مقاله پژوهشی

تأثیر تیمارهای پس از برداشت گابا و اسید سالیسیلیک در کیفیت آنتی‌اکسیدانی و بازارپسندی توت‌فرنگی

اشکان رضایی[۱]، حنیفه سید حاجی‌زاده*[۱]، علیرضا فرخزاد[۲] و فهیمه قلی‌زاده وکیل کندی[۱]

[۱] گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه

[۲] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۲/۲۱)

چکیده

توت‌فرنگی از میوه‌های بسیار فسادپذیر بوده و میزان ضایعات پس از برداشت در این محصول بالا است لذا حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری آن با ترکیبات سالم حائز اهمیت است. در این راستا اثر تیمارهای اسید سالیسیلیک و گابا (صفر، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بر خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی طی ۷ و ۱٤ روز نگهداری در سردخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد همه تیمارهای ترکیبی و نیز گابا بجز اسید سالیسیلیک مانع از افزایش pH آب میوه شدند. کمترین میزان مواد جامد محلول در تیمار ترکیبی گابا و اسید سالیسیلیک (۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) و بهترین تیمار در حفظ ویتامین ث غلظت ۰/۵ میلی‌مولار گابا بود. تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک و گابا (۰/۵ میلی‌مولار) در حفظ اسیدیته قابل تیتراسیون و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و گابا ۰/۵ میلی‌مولار در حفظ میزان فنل کل بیشترین تأثیر را داشتند. بیشترین فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک و گابا (۰/۵ میلی‌مولار) مشاهده شد. تأثیر اسید سالیسیلیک در فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و کاتالاز بیشتر از گابا بود. تیمار میوه‌ها با اسید سالیسیلیک و گابا به‌طور معنی‌داری فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نسبت به شاهد افزایش داد به‌طوری که بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک و گابا (۰/۵ و ۱ میلی‌مولار) مشاهده شد. تیمار با اسید سالیسیلیک و گابا به‌دلیل حفظ بهتر خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی و کاهش از دست‌دهی آب از سطح میوه‌ها، پتانسیل زیادی در حفظ بازارپسندی توت‌فرنگی دارد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی حسی، غوطه‌وری، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، گاما آمینو بوتیریک اسید

مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria x ananassa* Duch. از جمله میوه‌های نافرازگرا بود و برای افزایش بازارپسندی و کیفیت میوه‌ها بایستی در مرحله کاملاً رسیده برداشت شود. از سوی دیگر به‌دلیل حساسیت به بیماری‌های قارچی بسیار فسادپذیر و دارای عمر پس از برداشت کوتاهی است (Cherian *et al.*, 2014). در محصولات برداشت‌شده، فعالیت‌های متابولیکی طبیعی و تنش حاصل از اکسیدشدن، وضعیت ظاهری، کیفیت، ماندگاری و ارزش غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Saavedra, 2016).

برای حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی از ترکیبات شیمیایی مختلفی استفاده شده است، اما امروزه با توجه

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]

به افزایش تمایل برای استفاده از ترکیبات طبیعی (Davarynejad *et al*., 2015) و نیز محدودیت استفاده از تیمارهای شیمیایی به‌دلیل سرطان‌زایی و خطرناک‌بودن و افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و اجتناب آنها از مصرف محصولاتی که در نگهداری آن از مواد شیمیایی استفاده شده، سبب شده که روش‌های جایگزین غیرسمی مناسبی به‌منظور افزایش کیفیت و عمر قفسه‌ای توت‌فرنگی گسترش یابد (Shama and Alderson, 2005). یکی از مهم‌ترین ترکیباتی که نظر محققین را در چند دهه اخیر به خود جلب کرده است ترکیب فنلی اسید سالیسیلیک است که نه تنها باعث القا مقاومت در مقابل تنش‌های مختلف و عوامل بیماری‌زا می‌شود بلکه در بسیاری از موارد باعث افزایش مقدار آنتی‌اکسیدان کل محصول شده و از تولید اتیلن و رشد قارچ‌های عامل فساد در میوه جلوگیری می‌کند (Aghdam *et al*., 2012). تیمار میوه‌های هلو با اسید سالیسیلیک در غلظت ۲ میلی‌مولار با کاهش میزان تنفس و تعرق، پیری میوه‌ها را به تأخیر انداخته و با کاهش هیدرولیز نشاسته باعث حفظ سفتی میوه‌ها شده و از پوسیدگی میوه‌های تیمارشده جلوگیری کرده است (Tareen *et al*., 2012). اسید سالیسیلیک با کاهش پوسیدگی قارچی بوتریتیس در گوجه‌فرنگی و کاهش تولید اتیلن و مهار آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی مانند پلی گالاکترونازها، لیپوکسیژنازها، سلولازها و پکتین متیل استرازها میزان نرم‌شدن میوه را کاهش داده و رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد، که این نتیجه در مورد میوه کیوی نیز گزارش شده است (Fatemi *et al*, 2013). همچنین مطالعات نشان می‌دهد که تیمار میوه‌های موز با اسید سالیسیلیک پس از برداشت، از نرم‌شدن میوه جلوگیری می‌کند (Srivastava and Dwivedi, 2000). گاما آمینوبوتریک اسید (گابا) آمینواسیدی غیرپروتئینی و چهار کربنه است که در گیاهان از طریق دکربوکسیلاسیون گلوتامات تولید می‌شود (Wang *et al*., 2014)، گابا در برابر افزایش دی‌اکسید کربن و تنش‌هایی مانند تحریک مکانیکی، زخم‌های مکانیکی، اسیدی‌شدن سیتوسول، شوری، کمبود اکسیژن، خشکی و سرما به‌عنوان یک پاسخ متابولیکی و همچنین به‌صورت مستقیم از پلی‌آمین‌ها که در پاسخ به تنش‌های غیرزیستی تجمع می‌یابند، در گیاه تولید می‌شود (Shelp *et al*., 2012). کاربرد گابا در غلظت ۲۰ میلی‌مولار در میوه موز باعث کاهش آسیب سرمازدگی، تجمع پرولین، افزایش فنل کل، افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت میوه‌های موز می‌گردد (Deng *et al*., 2010). Yang و همکاران (۲۰۱۱) با غوطه‌وری میوه‌های هلو در محلول ۵ میلی‌مولار گابا به‌مدت ۱۰ دقیقه به این نتیجه رسیدند که تیمار گابا از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث افزایش مقاوت میوه‌ها در برابر آسیب سرمازدگی می‌شود. مشابه همین پژوهش با غلظت‌های ۲ و ٦ میلی‌مولار گابا نیز در هلو نتایج یکسانی حاصل شد (Soleimani Aghdam *et al*., 2015). بنابراین با توجه به اینکه توسعه روش‌های جدید و سالم برای افزایش میزان ماندگاری و کاهش ضایعات محصولات فسادپذیر بسیار مورد توجه است لذا هدف از پژوهش حاضر بررسی پتانسیل استفاده از اسید سالیسیلیک و گابا در حفظ خصوصیات کیفی و بیوشیمیایی توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا در طی انبارمانی است.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر میوه‌های توت‌فرنگی رقم کوئین در مرحله قابل برداشت تجاری (رنگ‌گیری بیش از ۷۵ درصد سطح میوه) از مزرعه‌ای واقع در ۸ کیلومتری جاده سقز- سنندج برداشت شد و بلافاصله به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه منتقل گردیدند. میوه‌ها از لحاظ رنگ، شکل، اندازه و عاری‌بودن از صدمات فیزیکی و آفات و بیماری‌ها جداسازی شده و سپس به‌مدت ۲ دقیقه در ترکیب‌های تیماری اسید سالیسیلیک در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار و گابا در غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۵ و ۱ میلی‌مولار غوطه‌ور شدند. پس از یک ساعت که سطح میوه در دمای اتاق خشک شد، در داخل ظروف پلاستیکی بسته‌بندی و به سردخانه‌ای با دمای ۰/۵ ± ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد منتقل شدند. صفات موردنظر در دو زمان ۷ و ١٤ روز پس از تیمار ارزیابی شدند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]

قالب طرح کاملاً تصادفی با سه فاکتور اسید سالیسلیک (SA1=۰/۵ و SA2=۱ میلی‌مولار)، گابا (GABA1=۰/۵ و GABA2=۱ میلی‌مولار) هر یک در سه سطح و زمان ارزیابی در دو سطح (T1=۷ و T2=۱٤ روز پس از تیمار) در چهار تکرار انجام شد. زمان T0 اندازه‌گیری در روز برداشت را نشان می‌دهد. سپس پارامترهای مختلف کیفی و بیوشیمیایی مورد بررسی قرار گرفتند.

pH عصاره میوه با دستگاه pH متر دیجیتالی (CG824) و اسیدیته قابل تیتراسیون با روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH=۸/۲ انجام گرفت (Ayala- Zavala, 2007).

