: ترکیب مواد ضد میکروبی درون پلیمر [۱۰]

تأثیر بسته‌بندی فعال ضد میکروبی بر خصوصیات کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها

زیرا در طول این فرآیند مواد ضد میکروبی متراکم شده در کپسول در مقدار کم و به مرور در اتمسفر آزاد شده و اثرات آن را بر طعم مواد غذایی کاهش می‌دهد. این فرآیند می‌تواند رشد میکروبی محصولات را بدون اثر بر کیفیت حسی محافظت کرده و قابلیت کاربرد به عنوان سیستم بسته‌بندی فعال را دارد [۴]. مواد ضد میکروبی فعالیت متفاوتی داشته و روی میکروارگانیسم‌ها اثر متفاوتی می‌گذارند. به علت مکانیسم‌های ضد میکروبی و فیزیولوژی مختلف میکروارگانیسم‌ها عامل ضد میکروبی جامع وجود ندارد که بتواند همه میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را از بین ببرد.

۴- بالشتک‌های^۲ ضد میکروبی

بسته‌بندی فعال ضد میکروبی به چند روش شامل: ترکیب مستقیم ماده ضد میکروبی درون پلیمر، پوشش روی سطح بسته‌بندی، پوشش‌های خوراکی با خاصیت ضد میکروبی و بالشتک ضد میکروبی انجام می‌شود. بالشتک‌ها و پدهای قرار گرفته در بسته نوعی از بسته‌بندی ضد میکروبی هستند. پیشرفت‌های اخیر در بسته‌بندی ضد میکروبی به شکل فیلم‌های خوراکی زیست تخریب‌پذیر و نانوکامپوزیت‌های فلزی می‌باشند، اگرچه بالشتک‌ها هنوز نقش شاخصی در بسته‌بندی ضد میکروبی بازی می‌کنند. بالشتک‌های ضد میکروبی در دو گروه قرار

چرب با اندازه متوسط و مخلوطی از آن‌ها دارای فعالیت ضد میکروبی قوی بوده و به عنوان گندزدایی‌کننده و نگه‌دارنده مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ایمازالیل^۱ در فیلم پلاستیکی ترکیب شده و فعالیت ضد قارچی آن‌ها ثابت شده است. اتانول فعالیت ضد قارچی و ضد باکتریایی 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 [۹].

۳-۳- مواد ضد میکروبی طبیعی

در سال‌های اخیر علاقه به مواد ضد میکروبی طبیعی افزایش داشته است. مطالعات زیادی روی فعالیت ضد میکروبی 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 ضد میکروبی می‌باشد، که به عنوان عوامل کنترل‌کننده بیماری‌های پس از 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. با این حال، تیمارهای تریبات طبیعی مانند اسانس‌های گیاهی به علت انتقال مواد معطر از اسانس به میوه یا سبزی‌ها می‌تواند کیفیت حسی محصول را تحت تأثیر قرار دهد. میکروکپسول‌سازی یک روش برای حل این مشکل است.

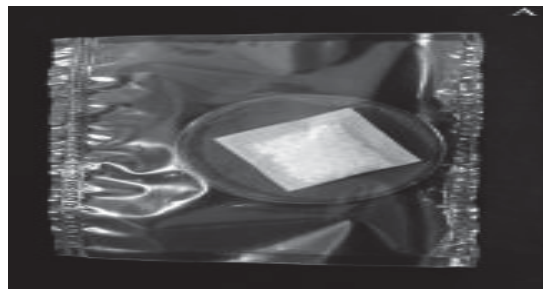
2- Sachet

1- Imazalil

می‌گیرند. گروه اول: مواد ضد میکروبی تولید کرده و سپس آزاد می‌کنند و گروه دوم، بالشتک‌های حاوی حامل‌هایی که مواد ضد میکروبی آزاد می‌کنند [۱۲].

