مقاله ترویجی

تأثیر بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی 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 ضدمیکروبی از جمله مهم‌ترین انواع ترکیبات فعال هستند که در طراحی بسته‌بندی فعال مورد استفاده قرار می‌گیرند. انواع مختلف ترکیبات ضدمیکروبی مانند: ترکیبات شیمیایی و طبیعی ازجمله اسانس‌ها برای این منظور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این نوع بسته‌بندی به شکل‌های مختلف از جمله بالشتک‌های ضدمیکروبی بارگذاری شده با اسانس‌های مختلف و پوشش‌های ضدمیکروبی طبیعی برای میوه‌ها و سبزی‌های به کار گرفته شده است. در این مقالهٔ مروری، به انواع بسته‌بندی ضدمیکروبی و ترکیبات شیمیایی و طبیعی ضدمیکروبی که می‌توانند در تولید بسته‌بندی‌های فعال استفاده شوند اشاره شده است. نحوه ساخت بالشتک‌های ضدمیکروبی و کاربرد بالشتک‌ها و پوشش‌های ضدمیکروبی در بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی

بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی، بالشتک‌ها، ترکیبات فرّار گیاهی، پوشش‌های ضدمیکروبی

۱- مقدمه

بسته‌بندی تحت شرایط اتمسفر تغییریافته[۳] (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 فنّاوری 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).

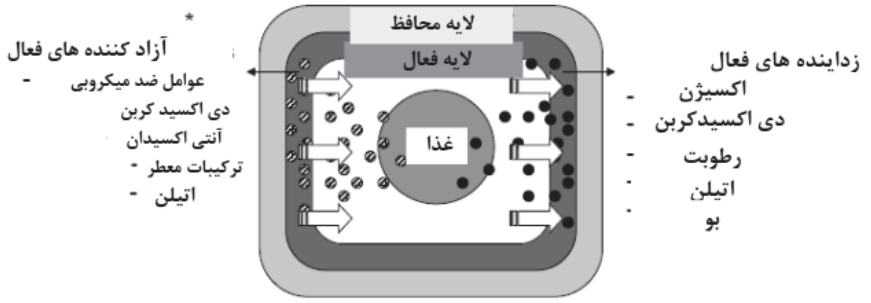
۲- استاد، بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

(× نویسنده مسئول:ramezanian@shirazu.ac.ir)

3- Modified Atmosphere Packaging

پیری و زوال میوه با سرعت بیشتری اتّفاق می‌افتد. اتمسفر تغییریافته درون بسته به طور مستقیم به شدّت 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 به‌صورت غیر فعال از طریق مصرف اکسیژن و تولید دی‌اکسید کربن در اثر تنفس به‌وجود می‌آید. به دلیل توانایی محدود تنظیم اتمسفر به صورت غیر فعال، اتمسفری که به صورت فعال تولید می‌گردد، مطلوب‌تر است. اتمسفر فعال به‌طور معمول از طریق خلأ اندک و جایگزین کردن اتمسفر بسته با مخلوط گازی مطلوب یا با استفاده از مواد جاذب اکسیژن، دی‌اکسید کربن و اتیلن به‌وجود می‌آید(شکل ۱) [۷].

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[1] در تعامل می‌باشد. از روش‌های ایجاد بسته‌بندی فعال، استفاده از زداینده‌های اکسیژن، رطوبت و آزادکننده/جاذب‌های دی‌اکسیدکربن یا بو می‌باشد که به‌صورت بالشتک (ساشه)، پد یا برچسب درون بسته قرار می‌گیرند. بسته‌بندی ضدمیکروبی 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 ضدمیکروبی 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،



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

۲- بسته‌بندی فعال

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

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 ضدمیکروبی شده است. در این سیستم‌ها، ترکیبات ضدمیکروبی به منظور افزایش عمرقفسه‌ای 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 فنّاوری‌ها برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت، کاربرد مواد ضدمیکروبی است. بسته‌بندی ضدمیکروبی، نوعی سیستم بسته‌بندی است که قادر به کشتن و از بین بردن 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[۹].

