

بررسی کارایی ورقه‌های استات سلولز رهاینده دی‌اکسید گوگرد بر ماندگاری میوه کیوی نگهداری شده در سردخانه

راضیه نیازمند^{۱*}، پروین شرایعی^{۲*}، مسلم جهانی^۱، الهام آذرپژوه^۲، محمدرضا عبدالهی مقدم^۱

۱- گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

* نویسنده مسئول (r.niazmand@rifst.ac.ir)

۲- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان

تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

* نویسنده مسئول (parvin_sharayei@yahoo.com)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد بر بستر فیلم استات سلولز برای کنترل رشد کپک‌ها به‌ویژه کپک بوتریتیس سینره طی دوره انبارمانی میوه کیوی انجام شد. بدین‌منظور انبارمانی میوه کیوی تلقیح‌شده با کپک بوتریتیس سینره در حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای (به‌ترتیب حاوی ۳۰ و ۵۰ درصد نمک متابی‌سولفیت سدیم) مورد بررسی قرار گرفت. پس از ۱۵ روز نگهداری (۹ روز در سردخانه و ۷ روز در دمای محیط) کمترین ترکیدگی و لهیدگی (۴/۵ درصد) در حضور ورقه‌های تک‌مرحله‌ای به‌دست‌آمد که در سطح و کف بسته‌ها مستقر شده بودند. همچنین تا روز ۹ در حدود ۶۰ درصد بسته‌ها در حضور ورقه‌های رهاینده هیچ کپک‌زدگی مشاهده نشد. در روز ۱۵ مقدار قند کل، اسیدیته، سفتی، گوگرد باقی‌مانده و مواد جامد محلول در کیوی‌های بسته‌بندی‌شده در حضور دو ورقه تک‌مرحله‌ای در سطح و کف به‌ترتیب ۹/۱۳ گرم در ۱۰۰ گرم، ۱/۰۹ درصد، ۴/۷۵ نیوتن، ۰/۲۴ میلی‌گرم بر گرم و ۱۲/۲۱ درصد بود. به‌طور کلی می‌توان گفت ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد عملکرد مؤثری در سردخانه برای افزایش مدت انبارمانی میوه کیوی و کاهش رشد کپک خاکستری دارند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۷/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰
تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۰/۱۲/۰۸

واژه‌های کلیدی

انبارمانی
بسته‌بندی فعال
بوتریتیس سینره
ورقه رهاینده گوگرد



مقدمه

عوامل بیماری‌زای بسیاری از میوه‌های تازه (سیب، انواع توت‌ها مانند توت‌فرنگی، تمشک، انگور، خرمالو، کیوی، گلابی و انار)، غده‌ها، گیاهان زینتی، سبزی‌ها و دیگر محصولات مهم کشاورزی با گسترش جهانی و به‌ویژه در ایران است و با ایجاد کپک خاکستری از مهم‌ترین عوامل پوسیدگی‌های پس از برداشت محسوب می‌شود (Elad et al., 2016; Mirzaei et al., 2008; Naeimi & Zare, 2013). برای مدیریت بیماری پوسیدگی خاکستری در کشاورزی رایج، استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی مانند

ضایعات تولیدهای کشاورزی علاوه بر اتلاف انرژی و زیان اقتصادی، هدر رفت منابع آب به‌عنوان کمیاب‌ترین نهاده تولید، تهدید امنیت غذایی و آلودگی محیط‌زیست را به‌دنبال دارد (FAO, 2011). برخی میوه‌ها به‌عنوان یکی از محصولات مهم کشاورزی و باغی؛ عمر کوتاهی پس از برداشت دارند و نمی‌توان آنها را به‌دلیل پوسیدگی و فساد میکروبی به مدت طولانی نگهداری کرد. گونه‌های مختلف بوتریتیس بخصوص بوتریتیس سینره^۱ پرس^۱ از مهم‌ترین

