رهیافت‌های جدید در کاربرد ضدعفونی کننده‌های پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها

اصغر رمضانیان*[۱]، اعظم امیری[۲]

[۱]استاد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

[۲] دانش‌آموخته دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول:ramezanian@shirazu.ac.ir

چکیده

ضدعفونی میوه‌ها و سبزی‌های تازه یکی از مراحل اساسی پس از برداشت محصول است. ضدعفونی باعث حذف عوامل بیماری زای قارچی، باکتریایی و یا ویروسی که در مرحله قبل یا پس از برداشت روی سطح میوه ایجاد می‌شوند شده و ضمن حفظ سلامت محصول باعث افزایش قابلیت انبارمانی می‌شود. در سال‌های اخیر تمایل به استفاده از مواد ضدمیکروبی طبیعی افزایش یافته است. تاکنون مطالعات زیادی روی فعالیت ضد میکروبی دامنه وسیعی از ترکیبات طبیعی انجام شده است. در بین این مواد، چندین اسانس گیاهی، الکل‌ها، اسیدهای آلی و ترکیبات معطر فعالیت بیولوژیکی نشان داده‌اند. در این مطالعه، نتایج استفاده از ترکیبات ضدعفونی‌کننده شیمیایی و طبیعی مختلف از جمله ازن، دی‌اکسید کلر، پراکسید هیدروژن، اسیدهای آلی، اسانس‌ها و آب الکترولیز شده برای کاهش فساد میکروبی، افزایش عمر مفید محصولات تازه و تأثیر آنها بر حفظ کیفیت محصولات ارائه شده است.

کلمات کلیدی: ضدعفونی، پس از برداشت، ازن، پراکسید هیدروژن، دی‌اکسید کلر

مقدمه:

اهمیت ضدعفونی پس از برداشت محصولات: ضدعفونی پس از برداشت برای حفظ سلامت محصولات تازه بسیار مهم است، تا جاییکه می‌تواند تلفات محصول را تا ۵۰٪ یا بیشتر کاهش دهد. کلر یکی از متداول‌ترین ترکیبات ضدعفونی کننده است که از گذشته برای ضدعفونی محصولات به صورت محلول‌پاشی یا غوطه‌وری استفاده می شده است(Feliziani *et al.*, 2016). در حال حاضردر صنایع پس از برداشت محصولات تازه از هیپوکلریت سدیم (NaOCl) استفاده می‌شود. این ترکیب به دلیل مقرون به‌صرفه بودن و اثر بخشی به‌طور گسترده به‌عنوان عامل ضدباکتری و ضدمیکروبی استفاده می‌شود. غلظت کلر فعال مورد استفاده برای ضدعفونی محصولات ۵ تا ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر است. با این حال واکنش کلر با ترکیبات آلی در محصولات فاسد شدنی، ممکن است به تشکیل ترکیبات مضر و سمیت هالوژنه منجر شود. در سال‌های اخیر برخی ترکیبات جدید مانند دی‌اکسید کلر، ازن، پراکسید هیدروژن، اسیدهای آلی، آب الکترولیزشده و اسانس‌های گیاهی به منظور ضدعفونی محصولات تازه مورد بررسی قرار گرفته‌اند که در این مقاله به میزان اثربخشی و مزیت‌های کاربرد آنها در نگهداری پس از برداشت محصولات باغی پرداخته می‌شود.

