



کاربرد اسانس‌ها در کنترل پوسیدگی‌های پس از برداشت

عارف مرادپور^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی
پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران



علائم آلودگی به قارچ *Penicillium expansum* در سیب

کمیسیون اتحادیه اروپا حد مجاز ده میلی‌گرم در کیلوگرم زهرابه‌های قارچی پاتولین برای فرآورده‌های متفاوت سیب و حد مجاز ده میکروگرم در کیلوگرم آن را برای آبمیوه‌ها را معرفی کرد.

برخی از بیماری‌ها مانند آنتراکنوز با عامل *Colletotrichum gloeosporioides* (آووکادو، خربزه درختی و مانگو) و *Colletotrichum musae* (موز) علائم مربوط به بیماری را فقط پس از رسیدن میوه از خود نشان می‌دهند که به‌عنوان آلودگی نهفته شناخته می‌شوند. کپک خاکستری (*Botrytis cinerea*) هم در توت‌فرنگی به‌عنوان آلودگی پنهان مطرح بوده و خسارت قابل توجهی در پوسیدگی و نابودی میوه پس از برداشت را در انبارها موجب می‌شود. پوسیدگی انتهای گردن در مرکبات *Phomopsis citri* و *Lasiodiplodia theobromae* نیز به‌عنوان آلودگی پنهان شناخته می‌شوند. پوسیدگی قهوه‌ای (*Monilinia spp.*) در هلو و سایر هسته داران، میوه‌ها را فقط پس از برداشت بیمار می‌کند. به عبارتی ممکن است علائم قبل از برداشت توسعه‌نیافته باشند ولی پس از برداشت علائم بیماری گسترش خواهند یافت.

میوه‌ها و سبزیجات غنی از ویتامین‌های ضروری، مواد معدنی، فیبرها و ترکیبات تقویت‌کننده سلامت‌اند که مصرف آن‌ها در سال‌های متمادی رو به افزایش است. مصرف‌کنندگان به محصولات باکیفیت و سالم تمایل دارند. کیفیت از نظر مصرف‌کنندگان شامل مواردی مانند شکل و اندازه عالی، رنگ و عطر دلخواه و نبود عیوبی مثل بریدگی، کبودی و پوسیدگی است. این موارد برای مصرف نیز ایمن نیستند.

پوسیدگی پس از برداشت به‌عنوان یک فاکتور مهم کم شدن و از دست رفتن محصول در طی زنجیره‌ی عرضه‌ی محصولات شناخته‌شده که در مراحل نگهداری میوه می‌تواند خسارت اقتصادی قابل توجهی وارد کند. وقوع بیماری‌های پس از برداشت در طی مراحل مختلف زنجیره‌ی پس از برداشت، در حین محصول دهی، برداشت محصول، عملیات بسته‌بندی، انتقال و نگهداری رخ می‌دهند برای مثال پوسیدگی پس از برداشت کپک سبز (*Penicillium digitatum*) و کپک آبی (*Penicillium italicum*) موجب خسارت اقتصادی قابل توجه در صادرات مرکبات می‌شوند. از طرفی میوه‌ها احتمالاً به استرین‌هایی از قارچ‌های *Penicillium spp.*، *Alternaria spp.* و *Fusarium spp.* آلوده هستند که این قارچ‌ها می‌توانند زهرابه‌های قارچی (Mycotoxin) تولید کنند.

هنگام استفاده از میوه آلوده، احتمال برخورد با زهرابه‌های قارچی افزایش می‌یابد. وقوع زهرابه‌های قارچی و حد مجاز آن به‌عنوان یک فاکتور خطرناک مهم در نظر گرفته می‌شود. طبق آمار سازمان خواروبار جهانی سالانه بیست‌وپنج درصد کل محصولات به زهرابه‌های قارچی آلوده هستند. قارچ *Penicillium expansum* (عامل بیماری کپک آبی) در میان سایر عوامل، خسارت قابل توجهی به سیب و گلابی در طی انبارداری وارد می‌کند

و حتی در دمای صفر یا منفی یک درجه سلسیوس آلودگی ایجاد کرده و نیز به خاطر تولید زهرابه‌های قارچی پاتولین، با خطر سلامتی مرتبط است.