مواد جامد قابل‌حل (TSS) با استفاده از دستگاه رفراکتومتر دستی (Atago Manual, Japan) در دمای اتاق بر حسب درجه بریکس خوانده شد.

سفتی بافت میوه‌ها از دستگاه سفتی‌سنج (TA. XT Plus Stable Micro System, UK) با قطر پروب ۳ میلی‌متر و بر حسب گرم نیرو تعیین شد.

برای تعیین میزان کاهش وزن میوه‌ها در ابتدای آزمایش و قبل از شروع نگهداری با ترازوی دیجیتالی (AND, DR300, Japan) وزن شده و سپس در روزهای ۷ و ١٤ مجدداً توزین شدند و میزان کاهش وزن میوه‌ها به‌صورت درصد بیان شد (Rodriguez *et al*., 2005).

میزان اسید آسکوربیک (ویتامین C) براساس کاهش رنگ ترکیب، ۲-۲ دی‌کلرو فنل ایندوفنل (DCIP) تا ظهور رنگ صورتی توسط اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شد. در این روش مقدار یک گرم از بافت میوه با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید (۱ درصد) مخلوط شد. پس از گذشت نیم ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و ٦۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد. میزان جذب نمونه‌های حاوی ۱۰۰ میکرولیتر محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ و ۲/۵ میلی‌لیتر DCIP در طول‌موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد (Bor *et al*., 2006).

برای اندازه‌گیری محتوای فنل کل از روش فولین سیوکالتو استفاده شد. عصاره‌های میوه با واکنش‌گر فولین سیوکالتو ترکیب شده و بعد از پنج دقیقه محلول بی‌کربنات سدیم اضافه شد، مخلوط حاصل به مدت دو ساعت در دمای اتاق قرار گرفت، سپس میزان جذب نوری آن در طول‌موج ۷٦۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (Novaspec II Pharma LKB , UK) خوانده شد (Waterhouse *et al*., 2002).

برای تعیین کیفیت ظاهری و بازارپسندی میوه‌ها هر یک از واحدهای آزمایشی به‌طور جداگانه مورد ارزیابی قرار گرفتند و بر حسب میزان بازارپسندی آنها نمره‌های یک تا پنج به صورت زیر برای آنها در نظر گرفته شد. ۱= ضعیف، ۲= متوسط، ۳= خوب، ٤= خیلی خوب، ۵= عالی. میانگین اعداد به‌دست آمده به‌عنوان نمره آن واحد آزمایشی ثبت گردید (Ayala-Zavala *et al*., 2007).

برای تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از خاصیت اکسیدکنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و۲- دی- فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل) استفاده شد. به این منظور مقادیر مختلف عصاره میوه با DPPH نرمال مخلوط و پس از گذشت ۳۰ دقیقه میزان جذب استاندارد و نمونه در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-VIS, shimadzu, Japan) خوانده شد. سپس ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به‌صورت درصد بازدارندگی DPPH و براساس رابطه ۱ محاسبه شد (Chio *et al*., 2007).

رابطه (۱)

$$DPPHsc\ (\%) = (Acont - Asamp) / Acont \times 100$$

که در آن DPPHsc درصد بازدارندگی، Acont میزان جذب DPPH و Asamp میزان جذب نمونه‌ها + DPPH است.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) با اندازه‌گیری سرعت حذف هیدروژن پراکسید براساس روش Beers و Sizer (۱۹۵۲) با کمی تغییر صورت گرفت. در ابتدا پس از گرفتن آب میوه با حفظ زنجیره سرد ۰/۵ میلی‌لیتر آب میوه داخل میکروتیوب ریخته شد و سپس ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات به آن اضافه شد و مخلوط فوق در دستگاه سانتریفوژ در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ گردید. سپس۵۰ میکرولیتر از قسمت عصاره شفاف جدا و مجدداً ۲/۵ میکرولیتر بافر فسفات به آن اضافه شد و در داخل اسپکتروفوتومتر قرار داده شد و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]

بعد از چند ثانیه ۲۰ میکرولیتر هیدروژن پراکسید نیز اضافه نموده و دوباره داخل دستگاه قرار داده شد و کاهش جذب در طول‌موج ۲٤۰ نانومتر در طول مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شد. تجزیه H_2O_2 به‌صورت کاهش جذب در ۲٤۰ نانومتر در مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شد. فعالیت ویژه آنزیم کاتالاز به‌صورت واحد در هر میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز (PPO) بر طبق روش Pizocaro و همکاران (۱۹۹۳) و براساس اکسیداسیون کاتکول (catechol) اندازه‌گیری شد. در ابتدا حدود ۰/۵ میلی‌لیتر از آب میوه با ۱/۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات مخلوط گردید، سپس در در ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفوژ گردید. بعد از انجام عمل سانتریفوژ ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره شفاف جدا و مجدداً ۳/۵ میکرولیتر بافر فسفات با pH ٦/٤ به آن اضافه گردید. اندازه‌گیری توسط تزریق ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره آنزیم به ۲/۵ میلی‌لیتر ماده بافری شامل (بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار با pH ٦/٤ و ۵۰ میلی‌مولار کاتکول) اندازه‌گیری شد. پس از قراردادن در بن‌ماری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت حدود پنج دقیقه منحنی تغییرات جذب در طول‌موج ٤۲۰ نانومتر به مدت سه دقیقه اندازه‌گیری شد.

برای سنجش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز (PAL) از روش karthikeyan و همکاران (۲۰۰٦) طی روش ذکرشده استفاده شد. ۰/۵ گرم از بافت تازه میوه با استفاده از ۱/۵ میلی‌لیتر بافر استخراج (بافر بورات ۰/۱ مولار، ۰/۱ درصد پلی‌وینیل پیرولیدون و ۱/٤ میلی‌مولار مرکاپتواتانول) با pH=۷ کوبیده شد سپس به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. پس از اتمام سانتریفوژ از عصاره رویی برای سنجش آنزیم استفاده شد. محتوی نمونه برای سنجش آنزیم حاوی ۳۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی؛ ۱ میلی‌لیتر بافر سنجش (بافر بورات ۰/۱ مولار ۰/۱ درصد پلی وینیل پیرولیدون و ۱/٤ میلی‌مولار مرکاپتواتانول) با pH ۸/۸ و ۱ میلی‌لیتر L– فنیل آلانین ۱۲ میلی‌مولار بود که به‌مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب‌گرم (بن‌ماری) با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و جذب در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام گردید و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل (۲۰۱٦) استفاده شد.

