



12th Iranian Horticultural Science Congress

September 05-08 2021
۱۴ لغایت ۱۷ شهریورماه ۱۴۰۰

همینست که علم باغبانی را دوازدهمین کنگره علوم باغبانی



(اثر نانو سیلیس و آب فعال شده با پلاسما بر کیفیت انباری میوه لیمو شیرین)



شهرام زارع*^۱، رحیم نیکخواه^۲، لیلا کرمی^۳، عبدالعلی حسامی^۴

^۱ دانشجوی 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

*iv.zare53@gmail.com

چکیده

امروزه، به دلیل اثرات مضر مواد شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست استفاده از این مواد با محدودیت‌هایی روبرو است. از این رو یافتن مواد سالم برای استفاده در تکنولوژی پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها ضروری به نظر می‌سد. به تازگی 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 اندازه گیری شدند و سپس به مدت ۴۰ روز در انبار با دمای ۱۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد نگهداری و پس از ۲۰ روز انبارداری به صورت 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 چهلیم 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 انبارداری (۱۱/۲۷ و ۱۱/۵۸) بود. هرچند که موثرترین 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 فعال شده با پلاسما می‌تواند موجب بهبود کیفیت پس از برداشت لیمو شیرین گردد.

مقدمه

امروزه کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات تازه کشاورزی یکی از چالش‌های پیش روی 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 به مواد غذایی به ویژه میوه‌ها و افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد. یکی از موثرترین راه‌ها برای کنترل ضایعات استفاده از مواد شیمیایی است که امروزه با توجه به مضرات استفاده از سموم شیمیایی برای انسان و محیط زیست رویکردهای جدید در استفاده از موادی که اثرات سوء و زیان آوری در انسان و محیط به همراه نداشته باشند حائز اهمیت می‌باشد (Renhua et al., 2008). نانوکودها یکی از مؤثرترین و درعین حال ساده ترین شیوه به منظور 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 بی رویه سموم و کودها شیمیایی در کشاورزی از جدترین مشکلات پیش روی 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. نوع جدیدی از آب که فاقد مواد شیمیایی، نمک و فرآیندهای مضر می‌باشد که به نام آب فعال شده با پلاسما (PAW) نامیده شد، که از فعال شدن آب تحت تاثیر پلاسما تولید می‌شود. آب حاصل از تکنولوژی پلاسما دارای مقدار بالای pH بوده و از گونه‌های رادیکال O، رادیکال H، رادیکال OH، نیتروژن واکنش‌پذیر و اکسیژن تشکیل شده است. در طی فرایند پلاسمایی شدن، اسیدیته، رسانایی و پتانسیل کاهش اکسیژن آب تغییر می‌یابد (Park et al., 2013). در مطالعه‌ای (Kwon and Ryu, 2018)، از آب فعال شده با پلاسما حاوی پراکسید هیدروژن به عنوان محلول نگهدارنده استفاده شد و نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که PAW600 باعث افزایش طول عمر گل و جذب آب می‌شود. همچنین کاهش PAW600، با کاهش وزن گل‌های تازه، کاهش از دست دادن آب نسبی برگ و از دست دادن مقدار کلروفیل برگ همراه بود و رشد میکروب در محلول نگهدارنده به طور موثر 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 فعال شده 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 روش ها

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. میوه‌های سالم انتخاب و بدون شست و شو، گرد و خاک آنها برطرف گردید و سپس در محلول‌های نانو سیلیس و آب فعال شده 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 تیمار شده اتیکت‌گذاری گردیده و در بسته‌های پلاستیکی قرار گرفته و به‌مدت ۴۰ روز در یخچال با دمای ۱۲ درجه و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از گذشت ۲۰ روز از انبارداری 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 انبارداری انتخاب و وزن شدند و با توجه به وزن اولیه، درصد

کاهش وزن از رابطه (۱) محاسبه گردید $100 \times \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} = \text{درصد کاهش وزن}$

مواد جامد محلول کل: برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل از دستگاه رفرکتومتر دیجیتال مدل (B126012) استفاده شد. برای این منظور پس از آبگیری میوه‌های هر بسته و صفر کردن دستگاه با آب مقطر، یک قطره از محلول عصاره‌گیری شده را بر روی صفحه شیشه‌ای رفرکتومتر ریخته و با فشار دادن دکمه ثبت درجه محلول عصاره‌گیری شده برحسب درصد بریکس قرائت گردید. اسیدیته قابل تیتراسیون: برای این منظور ۱۰ سی سی از عصاره صاف شده میوه در یک ارلن ریخته شد. به محلول حاصل دو قطره محلول فنول فتالئین یک درصد به عنوان شناساگر و ۲۰ سی سی آب مقطر اضافه شده و سپس با سود ۱/۰ نرمال تیترو گردید. زمانی که رنگ محلول به صورتی تغییر پیدا کرد و در حدود ۳۰ ثانیه باقی ماند، میزان سود مصرفی تعیین شد و نتایج به صورت میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه بیان شدند. برای محاسبه اسید آلی از رابطه (۲) استفاده گردید. رابطه(۲) $0.064 \times \text{حجم سود مصرفی} = \text{اسیدیته کل قابل تیتراسیون}$