گروه اول: این بالشتک‌ها در دو گام تولید می‌شوند: ابتدا ترکیبات ضد میکروبی درون بالشتک قرار گرفته و سپس بالشتک دوخت می‌شود. از این نوع بالشتک می‌توان سیستم آنزیمی تولیدکننده بخارات آلیل ایزوتیوسیانات^۱ از طریق فعالیت سینیزین - میروسیناز^۲ [۱۱] و آزاد شدن دی‌اکسید کلرین [۱۴] را نام برد.

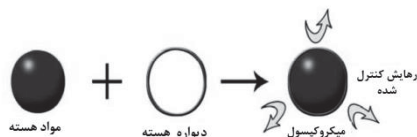
گروه دوم: در این گروه از بالشتک‌ها مواد ضد میکروبی درون یک حامل قرار گرفته و درون بسته قرار می‌گیرد. ترکیب آلیل ایزوتیوسیانات درون حامل رزین پلی‌اتیلن درون پوشش نمونه‌ای از این نوع بالشتک می‌باشد [۱۵]. اصول تولید این بالشتک‌ها جذب مواد ضد میکروبی درون یک حامل و سپس آزادسازی آن درون یک سیستم بسته‌بندی است. آزادسازی معمولاً از طریق بافت‌های نفوذپذیر به این مواد صورت می‌گیرد (شکل ۳).



شکل ۳- بالشتک ضد میکروبی حاوی ترکیب آلیل ایزوتیوسیانات [۱۳]

اسانس‌ها اگرچه دارای اثرات ضد میکروبی قوی هستند و با حفظ کیفیت و کاهش پوسیدگی میوه عمر پس از برداشت میوه را افزایش می‌دهند، اما در اثر گرما، اکسیژن و نور به سرعت تخریب می‌شوند. این مواد در آب نامحلول هستند و می‌توانند کیفیت حسی محصول را تحت تأثیر قرار دهند. میکروکپسول‌سازی یک روش برای حل این مشکل است. زیرا در طول این فرآیند مواد ضد میکروبی متراکم شده در

کپسول در مقدار کم و به مرور در اتمسفر آزاد شده و در نتیجه اثرات آن بر طعم مواد غذایی کاهش می‌یابد. این فرآیند می‌تواند رشد میکروبی محصولات را بدون اثر بر کیفیت حسی محافظت کرده و قابلیت کاربرد به‌عنوان سیستم بسته‌بندی فعال را دارد [۱۰]. این فناوری به علت تنوع و انعطاف‌پذیری به سرعت در حال توسعه است. میکروکپسول‌ها ذرات کوچک کروی هستند که محتوی ترکیبات مایع یا گازی شکل می‌باشند. قابلیت محافظت از ترکیبات به وسیله میکروکپسول‌ها و ایجاد یک رهایش کنترل شده باعث می‌گردد که در زمینه‌های مختلفی از این فناوری استفاده شود (شکل ۴). مزیت دیگر این روش افزایش عمر مصرف ترکیبات فرار به وسیله میکروکپسوله کردن می‌باشد. افزایش عمر مصرف ترکیبات فعال از طریق محافظت در برابر اکسایش، رطوبت، تبخیر، محیط‌های اسیدی و قلیایی صورت می‌گیرد. ویژگی مهم دیگر این ترکیبات، رهایش کنترل شده مواد است، که باعث شده بهترین انتخاب برای افزایش کارایی و کاهش خطرات محیطی باشد.



شکل ۴- میکروکپسول و نحوه شکل‌گیری دیواره [۱۰]

سرعت انتشار پایین با این راهکار و حفظ غلظت مواد مؤثره اسانس‌ها میزان پوسیدگی میوه را کاهش می‌دهد [۱۷]. نوع ماده مورد استفاده به‌عنوان حامل مواد ضد میکروبی در ظرفیت بارگذاری و آزادسازی بالشتک ضد میکروبی نقش دارد. اندازه مواد حامل نیز آزادسازی مواد ضد میکروبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سئو^۳ و همکاران میکروسفرهای^۴ ساخته‌شده از آلزینات سدیم بارگذاری‌شده با آلیل ایزوتیوسیانات را در ساخت بالشتک برای بسته‌بندی اسفناج به کار گرفته و گزارش کردند که

