

## اثر کاربرد بالشتک‌های آزاد کننده گاز دی‌اکسید گوگرد بر کنترل پوسیدگی و خصوصیات کیفی پس از برداشت میوه گوجه‌فرنگی رقم چف

حجت اله لطفی<sup>۱</sup>، سید محمد حسن مرتضوی<sup>۲\*</sup> و نوراله معلمی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- نویسنده مسؤول: استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز (mortazavi\_mh@yahoo.com)

۳- دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۶

### چکیده

هر ساله بخش قابل توجه‌ای از محصولات باغی تولید شده به دلیل ضایعات به دست مصرف‌کننده نمی‌رسد. از جمله عوامل ضایعات پس از برداشت، آلودگی میوه‌ها و سبزی‌ها توسط پاتوژن‌های مختلف قارچی و باکتریایی است. در حال حاضر برای کنترل این پاتوژن‌ها از ترکیبات شیمیایی مختلفی استفاده می‌شود. مشکلات مختلف مربوط به استفاده از این ترکیبات سبب گردیده تا روش‌های جایگزین و سالم مورد توجه قرار گیرند. از جمله روش‌های ارزان و کم‌خطر، استفاده از بالشتک‌های آزاد کننده گاز دی‌اکسید گوگرد می‌باشد که با آزادسازی تدریجی گاز، سبب محافظت از میوه‌ها طی دوره انبارداری و بازاریابی می‌شود. در این آزمایش اثر بالشتک‌های آزاد کننده گاز دی‌اکسید گوگرد در غلظت‌های مختلف (۰، ۷۹، ۱۳۲ و ۱۸۴ میلی‌مولار سدیم متابی سولفیت) بر کنترل پوسیدگی و خصوصیات کیفی میوه گوجه‌فرنگی رقم "چف" طی دوره نگهداری (۰، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ روز) در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد مورد بررسی قرار گرفت. خصوصیات مختلف کیفی میوه شامل کاهش وزن، سفتی بافت، غلظت لیکوپن، ویتامین ث، اسیدینه قابل تیتر، غلظت مواد جامد محلول، غلظت مواد فنولی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و درصد پوسیدگی توسط قارچ بوتریتیس مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار با گاز دی‌اکسید گوگرد به نحو مؤثری درصد پوسیدگی را کاهش و غلظت مواد فنولی را افزایش داد. همچنین گاز دی‌اکسید گوگرد تأثیری منفی بر رنگ میوه که ناشی از رنگیزه لیکوپن می‌باشد، نگذاشت. سدیم متابی سولفیت در غلظت‌های ۷۹ و ۱۳۲ میلی‌مولار مطلوب‌ترین اثر را از نظر حفظ رنگ ظاهری و کنترل پوسیدگی بوتریتیس در مقاطع زمانی مختلف نگهداری نشان داد.

**کلید واژه‌ها:** بالشتک، پس از برداشت، دی‌اکسید گوگرد، میوه گوجه‌فرنگی

### مقدمه

می‌باشد؛ اگر چه استفاده از قارچکش‌های سنتزی، از روش‌های متداول کنترل این آلودگی‌ها می‌باشد ولی با توجه به فاصله کوتاه زمان برداشت تا مصرف برای بسیاری از محصولات باغی، استفاده از این قارچکش‌ها نگرانی‌های زیادی به خاطر بقایای آن‌ها بر سلامتی افراد ایجاد کرده است (کارابولوت و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵).

بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی سالانه بیش از ۳۰ درصد محصولات باغی در ایران قبل از این که به دست مصرف‌کننده برسد، توسط عوامل فساد قارچی، حشرات و باکتریایی از بین می‌رود (رادی و همکاران، ۱۳۸۷). میزان ضایعات پس از برداشت متأثر از عوامل مختلفی است که از جمله مهم‌ترین آنها آلودگی میوه‌ها و سبزی‌ها توسط پاتوژن‌های قارچی و باکتریایی

استفاده نمود (فاطمی، ۱۳۸۶). مهمترین مسأله در استفاده از گاز دی اکسید گوگرد برای تدخین میوه‌ها، تعیین غلظتی است که ضمن کنترل بیماری، از صدمه به محصول جلوگیری شود (مارویس و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۸۶). مطالعات پی‌سر و یونگ<sup>۶</sup> (۱۹۸۵) نشان داد که کاربرد دی اکسید گوگرد (در غلظت ۵۰۰ پی‌پی‌ام) برای کنترل بیماری کپک خاکستری انگوره‌های بیدانه به نحو مؤثری گسترش پاتوژن‌ها در طول دوره پس از تدخین را کنترل نمود.

این پژوهش به منظور بررسی اثر کاربرد بالشتک‌های آزادکننده گاز دی اکسید گوگرد بر کیفیت میوه گوجه‌فرنگی طی دوره نگهداری و کنترل پوسیدگی ناشی از پاتوژن مولد بیماری کپک خاکستری انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

میوه‌ها در فروردین ماه ۱۳۸۹ و در مرحله قرمز رسیده از یک مزرعه گوجه‌فرنگی در شهر حمیدیه (واقع در حومه اهواز) به صورت دستی برداشت و به آزمایشگاه فیزیولوژی گروه علوم باغبانی دانشگاه شهید چمران اهواز منتقل گردید. میوه‌های با اندازه یکنواخت و سالم انتخاب شده و پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۱٪، با آب مقطر شستشو داده شدند. برای آلوده‌سازی میوه‌ها با پاتوژن مولد بیماری، از کلونی قارچ کپک خاکستری (*Botrytis cinerea*) جداسازی شده از میوه توت‌فرنگی آلوده و خالص‌سازی شده استفاده گردید. به منظور تولید کونیدیال<sup>۷</sup>، قارچ بوتریتیس بر روی محیط کشت سیب‌زمینی-دکستروز-آگار و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد رشد یافت. پس از ظهور میسلیم جهت تحریک اسپورزایی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از یک هفته اسپورها برداشت و در ۱۰ سی‌سی آب مقطر استریل مخلوط

