

Research Article

The efficacy of some plant-based fungicides in controlling post-harvest rot disease in pears, caused by *Botrytis cinerea*

Ali Chenari Bouket ¹, Syamak Hanifeh², Kasra Sharifi³, Mansoureh Mozaffari Gonbari⁴, Parisa Zargaripour⁴, Shahin Zomorodi⁵



- ¹ Plant Protection Research Department, East-Azərbayjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
² Natural Resources Research Department, West-Azərbayjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran
³ Plant Diseases Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, AREEO, Tehran, Iran
⁴ Agricultural Engineering Research Department, East-Azərbayjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran
⁵ Agricultural Engineering Research Department, West-Azərbayjan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran

Corresponding author

 a.chenari@areeo.ac.ir

Abstract

Keyword

Pyrus spp., *Botrytis cinerea*,
Post-harvest disease,
Inhibition, Plant-based
fungicide

The losses in fruits during the post-harvest period are caused by fungal pathogens, particularly *Botrytis cinerea*, which occur during the harvesting and storage period under cold conditions. In this study, the effectiveness of new plant-based fungicide compounds including 187.2 g/L Pyrimethanil and 185 g/L clove oil (Xedathan-20[®]), 203.8 g/L clove oil (Bioxeda[®]) and clove oil 10% and Carnauba gum 90% (Fresh Save H.N[®]) was investigated against grey mold disease caused by *B. cinerea* under post-harvest conditions, using evaluations curative (inoculation for one day before applying the treatments) and preventive (inoculation for 2-3 hours after applying the treatments) methods. At the same time, the physicochemical properties of the treatments were also examined for Beiruti variety of pear fruit. In the curative effect study, Fresh Save H.N.[®] (7000 and 8000 ppm) and Xedathan-20[®] (2500 ppm) had the highest inhibition as 71.55%, 62.38% and 60.55% effectiveness, respectively, Bioxeda[®] (6000, 7000 and 8000 ppm) showed the lowest inhibitory effect against the pathogen. In the investigation of the preventive effect in this variety, among the new fungicides, Xedathan-20[®] (2500 and 3000 ppm) and Fresh Save H.N.[®] (7000 and 8000 ppm) were more effective (higher than 90%), and Xedathan-20[®] (2000 ppm) was the least effective in dealing with pear grey mold disease. Some physicochemical characteristics such as firmness of fruit texture, moisture content, titratable acidity and the lowest amount of soluble solid materials were also improved or unchanged after using the fungicides. It should be noted that Bioxeda[®] may cause a noticeable color change (browning similar to burning) on the fruit tissue. Therefore, in the curative mode, Xedathan-20[®] (2500 ppm) and Fresh Save H.N.[®] (7000 and 8000 ppm) and in the preventive mode, Xedathan-20[®] (2500 and 3000 ppm) and Fresh Save H.N.[®] (7000 and 8000 ppm) had promising effectiveness and are recommended. To date, no fungicide has been registered in Iran for post-harvest diseases of pears.

Received: 17 November 2024
Revised: 28 January 2025
Accepted: 2 February 2025

Available online: 21 March 2025

How to cite:

Chenari Bouket A, Hanifeh S, Sharifi K, Mozaffari Gonbari M, Zargaripour P, Zomorodi S, 2025. The effectiveness of certain efficacy of some plant-based fungicides in controlling post-harvest rot diseases (grey mold) in pears. *J Appl Res Plant Prot* 14 (2): 157–174.

<https://dx.doi.org/10.22034/ARPP.2025.19478>



Copyright© 2025 University of Tabriz, Published by the University of Tabriz.
This is an open access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

کارایی برخی قارچ‌کش‌های گیاه-پایه در مدیریت بیماری پوسیدگی پس از برداشت گلابی، ایجاد

شده توسط *Botrytis cinerea*علی چناری بوکت^۱، سیامک حنیفه^۲، کسری شریفی^۳، منصوره مظفری گنبری^۴، پریسا زرگری پور^۴، شهین زمردی^۵

^۱ بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

^۲ بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

^۳ بخش تحقیقات بیماری‌های گیاهی، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۴ بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

^۵ بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

نویسنده مسئول: a.chenari@areeo.ac.ir

دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۲۷ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۰۹ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

چکیده

ضایعات در میوه‌ها در دوره پس از برداشت در اثر بیمارگرهای قارچی به ویژه *Botrytis cinerea* بوده که در طی دوره برداشت و انبارداری در سردخانه بروز می‌کند. در این پژوهش کارایی ترکیبات جدید قارچ‌کشی گیاه-پایه شامل ۱۸۷/۲ گرم بر لیتر پیریمتانیل و ۱۸۵ گرم بر لیتر روغن میخک (زداتان-۲۰®)، ۲۰۳/۸ گرم بر لیتر روغن میخک (بیوزدا®) و روغن میخک ۱۰٪ و امولسیون صمغ کارنوبا ۹۰٪ (فرش‌سیو اچ‌ان®)، جهت کنترل بیماری کپک خاکستری با عامل *Botrytis cinerea* در شرایط پس از برداشت به دو روش درمان کنندگی (مایه‌زنی ۲۴ ساعت قبل از تیمار با قارچ‌کش) و پیش‌گیرانه (مایه‌زنی ۲ ساعت بعد از تیمار با قارچ‌کش) و همچنین تاثیر این قارچ‌کش‌ها بر خواص فیزیکوشیمیایی میوه گلابی رقم بیروتنی مطالعه گردید. در بررسی تاثیر درمان کنندگی، در بین قارچ‌کش‌های جدید، تیمارهای فرش‌سیو (۷ و ۸ در هزار) و زداتان (۲/۵ در هزار) به ترتیب با ۷۱/۵۵٪، ۶۲/۳۸٪ و ۶۰/۵۵٪ بیشترین و تیمارهای بیوزدا (۶، ۷ و ۸ در هزار) کمترین میزان اثربخشی به ترتیب ۲/۷۳٪، ۶/۴۲٪ و ۰/۹۱٪ را در کنترل شدت بیماری پس از برداشت (کپک خاکستری) گلابی در مقایسه با شاهد مایه‌زنی شده داشتند. در بررسی تاثیر پیش‌گیرانه در این رقم، از بین قارچ‌کش‌های جدید تیمارهای زداتان (۲/۵ و ۳ در هزار) و فرش‌سیو (۷ و ۸ در هزار) به میزان بالاتر از ۹۰٪ اثربخشی داشته و زداتان (۲ در هزار) نیز حایز کمترین میزان اثربخشی در مقابله با بیماری کپک خاکستری گلابی بود. پس از استفاده از قارچ‌کش‌های مزبور برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی مانند سفتی بافت میوه، میزان درصد رطوبت، اسیدیته قابل تیتراسیون و کمترین میزان مواد جامد محلول نیز ارتقا یافته یا بدون تغییر بودند. منتهی قارچ‌کش بیوزدا، سبب بروز تغییر رنگ محسوس (قهوه‌ای شدن شبیه به سوختگی) روی بافت پوست میوه شد. بنابراین، در حالت درمان کنندگی، قارچ‌کش‌های زداتان (۲/۵ در هزار) و فرش‌سیو (۷ و ۸ در هزار) و در حالت پیش‌گیری کنندگی، قارچ‌کش‌های زداتان (۲/۵ و ۳ در هزار) و فرش‌سیو (۷ و ۸ در هزار) از کارایی مناسبی برخوردار بوده و قابل توصیه می‌باشند. لازم به ذکر است که تاکنون برای بیماری‌های پس از برداشت گلابی هیچ قارچ‌کشی در ایران ثبت نگردیده است.

کلمات کلیدی: بیماری پس از برداشت، بازدارندگی، قارچ‌کش گیاه‌پایه، *Botrytis cinerea*, *Pyrus* spp.

مقدمه

می‌باشد. بزرگ‌ترین تولید کنندگان گلابی در جهان شامل چین، اتحادیه اروپا و آرژانتین به ترتیب به میزان ۱۹۸۵۰۰۰۰، ۱۸۱۰۰۰۰ و ۶۵۸۰۰۰ تن می‌باشند (FAS 2024). سطح زیر کشت گلابی در ایران در مجموع آبی و دیم (سطح بارور) ۱۴۷۲۱ هکتار، تعداد درختان پراکنده ۱۵۷۶۲ اصله، میزان تولید ۱۹۱۰۱۸ تن و میزان عملکرد (کیلوگرم در هکتار) در سطح آبی

گلابی (*Pyrus* spp.) گیاهی از رده دو لپه‌ای‌ها، خانواده Rosaceae و زیر خانواده Maloideae می‌باشد. تاکنون از این جنس قریب به ۸۰۰ گونه معرفی گردیده است که معروف‌ترین آن‌ها *P. pyrifolia* (Burm.f.) Nakai، *P. persica* L. و *P. syriaca* Boiss و *P. ussuriensis* Maxim. communis L.

(Naeimi 2022).

مدیریت بیماری‌های پس از برداشت عموماً با استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی و در سال‌های اخیر نیز با استفاده از ترکیبات غیرشیمیایی شامل اسانس و عصاره برخی گیاهان و یا قارچ‌کش‌های زیستی با عوامل بیوکنترل مقذور گردیده است (Hassani et al. 2008). قارچ‌کش‌های بنزیمیدازول در اواخر دهه ۱۹۶۰ برای کنترل بیماری‌های گیاهی معرفی شدند و به سرعت در سراسر جهان پذیرفته شدند. این به دلیل خواص منحصر به فرد آنها بود که شامل حفاظت بسیار خوب محصول و توانایی آنها برای جلوگیری از رشد مجدد بیمارگر به دلیل فعالیت سیستمیکی آنها بود. بنزیمیدازول‌ها (مانند کاربندازیم، بنومیل، تیابندازول و تیوفانات متیل) به دلیل فعالیت وسیع خود در برابر طیف بسیار گسترده‌ای از بیماری‌ها، از جمله اکثر آسکومیست‌ها، برخی بازیدیومیست‌ها و فرم‌های غیر جنسی آنها، قابل توجه هستند. بیمارگرهای اقتصادی و کلیدی کنترل شده توسط بنزیمیدازول‌ها شامل *B. cinerea*، *Cercospora* spp.، *Fusarium* spp.، *Colletotrichum* spp. و سفیدک‌های سطحی از جمله *Erysiphe* spp. و *Oidium* spp. در چندین محصول می‌باشند (Leadbeater 2014). بنزیمیدازول‌ها ممانعت کنندگان پلیمریزاسیون بتاتوبولین در بسیاری از گونه‌های قارچی می‌باشند (Yamaguchi & Fujimura 2005). بعدها مشخص شد که عملکرد مبتنی بر یک جایگاه (پلیمریزاسیون بتاتوبولین) به شدت مستعد بروز مقاومت از سوی بیمارگرهای قارچی است (Leadbeater 2014). روغن میخک و صمغ کارنوبا نیز دارای خاصیت ضد میکروبی بوده و از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها ممانعت به عمل می‌آورد (Nunez & Aquino 2012). با توجه به اشکالات یا معایب اشاره شده در بالا یکی از راه حل‌های این موضوع استفاده از قارچ‌کش‌های گیاه‌پایه با نقاط اثر متفاوت می‌باشد. جایگزینی قارچ‌کش‌های شیمیایی با ترکیبات گیاهی یک رویکرد پایدار در کشاورزی است که مزایای متعددی از جمله کاهش اثرات منفی بر محیط زیست و سلامت انسان، کاهش مقاومت آفات و بیماری‌ها، افزایش تنوع زیستی، ارتقای سلامت گیاه، کاهش هزینه‌های تولید و تولید محصولات سالم‌تر است. بنابراین قارچ‌کش‌های زداتان، بیوزدا و فرش سیواچان که ترکیبی از یک قارچ‌کش سنتتیک و روغن گیاهی میخک و صمغ کارنوبا می‌باشد در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند. این قارچ‌کش‌های ترکیبی دارای نقطه اثری کاملاً متفاوت با بنزیمیدازول‌ها بوده، در بیوسنتز متیونین اختلال ایجاد کرده و بنابراین تولید پروتئین و متعاقباً تقسیم سلولی در قارچ‌های بیماری‌زا متوقف می‌گردد

