اثر کاربرد تدخینی ازن بر کیفیت و عمر انباری میوه توت‌فرنگی رقم پاروس

بهاره شیربیگ[۱]، محمد سیاری[۲*] و حسن ساریخانی[۲]

[۱] دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

[۲] دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان

[*] نویسنده مسئول: sayyari_m@yahoo.com

چکیده

به‌منظور افزایش کیفیت و انبارمانی میوه‌های توت‌فرنگی رقم پاروس، اثر غلظت‌های مختلف گاز ازن در دمای پایین مورد بررسی قرار گرفت. غلظت گاز ازن در سه سطح شاهد (بدون استفاده از ازن) و گاز ازن با غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۳ پی‌پی‌ام بکار رفت. تیمارهای مذکور به‌وسیله دستگاه مولد ازن به‌صورت روزانه اعمال و میوه‌ها در سردخانه با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد تا ۲۸ روز نگهداری شدند. استفاده از ازن به شکل گازی توانست به افزایش ماندگاری میوه توت فرنگی کمک کند. گاز ازن در غلظت ۰/۱ پی‌پی‌ام در مقایسه با شاهد و غلظت ۰/۳ پی‌پی‌ام، پوسیدگی میوه‌ها را به‌طور معنی‌داری (۳۰ درصد) کاهش داد. زمان نگه‌داری بر میزان برخی از ترکیبات موجود در میوه ازجمله میزان ویتامین ث و فنل کل و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان رنگ و ماندگاری میوه توت‌فرنگی اثر معنی‌دار داشت. میوه‌های تیمار شده با گاز ازن در غلظت ۰/۱ پی‌پی‌ام، میزان سفتی بافت و درصد اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری در مقایسه با میوه‌های شاهد و تیمار شده با ازن ۰/۳ پی‌پی‌ام نشان دادند. تیمار ازن ۰/۱ پی‌پی‌ام در دمای پایین منجر به تأخیر معنی‌دار (۱۵ درصد)، در تخریب ویتامین ث شد، اما میوه‌های تیمار شده با ازن در غلظت بالاتر و میوه‌های شاهد از میزان ویتامین ث کمتری برخوردار بودند. در میوه‌های تیمار شده با گاز ازن در ۰/۱ پی‌پی‌ام، درصد کاهش وزن کمتری مشاهده شد. استفاده از ازن برتغییرات پی‌اچ، میزان مواد جامد محلول، میزان فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه نسبت به شاهد اثر معنی‌داری نداشت. درمجموع استفاده از تیمار ازن گازی در غلظت ۰/۱ و دمای پایین، به دلیل خاصیت ضد میکروبی موجب کاهش میزان پوسیدگی و روند پیری و افزایش انبارمانی نمونه‌ها گردید، لذا تیمار ازن در غلظت ۰/۱ پی‌پی‌ام تیمار مناسبی برای نگه‌داری توت‌فرنگی ارزیابی گردید.

مقدمه

میوه توت فرنگی به‌دلیل داشتن تنفس بالا، مقدار آب زیاد، فعالیت متابولیکی بالا و حساسیت به پوسیدگی‌های میکروبی و قارچی خصوصاً کپک خاکستری یکی از میوه‌های بسیار فسادپذیر بوده و از انبارمانی کمی برخوردار است. توت فرنگی یک میوه نافرازگرا است که مرحله بلوغ و تکامل را به آهستگی روی گیاه مادری طی می‌کند، بنابراین برای حفظ کیفیت خوراکی وقتی چیده می‌شود که کاملاً رسیده است. همین امر باعث کاهش سریع کیفیت محصول پس از برداشت می‌شود تقریباً ۴۰ درصد میوه‌ها پس از برداشت، عمدتاً به خاطر پوسیدگی از بین می‌روند، بنابراین حمل‌و نقل مناسب و مراقبت‌های پس از برداشت مهم و ضروری و از حساسیت زیادی برخوردار است (Kader, 2002).