گزارش آکادمی ملی علوم ایالات متحده نشان می‌دهد که ۹۰٪ قارچ‌کش‌ها، ۶۰٪ علف‌کش‌ها و ۳۰٪ آفت‌کش‌ها، پتانسیل ایجاد بیماری سرطان در انسان را دارند (استار و مک‌میلان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). از این رو استفاده از روش‌های ارزان و ترکیبات کم خطر اهمیت داشته و می‌تواند به عنوان روش‌های جایگزین مورد توجه قرار گیرد. از جمله این ترکیبات که می‌توانند برای کنترل پوسیدگی‌های پس از برداشت مورد استفاده قرار گیرند، ترکیبات گوگردی می‌باشند. این ترکیبات با آزاد کردن گاز دی اکسید گوگرد و ایجاد محیطی اسیدی، سبب تغییر در پ‌هاش سلول‌های سطحی میوه و نیز میکروارگانیسم‌ها، آلودگی‌های سطحی میوه را از بین می‌برند. کاربرد دی اکسید گوگرد به صورت گاز برای جلوگیری از فساد مواد غذایی از سابقه‌ای طولانی برخوردار است و در زمینه کاربرد دی اکسید گوگرد برای کنترل بیماری کپک خاکستری انگوره‌های تازه‌خوری طی دوره انبارداری گزارشاتی وجود دارد که مربوط به سال ۱۹۲۵ می‌باشد (وینکلر و جاکوب<sup>۲</sup>، ۱۹۲۵). امروزه از این ترکیبات به صورت تجاری برای کنترل پوسیدگی‌های پس از برداشت انگور در طول انبارداری و جابجایی، به صورت بالشتک‌های حاوی غلظت‌های کم نمک سدیم‌متابی‌سولفیت<sup>۳</sup> که گاز دی اکسید گوگرد آزاد می‌کنند استفاده می‌شود (کارابولوت و همکاران، ۲۰۰۵). استفاده از بالشتک‌های آزاد کننده گاز، نسبت به کاربرد مستقیم گاز دی اکسید گوگرد برای کنترل بیماری‌های پس از برداشت دارای اثر بخشی بیشتر و طولانی‌تری است زیرا گاز دی اکسید گوگرد در طولانی‌مدت و به تدریج آزاد می‌شود (زوتاهی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸). برای آزادسازی گاز دی اکسید گوگرد می‌توان از نمک‌های مختلفی مثل سولفیت سدیم، بی‌سولفیت سدیم و سدیم‌متابی‌سولفیت

1- Starr & McMillan

2- Winkler & Jacob

3- Sodium metabisulfite ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ )

4- Zutahy *et al.*

5- Marois *et al.*

6- Peiser & Yong

7- Conidial production

تیتراسیون با سود ۱/۱، نرمال تا رسیدن به پ‌هاش ۸/۱ و درصد کاهش وزن میوه‌ها بر اساس اختلاف وزن نسبت به شروع آزمایش محاسبه گردید.

به منظور اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و غلظت مواد فنولی بافت، یک گرم از نمونه همگن با ۱۰ سی‌سی متانول ۸۰٪ عصاره‌گیری و عصاره حاصله به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. روشناور، جدا شده و تا زمان آنالیز در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. ظرفیت آنتی‌اکسیداتی میوه‌ها به روش ریز-کارمونا و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۰۵) با کمی تغییرات اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۷۵ میکرولیتر از روشناور را با ۲/۲۵ میلی‌لیتر ماده واکنشگر FRAP<sup>۸</sup> (شامل بافر استات + محلول TPTZ<sup>۹</sup> + محلول FeCl<sub>3</sub> + آب مقطر) ترکیب و سپس ۲۲۵ میکرولیتر آب مقطر به آن اضافه شد. نمونه به دست آمده به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس میزان جذب اسپکترومتری در طول موج ۵۹۳ نانومتر قرائت گردید. در این آزمایش از سولفات آهن آبدار (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) به عنوان استاندارد استفاده و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بر حسب mMol Fe<sup>2+</sup>/g وزن تر گزارش گردید. محتوی ترکیبات فنولی نیز به روش کالیونسو و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۹) اندازه‌گیری شد. بدین منظور ۱۰۰ میکرولیتر از روشناور را با ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۶ درصد (w/v) ترکیب و سپس ۷۵۰ میکرولیتر از معرف فولین-سیوکالتیو<sup>۱۱</sup> به آن اضافه گردید. مخلوط به دست آمده به مدت ۹۰ دقیقه در تاریکی و دمای اتاق قرار گرفته و سپس میزان جذب آن در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت گردید. میزان مواد فنولیک بر اساس غلظت اسید گالیک استاندارد و بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر گزارش شد. محتوی

گردید. سپس توسط شمارش با هماسیتومتر<sup>۱</sup>، سوسپانسیون میکروبی با غلظت ۱۰<sup>-۶</sup> اسپور در سانتی‌متر مکعب تهیه و ۴۰ میکرولیتر از آن با میکروپیپت در دو طرف ناحیه کالیکس میوه گوجه‌فرنگی و به عمق ۵ میلی‌متر تزریق گردید (کالوو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۷). همچنین برای تیمار میوه‌های گوجه‌فرنگی با گاز دی‌اکسید گوگرد، ابتدا بالشک‌های حاوی نمک سدیم‌متابی‌سولفیت (با غلظت‌های ۰، ۷۹، ۱۳۲ و ۱۸۴ میلی‌مولار) تهیه شد و درون ظروف پلی‌اتیلنی درب‌دار با ابعاد ۱۰×۲۵×۳۰ سانتی‌متر به گونه‌ای قرار گرفت که در تماس با محصول نباشد.