و دیم به ترتیب ۱۳۰۷۴ و ۸۰۶۷ می‌باشد. در استان‌های آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی سطح زیر کشت ۱۹۰۴ و ۲۰۶۵ هکتار؛ تعداد درختان پراکنده ۳۱۹۶۸ و ۳۱۷۸ اصله؛ میزان تولید ۷۶۹۲۰۳ و ۱۰۴۵۱۳۵ تن و میزان عمل‌کرد ۱۸۳۸۵ و ۱۹۲۲۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Anonymous 2021). ضایعات در میوه‌ها در دوره پس از برداشت در اثر بیمارگرهای قارچی به ویژه *Botrytis cinerea* Pers. (1794) بوده که در طی دوره برداشت و انبارداری در سردخانه بروز می‌کند (Pierson et al. 1971). علایم کلیدی بیماری کپک خاکستری روی میوه شامل ایجاد لکه‌های خاکستری یا قهوه‌ای روی میوه‌ها، پوشش کرک‌دار خاکستری رنگ ناشی از رشد قارچ و آبکی شدن میوه در شرایط مرطوب و خشک شدن میوه‌ها در شرایط خشک می‌باشند. زادمایه کپک خاکستری به طور گسترده در طبیعت پراکنده است و در مواد گیاهی در حال پوسیدگی رشد می‌کند (Pierson et al. 1971). این بیماری بر خلاف سایر پوسیدگی‌های پس از برداشت در دماهای سردخانه با سرعت بیشتری توسعه می‌یابد (Jones & Aldwinckle 1990). آلودگی در بیماری کپک خاکستری عمدتاً از طریق زخم‌ها و آسیب دیدگی‌های میوه که در هنگام برداشت و در حین جابجایی پس از برداشت ایجاد می‌شوند گسترش می‌یابد (Xiao 2006). در شرایط رطوبت نسبی بالا، میسلیم‌های سفید کرکی تا خاکستری و توده‌های اسپور مایل به خاکستری ممکن است در ناحیه پوسیده ظاهر شوند (Xiao 2006). بخش پوسیده گوشت داخلی میوه به رنگ قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای تیره به نظر می‌رسد و در میوه‌های بیشتر پوسیده، اسکروت هم ممکن است در سطح آلودگی قارچی ایجاد شود (Xiao 2006). پوسیدگی معمولاً به صورت یک لکه قهوه‌ای کوچک همراه با حاشیه آغاز می‌شود که با پیشرفت پوسیدگی، بخش‌های قدیمی‌تر پوسیدگی تیره می‌شوند، در حالی که حاشیه‌ها روشن‌تر باقی می‌مانند (Monroe 2009). فاکتورهای رشد مناسب برای گونه *B. cinerea*، شامل دمای کمینه ۱/۳۹-، بهینه ۲۱/۴۰ و بیشینه ۲۹/۱۰ درجه سلسیوس، پی‌اچ ۴/۵، میزان آب در دسترس (Available water) معادل ۰/۹۸۱ می‌باشند (Judet-Correia et al. 2010, Amiri et al. 2011). کپک خاکستری توانایی انتشار از میوه پوسیده به میوه سالم را از طریق تماس میوه با میوه در طول نگهداری دارد و این فرآیند با رطوبت نسبی بالا افزایش می‌یابد (Sardella et al. 2016). میزان خسارت ۲۰٪ تا ۶۰٪ در اثر بیماری کپک خاکستری در طی دوره نگهداری طولانی مدت به ویژه زمانی که با قارچ‌کش مناسب تیمار نشده باشند محتمل خواهد بود (Sharifi &

اعمال تیمارهای قارچ‌کش‌های اشاره شده (سه غلظت از قارچ‌کش‌های زداتان، بیوزدا و فرش سیو اچ‌ان و غلظت توصیه شده روی برچسب سم کاربندازیم (گل‌سم، ایران) قطعاتی به قطر دو میلی‌متر از پوست و گوشت میوه برداشته شد. برای تهیه سوسپانسیون اسپور قارچ مذکور، از آب مقطر استریل و توئین-۲۰ به میزان ۰/۰۵٪ استفاده شده و به وسیله لام هماسیتومتر تعداد اسپور به میزان 10^6 در هر میلی‌لیتر تنظیم شد. در هر یک از سوراخ‌های ایجاد شده به میزان ۲۰ میکرولیتر از محلول اسپور تهیه شده از جدایه منتخب، مایه‌زنی شد. برای تیمارهای شاهد نیز از آب مقطر استریل که به آن توئین-۲۰ اضافه شده بود استفاده شد (Zeng & Zhang 2012). برای بررسی هر دو حالت پیش‌گیری‌کنندگی و درمان‌کنندگی تیمارهای قارچ‌کش مورد استفاده، مایه‌زنی میوه‌های گلابی به ترتیب به مدت ۲-۳ ساعت بعد و یک روز قبل از استفاده از تیمارها انجام گردید (Palou et al. 2001). در هر دو حالت قبل و بعد از مایه‌زنی، میوه‌ها با غلظت تهیه شده از هر تیمار محلول‌پاشی شده سپس در هوای آزاد خشک شده و درون سبدهای پلاستیکی چیده و در دمای یک درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰٪ به مدت دو ماه نگهداری و سپس ارزیابی گردیدند (Palou et al. 2001).

(Zhang et al. 2021). لازم به ذکر است تاکنون قارچ‌کشی برای استفاده علیه بیماری‌های پس از برداشت گلابی در ایران ثبت نشده است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌های گیاهی

نمونه‌های سالم از میوه‌های گلابی رقم بیروتی در استان آذربایجان شرقی انتخاب و در آزمایشگاه به منظور ضدعفونی سطحی در محلول اتانول ۷۰٪ به مدت چند دقیقه غوطه‌ور شده سپس دو تا سه بار با آب مقطر استریل شستشو داده شده و در زیر جریان هود لامینار خشک شد (Palou et al. 2001).

تهیه سوسپانسیون قارچ عامل بیماری و مایه زنی

جهت انجام آزمایش، دو جدایه قارچ *B. cinerea* از کلکسیون قارچ‌های زنده ایران مستقر در موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور تهیه شد. به منظور انتخاب جدایه برتر و با قدرت بیماری‌زایی بالا، آزمون بیماری‌زایی جدایه‌های مذکور روی میوه گلابی رقم بیروتی انجام و یک جدایه به عنوان جدایه برتر انتخاب شد. با استفاده از چوب‌پنبه سوراخ‌کن سترون ۲۴ ساعت قبل از

جدول ۱. جزئیات تیمارهای آزمایشی در هر دو حالت درمان‌کنندگی و پیش‌گیری‌کنندگی.

Table 1. Details of experimental treatments in both curative and preventive methods.

Details	Treatments
Xedathan-20® (2000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	A
Xedathan-20® (2500 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	B
Xedathan-20® (3000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	C
Bioxeda® (6000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	D
Bioxeda® (7000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	E
Bioxeda® (8000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	F
Fresh Save H.N® (6000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	G
Fresh Save H.N® (7000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	H
Fresh Save H.N® (8000 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	I
Carbendazim (1500 ppm) + pears inoculated with fungal isolate	J
Pears inoculated with fungal isolate + sterile distilled water (Control)	K
Pears without inoculation (Control)	L

تیمار (جدول ۱).

ارزیابی میزان وقوع (*incidence*) و شدت (*severity*) بیماری بسته به بروز علائم در نمونه‌ها، ۶۰-۵۰ روز پس از اعمال تیمارها، میزان بروز (وقوع) و شدت بیماری محاسبه گردید (Behboudi et al. 2005).

$$100 \times \frac{\text{تعداد نمونه‌های دارای علائم بیماری}}{\text{تعداد کل نمونه‌های شمارش شده}} = \text{درصد وقوع بیماری}$$

آماده‌سازی تیمارهای آزمایشی

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۲ تیمار (هر تیمار ۴ میوه گلابی) و ۴ تکرار در زمان برداشت میوه‌های گلابی انجام گردید. تیمارهای زداتان با غلظت‌های ۲، ۵ (توصیه شده توسط شرکت سازنده) و ۳ در هزار، بیوزدا با غلظت‌های ۶، ۷ و ۸ در هزار (دوز اخیر توصیه شده توسط شرکت سازنده)، فرش سیو اچ‌ان با غلظت‌های ۶، ۷ و ۸ در هزار (دوز اخیر توصیه شده توسط شرکت سازنده)، کاربندازیم ۱/۵ در هزار، شاهد مایه‌زنی شده غوطه‌ور در آب مقطر استریل، شاهد بدون انجام هر گونه

شد. پروب با قطر ۶/۹۵ میلی‌متر جهت آزمون سفتی مورد استفاده قرار گرفت. در هنگام انجام آزمون، لایه پوست روی میوه در سه قسمت مختلف گلایی با تیغه تیز برداشته شده و حداکثر نیروی ثبت شده برای نفوذ پروب به داخل گوشت میوه در این نقاط یادداشت و میانگین آن‌ها محاسبه شد. سپس مقدار حاصله به کیلوگرم تبدیل و به سطح مقطع پروب بر حسب سانتی‌متر مربع تقسیم و مقدار سفتی هر نمونه به صورت کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع محاسبه گردید (Castro et al. 2008).

رطوبت

برای تعیین مقدار رطوبت نمونه‌های گلایی از روش آون استفاده شد. به این طریق که نمونه‌ها به ورق‌های نازک تقسیم و پس از توزین، در دمای ۸۵ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت نگهداری شد و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. وزن نمونه‌ها با ترازوی KERN KB 3600-2N که دارای دقت ۰/۰۱ بود اندازه‌گیری و در نهایت مقدار رطوبت نمونه‌ها با استفاده از رابطه ریاضی زیر محاسبه شد.

$$MCw = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100$$

MCw مقدار رطوبت محصول بر پایه‌تر (درصد) و M_1 و M_2 به ترتیب وزن نمونه اولیه و نهایی نمونه‌های گلایی برحسب گرم می‌باشند.