۳-۱- انواع بسته‌بندی ضدمیکروبی

بسته‌بندی ضدمیکروبی به چند روش انجام می‌شود:

الف: افزودن بالشتک یا پد حاوی مواد فرّار ضدمیکروبی درون بسته‌ها

ب: ترکیب مواد فرّار و غیرفرّار ضدمیکروبی به طور مستقیم درون پلیمر

ج: غیرمتحرک کردن مواد ضدمیکروبی روی پلیمر به وسیله یون یا اتصال‌دهنده‌های کوالانت

د: استفاده از پلیمرها با خواص ذاتی ضدمیکروبی (شکل۲).

آزاد شدن تدریجی عامل ضدمیکروب از فیلم به سطح ماده غذایی از راه تدخین در مقایسه با غوطه‌ورسازی ماده غذایی در محلول ضد میکروب یا محلول‌پاشی بر سطح ماده غذایی مزایایی دربر دارد.

الف. جلوگیری از کاهش سریع فعالیت ضدمیکروبی که به‌طور معمول ناشی از غیر فعال شدن آن در اثر تماس با مواد تشکیل‌دهنده ماده غذایی(واکنش با ترکیب‌های ماده غذایی) است.

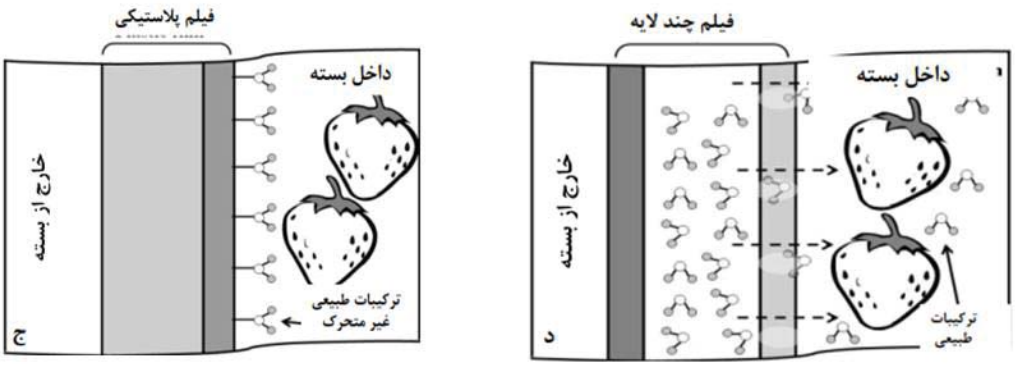
ب: انتشار سریع از سطح به ماده غذایی و در نتیجه کاهش مقدار ترکیب ضدمیکروب مورد نیاز [۱۰].

عامل‌های مختلف ضد میکروبی در سیستم بسته‌بندی ترکیب شده و شامل مواد ضدمیکروبی شیمیایی، آنتی‌اکسیدان‌ها، محصولات بیوتکنولوژی، پلیمرهای ضدمیکروبی، ضدمیکروب‌های طبیعی و گازها می‌باشند.

۳-۲- 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[1]، پارابن‌ها[2]، سوربات‌ها[3]، اسید سوربیک[4]، اسید پروپیونیک[5]، اسید استیک[6]، 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]

چرب با اندازه متوسط و مخلوطی از آن‌ها دارای فعالیت ضدمیکروبی قوی بوده و به عنوان گندزدایی‌کننده و نگه‌دارنده مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ایمازالیل[1] در فیلم پلاستیکی ترکیب شده و فعالیت ضدقارچی آن‌ها ثابت شده است. اتانول فعالیت ضدقارچی و ضدباکتریایی قوی دارد، اما برای جلوگیری از رشد مخمر مناسب نیست. اتانول همچنین برخی از مواد فرّار 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 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 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.

1- Imazalil

زیرا در طول این فرآیند مواد ضدمیکروبی 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 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.