^۱ *Botrytis cinerea Pers*

متابولیسم سولفیت سدیم برای نگهداری انگورهایی بسته‌بندی‌شده در فیلم‌های پلاستیکی سوراخ‌دار استفاده نمودند. انگورهایی تیمار شده به مدت ۴۵ روز در دمای 1 ± 1 درجه سانتی‌گراد و سپس ۶ روز در دمای 22 ± 1 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بیشتر از ۹۵ درصد نگهداری شدند. نتایج نشان داد که ورقه‌های رهاینده سریع دو مرحله‌ای باعث توقف کامل رشد کپک خاکستری شدند و ورقه‌های رهاینده تک‌مرحله‌ای میزان ریزش حبه‌ها را به ترتیب ۵۶ و ۴۸ درصد در مقایسه با نمونه شاهد طی ۶ روز نگهداری در دمای اتاق کاهش دادند (Youssef et al., 2020). Xiao و Saito (۲۰۱۶) اثر ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد (دو نوع رهایش‌کننده دو مرحله‌ای) را در ترکیب با بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده^{۱۲} روی نگهداری بلوبری بررسی کردند. در بسته‌هایی که با ورقه‌های دو مرحله‌ای تیمار شده بودند هیچ قارچ خاکستری مشاهده نشد، در حالی که قارچ خاکستری در انواع نگهداری‌شده با رهایش‌کننده دی‌اکسید گوگرد یا بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده به تنهایی مشاهده شد. ۲۵ درصد انواع نگهداری‌شده در حضور رهاینده دو مرحله‌ای دی‌اکسید گوگرد بی‌رنگ شدند و دچار آسیب با دی‌اکسید گوگرد شدند. بهترین نتیجه در تیمار ترکیبی بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده و رهاینده گند دی‌اکسید گوگرد مشاهده شد (Saito & Xiao, 2016).

Ahmed و همکاران (۲۰۱۸) اثر ورقه‌های دی‌اکسید گوگرد متفاوت بر قارچ بوتریتیسیس در انگورهایی ایتالیایی تحت انبارداری سرد را بررسی کردند. این محققین انگورها را در حضور انواع متفاوت ورقه‌های تولیدکننده دی‌اکسید گوگرد (با رهایش سریع، آهسته و دو مرحله‌ای) در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵۰ روز بررسی کردند و پس از نگهداری سرد، به مدت ۷ روز در دمای اتاق نگهداری شدند. ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد از نوع دو مرحله‌ای و سریع؛ کارایی بالایی در جلوگیری از رشد قارچ بوتریتیسیس سینره طی دوره نگهداری سرد و محیط داشتند، اما انواع رهاینده گند کارایی کمتری داشته و نسبت به نمونه شاهد کارایی بالاتری دارند (Ahmed et al., 2018). محل قرارگیری ورقه‌های تولیدکننده دی‌اکسید گوگرد در جعبه‌ها نیز به‌طور معنی‌داری کنترل پوسیدگی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. میزان پوسیدگی در جعبه‌های دارای ورقه‌های

بردوفیکس^۱، ایپرودیون^۲ به همراه کاربندازیم^۳، مانکوزب^۴، کوپراکسی کلراید^۵، بنومیل^۶، کاپتان^۷، استروبی^۸، کلروثالونیل^۹ و دیتان زد^{۱۰} مرسوم است (Köycü et al., 2012). در بسیاری از کشورهای اروپایی استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی برای مبارزه با بیمارگرهای پس از برداشت بسیاری از محصولات کشاورزی به دلیل ملاحظه‌های سلامتی انسان، ممنوع است (Romanazzi et al., 2016). تلاش‌هایی برای کاهش بروز این قارچ‌ها به‌ویژه میوه انگور بسته به دانش موجود انجام شده که منجر به توسعه ابزارهای کنترل قبل و پس از برداشت شده است. در میان این ابزارها استفاده از ورقه‌های تولیدکننده دی‌اکسید گوگرد در سراسر دنیا به دلیل کارایی، سهولت استفاده، هزینه قابل توجیه و خطر کم بر سلامت انسان در مقایسه با قارچ‌کش‌ها نسبتاً موفق بوده است.

انواع متفاوت ورقه‌ها با سرعت کنترل‌شده رهایش دی‌اکسید گوگرد، بر حسب نیاز صنعت با یک یا دو مرحله رهایش متفاوت سریع و یا گند و در اندازه‌های متفاوت برای انبارداری توسعه یافته‌اند. این رهاینده‌ها شامل نمک سولفیت (سدیم و یا پتاسیم) بسته‌بندی‌شده در بین ورقه‌های کاغذی یا پلیمری با قدرت نفوذپذیری متفاوت است. Fernandez-Trujillo و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که استفاده از ورقه‌های رهاینده دو مرحله‌ای باعث افزایش ماندگاری (۱ ماه بیشتر) ارقام مختلف انگور (آلدو و ناپلئون) شد و کارایی آنها به مراتب بیشتر از ورقه‌های آزادکننده تک‌مرحله‌ای بود. Domingues و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش نمودند استفاده از ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد باعث کاهش رشد کپک خاکستری طی نگهداری انگور رقم بی‌آراس^{۱۱} شدند و کارایی ورقه‌های رهاینده دو مرحله‌ای بیشتر از تک‌مرحله‌ای گزارش شد. Youssef و همکاران (۲۰۲۰)، از چهار نوع ورقه تولیدکننده دی‌اکسید گوگرد شامل ورقه‌های رهاینده سریع دو مرحله‌ای حاوی ۵ یا ۸ گرم متابولیسم سولفیت سدیم و ورقه‌های رهاینده تک‌مرحله‌ای حاوی ۴ یا ۷ گرم