ترکیبات کلرین

دی‌اکسید کلر :گاز دی‌اکسید کلر (ClO_2) ترکیبی مؤثر برای به‌حداقل رساندن بیمارگرها در میوه‌ها و سبزی‌ها بدون تولید ترکیبات مضر سرطانزای بالقوه است (Rodgers *et al.*, 2004). دی‌اکسید کلر دارای خواص قوی باکتری و ویروس‌کشی در غلظت پایین در حد ۰/۱ میلی‌گرم درلیتر است. دی‌اکسید کلر در دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها نفوذ و عملکرد سوخت و ساز را مهار می‌کند. این ترکیب بسیار مؤثرتر از عوامل اکسیدکننده دیگر مثل کلر می‌باشد که هنگام تماس با مواد فقط سطح آن‌ها را می‌سوزاند. دی‌اکسیدکلر در مقایسه با ازن و کلر بسیار پایدار و دارای خورندگی محدود است. دی‌اکسیدکلر همچنین به‌منظور کاهش جمعیت میکروبی در مخزن تخلیه و آب شستشو استفاده می‌شود. استفاده از دی‌اکسیدکلر به‌عنوان یک ضدعفونی‌کننده در آبشویی خیارها به کاهش ۹۰ درصدی جمعیت میکروب‌ها در سطح محصول منجر شده است (Sapers *et al.*, 2001). دی‌اکسیدکلر در فاز بخار برای ضدعفونی فلفل سبز بریده تلقیح شده با اشرشیا کلی O157:H7 کاهش ۴۵/۶ واحد لگاریتمی جمعیت باکتری را نشان داده است (Sy *et al.*, 2005). اثر گاز دی‌اکسید کلر در غلظت ۴/۴۱ میلی‌گرم در لیتر، برای کاهش سالمونلا در انواع مختلف محصولات تازه برش خورده گزارش شده است.

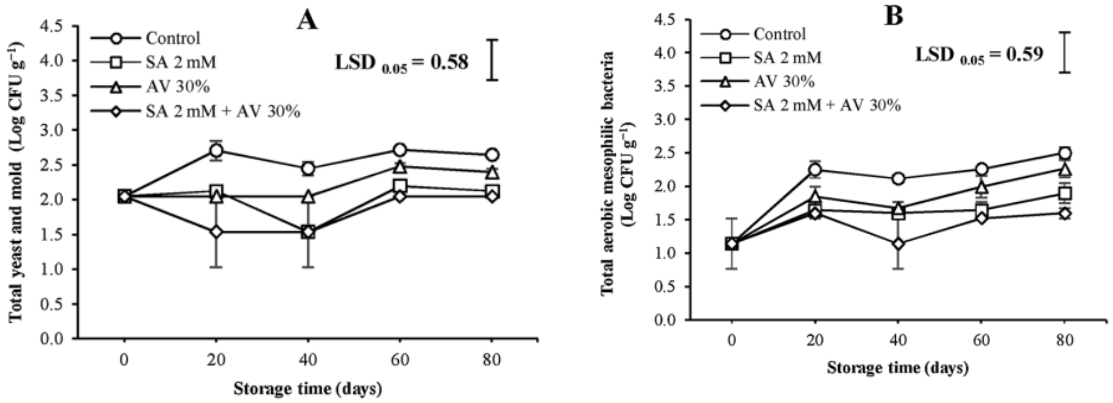
نتیجه‌ی این روش کاهش ۱ واحد لگاریتمی بار قارچی برای طالبی و کاهو تازه بریده شده و ۲/۵ واحد لگاریتمی برای سیب و توت فرنگی و کاهش ۱/۵ تا ۲/۵ واحد لگاریتمی بار باکتریایی در طالبی، کاهو و سیب تازه بریده شده و میوه کامل سیب و توت فرنگی بود (Rodgers *et al.*, 2004).

ازن: ازن یک عامل ضدمیکروبی قدرتمند است که روی باکتری، قارچ، ویروس و اسپورهای میکروبی مربوط به محصولات تازه اثر می‌گذارد (Khadre, and Yousef, 2001). در واقع ازن توانایی اکسیدکردن مواد ساختمانی شامل دیواره سلولی یک ارگانیسم را دارد (Ciccarese *et al.*, 2007). مطالعات نشان می‌دهد که بکارگیری ازن به‌صورت آبی و گازی برای دستیابی به ایمنی میکروبی مطلوب می‌باشد (Cullen *et al.*, 2009). آب به همراه ازن برای ضدعفونی میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده می‌شود. میوه‌ها و سبزی‌هایی که حداقل در مسیر جریان آب قرار دارند می‌توانند با ازن به همراه آب جهت محافظت در مقابل میکروارگانیسم‌ها ضدعفونی شوند. آب دارای ازن برای کاهش محتوای باکتریایی در انواع میوه و سبزی استفاده شده است.

