مهار زیستی بیماری‌های پس از برداشت مرکبات

امیر رمضانی و صفرعلی مهدیان✉

دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۱

رمضانی ا. و مهدیان ص. ع. ۱۳۹۴. مهار زیستی بیماری‌های پس از برداشت مرکبات. *دانش بیماری‌شناسی گیاهی* ۵(۱): ۲۵-۱۴.

چکیده

پوسیدگی پس از برداشت میوه مرکبات مهم‌ترین عامل کاهش عمر این محصولات و از بیماری‌های مهم اقتصادی آن‌ها در نواحی تولید مرکبات دنیا است. قارچ‌های بیمارگر، کپک‌های سبز و آبی به اسامی *Penicillium digitatum* و *Penicillium italicum* هستند، که معمولا با استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی مدیریت می‌شوند. با توجه به اینکه مصرف سموم شیمیایی ضمن داشتن خطرهای سوء محیط زیستی، سبب بروز جدایه‌های مقاوم در بیمارگرها نیز می‌شوند، مبارزه زیستی از طریق کاربرد قارچ‌ها و باکتری‌های متعارض به‌عنوان روش جایگزین مصرف قارچ‌کش‌ها مطرح شده است. در این خصوص، کارآیی قارچ‌هایی نظیر *Candida guilliermondii*، *Pichia guilliermondi*، *Candida saitoan*، *Aureobasidium pullulans*، *Muscodor albus* و باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens* ، *Bacillus subtilis* و *Pantoea agglomerans* در مهار کپک‌های سبز و آبی مرکبات مثبت گزارش‌شده است. بنابراین می‌توان کاربرد آن‌ها را برای مبارزه با این بیماری‌ها پیشنهاد کرد.

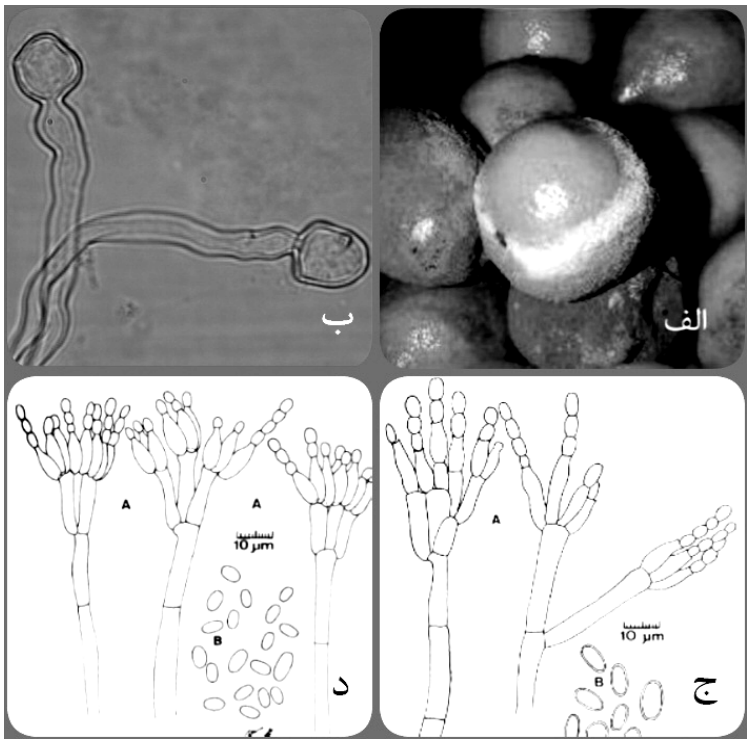
واژه‌های کلیدی: مرکبات، *Candida*، *Penicillium*، *Pichia*، *Pseudomonas*

مقدمه

مرکبات از میوه‌هایی هستند که به دلیل میزان بالای آب و مواد مغذی، بسیار مستعد ابتلا به آلودگی به انواع بیمارگرها و کپک‌ها در طول دوره بین برداشت تا مصرف می‌باشند (Tripathi & Dubey 2003). آلودگی و عفونت توسط قارچ‌های بیمارگر در مراحل مختلف در دوره رسیدن میوه، در هنگام برداشت و پس از آن رخ می‌دهد و معمولاً به دنبال آسیب‌های مکانیکی وارده به میوه ورود انواع کپک‌ها به راحتی میسر می‌شود. فساد میوه پس از

