اثر نانوسیلیس و آب فعال شده با پلاسما بر کیفیت انباری میوه لیمو شیرین

شهرام زارع*[۱]، رحیم نیکخواه[۲]، لیلا کرمی[۳]، عبدالعلی حسامی[٤]

[۱] دانشجو کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی خلیج فارس، بوشهر

[۲] استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی خلیج فارس، بوشهر

[۳] استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی خلیج فارس، بوشهر

[۴] استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی خلیج فارس، بوشهر

*نویسنده مسئول: iv.zare53@gmail.com

چکیده

امروزه به‌دلیل اثرات مضر مواد شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست استفاده از این مواد با محدودیت‌هایی روبرو است. از این‌رو یافتن مواد سالم برای استفاده در تکنولوژی پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها ضروری به نظر می‌سد. به‌تازگی استفاده از ترکیبات سازگار با طبیعت و انسان در تولید و نگهداری محصولات کشاورزی در نظر گرفته شده است. در همین راستا، پژوهشی به منظور بررسی اثر نانوسیلیس و آب فعال شده با پلاسما (PAW) بر کیفیت پس از برداشت لیموشیرین به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۹ در آزمایشگاه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس بوشهر اجرا گردید. تیمارها شامل نانو سیلیس (۰/۴ گرم در لیتر)، آب فعال شده با پلاسما (۶۰۰ میکرومولار) و شاهد (آب مقطر) بود. صفات مورد بررسی در ابتدا قبل از انبارداری اندازه‌گیری شدند و سپس به مدت ۴۰ روز در انبار با دمای ۱۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰–۸۵ درصد نگهداری و پس از ۲۰ روز انبارداری به‌صورت ۱۰ روز یکبار نمونه‌برداری از صفات مورد نظر صورت گرفت. صفاتی از قبیل درصد کاهش وزن، ویتامین ث، اسید کل قابل تیتراسیون (TA) و مواد جامد محلول کل (TSS) اندازه‌گیری گردید. براساس نتایج با گذشت زمان در طی انبارداری میوه لیموشیرین، درصد کاهش وزن و مواد جامد محلول کل افزایش و در مقابل اسیدیته قابل تیتراسیون و میزان اسید آسکوربیک کاهش یافت. کمترین درصد کاهش وزن مربوط به تیمار PAW600 و نانوسیلیس در روز بیستم نگهداری (۳/۲۳ و ۴/۱۴)، کمترین TSS نیز مربوط به تیمارهای قبل از انبارداری (۷/۹)، تیمار نانوسیلیس در روز سی‌ام و چهلم انبارداری (۷/۹۵ و ۸/۳۳) و همچنین PAW600 در روز بیستم نگهداری (۷/۹۷) بود. بیشترین ویتامین ث لیمو شیرین مربوط به قبل از انبارداری (۱۱/۹)، تیمار نانوسیلیس در روز بیستم (۱۱/۳۷) و تیمار PAW600 در روز بیستم و سی‌ام انبارمانی (۱۱/۲۷ و ۱۱/۵۸) بود. هرچند که مؤثرترین تیمار، کاربرد ۰/۴ گرم در لیتر نانوسیلیس بود اما به نظر می‌رسد که با توجه به بررسی صفات کمی و کیفی، کاربرد پس از برداشت هر دو تیمار نانوسیلیس و آب فعال‌شده با پلاسما می‌تواند موجب بهبود کیفیت پس از برداشت لیمو شیرین گردد.

