مقاله علمی پژوهشی/ نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی/ جلد ۳۲ شماره ۱/ سال ۱۴۰۱/ صفحات ۱۰۹ تا ۱۲۲
DOI: 10.22034/FR.2021.39742.1739

تأثیر محلول اکسید روی بر کیفیت و عمر نگهداری میوه توت‌فرنگی

ابوالفضل گلشن تفتی*[۱]، عادل میرمجیدی هشتجین[۲] و سید محمد ساجد[۳]

تاریخ دریافت: ۹۹/۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۲۳

[۱] استادیار، بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
[۲] استادیار، بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
[۳] کارشناس مکانیک سیالات، شرکت ایمن نوین پوشان پاک
* مسئول مکاتبه: Email: golshan_ta@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعاتی: توت‌فرنگی از میوه‌های فسادپذیر است که به پوسیدگی‌های قارچی حساس بوده و دارای عمر پس از برداشت کوتاهی است. اکسید روی به‌عنوان ترکیبی ایمن با خاصیت ضد میکروبی می‌تواند در افزایش زمان ماندگاری توت‌فرنگی مؤثر باشد. **هدف:** در این پژوهش، تأثیر محلول اکسید روی (با نام تجاری ایمن‌ژاو) بر ماندگاری، ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی و حسی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا بررسی شد. **روش کار:** میوه‌های توت‌فرنگی در محلول اکسید روی با غلظت‌های مختلف (۰/۳۱ درصد، ۰/۶۳ درصد، ۰/۹۴ درصد و ۱/۲۵ درصد) برای زمان‌های ۱، ۲ و ۳ دقیقه غوطه‌ور شدند. سپس میوه‌ها در ظروف پلاستیکی، بسته‌بندی و در شرایط معمولی (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سردخانه (دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد) نگهداری شدند. داده‌ها با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. **نتایج:** محلول اکسید روی در غلظت ۰/۳۱ درصد و غوطه‌وری برای مدت ۳ دقیقه سبب حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری میوه‌های توت‌فرنگی تا ۲ هفته در سردخانه شد. در شرایط معمولی نگهداری نیز استفاده از محلول اکسید روی در غلظت ۰/٦۳ درصد و زمان غوطه‌وری ۳ دقیقه سبب افزایش زمان نگهداری میوه‌های توت‌فرنگی به ٤۸ ساعت شد. در این شرایط، میزان پوسیدگی میوه‌های توت‌فرنگی در مقایسه با شاهد تا ۷۰ درصد کاهش یافت. اثر محلول ایمن‌ژاو روی ویژگی‌های حسی محصول قابل تشخیص نبود و تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. **نتیجه‌گیری نهایی:** محلول اکسید روی در غلظت‌های پیشنهادی و نگهداری در سردخانه، در حفظ کیفیت و کاهش پوسیدگی در میوه توت‌فرنگی مؤثر بود.

واژگان کلیدی: اکسید روی، پوسیدگی، توت‌فرنگی، رقم کاماروسا

مقدمه

توت‌فرنگی میوه گوشتی نافرازگرا و از مهم‌ترین ریزمیوه‌های مناطق معتدله است که به‌خوبی با شرایط

محیطی مختلف سازگاری یافته و در اقلیم‌های معتدل، مدیترانه‌ای، نیمه‌گرمسیری و حتی در ارتفاعات مناطق گرمسیری، کشت می‌شود (دودمان و امیری ۱۳۹۲). این گیاه دوره تولید کوتاهی دارد ولی امکان تولید خارج فصل آن از طریق کشت‌های گلخانه‌ای و روش‌های کشت بدون خاک وجود دارد. از مهم‌ترین ارقام غالب توت‌فرنگی در کشور می‌توان به رقم کردستان، پاروس، کواین الیزا[1]، کاماروسا، سلوا[2] و پاجرو[3] اشاره کرد. کاماروسا از ارقام مشهور توت‌فرنگی در دنیا است. توت‌فرنگی کاماروسا، رقمی روز کوتاه و زودرس است و رنگ سطح و گوشت میوه آن قرمز می‌باشد. توت‌فرنگی رقم کاماروسا دارای میوه‌های مخروطی نسبتاً کشیده و بزرگ و بافتی سفت با ظاهری زیبا بوده که برای مصارف تازه‌خوری و فرآوری، کشت و پرورش داده می شود. عملکرد کمی این رقم بالا است و در یک بازه زمانی وسیعی میوه‌دهی دارد (رضوی و خلقتی‌بنا ۱۳۹۶). توت‌فرنگی حاوی تقریباً ۹۰ در صد آب و ۱۰ درصد مواد جامد محلول است. میوه توت‌فرنگی منبع خوبی از کربوهیدرات، ویتامین‌های ث، آ، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین و مواد معدنی (آهن، فسفر، کلسیم، پتاسیم، منیزیوم) به شمار می‌رود. این میوه همچنین منبع مهمی از فیتوکمیکال‌ها و ترکیبات فنلی (آنتوسیانین، تانین ها، فلاونول ها، فلاوان تری ال ها، بتا کاروتن و ملاتونین) است. توت‌فرنگی به دلیل داشتن ترکیبات فنلی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی زیادی برخوردار است. اسیدهای هیدروکسی بنزوئیک (گالیک و الاگیک اسیدها) و هیدروکسی سینامیک نیز در توت‌فرنگی گزارش شده‌اند. فیتوکمیکال‌های موجود در توت‌فرنگی علاوه بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی، در رنگ و صفات ارگانولپتیک محصول نیز تأثیر دارند. کیفیت میوه توت‌فرنگی عمدتاً به ظاهر و سفتی بافت محصول و ترکیب شیمیایی آن بستگی دارد. رنگ توت‌فرنگی یکی از مهم‌ترین صفات کیفی و اولین ویژگی است که توسط مصرف‌کننده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد (مظفر و همکاران ۲۰۱۶).

کپک‌های پنی‌سیلیوم، گونه‌های موکور، کولتوتریکوم و کپک *رایزپوس استولونیفر* از عوامل مهم قارچی فاسدکننده میوه توت‌فرنگی به شمار می‌آیند. کپک خاکستری[4] از مهم‌ترین عوامل میکروبی محدودکننده طول عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی است که سبب پوسیدگی محصول در مزرعه و پس از برداشت می‌شود. هیچ رقم توت‌فرنگی به این بیماری مقاوم نیست (پیچا ۲۰۰۶). خراش‌ها و آسیب‌های جزئی در پوست میوه سبب آلوده شدن آن به کپک خاکستری می شود ولی فساد ناشی از آلودگی‌های پنهان گل توت‌فرنگی از اهمیت بیشتری برخوردار است. کپک خاکستری، گل و یا تاج میوه‌های جوان را در مزرعه آلوده کرده و به‌صورت پنهان باقی می ماند. این آلودگی، پس از برداشت محصول از تاج به مابقی میوه‌ی رسیده، گسترش یافته و سبب تغییر رنگ قهوه‌ای آشکاری در پوست میوه می‌شود. میسیلیوم این قارچ از میوه‌های آلوده به میوه‌های سالم مجاور گسترش یافته و در نتیجه، کپک خاکستری قادر به فساد میوه‌های توت‌فرنگی در طی نگهداری می‌شود (عبد آلا[5] و همکاران ۲۰۱۱).