اتانول:اتانول الکل ساده دو کربنه است که از تخمیر ذرت ، نیشکر و سایر منابع تهیه می‌شود. نخستین کاربرد اتانول به‌عنوان ضدعفونی کننده در غوطه‌وری محلول آبی برای کنترل کپک سبز لیمو مورد استفاده قرار گرفت (Smilanick *et al.*, 1995). پس از آن کاربرد اتانول ۱۰٪ برای کنترل پوسیدگی قهوه‌ای در هلو و شلیل مؤثر بود (Margosan *et al.*, 1997). اولین گزارش در مورد کنترل مؤثر پوسیدگی خاکستری در انگور با غوطه‌ور شدن در محلول اتانول ۳۵ یا ۵۰٪ و انبارداری تا ۸ هفته با کارآیی قابل مقایسه با دی‌اکسید گوگرد بود (Lichter *et al.*, 2002). در مقابل غوطه‌وری، بخار اتانول این توانایی را دارد که در طی انبارداری به طور مداوم پوسیدگی را سرکوب کند. بخار اتانول به طور مؤثری پوسیدگی ناشی از *P. digitatum* و *P. italicum* در انگور را کنترل کرد (Feliziani *et al.*, 2016).

پراکسید هیدروژن: پراکسید هیدروژن یک گاز بی‌رنگ در دمای اتاق است و دارای قدرت باکتری‌کشی بالایی است. پراکسید هیدروژن به‌عنوان یک ماده مفید که پتانسیل بالایی در ضدعفونی محصولات تازه صنعتی دارد، شناخته می‌شود که این ویژگی بخاطر قدرت بالای اکسیدکنندگی آن است. این ترکیب با مواد آلی موجود در مواد فاسد شدنی واکنش نمی‌دهد، در نتیجه ترکیبات سرطان‌زا تولید نمی‌کند و به آب و اکسیژن تبدیل می‌شود. هرچند پراکسید هیدروژن ممکن است باعث افت کیفیت حسی در برخی از مواد غذایی شود. برای مثال، باعث قهوه‌ای شدن پوست سیب و قارچ‌های خوراکی در دمای بالاتر از ۶۰ درجه سلسیوس می‌شود. هرچند این قهوه‌ای شدن به‌وسیله اضافه کردن مواد ضدقهوه‌ای‌کننده مثل اسید آسکوربیک قابل بازگشت است اما در محدوده pH بالاتر از ۱۰ بافت محصول متلاشی می‌شود. محلول پراکسید هیدروژن به عنوان یک ماده مؤثر برای کاهش بار میکروبی در طول شستن سیب و طالبی و نیز کنترل فساد سبزی‌ها در طول برداشت، استفاده می‌شود. پراکسید هیدروژن در دمای ۵۰ تا ۶۰ درجه سلسیوس برای سیب و ۷۰ تا ۸۰ درجه برای طالبی تاثیرگذار است (Sapers *et al.*, 2001).