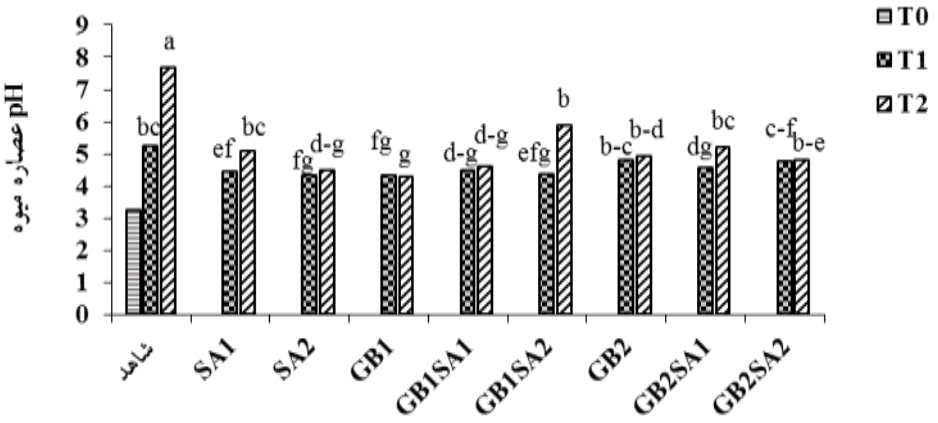
نتایج و بحث

pH عصاره میوه: مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان pH آب میوه نشان داد که کمترین میزان pH مربوط به تیمار گابا ۰/۵ میلی‌مولار و بیشترین میزان pH مربوط به تیمار شاهد پس از ۱٤ روز نگهداری است. بین تیمار شاهد و تمامی تیمارها به‌خصوص ۱٤ روز پس از نگهداری، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۱). اثر اسید سالیسیلیک و گابا در حفظ اسیدیته میوه‌های تیمارشده طی دوره پس از برداشت نسبت به شاهد به‌دلیل نقش آنها در کاهش فعالیت‌های متابولیکی خصوصاً تنفس و اتیلن است (Khalil, 2014). نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج Tareen و همکاران (۲۰۱۲) در میوه هلو مطابقت داشت.

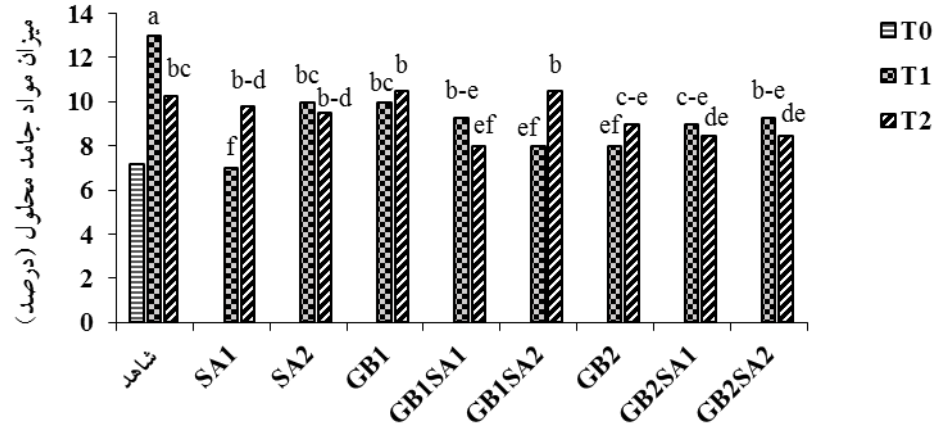
میزان مواد جامد محلول (TSS): براساس نتایج به‌دست آمده کمترین میزان مواد جامد محلول مربوط به تیمار اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار پس از ۷ روز نگهداری بود و میوه‌های تیمارشده با تیمارهای ترکیبی اسید سالیسیلیک و گابا (۰/۵ میلی‌مولار) میزان مواد جامد محلول کمتری نسبت به تیمار شاهد داشتند و بیشترین میزان مواد جامد محلول مربوط به تیمار شاهد پس از ۱٤ روز نگهداری بود. در پایان دوران نگهداری میزان مواد جامد محلول در میوه‌های تیمارشده با اسید سالیسیلیک و گابا نسبت به شاهد حفظ گردید و روند افزایش مواد جامد محلول کندتر بود (شکل ۲). اسید سالیسیلیک می‌تواند تولید و عمل اتیلن و همچنین میزان تنفس را در میوه‌های برداشت‌شده کنترل کند و از طریق کاهش تولید و عمل اتیلن و از طرف دیگر با افزایش پتانسیل آنتی‌اکسیدانی محصول از اکسیداسیون چربی‌ها جلوگیری می‌کند و درنتیجه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان pH عصاره میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ۱٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

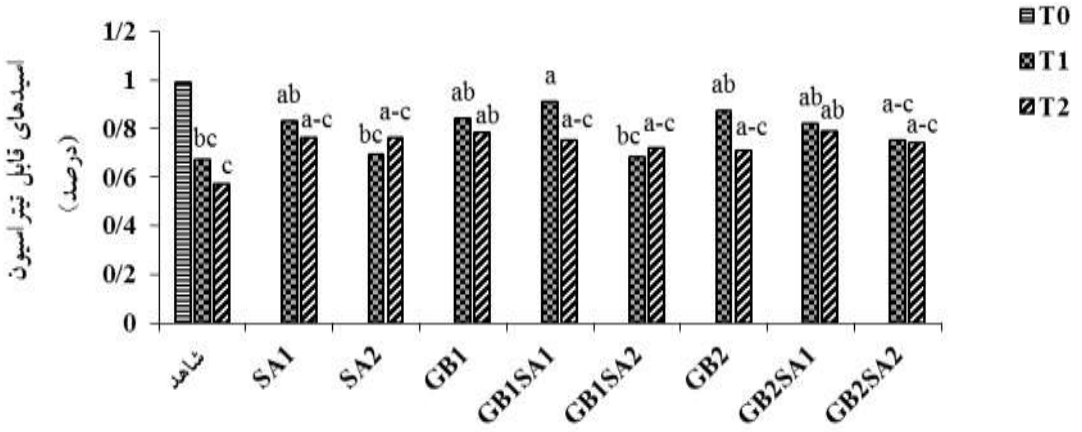


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر درصد مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ۱٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

از رسیدن و همچنین نرم‌شدن میوه جلوگیری کرده و از این طریق از افزایش مواد جامد محلول جلوگیری می‌کند (Babalar *et al.*, 2007). گابا با افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیدانی و با جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدی از تجزیه کربوهیدرات‌ها و قندها جلوگیری کرده و مانع افزایش مواد جامد محلول می‌گردد (Yang *et al.*, 2011). در این آزمایش تیمار ترکیبی گابا و اسید سالیسیلیک موجب حفظ مواد جامد محلول در میوه توت‌فرنگی به‌خصوص ۱٤ روز پس از نگهداری گردید که می‌تواند در رابطه با اثر سینرژیستی دو ترکیب روی کاهش فعالیت آنزیم‌های ساکارز سنتاز و اینورتاز باشد که در تبدیل نشاسته به قندهای محلول نقش دارند (Yang *et al.*, 2011).

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): براساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به تیمار ترکیبی گابا و اسید سالیسیلیک هر یک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار پس از ۷ روز نگهداری و کمترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به تیمارهای شاهد پس از ۷ و ۱٤ روز نگهداری بود. با این حال میزان اسیدهای قابل تیتراسیون در طی انبارداری به‌طور معنی‌داری در همه تیمارها کاهش یافت. تیمارهای گابا

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان اسیدهای قابل تیتراسیون عصاره میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