میوه توت‌فرنگی به دلیل میزان تنفس و فعالیت متابولیکی بالا، بافت نرم و نداشتن پوست محافظ، به از دست دادن رطوبت، آسیب‌های مکانیکی و پوسیدگی‌های قارچی حساس بوده و دارای عمر پس از برداشت کوتاهی است. هرگونه بی‌دقتی در برداشت، جابه‌جایی، بسته‌بندی و عدم رعایت نکات ضروری در برداشت و آماده‌سازی این محصول، سبب فساد سریع‌تر توت‌فرنگی می شود. استفاده از دمای پائین، غلظت بالای کربن دی‌اکسید و ترکیبی از آن‌ها در افزایش زمان ماندگاری این محصول تأثیر بسزایی دارد. فناوری‌های قبل و پس از برداشت برای کنترل این فساد و افزایش عمر ماندگاری میوه

[1] Queen Eliza
[2] Selva
[3] Pajero
[4] *Botrytis cinerea*
[5] Abd-Alla

توت‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این روش‌ها شامل استفاده از مواد شیمیایی (نظیر قارچ‌کش‌ها)، آب داغ، تیمار حرارتی، اشعه ماوراءبنفش، اتمسفر کنترل شده، استفاده از فرآورده‌های گیاهی طبیعی (اسانس‌های روغنی) و کنترل بیولوژیک است. استفاده از قارچ‌کش‌ها (ایمازالیل، بنزیمیدازول و ...) علاوه بر تأثیر سوء روی بافت، طعم و مزه و رنگ میوه توت‌فرنگی، سبب مقاومت قارچ‌ها و در نهایت، به خطر انداختن سلامت انسان و آلودگی محیط‌زیست به‌دلیل باقیمانده سموم قارچ‌کش می‌شود. روش‌هایی نظیر تیمار حرارتی و اتمسفر کنترل شده در کاهش پوسیدگی و نرم شدن بافت میوه توت‌فرنگی مؤثر گزارش شده‌اند، ولی دمای بالا و غلظت بالای دی‌اکسید کربن، بر رنگ و بافت میوه تأثیر منفی داشته‌اند (میغانی و همکاران ۱۳۹۷). استفاده از پوشش‌های خوراکی و ترکیبات طبیعی گیاهی، روش‌های دیگری است که برای افزایش عمر ماندگاری میوه توت‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفته است. کیتوزان یکی از پوشش‌های طبیعی است که کاربرد توأم ۱/۵ در صد از این پوشش و ۱ درصد کلسیم کلراید مؤثرترین تیمار در حفظ ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی در طی نگهداری در سردخانه گزارش شده است (میغانی و همکاران ۱۳۹۷). جنتی و همکاران (۱۳۹۳)، گزارش کردند که استفاده از غلظت ۲۰۰ میکرولیتر بر لیتر آویشن کوهی، سبب حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه توت‌فرنگی می‌شود. پژوهشگران دیگر نیز استفاده از عصاره دارچین (احمدی جوزانی و همکاران ۱۳۹٤)، زیره سبز و رازیانه (حسینی و همکاران ۱۳۹۱)، اسانس ریحان (اصغری مرجانلو و همکاران ۱۳۸۷) و اسانس برگ رزماری (محمدی و همکاران ۱۳۹۷) را در جلوگیری از رشد کپک خاکستری و تأخیر در فساد قارچی میوه ارقام توت‌فرنگی مؤثر گزارش کردند.

بر طبق گزارش‌های موجود، اکسیدهای فلزی مانند اکسید روی، اکسید تیتانیوم و اکسید منیزیوم دارای فعالیت ضد میکروبی هستند که در مقایسه با مواد ضد میکروبی آلی، پایداری بیشتری دارند. اکسید روی، ترکیب سالم و ایمنی است که به‌طور گسترده‌ای در صنعت غذا به عنوان مکمل روی استفاده شده است (آل نامانی و همکاران ۲۰۱۸). کاربرد دیگر اکسید روی در آستر قوطی‌های کنسرو گوشت، ماهی، نخود و ذرت برای حفظ رنگ و جلوگیری از فساد است (اسپیشیا و همکاران ۲۰۱۲). از اکسید روی به عنوان ترکیبی با خاصیت ضد میکروبی و با قابلیت جایگزینی برای ضد عفونی‌کننده‌های شیمیایی و قابل استفاده در فرمولاسیون‌های غذایی و دارویی یاد شده است. استفاده از نانوذرات اکسید روی به عنوان افزودنی غذایی و در مواد بسته‌بندی (پلی‌اتیلن با دانسیته پائین، پلی‌پروپیلن، کیتوزان) به‌منظور ایجاد خاصیت ضد میکروبی از موارد بررسی شده دیگر است (چودهاری و همکاران ۲۰۰۸؛ برادلی و همکاران ۲۰۱۱). بنا به گزارش نیاکان و همکاران (۲۰۱۹)، نانوذرات نیترات نقره، فعالیت ضد میکروبی بیشتری در مقایسه با نانو ذرات اکسید روی دارند و فعالیت نانوذرات اکسید روی، محدود به باکتری‌های گرام مثبت می‌شود. امامی‌فر (۱۳۹۷)، تأثیر نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، میکروبی و حسی انگور سیاه را در طی نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد برای مدت ٤٥ روز بررسی کرد. انگورهای تیمار شده با نانوذرات اکسید روی در غلظت ۰/۷۵ g/L در مقایسه با سایر تیمارها دارای کیفیت مناسب و کمترین میزان آلودگی بودند و بیشترین امتیاز را از لحاظ ویژگی‌های حسی کسب کردند. صادقی‌پور و همکاران (۱۳۹۸)، استفاده از فیلم نانوکامپوزیتی حاوی ۲ درصد نانوذرات اکسید روی را برای بسته‌بندی رطب مضافتی پیشنهاد کردند.

در این پژوهش، استفاده از محلول اکسید روی تولیدی شرکت ایمن نوین پوشان پاک، با نام تجاری ایمن‌ژاو، در غلظت‌ها و زمان‌های مختلف غوطه‌وری، برای کاهش پوسیدگی و افزایش عمر ماندگاری میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا در دو محیط نگهداری (شرایط معمولی و سردخانه) مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

میوه‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا از گلخانه‌ای واقع در شهرک گلخانه‌ای شهر جدید هشتگرد در مرحله بلوغ تجاری برداشت شدند. در آزمایشگاه، میوه‌های یکنواخت (از نظر شکل، اندازه، رنگ) و سالم، بدون آسیب مکانیکی و علائم پوسیدگی انتخاب شدند. محلول ضد عفونی‌کننده اکسید روی با نام تجاری ایمن‌ژاو، از شرکت ایمن نوین پوشان پاک تهیه شد.