ازآنجاییکه استفاده از تیمارهای شیمیایی به خاطر سرطان‌زایی و خطرناک‌بودن در بیشترکشورها محدود شده است، از طرفی افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و اجتناب آن‌ها از مصرف محصولاتی که در نگهداری آن از مواد شیمیایی استفاده شده و با توجه به قیمت بالای محصولات ارگانیک در بازارهای جهانی، روش‌های جایگزین غیر سمی مناسبی به‌منظور افزایش کیفیت و عمر قفسه‌ای توت فرنگی نیاز است (Sharma *et al.*, 2005).کاربرد گاز ازن در کشاورزی و فرآوری محصولات کشاورزی در سال‌های اخیر افزایش یافته است (Zhang *et al.*, 2011). ازن فرم سه اتمی اکسیژن، یک ترکیب ناپایدار است که به‌صورت خودبه‌خود تجزیه شده، تولید رادیکال‌های هیدروکسیل و دیگرگونه‌های رادیکال‌های آزاد می‌کند. به دلیل پتانسیل اکسیداسیون بالا، ازن می‌تواند اکسیدکننده آلوده‌کننده‌ها یا آلاینده‌ها در هوا و آب باشد. در بسیاری کشورها ازن همچنین در برنامه‌های مختلف صنایع غذایی کاربرد دارد و اخیراً متخصصان در ایالات‌متحده آمریکا ازن را در طبقه‌بندی مواد ضدعفونی‌کننده مواد غذایی توصیه کرده‌اند (Tabakoglu and Karaca, 2018). ازن به‌صورت گازی و آب ازنه شده برای تیمار کردن پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده می‌شود. از سوی دیگر ازن در انبارها به‌منظور

حذف بوکاربرد دارد. تمرکز اصلی این مطالعات تأثیر ازن درکنترل فساد ناشی از پاتوژن‌های قارچی و باکتریایی است (Perez *et al.*, 1999). بسیاری از تلاش‌ها حاکی از کاربرد ازن در جهت گسترش عمر مفید هویج، کاهو و هلو می باشد (Aday and Caner, 2014). لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر گاز ازن همراه با دمای پایین در حفظ کیفیت، کاهش میزان پوسیدگی و افزایش انبارمانی میوه توت فرنگی رقم پاروس بود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش میوه‌های توت‌فرنگی رقم پاروس در مرحله رسیدن تجاری یعنی هنگامی‌که ۷۰ تا ۸۰ درصد سطح میوه رنگ گرفته بودند، تهیه و برداشت در ساعات اولیه صبح انجام گرفت. میوه‌ها در جعبه‌های کوچک و جعبه‌ها در ظرف یونولیتی بزرگ حاوی کیسه‌های یخ قرار داده شد. پس از انتقال میوه‌ها به آزمایشگاه و تا زمان اعمال تیمار (به مدت ۲ ساعت)، میوه‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. میوه‌های دارای شکل غیرطبیعی و معیوب حذف و میوه‌های سالم و یکنواخت انتخاب گردیدند. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور غلظت گاز ازن در سه سطح شاهد (بدون استفاده از ازن) و غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۳ پی‌پی‌ام) و زمان انبارمانی در چهار سطح ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز انجام شد. هر تیمار در ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۸ عدد میوه بود. میوه‌های توت‌فرنگی سالم در درون ظروف منفذ دار مشخص‌شده برای هر تکرار قرار داده شد و سپس به درون ظروف یونولیتی بزرگ درب دار با ابعاد ۳۶/۵ × ۳۶/۵ × ۵۵ منتقل شدند. جهت اضافه کردن ازن به هوای اطراف میوه، در ساعات مشخصی از روز ظروف یونولیتی حاوی میوه به بیرون از سردخانه منتقل شدند. محل خروج ازن و دتکتور تشخیص میزان غلظت گاز ازن بر روی درب ظرف‌های یونولیتی تعبیه‌شده قرار گرفته و پس از روشن کردن دستگاه مولد ازن (Ozone generator) و مشاهده غلظت درج‌شده بر روی دتکتور، قبل از رسیدن به غلظت‌های بالاتر دستگاه خاموش شد. ظروف یونولیتی پس از پلمپ شدن به سردخانه با دمای ۱±۰ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. ازن‌دهی روزانه، طی ساعات مشخصی از روز (۳ بعدازظهر) و به مدت ۲۸ روز انجام گرفت.