پوسیدگی پس از برداشت به‌عنوان یک فاکتور مهم کم شدن و از دست رفتن محصول در طی زنجیره‌ی عرضه‌ی محصولات شناخته‌شده که به خصوص در مراحل نگهداری میوه می‌تواند خسارت اقتصادی قابل توجهی وارد کند.

1. Moradpour. aref93@ut.ac.ir

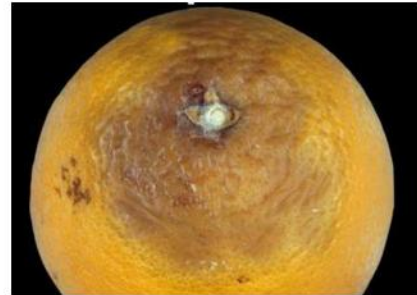


از سوی دیگر این سموم اثرات منفی بر روی محیط زیست می گذارند و با توجه به کاربرد وسیع سموم، استرین های مقاوم به آفت کش ها به وجود آمده اند. مقاومت *Penicillium italicum* و *Penicillium digitatum* به قارچ کش تیابندازول و استرین هایی از *Pseudocercospora herpotrichoides* به قارچ کش پروکلراز به دلیل استفاده مداوم گزارش شده است. اخیراً *B. cinerea* به قارچ کش پریمتانیل مقاوم شده است. ایزوله های متفاوت از قارچ *Colletotrichum gloeosporioides* به قارچ کش ایمازلیل پاسخ های متفاوتی می دهند. طبق مطالب عنوان شده می توان بیان داشت که یافتن راه حل جایگزین برای استفاده از قارچ کش ها دارای اهمیت ویژه ای است. برخی از روش ها مانند کنترل و اصلاح اتمسفر انبار، عوامل بیو کنترل، استفاده از نگه دارنده مانند کربنات ها، بیکربنات ها و پتاسیم سورات، استفاده از ازن، گرمادهی، متیل جاسمونات، سالیسیلیک اسید، پرتو دهی و کیتوزان نیز قابل توصیه و کاربرد هستند؛ اما در این بین برخی از مواد محافظت کننده در گیاهان مثل اسانس های روغنی و ترکیبات عمده آنها که دارای خاصیت ضد میکروبی و سمیت کم برای پستانداران و اثر کم بر روی محیط زیست اند، می توانند جایگزین های مناسبی برای قارچ کش ها باشند.

این ترکیبات همچنین به خاطر فرار بودن و کاربرد راحت آنها در غلظت های کم و دوستدار محیط زیست بودن، به عنوان آفت کش های کم خطر شناخته می شوند. فعالیت ضد قارچی اسانس ها در فاز بخار به رسمیت شناخته شده است.

اثر اسانس ها بر کنترل بیماری های پس از برداشت

اسانس ها شامل ترکیبات ترپنوئیدی، سسکوئترپنوئیدی، آلدئید، کیتوزان و ترکیبات فنولیک که توسط گیاهان تولید می شوند، است. یک روش کاربرد اسانس، خیساندن محصولات در محلول اسانس است. مطالعات انجام شده نشان داده است روغن آویشن و روغن دارچین از جمله ای این ترکیبات است که اثرات خوبی در حفظ محصول پس از برداشت در برابر عوامل بیمارگر خصوصاً عوامل ایجاد کننده پوسیدگی داشته است.



علائم آلودگی به *P. citri* در مرکبات



علائم آلودگی به *B. cinerea* در توت فرنگی

کنترل و مدیریت بیماری های پس از برداشت معمولاً به استفاده از قارچ کش با روش هایی مانند پوشاندن، افشانه پاشی و یا خیساندن میوه در این مواد وابسته اند. از قارچ کش گزاتین با روش خیساندن میوه به صورت عمومی برای کنترل پوسیدگی ترش (*Geotrichum candidum*) مرکبات استفاده می شود ولی این ترکیب در اتحادیه اروپا ثبت نشده است. مصرف کنندگان ترجیح می دهند که میوه های عاری از عیوب، بیماری و آغشته به سموم که برای مصرف ایمن تر است را خریداری کنند البته کشورهای واردکننده برای مقدار باقی مانده سم روی میوه ها، قوانین سخت گیرانه ای را در نظر می گیرند. در امریکا کپک سبز میوه مرکبات در مراحل پس از برداشت به وسیله قارچ کش سیستمیک ایمازلیل کنترل می شود و از سم پروکلراز به منظور کنترل بیماری های پس از برداشت میوه آووکادو در آفریقا، نیوزیلند و استرالیا استفاده می شود. حداکثر میزان مجاز باقی مانده این سم در این میوه، دو میلی گرم در کیلوگرم و پنج میکروگرم در گرم به ترتیب توسط اتحادیه اروپا و ژاپن تعیین شده است.