میزان/اسیدیت قابل سنجش (Titratable acid)

با استفاده از روش تیتراسیون در حضور معرف فنل فتالین با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال و فرمول زیر اسیدیت قابل تیتراسیون اندازه‌گیری شد (Tsegay et al. 2013). به این ترتیب که ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر تازه جوشیده و سرد شده به یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی لیتری منتقل شده و ۲۰ گرم آب میوه به آن اضافه شد. سپس شناساگر فنل فتالین (به میزان ۰/۳ میلی لیتر فنل فتالین برای هر ۱۰۰ میلی لیتر محلول آزمون) به آن افزوده شد و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال، تا ایجاد رنگ صورتی کم رنگ پایدار (به مدت ۳۰ ثانیه)، تیتراژ شد. مقدار اسیدیت قابل تیتراسیون بر اساس غالبیت اسید مالیک و با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$TA = \frac{V \times 0.0067 \times 100}{m}$$

V، حجم مصرفی هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال بر حسب میلی لیتر

تعیین درصد شدت بیماری: علایم روی هر میوه، بر اساس درصد تخمینی پوشش لکه روی سطح میوه از صفر تا هفت به شرح زیر درجه‌بندی شدند. درجه صفر: بدون علامت، درجه یک: ۵- ۰/۱ درصد، درجه ۲: ۱۵- ۵/۱ درصد، درجه ۳: ۳۰- ۱۵/۱ درصد، درجه ۴: ۴۵- ۳۰/۱ درصد، درجه ۵: ۶۵- ۴۵/۱ درصد، درجه ۶: ۸۵- ۶۵/۱ درصد، درجه ۷: آلودگی میوه‌ها بیشتر از ۸۵ درصد (Wang et al. 1995)

سپس با استفاده از فرمول زیر درصد شدت بیماری روی میوه‌ها تعیین گردید (Chiang et al. 2017):

$$\text{درجه بیماری هر نمونه} \times \text{نمونه‌های با درجه آلودگی مشابه} (\Sigma) = \frac{\text{شده}}{\text{تعداد کل نمونه هر تکرار} \times \text{حداکثر درجه آلودگی}} \times \text{شدت بیماری}$$

تعیین درصد اثربخشی تیمارها در میزان شدت بیماری نسبت به شاهد مایه زنی شده
جهت محاسبه درصد اثربخشی تیمارها نسبت به شاهد از فرمول زیر استفاده شد:

$$\text{میانگین درصد شدت بیماری} = 100 - \frac{\text{میانگین شاهد مایه زنی شده}}{\text{درصد اثربخشی}}$$

تاثیر قارچ‌کش‌های جدید بر خواص فیزیکی و شیمیایی میوه

برای ارزیابی تاثیر قارچ‌کش‌ها بر خواص فیزیکی و شیمیایی گلایی (سفتی بافت، میزان اسیدیت قابل سنجش، مواد جامد محلول و رطوبت)، تعداد ۴ میوه گلایی در ۴ تکرار در هر کدام از غلظت‌های استفاده شده در ارزیابی بیماری‌زایی انتخاب گردیدند. به همین تعداد میوه گلایی هم برای شاهد در نظر گرفته شد.

تیمارهای آزمایشی برای ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی همانند جدول یک می‌باشند با این تفاوت که مایه زنی جدایه قارچی بر روی میوه‌ها اعمال نخواهد شد. نمونه‌ها مشابه با روند ارزیابی بیماری‌زایی، به مدت دو ماه در دمای یک درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰٪ نگهداری شده و سپس خواص فیزیکی و شیمیایی آن‌ها به صورت زیر محاسبه گردید.

سفتی بافت

میزان سفتی بافت نمونه‌های مختلف گلایی به صورت حداکثر نیروی لازم برای گسیختگی نمونه برحسب نیوتن با استفاده از دستگاه نیروسنج Lutron FG-5000A با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری

IBM SPSS v. 26 مورد بررسی قرار گرفت. از روش آنالیز واریانس (ANOVA) برای تجزیه و تحلیل آن‌ها و از روش چند مقایسه‌ای دانکن (با سطح احتمال پنج درصد) برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج

انتخاب جدایه برگزیده قارچ عامل کپک خاکستری

پس از انجام آزمون بیماری‌زایی، از بین جدایه‌های قارچ بوتریتیس دریافت شده از موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، جدایه با کد کلکسیون IRAN 2619C و کد NCBI تاکسونومی ۴۰۵۵۹ به عنوان جدایه برتر مورد ارزیابی و انتخاب قرار گرفت. علایم بیماری ابتدا به صورت لکه‌های آب‌سوخته متمایل به قهوه‌ای تا خاکستری روی میوه‌ها بود که نهایتاً منتج به از بین رفتن بافت میوه و بروز پوسیدگی گردید.

m، وزن نمونه بر حسب گرم

TA، اسیدیته کل بر حسب اسید مالیک، بر حسب گرم در صد گرم
توضیح: هر میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال معادل ۰/۰۰۶۷ گرم اسید مالیک است.

مواد جامد حل شدنی (Total Soluble Solid Content)

اندازه‌گیری مواد جامد حل‌شدنی با استفاده از رفاکتومتر دیجیتالی پرتابل میلوآکی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انجام شد. برای این کار نمونه‌های گلابی با استفاده از دستگاه خردکن، خرد شده و چند قطره از آب میوه حاصل بر روی رفاکتومتر ریخته شد و عدد به دست آمده به صورت درجه بریکس ثبت گردید (Cavalcanti et al. 2013).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری

جدول ۲. تجزیه واریانس درصد وقوع و شدت بیماری در میوه‌های گلابی بیروتنی مایه‌زنی شده با جدایه برگزیده *Botrytis cinerea* (درمان کنندگی).

Table 2. Variance analysis of disease incidence and severity in Beirut pear fruits inoculated with *Botrytis cinerea* (curative treatment).

Disease severity		Disease incidence		df	
F-value	Mean Square	F-value	Mean Square		
*280.978	4234.456	*121.00	1575/521	11	Between groups
–	15.07	–	13.021	36	Within groups
–	–	–	–	47	Total
0.57		0.21		–	CV
0.00		0.00			Sig.

* Significant at $p \leq 95\%$

تفاوت معنی‌دار با هم)، زداتان (۲ در هزار)، فرش‌سیو (۶ در هزار) (بدون تفاوت معنی‌دار با هم)، بیوزدا (۶ و ۸ در هزار) (بدون تفاوت معنی‌دار با هم) و بیوزدا (۷ در هزار) کم‌ترین تا بیشترین درصد شدت بیماری را داشتند. تیمارهای اشاره شده با شاهد مایه‌زنی نشده دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند. از بین قارچ‌کش‌های جدید، تیمارهای فرش‌سیو (۷ و ۸ در هزار) و زداتان (۲/۵ در هزار) به ترتیب با ۷۱/۵۵٪، ۶۲/۳۸٪ و ۶۰/۵۵٪ بیشترین و تیمارهای بیوزدا (۶، ۷ و ۸ در هزار) کم‌ترین میزان اثربخشی را در مقابله با بیماری پس از برداشت (کپک خاکستری) گلابی (در ارزیابی درمان‌کنندگی) داشتند (جدول ۳ و شکل ۱). البته جدای از ممانعت یا عدم ممانعت از بروز بیماری پس از برداشت کپک خاکستری (*B. cinerea*) بر روی میوه‌ها، کاربرد قارچ‌کش بیوزدا (در هر ۳ دوز مورد مطالعه) با توجه به تغییر رنگی که در بافت میوه گلابی (شبه حالت زنگار یا

بررسی تاثیر درمان کنندگی قارچ‌کش‌ها بر میزان وقوع و شدت بیماری

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در بین تیمارها در بررسی وقوع بیماری تفاوت معنی‌دار آماری وجود نداشت ولی میان تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌دار بود؛ اما در ارزیابی شدت بیماری میان تیمارها و نیز با شاهد اختلاف آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). در تمام تیمارهای قارچ‌کشی، وقوع (بروز) بیماری بر روی میوه‌های گلابی محرز بود. در تعدادی از تیمارهای شاهد بدون مایه‌زنی نیز علایمی از پوسیدگی مشاهده گردید که در محاسبات لحاظ گردید. تیمارهای اشاره شده با شاهد مایه‌زنی شده دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند. در مورد درصد شدت بیماری، میوه‌های گلابی مایه‌زنی شده به ترتیب در تیمارهای فرش‌سیو (۸ در هزار)، کاربن‌دازیم (۱/۵ در هزار) (بدون تفاوت معنی‌دار با هم)، زداتان (۲/۵ و ۳ در هزار) و فرش‌سیو (۷ در هزار) (بدون

می‌رسد رغبتی در خریداران برای خرید میوه‌های تغییر رنگ

سوختگی و قهوه‌ای شدن پایدار) ایجاد کرد، سبب کاهش



یافته وجود نداشته باشد. لذا استفاده از آن در حال حاضر توصیه نمی‌گردد.

چشم‌گیر میزان بازارپسندی آن گردید (شکل ۲). چون با توجه به تغییرات در ظاهر میوه به صورتی که اشاره گردید به نظر

شکل ۱. ارزیابی تیمارهای قارچ‌کشی در هر دو حالت درمان کنندگی (ردیف بالا) و پیش‌گیری کنندگی (ردیف پائین)، A) زداتان با دوز ۲ در هزار، B) زداتان با دوز ۲/۵ در هزار، C) زداتان با دوز ۳ در هزار، D) بیوزدا با دوز ۶ در هزار، E) بیوزدا با دوز ۷ در هزار، F) بیوزدا با دوز ۸ در هزار، G) فرش سیو با دوز ۶ در هزار، H) فرش سیو با دوز ۷ در هزار، I) فرش سیو با دوز ۸ در هزار، J) کاربندازیم ۱/۵ در هزار، K) شاهد مایه‌زنی شده.

Figure 1. Evaluation of fungicide treatments in both curative (top row) and preventive (bottom row) modes, A) Xedathan-20[®] 2000 ppm, B) Xedathan-20[®] 2500 ppm, C) Xedathan-20[®] 3000 ppm, D) Bioxeda[®] 6000 ppm, E) Bioxeda[®] 7000 ppm, F) Bioxeda[®] 8000 ppm, G) Fresh Save H.N[®] 6000 ppm, H) Fresh Save H.N[®] 7000 ppm, I) Fresh Save H.N[®] 8000 ppm, J) Carbendazim 1500 ppm, K) Control.



شکل ۲. تغییر رنگ بافت میوه (شبیه حالت زنگار یا سوختگی و قهوه‌ای شدن پایدار) گلابی رقم بیروتی پس از تیمار با قارچ‌کش بیوزدا (با دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار) به ترتیب از چپ به راست.

Figure 2. Color change of the fruit texture (similar to rust or burning and permanent browning) of Beiruti variety pear after treatment with Bioxda fungicide (6000, 7000 and 8000 ppm) from left to right.

جدول ۳. مقایسه میانگین درصد وقوع و شدت بیماری در میوه‌های گلابی بیروتی مایه‌زنی شده با جدایه برگزیده *Botrytis cinerea* و تیمارهای قارچ‌کشی (درمان‌کنندگی).

Table 3. Mean comparison of diseases incidence and severity in Beiruti pear fruits inoculated with *Botrytis cinerea* and fungicide treatments (curative treatment).

Percentage of efficacy (in comparison to inoculated control)	Mean of Disease severity (%)	Mean of Disease incidence	Treatments
43.11	55.35 ± 2.3 ^e	100.00 ± 0.00 ^a	A
60.55	38.38 ± 1.7 ^d	100.00 ± 0.00 ^a	B
59.63	39.28 ± 0.00 ^d	100.00 ± 0.00 ^a	C
2.73	94.65 ± 2.31 ^{fg}	100.00 ± 0.00 ^a	D
6.42	91.06 ± 3.09 ^f	100.00 ± 0.00 ^a	E
0.91	96.42 ± 2.52 ^{fg}	100.00 ± 0.00 ^a	F
45.87	52.67 ± 2.24 ^e	100.00 ± 0.00 ^a	G
62.38	36.6 ± 2.24 ^d	100.00 ± 0.00 ^a	H
71.55	27.67 ± 0.89 ^c	100.00 ± 0.00 ^a	I
78.90	20.52 ± 0.89 ^b	100.00 ± 0.00 ^a	J
-	97.31 ± 1.71 ^g	100.00 ± 0.00 ^a	K
-	5.35 ± 1.03 ^a	31.25 ± 6.25 ^b	L

Mean values with at least a shared letter, do not have significant difference with each other.