✉ مسئول مکاتبه، پست الکترونیک: safaralim@gmail.com

برداشت همچنین می‌تواند از بیمارگرهای موجود در باغ مانند پوسیدگی سیاه ناشی از *Alternaria alternata* pv. *citri* (Fr.) Keissler، پوسیدگی قهوه‌ای ناشی از *Phytophtora citrophthora* (R.E. Sm. & E.H. Sm.) Leonian و آنتراکنوز توسط *Colletotrichum gloeosporioides* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk سرچشمه بگیرد (Talibi *et al*. 2014) در کشورهای درحال‌توسعه خسارت این بیمارگرها به دلیل نداشتن امکانات کافی در حین انبارداری و حمل‌ونقل به سرعت افزایش می‌یابد (Ladaniya 2008). شایع‌ترین وجدی‌ترین بیماری‌هایی که میوه مرکبات را تحت تأثیر قرار می‌دهند کپک‌های سبز و آبی هستند که به ترتیب توسط *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc و *Penicillium italicum* Wehmer ایجاد می‌شوند (شکل ۱)، این قارچ‌ها میوه را از راه زخم و آسیب‌های مکانیکی وارده به آن در باغ، کارخانه بسته‌بندی یا در طول نگهداری و ذخیره‌سازی آلوده می‌کنند. زاد مایه عامل بیماری همیشه در سطح میوه در طول فصل وجود دارد و بعد از برداشت می‌تواند به جمعیت بالایی برسد مگر اینکه اقدامهای بهداشتی مناسب اتخاذ شود (Kanetis *et al*. 2007). پوسیدگی میوه به‌وسیله این قارچ‌ها در طول فصول مرطوب، بارندگی و عملیات درجه‌بندی کردن میوه افزایش می‌یابد (Liu *et al*. 2009). در حال حاضر، قارچ‌کش‌های شیمیایی مثل بنومیل، کاربندازیم، ایمازالیل، تیابندازول، ابزار اصلی مهار کردن بیماری‌های پس از برداشت مرکبات می‌باشند. استفاده مداوم از این قارچ‌کش‌ها موجب پیدایش جدایه‌های قارچ با مقاومت بالا به قارچ‌کش‌های متعدد منجر شده که نهایتاً مدیریت این بیماری‌ها به‌ویژه پوسیدگی پنسیلیومی را پیچیده می‌کند (Dorby *et al*. 2002). علاوه بر این، استفاده از این قارچ‌کش‌ها به دلیل سرطان‌زا بودن، دوره تجزیه‌پذیری طولانی، آلودگی محیط‌زیست و باقیمانده‌های شیمیایی در میوه در حال محدود شدن است. بنابراین باید راهکارهای جایگزین برای مهار بیماری‌های پس از برداشت مرکبات توسعه داده شود، که خطر کمتری برای سلامت انسان و محیط‌زیست دارند. به‌تازگی چندین روش زیستی امیدوارکننده به‌عنوان جایگزین‌های بالقوه قارچ‌کش‌های شیمیایی برای مهار بیماری‌های پس از برداشت مرکبات ارائه شده است. این راهکارهای مهار زیستی شامل، کاربرد ریزجانداران متعارض، ترکیبات زیست فعال مشتق شده طبیعی و القای مقاومت است (Talibi *et al*. 2014). از میان این روش‌های زیستی، استفاده از ریزجانداران متعارض به‌تنهایی و یا به‌عنوان بخشی از روش کلی



شکل ۱. الف- پوسیدگی میوه مرکبات، **ب**-جوانه زدن هـاگ *Penicillium digitatum*، **ج**- *P. digitatum* **د** -*P. italicum* (Ramirez 1980)

مدیریت بیماری، تا حدودی امیدوارکننده و در حال به دست آوردن محبوبیت در میان مصرف‌کنندگان است. واژه مهار زیستی(Biological control) به معنی استفاده از ریزجانداران طبیعی علیه بیمارگرهای گیاهی است. هدف این مقاله شرح یافته‌های جدید منتشرشده در مورد مهار زیستی بیماری‌های پس از برداشت مرکبات است.