اسانس‌ها و نقطه اثر آن‌ها

غلظت ترکیبات فعال اسانس‌ها و ساختار شیمیایی آن‌ها، عامل خاصیت ضد میکروبی و طعم در میوه‌ها است. مطالعات نشان داده است که استفاده از اسانس‌های گیاهی نسبت به حالتی که ترکیبات سازنده آن‌ها به صورت تکی مورد آزمایش قرار می‌گیرند، خاصیت ضد میکروبی بیشتری دارند. خاصیت کنترلی اسانس‌ها علیه بیمارگرهای پس از برداشت بیشتر به دلیل اثر مستقیم روی رشد پرگنه قارچ و جوانه‌زنی اسپور از طریق اثر بر روی متابولیسم سلولی بیمارگر است.

خاصیت آب‌گریز بودن اسانس‌ها و ترکیبات آن‌ها اجازه می‌دهد که بین لایه‌های لیپیدی غشای سلولی قارچ وارد شده و آن را بشکند و در نتیجه ساختار غشای سلولی و تمامیت آن شکسته می‌شود. این امر موجب تغییر نفوذپذیری و تبادل کاتیون H^+ و K^+ می‌شود. همچنین می‌تواند موجب تغییر در جریان پروتون‌ها و شیب یونی، تغییر اسیدیته (PH) سلول، اثر بر ترکیبات شیمیایی سلول‌ها و فرآیندهای متابولسمی در سلول بیمارگر و در نهایت موجب مرگ سلولی بشود. از سوی دیگر برهمکنش بین اسانس‌ها و غشای سلولی می‌تواند موجب نشت برخی از ترکیبات سلولی مانند ATP که همان مولکول اصلی ذخیره انرژی است، بشود. اسانس‌ها دارای ترکیبات فنولی هستند که می‌تواند با تعامل با پروتئین‌های سطح غشای سلولی، باعث تغییر شکل و تغییر در عملکرد آن‌ها شوند. تغییر شکل و اختلال در غشا می‌تواند از طریق مهار آنزیم‌های تولیدکننده ATP و استفاده از استروما برای تولید آن در میزان تولید ATP اثرگذار باشد. علاوه بر این، می‌تواند بر جوانه‌زنی اسپورها و طول لوله تندهش اثر گذاشته و رشد پرگنه قارچ را متوقف کند. مشاهدات مشترک در مورد تغییرات پرگنه و اسپورهای قارچی شامل: ایجاد یک واکوئل بزرگ از طریق ادغام واکوئل‌های کوچک، ظهور لومازوم‌های متعدد پیچ‌خورده، جداسازی غشای پلاسمایی از دیواره سلولی و همچنین لایه‌های فیبری دیواره سلولی ضعیف‌تر شده که در نهایت یکپارچگی دیواره سلولی از بین رفته و نمی‌تواند شکل و عملکرد خود را اجرا کند.

اسانس‌ها حاوی درصد بالایی از ترکیبات فنولی (گروه هیدروکسیل در حلقه بنزن) مانند اوژنول (Eugenol)، کارواکرول (Carvacrol) و تیمول (Thymol) هستند که خاصیت ضد میکروبی بالایی را از خود نشان می‌دهند. این فرض وجود دارد