آماده‌سازی و تیماردهی میوه‌های توت‌فرنگی

میوه‌های توت‌فرنگی در محلول اکسید روی در غلظت‌های ۰/۳۱ درصد، ۰/٦۳ درصد، ۰/۹٤ درصد و ۱/۲۵ درصد برای مدت ۱، ۲ و ۳ دقیقه غوطه‌ور شدند. این غلظت‌ها بر اساس پیش آزمون‌ها تعیین گردیدند. میوه‌های تیمار شده به‌منظور حذف رطوبت سطحی، در دمای معمولی اتاق (دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار داده شدند. سپس میوه‌های توت‌فرنگی (۱۰ عدد) در ظروف پلاستیکی سوراخ‌دار قرار داده شدند و در دمای محیط (دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۳۰ درصد) و نیز سردخانه (دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد) به ترتیب برای مدت ٦ روز و ۲۱ روز نگهداری شدند. آزمون‌ها هر دو روز یک‌بار برای نمونه‌های نگهداری شده در شرایط محیط و هر ۷ روز یک بار برای نمونه‌های موجود در سردخانه انجام گرفت.

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

سفتی بافت توت‌فرنگی با استفاده از دستگاه بافت سنج با لود سل ۵۰۰ و پروب با قطر ۵ میلی‌متری و سرعت نفوذ ۲ میلی‌متر بر ثانیه در دو نقطه از ناحیه محوری اندازه‌گیری شد. حداکثر نیروی وارده به عنوان سفتی بافت و بر حسب نیوتن محاسبه گردید (مدرس و همکاران ۱۳۹۳).

اسیدیته قابل تیتراسیون در عصاره میوه نیز با روش تیتراسیون اندازه‌گیری شد که در این روش از محلول سود ۰/۱ نرمال برای انجام عمل تیتراسیون استفاده گردید. برای مشخص شدن نقطه پایانی تیتراسیون، این عمل تا رسیدن به pH برابر ۸/۱ ادامه یافت. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بر حسب درصد سیتریک اسید محاسبه و گزارش شد (اصغری مرجانلو و همکاران ۲۰۰۹). درصد کل مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفراکتومتر و مقدار آسکوربیک اسید (ویتامین ث) با روش تیتراسیون با ۲ و ٦ دی‌کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری شد و مقدار آن بر حسب میلی‌گرم در صد گرم ماده تر بیان گردید (مارایی و الساوی ۲۰۱۷).

میوه های موجود در بسته های توت‌فرنگی در هنگام نمونه‌برداری (فواصل زمانی دو روز و هفت روز از نگهداری به ترتیب در شرایط محیط و سردخانه) به صورت بصری مورد بررسی قرار گرفتند. وجود لکه های قهوه‌ای قابل مشاهده، نواحی نرم و علائم کپک‌زدگی روی میوه به عنوان فساد در نظر گرفته شد و نتایج به صورت درصد پوسیدگی بیان شد (مارایی و الساوی ۲۰۱۷).

ارزیابی حسی

ارزیابی حسی تیمارهای توت‌فرنگی از طریق فرم و با استفاده از ارزیاب‌های آموزش‌دیده صورت گرفت. ویژگی های حسی نمونه های توت‌فرنگی (وضعیت ظاهری، بافت، طعم و مزه و قابلیت پذیرش کلی) به‌صورت آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای ۱ تا ۵ (از عدم علاقه تا علاقه‌مندی خیلی زیاد) ارزیابی شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و با استفاده از نرم‌افزار (SPSS (Ver. 22 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. میانگین داده‌ها نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

سفتی بافت

همان‌طور که اشاره شد، میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با محلول اکسید روی در دو شرایط دمایی جداگانه مختلف (دمای حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۳۰ درصد محیط و دمای ٤ در جه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ در صد سردخانه) نگهداری شدند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط نگهداری در محیط، هر چند بین غلظت های مختلف محلول اکسید روی از لحاظ تأثیر بر سفتی بافت میوه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی سفتی بافت میوه‌های تیمارشده با محلول اکسید روی در غلظت ۱/۲۵ در صد به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۱). در مورد نمونه‌های موجود در سردخانه نیز بین غلظت‌ها و شاهد در نیروی وارد شده برای نفوذ در بافت محصول از طریق پروب دستگاه، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین نیروی وارد شده برای نفوذ در بافت محصول، مربوط به نمونه های تیمارشده با محلول اکسید روی برای مدت ۳ دقیقه غوطه‌وری گزارش شد (جدول ۲). نتایج مشابهی در مورد اثر نانوذرات اکسید روی بر حفظ سفتی بافت انگور سیاه در طی انبارداری گزارش شده است (امامی‌فر ۱۳۹۷). نانوذرات اکسید روی می‌توانند به‌عنوان پوششی، در حفظ سفتی بافت میوه توت‌فرنگی مؤثر باشند. تأثیر نانوذرات اکسید روی در حفظ سفتی بافت میوه را می‌توان به نقش ممانعت‌کنندگی این نانوذرات از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با نرم‌شدگی بافت میوه (پکتین استراز، پلی گالاکتورو ناز) نسبت داد. پوشش نازک ایجاد شده در سطح میوه در اثر نانوذرات اکسید روی، ورود و خروج گازها به بافت میوه را تا حدی کند کرده و منجر به کاهش فعالیت آنزیم های پکتین استراز و پلی گالاکتوروناز و کاهش نرم‌شدگی بافت میوه می‌شود. بسیاری از این آنزیم‌های شکننده دیواره سلولی، توسط میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شوند. بنابراین، کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و یا از بین رفتن آنها در اثر ترکیبات ضد میکروبی نظیر نانوذرات اکسید روی، در کاهش فعالیت این آنزیم ها مؤثر خواهد بود (امامی‌فر ۱۳۹۷).

جدول ۱- تأثیر محلول اکسید روی و زمان غوطه‌وری بر ویژگی‌های میوه توت‌فرنگی در طی نگهداری در شرایط محیط (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۳۰ درصد)

Table 1- Effect of different concentrations of zinc oxide solution and immersion time on characteristics of strawberry fruit during storage at ambient temperature (25 ºC & 30% RH)

Parameter	Treatment	Firmness (Fmax)	Total Soluble Solids (TSS) (%)	Titratable Acidity (TA) (% citric acid)
Concentration (%)	Control	0.7617 a	6.83 c	1.15 a
	0.31	0.7919 a	5.64 a	1.17 ab
	0.63	0.7444 a	5.74 ab	1.23 b
	0.94	0.8317 ab	5.81 ab	1.22 ab
	1.25	0.9197 b	6.00 b	1.20 ab
Immersion (Min)	1	0.8217 a	5.77 ab	1.21 a
	2	0.8196 a	5.67 a	1.20 a
	3	0.8246 a	6.04 b	1.21 a
Storage Duration (Day)	0	0.4400 a	6.00 b	0.87 a
	2	0.8550 b	5.64 a	1.34 b
	4	1.1439 c	6.08 b	1.40 c
	6	-	-	-

Means with similar letters within the same column are not significantly different (P<0.05).