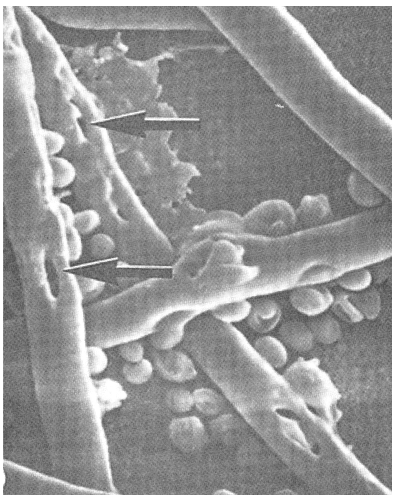
۱- ریزجانداران متعارض

مشخص‌شده که ریزجانداران متعارض که به‌صورت طبیعی روی سطح میوه مرکبات وجود دارند می‌توانند از پیشرفت بیماری جلوگیری کنند. استفاده از آن‌ها برای مهار بیماری‌های پس از برداشت مرکبات به دو روش است: الف-استفاده از متعارض‌های اپی‌فیت طبیعی که از قبل روی سطح میوه وجود دارند، ب- کاربرد ریزجانداران متعارض انتخابی که بیماری‌های پس از برداشت را مهار می‌کنند. اهمیت ریزجانداران متعارضی که به‌طور طبیعی روی میوه وجود دارند زمانی آشکار می‌شود که میوه‌های شسته شده نسبت به میوه‌های شسته نشده پوسیدگی بیشتری را نشان می‌دهند. محققان پی بردند که مرکبات شسته شده، خشک‌شده و انبارشده خیلی سریع‌تر از میوه شسته نشده

دچار آلودگی می‌شود، این امر حاکی از آن است که ریزجاندارهای روی میوه مرکبات قادر به مهار کردن کپک‌های مرکبات است. چندین ریزجانداران متعارض که در مهار بیماری‌های میوه مرکبات پس از برداشت مؤثر واقع شدند، از سطح میوه مرکبات جدا شده‌اند (Dorby *et al.* 1998).

۱-۱- مخمرها

یکی از بهترین جایگزین‌ها برای مهار بیماری‌های پس از برداشت، تیمار میوه مرکبات با مخمرهای متعارض است. چندین خصوصیت مثبت، مخمرها را به ریزجانداران کارآمد برای مهار بیماری‌های پس از برداشت مرکبات تبدیل می‌کند، از جمله این که بعضی مخمرها می‌توانند حتی تحت شرایط خشک به مدت طولانی روی سطح میوه زنده باقی بمانند و دارای دامنه تحمل بالا نسبت به تغییرات درجه حرارت می‌باشند (Janisiewicz & Korsten 2002). مخمرها، پلی ساکاریدهای خارج سلولی تولید می‌کنند که پایداری‌شان را افزایش داده و رشد سایر بیمارگرها را محدود می‌کند. مخمرها می‌توانند به‌سرعت از مواد مغذی استفاده کنند و با سرعت بالایی تکثیر شوند (Sharma *et al.* 2009). مهار مؤثر عوامل پوسیدگی مرکبات با مخمرهایی نظیر *Pichia guilliermondii* Wick (شکل ۲)، *Candida saitoana* Nakase & M. Suzuki، *Candida famata* (F.C. Harrison) S.A. Mey. & Yarrow، *Candida oleophila* Montrocher & Arnaud (de Bary) *Aureobasidium pullulans*، *Kloeckera apiculata* (Reess) Janke گزارش شده است (El-Ghaouth *et al.* 2002).



شکل ۲. چسبیدن سلول‌های مخمر *Pichia guilliermondii* به ریسه قارچ بیمارگر *Penicillium* sp. و ایجاد حفره در محل تماس آن‌ها (Agrios 2005).

۱-۲- باکتری‌ها

باکتری‌ها در ارتباط با بیشتر گونه‌های گیاهی هستند و می‌توانند از بافت‌های سطحی، ریشه و ریزوسفر گیاهان گوناگون جدا شوند. علاوه بر این باکتری‌های اندوفیت به دلیل توانایی‌شان در استقرار در بافت‌های گیاهان موردتوجه قرارگرفته‌اند و باعث یک مقاومت داخلی علیه بیمارگرها می‌شوند (Liu *et al.* 2009). باکتری‌های متعارضی به خاطر تولید مواد با ویژگی‌های ضد قارچی و ضد باکتریایی معروف می‌باشند. پیشرفت‌های قابل‌توجه ای در مهار بیماری‌های پس از برداشت مرکبات با استفاده از باکتری‌هایی نظیر *Pseudomonas syringae* Van Hall، *Pseudomonas fluorescens* Flugge، *Bacillus subtilis* Ehrenberg، *Pantoea agglomerans* Ewing & Fife، *Enterobacter cloacae* Jordan به دست آمده است (Lucon *et al.* 2010).