واژه‌های کلیدی: آب فعال‌شده با پلاسما، عمر پس از برداشت، نانو سیلیس، مرکبات

مقدمه

امروزه کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات تازه کشاورزی با هدف افزایش امنیت غذایی و جلوگیری از هدررفت سرمایه، یکی از چالش‌های پیش‌روی جوامع می‌باشد. متأسفانه هر ساله بخش زیادی از میوه‌ها و سبزی‌های تولید شده به شکل ضایعات از بین می‌روند که این امر باعث کاهش دسترسی اقشار مختلف به‌مواد غذایی به‌ویژه میوه‌ها و افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد. یکی از مؤثرترین راه‌ها برای کنترل ضایعات استفاده از مواد شیمیایی است که این مواد علی‌رغم تأثیر مثبت در کنترل ضایعات مضرات زیادی برای سلامتی انسان و محیط زیست دارند و امروزه با توجه به مضرات استفاده از سموم شیمیایی برای انسان و محیط زیست رویکردهای جدید در استفاده از موادی که اثرات سوء و زیان‌آوری در انسان و محیط به همراه نداشته باشند حائز اهمیت می‌باشد (Renhua *et al.*, 2008). نانوکودها یکی از مؤثرترین و درعین حال ساده‌ترین شیوه به‌منظور کاهش تلفات عناصر غذایی و افزایش کارایی مصرف کودها می‌باشند. کود سیلیسیم امروزه به شکل فناوری جدید نانوکود درآمده است که دلیل این امر آلودگی‌های زیست محیطی و بخصوص آلودگی‌های ناشی از مصرف بی‌رویه سموم و کودها شیمیایی در کشاورزی از جدی‌ترین مشکلات پیش‌روی دنیای امروز بوده است

(Rashidi, 2012). سیلیسیم با رسوب در دیواره سلولی و تشکیل لایه سلولز سیلیسیم و پیوند با کلسیم و پکتین از طرفی مانند کلسیم سبب افزایش استحکام دیواره سلولی و تحمل گیاه در برابر تخریب سلولی ناشی از عوامل بیماری‌زا می‌شود و از طرف دیگر برخلاف کلسیم، تحرک زیادی در گیاه دارد. سیلیسیم در بهبود رشد، افزایش فتوسنتز، کاهش میزان تبخیر و تعرق، افزایش استحکام برگ‌ها، غلظت کلروفیل درواحد سطح برگ نقش دارد (Liang *et al.*, 2003). در مطالعه‌ای (Yang *et al.*, 2010)، با بررسی اثر پوشش‌های نانو بر حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی در طی انبارداری، گزارش کردند که استفاده از پوشش‌های نانو باعث حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی شد، چرا که در میوه‌های حاوی پوشش‌های نانو، به دلیل مهار فعالیت پلی‌فنل اکسیداز و حفظ میزان اسید آسکوربیک، غشا سلول‌ها کمتر آسیب دیده بود.

پلاسما حالت چهارم و فاز پرانرژی ماده محسوب می‌شود، که از قرن نوزدهم کاربردهای گسترده‌ای در کشاورزی و صنایع غذایی پیدا کرده است. با این حال، در اواسط قرن بیستم دانشمندان، کاربرد جدیدی را در فناوری پلاسما کشف کردند. نوع جدیدی از آب که فاقد مواد شیمیایی، نمک و فرآیندهای مضر می‌باشد که به نام آب فعال‌شده با پلاسما (PAW) نامیده شد، که از فعال‌شدن آب تحت تأثیر پلاسما تولید می‌شود. آب‌حاصل از تکنولوژی پلاسما دارای مقدار بالای pH بوده و از گونه‌های رادیکالO، رادیکالH، رادیکالOH، نیتروژن واکنش‌پذیر و اکسیژن تشکیل شده است. در طی فرایند پلاسمایی‌شدن، اسیدیته، رسانایی و پتانسیل کاهش اکسیژن، آب تغییر می‌یابد (Park *et al.*, 2013). در مطالعه‌ای Kwon and Ryu (۲۰۱۸)، از آب فعال‌شده با پلاسما حاوی پراکسید هیدروژن به‌عنوان محلول نگهدارنده استفاده شد و نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که PAW600 باعث افزایش طول عمرگل و جذب آب می‌شود. همچنین کاهش PAW600، با کاهش وزن گل‌های تازه، کاهش از دست‌دادن آب نسبی برگ و از دست دادن مقدار کلروفیل برگ همراه بود و رشد میکروب در محلول نگهدارنده به طور مؤثر سرکوب شد، که بستگی به غلظت پراکسید هیدروژن در آب فعال شده با پلاسما داشت. در نتیجه، تیمار PAW600 می‌تواند با سرکوب رشد میکروبی در محلول نگهدارنده، طول عمر را افزایش دهد. ضایعات پس از برداشت لیموشیرین در ایران، باعث می‌شود که میزان عرضه این محصول نسبت به سطح زیر کشت آن کم باشد. به این جهت در این پژوهش تلاش شد که با بررسی اثر تیمارهای نانوسیلیس و آب فعال‌شده با پلاسما بر کیفیت پس از برداشت لیمو شیرین، راهکاری علمی و کاربردی در رفع این مشکل و گسترش عمر تجاری این میوه ارائه شود.