پوسیدگی

در مورد هر دو دمای نگهداری، بیشترین درصد پوسیدگی مربوط به نمونه‌های شاهد بود (جدول ۳). بین میوه‌های تیمارشده و نگهداری شده در دمای محیط، برای مدت ۲ روز با زمان صفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی پس از ٤ روز از زمان نگهداری، میزان پوسیدگی به حدود ۱۵/۷۱ درصد و پس از ٦ روز از زمان نگهداری به میزان ۳۹/٦٤ درصد افزایش یافت. کمترین میزان پوسیدگی مربوط به نمونه‌های تیمار شده با محلول اکسید روی در غلظت ۰/٦۳ درصد برای مدت ۳ دقیقه (۵ درصد) گزارش شد (جدول ۳).

جدول ۲- تأثیر محلول اکسید روی و زمان غوطه‌وری بر ویژگی‌های میوه توت‌فرنگی در طی نگهداری در سردخانه (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد)

Table 2- Effect of different concentrations of zinc oxide solution and immersion time on characteristics of strawberry fruit during cold storage (4 ºC & 85-90% RH)

Parameter	Treatment	Firmness (Fmax)	Total Soluble Solids (TSS) (%)	Titratable Acidity (TA) (% citric acid)
Concentration (%)	Control	0.7915 ab	5.25 d	1.31 d
	0.31	0.8242 a	5.17 d	1.28 cd
	0.63	0.7306 ab	4.70 ab	1.25 bc
	0.94	0.7727 ab	4.87 bc	1.22 b
	1.25	0.7902 ab	4.56 a	1.13 a
Immersion (Min)	1	0.6710 a	4.69 a	1.20 a
	2	0.7777 b	5.05 b	1.26 b
	3	0.8896 c	4.73 a	1.20 a
Storage Duration (Day)	0	0.2333 a	6.00 c	1.37 c
	7	1.1113 c	4.44 a	1.16 ab
	14	0.8516 b	4.41 a	1.13 a
	21	0.8993 b	4.65 b	1.20 b

Means with similar letters within the same column are not significantly different (P<0.05).

در بین میوه‌های تیماردهی شده و نگهداری شده در سردخانه برای مدت ۱ هفته با زمان صفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی پس از دو هفته از زمان نگهداری، میزان پوسیدگی به حدود ۵ درصد و پس از سه هفته از زمان نگهداری به میزان ۵۱ درصد افزایش یافت. در شرایط نگهداری در سردخانه، میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با محلول اکسید روی در غلظت ۰/۳۱ درصد، به‌طور معنی‌داری دارای کمترین میزان پوسیدگی بودند. در میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با محلول اکسید روی در غلظت ۰/۳۱ درصد برای مدت ۳ دقیقه پس از دو هفته نگهداری در سردخانه، علائم پوسیدگی مشاهده نشد (جدول ۳). بنابراین، در صورت استفاده از محلول اکسید روی در غلظت ۰/۳۱ درصد، می‌توان میوه توت‌فرنگی را برای مدت ۲ هفته در شرایط سردخانه نگهداری کرد. ال نمانی و همکاران (۲۰۱۸) نیز تأثیر پوشش نانوکامپوزیت اکسید روی و کیتوزان را در جلوگیری از رشد قارچ‌ها در محصول بامیه در طی ۱۲ روز نگهداری در دمای محیط گزارش کردند. بسته‌بندی‌های پلی‌اتیلن حاوی نانوذرات اکسید روی در کاهش سرعت رشد میکروبی (باکتری‌های معتدل دوست هوازی، قارچ‌ها) در رطب مضافتی نیز مؤثر گزارش شدند. رطب مضافتی بسته‌بندی شده در پوشش نانوکامپوزیت حاوی ۱ درصد اکسید روی دارای کمترین میزان رشد میکروبی بود (صادقی‌پور و همکاران ۱۳۹۸). فعالیت ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی احتمالاً به دلیل یون‌های روی (Zn^{2+}) و اکسیژن واکنش‌گر (Reactive oxygen species) است که این دو با اجزاء آنیونی دیواره سلول میکروبی واکنش داده و سبب دشت این اجزاء و در نهایت مرگ سلول میکروبی می‌شوند (ژنگ و اکسیونگ ۲۰۱۵).

جدول ۳- اثر متقابل محلول اکسید روی و زمان غوطه‌وری بر میزان پوسیدگی، درصد کل مواد جامد محلول و مقدار آسکوربیک اسید میوه توت‌فرنگی در طی نگهداری در شرایط محیط و سردخانه

Table 3- Interaction of zinc oxide solution and immersion time on decay rate, total soluble solids and ascorbic acid content of strawberry fruit during storage at ambient temperature and cold room

Concentration (%) × Immersion (Min)	Ambient Temperature			Cold Room		
	Decay rate (%)	TSS (%)	Ascorbic Acid (mg/100g)	Decay rate (%)	TSS (%)	Ascorbic Acid (mg/100g)
Control	30 d	5.5 abc	38.62 a	20 b	4.9 cd	41.19 a
0.31% for 1 Min	20 bcd	5.8 bc	41.37 c	6.6 a	5 cd	49.75 d
0.31% for 2 Min	25 cd	5 ab	55.3 f	3.3 a	5.06 cd	52.77 g
0.31% for 3 Min	10 ab	6.5 cde	55.3 f	0 a	5 cd	52.77 g
0.63% for 1 Min	10 ab	6.2 cd	55.3 f	13.66 a	4.5 bcd	52.77 g
0.63% for 2 Min	10 ab	5.5 abc	42.75 e	13.66 a	4.1 abc	50.76 e
0.63% for 3Min	5 a	5.5 abc	55.17 f	13.66 a	4.8 cd	52.77 g
0.94% for 1 Min	20 bcd	5.75 bc	55.3 f	11.50 a	3.5 a	52.77 g
0.94% for 2 Min	15 abc	4.5 a	42.06 d	10.3 a	5.3 d	52.77 g
0.94% for 3 Min	20 bcd	7.5 e	41 c	10 a	5 cd	47.06 c
1.25% for 1 Min	10 ab	6.5 cde	40.68 c	14.66 a	5.1 cd	46.39 b
1.25% for 2 Min	15 abc	6.5 cde	41 c	14.66 a	3.8 ab	52.27 f
1.25% for 3 Min	30 d	7 de	55.3 f	13 a	4.1 abc	52.77 g

Means with similar letters within the same column are not significantly different (P<0.05).

میزان اسیدیته

مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف محلول اکسید روی، زمان غوطه‌وری و زمان نگهداری تیمارها در شرایط محیط بر مقدار اسیدیته در میوه توت‌فرنگی در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که از این جدول ملاحظه می‌شود، اختلاف معنی‌داری بین میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با غلظت‌های مختلف محلول اکسید روی و نیز زمان‌های غوطه‌وری محصول در این محلول از لحاظ تأثیر بر مقدار اسیدیته در میوه وجود نداشت. با افزایش زمان نگهداری تیمارها در شرایط محیط، مقدار اسیدیته نیز از ۰/۸۷ درصد در روز نخست به ۱/٤۰ درصد در روز ٤ نگهداری افزایش یافت. به نظر می‌رسد که با گذشت زمان و آغاز تجزیه‌های شیمیایی توسط کپک‌ها، مقدار اسیدیته در تیمارها نیز افزایش یافته است.