جدول ۴. تجزیه واریانس درصد وقوع و شدت بیماری در میوه‌های گلابی بیروتی مایه‌زنی شده با جدایه برگزیده *Botrytis cinerea* (پیش‌گیری‌کنندگی).

Table 4. Variance analysis of disease incidence and severity in Beiruti pear fruits inoculated with *Botrytis cinerea* (preventive treatment).

Disease severity		Disease incidence		df	
F-value	Mean Square	F-value	Mean Square		
*614.38	2556.609	*64.11	6122.159	11	Between groups
-	4.161	-	95.486	36	Within groups
-	-	-	-	47	Total
	1.39		0.82		CV
	0.00		0.00		Sig.

*Significant at p≤95%

بررسی تاثیر پیش‌گیری کنندگی قارچ‌کش‌ها بر میزان وقوع و شدت بیماری

تجزیه واریانس تیمارها در هر دو مورد درصد وقوع (با شاهد سالم) و درصد شدت بیماری نشان داد که تیمارها مابین خود دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند (جدول ۴). در تمام تیمارهای قارچ‌کشی وقوع (بروز) بیماری بر روی میوه‌های گلایی محرز بود. در تیمارهای شاهد بدون مایه‌زنی علائمی از پوسیدگی مشاهده نگردید (جدول ۴).

از بین قارچ‌کش‌های جدید دو تیمار زداتان (۳ در هزار) و فرش‌سیو (۷ در هزار) به همراه کاربندازیم (۱/۵ در هزار)، به طور مشترک کم‌ترین میزان وقوع بیماری را موجب شدند. تیمارهای زداتان (۲/۵ در هزار) و فرش‌سیو (۸ در هزار) که از نظر عمل‌کردی مشابه هم بوده و با شاهد دارای اختلاف آماری معنی‌دار بودند در سطح بعدی قرار داشتند. تیمارهای فرش‌سیو (۶ در هزار)، زداتان (۲ در هزار)، بیوزدا (۷ در هزار) و بیوزدا (۸ در هزار) نیز به ترتیب از نظر میزان وقوع بیماری در سطوح بعدی قرار داشتند. در مورد درصد شدت بیماری، تیمارهای زداتان (۳

در هزار) و فرش‌سیو (۷ در هزار) همراه با کاربندازیم (۱/۵ در هزار) دارای تفاوت معنی‌داری با هم نبوده و به طور مشترک کم‌ترین میزان بروز شدت بیماری را داشتند. تیمارهای فرش‌سیو (۸ در هزار)، زداتان (۲/۵ در هزار)، فرش‌سیو (۶ در هزار)، بیوزدا (۸، ۷ و ۶ در هزار) و زداتان (۲ در هزار) به ترتیب در سطوح بعدی و از شدت بیماری کم‌تر تا بیش‌تر قرار داشته و میان آن‌ها از نظر آماری اختلاف معنی‌دار بود. همه تیمارهای آزمایشی (در حالت پیش‌گیری کنندگی) درجات قابل قبولی از اثربخشی (بالای ۶۰ درصد) را در مقابله با بیماری پس از برداشت کپک خاکستری داشتند اما از بین قارچ‌کش‌های جدید تیمارهای زداتان (۲/۵ و ۳ در هزار) و فرش‌سیو (۷ و ۸ در هزار) به میزان بالاتر از ۹۰٪ اثربخشی داشته و زداتان (۲ در هزار) نیز حائز کم‌ترین میزان اثربخشی در مقابله با بیماری پس از برداشت (کپک خاکستری) گلایی (در ارزیابی پیش‌گیری کنندگی) بود (جدول ۵ و شکل ۱).

جدول ۵. مقایسه میانگین درصد وقوع و شدت بیماری در میوه‌های گلایی بیروتنی مایه‌زنی شده با جدایه برگزیده *Botrytis cinerea* و تیمارهای قارچ‌کشی (پیش‌گیری کنندگی).

Table 5. Mean comparison of the disease incidence and severity in Beiruti pear fruits caused by *Botrytis cinerea* and fungicide treatments (preventive treatment).

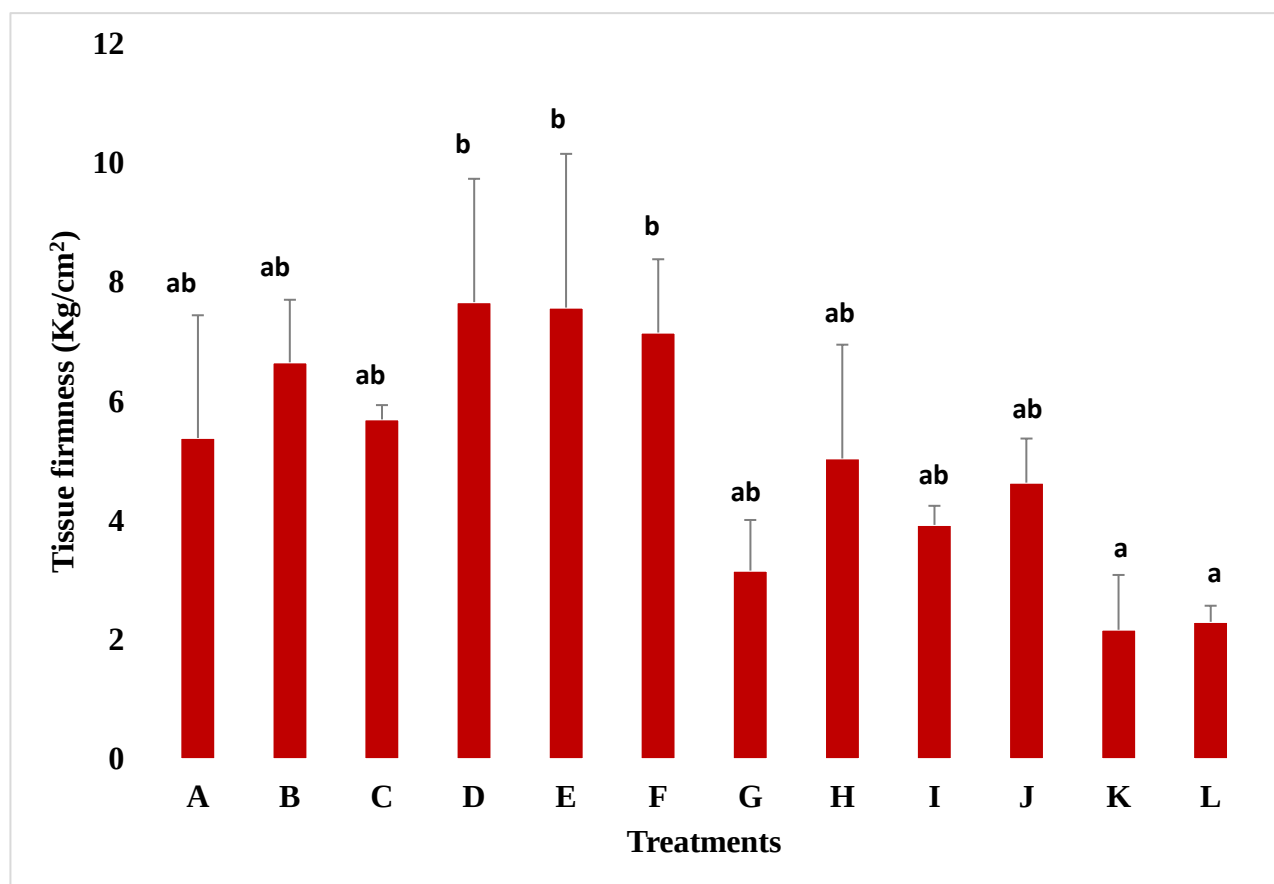
Percentage of efficacy (in comparison to inoculated control)	Mean of Disease severity	Mean of Disease incidence	Treatments
63.00	33.03 ± 0.89 ^h	68.75 ± 6.25 ^d	A
92.00	7.14 ± 0.00 ^c	31.25 ± 6.25 ^b	B
99.00	0.89 ± 0.89 ^{ab}	6.25 ± 6.25 ^a	C
67.99	28.57 ± 0.00 ^g	100.00 ± 0.00 ^f	D
75.00	22.31 ± 0.89 ^f	81.25 ± 6.25 ^{de}	E
84.00	14.28 ± 0.00 ^e	87.5 ± 7.21 ^{ef}	F
88.00	10.71 ± 0.00 ^d	50.00 ± 0.00 ^c	G
99.00	0.89 ± 0.89 ^{ab}	6.25 ± 6.25 ^a	H
96.00	3.57 ± 0.00 ^b	25.00 ± 0.00 ^b	I
99.00	0.89 ± 0.89 ^{ab}	6.25 ± 6.25 ^a	J
-	89.28 ± 2.91 ⁱ	100.00 ± 0.00 ^f	K
-	0 ^a	0 ^a	L

The means that share at least one common letter do not have a significant difference.

تاثیر قارچ‌کش‌های جدید بر خواص فیزیکی و شیمیایی میوه سفتی بافت

سنجش سفتی بافت میوه (به شکل میوه بدون پوست) پس از طی دوره نگهداری میوه‌ها در شرایط اشاره شده مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج بر اساس کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع گزارش گردید (شکل ۳). نتایج نشان داد سفتی بافت میوه پس از تیمار با دوزهای مختلف قارچ‌کش‌ها ارتقا یافته و با شاهد دارای اختلاف

معنی‌دار می‌باشد. تیمارهای بیوزدا (۶، ۷ و ۸ در هزار)، زداتان (۲، ۲/۵ و ۳ در هزار)، فرش‌سیو (۶، ۷ و ۸ در هزار) و کاربندازیم (همگی بدون تفاوت معنی‌دار مابین هم) به ترتیب بیشترین تا کم‌ترین میزان تاثیر را بر سفتی بافت میوه گلایی داشتند. کم‌ترین میزان سفتی بافت میوه گلایی نیز در هر دو تیمار شاهد مشاهده گردید.



