



# اثر کاربرد پس از برداشت نانوکلسیم و سالیسیلیک اسید بر ماندگاری و کیفیت میوه تمشک سیاه

فاطمه رحیمی، علی قرقانی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز- رایانامه (agharghani@shirazu.ac.ir)

## نتایج و بحث

بیشترین درصد کاهش وزن در تیمار شاهد مشاهده شد، در حالی که کاربرد نانوکلسیم، سالیسیلیک اسید و به‌ویژه تیمار ترکیبی آن‌ها کاهش وزن را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. این اثر به کاهش شدت تنفس و تولید اتیلن، مهار فعالیت آنزیم‌های مرتبط با تخریب دیواره سلولی و حفظ یکپارچگی غشای سلولی نسبت داده می‌شود (Asghari *et al.*, 2010). در نتیجه، این تیمارها با تأخیر در فرایند رسیدگی و کاهش قهوه‌ای شدن، موجب حفظ کیفیت حسی، رنگ و افزایش عمر پس از برداشت میوه‌های تمشک سیاه شدند (Wang *et al.*, 2022). به‌طور کلی، تیمارهای ترکیبی مانع افزایش محتوای مواد جامد محلول کل (TSS) و موجب کاهش روند افت اسیدیته قابل تیتر (TA) در طول دوره نگهداری شدند. این اثر به نقش سالیسیلیک اسید در حفظ یکپارچگی دیواره سلولی از طریق مهار آنزیم‌های تجزیه‌کننده و همچنین عملکرد نانوکلسیم در تأخیر تجزیه پلی‌ساکاریدها و کند شدن فرآیندهای رسیدگی نسبت داده می‌شود (Turmanidze *et al.*, 2016). نتایج نشان داد که با افزایش زمان نگهداری، میزان ترکیبات فنولی افزایش یافت و این افزایش در تیمارهای دارای غلظت‌های بالاتر سالیسیلیک اسید به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود، در حالی که نانوکلسیم، به‌تنهایی یا در ترکیب با سالیسیلیک اسید، عمدتاً موجب حفظ سطح فنول‌ها در طول دوره ذخیره‌سازی شد. اثر کلسیم احتمالاً از طریق حفظ یکپارچگی غشای سلولی، کاهش اکسیداسیون ترکیبات فنولی و مهار غیرمستقیم فعالیت پلی‌فنول اکسیداز، به کاهش روند پیری میوه منجر می‌شود. از سوی دیگر، افزایش تجمع فنول‌ها در طی نگهداری به فعال شدن آنزیم فنیل‌آلانین آمونیا لیاز، به‌عنوان آنزیم کلیدی مسیر فنیل‌پروپانوئید، نسبت داده می‌شود. همچنین گزارش‌ها نشان می‌دهد سالیسیلیک اسید با کاهش فعالیت پلی‌فنول اکسیداز و مهار اکسیداسیون فنولی، از قهوه‌ای شدن میوه جلوگیری کرده و از طریق کاهش تنفس و واکنش‌های اکسیداتیو، به حفظ ترکیبات فنولی کمک می‌کند. (Omar *et al.*, 2022). به‌طور کلی، تیمارهای نانوکلسیم و سالیسیلیک اسید، به‌ویژه به صورت ترکیبی، برای حفظ کیفیت پس از برداشت تمشک سیاه بسیار مؤثر بودند. در بین تیمارها، تیمار ترکیبی نانوکلسیم ۰.۱٪ و سالیسیلیک اسید با غلظت ۱/۵ میلی‌مولار به‌طور معنی‌داری برتر از سایر تیمارها بود و توانست کیفیت محصول را تا روز ششم پس از برداشت حفظ کند. این تیمار به‌طور معنی‌داری کاهش وزن و پوسیدگی میوه را در طول دوره نگهداری کاهش داد و با حفظ بافت، طعم، رنگ و ترکیبات فنولی، موجب بهبود بازارپسندی و کیفیت حسی و درونی میوه شد.