در مورد شرایط نگهداری در سردخانه، با افزایش مدت زمان نگهداری، مقدار اسیدیته محصول از روز نخست تا چهاردهم روند نزولی و سپس روند افزایشی یافت (جدول ۲). نتایج مشابهی نیز در مورد توت‌فرنگی رقم پاروس تیمارشده با کیتوزان و کلرید کلسیم در طی نگهداری در سردخانه گزارش شده است (میغانی و همکاران ۱۳۹۷). ژنگ و همکاران (۲۰۰۷) کاهش میزان اسیدیته میوه توت‌فرنگی در طی دوره نگهداری در سردخانه را گزارش کردند. البته در مورد تأثیر پوشش‌ها و ترکیب‌های مختلف بر مقدار اسیدیته در میوه توت‌فرنگی، نتایج متناقضی وجود دارد که این می‌تواند به خصوصیات ژنتیکی، دمای نگهداری و غلظت ترکیب‌های مورد استفاده بستگی داشته باشد (میغانی و همکاران ۱۳۹۷).

درصد کل مواد جامد محلول و آسکوربیک اسید

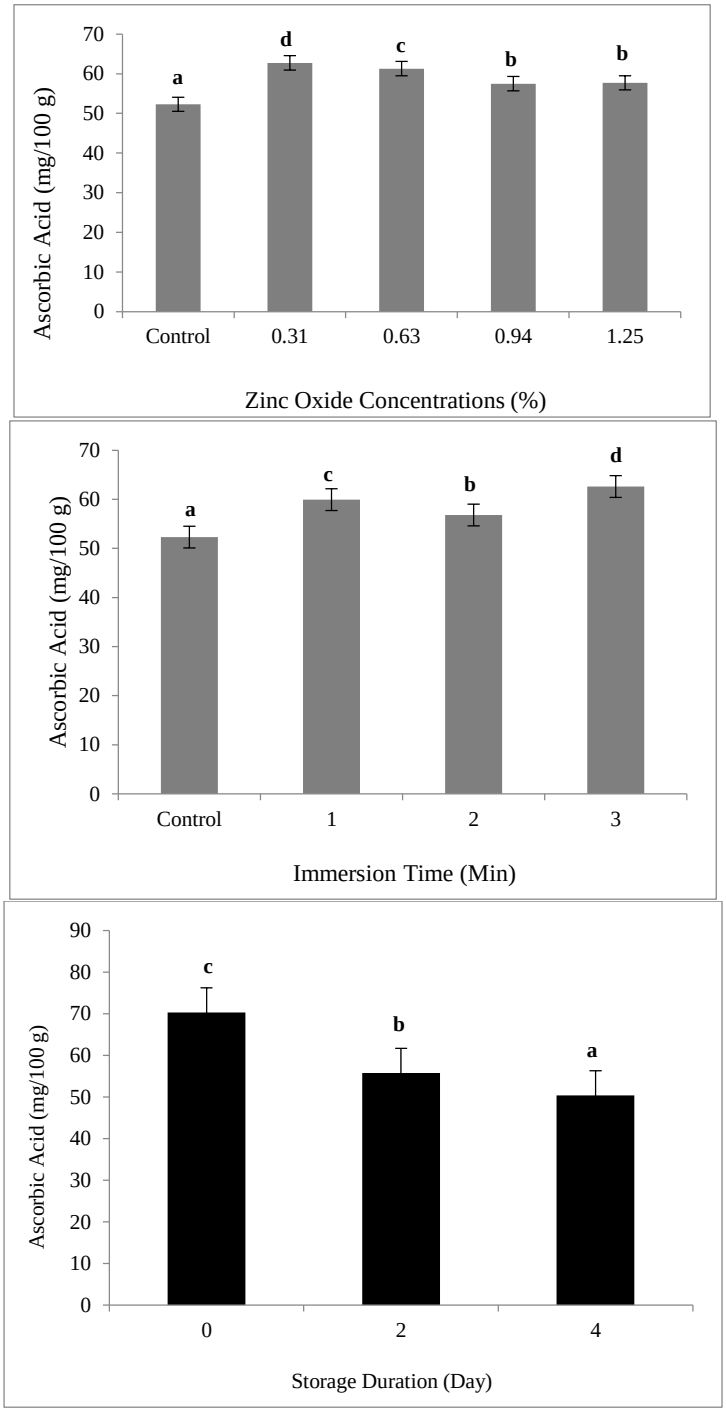
مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت‌های مختلف محلول اکسید روی و زمان غوطه‌وری در شرایط محیط و سردخانه بر درصد کل مواد جامد محلول و آسکوربیک اسید در میوه توت‌فرنگی در جدول ۳ آورده شده است.

در شرایط معمول نگهداری (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و سردخانه، بین میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده در غلظت های مختلف محلول اکسید روی و زمان های غوطه‌وری، از لحاظ درصد کل مواد جامد محلول، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در شرایط نگهداری در سردخانه، با افزایش زمان نگهداری از روز نخست تا چهاردهام، درصد کل مواد جامد محلول کاهش و پس از آن با ورود به هفته سوم نگهداری به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). پلایو[1] و همکاران (۲۰۰۳) افزایش میزان مواد جامد محلول در توت فرنگی‌های نگهداری شده در دمای ۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۱ روز را گزارش کردند. افزایش در صد کل مواد جامد محلول توت‌فرنگی طی دوره نگهداری را می‌توان با کاهش وزن میوه مرتبط دانست. البته فساد و تنفس میوه نیز با شکسته شدن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات ساده‌تر، افزایش مواد جامد محلول را موجب می‌شوند (ژنگ و همکاران، ۲۰۰۷).