اسید آسکوربیک: به منظور اندازه گیری ویتامین ث، در یک ارلن محلولی حاوی ۱۰ سی سی عصاره صاف شده میوه، ۲۰ سی سی آب مقطر و دو سی سی محلول نشاسته یک درصد تهیه و با استفاده از یدیدور پتاسیم تا حدود رنگ خاکستری روشن تیترو 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) $0.88 \times \text{حجم ید در یدور پتاسیم مصرفی} = \text{ویتامین ث}$

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات مورد بررسی طی انبارداری لیمو شیرین، اثرات تیمار، زمان انبارداری و اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمار و زمان انبارداری به این صورت بود که درصد کاهش وزن و مواد جامد محلول کل در طی زمان افزایش یافت، بیشترین درصد کاهش وزن در تیمار شاهد و روز چهلیم انبارداری (۴۳/۹۶) مشاهده شد. کمترین درصد کاهش وزن مربوط به PAW600 و نانوسیلیس در روز بیستم نگهداری به ترتیب 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 چهلیم 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 و PAW600 و در ۲۰ روز پایانی انبارداری حاصل شد (جدول ۲). برهمین اساس در مطالعه انجام شده توسط (Zhao et al., 2021) با هدف بررسی تاثیر آب فعال شده 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 تاثیر 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 فعال شده با پلاسما توانست روند کاهش وزن و افزایش TSS لیموشیرین را در طی انبارداری کندتر کند هرچند که این کاهش در تیمار نانوسیلیس مشهودتر بود (جدول ۲). در تحقیقی (زندگی و همکاران، ۱۳۹۲) گزارش کردند که استفاده از بسته‌های نانو به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت میوه گیلاس را افزایش داد. به نظر می‌رسد بسته‌های نانو با کاهش ورود اکسیژن و خروج دی اکسید کربن و کاهش سرعت مصرف آنتی اکسیدان‌ها، فنل کل و همچنین کاهش میزان پوسیدگی و کند نمودن آهنگ تغییرات TSS، TA و ویتامین ث رسیدن و پیری میوه‌ها را به تاخیر انداخته و باعث حفظ کیفیت و افزایش انبارداری 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 چهلیم کمترین میزان آن‌ها در میوه‌ها ثبت شد. 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 انبارداری (۱۱/۲۷ و ۱۱/۵۸) بود. کمترین ویتامین ث نیز مربوط به روز چهلیم 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 چهلیم انبارداری در شاهد (۳/۸۲) و PAW600 (۳۲/۴) بود. به طور کلی 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 انبارداری انار رقم ملس ساوه گزارش کردند، پوشش‌های حاوی نانوسیلیکات همچنین موجب کند شدن تغییرات ویتامین ث شدند. همچنین (Guo et al., 2021) با بررسی تاثیر 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 استفاده از نانوسیلیس و آب فعال شده با پلاسما به‌دلیل تاثیر مناسب در حفظ مطلوب خصوصیات ظاهری و فیزیکی شیمیایی لیمو شیرین در طی مدت

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	0	-	11.9 ^a	16.9 ^a	7.9 ^a
شاهد	20	5.64 ^f	10.47 ^c	14.75 ^c	8.67 ^{bc}
	30	39.23 ^b	9.15 ^d	12.39 ^d	9.37 ^c
	40	43.96 ^a	6.32 ^f	3.82 ^f	9.47 ^c
نانوسیلیس	20	4.14 ^a	11.37 ^{ab}	15.98 ^b	8.7 ^{bc}
	30	22.58 ^d	11.05 ^{bc}	14.21 ^c	7.95 ^d
	40	19.26 ^e	8.23 ^e	5.84 ^e	8.33 ^{cd}
آب فعال شده با پلاسما	20	3.23 ^a	11.27 ^{ab}	14.98 ^c	7.97 ^d
	30	25.53 ^c	11.58 ^{ab}	14.19 ^c	9.14 ^{ab}
	40	40.01 ^b	7.9 ^e	4.32 ^f	9.04 ^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری یا یک دیگر ندارند (ازمن واکان).

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

زندگی ناوگران، خ.، ناصری، ل.، و اسمعیلی، م. ۱۳۹۳. تاثیر مواد بسته بندی محتوی نانو ذرات نقره و سیلیکات رس بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت میوه گیلاس رقم سیاه مشهد.

Guo, J., Qin, D., Li, W., Wu, F., Li, L., and 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., and Ryu, J. H. 2018. Effects of Plasma Activated Water on the Postharvest Quality of 'Siberia' Lily. : 93-101.

Liang, Y., Chen, Q. I. N., Liu, Q., Zhang, W., and 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., and 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., and 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.

Zhao, Z., Wang, X., AND 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.