## منابع

- Asghari, M., and Aghdam, M. S. (2010). Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 502-509. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.07.009>
- Wang, J., Allan, A. C., Wang, W. Q., and Yin, X. R. (2022). The effects of salicylic acid on quality control of horticultural commodities. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 50(2-3), 99-117. [doi.org/10.1080/01140671.2022.2037672](https://doi.org/10.1080/01140671.2022.2037672).

## چکیده

تمشک سیاه عمر قفسه‌ای کوتاهی داشته و مستعد آلودگی قارچی و باکتریایی است. در این پژوهش، اثر سالیسیلیک اسید و نانوکلسیم و ترکیب آن‌ها بر افزایش ماندگاری آن بررسی شد. تیمارها شامل سالیسیلیک اسید (۰، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) با و بدون نانوکلسیم (۱٪) بودند. یادداشت برداری در روزهای ۰، ۳، ۶ و ۹ نگهداری در دمای ۲ °C یخچال انجام شد. نتایج نشان داد که همه تیمارها کاهش وزن و پوسیدگی را کنترل و سبب حفظ بافت، طعم و رنگ شدند. تیمارها بر مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون و شاخص طعم اثر معنی‌دار داشتند. همچنین باعث حفظ کلسیم بافت، افزایش فنول کل، ویتامین C، آنتوسیانین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیا لیاز و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنول اکسیداز شدند.

## مقدمه

در سال‌های اخیر مصرف تمشک سیاه به دلیل ارزش تغذیه‌ای و خواص سلامت‌بخش افزایش یافته، اما فسادپذیری بالا و عمر کوتاه پس از برداشت، عرضه آن را محدود و موجب ضایعات گسترده به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه شده است (Zlotek *et al.*, 2014). تنفس و اکسیداسیون پس از برداشت از عوامل اصلی کاهش کیفیت میوه هستند، بنابراین به‌کارگیری روش‌های مؤثر پس از برداشت اهمیت زیادی دارد. سالیسیلیک اسید و نانوکلسیم به‌عنوان دو عامل مکمل، نقش مهمی در بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری تمشک سیاه دارند. سالیسیلیک اسید با تأخیر در رسیدن میوه و حفظ ویژگی‌های حسی و تغذیه‌ای عمل می‌کند، در حالی که نانوکلسیم با حفظ ساختار سلولی، کاهش پیری و افزایش مقاومت به بیماری‌ها مؤثر است (Nguyen *et al.*, 2020). استفاده همزمان از این دو ماده می‌تواند راهکاری کارآمد برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری تمشک سیاه پس از برداشت باشد. در این پژوهش، اثر همزمان نانوکلسیم و سالیسیلیک اسید و ترکیب آن‌ها بر افزایش ماندگاری تمشک سیاه بررسی شد. این دو ماده، یک استراتژی کامل برای حفظ همزمان ساختار و کیفیت حسی محصول پس از برداشت فراهم می‌آورد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش روی میوه‌های تمشک سیاه ایرانی (*Rubus sanctus*) برداشت شده از کلکسیون تمشک دانشگاه شیراز در مرحله بلوغ کامل انجام شد. میوه‌ها تحت شش تیمار شامل سطوح مختلف سالیسیلیک اسید (۰، ۱/۵ و ۳ میلی‌مولار) با و بدون نانوکلسیم ۰.۱٪ قرار گرفتند و پس از غوطه‌وری پنج دقیقه‌ای، در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. ارزیابی‌ها در روزهای ۰، ۳، ۶ و ۹ انجام و شاخص‌هایی مانند کاهش وزن با ترازوی دیجیتال، کیفیت ظاهری توسط ۱۰ نفر ارزیاب، مواد جامد محلول کل (TSS) با آنکسار سنج دیجیتال، اسید کل (TA) به روش تیتراسیون (Ghasemnezhad *et al.*, 2013)، فنول کل به روش فولین سیوکالتیو (Ghasemnezhad *et al.*, 2013) و آنزیم‌های پلی‌فنول اکسیداز (PPO) و فنیل‌آلانین آمونیا لیاز (PAL) به روش (Silva & Koblitz, 2010) بود. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام و داده‌ها با نرم‌افزار R و آزمون LSD تحلیل شدند.