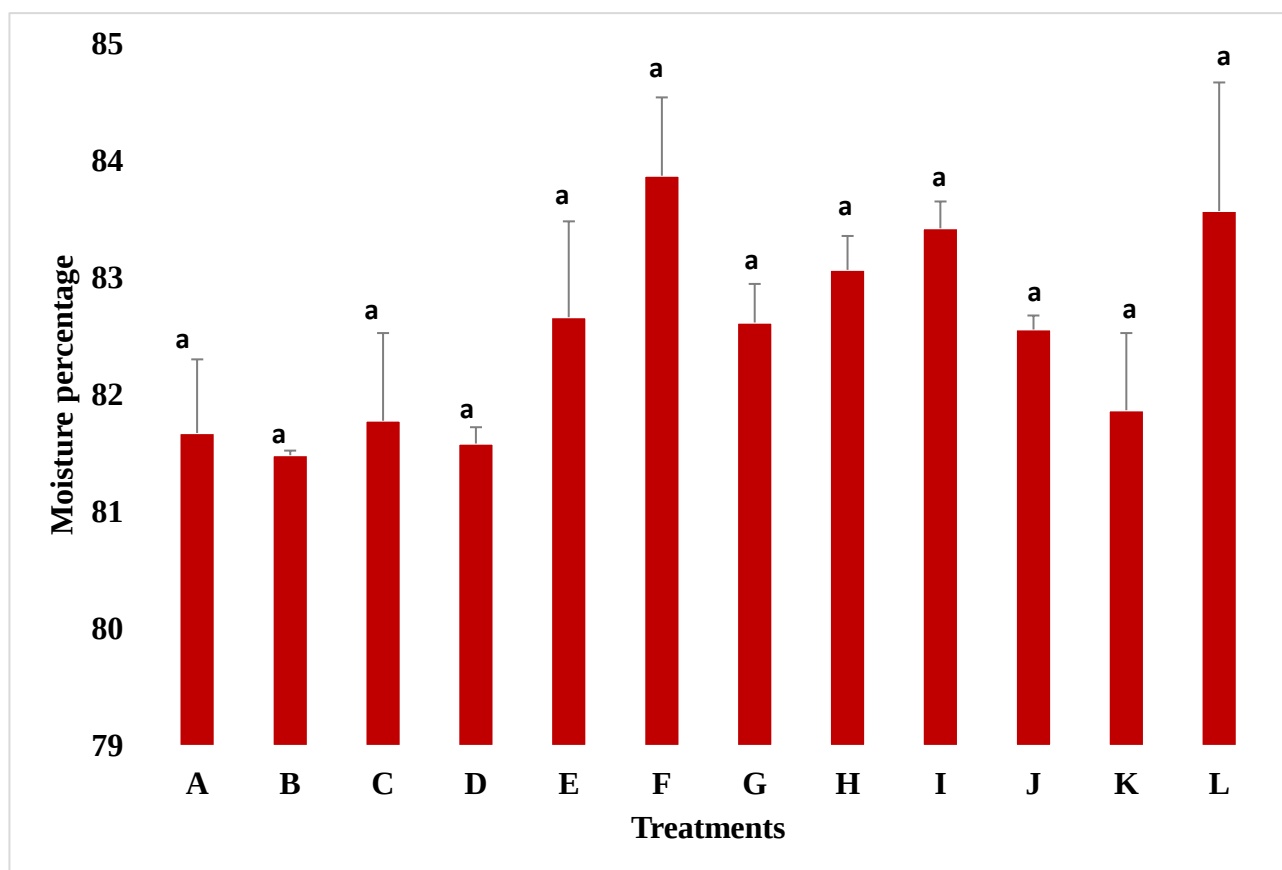
شکل ۳. نمودار میله‌ای کارایی تیمارهای قارچ‌کشی بر میزان سفتی بافت میوه گلابی. حروف نوشته شده روی میله‌های نمودار نمایان‌گر وجود اختلاف یا عدم اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها می‌باشد. تیمارهای A، B و C متعلق به دوزهای ۲، ۲/۵ و ۳ در هزار قارچ‌کش زداتان-۲۰؛ تیمارهای D، E و F متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش بیوزدا و تیمارهای G، H و I متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش فرش‌سیو اچ‌ان می‌باشند. تیمارهای J، K و L نیز به ترتیب متعلق به قارچ‌کش کاربندازیم ۱/۵ در هزار، شاهد تلقیح شده غوطه‌ور در آب مقطر سترون و شاهد بدون هیچ تیماری است.

Figure 3. Bar chart of effectiveness of fungicidal treatments on firmness of pear fruit tissue. The letters written on the graph bars represent statistically significant differences at the 5% level among treatments. Treatments A, B and C belong to doses of 2000, 2500 and 3000 ppm of Xedathan-20®; Treatments D, E, and F belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 of Bioxeda®, and treatments G, H, and I belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 ppm of Fresh Save H.N®. Treatments J, K and L also belong to Carbendazim 1500 ppm, control inoculated immersed in sterile distilled water and control without any treatment, respectively.

رطوبت

گلابی در تیمارهای قارچ‌کشی اشاره شده تفاوت معنی‌داری با شاهد تیمار شده با آب (K) و شاهد بدون دریافت هیچ تیماری (L) وجود نداشت (شکل ۴).

برای بررسی میزان رطوبت موجود در میوه‌های گلابی، پس از طی دوره نگهداری در شرایط مذکور، پس از ارزیابی نهایی مشخص گردید که میزان درصد رطوبت موجود در میوه‌های



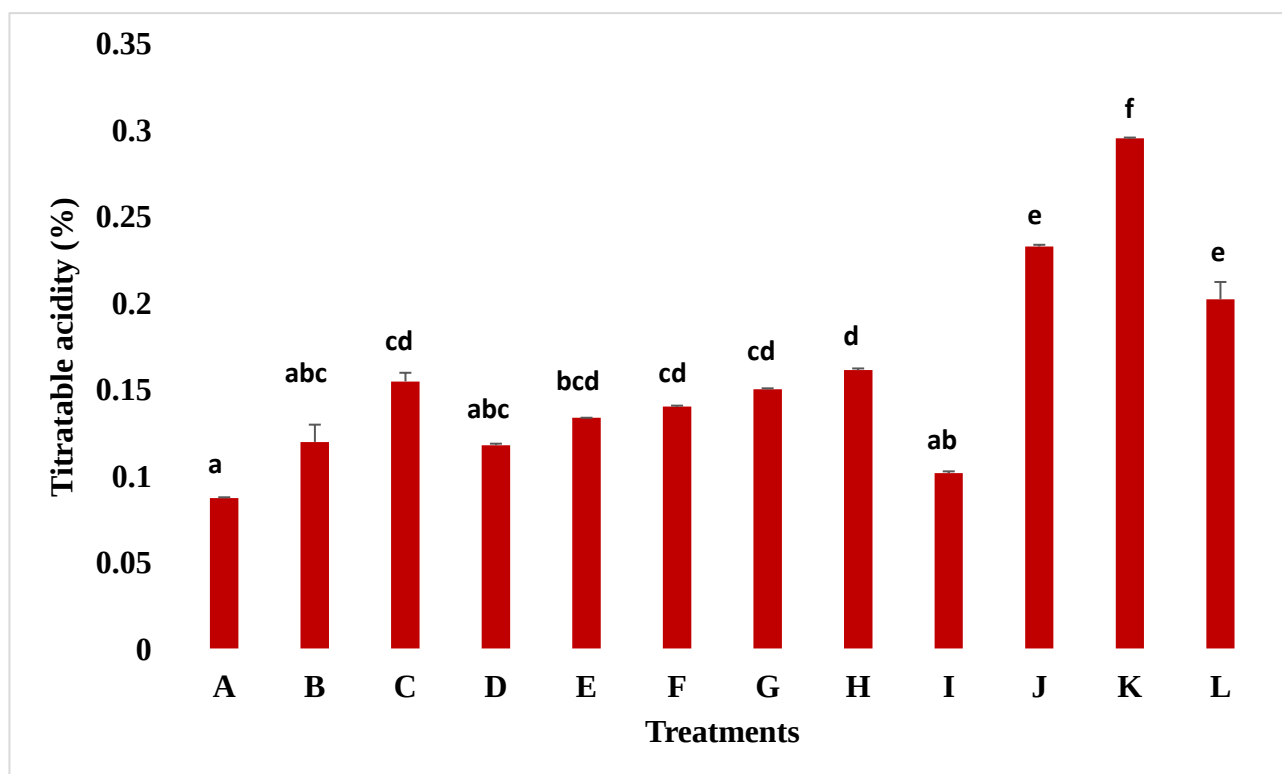
شکل ۴. نمودار میله‌ای کارایی تیمارهای قارچ‌کشی بر درصد رطوبت میوه گلابی. حروف نوشته شده روی میله‌های نمودار نمایان‌گر وجود اختلاف یا عدم اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها می‌باشد. تیمارهای A، B و C متعلق به دوزهای ۲، ۲/۵ و ۳ در هزار قارچ‌کش زداتان-۲۰؛ تیمارهای D، E و F متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش بیوزدا و تیمارهای G، H و I متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش فرش‌سیو اچ‌ان می‌باشند. تیمارهای J، K و L نیز به ترتیب متعلق به قارچ‌کش کاربندازیم ۱/۵ در هزار، شاهد غوطه‌ور در آب سترون و شاهد بدون هیچ تیماری است.

Figure 4. Bar chart of effectiveness of fungicidal treatments on moisture of pear fruit tissue. The letters written on the graph bars represent statistically significant differences at the 5% level among treatments. Treatments A, B and C belong to doses of 2000, 2500 and 3000 ppm of Xedathan-20®; Treatments D, E, and F belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 ppm of Bioxeda®, and treatments G, H, and I belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 ppm of Fresh Save H.N®. Treatments J, K and L also belong to Carbendazim 1500 ppm, control inoculated immersed in sterile distilled water and control without any treatment, respectively.

همراه شاهد بدون هیچ‌گونه تیماری و بدون اختلاف آماری از یکدیگر بالاتر از تیمارهای قارچ‌کش‌های جدید قرار گرفت. شاهد مایه‌زنی شده غوطه‌ور در آب بالاترین میزان درصد اسیدیته قابل سنجش را داشت. البته نکته حایز اهمیت این است که برخی تیمارهای قارچ‌کش‌های جدید در آزمون چند مقایسه‌ای آماری دارای حروف یا حداقل یک حرف مشترک (شکل ۵) با هم بودند لذا دارای تشابه عمل‌کردی بوده و سبب جلوگیری از افزایش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در طول دوره انبارداری شده‌اند و البته با هر دو شاهد دارای تفاوت معنی‌دار آماری بودند.