۴- بالشتک‌های[2] ضدمیکروبی

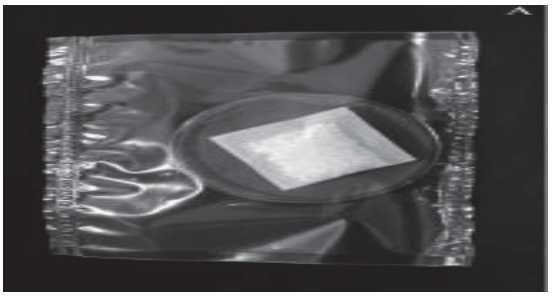
بسته‌بندی فعال ضدمیکروبی به چند روش شامل: ترکیب مستقیم ماده ضدمیکروبی درون پلیمر، پوشش روی سطح بسته‌بندی، پوشش‌های خوراکی با خاصیت ضدمیکروبی و بالشتک ضدمیکروبی انجام می‌شود. بالشتک‌ها و پدهای قرار گرفته در بسته نوعی از بسته‌بندی ضدمیکروبی هستند. پیشرفت‌های اخیر در بسته‌بندی ضدمیکروبی به شکل فیلم‌های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

2- Sachet

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

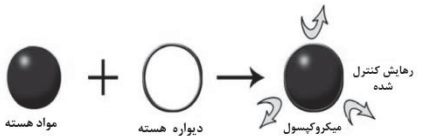
گروه اول: این بالشتک‌ها در دو گام تولید می‌شوند: ابتدا ترکیبات ضدمیکروبی درون بالشتک قرار گرفته و سپس بالشتک دوخت می‌شود. از این نوع بالشتک می‌توان سیستم آنزیمی تولیدکننده بخارات آلیل ایزوتیوسیانات[1] از طریق فعالیت سینیژرین- میروسیناز[2][۱۱] و آزاد شدن دی‌اکسید کلرین [۱۴] را نام برد.

گروه دوم: در این گروه از بالشتک‌ها مواد ضدمیکروبی 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 ضدمیکروبی 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 فنّاوری به علت تنوع و انعطاف‌پذیری به سرعت در حال توسعه است. میکروکپسول‌ها ذرّات 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 فنّاوری استفاده شود(شکل ٤). مزیت دیگر این روش افزایش عمر مصرف ترکیبات فرّار به وسیلهٔ 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 شدهٔ 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 به عنوان حامل مواد ضدمیکروبی در ظرفیت بارگذاری و آزادسازی بالشتک ضدمیکروبی نقش دارد. اندازه مواد حامل نیز آزادسازی مواد ضدمیکروبی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سئو[3] و همکاران میکروسفرهای[4] ساخته‌شده از آلژینات سدیم بارگذاری‌شده با *آلیل ایزوتیوسیانات* را در ساخت بالشتک برای بسته‌بندی اسفناج به کار گرفته و گزارش کردند که

1- Allyl Isothiocyanate
2- Sinigrin–Myrosinase
3- Seo
4- Microsphere

دانـه‌هـای آلژینـات کلسـیم بـزرگ میـزان بیشـتری از *آلیـل ایزوتیوسیانات* را در خود حفظ مـی‌کننـد. ضـخامت پوشـش بالشـتک و دمـا نقـش تعیـین‌کننـده در میـزان رهـایش آلیـل ایزوتیوسیانات از میکروسفرهای آلژینات سدیم داشـتند[۱۸]. آلیل ایزوتیوسیانات بارگـذاری‌شـده در رزیـن پلـی‌اتیلنـی بـا درصـد جـذب بـالا در بسـته‌بنـدی لوبیـا توانسـت رشـد *آسپرژیلوس فـلاووس*[1] را کنتـرل نمـوده و ۱۵ روز رهـایش داشت[۱۳]. توازن بین رهایش ترکیـب ضـدمیکروبـی نقـش تعیین‌کننده در تأثیرگذاری آن دارد. کپسوله کردن این ترکیب در بتاسیکلودکسـترین[2] میـزان بارگـذاری‌شـده بـالای آن و آزادسـازی بـالا و در نتیجـه بـالا بـودن میـزان خاصـیت ضدمیکروبی بر *ضدلسـیتریا مونوسـیتوژنز*[3] در قطعـات تـازه بـرش خـورده پیـاز گـزارش شـد[۱۹]. اسـانس سـیر بارگذاری‌شده در *بتاسیکلودکسترین* در گوجه فرنگـی باعـث کاهش بارمیکروبی شده است [۲۰].