بعد از اعمال تیمار، میوه‌ها به مدت ۱۲ روز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و در فواصل زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ روز از زمان نگهداری، خصوصیات مختلف کیفی میوه شامل درصد کاهش وزن، سفتی بافت، غلظت لیکوپن، ویتامین ث، اسیدیت بافت، غلظت مواد جامد محلول، غلظت مواد فنولی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و درصد پوسیدگی توسط قارچ بوتریتیس مورد بررسی قرار گرفت. به منظور اندازه‌گیری رنگیزه لیکوپن، یک گرم از بافت همگن میوه با اضافه کردن ترکیب (۵ سی‌سی اتانول + ۱۰ سی‌سی هگزان + ۵ سی‌سی استون حاوی ۰/۰۵٪ BHT<sup>۳</sup>) در تاریکی و دمای پایین عصاره‌گیری گردید. عصاره حاصله به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شده و مقدار جذب فاز هگزان قسمت روشناور در طول موج ۵۰۳ نانومتر قرائت گردید (راولو-پرز و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۸). پ‌هاش با استفاده از دستگاه پ‌هاش متر (ساخت شرکت آیلا<sup>۵</sup>، ژاپن) و محتوی کل مواد جامد محلول با استفاده از رفراکتومتر دیجیتالی (ساخت شرکت آتاگو<sup>۶</sup>، ژاپن) اندازه‌گیری شد. اسیدیت قابل تیتراژ به روش

7- Reyes-Carmona *et al.*

8- Ferric Reducing Ability of Plasma

9- 2,4,6-tri[2-pyridyl]-s-triazine

10- Kalyoncu *et al.*

11- Folin-Ciocalteu reagent

1- Hemacytometer

2- Calvo *et al.*

3- Butylated hydroxytoluene

4- Ravelo-Perez *et al.*

5- Eyela

6- Atago

لطفی و همکاران: اثر کاربرد بالشتک های آزاد کننده گاز دی اکسید گوگرد...

گوگرد توانست در روزهای ششم تا دوازدهم، به طور مؤثری درصد پوسیدگی را کاهش دهد به گونه‌ای درصد پوسیدگی میوه‌های شاهد (عدم تیمار با دی‌اکسید گوگرد)، در پایان آزمایش ۱۷٪ بود ولی در میوه‌های تیمار شده با بالشتک‌های حاوی سدیم‌متابی‌سولفیت با غلظت‌های ۷۹، ۱۳۲ و ۱۸۴ میلی‌مولار به ترتیب به ۴، ۷ و ۷ درصد رسید. از نظر کارایی کنترل پوسیدگی به جز در روز نهم، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف سدیم‌متابی‌سولفیت مشاهده نشد. به طور کلی از نظر قابلیت کنترل پوسیدگی ناشی از قارچ بوتریتیس در پایان آزمایش، سدیم‌متابی‌سولفیت در غلظت ۱۳۲ میلی‌مولار مناسب‌تر تشخیص داده شد.

نتایج به دست آمده در زمینه تأثیر قابل توجه گاز دی‌اکسید گوگرد بر کنترل پوسیدگی با نتایج ال-کوراشی<sup>۵</sup> (۲۰۱۰) مطابقت داشت. وی با تیمار میوه‌های انگور رقم "تایفی"<sup>۶</sup> با گاز دی‌اکسید گوگرد به غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام، درصد پوسیدگی ناشی از کپک خاکستری را نسبت به میوه‌های شاهد کاهش داد. اسمیلانیک و همکاران<sup>۷</sup> (۱۹۹۰) نیز در آزمایشی نشان دادند که گاز دی‌اکسید گوگرد توانست به طور مؤثری از جوانه‌زنی اسپوره‌های قارچ *Botrytis cinerea* جلوگیری نموده و شیوع آلودگی آن در انگور را کاهش دهد. به نظر می‌رسد گاز دی‌اکسید گوگرد با غیر فعال کردن mRNA و واکنش با پیوندهای دی‌سولفیدی پروتئین‌ها، کوفاکتورهای آنزیمی، ساختار آلدئیدی و کتوننی موجود در کربن شماره ۵ و ۶ قندها، دی‌آمینه کردن متیونین و تبدیل بازهای آلی آن به بازهای یوراسیل‌دار و صدمه به غشای سلولی از طریق اکسیداسیون لیپید، از فعالیت میکروارگانیسم‌ها جلوگیری نماید (بای و منگ<sup>۸</sup>، ۲۰۰۵). دی‌اکسید گوگرد در اثر جذب، به یون سولفیت (فرم پیوندی) تبدیل می‌شود و سمیت ناشی از سولفیت

ویتامین ث به روش تیتراسیون با دی‌کلروفنل‌ایندوفنل<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد (پایلا و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰). سفتی میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج دیجیتال (ساخت شرکت لوترون<sup>۳</sup>، تایوان) با قطر پلانجر ۵ میلی‌متری بر حسب نیوتن و میزان پوسیدگی میوه‌ها به صورت ظاهری با استفاده از امتیازدهی بر حسب درصد ارزیابی شد (اصغری مرجانلو، ۱۳۸۷).

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۸ میوه به اجرا در آمد. فاکتورها شامل غلظت‌های سدیم‌متابی‌سولفیت و زمان نگهداری بودند. داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار آماری MSTAT-C آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

## نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، تیمار میوه‌های گوجه‌فرونگی با بالشتک آزاد کننده گاز دی‌اکسید گوگرد توانست بر درصد پوسیدگی، سفتی بافت میوه، پهاش عصاره و غلظت مواد فنولی تأثیر قابل توجهی بگذارد. همچنین زمان نگهداری نیز سبب تغییرات معنی‌داری در کاهش وزن، سفتی بافت، اسیدیته قابل تیتراژ، پهاش عصاره، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و پوسیدگی میوه‌ها گردید. از جمله عوامل محدودکننده‌ای که بر ارزش تجاری و صادرات محصولات مختلف باغی تأثیر قابل توجهی می‌گذارد، آلودگی پس از برداشت آنها به بیماری‌های مختلف می‌باشد (لیو و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷). همان گونه که در شکل ۱-الف مشخص است، تا ۳ روز پس از نگهداری، علایم پوسیدگی مشاهده نگردید ولی با طولانی‌تر شدن زمان نگهداری، درصد پوسیدگی میوه‌ها افزایش یافت. همچنین استفاده از بالشتک‌های آزادکننده دی‌اکسید