3- Seo
4- Microsphere

1- Allyl Isothiocyanate
2- Sinigrin-Myrosinase

توجه به عدم تفاوت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بین شاهد و تیمارها، این بالشتک‌ها اثر مضر بر کیفیت میوه پایا نداشت و رسیدن طبیعی میوه تحت تأثیر بالشتک‌ها حاوی اسانس قرار نگرفت [۲۲]. 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 [۲]. 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. غوطه‌وری با عصاره با توجه به کنترل ضعیف‌تر پوسیدگی و نیز وقوع کاهش آب و قهوه‌ای شدن چوب خوشه چندان توصیه نشده است [۳]. کاربرد ۲-نونانون در بسته‌بندی فعال توت‌فرنگی وحشی به همراه اتمسفر تغییر یافته تعادلی باعث بهبود عمر قفسه‌ای توت‌فرنگی شد. به طوری که کاربرد غلظت پایین ۲-نونانون^۵ بر خواص کیفی و حسی محصول تأثیر نداشت، اما باعث کاهش رشد قارچ‌ها شده و با کاهش فعالیت‌های فیزیولوژیکی پس از برداشت میوه باعث تأخیر در پیری گردید [۲۳]. بر اساس نتایج سرانو و همکاران (۲۰۰۸)، کاربرد اوژنول، تیمول و منتول در اتمسفر تغییر یافته از کاهش وزن میوه گیلاس جلوگیری نمود. به نظر می‌رسد این ترکیبات با کاهش فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی‌گالاکتوروناز و پکتین‌متیل‌استراز، تغییرات دیواره سلولی و نرم‌شدگی آن را کُند نموده و بدین ترتیب از کاهش رطوبت، و افت وزن جلوگیری می‌کنند. بسته‌بندی فعال ضد میکروبی در چند رقم انگور و گیلاس باعث بهبود کیفیت میوه و یا به عبارتی حفظ خواص ارگانولپتیک میوه همراه با سالم بودن گردید. در این بسته‌بندی اسانس خالص بر روی گاز استریل قرار گرفته و درون بسته حاوی میوه قرار گرفت. نتایج نشان داد که این

5- 2- Nonanone

فصلنامه علمی علوم و فنون
بسته‌بندی

دانه‌های آلزینات کلسیم بزرگ میزان بیشتری از آلایل /ایزوتیوسیانات را در خود حفظ می‌کنند. ضخامت پوشش بالشتک و دما نقش تعیین‌کننده در میزان رهایش آلایل ایزوتیوسیانات از میکروسفرهای آلزینات سدیم داشتند [۱۸]. آلایل ایزوتیوسیانات بارگذاری شده در رزین پلی‌اتیلنی با درصد جذب بالا در بسته‌بندی لوبیا توانست رشد اسپرژیلوس فلاوروس^۱ را کنترل نموده و ۱۵ روز رهایش داشت [۱۳]. توازن بین رهایش ترکیب ضد میکروبی نقش تعیین‌کننده در تأثیرگذاری آن دارد. کپسوله کردن این ترکیب در بتاسیکلودکستین^۲ میزان بارگذاری شده بالای آن و آزادسازی بالا و در نتیجه بالا بودن میزان خاصیت ضد میکروبی بر ضد لستیریا مونوسیټوزن^۳ در قطعات تازه برش خورده پیاز گزارش شد [۱۹]. اسانس سیر بارگذاری شده در بتاسیکلودکستین در گوجه فرنگی باعث کاهش بار میکروبی شده است [۲۰].