در شرایط معمول نگهداری (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد)، کمترین مقدار ویتامین ث در نمونه‌های شاهد (۳۸,۶۲ میلی‌گرم در صد گرم ماده تر) مشاهده شد. میوه‌های توت‌فرنگی تیمارشده با محلول اکسید روی در غلظت ۰/۳۱ درصد برای مدت ۲ و ۳ دقیقه، غلظت ۰/۶۳ درصد برای مدت ۱ و ۳ دقیقه و ۱/۲۵ درصد برای مدت ۳ دقیقه به‌طور معنی‌داری دارای بیشترین مقدار ویتامین ث بودند (جدول ۳). مقدار آسکوربیک اسید در نمونه‌های غوطه‌ور شده در محلول اکسید روی برای مدت ۳ دقیقه (۶۲/۶۴ میلی‌گرم در صد گرم ماده تر) نیز بیش از سایر تیمارهای غوطه‌وری بود (شکل ۱). مقدار ویتامین ث در روز نخست نگهداری برابر ۷۰/۲۶ میلی‌گرم در صد گرم ماده تر بود که این مقدار پس از دو و چهار روز نگهداری توت‌فرنگی‌های تیمارشده در دمای محیط به ترتیب به ۵۵/۷۵ و ۵۰/۳۸ میلی‌گرم در صد گرم ماده تر کاهش یافت (شکل ۱). در شرایط نگهداری در سردخانه، مقدار آسکوربیک اسید در توت‌فرنگی‌های تیمار شده با محلول اکسید روی (محلول ایمن‌ژاو) در غلظت ۰/۳۱ درصد برای مدت زمان ۲ و ۳ دقیقه بالا بود (۵۲/۷۷ میلی‌گرم در صد گرم ماده تر). در این شرایط، کمترین مقدار آسکوربیک اسید برای نمونه‌های شاهد (۴۱/۱۹ میلی‌گرم در صد گرم ماده تر) گزارش شد (جدول ۳). حفظ ویتامین ث در نمونه‌های تیمارشده با محلول اکسید روی می‌تواند بیانگر حفظ کیفیت و ارزش تغذیه‌ای میوه توت‌فرنگی تیمار شده با این محلول باشد. در شرایط سردخانه نیز با افزایش زمان نگهداری، مقدار آسکوربیک اسید در کلیه تیمارها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۲). کاهش مقدار آسکوربیک اسید در طی نگهداری میوه توت‌فرنگی تیمارشده با پوشش کیتوزان (میغانی و همکاران ۱۳۹۷) و ژل آلوئه‌ورا (وحدت و همکاران ۱۳۹۱) نیز گزارش شده است. بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته توسط کالت[2] و همکاران (۱۹۹۹)، پایداری آسکوربیک اسید طی انبارداری میوه‌ها، رابطه مستقیمی با میزان اسیدیته، ترکیبات فنلی و ضد اکسایشی آن‌ها دارد. ماده ضد اکسایش در بافت میوه‌ها، سبب تقویت سیستم دفاعی آن‌ها در برابر رشد میکروارگانیسم‌ها و به‌خصوص، قارچ‌ها می‌شود.

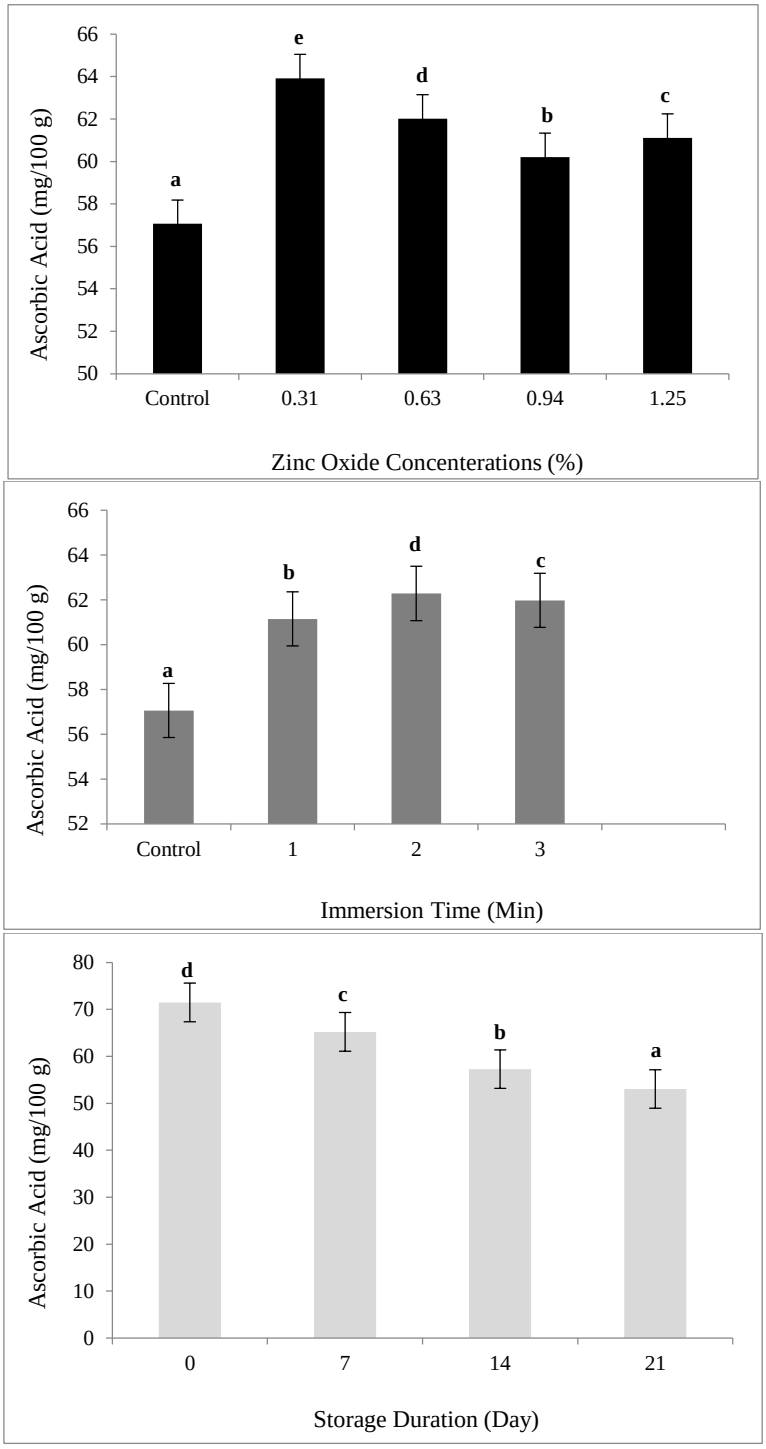
[1] Pelayo

[2] Kalt



شکل ۱- تأثیر محلول اکسید روی، زمان غوطه‌وری و نگهداری بر مقدار آسکوربیک اسید در میوه توت‌فرنگی در شرایط محیط (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۳۰ درصد)

Figure 1- Effect of zinc oxide solution, immersion time and storage duration on ascorbic acid content of strawberry fruit at ambient temperature (25 ºC & 30% RH)



شکل ۲- تأثیر محلول اکسید روی، زمان غوطه‌وری و نگهداری بر مقدار آسکوربیک اسید در میوه توت‌فرنگی در سردخانه (دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد)

Figure 2- Effect of zinc oxide solution, immersion time and storage duration on ascorbic acid content of strawberry fruit during cold storage (4 ºC & 85-90% RH)

ویژگی‌های حسی

در هر دو شرایط نگهداری (دمای محیط و سردخانه)، اثر غلظت‌های مختلف محلول اکسید روی، زمان غوطه‌وری و اثر متقابل هر یک، بر ویژگی‌های حسی میوه توت‌فرنگی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر، اثر محلول اکسید روی بر