میوه‌ها در فواصل زمانی ۷، ۱۴، ۲۱ و ۲۸ روز از انبار خارج و صفات سفتی بافت میوه، درصد کاهش وزن، میزان پوسیدگی، پی‌اچ، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، محتوای فنل‌کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. تجزیه آماری داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه (۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

در این پژوهش اثر ازن به حالت گازی در دو غلظت ۰/۱ و ۰/۳ برکاهش وزن و حفظ صفات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در سردخانه مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تیمارهای مختلف بردرصدکاهش وزن، میزان پوسیدگی، سفتی (در سطح ۱ درصد)، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث (در سطح ۵ درصد) در انبار مؤثر بود. تأثیر زمان‌های مختلف انبارمانی بر تمام صفات اندازه‌گیری شده و بر مواد جامد محلول (در سطح ۱ درصد) معنی دار بود. برهم‌کنش تیمارهای مختلف و دوره‌های انبارمانی بر درصد کاهش وزن، میزان پوسیدگی، سفتی، ویتامین اثر معنی‌دار داشت (جدول تجزیه واریانس آورده نشده است).

با افزایش زمان نگهداری از ۷ روز به ۲۸ روز میزان سفتی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد، جدول ۲. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات تیمارهای مختلف بر میانگین این صفت در دوره‌های مختلف انبارمانی نشان داد که استفاده از ازن نسبت به شاهد سبب افزایش میزان سفتی در میوه‌های توت‌فرنگی و در طول دوره انبارمانی شدند که غلظت ۰/۱ پی‌پی‌ام ازن مؤثرتر از غلظت ۰/۳ پی‌پی‌ام آن بود. در روز هفتم، روز چهاردهم و روز بیست و یکم بیشترین میزان سفتی مربوط به تیمار ازن ۰/۱ بود هرچند که مقدار آن در روز هفتم با مقدار سفتی تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، جدول ۲.

در اکثر پژوهش‌ها به حفظ سفتی محصولات توسط ازن اشاره شده است. کاهش سفتی در طول زمان انباری ممکن است به‌دلیل آسیب بافت و یا کاهش آماس سلول در اثر آب از دست‌دهی ایجاد شود. با بررسی عوامل کنترل کننده از جمله ازن، تغییرات در نرم شدن

بافت محصولات را طی دوره انبارمانی، به اکسیداسیون اتصالات ترکیبات فنلی دیواره سلولی، ساختارهای پروتئینی و دیگر پلیمرها نسبت داده‌اند (Rodoni *et el.*, 2009). احتمال می‌رود تیمار ازن در غلظت ۰/۱ با حفظ آب و ترکیبات موجود در بافت و دیواره سلولی میوه به واسطه کاهش میزان پوسیدگی و تنفس، موجب حفظ بیشتر سفتی بافت میوه توت فرنگی شده است. در طول دوره انبارمانی تغییرات کاهش وزن به‌صورت افزایشی بود و دوره‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از این لحاظ داشتند. با افزایش زمان درصد کاهش وزن به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر تیمار ازن در غلظت پایین قرار گرفت و مقدار آن در میوه‌های شاهد و ازن با غلظت بالا بیشتر بود، بطوریکه کمترین مقدار کاهش وزن در روزهای هفتم، چهاردهم، بیست و یکم و بیست و هشتم مربوط به تیمار ازن ۰/۱ بود. مقادیر کاهش وزن تیمار ازن ۰/۱ با تیمارهای دیگر در روزهای چهاردهم و بیست و یکم اختلاف معنی‌داری نشان داد که این اختلاف در روز هفتم تنها با تیمار ازن ۰/۳ مشاهده شد.