۱-۳- قارچ‌ها

قارچ‌هایی نظیر *Muscodor albus* Worapong, Strobel & W.M. Hess و *Aureobasidium pullulans* (de Bary) G. Arnaud توانایی کاهش پوسیدگی پس از برداشت مرکبات را نشان داده‌اند (Mercier & Smilanick 2005). قارچ *M.albus*، موادی فرار با وزن مولکولی پایین و خاصیت ضدعفونی‌کنندگی تولید می‌کند که برای مهار بیمارگرها در طول انبارداری استفاده‌شده است، همچنین این قارچ بر روی کپک سبز و پوسیدگی ترش نیز مؤثر بوده است (Mercier & Smilanick 2005). این قارچ ۲۸ نوع مواد ترکیبی ناپایدار ارگانیک تولید می‌کند که بعضی اثر مهارکننده علیه بعضی قارچ‌ها و باکتری‌های بیمارگر نشان می‌دهند (Strobel *et al.* 2001).

۲- نحوه‌ی عمل ریزجانداران متعارض

اگرچه تحقیقات زیادی در زمینه استفاده از متعارض‌های میکروبی انجام‌شده است اما نتایج اندکی در مورد تعاملات میکروبی که بر روی زخم‌های میوه اتفاق می‌افتد به‌دست‌آمده است. این امر به خاطر سختی در مطالعه، تعامل پیچیده‌ای که بین بیمارگر-متعارض-گیاه میزبان و دیگر ریزجانداران موجود بر سطح میوه وجود دارد. شناسایی سازوکاری که در تعاملات متعارضی جهت مهار بیماری رخ می‌دهد، ضروری است. چندین سازوکار در تعاملات متعارضی نقش دارند. سازوکارهای مهم شامل توانایی فراانگلی، رقابت برای جایگاه و غذا ، تولید مواد پادزیست،

القای مقاومت و تداخل در پروتیین‌های مرتبط با بیماری‌زایی(Pathogenesis-related proteins) می‌باشند (Liu *et al*. 2009). شناسایی روابط بین بیمارگرها و ریزجانداران متعارض روی میوه و محیط برای اجرای موفق مهار زیستی در مرحله پس از برداشت ضروری است.

۲-۱- رقابت (Competition)

منابع مواد غذایی در پوست میوه مرکبات اغلب برای تمام ریزجانداران کافی نیست، این امر باعث رقابت بین بیمارگرها و متعارض‌ها برای استقرار در محل و تأمین مواد غذایی می‌شود (Liu *et al*. 2009). ریزجانداران غیر بیماری‌زا، به‌خصوص مخمرها با استقرار سریع در زخم‌ها از سطح میوه مرکبات محافظت می‌کنند و درنتیجه هیچ محلی برای رشد بیمارگر باقی نمی‌ماند. گزارش شده که مخمرهای *P.guilliermondii*، *R. glutinis*، *Candida saitoana* Nakase & M. Suzuki، *Rhodosporidium paludigenum* Fell & Tallman، *Kloeckera apiculata* Reess برای مواد غذایی و جایگاه با بیمارگرهای پس از برداشت مرکبات رقابت می‌کنند (Arras *et al*. 1998).

۲-۲- فراانگلی (Hyperparasitism)

در حالت فراانگلی، بیمارگر به‌طور مستقیم موردحمله یک متعارض خاص قرار می‌گیرد که یا بیمارگر و یا اندام‌های تکثیری آن را از بین می‌برد. پارازیته کردن، به شناسایی بین متعارض و بیمارگر، تماس نزدیک، ترشح آنزیم‌های تجزیه‌کننده و همچنین رشد فعال پارازیت درون بیمارگر میزبان بستگی دارد (Spadaro 2004). سلول‌های مخمر *P. guillermondii* توانایی اتصال به ریسه‌های *P. italicum* را دارا می‌باشند، این اتصال باعث کاهش توانایی بیمارگر جهت آغاز آلودگی می‌شود. همچنین مخمر متعارض *C. saitoana* از طریق پارازیته کردن مستقیم به *P. italicum* حمله می‌کند (El-Ghaouth *et al*. 2002).