اسیدیته قابل سنجش یا تیتراسیون (٪)

میزان درصد اسیدیته قابل تیتراسیون در تمام تیمارهای قارچ‌کش‌های جدید در مقایسه با تیمارهای شاهد به طور معنی‌داری پائین بود. در میان قارچ‌کش‌های جدید، تیمارهای زداتان (۲ در هزار)، فرش‌سیو (۸ در هزار)، زداتان (۲/۵ در هزار)، بیوزدا (۶ در هزار) (دو تیمار اخیر بدون تفاوت معنی‌دار آماری با هم)، بیوزدا (۷ در هزار)، زداتان (۳ در هزار)، بیوزدا (۸ در هزار)، فرش‌سیو (۶ در هزار) (سه تیمار اخیر بدون تفاوت معنی‌دار با هم)، فرش‌سیو (۷ در هزار) به ترتیب کم‌ترین تا بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را داشتند. کاربندازیم (۱/۵ در هزار) به



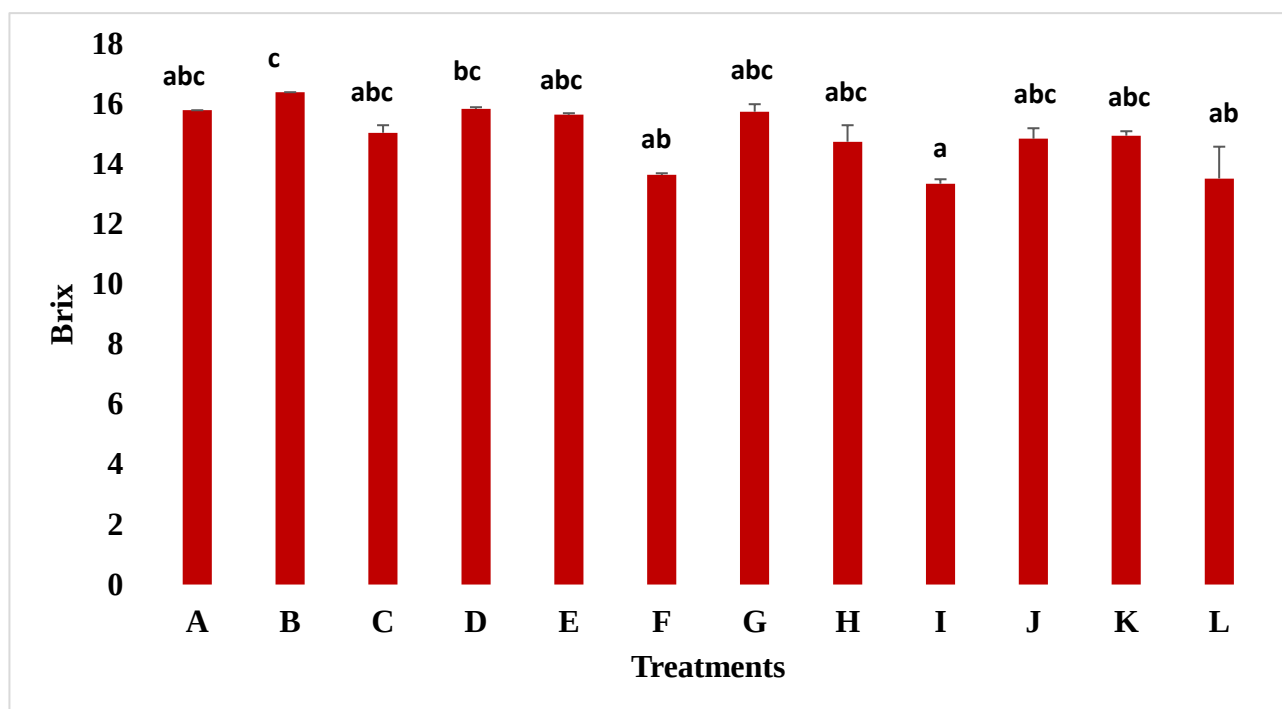
شکل ۵. نمودار میله‌ای کارایی تیمارهای قارچ‌کشی بر میزان درصد اسیدیته قابل سنجش یا تیتراسیون. حروف نوشته شده روی میله‌های نمودار نمایان‌گر وجود اختلاف یا عدم اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها می‌باشد تیمارهای A، B و C متعلق به دوزهای ۲، ۲/۵ و ۳ در هزار قارچ‌کش زداتان-۲۰؛ تیمارهای D، E و F متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش بیوزدا و تیمارهای G، H و I متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش فرش‌سیو اچ‌ان می‌باشند. تیمارهای J و K و L نیز به ترتیب متعلق به قارچ‌کش مانکوزب ۱/۵ در هزار، شاهد تلقیح شده غوطه‌ور در آب استریل و شاهد بدون هیچ تیماری است.

Figure 5. Bar chart of effectiveness of fungicidal treatments on titratable acidity of pear fruit tissue. The letters written on the graph bars represent statistically significant differences at the 5% level among treatments. Treatments A, B and C belong to doses of 2000, 2500 and 3000 of Xedathan-20®; Treatments D, E, and F belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 ppm of Bioxeda®, and treatments G, H, and I belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 of Fresh Save H.N®. Treatments J, K and L also belong to the fungicide Carbendazim 1500 ppm, control inoculated immersed in sterile distilled water and control without any treatment, respectively.

فرش‌سیو (۶ و ۷ در هزار) و کاربندازیم (۱/۵) نیز در درجات بعدی بودند. با عنایت به اینکه که برخی تیمارهای قارچ‌کش‌های جدید در آزمون چند مقایسه‌ای آماری دارای حروف یا حداقل یک حرف مشترک (شکل ۶) با هم بودند لذا دارای تشابه عمل‌کردی بوده و سبب کاهش تغییر در مواد جامد حل‌شدنی نشده‌اند؛ البته بر اساس همین نکته با هر دو شاهد دارای تفاوت معنی‌دار آماری نبودند.

مواد جامد حل‌شدنی (Brix)

میزان مواد جامد محلول در آب در میوه‌های تیمار شده با قارچ‌کش‌های جدید نشان داد کم‌ترین میزان مواد جامد محلول متعلق به تیمار فرش‌سیو (۸ در هزار) بود که میزان آن حتی از شاهد بدون هیچ گونه تیماری نیز کم‌تر بود. بیشترین میزان مواد جامد محلول سنجش شده نیز مربوط به تیمار بیوزدا (۶ در هزار) بود. در سطح بعدی، تیمار بیوزدا (۸ در هزار) قرار داشت. تیمارهای زداتان (۲، ۲/۵ و ۳ در هزار)، بیوزدا (۷ در هزار)،



شکل ۶. نمودار میله‌ای کارایی تیمارهای قارچ‌کشی بر میزان مواد جامد حل‌شدنی (بریکس). حروف نوشته شده روی میله‌های نمودار نمایان‌گر وجود اختلاف یا عدم اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بین تیمارها می‌باشد. تیمارهای A، B و C متعلق به دوزهای ۲، ۲/۵ و ۳ در هزار قارچ‌کش زداتان-۲۰؛ تیمارهای D، E و F متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش بیوزدا و تیمارهای G، H و I متعلق به دوزهای ۶، ۷ و ۸ در هزار قارچ‌کش فرش‌سیو اچ‌ان می‌باشند. تیمارهای J، K و L نیز به ترتیب متعلق به قارچ‌کش کاربندازیم ۱/۵ در هزار، شاهد میه‌زنی شده غوطه‌ور در آب سترون و شاهد بدون هیچ تیماری است.

Figure 6. Bar chart of effectiveness of fungicidal treatments on Brix of pear fruit tissue. The letters written on the graph bars represent statistically significant differences at the 5% level among treatments. Treatments A, B and C belong to doses of 2000, 2500 and 3000 ppm of Xedathan-20®; Treatments D, E, and F belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 ppm of Bioxeda®, and treatments G, H, and I belong to the doses of 6000, 7000, and 8000 ppm of Fresh Save H.N®. Treatments J, K and L also belong to the fungicide Carbendazim 1500 ppm, control inoculated immersed in sterile distilled water and control without any treatment, respectively.

عوامل مختلف است (Begum et al. 2023).

بحث

در طی سالیان متمادی قارچ‌کش‌های سنتزی به عنوان ابزار اصلی برای کاهش پوسیدگی پس از برداشت و بهبود ماندگاری میوه‌ها استفاده شده است (Büchle et al. 2022). ولی با این وجود استفاده مداوم از این گونه قارچ‌کش‌ها مشکلات جدی برای صنعت باغی از جمله مسائل بهداشتی و زیست محیطی ناشی از باقیمانده بالا و حاد سموم را ایجاد کرده است. قارچ‌کش گسترده‌اثر پیریمتانیل بخشی از گروه شیمیایی آنیلینوپیریمیدین‌ها است و برای اولین بار در سال ۲۰۰۴ در ایالات متحده آمریکا برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت میوه خرما به ثبت رسید (Caiazzo et al. 2014). عمل‌کرد پیریمتانیل به دو صورت: مهار بیوسنتز متیونین و سایر اسیدهای آمینه و انسداد ترشح آنزیم‌های هیدرولیتیک درگیر در فرآیند آلودگی بیمارگرهای قارچی بیان شده است (Sholberg et al. 2005). پیریمتانیل در مهار جوانه‌زنی کنیدیوم و طولی شدن لوله

آلودگی‌های قارچی معمولاً از طریق آسیب‌های مکانیکی ایجاد می‌شوند که بیشتر در حین یا پس از برداشت و یا پس از آخرین محلول‌پاشی با قارچ‌کش‌ها بروز می‌نمایند (Spotts et al. 1998). کاهش محصول در مرحله پس از برداشت در هنگام حمل و نقل و ذخیره‌سازی (انبارداری) زیاد بوده و بین ۲۰ تا ۴۰ درصد تخمین زده می‌شود. خسارت‌های پس از برداشت منجر به کاهش سرانه مصرف و زیان‌های مالی هنگفت و بدنبال آن افزایش هزینه‌های حمل و نقل و بازاریابی می‌شود. علاوه بر این، تعیین خسارت‌های کیفی مانند از دست رفتن قابلیت خوراکی، کیفیت غذایی، ارزش کالری و بازارپسندی محصول نسبت به خسارت‌های کمی دشوارتر نیز می‌باشد. کیفیت نگهداری محصول متأثر از عوامل مختلفی مانند عوامل محیطی و مدیریتی قبل از برداشت (شرایط دمایی و فعالیت‌های باغی)، عوامل ژنتیکی، مرحله برداشت، جابجایی پس از برداشت و تعامل بین

Cinnamomum zeylanicum) و دارچین (*vulgaris* @ 50 ml/L) به طور قابل توجهی بروز بیماری‌های پس از برداشت در طول دوره نگهداری روی پرتقال را کاهش دادند (Plaza et al. 2004). بر اساس یک بررسی انجام شده در شرایط آزمایشگاهی (*in vitro*)، بخارات روغن میخک، روغن دارچین و روغن علف لیمو اثرات بازدارندگی بسیار بالایی بر روی قارچ *B. cinerea* از خود نشان دادند (Siripornvisal et al. 2009). تاثیر ضدقارچی عصاره روغنی آویشن، میخک، دارچین و زنیان مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که تمامی اسانس‌ها در غلظت ۴۰۰ میکرولیتر بر لیتر رشد قارچ *B. cinerea* را ممانعت کردند (Fathi et al. 2013). استفاده از اسانس‌ها (علف لیمو، میخک، اکالیپتوس و چریش) در شرایط *in vitro* و *in vivo* به طور قابل توجهی از رشد میسلیمی عوامل قارچی مولد بیماری‌های پس از برداشت در میوه نارنگی جلوگیری می‌کند (Jhalegar et al. 2015). اسانس‌های دارچین، میخک و پونه کوهی در شرایط *in vitro* و *in vivo* به میزان ۹۰-۱۰۰٪ بیماری پس از برداشت پرتقال شیرین را کاهش دادند (Gandarilla-Pacheco et al. 2020). در مطالعه دیگری در خصوص تاثیر عصاره روغنی چندین گیاه در بازدارندگی از رشد قارچ *B. cinerea* مشخص شد که روغن‌های میخک، دارچین و علف لیمو بیشترین اثر بازدارندگی را در کمترین غلظت (۰/۸۵ میلی گرم در میلی لیتر) از خود نشان دادند (de Albuquerque et al. 2024). از این رو نتایج حاصل از پژوهش‌های اخیر با یافته‌های این مطالعه در مورد قارچ‌کش زداتان و فرش‌سیو که حاوی روغن میخک و کارنائوبا بودند هم‌خوانی دارد. اسانس‌های زیره، نعنای فلفلی و میخک نتایج خوبی بر روی کیفیت پس از برداشت و ماندگاری میوه لیمو داشت (Tavakoli et al. 2019). موم کارنائوبای فرموله شده با اسانس گیاهان *Lippia* (*scaberrima* ۲۵۰۰ میکرولیتر در لیتر) و *Mentha spicata* (۲۵۰۰ میکرولیتر در لیتر) به طور قابل توجهی باعث کاهش بروز بیماری پس از برداشت در پرتقال می‌شود (Du Plooy et al. 2009). اسانس گیاهی (*Cinnamomum zeylanicum* @ 0.5%) (V/V) ترکیب شده با پوشش‌های تجاری کارنائوبا در مقایسه با میوه پرتقال تیمار شاهد بدون پوشش، بیماری را تا میزان ۹۰٪ کاهش دادند (Kouassi et al. 2012). در یک مطالعه پتانسیل تاثیر نانومولسیون واکس کارنائوبا و اسانس روغنی گیاه پالماروزا (*Cymbopogon martinii*) نوعی علف لیمو در انبارمانی میوه‌های پاپایا بررسی و مشخص شد که تیمار پوشش‌های فرموله شده با کارنائوبا + پالماروزا موثرترین فرمولاسیون در کاهش وقوع و

تندش در *Penicillium expansum* Link و رشد میسلیمی در گونه *B. cinerea* بسیار موثر است (Sholberg et al. 2005). کاربرد پیریمتانیل پس از برداشت از طریق سمپاشی میوه‌ها در کنترل پوسیدگی‌های سیب و مرکبات بسیار کارآمد است (Chapeland et al. 1999).