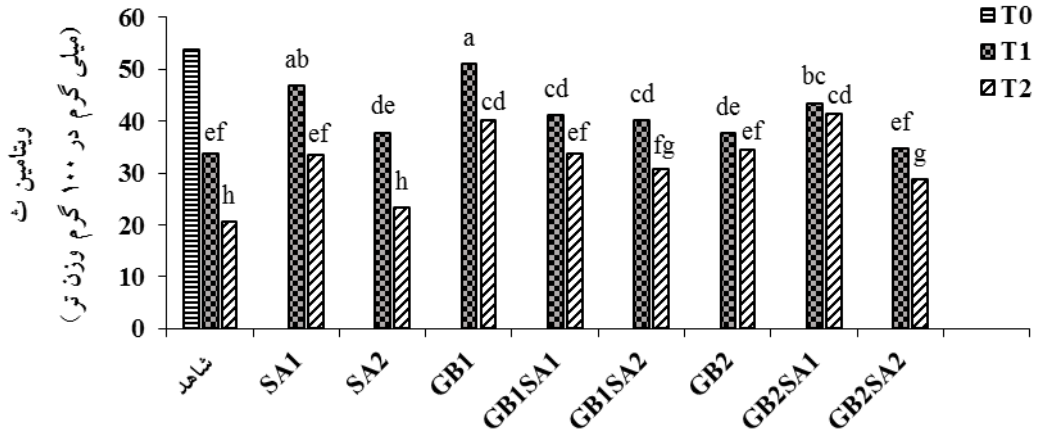
و اسید سالیسیلیک مورد استفاده موجب حفظ اسیدیته در حد مطلوبی نسبت به تیمار شاهد گردیدند (شکل ۳). اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) طی انبارداری در میوه‌ها کاهش می‌یابد و منجر به شکستن اسیدها به قند در طول تنفس می‌شود (Marsh *et al.*, 2014). در این پژوهش تیمارهای اسید سالیسیلیک و گابا موجب حفظ اسیدیته در حد مطلوبی نسبت به تیمار شاهد گردیدند، به‌طوری که بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در گابا ۰/۵ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار به‌دست آمد. هر عاملی که باعث کاهش تنفس بشود، باعث کاهش مصرف اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترای تنفسی می‌شود. اسید سالیسیلیک نیز با کاهش تولید اتیلن و تنفس باعث کاهش مصرف اسیدهای آلی می‌شود (Aghdam *et al.*, 2012). کاربرد پس از برداشت گابا در گلابی نیز باعث حفظ اسیدهای آلی نسبت به شاهد شده است (Yu *et al.*, 2014).

ویتامین C (اسید آسکوربیک): ویتامین ث طی دوره نگهداری به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد اما این میزان کاهش در تیمار گابا ۰/۵ میلی‌مولار پس از ۷ روز نگهداری کمتر بوده و بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به این تیمار بود و تیمار ترکیبی گابا ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار نیز میزان ویتامین ث بالایی را طی ۷ و ۱٤ روز پس از نگهداری نشان دادند. کمترین میزان ویتامین ث مربوط به تیمار شاهد پس از ۱٤ روز نگهداری بود. در پایان دوره نگهداری تیمارهای به‌کار رفته موجب حفظ سطوح ویتامین ث در سطح بالاتری نسبت به شاهد گردیدند. ویتامین ث نسبت به دیگر مواد در طی نگهداری به اکسیدشدن خیلی حساس است. تیمار گابا ۰/۵ میلی‌مولار، ۷ روز و تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار و گابا ۱ میلی‌مولار، ۱٤ روز پس از نگهداری موجب حفظ بهتر ویتامین ث گردید (شکل ٤). تیمار پس از برداشت میوه‌های زردآلو با اسید سالیسیلیک با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای ترکیبات فنلی باعث حفظ بهتر ویتامین ث در میوه شده است (Wang *et al.*, 2015). با توجه به این که تا به حال هیچ گزارشی در مورد تأثیر گابا بر روی اسید آسکوربیک در میوه‌های برداشت‌شده گزارش نشده است احتمالاً تیمار میوه‌های توت‌فرنگی با این ترکیب به‌دلیل نقش آن در فعال‌کردن سیستم آنتی‌اکسیدانی در میوه است که منجر به حفظ ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از جمله ترکیبات فنلی و اسید آسکوربیک شده و از تجزیه آن در طول دوره نگهداری توسط رادیکال‌های آزاد جلوگیری کرده و باعث حفظ آن شده است.

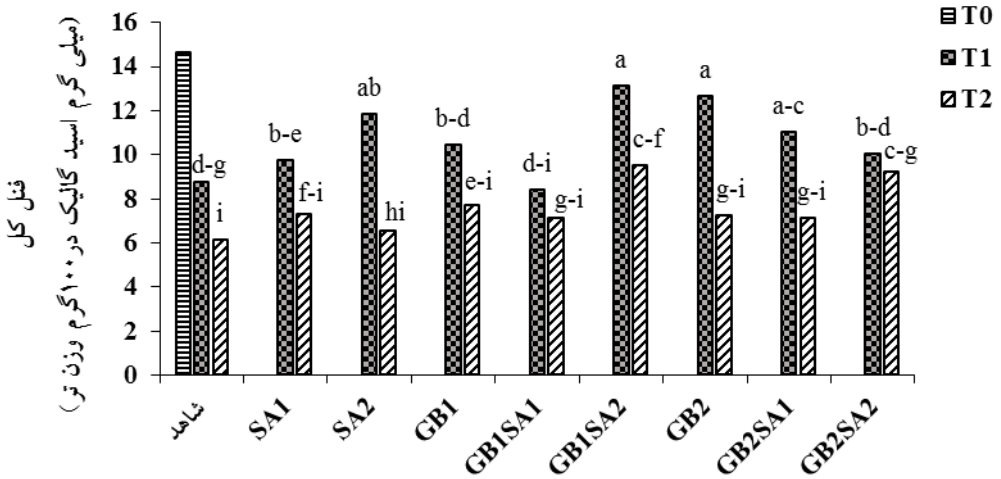
فنل کل: بیشترین میزان فنل کل مربوط به تیمار ترکیبی گابا ۰/۵ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار پس از ۷ روز نگهداری بود و بین این تیمار و گابا ۱ میلی‌مولار پس از ۷ روز نگهداری تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۵).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



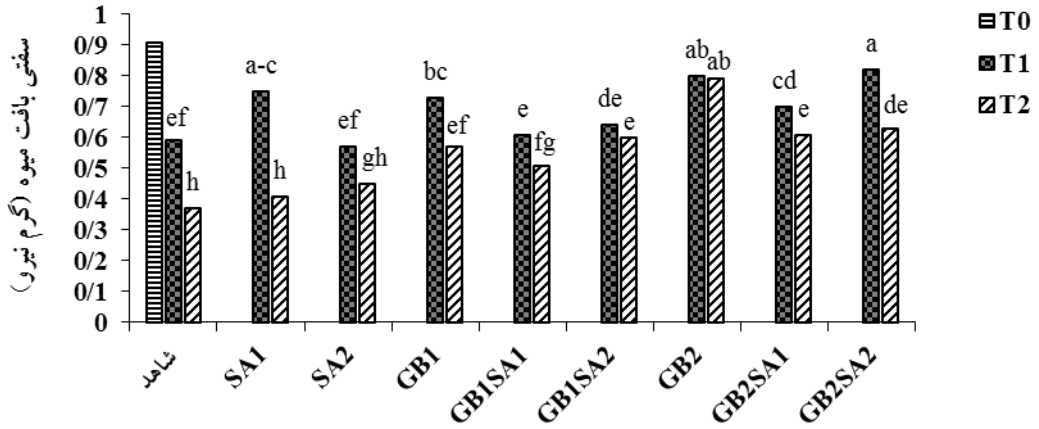
شکل ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان ویتامین ث میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ١٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).