که عملکرد اسانس‌های بدون فنول مانند اسانس علف لیمو، از طریق اختلال در غشا به واسطه داشتن ترکیبات چربی دوست است. اثر ضد میکروبی علف لیمو فقط وابسته به انتشار منوترپن‌ها در غشای سلولی و تخریب ساختار آن نیست بلکه میزان حلالیت غشای سلولی در حضور اسانس علف لیمو در فاز گازی افزایش می‌یابد که به خاطر تغییر شکل غشای سلولی است. آلدئید تشکیل‌دهنده سیترال، ترکیبی از دو ایزومر نرال (Neral) و جرانیال (Geranial) بوده که خاصیت ضد قارچی قابل توجهی دارند. کاربرد هم‌زمان دو یا چند ترکیب می‌تواند اثر سینرژیستی بگذارد. ترکیبات اکسیدکننده مثل سیترال، تیمول و کارواکرول از ترکیب P-Cymene (Terpene Hydrocarbons) خاصیت بیشتری دارند. با این وجود p Cymene موجب ایجاد تورم‌هایی در غشای سلولی قارچ شده که به دنبال آن ترکیبات سیترال، تیمول و کارواکرول وارد سلول می‌شوند و در نتیجه استفاده از ترکیبات دو اسانس متفاوت در کنترل بیماری‌های پس از برداشت، اثر سینرژیستی از خود نشان داد.

گزارش شده که ترکیبات اسانس مانند تیمول و اوژنول، توانایی افزایش سطح آنتی‌اکسیدانی (پلی‌فنول‌ها، فلاوونوئیدها و آنتی‌سیانین‌ها) و یک ظرفیت جذب اکسیژن در بافت میوه شامل سیستم‌های آنزیمی و غیر آنزیمی که باعث افزایش جذب رادیکال اکسیژن و رادیکال هیدروکسیل در بافت میوه می‌شود را دارند. نفوذ ترکیبات اسانس بر روی افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت سوخت‌وساز می‌تواند به طور قابل توجه و مهمی مقاومت بافت میوه به پاتوژن‌ها و کاهش زوال فیزیولوژیکی را افزایش دهد. مطالعات نشان داده اسانس آویشن پس از آغشته شدن به میوه آووکادو محتوای فنول کل را افزایش می‌دهد. از سمتی محتوای فنول کل، به عنوان یک اصل کلیدی در مقاومت گیاه و فعالیت‌هایی مثل راهکارهای دفاعی علیه حمله بیمارگرهای گیاهی شناخته شده است. اسانس آویشن به علاوه می‌تواند به عنوان یک ترکیب سیگنالی مانند بخار متیل جاسمونات عمل کرده و موجب فرستادن سیگنال مشابه شرایط تنش خفیف در میوه بشود. اسانس آویشن موجب وادار کردن فعالیت کیتیناز، بتا-۱-۳-گلوکاناز و پروکسیداز در میوه آووکادو می‌شود. آنزیم‌های کیتیناز، بتا-۱-۳-گلوکاناز با اثر تخریبی بر روی دیواره سلولی قارچ،



زهرابه‌های قارچی در مزرعه و هم پس از برداشت محصولات تولید می‌شوند و همچنین میزان و غلظت آن‌ها در انبار هم می‌تواند افزایش یابد. جلوگیری از رشد قارچ مانع تجمع زهرابه‌های قارچی در میوه خواهد شد. این زهرابه‌ها به صورت مستقیم از طریق مصرف میوه و یا همراه با انجام مراحل فرآوری مواد غذایی به مصرف‌کنندگان می‌رسند.

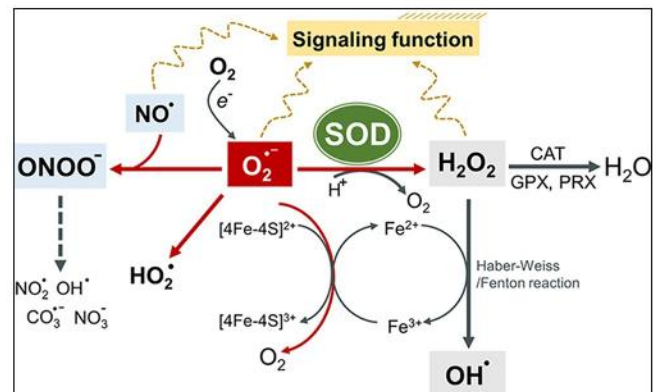
فعالیت ضد قارچی روغن سیر، آویشن و لاوندر (Lavender) به طور مستقیم روی اسپوره‌های *Penicillium expansum* اثر می‌گذارند. اسانس گیاهان ریحان، چمن معطر و آویشن معمولی حاوی ترکیبات فعال فراوانی مانند کارواکرول، تیمول، لینالول (Linalool)، نرال (Neral)، ترپنین-۴ (۴-Terpinen) و جرانپال (Geranial) هستند. اثر سینرژیستی بین موارد ذکر شده می‌تواند خاصیت ضد میکروبی را افزایش داده و در نهایت استفاده از غلظت‌های کمتر اسانس‌ها، اثر مزه را بر روی میوه کاهش خواهد داد.