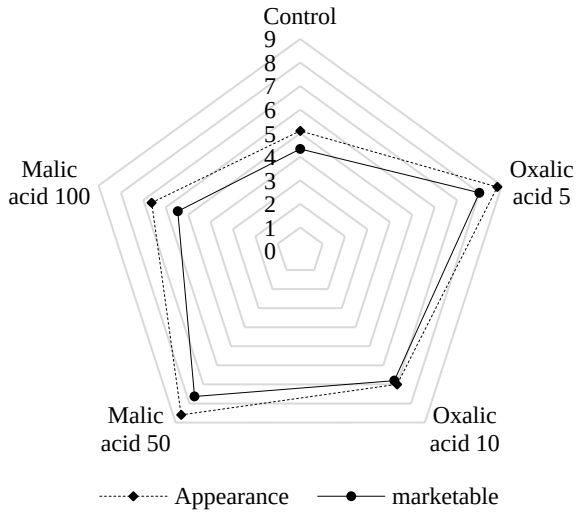
اسیدهای آلی: اسیدهای آلی ترکیبات کوچک با یک، دو یا سه عامل کربوکسیلیک یا اسیدی هستند. این اسیدها به مقدار کم در سیتوپلاسم و به مقدار بیشتری در واکوئل‌ها به صورت ذخیره‌ای یافت می‌شوند. کاربرد اسید سالیسیلیک در افزایش قابلیت انبارمانی و کاهش بار میکروبی پرتقال موثر بوده است، شکل ۱. (Rasooli *et al.*, 2021)



شکل – تاثیر اسید سالیسیلیک تلفیق شده با ژل آلوئه ورا در کاهش بار میکروبی پرتقال

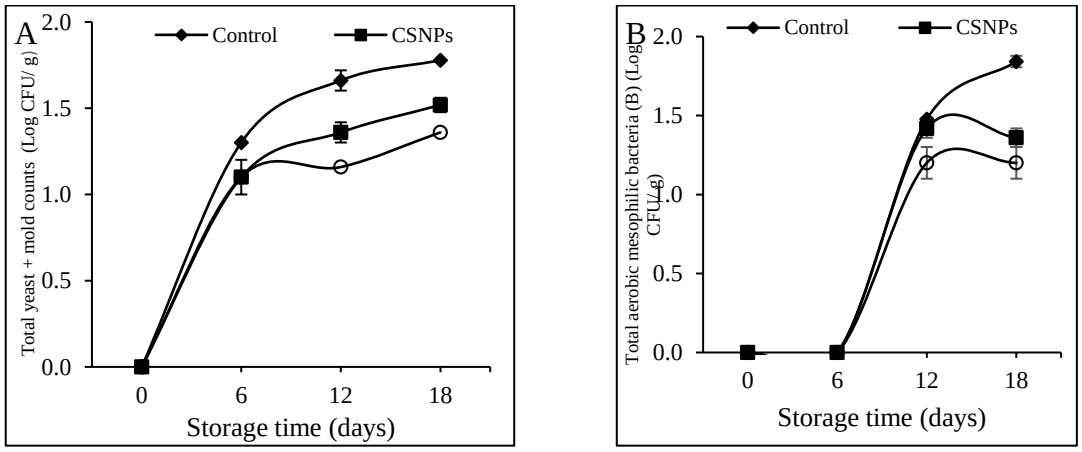
اسید اگزالیک یک دی‌کربوکسیلیک اسید به‌نسبت قوی است که به طور معمول در آب حل می‌شود. کاربردهای فراوان در مواد دارویی و صنعت مواد غذایی دارد و به‌عنوان یک عامل نگهدارنده غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیقات نشان می‌دهد که این ماده می‌تواند مقاومت سیستمیک را در گیاهان القاء کند. کاربرد اسیدهای آلی اسید اگزالیک و اسید مالیک در حفظ انبارداری انار مؤثر بوده است (Ehteshami *et al.*, 2021) شکل ۲. این ماده می‌تواند به‌وسیله افزایش ثبات غشاء ، مقاومت به گرما را افزایش دهد. اثرات فیزیولوژیکی اسید اگزالیک در بالا بردن سلامت غشاء، مهار فعالیت قهوه‌ای شدن آنزیمی و حفظ سطح بالاتری از مواد اسمزی و همچنین برای تحمل به سرما در میوه انبه در طول انبارداری سرد در دمای ۱۱ درجه معرفی شده است (Xue *et al.*, 2012).