با توجه به زمان‌بندی، محلول‌پاشی‌های قارچ‌کش قبل از برداشت محصول در کنترل پوسیدگی‌های انباری محدودیت دارند. بنابراین، روش‌های جایگزین برای کاربرد قارچ‌کش‌ها به منظور محدود کردن اثرات مضر آن‌ها بر محیط‌زیست، کند کردن بروز مقاومت و همچنین بهبود زمان‌بندی کاربرد آن‌ها در حال توسعه می‌باشند. ولی با این وجود هنوز تیمارهای قارچ‌کشی پس از برداشت از طریق غوطه‌ور نمودن میوه‌ها یا محلول‌پاشی قارچ‌کش به ویژه در نزدیکی محل نگهداری بلند مدت، جزء روش‌های رایج به شمار می‌رود (Vital et al. 2016).

نگرانی‌های فزاینده در مورد سلامت مصرف کنندگان، آلودگی محیط زیست و هزینه‌های بالا و زمان‌بر بودن استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی، بروز سویه‌های مقاوم بیمارگرهای قارچی نسبت به استفاده پیش و پس از برداشت از قارچ‌کش‌های شیمیایی، صنعت تولید، نگهداری و توزیع میوه مدرن را به سمت جایگزین‌های ایمن‌تر سوق داده است. بنابراین بسیاری از کشورهای توسعه یافته به دلیل نگرانی‌های جدی بهداشتی و زیست محیطی، استفاده از مواد شیمیایی سنتتیک روی میوه‌ها را کاهش داده‌اند (Laidou et al. 2008). از این رو در سال‌های اخیر پوشش‌های با قابلیت خوراکی غنی شده با اسانس‌ها به عنوان یک رویکرد جایگزین و سازگار با محیط زیست برای کنترل پوسیدگی پس از برداشت و حفظ کیفیت و ماندگاری میوه‌ها بوجود آمده است (Sanchez-Gonzalez et al. 2010). انواع مختلف گیاهان معطر، ادویه‌ها و علف‌ها، منابع بی‌ظنیری از ترکیبات شیمیایی گیاه-پایه با خواص ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی شگفت‌انگیز هستند (Talibi et al. 2014). این گونه از محافظ‌های طبیعی گیاهی مانند اسانس‌های با خواص ضد میکروبی، بدون سمیت یا با سمیت کم برای پستانداران و اثرات زیست محیطی کم‌تر می‌توانند به عنوان جایگزینی برای قارچ‌کش‌های سنتتیک استفاده شوند (Simunkova et al. 2022). اسانس‌های نعنا (*Mentha arvensis* @ 100 ppm)، ریحان (*Ocimum canum* @ 200 ppm) و زنجبیل (*Zingiber officinale* @ 500 ppm) برای کنترل بیماری پس از برداشت روی پرتقال و لیمو موثر بوده‌اند (Tripathi et al. 2004). طی پژوهش دیگری مشخص گردید که اسانس‌های آویشن (*Thymus*)

هیدرولازهای دیواره سلولی که منجر به تاخیر در تخریب دیواره سلولی می‌شود، باشد. این مورد در توافق با یافته‌های قبلی بود که نشان داده بودند استفاده از قارچ‌کش‌ها و پوشش‌های گیاهی در نگهداری سفتی گلایی مؤثر بود (Liu et al. 2019). میزان درصد رطوبت و مواد جامد حل‌شدنی موجود در میوه‌های گلایی در تیمارهای قارچ‌کشی اشاره شده تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. مواد جامد حل‌شدنی بیانگر وجود ریز مولکول‌هایی مانند گلوکز، فروکتوز، مالتوز و برخی اسیدهای آلی می‌باشد. تبدیل درشت مولکول‌های مانند نشاسته به گلوکز، مالتوز و دکسترین‌ها و همچنین کاهش رطوبت منجر به افزایش مواد جامد حل‌شدنی می‌شود. این تغییرات عمدتاً در مرحله رسیدگی اتفاق می‌افتد و در مرحله پس از برداشت با نگهداری محصول در دمای پایین این روند کند یا متوقف می‌شود (Soleimani & Mozaffari, 2020). میزان درصد اسیددیده قابل تیتراسیون در تمام تیمارهای قارچ‌کش‌های جدید در مقایسه با تیمارهای شاهد به طور معنی‌داری کم بود. نتایج این پژوهش نشان داد که آلودگی گلایی رقم بیرونی به کپک خاکستری و فساد ناشی از آن در طول ماندگاری موجب افزایش اسیددیده میوه و ترشیدگی آن می‌شود که از مقدار بالای اسیددیده قابل تیتر در تیمار شاهد مشخص بود. تیمارهای قارچ‌کش گیاه‌پایه مورد استفاده، همگی توانستند از افزایش اسیددیده قابل تیتراسیون در طول ماندگاری در حد معنی‌داری جلوگیری کنند که تیمار زداتان ۲ در هزار در این میان قابلیت بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت. مشابه این نتایج در کاربرد اسانس اسطوخودوس و متیل سالیسیلات در کاهش پوسیدگی ناشی از قارچی کپک خاکستری در دوره‌های انبارمانی یک تا سه هفته‌ای توت فرنگی حاصل شد که نتیجه گرفتند اسانس اسطوخودوس و متیل سالیسیلات باعث حفظ کیفیت از جمله فعالیت آنتی اکسیدانی، ویتامین C، مواد جامد کل محلول، اسیددیده قابل تیتراسیون، شاخص طعم و جلوگیری از کاهش وزن میوه در طول انبارداری شدند (Sayyari & Garibi 2016). همچنین (Maskoki & Mortazavi 2004) در گلایی گزارش کردند که اسانس‌های آویشن و زنیان علاوه بر کنترل رشد قارچ *Aspergillus parasiticus* در سردخانه، باعث بهبود طعم میوه نیز شدند. کاربرد اسانس‌های گیاهی رازیانه، زنیان، پونه و دارچین نیز علاوه بر افزایش دوره انبارمانی میوه‌ها اثر مثبتی بر روی فاکتورهای کیفی پس از برداشت میوه داشتند (Aras & Usai 2001). نتایج ارزیابی حسی کاربرد قارچ‌کش ایمازالیل بر کاهش پوسیدگی قارچی و خواص فیزیکوشیمیایی سیب نیز نشان داد

شدت پوسیدگی میوه در طول ذخیره‌سازی می‌باشد. در این بررسی همچنین مشخص شد که این پوشش‌ها منجر به دیر رسیدن ۱۲ روزه میوه در طول دوره ذخیره‌سازی بدون تأثیر منفی بر پارامترهای کیفیت میوه پس از برداشت می‌شوند. بعلاوه این پوشش‌ها سبب حفظ سفتی بافت و ممانعت از کاهش وزن میوه و تاخیر در تغییر رنگ میوه در طول دوره ذخیره‌سازی می‌شوند (Oliveira Filho, et al. 2022) که با نتایج این مطالعه در مورد ترکیب فرش‌سیو هم‌خوانی دارد. پوشش میوه رایج‌ترین روشی است که از دیرباز توسط کشورهای توسعه‌یافته برای جایگزینی واکس‌های طبیعی که می‌توان آن‌ها را در هنگام شستشو و جابجایی میوه‌ها از بین برد، استفاده می‌شود. پوشش‌های تجاری میوه‌ها در مجموع به عنوان موم یا ترکیب آن‌ها مانند موم زنبور عسل، کارنائوبا، شلاک، رزین چوبی، موم کندلیلا و موم‌های پلی اتیلن یا نفتی شناخته می‌شوند. پوشش‌های با قابلیت خوراکی به دلیل خواص سازگار با محیط زیست و توانایی حمل مواد فعال در مقایسه با سایر انواع بسته‌بندی و درمان‌های شیمیایی، روز به روز محبوب‌تر می‌شوند (Palou et al. 2008). هدف اصلی از پوشش‌دهی میوه کاهش میزان از دست رفتن وزن میوه و چروکیدگی و بهبود ظاهر آن است، اما در عین حال این تکنیک می‌تواند برخی از اختلالات فیزیولوژیکی را نیز کاهش دهد (Bajwa & Anjum 2007). برخی موم‌های تجاری اغلب با قارچ‌کش‌های شیمیایی سنتتیک یا سایر اسانس‌های گیاهی به دلیل داشتن خواص ضد قارچی، ضد باکتریایی، ضد سرطان‌زایی و آنتی اکسیدانی آن‌ها و به منظور کنترل بیماری‌های پس از برداشت ترکیب می‌شوند که در مورد قارچ‌کش‌های زداتان (پیریمیتانیل+روغن میخک) و فرش‌سیو (روغن میخک+مولسیون صمغ کارنائوبا) که در این پروژه مورد استفاده قرار گرفتند نیز انجام گرفته است. البته تاکنون هیچ قارچ‌کشی برای بیماری‌های پس از برداشت میوه گلایی در ایران به ثبت نرسیده است.

بیماری کپک خاکستری که توسط *B. cinerea* ایجاد می‌شود، منجر به از دست دادن سفتی میوه می‌شود. علائم اولیه شامل ضایعات قهوه‌ای روشن است که تمام سطح میوه را می‌پوشاند و در نتیجه باعث نرم شدن قابل توجه میوه می‌شود (Promyou et al. 2023). نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از قارچ‌کش‌های زداتان و فرش‌سیو می‌تواند موجب جلوگیری از کاهش سفتی بافت میوه شود. حفظ سفتی میوه با کاربرد قارچ‌کش‌های گیاه‌پایه مورد استفاده در این بررسی، ممکن است به دلیل حفظ و بهبود عملکرد غشاء و کاهش فعالیت

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پروژه تحقیقاتی شماره ۰۲۰۲۱۳-۰۳۲-۱۶-۳۵-۰۴ و به شماره فروست ۶۶۰۵۹ می‌باشد و با حمایت مالی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور و شرکت دانش میوه خاورمیانه به اجرا در آمده است که بدینوسیله تقدیر و تشکر به عمل می‌آید. از سرکار خانم مهندس رویا منافی و آقای مهندس رضا سارنگی نیز که در اجرای پروژه نقش داشته‌اند قدردانی به عمل می‌آید.