شکل ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان فنل کل میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ١٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

تیمارهای به‌کار رفته موجب حفظ میزان فنل در حد بالاتری نسبت به تیمارهای شاهد گردیدند و کمترین میزان فنل کل مربوط به تیمارهای شاهد پس از ١٤ روز نگهداری بود. با این حال در پایان دوره نگهداری روند کاهش فنل کل در تیمار گابا و اسید سالیسیلیک کندتر از شاهد بود. فنل‌ها نقش مهمی را به‌عنوان سیستم دفاعی در برابر گونه‌های فعال اکسیژن ایفا می‌کنند (Lattanzio *et al.*, 2012). کاربرد اسید سالیسیلیک منجر به افزایش میزان فنل کل در عناب و آلبالو شده است (Cao *et al.*, 2013). همچنین گزارش شده که تیمار با غلظت ۲ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در خوشه‌های انگور کاهش وزن را کمتر کرده، قهوه‌ای‌شدن ساقه خوشه را به تأخیر انداخته، پوسیدگی قارچی را کاهش و موجب تجمع ترکیبات فنلی می‌شود (Ranjbaran *et al.*, 2011). گابا با تأثیری که بر تحریک فعالیت آنزیم PAL دارد باعث تولید ترکیبات فنلی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان سفتی بافت میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ١٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

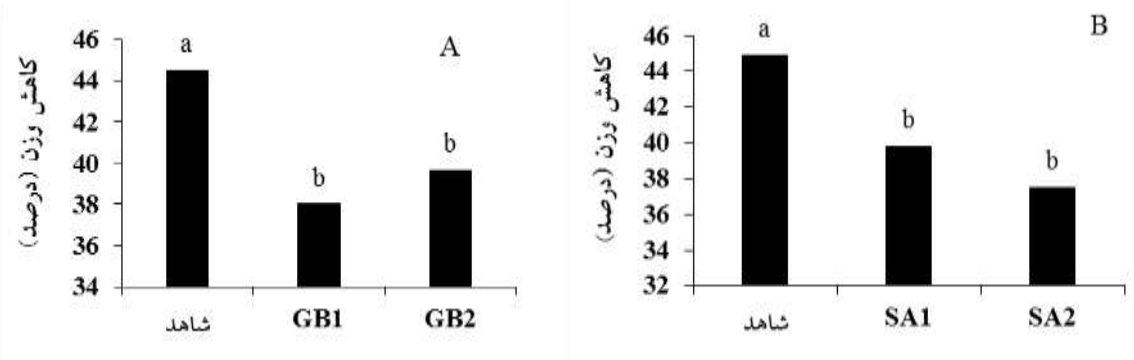
شده درنتیجه منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بافت میوه می‌گردد (Wang *et al*., 2014).

سفتی بافت میوه: با توجه به نتایج حاصل از آزمایش بیشترین میزان سفتی بافت مربوط به تیمار گابا و اسید سالیسیلیک (۱ میلی‌مولار) پس از ۷ روز نگهداری به‌دست آمد. بیشترین سفتی مربوطه به تیمار گابا ۱ میلی‌مولار و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد پس از ١٤ روز نگهداری بود (شکل ٦). نتایج به‌دست آمده از این آزمایش حاکی از آن است که اسید سالیسیلیک با تأثیر روی فاکتورهای نرم‌کننده دیواره سلولی باعث حفظ بهتر سفتی بافت میوه شده است که با نتایج آزمایشات قبلی بر روی میوه‌های انگور، انار و زردآلو مطابقت داشت (Sayyari *et al*., 2011; Khademi and Ershdi, 2013; Wang *et al*., 2015). همچنین گابا باعث فعال‌شدن آنزیم‌هایی می‌شود که در لیگنینی‌شدن دیواره سلولی نقش دارند و از این طریق از نرم‌شدن میوه جلوگیری می‌کند (Yu *et al*., 2014). با این حال در مطالعه‌ای که روی میوه هلو انجام‌شده، تیمار پس از برداشت گابا تأثیر معنی‌داری بر سفتی میوه‌ها نداشت (Shang *et al*., 2011) که این موضوع با نتایج ما مطابقت نداشت.

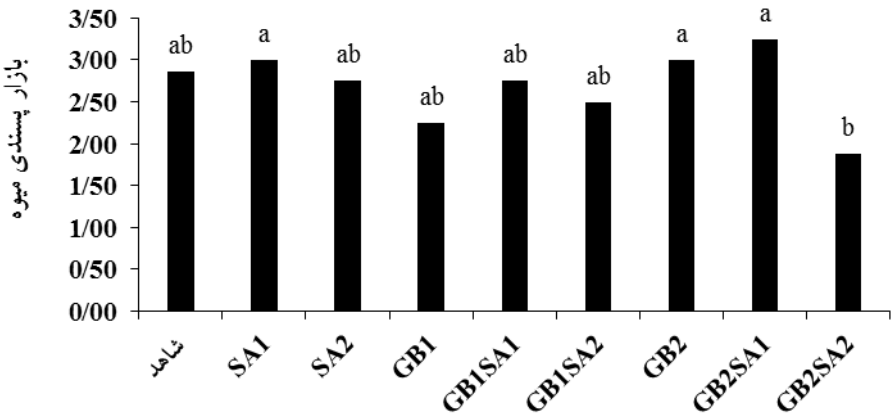
کاهش وزن: اثرات ساده گابا و اسید سالیسیلیک بر میزان کاهش وزن میوه توت‌فرنگی رقم کوئین معنی‌دار بود درحالی که سایر تیمارها تأثیر معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان کاهش وزن میوه در طی انبارداری مربوط به تیمار گابا ۰/۵ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و بیشترین میزان مربوط به تیمار شاهد بود (شکل B و A ۷). کاهش وزن در محصولات برداشت‌شده درنتیجه تنفس، تعرق و فعالیت متابولیکی اتفاق می‌افتد، گزارش شده که اسید سالیسیلیک روزنه‌ها را می‌بندد که منجر به متوقف‌شدن مقدار تنفس و کمترکردن کاهش وزن میوه‌ها می‌شود. میوه‌های هلو رقم Delicia تیمارشده با اسید سالیسیلیک نسبت به میوه‌های شاهد کاهش وزن کمتری داشتند (Abbasi *et al*., 2010). در آزمایشی که روی میوه‌های گوجه‌فرنگی و هلو انجام شده است نشان داده شد که گابا باعث حفظ شیره داخلی شده و درنتیجه از کاهش وزن آنها جلوگیری کرده است (Makino *et al*., 2008; Shang *et al*., 2011) که تأییدکننده نتیجه مطالعه حاضر است.

بازارپسندی: علی‌رغم اینکه بازارپسندی محصول با افزایش زمان انبارداری کاهش می‌یابد ولی با این وجود میوه‌هایی که با تیمار ترکیبی گابا و اسید سالیسیلیک (به‌ترتیب ۱ و ۰/۵ میلی‌مولار) تیمارشده بودند بیشترین میزان بازارپسندی را داشتند درحالی که کمترین میزان بازارپسندی مربوط به تیمار ترکیبی گابا و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار بود (شکل ۸). گابا را می‌توان به‌صورت محلول به‌عنوان تیمار در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



شکل ۷- مقایسه میانگین تأثیر غلظت‌های مختلف گابا (A) و غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (B) بر درصد کاهش وزن میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

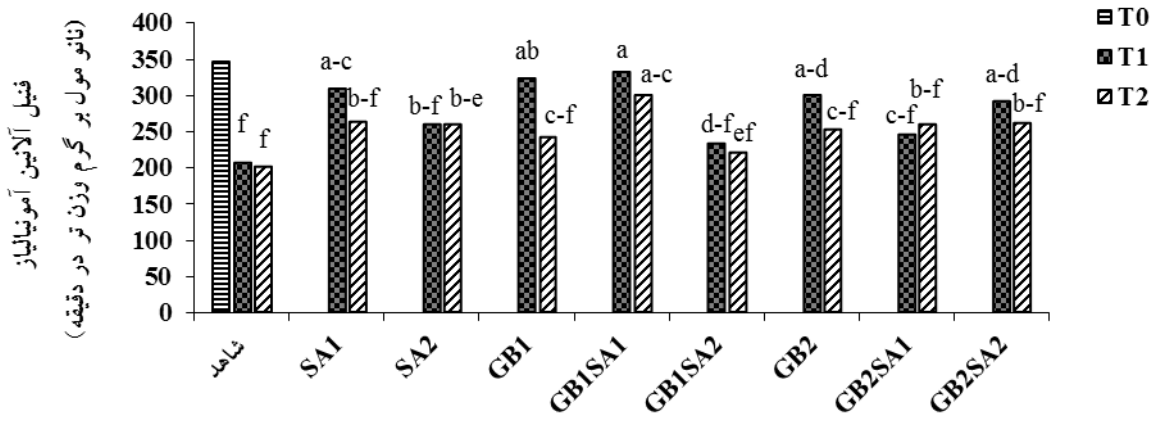


شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و گابا بر بازارپسندی میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

فن‌آوری پس از برداشت میوه‌ها یا سبزیجات به‌کار برد. غلظت بالای گابا با کاهش پراکسیداسیون لیپیدهای غشا همبستگی دارد و به‌عنوان یک کاتیون می‌تواند به ترکیبات آنیونی غشا از جمله فسفولیپیدها بپیوندد و از این طریق می‌تواند باعث ثبات در دو لایه غشا شده و زوال آن را به تأخیر بیاندازد (Malekzadeh *et al.*, 2014). یکی از شاخص‌های مهم در تعیین بازارپسندی میوه توت‌فرنگی، مواد جامد محلول کل است و میوه‌هایی با ۷٪ ماده‌های جامد محلول بهترین طعم را از نظر مصرف‌کننده دارا هستند (da Silva Pinto *et al.*, 2008). اسید سالیسیلیک با افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش گونه‌های فعال اکسیژن شده و درنتیجه منجر به حفظ کیفیت تغذیه‌ای و ظاهری محصولات برداشت‌شده می‌گردد (Kumar *et al.*, 2014).