مواد و روش‌ها

برای این پژوهش میوه‌های لیمو شیرین از یک باغ تجاری در شهرستان کازرون با ظاهر و اندازه یکنواخت تهیه و به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی خلیج فارس منتقل گردید. در آزمایشگاه ابتدا میوه‌های سالم انتخاب و بدون شست‌وشو، گرد و خاک آنها برطرف گردد و سپس در محلول‌های نانو سیلیس و آب فعال‌شده با پلاسما که از قبل آماده شده به مدت ۱۰ دقیقه غوطه‌ور شدند. میوه‌های تیمار شده در زیر جریان باد خشک قرار گرفتند تا میزان رطوبت اضافی آن‌ها گرفته شود. سپس میوه‌های تیمارشده اتیکت‌گذاری گردیده و در بسته‌های پلاستیکی قرار گرفته و به‌مدت ۴۰ روز در یخچال با دمای ۱۲ درجه و رطوبت نسبی ۹۰–۸۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از گذشت ۲۰ روز از انبارمانی میوه‌ها، هر ۱۰ روز یکبار نمونه‌ها از انبار خارج و نسبت به اندازه‌گیری صفات زیر اقدام شد.

کاهش وزن میوه: اندازه‌گیری وزن میوه توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم انجام شد. برای تعیین میزان کاهش وزن ۳ عدد میوه ثابت برای هر تیمار در شروع آزمایش و نیز طی دوره انبارمانی انتخاب و وزن شدند و با توجه به وزن اولیه، درصد کاهش وزن از رابطه محاسبه گردید.

رابطه۱

$$\text{درصد کاهش وزن} = \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} \times 100$$

مواد جامد محلول‌کل: برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل از دستگاه رفرکتومتر دیجیتال مدل (B126012) استفاده شد. برای این منظور پس از آبگیری میوه‌های هر بسته و صفرکردن دستگاه با آب مقطر، یک قطره از محلول عصاره‌گیری شده را بر روی صفحه شیشه‌ای رفراکتومتر ریخته و با فشار دادن دکمه ثبت درجه محلول عصاره‌گیری‌شده برحسب درصد بریکس قرائت گردید.

اسیدیته قابل تیتراسیون: برای این منظور ۱۰ سی‌سی از عصاره صاف شده میوه در یک ارلن ریخته شد. به‌محلول حاصل دو قطره محلول فنول فتالئین یک درصد به عنوان شناساگر و ۲۰ سی‌سی آب مقطر اضافه شده و سپس با سود ۰/۱ نرمال تیتر گردید. زمانی که رنگ محلول به‌صورتی تغییر پیدا کرد و در حدود ۳۰ ثانیه باقی ماند، میزان سود مصرفی تعیین شد و نتایج به‌صورت میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه بیان شدند. برای محاسبه اسید آلی از رابطه ۲ استفاده گردید:

رابطه ۲ اسیدیته کل قابل تیتراسیون = حجم سود مصرفی × ۰/۰۶۴

اسید آسکوربیک: به‌منظور اندازه‌گیری ویتامین ث، در یک ارلن محلولی حاوی ۱۰ سی‌سی عصاره صاف شده میوه، ۲۰ سی‌سی آب مقطر و دو سی‌سی محلول نشاسته یک درصد تهیه و با استفاده از ید یدور پتاسیم تا حدود رنگ خاکستری روشن تیتر شد برای محاسبه میزان ویتامین ث موجود در هر نمونه تیماری از طریق رابطه ۳ و بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه محاسبه گردید.