5- Al-Qurashi

6- Taify

7- Smilanick *et al.*

8- Bai & Meng

1- dichlorophenol indophenol

2- Pila *et al.*

3- Lutron

4- Liu *et al.*

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات کیفی در آزمون تأثیر تیمار بالشتک‌های آزادکننده گاز دی‌اکسید گوگرد و زمان نگهداری بر خصوصیات کیفی میوه گوجه‌فرنگی

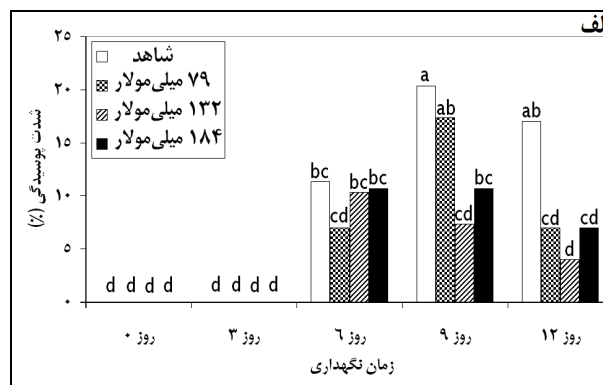
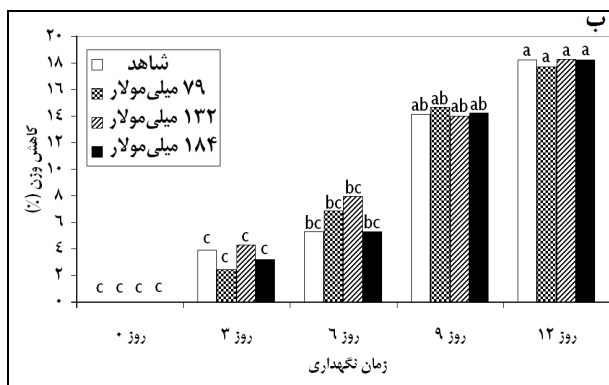
منبع تغییرات											درجه آزادی	
میانگین مربعات												
درصد پوسیدگی	لیکوپن	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی	مواد فنولی	ویتامین ث	TSS TA	اسیدیته قابل تیتر	پ‌هاش عصاره	TSS	سفتی بافت	کاهش وزن		
۹۹/۲۲**	۳۷/۲۲ <sup>NS</sup>	۱/۱۲ <sup>NS</sup>	۱۰۴۴۸۲۷/۰۶**	۱۵/۰۰ <sup>NS</sup>	۵۵/۹۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۲۶**	۰/۲۵ <sup>NS</sup>	۰/۶۵**	۱/۵۵ <sup>NS</sup>	۲	غلظت سدیم متابی سولفیت
۴۵۵/۹۴**	۴۰/۱۲ <sup>NS</sup>	۱/۸۰**	۱۳۲۴۳۱۳/۹۶**	۱۰۸/۹۹**	۳۹/۱۹ <sup>NS</sup>	۰/۰۸**	۰/۲۹**	۵/۹۱ <sup>NS</sup>	۴/۷۴**	۶۸۳/۹۹**	۵	زمان نگهداری
۴۱/۳۷ <sup>NS</sup>	۵۱/۸۷ <sup>NS</sup>	۰/۶۲ <sup>NS</sup>	۲۸۷۹۰۹/۱۱ <sup>NS</sup>	۲۳/۷۹*	۳۶/۲۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۷**	۴/۲۱ <sup>NS</sup>	۰/۲۶ <sup>NS</sup>	۱/۵۳ <sup>NS</sup>	۱۰	غلظت سدیم متابی سولفیت* زمان نگهداری
۲۱/۷۶	۵۱/۷۶	۱/۲۶	۱۹۵۸۱۲/۴۹	۱۰/۶۱	۲۳/۱۱	۰/۰۱	۰/۱۵	۳/۲۹	۰/۱۵	۲۷/۰۶	۷۲	خطای آزمایش
٪۷۴/۰۶	٪۱۳/۵۸	٪۴۲/۱۵	٪۲۱/۶۳	٪۱۷/۴۳	٪۲۹/۳۱	٪۱۴/۸۴	٪۸/۵۵	٪۲۰/۶۵	٪۲۰/۷۶	٪۶۱/۶۴	-	ضریب واریانس

NS: غیر معنی دار

\*: معنی دار در سطح ۱٪

\*: معنی دار در سطح ۵٪

لطفی و همکاران: اثر کاربرد بالشتک های آزاد کننده گاز دی اکسید گوگرد...



شکل ۱- تأثیر غلظت های مختلف سدیم متابی سولفیت بر شدت پوسیدگی (الف) و درصد کاهش وزن (ب) میوه گوجه فرنگی طی زمان نگهداری. حروف یکسان بیان گر عدم اختلاف آماری در سطح ۰.۰۵٪ می باشد

از رشد باکتری های مضر استفاده می شود (فاطمی، ۱۳۸۶).

کاهش وزن یکی از مهم ترین علل زوال کیفیت میوه ها می باشد که از نظر تجاری حائز اهمیت بسزایی است. نتایج این آزمایش نشان داد که تیمار با گاز دی اکسید گوگرد اثر معنی داری بر درصد کاهش وزن نداشت ولی با افزایش طول مدت نگهداری کاهش وزن افزایش یافت (شکل ۱-ب). ال-کوراچی (۲۰۱۰) در گزارشی بیان نمود که وزن میوه های انگور تیمار شده با گاز دی اکسید گوگرد به غلظت ۲۰۰ پی پی ام نسبت به میوه های شاهد کاهش بیشتری یافت. رامان<sup>۵</sup> (۲۰۰۳) در بررسی اثر تدخین میوه های لیچی با دی اکسید گوگرد و غوطه وری در اسید ضعیف به این نتیجه رسید که تیمارهای مذکور موجب کاهش وزن میوه شد. در پژوهشی دیگر، گابلر و اسمیلانیک<sup>۶</sup> (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که تیمار میوه انگور با سدیم متابی سولفیت موجب افزایش تلفات آب در میوه ها شد. بر اساس مطالعه امیری و بومپیکس<sup>۷</sup> (۲۰۰۵) دی اکسید گوگرد با ایجاد زخم های ریزی بر روی پوست میوه، موجب افزایش