فنیل آلانین آمونیالیاز: بیشترین میزان فعالیت این آنزیم مربوط به تیمار ترکیبی گابا و سالیسیلیک اسید (۰/۵ میلی‌مولار) پس از ۷ روز نگهداری بود و کمترین میزان در تیمارهای شاهد به‌دست آمد و تیمارهای مورد آزمایش موجب حفظ فعالیت این آنزیم در سطح مطلوبی نسبت به میوه‌های شاهد گردیدند (شکل ۹). تیمار گابا در دوره نگهداری و حمل‌ونقل باعث تحریک فعالیت آنزیم PAL می‌شود. بنابراین ترکیبات فنلی به‌دنبال آن افزایش پیدا کرده و درنتیجه منجر به افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در بافت میوه می‌گردد (Wang *et*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ١٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

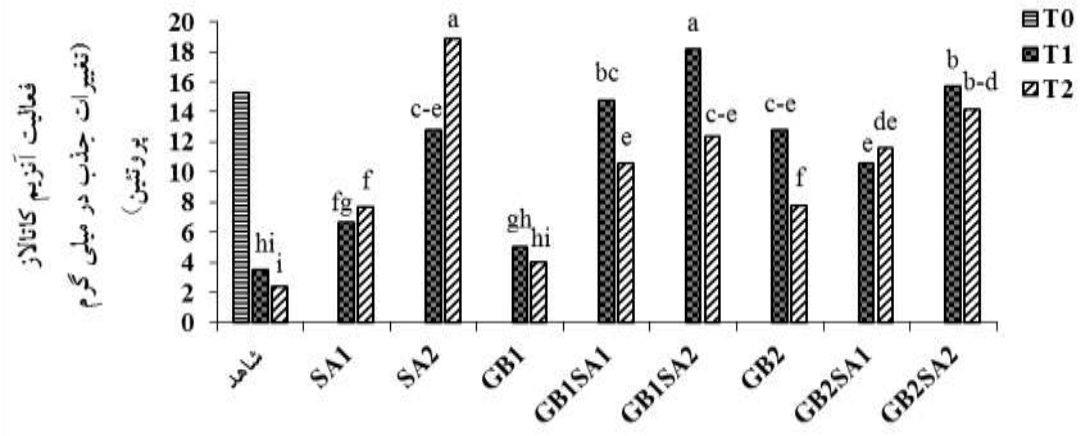
al., 2014). اسید سالیسیلیک باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL می‌شود که با افزایش فعالیت این آنزیم سنتز و تجمع ترکیبات فنلی افزایش می‌یابد (Dokhanieh *et al*, 2013).

فعالیت آنزیم کاتالاز: فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار پس از ١٤ روز نگهداری بیشترین میزان بود و بین این تیمار با تیمار ترکیبی گابا ۰/۵ میلی‌مولار با اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار پس از ۷ روز نگهداری تفاوت معنی‌دار وجود نداشت و کمترین میزان فعالیت این آنزیم در پایان دوران نگهداری مربوط به میوه‌های شاهد بود (شکل ۱۰). کاتالاز با داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی، باعث فعال‌شدن پاسخ‌های دفاعی در برابر تنش‌ها شده و همراه با سایر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی باعث حذف رادیکال‌های آزاد می‌شود (Mo *et al*., 2008). تیمار اسید سالیسیلیک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Cueto-Ginzo *et al*., 2016). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در میوه‌های هلو و زردآلو تیمارشده با اسید سالیسیلیک مشاهده شده است (Tareen *et al*., 2012; Wang *et al*., 2015). گابا از طریق فعال‌کردن آنزیم کاتالاز، منجر به پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد شده و از این طریق گیاه را در برابر تنش‌های اکسیداتیو محافظت می‌کند. در میوه‌های هلو که با تنش سرمایی مواجه شده بودند، گابا باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله آنزیم کاتالاز شده بود (Yang *et al*., 2011).

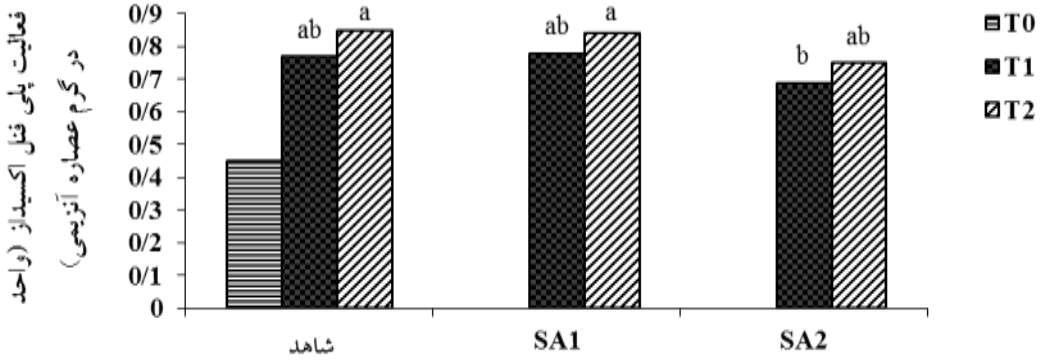
فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز: فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز طی نگهداری افزایش پیدا کرد که این میزان افزایش در اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار کمتر بود (شکل ۱۱). PPO و پراکسیدازها (POD) در قهوه‌ای‌شدن میوه‌ها درگیر هستند. سنتز رنگیزه‌های قهوه‌ای از طریق اکسیدشدن فنل‌ها، توسط PPO و POD منجر به قهوه‌ای‌شدن سطحی می‌شود و اسید سالیسیلیک از فعالیت آنها جلوگیری می‌کند. تیمار اسید سالیسیلیک از فعالیت آنزیم‌های فوق جلوگیری و درنتیجه قهوه‌ای‌شدن را در میوه شاه بلوط چینی متوقف می‌کند (Peng and Jiang, 2006).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی: اثر ساده زمان نگهداری واثر متقابل گابا در زمان نگهداری و اثرات متقابل گابا در سالیسیلیک اسید در زمان نگهداری بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل معنی‌دار نبود. بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و تیمار ترکیبی گابا ۱ میلی‌مولار و اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار بود و بین این دو تیمار تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد و کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گابا ۱ میلی‌مولار به‌دست آمد (شکل ۱۲). نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشخص شد که تیمارهای اسید

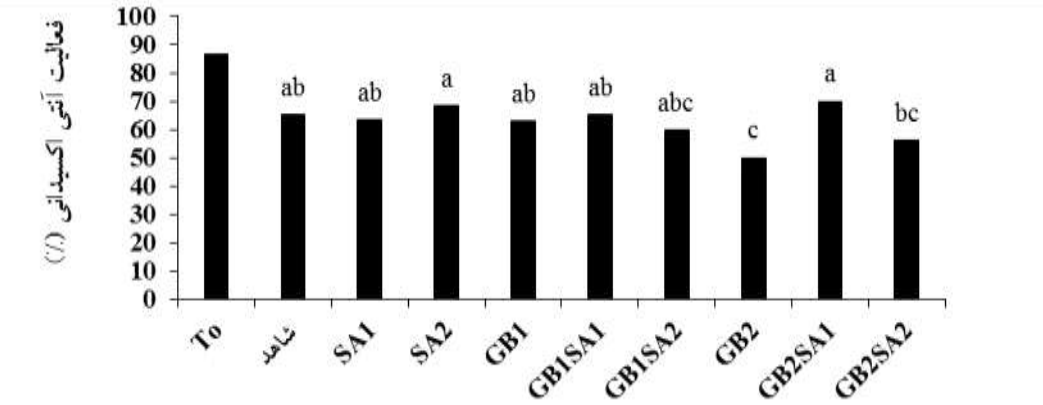
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک، گابا و زمان نگهداری بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ۱٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).