آب الکترولیز شده: آب الکترولیز شده به وسیله‌ی الکترولیز محلول نمک NaCl که به‌طورکامل از سطح آند الکترولیزکننده می‌گذرد، تشکیل می‌شود. آب الکترولیز شده بر کاهش جمعیت باکتری‌های اشرشیا کولی O157:H7 و لیستریا مونوسیتوژنز در کاهو در حدود ۲/۸ و ۲/۹۱ واحد لگاریتمی موثر بوده است که از به کار گرفتن ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از آن به مدت ۳ دقیقه در مقایسه با عملکرد پراکسید هیدروژن تحت شرایط مساعد حاصل می‌شود. همچنین عملکرد آب الکترولیز شده تأثیر چشمگیری روی شاخص‌های کیفیت نظیر رنگ و خصوصیات ظاهری کاهو ندارد (Issa-Zacharia *et al.*, 2011).



شکل ۲- تاثیر غلظت‌های مختلف (mM) اسیدهای آلی بر حفظ کیفیت و انبارمانی انار

اسانس‌های گیاهی: روغن‌های فرار (اسانس‌ها)، یکی از بزرگترین و مهم‌ترین ترکیب‌های ثانویه در گیاهان دارویی، ادویه‌ای و به‌ویژه خوشبو هستند. این متابولیت‌های ثانویه در برخی گیاهان از مسیرهای بیوشیمیایی خاص تولید می‌شوند و به‌صورت معطر، روغنی، غلیظ، بطور عمده بدون رنگ، فرار (اتری)، آب‌گریز یا غیرمحلول در آب هستند. از نظر ساختاری روغن‌های فرار ترکیبات پیچیده‌ای هستند که شامل مخلوطی از استرها، الکل‌ها، ترپن‌ها و آلدهیدها می‌باشند (Burt, 2004). در سال‌های اخیر با توجه به نگرانی‌های موجود در مورد استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی و اثرات مضر احتمالی آن‌ها، گرایش به استفاده از اسانس‌های گیاهی افزایش یافته است. آزمایش اسانس آویشن شیرازی و آویشن باغی در شرایط درون‌شیشه‌ای کنترل آلترناریا را در پرتقال نشان داد (Ramezanian *et al.*, 2016). بازدارندگی اسانس مرزه، دارچین، پرتقال و لیمو در غلظت ۶۰۰-۵۰۰ میکرولیتر در میلی‌لیتر بر قارچ *Penicillium digitatum* مشاهده شد (Khorram *et al.*, 2018). کاربرد اسانس‌های گیاهی به‌تنهایی و همراه با پوشش‌های خوراکی می‌تواند به‌عنوان یک روش ضدعفونی ارگانیک در حفظ کیفیت پس از برداشت محصولات مؤثر باشد. به‌طوریکه در انار‌دانه پوشش اسانس مرزه نانو کپسوله‌شده در کیتوزان توانست در کاهش بارمیکروبی طی دوره نگهداری با حفظ خصوصیات فیتوشیمیایی مؤثر باشد (Amiri *et al.*, 2020) شکل۳. در سایر تحقیقات انجام شده روی توت‌فرنگی (Mohammadi *et al.*, 2020) و پرتقال ناول (Khorram *et al.*, 2020) نیز خاصیت ضدعفونی‌کنندگی اسانس‌های گیاهی مشاهده شده است.



شکل ۳- تاثیر اسانس مرزه نانوکپسوله‌شده در بار باکتریایی و قارچ انار‌دانه طی دوره نگهداری

اولتراسونیکاسیون: امواج اولتراسونیک بی‌خطر بوده و قابلیت کاهش بار میکروبی ترکیبات را دارند. تاکنون امواج اولتراسونیک برای ضدعفونی برخی محصولات استفاده شده است. در پژوهشی تیمار انار‌دانه‌ها با امواج اولتراسونیک به مدت ۳۰ دقیقه باعث کاهش بار میکروبی به میزان ۰/۵ واحد لگاریتمی شد (Amiri *et al.*, 2021).