موجب بازدارندگی از رشد عوامل بیماری زا می شود. مکانیسم یون سولفیت برای جلوگیری از رشد عوامل بیماری زا شامل واکنش با گروه های دی سولفید موجود در ساختار پروتئین ها (زوتاهی و همکاران، ۲۰۰۸)، بازدارندگی از فعالیت آنزیمی با غیر فعال کردن کوفاکتورهای آنها (مثل تیامین پیروفسفاتاز) (ویلایمز و همکاران<sup>۱</sup>، ۱۹۳۵) و تقلیل سریع محتوی انرژی ناشی از مولکول ATP (میرز<sup>۲</sup>، ۱۹۸۷) می باشند. مولاندر و همکاران<sup>۳</sup> (۱۹۹۳) عنوان داشتند که سولفیت ممکن است با بازهای پیریمیدین دنباله زنجیره اسیدهای نوکلئیک واکنش بدهد. در چنین شرایطی منجر به کاهش کارایی ژنتیکی غشا و دیواره سلولی باکتری ها شود (المر و میشایلیدس<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴).

دی اکسید گوگرد در پهاش کمتر از ۳ به اسید سولفوروس تبدیل می شود و به سادگی از دیواره سلولی عبور می کند. این ترکیب بیشترین اثر را بر باکتری ها و کپک ها و کمترین اثر را بر مخمرها می گذارد، به همین دلیل از آن در برخی فرایندهای تخمیری برای جلوگیری

5- Ramma  
6- Gabler & Smilanick  
7- Amiri & Bompeix

1- Williams *et al.*  
2- Meyers  
3- Molander *et al.*  
4- Elmer & Michailides

مواد جامد محلول یکی از صفات کیفی محصولات باغی به شمار می‌رود که به طور برجسته‌ای به وسیله قندهای میوه تحت تاثیر قرار می‌گیرد (سالتویت، ۲۰۰۵). نتایج این پژوهش نشان داد که تأثیر گاز دی‌اکسید گوگرد حاصل از کاربرد سدیم‌متابی سولفیت سبب افزایش غلظت مواد جامد محلول گردید؛ ولی این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نبود (شکل ۲-ب). در گزارش‌های مشابهی ال-کوراشی (۲۰۱۰) و راما (۲۰۰۳) نشان دادند که کاربرد دی‌اکسید گوگرد موجب افزایش میزان مواد جامد محلول در انگور و میوه لیچی گردید. یون سولفیت حاصل از حل شدن گاز دی‌اکسید گوگرد، می‌تواند با ماتریکس پروتئین سلول‌های بافت واکنش داده و موجب کاهش وزن مولکولی پروتئین و افزایش قابلیت حلالیت آنها شود. این فرآیند موجب آزاد شدن نشاسته از ماتریکس پروتئین و افزایش غلظت ترکیبات محلول می‌شود.

تدخین میوه‌های گوجه‌فرنگی با گاز دی‌سولفید گوگرد اثر معنی‌داری بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه نداشت؛ ولی با بیشتر شدن زمان نگهداری، اسیدیته قابل تیتر افزایش و پ‌هاش عصاره کاهش یافت (شکل ۳-الف). مطالعات ال-کوراشی (۲۰۱۰) نشان داد کاربرد ۲۰۰ پی‌پی‌ام دی‌اکسید گوگرد موجب افزایش پ‌هاش عصاره میوه انگور شد. در این پژوهش، بالاترین پ‌هاش در میوه‌های شاهد و تیمار شده با کمترین سطح سدیم‌متابی سولفیت (غلظت ۷۹ میلی مولار) مشاهده گردید و بیشتر شدن غلظت گاز دی‌اکسید گوگرد سبب کاهش پ‌هاش گردید. مارویس و همکاران (۱۹۸۶) بر روی انگور و راما (۲۰۰۳) بر روی میوه لیچی نشان دادند که تیمار سدیم‌متابی سولفیت موجب کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه شد.

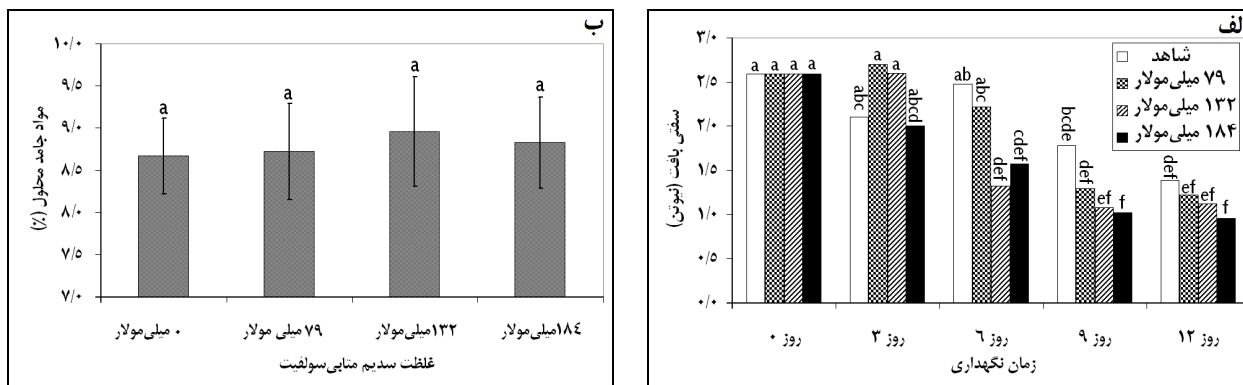
نتایج به دست آمده نشان داد که محتوی ویتامین ث میوه‌ها تحت تأثیر تیمار سدیم‌متابی سولفیت قرار نگرفت؛ ولی در فاصله زمانی روز سوم تا ششم از زمان نگهداری مقدار ویتامین ث افزایش معنی‌داری یافت (شکل ۳-ب).