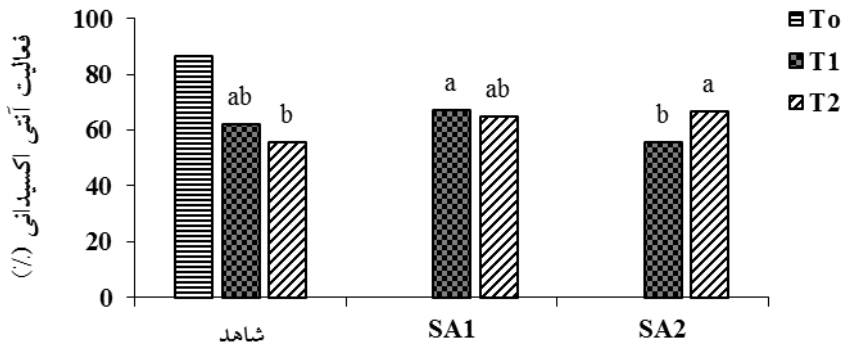
شکل ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیدار توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ۱٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و گابا بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]



شکل ۱۳- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید سالیسیلیک و زمان نگهداری بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی رقم کوئین الیزا. روز برداشت = T0، روز ۷ = T1 و روز ١٤ = T2 (حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است).

سالیسیلیک موجب حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی در حد مطلوبی طی دوران نگهداری شده و بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به اسید سالیسیلیک ۰/۵ میلی‌مولار پس از ۷ روز نگهداری و اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار پس از ١٤ روز نگهداری بود (شکل ۱۳). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با کاربرد اسید سالیسیلیک توسط Wang و همکاران (۲۰۱۵) در زردآلو و دخانیه و همکاران (۲۰۱۳) در گیلاس گزارش شده است، همچنین کاربرد پس از برداشت گابا در میوه موز باعث افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل شده است (Wang *et al.*, 2014). در پژوهش حاضر تأثیر اسید سالیسیلیک در حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر از گابا بود.

نتیجه‌گیری

تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک و گابا در حفظ بسیاری از صفات کیفی توت‌فرنگی نظیر میزان ویتامین C، میزان فنول کل، بازارپسندی، سفتی، اسیدیته و قند بهتر از سایر تیمارها عمل کرد. در نتایج مربوط به صفات آنتی‌اکسیدانی به‌نظر می‌رسد نقش تیمار اسید سالیسیلیک نسبت به تیمارهای گابا بیشتر بود زیرا بیشترین میزان فعالیت آنزیم CAT و PPO در اسید سالیسیلیک ۱ میلی‌مولار و در مورد آنزیم PAL در تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک و گابا هر دو با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار مشاهده شد. این اثر اسید سالیسیلیک را می‌توان به توانایی آن در اتصال به کاتالازها و پراکسیدهای دارای آهن نسبت داد که به‌عنوان بازدارنده عمل آنها عمل می‌کند (Yahia *et al.*, 2001). اسید سالیسیلیک جز ترکیبات هورمونی است. گیاه شرایط نامساعد و تنش‌های مختلف را از طریق برهم‌خوردن تعادل هورمون‌های مختلف در داخل سلول درک کرده و سپس از طریق تولید تعدادی از ترکیبات، پاسخ مناسب به آن را می‌دهد. یکی از این ترکیبات گابا است که به‌عنوان یک اسمولیت عمل کرده و باعث تنظیم بسیاری از فرایندهای داخل سلول می‌شود. لذا به‌نظر می‌رسد اثر هر دو این ترکیبات همسو با یکدیگر و به نوعی تقویت‌کننده هم است. براساس نتایج به‌دست آمده تیمار ترکیبی اسید سالیسیلیک و گابا موجب افزایش عمر پس از برداشت توت‌فرنگی از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، کاهش از دست‌دهی آب محصول و تأخیر در پیری می‌شود.

منابع

Abbasi, N. A., Hafeez, S. and Tareen, M. J. (2010) Salicylic acid prolongs shelf life and improves quality of Maria Delicia peach fruit. Acta Horticulture 880: 191-197.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]

Aghdam, M. S., Asghari, M., Khorsandi, O. and Mohayeji, M. (2012) Alleviation of postharvest chilling injury of tomato fruit by salicylic acid treatment. Food Scientists and Technologists 51: 2815-2820.

Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. H. Y., Wang, C. Y. and Gonzalez-Aguilar, G. A. (2007) High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technology and Biotechnology 452: 166-173.

Babalar, M., Asghari, M., Talaei, A. and Khosroshahi, A. (2007) Effect of pre and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. Food Chemistry 105: 449-453.

Beers, J. R. F. and Sizer, I. W. (1952) Aspectro photometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide catalase. Journal of Biological Chemistry 95: 133-140.

Bor, J. Y., Chen, H. Y. and Yen, G. Gh. (2006) Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. Journal of Agriculture and Food Chemistry 54: 1680-1686.

Cao, J. K., Yan, J. Q., Zhao, Y. M. & Jiang, W. B. (2013). Effects of four preharvest foliar sprays with β-aminobutyric acid or salicylic acid on the incidence of postharvest disease and induced defense responses in jujube fruit after storage. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 88, 338-344.

Cherian, S., Figueroa, C. R. and Nair, H. (2014) Movers and shakers in the regulation of fruit ripening: A cross-dissection of climacteric versus non-climacteric fruit. Journal of Experimental Botany 65: 4705-4722.

Chio, Y., Jeong, H. S. and Lee, J. (2007) Bioflavonoids classification pharmacological, biochemical, effects and therapeutic potential. Indian Journal of Pharmacology 33: 130-138.

Cueto-Ginzo, I. A., Serrano, L., Sin, E., Rodriguez, R., Morales, J. G., Lade, S. B., Mediana, V. and Achon, M. A. (2016) Exogenous salicylic acid treatment delays initial infection and counteracts alterations induced by maize dwarf mosaic virus in the maize proteome. Physiological and Molecular Plant Pathology 96: 47-59.

da Silva Pinto, M., Lajolo, F. M. and Genovese, M. I. (2008) Bioactive compounds and quantification of total ellagic acid in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) Food Chemistry 107: 1629-1635.

Davarynejad, G. H., Zarei, M., Nasrabadi, M. E. and Ardakani, E. (2015) Effects of salicylic acid and putrescine on storability, quality attributes and antioxidant activity of plum cv. 'Santa Rosa'. Journal of Food Science and Technology 52: 2053-2062.

Deng, Y., Xi, L. J., Zeng, X., Li, Z. Y., Qin, B. B. and He, N. Y. (2010) New perspective of GABA as an inhibitor of formation of advanced lipoxidation end-products: Its interaction with malondiadehyde. Journal of Biomedical Nanotechnology 6: 318-324.

Dokhanieh, A., Soleimani Aghdam, M., Fard, J. R. and Hassanpour, H. (2013) Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. Journal of Scientia Horticulture 154: 31-36.

Fatemi, H., Mohammadi, S. and Aminifard, M. H. (2013) Effect of postharvest salicylic acid treatment on fungal decay and some postharvest quality factors of kiwi fruit. Archives of Phyto Pathology and Plant Protection 46: 1338-1345.