نتیجه‌گیری کلی: ضدعفونی میوه‌ها و سبزی‌های تازه و تجهیزات انبارداری به‌طور کلی یک پیش‌نیاز کنترل پوسیدگی پس از برداشت است. هیچ ضدعفونی کننده‌ای وجود ندارد که به‌طور کامل بهتر از دیگری عمل کند. میزان کارایی هر ترکیب در کنترل پوسیدگی پس از برداشت محصولات به عوامل بسیاری از جمله عوامل قبل از برداشت (تولید ارگانیک یا سنتی)، درجه رسیدگی محصول، طول دوره

انبارداری محصول، ویژگی‌های امکانات پس از برداشت، امکان ادغام عملیات ضدعفونی با سایر فناوری‌ها دارد. مروری بر مزایا و معایب اصلی هر یک از ضدعفونی کننده‌ها می‌تواند در انتخاب مناسب‌ترین فناوری کمک کند. به‌طورکلی، ویژگی ضدعفونی‌کننده‌ها با کمترین تأثیر آن‌ها بر محیط و محصول مشخص می‌شود. استفاد از ضدعفونی‌کننده‌ها در فاز بخار نیز از مزایای برخی از این ترکیبات در کنترل پوسیدگی پس از برداشت محصولات می‌باشد. از جمله محدودیت‌ها در استفاده از برخی ضدعفونی‌کننده‌ها از جمله ازن و آب الکترولیز شده قیمت بالای آن‌ها می‌باشد اما برخی مانند پراکسید هیدروژن و اسیدهای آلی بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه هستند.

منابع

Amiri, A., Ramezanian, A., Mortazavi, S.M.H., Hosseini, S.M.H. 2020. Ultrasonic potential in maintaining the quality and reducing the microbial count of minimally processed pomegranate. Ultrasonic Sonochemistry, 70: 105302.

Amiri, A., Ramezanian, A., Mortazavi, S.M.H., Hosseini, S.M.H. and Yahia, E. 2020. Shelf-life extension of pomegranate arils using chitosan nanoparticles loaded with *Satureja hortensis* essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101: 3778-3786.

Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods. International Journal of Food Microbiology, 94 (3): 223-253.

Chen, L., Ingham, B.H., Ingham, S.C. 2004. Survival of *Penicillium expansum* and patulin production on stored apples after wash treatments. Journal of Food Science, 69(8):669-675.

Cullen, P. J., Tiwari, B. K., O'Donnell, C. P., Muthukumarappan, K. 2009. Modelling approaches to ozone processing of liquid foods. Trends in Food Science & Technology, 20(3e4):125-136.

Ciccarese, F., Sasanelli, N., Ciccarese, A., Ziadi, A., Ambrico, A., Mancini, L. 2007. Seed disinfestation by ozone treatments. IOA Conference and Exhibition Valencia, Spain - October 29 – 31.

Ehteshami, S., Abdollahi, F., Ramezanian, A., Rahimzadeh, M., Mirzaalian Dastjerdi, A. 2020. Maintenance of quality and bioactive compounds of cold stored pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit by organic acids treatment. Food Science and Technology International, 27: 151-163.

Feliziani, E., Lichter, A., Smilanick, J. L., Ippolito, A. 2016. Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. Postharvest Biology and Technology, 122:53-69.

Issa-Zacharia, A., Kamitani, Y., Miwa, N., Muhimbula, H., Iwasaki, K. 2011. Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential non-thermal food sanitizer for decontamination of fresh ready-to-eat vegetables and sprouts. Food Control, 22(3): 601-607.

Khadre, M. A., Yousef, A. E. 2001. Sporicidal action of ozone and hydrogen peroxide: a comparative study. International Journal of Food Microbiology, 71(2-3):131-138.

Khorram, F., Ramezanian, A., Saharkhiz, M. 2018. *In vitro* activity of some essential oils against *Penicillium digitatum*. Advances in Horticultural Science, 32:487-493.