تلفات آب از سطح میوه می‌شود. اسمیلانیک و همکاران (۱۹۹۰) نیز نشان دادند که دی‌اکسید گوگرد به خاطر حلالیت در آب، سریع جذب میوه انگور شده و با تجمع در حبه‌ها باعث ایجاد ترک خوردگی سطح پوست میوه می‌شود، که این خود بر تلفات آب از سطح میوه تاثیر می‌گذارد. به نظر می‌رسد که دلیل اختلاف نتایج این پژوهش با گزارش‌های موجود در زمینه کاهش وزن میوه انگور، تفاوت ضخامت و ماهیت ترکیبات تشکیل دهنده پوست میوه گوجه‌فرنگی باشد.

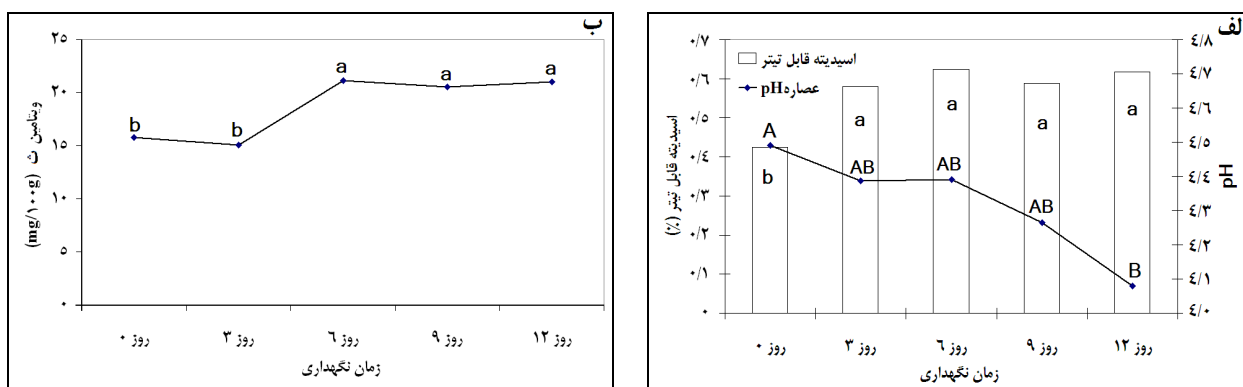
نرم شدن بافت میوه از دیگر عوامل تأثیرگذار بر کیفیت پس از برداشت میوه گوجه‌فرنگی می‌باشد. گوجه‌فرنگی میوه‌ای فرازگراست که در آن اوج تنفسی و تولید اتیلن با ظاهر شدن رنگ قرمز پوست همزمانی دارد (سالتویت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). همانگونه که در شکل ۲-الف دیده می‌شود، تیمار با بالشتک‌های آزادکننده دی‌اکسید گوگرد در روزهای ششم، نهم و دوازدهم نگهداری سبب کاهش سفتی بافت میوه گردید، به گونه‌ای که با بیشتر شدن غلظت سدیم‌متابی سولفات، سفتی بافت، کاهش بیشتری یافت. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج ال-کوراشی (۲۰۱۰) بر روی میوه انگور مطابقت داشت.

نتایج آنها نشان داد که سفتی میوه تحت تیمار دی‌اکسید گوگرد با غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام نسبت به میوه‌های شاهد، کمتر بود. نرمی بافت میوه به طور نزدیکی در ارتباط با افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین مانند پکتین‌متیل‌استراز و پلی‌گالاکتروناز می‌باشد (توکر<sup>۲</sup>، ۱۹۹۳). امیری و بومپیکس (۲۰۰۵) گزارش دادند که تدخین میوه‌های سیب و گلابی با دی‌اکسید گوگرد باعث گسترش ریز زخم‌هایی بر سطح میوه و افزایش تلفات آب و در نتیجه نرم‌تر شدن میوه می‌شود.

لطفی و همکاران: اثر کاربرد بالشتک های آزاد کننده گاز دی اکسید گوگرد...



شکل ۲- تأثیر غلظت های مختلف سدیم متابی سولفیت بر سفتی بافت طی زمان نگهداری (الف) و غلظت مواد جامد محلول (ب) میوه گوجه فرنگی. حروف یکسان بیان گر عدم اختلاف آماری در سطح ۰.۰۵٪ می باشد



شکل ۳- تأثیر زمان نگهداری بر اسیدیته قابل تیترو و پ هاش عصاره (الف): اختلاف میانگین های پ هاش با حروف بزرگ و اختلاف میانگین های اسیدیته قابل تیترو با حروف کوچک نشان داده شده است) و غلظت ویتامین ث (ب) میوه گوجه فرنگی. حروف یکسان بیان گر عدم اختلاف آماری در سطح ۰.۰۵٪ می باشد.

میوه گوجه فرنگی شامل کاروتنوئیدها، اسید آسکوربیک و ترکیبات فنلی هستند (گاهلر و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳). نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار با سدیم متابی سولفیت اثر معنی داری بر محتوی کل ترکیبات فنلی داشت و با بیشتر شدن غلظت آن، مقدار ترکیبات فنولی بافت بیشتر شد (شکل ۴-الف). ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه ها تحت تأثیر تیمار با گاز دی اکسید گوگرد قرار نرفت ولی طی زمان نگهداری مقدار آن افزایش یافت به گونه ای که ۹ روز پس از نگهداری مقدار آن به ۷/۷۵ میلی مول  $Fe^{+2}$