۵- تأثیر بالشتک‌های ضدمیکروبی بر خصوصیات فیزیکی- کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها

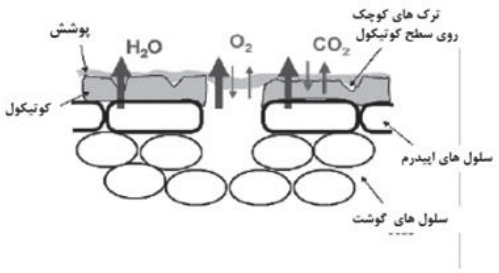
بسته‌بندی فعال با برچسب حاوی اسانس دارچین باعـث افزایش عمر قفسه‌ای هلو گردید که نسبت به بسته‌های بدون برچسـب کـارایی بهتـری نشـان داد کـه علـت آن مـی‌توانـد ترکیبات فعال آزاد شده در بسته باشد. خصوصیات فیزیکی– شیمیایی هلو مانند کـاهش وزن و سـفتی نیـز در بسـته‌بنـدی فعال بهتر بوده، از فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز[4] جلوگیری کـرده و فعالیت سایر آنزیم‌ها را تحـت تـاثیر قـرار داد. پـس از ۱۲ روز نگه‌داری هلو بسته‌بندی شده در دمای اتاق کیفیت میـوه در حد بهینه گزارش گردید و اثری از طعم اسـانس دارچـین به‌وسیله تشـخیص ارزیـاب در میـوه مشـاهده نشـد[۲۱]. در پژوهش دیگـری بالشـتک‌هـای اسـانس بـه‌عنـوان بخشـی از بسته‌بندی ضدمیکروبی برای نگـه‌داری پاپایـا مـورد اسـتفاده قرار گرفت و کاهش رشد میکروبی در میوه نشان داده شد. با توجّه به عدم تفاوت خصوصیات فیزیکی و شـیمیایی بـین شاهد و تیمارها، این بالشتک‌ها اثر مضری بر کیفیـت میـوه پاپایا نداشت و رسیدن طبیعی میوه تحت تأثیر بالشـتک‌هـا حـاوی اسـانس قـرار نگرفـت [۲۲]. بسـته‌بنـدی فعـال توت‌فرنگی با غلظت‌های مختلف از عصاره دارچین تأخیر در فساد قارچی میوه و بهبود شاخص‌هـای کیفـی میـوه را باعث گردید. در مقایسه با شاهد، استحکام بافت افزایش و میزان افت وزن، شدّت تنفس و درصد فساد کاهش نشـان داد [۲]. در انگور کاربرد اسانس میخک به روش تـدخینی در غلظت‌های مختلف پوسیدگی، تلفات آب، تجمع مـواد جامد محلول، چروکیدگی و قهوه‌ای شدن چوب خوشـه و قهوه‌ای شدن و ریزش حبه را طی مدّت انبارداری کـاهش داد. غوطه‌وری با عصاره بـا توجّـه بـه کنتـرل ضـعیف‌تـر پوسیدگی و نیز وقوع کاهش آب و قهـوه‌ای شـدن چـوب خوشه چندان توصیه نشده است [۳]. کـاربرد ۲-نونـانون در بسته‌بندی فعال توت‌فرنگی وحشی بـه همـراه اتمسـفر تغییر یافته تعادلی باعث بهبود عمر قفسه‌ای تـوت فرنگـی شد. به طوری که کـاربرد غلظـت پـایین ۲- نونـانون[5] بـر خواص کیفی و حسی محصول تـأثیر نداشـت، امـا باعـث کـاهش رشـد قـارچ‌هـا شـده و بـا کـاهش فعالیـت‌هـای فیزیولوژیکی پس از برداشت میوه باعـث تـأخیر در پیـری گردید [۲۳]. بر اساس نتـایج سـرانو و همکـاران (۲۰۰۸)، کاربرد اوژنـول، تیمـول و منتـول در اتمسـفرتغییریافتـه از کاهش وزن میوه گیلاس جلوگیری نمود. به نظر مـی‌رسـد ایـن ترکیبـات بـا کـاهش فعالیـت آنـزیم‌هـایی ماننـد پلـی‌گالاکتورونـاز و پکتـین‌متیـل‌اسـتراز، تغییـرات دیـواره سلولی و نرم‌شـدگی آن را کُنـد نمـوده و بـدین ترتیـب از کاهش رطوبت، و افت وزن جلوگیری می‌کنند. بسته‌بنـدی فعال ضدمیکروبی در چنـد رقـم انگـور و گـیلاس باعـث بهبـود کیفیـت میـوه و یـا بـه عبـارتی حفـظ خـواص ارگانولپتیک میـوه همـراه بـا سـالم بـودن گردیـد. در ایـن بسته‌بندی اسانس خالص بر روی گاز استریل قرار گرفته و درون بسته حاوی میوه قرار گرفت. نتایج نشان داد که ایـن