جدول ۱-مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف ازن بر برخی صفات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در انبار سرد

غلظت گاز ازن ppm	صفات موردبررسی								
	کاهش وزن (درصد)	پوسیدگی	سفتی (نیوتن بر میلی‌متر مربع)	پی اچ	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	محتوای فنل کل (میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰گرم وزن تر)	فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد بازدارندگی)	ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰گرم آب میوه)
۰	۸/۳۱^{b}	۱/۵۰^{a}	۱۲۰/۴۴^{b}	۳/۵۵^{a}	۰/۷۱^{b}	۸/۴۴^{a}	۱۱۹/۸۵^{a}	۹۸/۰۳^{a}	۵۸/۴۰^{b}
۰/۱	۵/۶۹^{c}	۱/۳۱^{b}	۱۳۲/۹۰^{a}	۳/۵۸^{a}	۰/۸۸^{a}	۸/۷۳^{a}	۱۲۰/۰۲^{a}	۹۸/۰۳^{a}	۶۲/۳۶^{a}
۰/۳	۱۰/۲۱^{a}	۱/۴۹^{a}	۱۲۱/۰۳^{b}	۳/۵۷^{a}	۰/۶۹^{b}	۸/۵۲^{a}	۱۱۸/۳^{a}	۹۸/۰۱^{a}	۵۷/۸۳^{b}

حروف مشابه در هر ستون به معنای عدم اختلاف معنادار در سطح یک درصد هستند.

جدول ۲-مقایسه میانگین اثر دوره‌های انبارمانی بر صفات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم پاروس

زمان (روز)	صفات موردبررسی								
	کاهش وزن (درصد)	پوسیدگی	سفتی (نیوتن بر میلی‌متر مربع)	پی اچ	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد)	مواد جامد محلول (درجه بریکس)	محتوای فنل کل (میلی گرم گالیک اسید در ۱۰۰گرم وزن تر)	فعالیت آنتی اکسیدانی (درصد بازدارندگی)	ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰گرم آب میوه)
۰	۰	۰	۲۵۲/۵۰^{a}	۳/۴۵^{b}	۱/۱۱^{a}	۸/۲۶^{b}	۱۳۵/۶۰^{a}	۹۸/۲۸^{a}	۷۴/۵۰^{a}
۷	۳/۵۱^{d}	۰/۲۱^{c}	۱۶۳/۸۱^{b}	۳/۵۲^{ab}	۱/۰۵^{a}	۸/۴۸^{ab}	۱۲۱/۹۳^{ab}	۹۸/۴۷^{a}	۷۷/۷۷^{a}
۱۴	۶/۸۹^{c}	۰/۴۴^{b}	۱۴۴/۹۶^{c}	۳/۶۲^{a}	۰/۵۹^{b}	۸/۰۶^{b}	۱۱۸/۱۱^{b}	۹۸/۲۱^{a}	۶۸/۳۳^{b}
۲۱	۸/۷۸^{b}	۲/۵۱^{a}	۴۶/۹۲^{d}	۳/۶۲^{a}	۰/۵۶^{b}	۸/۸۶^{ab}	۱۳۰/۷۹^{ab}	۹۸/۲۰^{a}	۵۲/۲۷^{c}
۲۸	۱۳/۰۸^{a}	۲/۵۷^{a}	۱۵/۷۷^{e}	۳/۶۳^{a}	۰/۵۰^{b}	۹/۱۳^{a}	۹۰/۴۹^{c}	۹۶/۹۵^{b}	۲۴/۷۷^{d}

حروف مشابه در هر ستون به معنای عدم اختلاف معنادار در سطح یک درصد هستند.