۲-۳- تولید مواد پادزیست(Antibiosis)

تولید مواد پادزیست یکی از فعالیت‌های مهم ریزجانداران متعارض است. این سازوکار در باکتری‌ها بیشتر از مخمرها و قارچ‌های رشته‌ای یافت می‌شود. سیرینگومایسین تولیدشده توسط باکتری *P. syringae* کپک سبز در

لیمو را مهار و از رشد *Geotrichum citri-aurantii* Ferraris (Cif. & F. Cif)، *P. digitatum* و *P. italicum* جلوگیری می‌کند (Bull *et al*. 1998). همچنین مواد پادزیستی تولیدی باکتری *Pseudomonas capacia* Palleroni & Holmes در مهار کپک سبز لیمو مؤثر هستند (Mercier & smilanick 2005). علاوه بر این مواد پادزیستی *B. subtilis* به‌عنوان عامل بازدارنده از رشد *P. digitatum* در حفاظت میوه مرکبات پس از برداشت شناخته شده‌اند (Leelasuphakul *et al*. 2008).

۲-۴- مقاومت القایی

بعضی ریزجانداران متعارض‌ها باعث تحریک واکنش‌های دفاعی در گیاه می‌شوند که مقاومت القایی نامیده شده است. استفاده از سلول‌های زنده مخمر *C. oleophila* روی زخم‌های سطح گریپ‌فروت، مقاومت فراگیر علیه قارچ *P.digitatum* را موجب می‌شود (Droby *et al*. 2002). همچنین گزارش‌شده که مخمر *P. gullermondii* با تولید فیتوآلکسین اسکوپارون (Scoparone) مقاومت به کپک سبز را القا کرده است (Rodov *et al*. 1993). ریزجانداران متعارض انواع گوناگونی از واکنش‌های سلولی مانند فعال شدن گونه‌های اکسیژن فعال (Reactive oxygen species) و ترشح آنزیم‌هایی مانند بتا ۱ و ۳ گلوکونازها و کیتینازها را موجب می‌شوند (Chan *et al*. 2007).

۳- روش‌های به‌کارگیری ریزجانداران متعارض برای مبارزه با بیماری‌های پس از برداشت میوه مرکبات

آلودگی میوه مرکبات توسط بیمارگرها می‌تواند قبل از برداشت در باغ رخ دهد، بنابراین به‌کارگیری ریزجانداران متعارض در این مرحله و همچنین پس از برداشت می‌تواند مفید باشد. موضوع مهم برای به‌کارگیری متعارض‌ها توانایی آن‌ها در کلونیزه کردن سطح میوه در باغ، در طول انبارداری و همچنین باقی ماندن روی سطح میوه می‌باشد (Canamas *et al*. 2008). به‌کارگیری ریزجانداران متعارض پس از برداشت، عملی‌ترین روش برای مهار بیماری‌های پس از برداشت مرکبات است. در این مورد، زادمایه ریزجانداران متعارض پس از برداشت میوه، به روش اسپری و یا غوطه‌ور کردن به کار برده می‌شود (El-Ghaouth *et al*. 2002). کاربرد باکتری‌های *P. syringe*، *Pseudomonas cepacia* Palleroni & Holmes، *B.subtilis* و قارچ‌های *Trichoderma*

viride Pers و *Debaryomyces hansenii* Lodder & Kreger-van Rij به مهار *P. digitatum* روی میوه مرکبات منجر شد (Bull *et al*. 1998).

۴- تلفیق کاربرد ریزجانداران متعارض با دیگر روش‌های مبارزه

یک نقطه‌ضعف کاربرد ریزجانداران متعارض هنگامی است که آلودگی میوه مرکبات قبل از برداشت یا در طول برداشت و رسیدگی رخ دهد، در این حالت آن‌ها فعالیت حفاظتی و درمانی قابل‌مقایسه با قارچ‌کش‌های شیمیایی، نشان نمی‌دهند و موفق به مهار عفونت‌های از قبل ایجادشده نمی‌شوند. بنابراین باید کاربرد آن‌ها با سایر روش‌های مبارزه مانند از بین بردن آفاتی که به میوه آسیب می‌رسانند، جلوگیری از ایجاد زخم در میوه و یا ضربه به آن در هنگام برداشت و بسته‌بندی مناسب میوه‌ها همراه باشد (Talibi *et al*. 2014).