۵- تأثیر بالشتک‌های ضد میکروبی بر خصوصیات

فیزیکی - کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها

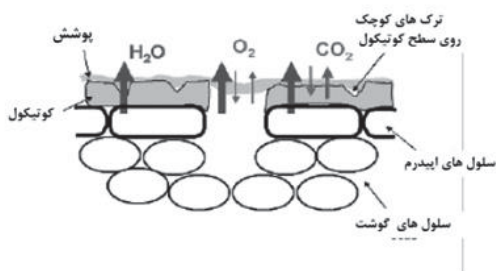
بسته‌بندی فعال با برچسب حاوی اسانس دارچین باعث افزایش عمر قفسه‌ای هلو گردید که نسبت به بسته‌های بدون برچسب کارایی بهتری نشان داد که علت آن می‌تواند ترکیبات فعال آزاد شده در بسته باشد. خصوصیات فیزیکی - شیمیایی هلو مانند کاهش وزن و سفتی نیز در بسته‌بندی فعال بهتر بوده، از فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز^۴ جلوگیری کرده و فعالیت سایر آنزیم‌ها را تحت تأثیر قرار داد. پس از 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 [۲۱]. در پژوهش دیگری بالشتک‌های اسانس به‌عنوان بخشی از بسته‌بندی ضد میکروبی برای نگهداری پایا مورد استفاده قرار گرفت و کاهش رشد میکروبی در میوه نشان داده شد. با

1- *Aspergillus Flavus*

2- Beta Cyclodextrin

3- *Listeria Monocytogenes*

4- Lipoxygenase



شکل ۵- پوشش خوراکی روی سطح کوتیکول میوه

یکی از مهم‌ترین مزایای فیلم و پوشش‌های خوراکی در مقایسه با پلیمرهای سنتزی، امکان اضافه نمودن ترکیب ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی به این پوشش‌ها است. انواع فیلم و پوشش خوراکی بر اساس ترکیب سازنده‌شان به سه گروه لیپیدی، هیدروکلوئیدی (پلی‌ساکارید و پروتئین) و کامپوزیت‌ها دسته‌بندی می‌شوند. به طور عمده، پوشش‌های خوراکی به عنوان مانعی برای کاهش از دست‌دادن آب و به تأخیر انداختن پیری میوه‌ها از طریق نفوذپذیری گازها استفاده شده‌اند. با این وجود، نسل جدید پوشش‌های خوراکی به گونه‌ای طراحی شده‌اند که به صورت کنترل شده آنتی‌اکسیدان‌ها، ویتامین‌ها و عوامل ضد میکروبی طبیعی را رها می‌کنند که این عمل به وسیله به کار بردن فن‌آوری‌های نویدبخشی از قبیل کپسوله کردن و کاربرد لایه به لایه صورت می‌گیرد [۱].

۷- تأثیر پوشش‌های ضد میکروبی بر خصوصیات

فیزیکی - کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها

رضانیان و همکاران نشان دادند که در اناردانه‌های پوشش داده شده با پلیمرهای ضد میکروبی پوشش کیتوزان توانست به طور مؤثری باعث کاهش از دست‌دادن آب، کاهش ضایعات اناردانه‌ها و حفظ ترکیب‌های زیست فعال در مدت انبارداری شود [۶]. در پژوهش دیگری ترکیب ۱۰ درصد صمغ عربی و ۱ درصد اسانس دارچین یک فرمولاسیون مناسب برای حفظ خصوصیات کیفی میوه گواوا در طی انبارداری سرد گزارش شد [۲۷]. پوشش کیتوزان به همراه اسانس آویشن و ترنج در انگور سرعت تنفس را تحت تأثیر قرار داد. به نظر می‌رسد کیتوزان با