علت کاهش وزن بالا در تیمار شاهد و تیمار ازن با غلظت ۰/۳ می‌تواند به این دلیل باشد که در تیمارهای فوق قارچ بوتریتیس سینرا به اشباعیت در حال رشد در روی میوه بوده و مواد غذایی موجود در روی میوه را مصرف نموده و میوه را به سمت اضمحلال می‌برد و میوه

در حال اضمحلال متابولیسم بالایی داشته و کاهش وزن آن بیشتر است حال اینکه میزان پوسیدگی در ازن با غلظت ۰/۱ کمتر بوده و میزان آب از دست‌دهی نیز کمتر است، بنابراین خواص ضد میکروبی ازن ۰/۱ و نقش آن در جلوگیری از پوسیدگی می‌تواند مانع کاهش وزن شود. پوسیدگی میوه به فعالیت عوامل قارچی تغذیه‌کننده از سطح بافت میوه مربوط می‌شود (Kader, 2002). میزان پوسیدگی میوه‌های توت فرنگی طی انبارداری افزایش یافت. از آن‌جا که فرآیند پیری در همه محصولات آن‌ها را در برابر آلودگی توسط عوامل بیماریزا مستعد می‌کند، می‌تواند دلیلی بر افزایش میزان آلودگی طی مدت انبارداری باشد (García *et al.*, 2018). فعالیت ضد میکروبی ازن را می‌توان به اثر قدرتمند اکسیدکنندگی مولکول ازن مربوط دانست و یا موادی که از تجزیه آن حاصل می‌شوند که سریعاً با دیواره سلولی باکتری‌ها، پوشش اسپورهای قارچی یا کپسید ویروس‌ها وارد واکنش شده و موجب فساد تدریجی آن‌ها گردیده و سلول را تخریب می‌کند (Palou *et al.*,2007).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که تنها زمان، در سطح ۱ درصد بر میزان پی‌اچ معنی‌دار بود. پی‌اچ نشان‌دهنده میزان غلظت یون H^+ در آب میوه است و طعم اسیدی آن را تعیین می‌کند. پس از برداشت میوه‌ها و در جریان انبارداری مقدار اسیدهای آلی به‌علت شرکت آن‌ها در تنفس و تولید اتیلن کاهش می‌یابند و منجر به افزایش پی‌اچ آب میوه می‌شوند. میزان اسیدی بودن، پارامتر تعیین‌کننده طعم میوه و از ویژگی‌های مهم برای مصرف‌کنندگان است. پی‌اچ در طول دوره انبارمانی افزایش یافت که از روز چهاردهم تا پایان دوره انبارداری در افزایش درصد این فاکتور در مقایسه با روز صفر، اختلاف معنی‌دار جدول ۲ مشاهده شد.

اثر دوره انبارمانی در سطح یک درصد و اثر تیمارهای مختلف در سطح ۵ درصد بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون معنی‌دار شد همانطور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود بیشترین درصد اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به تیمار ازن ۰/۱ بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار ازن ۰/۳ و شاهد داشت و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار ازن ۰/۳ بود که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد. مقدار اسیدهای قابل تیتراسیون با رسیدگی محصول در ارتباط بوده و موجب طعم ترش در میوه‌ها و سبزی‌ها می‌گردند. به‌دلیل شکسته‌شدن اسید و تبدیل به قند در طول تنفس، در زمان رسیدن اکثر میوه‌ها میزان اسیدهای آلی کاهش می‌یابد. همچنین کاهش در اسیدیته به مصرف در چرخه کربس ارتباط دارد و کاهش میزان اسیدیته میوه بیانگر رسیدن و زوال آن است. اسید غالب در میوه توت‌فرنگی اسید سیتریک است که مقدار آن بسته به رقم متفاوت می‌باشد.