نتیجه‌گیری

پیشرفت‌های زیادی در مهار زیستی بیماری‌های پس از برداشت مرکبات در سال‌های اخیر به‌دست آمده است. با این یافته‌ها احتمال شناخت ریزجانداران مؤثرتر و بهبود محصولات زیستی مناسب برای بازاریابی تجاری افزایش یافته است. اگرچه مهار زیستی دستاوردی قابل قبول است اما میزان ثبت عوامل مهار زیستی به شکل تجارتی بسیار کم است. استفاده از ریزجانداران مؤثرمتعارض اغلب در شرایط مزرعه در مهار بیماری‌ها تأثیری متوسط داشته است. برای رفع این مشکل سوسپانسیون زادمایه آن‌ها باید در حامل‌های معینی تثبیت شده و به‌صورت فرمولاسیون‌هایی با کاربرد آسان، سهولت حمل و نقل، نگهداری طولانی مدت، حفظ قدرت حیاتی و افزایش کارایی ریزجانداران در مزرعه، تجاری‌سازی و مورد استفاده قرار گیرند. به‌طور کلی، استفاده از ریزجانداران متعارض در تلفیق با سایر روش‌ها سبب پیشرفت در مدیریت بیماری‌های پس از برداشت و همچنین کاهش مصرف قارچ‌کش‌های شیمیایی و درنتیجه سبب کاهش خطر برای سلامت مصرف‌کنندگان و محیط‌زیست می‌شود، بنابراین می‌توان کاربرد آن‌ها را برای مبارزه با این بیماری‌ها پیشنهاد کرد.

منابع **References**

1. Agrios G. N. 2005. Plant Pathology. Elsevier Academic Press, Burlington, MA,USA, 344P.

2. Arras G., DeCicco V., Arru S. & Lima G. 1998. Biocontrol by yeasts of blue mould of citrus fruits and the mode of action of an isolate of *Pichia guilliermondii. The Journal Horticultural Science and Biotechnology* 73:413–418.
3. Bull C., Wadsworth M., Sorensen K., Takemoto J., Austin R. & Smilanick J. 1998. Syringomycin E produced by biological control agents controls green mold on lemons. *Biological Control* 12:89–95.
4. Canamas T. P., Vinas I., Usall J., Torres R., Anguera M. & Teixido N. 2008. Control of postharvest diseases on citrus fruit by preharvest applications of biocontrol agent *Pantoea agglomerans* CPA-2: part II. Effectiveness of different cell formulations. *Postharvest Biology and Technology* 49:96–106.
5. Chan Z., Qin G., Xu X., Li B. & Tian S. 2007. Proteome approach to characterize proteins induced by antagonist yeast and salicylic acid in peach fruit. *Journal of Proteome Research* 6:1677–1688.
6. Droby S., Vinokur V., Weiss B., Cohen L., Daus A., Goldschmidt E. & Porat R. 2002. Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in grapefruit by the yeast biocontrol agent *Candida oleophila. Phytopathology* 92:393–399.
7. Droby S., Cohen L., Daus A., Weiss B., Horev B., Chalutz E., Katz H., Keren-Tzur M. 1998. Commercial testing of Aspire: a yeast preparation for the biological control of postharvest decay of citrus. *Biological Control* 12:97–101.
8. El-Ghaouth A., Wilson C., Wisniewski M., Droby S., Smilanick J. L. & Korsten L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables. *Applied Mycology and Biotechnology* 2:219–238.
9. Janisiewicz W.J. & Korsten L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. *Annual Review Phytopathology* 40:411–441.
10. Kanetis L., Forster H. & Adaskaveg J. E. 2007. Comparative efficacy of the new postharvest fungicides azoxystrobin, fludioxonil, and pyrimethanil for managing citrus green mold. *Plant Disease* 91:1502–1511.
11. Ladaniya M. S. 2008. Postharvest Diseases and their Management in Citrus Fruit. Biology, Technology and Evaluation, Pp:417–449.
12. Leelasuphakul W., Hemmanee P. & Chuenchitt S. 2008. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold

pathogen (*Penicillium digitatum Sacc*.) of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology* 48:113–121.