ویژگی‌های حسی میوه توت‌فرنگی (وضعیت ظاهری، طعم و مزه و قابلیت پذیرش کلی) از نظر ارزیابان قابل تشخیص نبود و تفاوت معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد. با این حال، در شرایط سردخانه، نمونه‌های تیمار شده با محلول اکسید روی در غلظت ۰/۳۱ درصد در مقایسه با سایر غلظت‌ها امتیاز بیشتری را از نظر ویژگی‌های حسی به خود اختصاص دادند. بنابراین، محلول اکسید روی مورد استفاده در این پژوهش اثر نامطلوبی در وضعیت ظاهری میوه توت‌فرنگی نداشت و لکه‌های خاصی ناشی از استفاده از این ماده روی میوه توت‌فرنگی مشاهده نشد. همچنین طعم و مزه غیرطبیعی ناشی از استفاده از محلول اکسید روی در میوه توت‌فرنگی توسط ارزیاب‌ها تشخیص داده نشد. امامی‌فر (۱۳۹۷)، نیز گزارش کرد که در پایان ٤٥ روز نگهداری میوه های انگور در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد، بین میوه‌های انگور تیمار شده با نانوذرات اکسید روی و نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری در ویژگی‌های حسی عطر و طعم و بافت از نظر ارزیاب‌ها وجود نداشت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که محلول اکسید روی (با نام تجاری محلول ایمن‌ژاو)، در افزایش عمر نگهداری میوه توت‌فرنگی در شرایط نگهداری در دمای محیط (۲۵ درجه سانتی‌گراد) در غلظت ۰/٦۳ درصد و زمان غوطه‌وری ۳ دقیقه و سردخانه (دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۸۵ درصد) در غلظت ۰/۳۱ درصد و زمان غوطه‌وری ۳ دقیقه با حفظ کیفیت محصول و بدون تأثیر نامطلوب بر ویژگی‌های حسی مؤثر است.

منابع مورد استفاده

احمدی جوزانی م، جوانمرد داخلی م و عراقی م، ۱۳۹٤. ارزیابی اثر عصاره دارچین در بسته‌بندی فعال برای بهبود ماندگاری توت فرنگی، فصلنامه علمی ترویجی علوم و فنون بسته‌بندی، ٦، ٦۰-۵۲.

اصغری مرجانلو ا، مستوفی ی، شعیبی ش و مقومی م، ۱۳۸۷. تأثیر اسانس ریحان بر کنترل پوسیدگی خاکستری و کیفیت پس از برداشت توت فرنگی (سلوا)، فصلنامه گیاهان دارویی، ۸، ۱۳۹-۱۳۱.

امامی‌فر آ، ۱۳۹۷. ارزیابی تأثیر پوشش خوراکی نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی انگور سیاه طی انبارداری، فصلنامه فناوری‌های نوین غذایی، ٤، ٦۸۰-٦٦۳.

جنتی م، عبدوسی و و مشهدی اکبر بوجار م، ۱۳۹۳. اثر کاربرد کلرید کلسیم و اسانس آویشن بر برخی صفات پس از برداشت میوه توت فرنگی، فصلنامه دانش نوین کشاورزی پایدار، ۲، ۳۲-۲۵.

حسینی س م، رضایی ف و درویش‌نیا م، ۱۳۹۱. بررسی اثرات ضد قارچی اسانس گیاهان رازیانه و زیره سبز در کنترل قارچ عامل بیماری پوسیدگی پس از برداشت میوه توت فرنگی، اولین همایش ملی فیزیولوژی پس از برداشت. دانشگاه شیراز، شیراز. ایران.

دودمان م و امیری م ا، ۱۳۹۲. اثر Mg ، K و N بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی (Fragaria×ananasa cv. Sun Rise) در شرایط کشت هیدروپونیک، علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، ٤، ۱۱۸-۱۱۱.

رضوی ف و خلقتی بنا ف، ۱۳۹٦. مدیریت کشت و پرورش توت‌فرنگی در مزرعه و گلخانه. مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی، اداره رسانه‌های آموزشی، سازمان جهاد کشاورزی استان چهارمحال و بختیاری.

صادقی‌پور س، اخوان ح ر، شاکر اردکانی ا و حسینی ف، ۱۳۹۸. تأثیر بسته‌بندی پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات اکسید روی بر ماندگاری خرمای مضافتی، علوم و صنایع غذایی، ۸۷، ۱۵۲-۱٤۱.

محمدی ا، اخلاقی فیض آباد س ه و پدرام‌نیا ا، ۱۳۹۷. بررسی اثر بازدارندگی اسانس برگ رزماری بر قارچ *بوتریتیس سینرا* برای افزایش ماندگاری میوه توت‌فرنگی، نشریه نوآوری در علوم و فناوری غذایی، ۱۰، ۱۰-۱.

مدرس ب، رامین ع ا و قبادی س، ۱۳۹۳. اثر۱- متیل سیکلوپروپن برعمر انبارمانی و قفسه‌ای میوه توت‌فرنگی رقم" کاماروسا"، مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ٤، ٢٦٧-٢٥٣.

میغانی ح، برومند ن و مقبلی ا، ۱۳۹۷. اثر کیتوزان و کلرید کلسیم بر حفظ کیفیت پس از برداشت و ترکیب‌های پاداکسنده میوه توت‌فرنگی، علوم و صنایع غذایی، ٧٦، ٣١٧-٣٠٧.

وحدت ش، قاسم‌نژاد م، فتوحی قزوینی ر، شیری م ع و خداپرست س ع ا، ۱۳۹۱. اثر غلظت‌های مختلف ژل آلوئه‌ورا بر حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی، نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۲، ۲۸۵-۲۷۱.

Abd-Alla MA, Abd- El- Kader MM, Abd-El-Kareem F and El-Mohamedy RSR, 2011. Evaluation of lemongrass, thyme and peracetic acid against gray mold of strawberry fruits. Journal of Agricultural Technology 7: 1775-1787.

Al-Naamani L, Dutta J and Dobretsov S, 2018. Nanocomposite zinc oxide-chitosan coatings on polyethylene films for extending storage life of Okra (*Abelmoschus esculentus*). Nanomaterials 479: 1-14.

Asghari Marjanlo A, Mostofi Y, Shoeibi SH and Fattahi M, 2009. Effect of cumin essential oil on postharvest decay and some quality factors of strawberry. Journal of Medicinal Plants 8: 25-43.

Chaudhry Q, Scotter M, Blackburn J, Ross B, Boxall A, Castle L, Aitken R and Watkins R, 2008. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. Food Additives and Contaminants 25: 241–258.

Espitia PJP, Soares NDFF, Dos Reis Coimbra JS, De Andrade NJ, Cruz RS and Medeiros EAA, 2012. Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, antimicrobial activity and food packaging applications. Food Bioprocess Technology 5: 1447–1464.

Hernandez-Munoz P, Almenar E, Jose-Ocio M and Gavara R, 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria* x*ananassa*). Postharvest Biology and Technology 39: 247–253.

Kalt W, Forney CF, Martin A and Prior RL, 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics and anthocyanins after fresh storage of small fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47: 4638-4644.

Maraei RW and Elsawy KM, 2017. Chemical quality and nutrient composition of strawberry fruits treated by g-irradiation. Journal of Radiation Research and Applied Sciences 10: 80-87.

Muzzaffar S, Jan R, Wani IA, Masoodi FA, Bhat MM, Wani TA and Wani GR, 2016. Effect of preservation methods and storage period on the chemical composition and sensory properties of strawberry crush. Cogent Food & Agriculture 2: 1-11.