اثر دوره‌های انبارمانی بر میزان مواد جامد محلول در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. مواد جامد محلول کل در پایان دوره ذخیره‌سازی بطور معنی‌داری افزایش یافت، جدول ۲. گلوکز، ساکارز و فروکتوز ترکیبات اصلی و بیشتر از ۹۹ درصد کل مواد جامد محلول را تشکیل می‌دهند. به‌علاوه این قندها با پذیرفته‌شدن توسط مصرف‌کننده ارتباط قوی دارند. در این پژوهش مقدار مواد جامد محلول با گذشت زمان، روندی افزایشی داشت که ممکن است به‌دلیل اتلاف آب موجود در بافت میوه‌ها طی دوره انباری باشد، چرا که اشباعیت کاهش آب در میوه‌ها طی انبارمانی معمولاً بیشتر از کاهش قند می باشد، به‌همین دلیل ظاهراً یک افزایش در قند طی انبارداری مشاهده می‌شود. همچنین میوه‌های تیمارشده در این پژوهش از مواد جامد محلول بیشتری برخوردار بودند و در بین میوه‌های تیمار شده ازن ۰/۱ بهتر توانست مواد جامد محلول را حفظ کند که با وجود معنی‌دار نبودن می‌تواند قابل توجه باشد که به نظر می‌رسد به دلیل کاهش وزن کمتر در میوه‌های تیمار شده با ازن ۰/۱ پی‌پی‌ام باشد. احتمال دارد عدم تأثیر تیمار به کار رفته بر محتوای مواد جامد محلول به طبیعت نافرازگرای محصول توت فرنگی مرتبط باشد.

با گذشت زمان میزان ویتامین ث در میوه‌های تیمار شده و شاهد در جدول ۲ کاهش یافت، که به نظر می‌رسد با افزایش طول دوره انبارمانی میزان اسید آسکوربیک کاهش می یابد. تیمار ازن ۰/۱ بهتر توانست میزان ویتامین ث را در طول دوره انبارمانی تا روز بیست و یکم حفظ کند. ویتامین ث به‌دلیل نقش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها و سبزی‌ها دارای ارزش غذایی بالایی است، اما به دلیل اکسیداسیون نسبت به تجزیه بسیار حساس است. کاهش ویتامین ث در میوه با گذشت زمان باعث کاهش ظرفیت ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن می‌شود. کاهش ویتامین ث می‌تواند به دلیل اکسید شدن اسید آسکوربیک در محیط باشد (Miller et al., 2013). علاوه بر اکسیداسیون، افزایش پی‌اچ در اثر فعالیت آنزیمی می‌تواند سبب نابودی ویتامین ث شود. براساس نتایج این تحقیق میزان فنل کل در طول دوره ذخیره‌سازی روند کاهشی قابل‌توجهی در جدول ۲ داشته است اما اثر تیمارهای مختلف بر میزان فنول کل نشان داد که به ترتیب بیشترین میزان فنول کل در تیمار ازن ۰/۱ و کمترین میزان فنول کل در تیمار ازن ۰/۳ مشاهده شد که معنی‌دار نبود جدول ۱.

اثر دوره انبارمانی بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح یک درصد معنی‌دار شد اما تیمارهای مختلف و برهمکنش تیمارها و دوره‌های انبارمانی اثر معنی‌داری بر مقدار آن نداشتند. با گذشت زمان تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دوره‌های مختلف انبارداری در مقایسه با مقدار آن در روز صفر، به‌طور قابل‌توجهی پایین‌تر بود، جدول ۲.

فعالیت آنتی‌اکسیدان موجود در میوه، بافت میوه را در مقابل تنش‌ها و بیماری‌ها محافظت می‌کنند چرا که فعالیت آنتی‌اکسیدانی با دادن الکترون به گونه‌های فعال اکسیژن اکسید شده و قدرت اکسیدکنندگی و ایجاد خسارت توسط آن‌ها را از بین می‌برند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه توت فرنگی به دلیل حضور اسید آسکوربیک و ترکیبات فنولی از قبیل الاژیک اسید و آنتوسیانین‌ها و دیگر ترکیبات با خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. در هر صورت در طول نگهداری میوه‌ها در انبار، میزان فعالیت فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل کاهش می‌یابد. در این پژوهش به نظر می‌رسد با کاهش ترکیبات فنولی و میزان ویتامین ث در طول دوره انبارداری، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدان میوه توت فرنگی نیز کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از گاز ازن با کاربرد تدخینی، در غلظت پایین و نگهداری در دمای کم برکاهش پوسیدگی و کاهش آب از بافت میوه توت فرنگی مؤثر بود. میوه‌های تیمار شده با گاز ازن از سفتی، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری برخوردار بودند. همچنین میوه‌های تیمار شده با گاز ویتامین ث بالاتری در پایان دوره انبارمانی داشتند. لازم به ذکر است میوه‌های شاهد تا ۱۴ روز و میوه‌های تیمار شده با گاز ازن تا ۲۱ روز قابلیت عرضه به بازار را دارا بودند. البته نتایج ذکر شده بستگی به غلظت مورد استفاده گاز ازن داشت. گاز ازن در غلظت کم و نگهداری میوه‌ها در دمای پایین نتایج بهتری در حفظ خصوصیات پس از برداشت میوه توت فرنگی بر جای گذاشت.