Karthikeyan, M., Radhika, K., Mathiyazhagan, S., Bhaskaran, R., Samiyappan, R. and Velazhahan, R. (2006) Induction of phenolics and defense-related enzymes in coconut (*Cocos nucifera* L.) roots treated with biocontrol agents. Brazilian Journal of Plant Physiology 18: 367-377.

Khademi, Z. and Ershadi, A. (2013) Postharvest application of salicylic acid improves storability of peach (*Prunus persica* cv. Elberta) fruits. Journal of Agriculture and Crop Science 5: 651-655.

Khalil, H. A. (2014) Effect of pre and postharvest salicylic acid application on quality and shelf life of flame seedless grapes. Journal of Horticultural Science 79: 8-15.

Kumar, S., Yadav, P., Jain, V. and Malhotra, S. P. (2014) Isozymes of antioxidative enzymes during ripening and storage of ber (*Ziziphus mauritiana* Lamk). Food Science and Technology 51: 329-334.

Lattanzio, V., Cardinali, A. and Linsalata, V. (2012) Plant phenolics: A biochemical and physiological perspective. In: Recent advances in polyphenol research (eds. Cheynier, V., Sarni-Manchado, P. and Quideau, S.) Pp. 1-39. John Wiley and Sons, Ltd, wiley-Blackwell.

Makino, Y., Soga, N., Oshita, S., Kawagoe, Y. and Tanaka, A. (2008) Stimulation of γ-aminobutyric acid production in vine-ripe tomato. Fruits under modified atmospheres. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 7189-7193.

Malekzadeh, P., Khara. J. and Heidari, R. (2014) Alleviating effects of exogenous Gama-aminobutyric acid on tomato seedling under chilling stress. Journal of Physiology and Molecular Biology of Plants 20 : 133-137.

Marsh, K., Attanayake, S., Walker, S., Gunson, A., Boldingh, H. and Macrae, E. (2014) Acidity and taste in kiwi fruit. Postharvest Biology and Technology 32: 159-168.

Mo, Y., Gong, D., Liang, L., Han, R., Xie, J. and Li, V. (2008) Enhanced preservation effects of sugar apple fruits by salicylic acid treatment during postharvest storage. Journal of Science and Food Agriculture 88: 2693-2699.

Peng, L. and Jiang, Y. (2006) Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut. Food Chemistry 94: 533-540.

Pizocaro, F., Torreggial, D. and Gilardi, G. (1993) Inhibition of apple polyphenol oxidase (PPO) by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. Journal of Food Processing and Preservation 17: 21-30.

Ranjbaran, E., Sarikhani, H., Bakhshi, D. and Mehrdad, P. (2011) Investigation of salicylic acid application to reduce postharvest losses in stored '*Bidaneh Ghermez*' table grapes. Journal of Fruit Science 11: 430-439.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]

Rodriguez, S. (2005) Hot water treatment to reduce chilling injury and fungal development and improve visual quality of two opuntia (*Ficus indica*) clones. Journal of Arid Environments 63: 366-378.

Saavedra G. M., Figueroa, N. E., Poblete, L. A. and Cherian, S. (2016) Effects of preharvest applications of methyl jasmonate and chitosan on post-harvest decay, quality and chemical attributes of *Fragaria chiloensis* fruit. Food Chemistry 190: 448-453.

Sayyari, M., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M. (2011) Acetyl salicylic acid alleviates chilling injury and maintains nutritive and bioactive compounds and antioxidant activity during postharvest storage of pomegranates. Postharvest Biology and Technology 60: 136-142.

Shama, G. and Alderson, P. (2005) UV hormesis in fruit: A concept ripe for commercialization. Trends in Food Science and Technology 16: 128-136.

Shang, H. T., Cao, S. F., Yang, Z. F., Cai, Y. T. and zheng, Y. H. (2011) Effect of exogenous γ-aminobotyric acid treatment on proline accumulation and chilling injury in peach fruit after long-term cold storage. Journal of Agriculture and Food Chemistry 59: 1264-1268.

Shelp, B. J., Bozzo, G. G., Trobacher, C. P., Zarei, A., Deyman, K. L. and Briklis, C. J. (2012) Contribution of putrescine to γ-aminobutrate (GABA) production in response to abiotic stress. Journal of Plant Science 193: 130-135.

Soleimani Aghdam, M., Razavi, F. and Karamneghad, F. (2015) Maintaining the postharvest nutritional quality of peach fruits by γ-Aminobutyric acid. Iranian Journal of Plant Physiology 5: 1457-1463.

Srivastava, M. K. and Dwivedi, U. N. (2000) Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. Journal of Plant Science 158: 87-96.

Tareen, M. J., Abbasi, N. A. and Hafiz, I. A. (2012) Effect of salicylic acid treatments of storage life of peach fruits cv. 'Flordaking'. Journal of Botany 44: 119-124.

Wang, C. Y., Fan, L. Q., Gao, H. B., Wu, X L., Li, J. R. and Gong, B. B. (2014) Polyamine biosynthesis and degradation are modulated by exogenous gamma-aminobutyric acid in root-zone hyoxia-stressed melon roots. Journal of Plant Physiology and Biochemistry 82: 17-26

Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J. and Jiang, W. (2015) The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit. Scientia Horticulturae 181: 113-120.

Waterhouse, A. L. (2002) Determination of total phenolics. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, New York units 3: 18-19.

Yahia, E. M., Contreras-Padilla, M. and Gonazalez-Aguilar, G. (2001) Ascorbic acid content in relation to ascorbic acid oxidase activity and polyamine content in tomato and bell pepper fruits during development, maturation and senescence. Lebensmittel-Wissenschaftund-Technologie 34: 452-457.

Yang, A., Cao, S., Yang, Z., Cai, Y. and Zheng, Y. (2011) γ-aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and activates the defense response of peach fruit. Food Chemistry 129: 1619-1622.

Yu, C. H., Zeng, L., Sheng, K., Chen, F., Zhou, T., Zheng, X. and Yu, T. (2014) γ-aminobutyric acid induces resistance against *Penicillium expansum* by priming of defense responses in pear fruit. Food Chemistry 159: 29-37.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]

Effect of postharvest treatments of GABA and salicylic acid in antioxidant quality and marketability of Strawberry

Ashkan Rezaei[1], Hanifeh Seyed Hajizadeh[*1], Alireza Farokhzad[2] and Fahimeh Gholizadeh Vakilkandi[1]

[1] Department of Horticultural Sciences and engineering, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

[2] Department of Horticultural Sciences and engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: 21/10/2019, Accepted: 11/03/2020)

Abstract

Strawberry is highly perishable with huge post-harvest losses. So keeping quality and increasing storability by using safe compounds is important. In this case, the effect of salicylic acid and GABA (0, 0.5 and 1 mM) as a factorial experiment in completely randomized design was analyzed on longevity and qualitative and biochemical traits of strawberry during 7 and 14 after cold storage. Results showed that all combined treatments and also GABA except for salicylic acid prevented the pH of juice to increase. The lowest amount of soluble solids was observed in Combination of GABA and salicylic acid (0.5 and 1mM) and the most effective treatment in maintaining vitamin C was related to GABA 0.5mM. Combined treatments of salicylic acid and GABA (0.5 mM) and salicylic acid 1mM and GABA 0.5mM had the most effect on maintaining titrable acidity and total phenol content, respectively. The highest activity of phenylalanine ammonia lyase enzyme was observed in combination treatments of salicylic acid and GABA (0.5mM). The effect of salicylic acid on poly phenol oxidase and catalase activates was more than GABA. Treatment of fruits with salicylic acid and GABA significantly increased the antioxidant activity compared to the controls as fruits treated with salicylic acid and GABA (0.5 and 1 mM) have the most antioxidant activity. Treatment with salicylic acid and GABA had more potential in preserving marketability of strawberry because of better maintaining qualitative and biochemical characteristics and also reducing water loss of fruits surface.

Key words: Sensory evaluation, Immersion, Antioxidant capacity, Gamma amino-butyric acid

Corresponding author, Email: hajizade@maragheh.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1399.9.38.21.8]