بسته‌بندی فعال باعث کاهش نرم شدن و رنگ‌گیری بهتر میوه نسبت به شاهد گردید [۲۴]. ترکیب اسانس و بسته‌بندی تغییر یافته نسبت به اتمسفر تغییر یافته به تنهایی باعث افزایش عمر پس از برداشت گردید. در پژوهش والورد^۱ 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 [۲۵]. تلفیق بسته‌بندی با ترکیبات منتول و اوژنول در انگور باعث تأخیر در نرم شدن و کاهش نسبت مواد جامد محلول به اسید گردید، همچنین این ترکیبات توسعه قارچی در بسته‌بندی انگور را به تأخیر انداخت [۱]. بسته‌بندی فعال توت فرنگی 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 به عنوان یک عامل فعال در بسته‌بندی توت فرنگی استفاده شود [۴]. امیری و همکاران گزارش کردند اسانس نعناع فلفلی بارگذاری شده در فوم میکروسلولی نشاسته در بسته‌بندی ضد قارچی میوه توت-فرنگی تأثیر مثبت داشت و توانست با حفظ ترکیبات فیتوشیمیایی بار میکروبی را کاهش دهد و رهایش متوالی اسانس در بالشک ساخته شده باعث عدم تغییر طعم و مزه میوه گردد [۵].

۶- پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی

پوشش‌های خوراکی به عنوان لایه نازکی از مواد که سطح غذا را پوشانده و به عنوان قسمتی از محصول و قابل خوردن تعریف می‌شود. پوشش‌های خوراکی به دلیل تأثیر در کاهش تبدلات گازهای تنفسی، جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها، کاهش آب از دست‌دهی و در نتیجه کاهش افت وزن و بهبود وضعیت ظاهری محصول، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (شکل ۵).

1- Valverde

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 ضد میکروبی 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 مورد استفاده بر پایه مواد سنتزی شیمیایی بوده و برخی 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 ضد میکروبی و پوشش‌های ضد میکروبی 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 ضد میکروبی اطلاعاتی در این زمینه در اختیار تولیدکنندگان این مواد و مصرف‌کنندگان از جمله انبارداران و سردخانه‌داران به‌جهت تأثیر بر روی خصوصیات کیفی میوه و سبزی داده شده است.

۹- منابع

۱. والر، سرنو، (۱۳۹۴)، «زیست‌شناسی و فن‌آوری پس از برداشت برای حفظ کیفیت میوه‌ها»، ترجمه محمود کوشش صبا و اصغر رمضانیان، چاپ اول، سنج، ناشر دانشگاه کردستان. ۲۸۸ صفحه.
۱. احمدی جوزانی. م، جوانمرد داخلی. م. و عراقی. م. (۱۳۹۴)، «ارزیابی اثر عصاره دارچین در بسته‌بندی فعال برای بهبود ماندگاری توت‌فرنگی»، فصلنامه علوم و فنون بسته‌بندی، ۲۳. ۵۲-۵۹.
۲. وصال طلب، ز. و غلامی، م (۱۳۹۱)، «اثرات اسانس و عصاره میخک (*Eugenia caryophyllata*) بر برخی ویژگی‌های کیفی

وزن مولکولی بالا در ترکیب با اسانس‌ها بر تبادلات گازی و سرعت تنفس تأثیر زیادی دارد [۲۸]. تیمار توت‌فرنگی با غلظت‌های مختلف کیتوزان با کاهش پوسیدگی و افزایش مقدار مواد فنولی، آنتوسیانین^۱، فلاونوئیدها^۲ و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز^۳ و گلوکاتایون پراکسیداز^۴ باعث افزایش عمر قفسه‌ای میوه توت‌فرنگی شد. تیمار توت‌فرنگی با کیتوزان با افزایش مقدار آنتی‌اکسیدان‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقاومت میوه در برابر عوامل میکروبی و حمله قارچ‌ها را بیشتر نمود [۲۹]. تیمار ۱ درصد کیتوزان همراه با ۰/۵ میلی‌لیتر/لیتر اسانس میخک باعث کاهش قطر پوسیدگی روی میوه و فعال کردن آنزیم‌های فنیل‌آلانین آمینولیاز^۵ و کیتیناز^۶ گردید. همچنین تیمار ۱ درصد کیتوزان بدون ترکیب با اسانس میخک توانست قارچ عامل ایجاد کپک سبز^۷ را در نارنگی ساتسوما^۸ مهار کند [۳۰]. پوشش خوراکی پکتین در مقایسه با پوشش واکس حاوی ۱/۵ درصد اسانس میزان پوسیدگی پرتقال والنسیا در دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد را ۸۳ درصد کاهش داد [۳۱].