زهرابه‌های آفلاتوکسین (Aflatoxins) از عوامل سرطان‌زای خطرناک هستند که توسط قارچ‌های *Aspergillus* و *Aspergillus flavus* در آجیل، دانه‌های غلات و حبوبات تولید می‌شوند. *parasiticus* در آجیل، دانه‌های غلات و حبوبات تولید می‌شوند. آلودگی آفلاتوکسین یک مشکل رایج در کشورهای در حال توسعه است که موجب خسارات شدید اقتصادی می‌شود. آفلاتوکسین به عنوان یک ترکیب سرطان‌زا و خطرناک ضد سیستم ایمنی بدن شناخته شده که می‌تواند باعث قطع برخی از مسیرهای متابولیتی در سلول شود. اسانس‌های دارچین و میخک اثر مهارکنندگی روی تولید آفلاتوکسین توسط *A. flavus* داشتند.

قارچ‌های جنس *Fusarium* (*Fusarium verticillioides*) و *Fusarium proliferatum*، به واسطه تولید زهرابه قارچی در مزرعه و انبارداری به‌ویژه رطوبت بالا و دمای پایین، موجب آلودگی و خسارت شدید اقتصادی به محصولات اساسی مانند ذرت و گندم می‌شود. فومونیسین B₁ (Fumonisin B₁) زهرابه عمومی است که توسط *Fusarium verticillioides* و *Fusarium proliferatum* تولید می‌شود. در این مورد اسانس ریحان و چمن معطر، دارای خاصیت ضد تولید زهرابه قارچی بودند که به اوژنول همان ترکیب فنولی اسانس نسبت داده می‌شود.

به عنوان یک راهکار دفاعی در میوه علیه قارچ‌ها هستند. ارتباط بین پروکسیداز با مقاومت به بیماری و تشکیل اتصالات متقابل بین زنجیره‌های پلیمری زیستی فنول، گزارش شده است.

آنزیم سوپراکسیداز دیسموتاز (Superoxide Dismutase) به عنوان یک پروتئین حاوی فلز که واسطه بین تبدیل O_2^- به H_2O_2 است شناخته شده و پروکسیداز و کاتالاز، H_2O_2 را به اکسیژن و آب تبدیل می‌کنند و هرگونه رادیکال آزاد H_2O_2 را محدود می‌کند. اسانس‌های آویشن و نعناع باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی آنزیم‌های سوپراکسیداز دیسموتاز، پروکسیداز و کاتالاز می‌شوند. همچنین گزارش شده است آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی سوپراکسیداز دیسموتاز، پروکسیداز و کاتالاز نیز در تیمار فلفل شیرین با کیتوزان و اسانس دارچین در بیش از سی و پنج روز افزایش یافته‌اند.



اثر اسانس‌ها بر روی تولید میکوتوکسین قارچ‌ها قارچ *Penicillium expansum* تولید زهرابه‌های قارچی پاتولین (Patulin)، روکوفورتین C (Roquefortine C)، سیتربین (Citrinin) و کتوگلوبوسین (Chaetoglobosin) می‌کند که هر کدام به عنوان عوامل مضر برای سلامت انسان و حیوانات شناخته شده‌اند. پاتولین یک پلی‌کتید لاکتون است که توسط گونه‌های *Penicillium spp.*، *Aspergillus spp.* و *Byssoschlamys spp.* تولید می‌شود اما عمدتاً توسط *Penicillium expansum* در سیب و فرآورده‌های سیب تولید می‌شود. این قارچ عامل فساد پرتقال، زردآلو، هلو و گوجه و همچنین، فرآورده‌های آن‌ها است.

منبع:

Sivakumar. D. and Bautista-Banos. S. 2014. A review on the use of essential oil for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. Crop Protection. 64: 27-37.