13. Liu B., Qiao H., Huang L., Buchenauer H., Han Q., Kang Z. & Gong Y. 2009. Biological control of take-all in wheat by endophytic *Bacillus subtilis* E1R-j and potential mode of action. *Biological Control* 49:277–285.
14. Lucon C., Guzzo S., de Jesus C., Pascholati S. & de Goes A. 2010. Postharvest harpin or *Bacillus thuringiensis* treatments suppress citrus black spot in 'Valencia' oranges. *Crop Protection* 29:766–772.
15. Mercier I. & Smilanick J. L. 2005. Control of green mold and sour rot of stored lemon by biofumigation with *Muscodor albus*. *Biologyical Control* 32:401–407.
16. Ramirez C.1980. Manual and Atlas of the Penicillia. Amsterdam. New York. Oxford, 375P.
17. Rodov V., Ben-Yehoshua S., Fang D., D'hallewin G. & Castia T. 1993. Accumulation of phytoalexins scoparone and scopoletin in citrus fruits subjected to various postharvest treatments. International Symposium on Natural Phenols in Plant Resistance, p.381.
18. Sansone G., Rezza I., Calvente V., Benuzzi D. & Sanz de Tosetti M.I. 2005. Control of Botrytis cinerea strains resistant to iprodione in apple with rhodotorulic acid and yeasts. *Postharvest Biology and Technology* 35:245–251.
19. Saravanakumar D., Ciavorella A., Spadaro D., Garibaldi A. & Gullino M. L. 2008. *Metschnikowia pulcherrima* strain MACH1 outcompetes *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata* and *Penicillium expansum* in apples through iron depletion. *Postharvest Biology and Technology* 49:121–128.
20. Sharma R., Singh D. & Singh R. 2009. Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables by microbial antagonists: *Biologyical Control* 50:205–221.
21. Spadaro D. & Gullino M. L. 2004. State of the art and future prospects of the biological control of postharvest fruit diseases. *International Journal of Food Microbiology* 91:185–194.
22. Spotts R. A., Cervantes L. A. & Facteau T. J. 2002. Integrated control of brown rot of sweet cherry fruit with a preharvest fungicide, a postharvest yeast, modified

atmosphere packaging, and cold storage temperature. *Postharvest Biology and Technology* 24:251–257.

23. Strobel G. A., Dirkse E., Sears J. & Markworth C. 2001. Volatile antimicrobials from *Muscodor albus*, a novel endophytic fungus. *Microbiology* 147:2943-2950.

24. Talibi, I., Boubaker, H., Boudyach, E. H. & Ait Ben Aoumar, A. 2014. Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of Applied Microbiology* 117:1-17.

25. Tripathi P. & Dubey N. 2003. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 32:235–245.

Plant Pathology Science (ISSN:2251-9270) Yasouj University, RICeST & ISC (Iran) Vol. 5(1), 2016

Biological Control of Post-Harvest Citrus Diseases

AMIR RAMEZANI & SAFAR ALI MAHDIAN✉
MSc. Student & Assistant Professor, Department of Plant Protection, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
(✉Corresponding author, E. mail: safaralim@gmail.com)

Received: 10.05.2015 Accepted: 02.09.2015

Ramezani A. & Mahdian S. A. 2016. Biological control of post-harvest citrus diseases. *Plant Pathology Science* 5(1):14-25.

Abstract

Post- harvest rot of citrus fruits is one of the most important limiting factors that reduce the life of harvested products and are one of the most important economical diseases in world's citrus production areas. Two most important fungi that affect the citrus fruits, are green and blue molds which are produced by *Penicillium digitatum* and *P. italicum*, respectively. The disease are mainly managed by using the synthetic fungicides, but because of environmental hazards and appearance of resistant strains of the pathogen, the biological control by the use of bacterial, fungal and yeast antagonists can be suggested. The efficiency of yeasts such as *Candida guilliermondii*, *C. saitoan*, *Pichia guilliermondi* and *Aureobasidium pullulans*; the bacteria *Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis, Pantoea agglomerans* and the fungus *Muscodor albus*, in controlling the green and blue molds of citrus is reported so far. In this paper, we tried to explain the method of biological control with emphasizing on the identification of useful microorganisms and their operation.

Key words: Citrus, *Candida*, *Penicillium*, *Pichia*, *Pseudomonas*