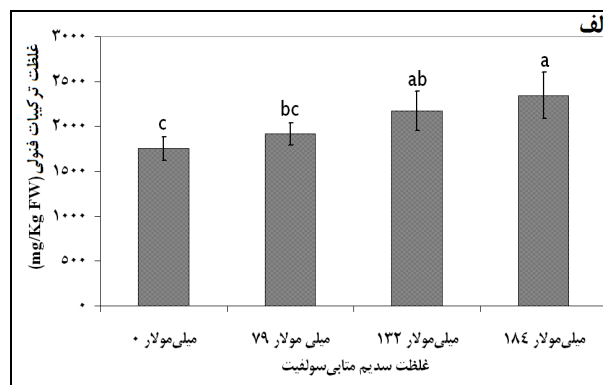
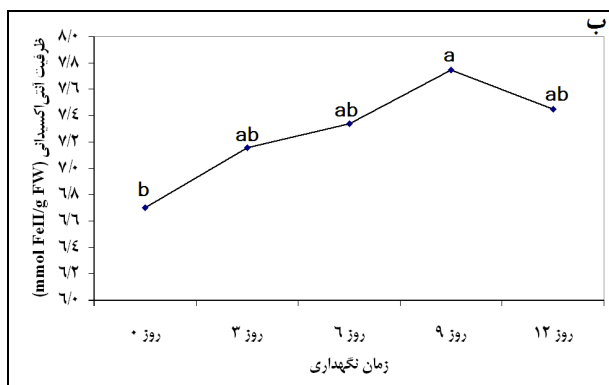
سوتو-زامورا و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۴) نشان دادند که افزایش دوره انبارداری باعث افزایش میزان ویتامین ث و سپس کاهش آن در میوه گوجه فرنگی گردید. همچنین لاتاپی و بارت<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) گزارش دادند که می توان از دی اکسید گوگرد برای جلوگیری از تخریب اسید آسکوربیک و لیکوپن میوه گوجه فرنگی، پس از تیمار خشک کردن میوه در مقابل آفتاب استفاده نمود.

میوه گوجه فرنگی یکی از مهم ترین منابع ترکیبات آنتی اکسیدانی به شمار می رود. آنتی اکسیدان های اصلی

3- Gahler et al.

1- Soto-Zamora et al  
2- Latapi & Barret





شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف سدیم متابی سولفیت بر غلظت مواد فنولی (الف) و تأثیر زمان نگهداری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (ب) میوه گوجه‌فرنگی. حروف یکسان بیان‌گر عدم اختلاف آماری در سطح ۵٪ می‌باشد

مختلف نگهداری، غلظت‌های ۱۳۲ و ۷۹ میلی‌مولار سدیم متابی سولفیت به طور مطلوب‌تری از شیوع پوسیدگی جلوگیری نمودند.

همچنین در کنار کاهش شدت پوسیدگی، عدم تأثیر منفی بر رنگ میوه و غلظت رنگیزه لیکوپین سبب گردید تا بتوان تیمار با سدیم متابی سولفیت را جهت حفظ کیفیت پس از برداشت میوه گوجه‌فرنگی توصیه نمود. گاز دی‌اکسید گوگرد، بازدارنده رشد قارچ مولد کپک خاکستری بوده و می‌تواند به عنوان جایگزین قارچکش‌های مصنوعی در کنترل این پاتوژن بیماری‌زای مهم بر روی اکثر محصولات باغی مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی با توجه به احتمال ایجاد زخم‌هایی ریز روی پوست توسط گاز دی‌اکسید گوگرد و در نتیجه خطر اتلاف آب و کاهش وزن میوه، کاربرد آن باید با انجام آزمایش‌های تکمیلی از این نظر و همچنین ملاحظات مربوط به اثرات آن بر مزه میوه از نظر مشتری صورت پذیرد.

### سیاسگزاری

این پروژه با مساعدت و همکاری بخش بیماری‌شناسی گروه گیاهپزشکی دانشگاه شهید چمران اهواز و همچنین نهایت همکاری و مشاوره مهندس

بر گرم وزن تر رسید (شکل ۴-ب). بر اساس گزارش لاتاپی و بارت (۲۰۰۶)، دی‌اکسید گوگرد دارای اثر آنتی‌اکسیدانی است و کاربرد آن سبب مهار واکنش‌های اکسایشی و در نتیجه حفظ ذخایر آنتی‌اکسیدانی میوه می‌شود.

لیکوپین رنگدانه اصلی و مسئول رنگ قرمز میوه گوجه‌فرنگی است که بیش از ۸۰ درصد کل رنگدانه‌های میوه گوجه‌فرنگی را شامل می‌شود (گولد، ۱۹۸۳). یکی از نگرانی‌های استفاده از ویژگی ضد عفونی کننده گاز دی‌اکسید گوگرد، اثر آن بر تجزیه رنگیزه‌های بافت و تغییر رنگ آن می‌باشد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اعمال تیمار بالشتک‌های آزاد کننده گاز دی‌اکسید گوگرد اثری بر غلظت لیکوپین بافت میوه نگذاشت. همچنین تغییرات این رنگیزه طی مدت زمان نگهداری نیز قابل توجه نبود.

### نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار با بالشتک‌های آزاد کننده گاز دی‌اکسید گوگرد سبب کاهش مؤثر پوسیدگی، افزایش غلظت مواد فنولیک و حفظ رنگ میوه گردید. بر اساس نتایج این بررسی در زمان‌های

لطفی و همکاران: اثر کاربرد بالشتک های آزاد کننده گاز دی اکسید گوگرد...