۸- نتیجه‌گیری

پژوهش‌های فیزیولوژی پس از برداشت به طور سنتی بر فرآیندهای 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 پس از برداشت محصول مورد استفاده قرار گرفت که به‌کارگیری 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 پس از

- 1- Anthocyanins
- 2- Flavonoids
- 3- Catalase
- 4- Peroxidase
- 5- Phenylalanine Ammonia-Lyase
- 6- Chitinase
- 7- Penicillium Digitatum
- 8- Satsuma Mandarin

- sachets and absorbent pads." Food Research International, 83, 60–73.
13. Otoni, C. G., Soares, N. F. F., Silva, W. A., Medeiros, E. A. A. & Baffa Junior, J. C. (2014). "Use of allyl isothiocyanate-containing sachets to reduce *Aspergillus flavus* sporulation in peanuts." Packaging Technology and Science, 27 (7), 549–558.
 14. Gómez-López, V. M., Rajkovic, A., Ragaert, P., Smigic, N., & Devlieghere, F. (2009). "Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: A review." Trends in Food Science and Technology, 20(1), 17–26.
 15. Soares, N. F. F., Pires, A. C. S., & Camilloto, G. P. (2008). "Sachê antimicrobiano para uso em alimentos. Brazilian Patent PI 0603881-6 Quoted by: Otoni, C.G., Espitia, P.J.P. Roberto J. Avena-Bustillos e, Tara H. McHugh. (2016). "Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads." Food Research International, 83: 60–73.
 16. Shi, H. & Xin, J. H., (2007). "Cosmetic Textiles: Concepts, Application and Prospects," Institute of Textiles and Clothing, 21, 134-138.
 17. Mohammadi, A., Hashemi, M., & Hosseini, S. M. (2015). "Nanoencapsulation of *Zataria multiflora* essential oil preparation and characterization with enhanced antifungal activity for controlling *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mould disease." Innovative Food Science and Emerging Technologies, 28, 73–80.
 18. Seo, H. S., Bang, J., Kim, H., Beuchat, L. R., Cho, S. Y., & Ryu, J. H. (2012). "Development of an antimicrobial sachet containing encapsulated allyl isothiocyanate to inactivate *Escherichia coli* O157:H7 on spinach leaves." International Journal of Food Microbiology, 159 (2), 136–143.
 - انگور طی دوره انبارداری»، مجله علوم باغبانی ایران، ۴۳، ۲۵۵–۲۶۵.
 ۴. نوروزی فاز. ف، میردهقان. س.ح، کریمی، ح.ر. و علایی. ح (۱۳۹۵). تأثیر اسانس‌های تیمول و متول به همراه بسته‌بندی با پوشش سلوفان در حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توفرنگی رقم پارس، علوم باغبانی ایران، ۷۴(۱)، ۸۱–۹۱.
 ۵. امیری. ا، مرتضوی. س.م.ح، محمودی سورستانی. م، کیاست. ع.ر، رضانی. ز (۱۳۹۸). «تأثیر بسته‌بندی فعال میکروبی بر کیفیت پس از برداشت میوه توت فرنگی»، مجله علوم و صنایع غذایی ایران دانشگاه تربیت مدرس، (۸۶)، ۲۶۳–۲۷۴.
 ۶. رمضانیان. ا، احمدی. پ و حبیبی. ف (۱۳۹۶). «تأثیر پوشش‌های خوراکی بر حفظ ترکیب‌های زیست فعال و طولانی کردن دوره نگهداری اناردانه رقم رباب نیریز»، علوم باغبانی ایران، ۴۸ (۴) ۹۴۳–۹۵۲.
 7. Kader, A.A., & Watkins, C.B. (2000). "Modified atmosphere packaging toward 2000 and beyond." HortTechnology, 10(3), 483–486.
 8. Thompson, A. K. (2010). "Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables," Second Edition. 289pp.
 9. Ahvenainen, R. (2003). "Novel food packaging techniques." Published in North America by CRC Press LLC. 589PP.
 10. Ayala-Zavala, J. F., Toro-Sánchez, L. D., Alvarez-Parrilla, E., Soto-Valdez, H., Martín-Belloso, O., Ruiz-Cruz, S., & González-Aguilar, G. A. (2008). "Natural antimicrobial agents incorporated in active packaging to preserve the quality of fresh fruits and vegetables." Stewart Postharvest Review, 3:9.
 11. Ma, J. (2012). "Allyl isothiocyanate derived from oriental mustard meal as a natural antimicrobial to inhibit the growth of moulds on bread." Master's thesis Guelph, Ontario, Canada: University of Guelph.
 12. Otoni, C. G., Espitia, P. P., Avena-Bustillos, R. J., & McHugh, T. H. (2016). "Trends in antimicrobial food packaging systems: emitting