منابع

Aday, M.S., Caner, C. 2014. “Individual and combined effects of ultrasound”, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life”. LWT-Food Science and Technology, 57(1):344-351.

García-Martín, Francisco, J., Olmo, M., José, M.G. 2018. "Effect of ozone treatment on postharvest disease and quality of different citrus varieties at laboratory and at industrial facility." Postharvest Biology and Technology, 137: 77-85.

Kader, A. A. 2002. “Postharvest technology of horticultural crops (Vol. 3311)”. “UCANR Publications.

Miller, F. A., Silva, C. L., Brandão, T. R. 2013. “A review on ozone-based treatments for fruit and vegetables preservation”. Food Engineering Reviews, 5(2): 77-106.

Palou, L., Smilanick, J.L., Margosan, D.A., Troncoso-Rojas, R., Tiznado-Hernández, M. E., González-León, A. 2007. “Ozone applications for sanitation and control of postharvest diseases of fresh fruits and vegetables”. Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits and vegetables, 39-70.

Perez, A.G., Sanz, C., Ríos, J.J., Olias, R., Olías, J. M. 1999. “Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality”. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(4):1652-1656.

Rodoni, L., Casadei, N., Concellón, A., Chaves Alicia, A. R., Vicente, A. R. 2009. “Effect of short-term ozone treatments on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit quality and cell wall degradation”. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(1):594-599.

Sharma, G., Alderson, P. 2005. “UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization”. Trends in Food Science and Technology, 16(4): 128-136.

Tabakoglu, N., Karaca, H. 2018. Effects of ozone-enriched storage atmosphere on postharvest quality of black mulberry fruits (*Morus nigra* L.). LWT, *92*: 276-281.

Zhang, X., Zhang, Z., Wang, L., Zhang, Z., Li, J., Zhao, C. 2011. “Impact of ozone on quality of strawberry during cold storage”. Frontiers of Agriculture in China, 5(3):356-360.

The effects of fumigated Ozone on quality and storage life of strawberry fruit, cv. Paros

Bahareh Shirbeygi[1], Mohammad Sayyari[2*], Hassan Sarikhani[2]
[1] Former Msc. Student, Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
[2] Associated Professor, Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
** Corresponding author: m.sayyari@basu.ac.ir ; sayyari_m@yahoo.com*

Abstract

The effects of fumigated ozone at 0, 0.1 and 0.3 ppm was evaluated during 28 day of cold storage on quality and storability of strawberry fruits cv. Paros. The fruits were daily treated by ozone gas and their qualitative parameter were measure after 7, 14, 21 and 28day storage at 0 ± 1 ˚C. The results showed that fumigated ozone treatment can improve storability of strawberry fruits. Application of 0.1 ppm ozone reduced decay of fruit significantly in comparison with control and 0.3 ppm treated fruits. Storage periods affected Vitamin C, total phenol content and antioxidant activity. Treated fruits with 0.1 ppm had higher level of fruit firmness and titratable activity when compared with other fruits. In addition, 0.1 ppm of ozone delayed destruction of Vitamin C and maintained fruit quality. In controls and treated fruits with 0.3 ozone, the weight loss was higher but 0.1 ppm of ozone treatment had significant effect on this trait. Changes of qualitative parameters such as PH, total soluble solid, total phenol content and antioxidant activity were not affected by application ozone treatments. In general, application of ozone especially at 0.1 ppm during cold storage could be an appropriate method in reducing fruits decay and keeping quality attributes of strawberry fruits.