1- *Aspergillus Flavus*
2- Beta Cyclodextrin
3- *Listeria Monocytogenes*
4- Lipoxygenase
5- 2- Nonanone

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[1] 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 توجّه 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 ضدقارچی میوه توت-فرنگی تأثیر مثبت داشت و توانست با حفظ ترکیبات فیتوشیمیایی بار میکروبی را کاهش دهد و رهایش متوالی اسانس در بالشتک ساخته شده باعث عدم تغییر طعم و مزه میوه گردد[۵].

۶- پوشش‌های خوراکی ضدمیکروبی

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 تبادلات گازهای تنفسی، جلوگیری از رشد *میکروارگانیسم‌ها*، کاهش آب از دست‌دهی و در نتیجه کاهش افت وزن و بهبود وضعیت ظاهری محصول، توجّه زیادی را به خود جلب کرده است (شکل ۵).



شکل ۵- پوشش خوراکی روی سطح کوتیکول میوه

یکی از مهم‌ترین مزایای فیلم و پوشش‌های خوراکی در مقایسه با پلیمرهای سنتزی، امکان اضافه نمودن ترکیبت ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی به این پوشش‌ها است انواع فیلم و پوشش خوراکی بر اساس ترکیبات 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 ضدمیکروبی 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 ضدمیکروبی بر خصوصیات فیزیکی- کیفی میوه‌ها و سبزی‌ها

رمضانیان و همکاران نشان دادند که در انارداندهای پوشش داده شده با پلیمرهای ضدمیکروبی پوشش کیتوزان توانست به طور مؤثری باعث کاهش از دست دادن آب، کاهش ضایعات انارداندها و حفظ ترکیب‌های زیست فعال در مدّت 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

1- Valverde

وزن مولکولی بالا در ترکیب با اسانس‌ها بر تبادلات گـازی و سرعت تنفس تأثیر زیادی دارد [۲۸]. تیمار تـوت فرنگـی بـا غلظت‌های مختلف کیتوزان بـا کـاهش درصـد پوسـیدگی و افـزایش مقـدار مـواد فنـولی، آنتوسـیانین[1]، فلاونوئیـدها[2] و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز[3] و گلوتاتیون‌پراکسـیداز[4] باعث افزایش عمر قفسـه‌ای میـوه تـوت‌فرنگـی شـد. تیمـار توت‌فرنگی با کیتوزان با افـزایش مقـدار آنتـی‌اکسـیدان‌هـا و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، مقاومت میوه در برابر عوامل میکروبـی و حمله قارچ‌ها را بیشتر نمود [۲۹]. تیمار ۱ درصد کیتـوزان همراه با ۰/۵ میلی‌لیتر/ لیتر اسانس میخک باعث کـاهش قطـر پوسیدگی روی میوه و فعـال کـردن آنـزیم‌هـای فنیـل‌آلانـین آمینولیاز[5] و کیتیناز[6] گردید. همچنین تیمار ۱ درصـد کیتـوزان بدون ترکیب با اسانس میخـک توانسـت قـارچ عامـل ایجـاد کپک سبز[7] را در نارنگی ساتسوما[8] مهـار کنـد [۳۰]. پوشـش خوراکی پکتین در مقایسه با پوشش واکس حاوی ۱/۵ درصد اسانس میزان پوسیدگی پرتقـال والنسـیا در دمـای ۲۳ درجـه سانتی‌گراد را ۸۳ درصد کاهش داد [۳۱].