بوشهری کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی استان  
مراثب سپاس و قدردانی خود را از آنان ابراز می دارند.  
خوزستان انجام شده است که بدین وسیله نگارندگان

### منابع

۱. 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، ۲۸: ۱۳۱-۱۳۹.
۲. رادی، م.، افشاری جویباری، ح.، مصباحی، غ.، فرحناکی، ع. و امیری، ص. ۱۳۸۷. بررسی اثر محلول اسید استیک داغ بر روی کاهش فساد پس از برداشت سیب وارسته "رد دلشز". هجدهمین کنگره علوم و صنایع غذایی، ۲۴-۲۵ مهر، مشهد، ایران، ص ۱-۶.
۳. فاطمی، ح. ۱۳۸۶. اصول تکنولوژی نگهداری مواد غذایی. شرکت سهامی انتشار. ۴۶۲ ص.
4. Al-Qurashi, A.D. 2010. Quality of 'Taify' table grapes fumigated with carbon dioxide and sulfur dioxide. *Meteorology, Environment and Arid Land Agriculture*, 21: 51-64.
5. Amiri, A., and Bompeix, G. 2005. Micro-wound detection on apple and pear fruit surfaces using SO<sub>2</sub>. *Postharvest Biology and Technology*, 36:51-59.
6. Bai, J., and Meng, Z. 2005. Effects of sulfur dioxide on apoptosis-related gene expressions in lungs from rats. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 43: 272-279.
7. Calvo, J., Calvente, V., Orellano, M.E., Benuzzi, D., and Tosetti, M.I.S. 2007. Biological control of postharvest spoilage caused by *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* in apple by using the bacterium *Rahnella aquatilis*. *International Journal of Food Microbiology* 113: 251-257.
8. Elmer, P.A.G., and Michailides, T.J. 2004. Epidemiology of *Botrytis cinerea* in orchard and vine crops. In: Elad, Y., Williamson, B., Tudzyinski, P., Delen, N. (Eds.), *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 243-272.
9. Gabler, F.M., and Smilanick, J.L. 2001. Postharvest control of table grape gray mold on detached berries with carbonate and bicarbonate salts and disinfectants. *American Journal of Enology and Viticulture*, 52:12-20.
10. Gahler, S., Otto, K., and Böhm, V. 2003. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51: 7962-7968.
11. Gould, W.A. 1983. *Tomato production, processing and quality evaluation*, 2ed. AVI

12. Kalyoncu, I.H., Akbulut, M. and Coklar, H. 2009. Antioxidant capacity, total phenolics and some chemical properties of semi matured apricot cultivars grown in Malatya, Turkey. *World Applied Sciences Journal*, 6: 519-523.
13. Karabulut, O.A., Romanazzi, G., Smilanick, J.L., and Lichter, A. 2005. Postharvest ethanol and potassium sorbate treatment of table grapes to control gary mold . *Postharvest Biology & Technology*, 37:129-134.
14. Latapi, G., and Barrett, D.M. 2006. Influence of Pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part II. Effects of storage on nutritional and sensory quality of sun-dried tomatoes pretreated with sulfur, sodium metabisulfite, or salt. *Journal of Food Science*, 71: 32-37.
15. Liu, J., Tian, S., Meng, X., and Xu, Y. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 44: 300–306.
16. Marois, J.J., Bledson, A.M., and Gubler, W.D. 1986. Control of *Botrytis cinerea* on grape berries during postharvest storage with reduced levels of sulfur dioxide. *Plant Disease*, 70: 1050-1052.
17. Meyers, T.P. 1987. The sensitivity of modeled SO<sub>2</sub> fluxes and profiles within and above a vegetative canopy to leaf stomatal and boundary layer resistances. *Water, Air and Soil Pollution*, 35: 261-278.
18. Molander, J., Hurskainen, P., Hovinen, J., Lahti, M., and Lönnberg, H. 1993. Bisulfite ion-catalyzed transamination of cytosine residues with  $\alpha$ ,  $\omega$ -Alkanediamines: the effect of chain length on the reaction kinetics. *Bioconjugate Chemistry*, 4: 362-365.
19. Peiser, G.D., and Yong, S.F. 1985. Metabolism of sulfur dioxide in Thompson seedless grape berries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 110: 224-226.
20. Pila, N., Gol, N.B., and Ramana Rao, T.V. 2010. Effect of postharvest treatments on physicochemical characteristics and shelf life of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits during storage. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 9: 470-479.
21. Ramma, I. 2003. Postharvest sulfur dioxide fumigation and low acid dip for pericarp colour retention and decay prevention on litchi. *Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius*, pp: 41-48
22. Ravelo-Perez, L.M., Hernandez-Borges, J., Rodriguez-Delgado, M.A., and Borges-Miquel, T. 2008. Spectrophotometric analysis of lycopene in tomatoes and watermelons: a practical class. *The Chemical Educator*, 13: 11-13.
23. Reyes-Carmona, J., Yousef, G.G., Martinez-Peniche, A., and Lila, M.A. 2005. Antioxidant capacity of fruit extracts of blackberry (*Rubus* sp.) produced in different climatic regions. *Journal of Food Science*, 70: 497-503

24. Saltveit, M.E., 2005. Fruit ripening and fruit quality. In: Heuvelink, E. (ed.), Tomatoes, CAB International, Wallingford, UK, pp. 145-170.
25. Smilanick, J.L., Hartsell, P.L., Henson, D., Fouse, D.C., Assemi, M., and Harris, C.M. 1990. Inhibitory activity of sulfur dioxide on the germination of spores of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology*, 80: 217–220.
26. Soto-Zamora, G., Yahia, M.E., Brecht, K.J., and Garden, A. 2004. Effect of postharvest hot air treatment on the quality of Rhapsody tomato fruit. *Journal of Food Quality*, 28: 492-504.
27. Starr, C., and McMillan, B. 2008. Human Biology. Cengage Learning, 493 p.
28. Tucker, G.A. 1993. Respiration and energy. In: Seymour, G.B., Taylor, J.E and Tucker, G.A. (eds.), *Biochemistry of fruit ripening*, Chapman and Hall, London, pp.3.
29. Williams, R.R., Waterman, R.E., Keresztesy, J.C., and Buchman, E.R. 1935. Studies of crystalline vitamin B1. III. Cleavage of vitamin with sulfite. *Journal of American Chemistry*, 57: 536–537.
30. Winkler, A.J., and H.E. Jacob. 1925. The utilization of sulfur dioxide in the marketing of grapes. *Hilgardia*. 1: 107-131.
31. Zutahy, Y., Lichter, A., Kaplunov, T., and Lurie, S., 2008. Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO<sub>2</sub> generating pads. *Postharvest Biology and Technology*, 50: 12–17.