References

- Amiri A, Chai W, Schnabel G, 2011. Effect of nutrient status, pH, temperature and water potential on germination and growth of *Rhizopus stolonifer* and *Gilbertella persicaria*. *Journal of Plant Pathology* 93(3): 603–612.
- Anonymous, 2021. Agricultural statistics (report of horticultural and greenhouse products). Vice President of Statistics, Information and Communication Technology Center, Ministry of Jihad and Agriculture. 307 pp.
- Aras G, Usai M, 2001. Fungitoxic activity of 12 essential oils against four postharvest citrus pathogen: chemical analysis of *Thymus capitatus* oil and its effect in sub-atmospheric pressure conditions. *Food Protection* 64: 1009–1025.
- Bajwa BE, Anjum FM, 2007. Improving storage performance of *Citrus reticulata* Blancomandarins by controlling some physiological disorders. *International Journal of Food Science & Technology* 42: 459–501.
- Begum ML, Ahmed M, Rahman MA, Rahman MH, Arfin MS, et al., 2023. Changes of postharvest nutritional quality and antioxidant enzymes in 'Haribhanga' Mango by Aloe vera gel with chitosan and coconut oil coating during ambient storages. *Journal of Horticultural Research* 31(2): 79–96.
- Behboudi K, Tehrani A, Hedjaroud G, Zad J, 2005. Antagonistic effects of *Trichoderma* species on *Phytophthora capsici*, the causal agent of pepper root and crown rot. *Iranian Journal of Plant Pathology* 41: 141–146 (In Persian with English abstract).
- Büchele F, Neuwald DA, Scheer C, Wood RM, Vögele RT, et al., 2022. Assessment of a postharvest treatment with Pyrimethanil via thermo-nebulization in controlling storage rots of apples. *Agronomy* 12: 34. doi:10.3390/agronomy12010034
- Hassani A, Jalili Marandi R, Ghousta Y, 2008. Using plant essential oils to control gray mold (*Botrytis cinerea*) disease of pear fruits. *Iranian Journal of Horticultural Sciences* 40: 85–94 (In Persian with English abstract).
- Cavalcanti AL, Oliveira KFD, Xavier AFC, Pinto DSC, Vieira FF, 2013. Evaluation of total soluble solids content (TSSC) and endogenous pH in antimicrobials of pediatric use. *Indian Journal of Dental Research* 24(4): 498–501.
- Caiazzo R, Kim YK, Xiao CL, 2014. Occurrence and phenotypes of pyrimethanil resistance in *Penicillium expansum* from apple in Washington State. *Plant Disease* 98: 924–928.
- Castro SM, Saraiva JA, Lopes-da-Silva JA, Delgadillo I, Van Loey A, et al., 2008. Effect of thermal blanching and of high-pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Food Chemistry* 107: 1436–1449.
- Chapeland F, Fritz R, Lanen C, Gredt M, Leroux P, 1999. Inheritance and mechanisms of resistance to anilinopyrimidine fungicides in *Botrytis cinerea* (*Botryotinia fuckeliana*). *Pesticide Biochemistry & Physiology* 64: 85–100.
- Chiang KS, Liu HI, Bock CH, 2017. A discussion on disease severity index values. Part I: warning on inherent errors and suggestions to maximize accuracy. *Annals of Applied Biology* 171: 139e154.
- De Albuquerque Sousa TC, Da Cunha WM, Rosas ALG, Oppelt CQ, Gandra EÁ, et al., 2024. Essential oils as natural sources for the control of *Botrytis cinerea*: Chemical composition and antifungal effect. *Food Bioscience* 62: p.105516.

- Du Plooy W, Regnier T, Combrinck S, 2009. Essential oil amended coatings as alternatives to synthetic fungicides in citrus postharvest management. *Postharvest Biology & Technology* 53(3): 117–122.
- Fathi Z, Hassani A, Ghosta Y, Abdollahi A, Meshkatsadat MH, 2012. The potential of thyme, clove, cinnamon and ajowan essential oils in inhibiting the growth of *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructicola*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 15(1): 38–47.
- Production – Pears. Foreign Agricultural Service, U.S Department of Agriculture. <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0579220> [Accessed on 25 December 2024]
- Gandarilla-Pacheco FL, Torres-Caraballo S, De Luna-Santillana EJ, Quintero-Zapata I, Arroyo-Gonzalez N, 2020. Inhibitory effect of essential oils on the mycelial growth of *Penicillium digitatum* (pers.) Sacc. sweet orange isolate (*Citrus sinensis* osbeck). *Agrociencia* 54: 209–225.
- Jhalegar MDJ, Sharma RR, Singh D, 2015. *In vitro* and *in vivo* activity of essential oils against major postharvest pathogens of Kinnow (*Citrus nobilis* × *C. deliciosa*) mandarin. *Journal of Food Science & Technology* 52(4): 2229–2237.
- Jones AL, Aldwinckle HS, 1990. Compendium of apple and pear diseases, APS Press, Saint Paul, MN. 224 pp.
- Judet-Correia D, Bollaert S, Duquenne A, Charpentier C, Bensoussan M, *et al.*, 2010. Validation of a predictive model for the growth of *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum* on grape berries. *International Journal of Food Microbiology* 142(1): 106–113.
- Kouassi KHS, Bajji M, Jijakli H, 2012. The control of postharvest blue and green molds of citrus in relation with essential oil–wax formulations, adherence and viscosity. *Postharvest Biology & Technology* 73: 122–128.
- Laidou IA, Thanassouloupoulos CC, Liakopoulou-Kyriakides M, 2008. Diffusion of patulin in the flesh of pears inoculated with four post-harvest pathogens. *Journal of Phytopathology* 149: 457–461.
- Leadbeater AJ, 2014. Plant Health Management: Fungicides and Antibiotics. Encyclopedia of Agriculture and Food Systems. 4. doi:10.1016/B978-0-444-52512-3.00179-0
- Liu J, Yang J, Zhang H, Cong L, Zhai R, *et al.*, 2019. Melatonin inhibits ethylene synthesis via nitric oxide regulation to delay postharvest senescence in pears. *Journal of Agricultural & Food Chemistry* 67: 2279–2288.
- Maskoki A, Mortazavi SA, 2004. Effect of *Carum copticum* and thyme essential oils on *Aspergillus parasiticus* fungi growth control on pear in cold storage. *Journal of Science & Technology of Agriculture & Natural Resources* 8: 207–215. (In Persian with English abstract).
- Monroe A, 2009. Integrated pest management for Australian apples and pears: NSW Industry and Investment Management. http://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0009/321201/ipm-for-australian-apples-and-pears-complete.pdf [Accessed on 13 August 2015].
- Nunez L, Aquino MD, 2012. Microbicide activity of clove essential oil (*Eugenia caryophyllata*). *Brazilian Journal of Microbiology* 43(4): 1255–1260.
- Oliveira Filho JGD, Silva GDC, Oldoni FCA, Miranda M, Florencio C, *et al.*, 2022. Edible coating based on carnauba wax nanoemulsion and *Cymbopogon martinii* essential oil on papaya postharvest preservation. *Coatings* 12(11): 1700.
- Palou L, Smilanick JL, Droby S, 2008. Alternatives to conventional fungicides for the control of citrus postharvest green and blue molds. *Stewart Postharvest Review* 4: 1–16.
- Pierson CF, Ceponis MJ, McColloch LP, 1971. Market diseases of apples, pears, and quinces. In: Rose DH, McColloch LP (eds). *Agriculture Handbook*, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C. Pp. 1-96.
- Plaza P, Torres R, Usall J, Lamarca N, Vinas I, 2004. Evaluation of the potential of commercial post-harvest application of essential oils to control citrus decay. *Journal of Horticultural Science & Biotechnol* 79(6): 935–940.
- Palou L, Silanick JL, Usall J, Vinas I, 2001. Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate and sodium bicarbonate. *Plant Disease* 65: 371–376.
- Sanchez-Gonzalez L, Chafer M, Chiralt A, Gonzalez-Martinez C, 2010. Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and

- their inhibitory action on *Penicillium italicum*. *Carbohydrate Polymers* 82: 277–283.
- Sardella D, Muscat A, Brincat JP, Gatt R, Decelis S, *et al.*, 2016. A Comprehensive review of the pear fungal diseases. *International Journal of Fruit Science* 16(4): 351–377.
- Sharifi K, Naeimi S, 2022. Biological and chemical control of strawberry gray mold disease in greenhouse. *Biocontrol in Plant Protection* 10(1): 155–167.
- Sholberg PL, Harlton C, Haag P, Lévesque CA, O’Gorman D, *et al.*, 2005. Benzimidazole and diphenylamine sensitivity and identity of *Penicillium* spp. that cause postharvest blue mold of apples using β -tubulin gene sequences. *Postharvest Biology & Technology* 36: 41–49. doi:10.1016/j.postharvbio.2004.07.011.
- Siripornvisal S, Rungprom W, Sawatdikarn S, 2009. Antifungal activity of essential oils derived from some medicinal plants against grey mould (*Botrytis cinerea*). *Asian Journal of Food & Agro-Industry Food safety* S229-S233.
- Spotts RA, Sanderson PG, Lennox C, Sugar D, Cervantes LA, 1998. Wound healing and staining of mature d’Anjou pear fruit. *Postharvest Biology & Technology* 13: 27–36.
- Talibi I, Boubaker H, Boudyach EH, Aoumar AAB, 2014. Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of Applied Microbiology* 117(1): 1–17.
- Tavakoli SA, Mirzaei S, Rahimi M, Tavassolian I, 2019. Assessment of peppermint, clove, cumin essential oils and silver nano particles on biochemical and shelf life of *Citrus limon* (L.). *Indian Journal of Biochemistry & Biophysics* 56(4): 269–275.
- Tripathi P, Dubey N, Banerji R, *et al.*, 2004. Evaluation of some essential oils as botanical fungitoxicants in management of post-harvest rotting of citrus fruits. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 20: 317–321.
- Tsegay D, Tesfaye B, Mohammad A, Yirga H, Bayleyegn A, 2013. Effects of harvesting stage and storage duration on postharvest quality and shelf life of sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties under passive refrigeration system. *International Journal of Biotechnology & Molecular Biology Research* 4(7): 98–104.
- Vital ACP, Guerrero A, De Oliveira Monteschio J, Valero MV, Carvalho CB, *et al.*, 2016. Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. *PloS One* 11(8): p.e0160535.
- Wang Y, Liu Y, He P, Chen J, Lamikanra O, *et al.*, 1995. Evaluation of foliar resistance to *Uncinula necator* in China wild Vitis species. *Vitis* 34(3):159–164.
- Xiao C, 2006. Postharvest fruit rots in d’Anjou pears caused by *Botrytis cinerea*, *Potrebniomyces pyri*, and *Sphaeropsis pyriputrescens*. *Plant Health Progress*. <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/diagnosticguide/2006/pears/>. [Accessed on 13 August 2015].
- Yamaguchi I, Fujimura M, 2005. Recent topics on action mechanisms of fungicides. *Journal of Pest Science* 30: 67–74.
- Zeng R, Zhang A, 2012. Postharvest quality and physiological responses of clove bud extract dip on ‘Newhall’ navel orange. *Scientia Horticulturae* 138: 253–258.
- Zhang Y, Fu Y, Luo C, Zhu F, 2021. Pyrimethanil sensitivity and resistance mechanisms in *Penicillium digitatum*. *Plant Disease* 105: 1758–1764.