رابطه ۳ ویتامین ث = حجم ید در یدور پتاسیم مصرفی×۰/۸۸

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات مورد بررسی طی انبارمانی لیمو شیرین، اثرات تیمار، زمان انبارداری و اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد در جدول ۱ معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمار و زمان انبارداری به این صورت بودکه درصد کاهش وزن و مواد جامد محلول کل در طی زمان افزایش یافت، بیشترین درصد کاهش وزن در تیمار شاهد و روز چهلم انبارداری (۴۳/۹۶) مشاهده شد. کمترین درصد کاهش وزن مربوط به PAW600 و نانوسیلیس در روز بیستم نگهداری به‌ترتیب با مقدار ۳/۲۳ و ۴/۱۴ درصد بود که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. برای مواد جامد محلول کل نیز نتایج حاکی از این بود که کمترین TSS مربوط به قبل از انبارداری (۷/۹)، نانوسیلیس در روز سی‌ام و چهلم انبارداری (۷/۹۵ و ۸/۳۳) و همچنین PAW600 در روز بیستم نگهداری (۷/۹۷) بود. بیشترین مواد جامد محلول کل نیز در تیمارهای شاهد، PAW600 و در ۲۰ روز پایانی انبارداری در جدول ۲ حاصل شد. برهمین اساس در مطالعه انجام شده توسط (Zhao *et al.*, 2021) با هدف بررسی تأثیر آب فعال‌شده با پلاسما بر خصوصیات فیزیکی شیمیایی و کیفیت پس از برداشت قارچ دکمه‌ای، گزارش شد که تیمار PAW ماندگاری قارچ را افزایش داد و سایر صفات کیفی قارچ را تحت تأثیر قرار داد. در میان همه این سطوح تیمار آب فعال شده با پلاسما، PAW20 بالاترین میزان استحکام و محتوای جامد محلول کل را در مدت زمان انبارداری نشان دادند. بررسی تغییرات نشان داد که هر دو تیمارهای نانوسیلیس و آب فعال‌شده با پلاسما توانست روند کاهش وزن و افزایش TSS لیموشیرین را در طی انبارداری کندتر کند هرچند که این کاهش در تیمار نانوسیلیس در جدول ۲ مشهودتر بود. در تحقیق زندی و همکاران(۱۳۹۲) گزارش کردند که استفاده از بسته‌های نانو به‌میزان قابل‌توجهی طول عمر پس از برداشت میوه گیلاس را افزایش داد. به نظر می‌رسد بسته‌های نانو با کاهش ورود اکسیژن و خروج دی اکسیدکربن و کاهش سرعت مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها، فنل‌کل و همچنین کاهش میزان پوسیدگی و کند نمودن آهنگ تغییرات TSS، TA، ویتامین ث رسیدن و پیری میوه‌ها را به تأخیر انداخته و باعث حفظ کیفیت و افزایش انبار مانی میوه‌ها می‌شود که همراستا با نتایج پژوهش حاضر می‌باشد.

بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش زمان انبارداری میزان ویتامین ث و TA در لیمو شیرین کاهش یافت به طوریکه در پایان روز چهلم کمترین میزان آن‌ها در میوه‌ها ثبت شد. برهمکنش تیمار و زمان انبارداری به این صورت بود که بیشترین ویتامین ث لیمو شیرین مربوط به قبل از انبارداری (۱۱/۹)، نانوسیلیس در روز بیستم (۱۱/۳۷) و PAW600 در روز بیستم و سی‌ام انبارمانی (۱۱/۲۷ و ۱۱/۵۸) بود. کمترین ویتامین ث نیز مربوط به روز چهلم نگهداری در تیمار شاهد (۶/۳۲) مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان داد. بیشترین TA لیمو شیرین نیز مربوط به تیمار قبل از انبارداری (۱۶/۹) و کمترین TA نیز مربوط به روز چهلم انبارمانی در شاهد (۳/۸۲) و PAW600 (۴/۳۲) بود. به طورکلی نتایج نشان داد که هر دو تیمار نانوسیلیس و PAW600 نسبت به تیمار شاهد، ویتامین ث و اسیدیته قابل تیتراسیون را افزایش دادند که با نتایج بدست آمده توسط (بکران و همکاران، ۱۳۹۷) همخوانی دارد. آن‌ها با مطالعه اثر پوشش‌های حاوی نانوسیلیکات بر انبارمانی انار رقم ملس ساوه گزارش کردند، پوشش‌های حاوی نانوسیلیکات همچنین موجب کندشدن تغییرات ویتامین ث شدند. همچنینGuo و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تأثیر PAW بر صفات