Khorram, F., Ramezanian, A. 2021. Cinnamon essential oil incorporated in shellac, a novel bio-product to maintain quality of '*Thomson navel'* orange fruit. Journal of Food Science and Technology, 58: 2963-2972.

Lichter, A., Zutkhy, Y., Sonego, L., Dvir, O., Kaplunov, T., Sarig, P., Ben-Arie, R., 2002. Ethanol controls postharvest decay of table grapes. Postharvest Biology. Technology, 24: 301–308.

Mohammadi, L., Ramezanian, A., Tanaka, F. and Tanaka, F., 2021. Impact of *Aloe vera* gel coating enriched with basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil on postharvest quality of strawberry fruit. Journal of Food Measurement and Characterization, 15: 12-22.

Ramezanian, A., Azadi, M., Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R. and Saharkhiz. M. 2016. Effect of *Zataria multiflora* Boiss and *Thymus vulgaris* L. essential oils on black rot of 'Washington Navel' orange fruit. Postharvest Biology and Technology, 112: 152-158.

Rastogi, V.K., Ryan, S.P., Wallace, L., Smith, L.S., Shah, S.S., Martin, G.B., 2010. Systematic evaluation of the efficacy of chlorine dioxide in decontamination of building interior surfaces contaminated with anthrax spores. Applied and Environmental Microbiology, 76:3343–3351.

Rasouli, M., Koushesh Saba, M. and Ramezanian, A., 2019. Inhibitory effect of salicylic acid and *Aloe vera* gel edible coating on microbial load and chilling injury of orange fruit. Scientia Horticulturae. 247: 27-34.

Rodgers, S. L., Cash, J. N., Siddiq, M., Ryser, E. T. 2004. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157: H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. Journal of Food Protection, 67(4):721-731.

Sapers, G.M., Miller, R.L., Pilizota, A.V., Mattrazo, A.M., 2001. Antimicrobial treatments for minimally processed cantaloupe melon. Journal of Food Science, 66:345– 349.

Sy, K.V., Murray, M.B., Harrison, M. D., Beuchat, L. R. 2005. Evaluation of gaseous chlorine dioxide as a sanitizer for killing Salmonella, Escherichia coli O157: H7, *Listeria monocytogenes*, and yeasts and molds on fresh and fresh-cut produce. Journal of Food Protection, 68(6):1176-1187.

Xue, X. J., Li, P. Y., Song, X. Qericar., Shen, M., and Zheng, X. L. 2012. Mechanisms of oxalic acid alleviating chilling injury in harvested mango fruit under low temperaturestress. Acta Horticulturae Sinica, 39: 2251–2257.

New approaches to the application of postharvest disinfectants for fruits and vegetables

Asghar Ramezanian[1*], Azam Amiri[2]
[1]Professor, Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
[2]Ph.D. graduate, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
* *Corresponding author email address:* ramezanian@shirazu.ac.ir

Abstract
Disinfection of fresh fruits and vegetables is one of the basic steps after harvest. Disinfection eliminates fungal, bacterial or viral pathogens that are formed on the surface of the fruit in the pre- or postharvest stage and while maintaining the health of the product increases storability. In recent years, the tendency to use natural antimicrobials has increased. So far, many studies have been performed on the antimicrobial activity of a wide range of natural compounds. Among these substances, several plant essential oils, alcohols, organic acids and aromatic compounds have shown biological activity. In this study, the results of using various chemical and natural disinfectants including ozone, chlorine dioxide, hydrogen peroxide, organic acids and electrolyzed oxidized water to reduce microbial spoilage and to increase the shelf life of fresh products, and their effects on the quality of crops is presented. Some of the disinfectants described in this review have been used in the past, and others have recently undergone the research stage and entered the commercial application phase. One of the important features of safe disinfectants is the lack of residues in the product without harmful environmental effects.
Keywords: Disinfection, Postharvest, Ozone, Hydrogen Peroxide, Chlorine Dioxide