- Castillo, S., & Serrano, M. (2008). **“The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes.”** *Postharvest Biology and Technology*, 41(3), 317-327.
27. Etemadipoor, R., Ramezani, A., Mirzaalian Dastjerdi, A., & Shamili, M. (2019). **“The potential of gum arabic enriched with cinnamon essential oil for improving the qualitative characteristics and storability of guava (*Psidium guajava* L.) fruit.”** *Scientia Horticulturae*, 251, 101-107.
28. Sanchez-Gonzalez, L., Vargas, M., Gonzalez-Martinez, C., Chiralt, A., & Chafer, M. (2011). **“Use of essential oils in bioactive edible coatings.”** *Food Engineering Reviews*, 3, 1-16.
29. Wang, S. Y., & Gao, H. Y. (2013). **“Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.)”** *LWT - Food Science and Technology*, 52, 71-79.
30. Shao, X., Cao, B., Xua, F., Xiea, Sh., Yua, D., & Wang. H. 2015. **“Effect of postharvest application of chitosan combined with clove oil against citrus green mold.”** *Postharvest Biology and Technology*, 99, 37-43.
31. Velásquez, M. A.; Passaro, C. P.; Lara-Guzmán, O. J.; Álvarez, R.; & Londono, J. (2014). **“Effect of an edible, fungistatic coating on the quality of the ‘Valencia’ orange during storage and marketing.”** *Acta Horticulturae*, 1016, 163-169.
19. Piercey, M. J., Mazzanti, G., Budge, S. M., Delaquis, P. J., Paulson, A. T., & Hansen T. (2012). **“Antimicrobial activity of cyclodextrin entrapped allyl isothiocyanate in a model system and packaged fresh-cut onions.”** *Food Microbiology*, 30(1), 213-218.
20. Ayala-Zavala, J. F., & Gonzalez-Aguilar, G. A., (2010). **“Optimizing the use of garlic oil as antimicrobial agent on fresh-cut tomato through a controlled release system.”** *Journal of Food Science*, 75(7), 398-405.
21. 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.
22. Espitia, P. J. P. (2012). **“Assessment of the efficiency of essential oils in the preservation of postharvest papaya in an antimicrobial packaging system.”** *Food Technology*, 15(4), 307-316.
23. Almenar, E., Catala, R., Hernandez-Munoz, 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.
24. Serrano, M., MartGnez-Romero, D., Guillen, F., Valverde, G., Zapata Salvador, P., & Valero, D. (2008). **“The addition of essential oils to MAP as a tool to maintain the overall quality of fruits.”** *Trends in food science and technology*, 19(9), 464 - 471.
25. Valverde, J. M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M. & Valero, D. (2005). **“Improvement of table grapes quality and safety by the combination of modified atmosphere packaging (MAP) and eugenol, menthol, or thymol.”** *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 53(19), 7458-7464.
26. Valero, D., Valverde, J. M., Martínez-Romero, D., Guillen, F.,

آدرس نویسنده:

شیراز- باجگاه- دانشگاه شیراز- دانشکده
کشاورزی- بخش علوم باغبانی