کیفی میوه کامکوات بیان کرد که در میوه‌های تیمار شده با PAW کاهش قابل توجهی در ویتامین ث مشاهده نشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش و در راستای سیاست‌ها و اهداف توسعه بخش کشاورزی مبنی بر جلوگیری از ضایعات بالای پس از برداشت، افزایش بهروری و اتخاذ روش‌های مناسب علمی و عملی نگهداری میوه به‌منظور حفظ و توسعه بازارهای بزرگ مصرف داخل و خارج کشو ، استفاده از نانوسیلیس و آب فعال شده با پلاسما به‌دلیل تاثیر مناسب در حفظ مطلوب خصوصیات ظاهری و فیزیکوشیمیایی لیمو شیرین در طی مدت نگهداری در انبار توصیه می‌گردد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در انبارداری لیمو شیرین

منابع تغییرات (S.V)	درجه آزادی (DF)	میانگین مربعات (MS)			
		درصد کاهش وزن	ویتامین ث	TA	TSS
تیمار	۲	۳۴۴/۵۲ **	۵/۶۷ **	۴/۸۲ **	۱/۲۰ **
زمان انبارداری	۳	۲۶۹۸/۱۲ **	۳۳/۳۸ **	۲۶۸/۵۲ **	۱/۹۹ **
تیمار × زمان انبارداری	۶	۱۴۱/۵۳ **	۱/۰۳ **	۱/۰۱ **	۰/۶۸ **
خطا	۲۴	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۱۳
ضریب تغییرات (٪)	–	۲/۹۳	۳/۸۸	۳/۷۹	۴/۳۳

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات تیمار و زمان انبارداری بر صفات مورد بررسی در لیموشیرین

تیمار	زمان انبارداری روز	کاهش وزن (%)	ویتامین ث (mg/100ml)	TA (mg/100ml)	TSS (%Brix)
قبل از انبارداری	۰	-	^{a}۱۱/۹	^{a}۱۶/۹	^{d}۷/۹
شاهد	۲۰	^{f}۵/۶۴	^{c}۱۰/۴۷	^{c}۱۴/۷۵	^{bc}۸/۶۷
	۳۰	^{b}۳۹/۲۳	^{d}۹/۱۵	^{d}۱۲/۳۹	^{a}۹/۳۷
	۴۰	^{a}۴۳/۹۶	^{f}۶/۳۲	^{f}۳/۸۲	^{a}۹/۴۷
نانوسیلیس ۰/۴ گرم در لیتر	۲۰	^{g}۴/۱۴	^{ab}۱۱/۳۷	^{b}۱۵/۹۸	^{bc}۸/۷
	۳۰	^{d}۲۲/۵۸	^{bc}۱۱/۰۵	^{c}۱۴/۲۱	^{d}۷/۹۵
	۴۰	^{e}۱۹/۲۶	^{e}۸/۲۳	^{e}۵/۸۴	^{cd}۸/۳۳
آب فعال شده با پلاسما ۶۰۰ میکرومولار	۲۰	^{g}۳/۲۳	^{ab}۱۱/۲۷	^{c}۱۴/۹۸	^{d}۷/۹۷
	۳۰	^{c}۲۵/۵۳	^{ab}۱۱/۵۸	^{c}۱۴/۱۹	^{ab}۹/۱۴
	۴۰	^{b}۴۰/۰۱	^{e}۷/۹	^{f}۴/۳۲	^{ab}۹/۰۴

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یک‌دیگر ندارند (آزمون دانکن).

منابع

بکران، ع.، سیفی، ا. و وارسته، ف. ۱۳۹۶. مطالعه اثر پوشش‌های حاوی نانوسیلیکات بر انبارمانی انار رقم ملس ساوه. مجله علوم غذایی و تغذیه‌ای،۱۶: ۴۹-۶۰.

زندی ناوگران، خ.، ناصری، ل. و اسمعیلی، م. ۱۳۹۳. تأثیر مواد بسته بندی محتوی نانو ذرات نقره و سیلیکات رس بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت میوه گیلاس رقم سیاه مشهد. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۴: ۸۹-۱۰۲.

Guo, J., Qin, D., Li, W., Wu, F., Li, L., Liu, X. 2021. Inactivation of *Penicillium italicum* on kumquat via plasma-activated water and its effects on quality attributes. International Journal of Food Microbiology, 343:109090.