۸- نتیجه گیری

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 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 مورد استفاده بر پایه مواد سنتزی شیمیایی بوده و برخی محتوی ترکیبات قارچ‌کش هستند که برای انسان خطرناک می‌باشند. امروزه با توجّه به افزایش سطح دانش، اکثر مصرف‌کنندگان غذاها را بدون مواد شیمیایی مصنوعی ترجیح می‌دهند. بالشتک‌های ضدمیکروبی و پوشش‌های ضدمیکروبی ارگانیک به عنوان فنّاوری نوین و نوظهور در صنعت بسته‌بندی میوه، از جمله موضوعاتی است که در بخش تجاری کشور کمتر مورد توجّه قرار گرفته است. در این پروژه با معرفی و نحوه ساخت بالشتک‌ها و پوشش‌های ضدمیکروبی اطّلاعاتی در این زمینه در اختیار تولیدکنندگان این مواد و مصرف‌کنندگان از جمله انبارداران و سردخانه‌دارن به‌جهت تأثیر بر روی خصوصیات کیفی میوه و سبزی داده شده است.

۹- منابع

۱. والرو، سرانو، (۱۳۹۴)، «**زیست‌شناسی و فن‌آوری پس از برداشت برای حفظ کیفیت میوه‌ها**»، ترجمه محمود کوشش صبا و اصغر رمضانیان، چاپ اول، سنندج، ناشر دانشگاه کردستان. ۲۸۸صفحه.

۱. احمدی جوزانی. م، جوانمرد داخلی. م. و عراقی. م. (۱۳۹٤)، «**ارزیابی اثر عصاره دارچین در بسته‌بندی فعال برای بهبود ماندگاری توت‌فرنگی**»، فصلنامه علوم و فنون بسته بندی، ۲۳. ۵۲-۵۹.

۲. وصال طلب، ز. و غلامی، م (۱۳۹۱)، «**اثرات اسانس و عصاره میخک (*Eugenia caryophyllata*) بر برخی ویژگی‌های کیفی**

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

انگور طی دوره انبارداری»، مجله علوم باغبانی ایران، ٤٣، ٢٥٥- ٢٦٥.

٤. نوروزی فاز. ف، میردهقان. س.ح، کریمی، ح.ر. و علایی. ح (١٣٩٥)، **تأثیر اسانس‌های تیمول و منتول به همراه بسته‌بندی با پوشش سلوفان در حفظ کیفیت پس از برداشت میوهٔ توفرنگی رقم پاروس»**، علوم باغبانی ایران، ٧٤ (١). ٨١-٩١.

٥. امیری. ا، مرتضوی. س.م.ح، محمودی سورستانی. م، کیاست. ع.ر، رمضانی. ز(١٣٩٨)، «**تاثیر بسته‌بندی فعال میکروبی بر کیفیت پس از برداشت میوه توت فرنگی»**، مجله علوم و صنایع غذایی ایران دانشگاه تربیت مدرس، (٨۶). ٢۶٣-٢٧۴.

۶. رمضانیان. ا، احمدی. پ و حبیبی. ف(١٣٩۶)، «**تأثیر پوشش‌های خوراکی بر حفظ ترکیب‌های زیست فعال و طولانی کردن دورهٔ نگهداری انارداناُ رقم رباب نیریز»**، علوم باغبانی ایران، ۴٨ (۴).٩۴٣-٩۵٢.

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 antimi-crobial 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 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). **''Useof 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 emalimentos. Brazilian Patent PI 0603881-6 Quoted by: Otoni, **"**C.G., Espitia, PJ.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.

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., Mart´ınez-Romero, D., Guillen, F., 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., Ramezanian, 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 oilagainst 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.

آدرس نویسنده:

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