Niakan M, Pouladi I, Kaviani R and Esmaili E, 2019. Antimicrobial effect of zinc oxide and silver nitrate nanoparticles against *S. aureus, A. baumannii* and *P. aeruginosa*. Journal of Basic and Clinical Pathophysiology 7: 27-30.

Pelayo C, Ebeler SE and Kader AA, 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5^{oC} in air or air + 20kPa CO2. Postharvest Biology and Technology 27: 171-183.

Pichia D, 2006. Guide to post harvest care of strawberries in Moldova. United States Agency International Development, Pp. 1-23.

Wang SY and Gao H, 2013. Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzymesystem, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x aranassa* Duch.). LWT – Food Science and Technology 52: 71-79.

Zhang ZY and Xiong HM, 2015. Photoluminescent ZnO nanoparticles and their biological applications. Materials 8: 3101–3127.

Zheng Y, Wang SY, Wang CY and Zheng W, 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, andantioxidant capacity in response to high oxygen treatments. LWT-Food Science and Technology 40:49–57.

Journal of Food Research, 2022,32(1):109-122
https://foodresearch.tabrizu.ac.ir

© 2009 Copyright by Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran
This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/)
DOI: 10.22034/FR.2021.39742.1739

The effect of zinc oxide solution on quality and storage life of strawberry

A Golshan Tafti [1]*, A Mirmajidi Hashtjin [2] and SM Sajed [3]

Received: May 10, 2020 Accepted: December 13, 2020
[1]Assistant Professor, Food and Postharvest Technology Division, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
[2]Assistant Professor, Food and Postharvest Technology Division, Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
[3] Bachelor of Fluid Mechanics, Eimen Novin Pushan Pak Company
*Corresponding Author: Email: golshan_ta@yahoo.com

Introduction: Strawberry (*Fragaria x ananassa*) as one of the most widely consumed fruits in the world is produced in 73 countries worldwide (Muzzaffar et al., 2016). Strawberry is mainly grown in Kordestan, Golestan, Mazandaran and Gilan provinces of Iran with Kordestan, Paros, Queen Eliza, Selva, Camarosa and Pajero as the most important cultivars. Since strawberry is very perishable fruit, requires careful harvesting and handling to maintain its quality after harvesting. Considering its sensitivity to physical injuries and fungal invasion besides rapid softening and susceptibility to rots, strawberry fruit has a short postharvest life. Gray mold, caused by *Botrytis cinerea* is considered as the most important strawberry disease with many negative impacts on ripening, marketing and postharvest life of the fruit (Abd-Alla et al., 2011). No strawberry cultivar is resistant to gray mold. The pathogen is able to infect stored strawberries because mycelia spread from infected fruit to adjacent healthy fruit. Several technologies have been used to reduce postharvest losses and extend the storage life of strawberries. These technologies include chemical control, low temperature storage, control atmosphere packaging, essential oils and irradiation (Marjanlo et al., 2009; Maraei and Elsawy 2017). Most of these techniques could be effective for shelf life extension of strawberry fruit. However, many reports documented harmful effects of chemical fungicides on human health and environment besides causing fungi resistance. Some compounds and methods may also have adverse effect on color, flavor or texture of the fruit. Thus, in the past few decades, research has focused on the use of safe and natural preservatives. It was reported that the storage life of strawberry fruit increased by application of cumin essential oil (Marjanlo et al., 2009). Among the various alternatives, metal oxides such as magnesium oxide and zinc oxide are catching the attention of scientists worldwide. These oxides render antimicrobial activity with higher stability in comparison to organic antimicrobials. Zinc oxide nanoparticles are less toxic than other nanoparticles such as silver nanoparticles. In addition, they are safer for human beings in comparison to other metal oxides (Al-Naamani et al., 2018). Al-Naamani et al. (2018) proved the efficiency of chitosan-znic oxide nanocomposite coatings in extending the shelf life of the packed okra. The application of nanocomposite film containing 2% zinc oxide nanoparticles maintained the qualitative characteristics of Mazafati date during cold storage (Sadeghipour et al., 2019). The aim of this study was to investigate the effect of different concentrations of zinc oxide solution on quality and shelf life of strawberry fruits (camarosa cultivar) during ambient and cold storage.

Material and methods: Zinc oxide solution with brand name Eimen Jav was purchased from Eimen Novin Pushan Pak Company. “Camarosa” strawberries at commercial maturity stage were harvested from a greenhouse located in Hashtgerd, Alborz province, Iran and then transported to Agricultural Engineering Research Institute. Fruits of uniform size without any defect were selected and used for the experiments. Strawberries were dipped in the solution at different concentrations (0.31%, 0.63%, 0.94%, 1.25%) for 1, 2 and 3 minutes. Then, the fruits were air dried at room temperature, put in plastic fruit boxes and stored at ambient temperature (25 ^{o}C, 30% RH) for 6 days and cold room (4 ^{o}C, 85-90% RH) for 21 days. The sampling was done on day 0, 2, 4, and 6 through ambient temperature and on day 0, 7, 14, and 21 through cold storage. Decay percent was calculated by visual observation of each sample. Fruits with visible brown spot and softened area were regarded as decayed fruit. Texture evaluation was performed by a texturometer. Firmness values of each individual strawberry were measured at two points of the equatorial regions using a 5 mm diameter probe and 500 load cell, at 2 mm/sec^{-1}. Total soluble solids content was measured using a refractometer, Titratable acidity (TA) was calculated by titrating of clear juice of strawberry against 0.1 N NaOH solution and the results were expressed as citric acid %. Ascorbic acid content was determined by using 2,6-dichlorophenol indophenols titration method. A five-point hedonic scale was used for conducting the sensory evaluation of the samples. A panel of 15 judges was selected to evaluate the treatments for various sensorial parameters like appearance, texture, taste, and overall acceptability. Plain water was given to the judges to rinse their mouth between the evaluations of samples. The study was conducted as a factorial experiment in randomized complete design. All determinations were carried out in triplicates and the means were separated by Duncan Multiple Range test. All statistical tests were done by SPSS ver. 22 and were meaningful at 5%.

Results and discussion: Ascorbic acid content was significantly affected by zinc oxide solution at different concentrations and immersion times. The ascorbic acid value of the control was significantly lower than the treated fruits. Ascorbic acid content decreased through the storage time as observed in all treatments and the control. Zinc oxide treated strawberries at 0.31% concentration for 3 minutes had higher firmness values and better qualitative characteristic with increased shelf life up to 2 weeks during cold storage. Additionally, this treatment reduced fungal decay up to 50% compared to the control during cold storage. Zinc oxide solution at 0.63% concentration for 3 minutes increased the shelf life of strawberry fruits up to 48 hours under ambient temperature. In this condition, fungal decay reduced up to 70% as compared to the control. Zinc oxide solution had no effect on sensory attributes of the fruits.

Conclusion: This study showed that strawberry fruits treated with zinc oxide solution (Eimen Jav solution) at recommended concentration and under storage in cold room had better quality and less decay than the control. The results introduce zinc oxide solution as a useful method for maintaining strawberry quality and extending its storage life.

Keywords: Camarosa cultivar, Rot, Strawberry, Zinc oxide