Kwon, S., Ryu, J.H. 2018. Effects of Plasma Activated Water on the Postharvest Quality of 'Siberia'Lily. *인간식물환경학회지*, *21*: 93-101.

Liang, Y., Chen, Q. I. N., Liu, Q., Zhang, W., Ding, R. 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of plant physiology, 160: 1157-1164.

Park, D. P., Davis, K., Gilani, S., Alonzo, C. A., Dobrynin, D., Friedman, G., Fridman, G. 2013. Reactive nitrogen species produced in water by non-equilibrium plasma increase plant growth rate and nutritional yield. Current Applied Physics, 13: S19-S29.

Rashidi, S. 2012. Nano fertilizers in the environment. In First National Conference on Nanotechnology and its Application in Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. (In persian).

Reuhua, H., Renxue, X., Yummi, L., Liming, H.,Yorgjie, X. 2008. Effect of preharvest salicylic acid spray treatment on postharvest antioxidant in the pulp and peel of 'Cara cara'novel orange. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 229-236.

Yang, F. M., Li, H. M., Li, F., Xin, Z. H., Zhao, L. Y., Zheng, Y. H., Hu, Q. H. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. CV Fengxiang) during storage at 4 C. Journal of food science, 75: C236-C240.

Zhao, Z., Wang, X., Ma, T. 2021. Properties of plasma-activated water with different activation time and effects of PAW treatment on the quality of button mushrooms (*Agaricus bisporus*). LWT, 111633.

Effect of Nanosilica and plasma activated water on the storage quality of sweet lemon (*Citrus limettioides*)

Shahram Zare[1]*, Rahim Nikkhah[2], Lila Karami[3], Abdolali Hesami [4]
[1] MSc Student, Department of horticultural science, Agriculture and natural resources, Persian Gulf University, Bushehr
[2] Assistant Professor, Department of horticultural science, Agriculture and natural resources, Persian Gulf University, Bushehr
[3] Assistant Professor, Department of horticultural science, Agriculture and natural resources, Persian Gulf University, Bushehr
[4] Assistant Professor, Department of horticultural science, Agriculture and natural resources, Persian Gulf University, Bushehr
Corresponding Author: iv.zare53@gmail.com

Abstract
Today, due to the harmful effects of chemicals on human health and the environment, the use of these substances is limited. Therefore, finding healthy ingredients for use in post-harvest technology of fruits and vegetables seems necessary. Recently, the use of compounds compatible with plants, nature and humans in the production and maintenance of agricultural products has been considered. In this regard, a study to investigate the effect of nanosilica and plasma activated water (PAW) on the postharvest life of *Citrus limetta* as a factorial experiment in a completely randomized design with 3 replications in 2020 in the Horticultural Science Laboratory of the Faculty of Agriculture and Natural Resources Bushehr Fars was performed. Treatments included nanosilica (0.4 g/l), plasma activated water (600 µM) and control (distilled water). Fruits were first measured before storage and then stored for 40 days at 12 ° C and relative humidity of 85-90% and after 20 days of storage sampled once every 10 days. The desired traits were performed. Traits such as weight loss percentage, vitamin C, titratable acid (TA) and Total Soluble Solids (TSS) were measured. According to the results, over time during the storage of limousine, the percentage of weight loss and soluble solids increased and in contrast to the titratable acidity and the amount of ascorbic acid decreased. The lowest percentage of weight loss related to PAW600 and nanosilica after 20 and 30 of storage (3.23 and 4.14), and the lowest TSS was related to pre-storage (7.9), nanosilica on the thirtieth and after 40 days of storage (7.95 and 8.33) and PAW600 after 40 days of maintenance (7.97). The highest vitamin C of sweet lemon was related to pre-storage (11.9), nanosilica treatment after 40 days (11.37), PAW600 treatment after 20 and 30 days warehouse (11.27 and 11.58). Although the most effective treatment was the application of 0.4g/l nanosilica, but it seems that according to the quantitative and qualitative traits, post-harvest application of both nanosilica and activated plasma water can increase Sweeten the shelf life of lemons.
***Keywords*:** Plasma activated water, post-harvest, Nanosilica, Citrus