¹ Bordeaux Fix

² Iprodione

³ Carbendazim

⁴ Mancozeb

⁵ Copper oxychloride

⁶ Benomyl

⁷ Captan

⁸ Strobil

⁹ Chlorothalonil

¹⁰ Dithan Z

¹¹ BRS Vitoria

¹² Modified Atmosphere Packaging (MAP)

علوم و صنایع غذایی تهیه شدند. این ورقه‌ها به دو صورت تک و دو مرحله‌ای (به ترتیب حاوی ۳۰ و ۵۰ درصد نمک متابی‌سولفیت سدیم) موجود بودند. در ورقه‌های تک‌مرحله‌ای فقط یک پوشش بیرونی حاوی ۳۰ درصد نمک وجود داشت درحالی‌که در انواع دو مرحله‌ای علاوه بر این پوشش، در سطح دیگر ورقه استات سلولز ۲۰ درصدی نمک پوشش‌داده شده و با فیلم از جنس پلی‌اتیلن لمینیت شده بود. میوه کیوی از بازار میوه و تره‌بار مشهد خریداری شد. زمان برداشت میوه براساس عرف منطقه، یعنی زمانی که کشاورزان هر منطقه شروع به برداشت میوه می‌کنند، بود. کارتن‌ها برای بسته‌بندی نیز از کارخانه کارتن‌سازی مشهد تهیه شد. حلال‌ها و مواد شیمیایی از شرکت مرک و سیگما تهیه شدند.

آماده‌سازی سوسپانسیون کپک و تلقیح روی کیوی‌ها

در ابتدا میوه‌های کیوی به‌منظور استریل شدن در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۰۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور شد و سپس در محیط قرار داده شدند تا رطوبت سطحی آنها خارج شود. در این پژوهش از بوتریتیس سینره^۱ برای تلقیح استفاده شد. اسپور این کپک از کلکسیون قارچ‌ها مرکز ملی ذخایر ژنتیکی و زیستی ایران تهیه شد. کونیدیای قارچی پس از ۲ هفته کشت از روی محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برداشت شد. ۵ میلی‌لیتر آب استریل حاوی ۰/۰۵ درصد حجمی/حجمی توئین ۸۰ با اسپورها مخلوط شد. سوسپانسیون به‌دست‌آمده با آب استریل مخلوط شده و غلظت کپک با استفاده از لام هماسیتومتر به‌دست‌آمد. سپس سوسپانسیون حاوی غلظت ۱۰^۴ کونیدیا در میلی‌لیتر از کپک بوتریتیس سینره^۱ جهت پاشش روی نمونه‌های کیوی تهیه شد. پس از پاشش سوسپانسیون کپک اجازه داده شد تا نمونه‌ها در مجاورت هوای محیط خشک شود (Youssef et al., 2015).

بررسی ماندگاری کیوی در حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد

به‌منظور بررسی کارایی ورقه‌های تولیدشده بر ماندگاری میوه، از جعبه‌های مقوایی با ابعاد ۸×۱۰×۱۵ سانتی‌متر استفاده شد و ورقه‌ها به سه طریق در داخل جعبه‌ها قرار گرفتند. ورقه مورد استفاده متناسب با ابعاد جعبه و با اندازه مشخص بود. جعبه‌ها به مدت ۹ روز در دمای ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ تا ۸۰ درصد

تولیدکننده دی‌اکسید گوگرد در قسمت بالا و پایین جعبه‌ها به‌طور معنی‌داری کمتر از جعبه‌هایی که فقط در قسمت بالا دارای این ورقه‌ها هستند، گزارش شده است (Lichter et al., 2008; Lurie et al., 2010; Mustonen, 1992; al., 2008; Zoffoli et al., 2004; Sharayei et al., 2008).

استات سلولز، از استرهای سلولزی مهم هستند که از لینتر پنبه و خمیر چوب با ۹۷ درصد آلفا-سلولز و از طریق خمیرسازی و پس از آن در سه مرحله اصلی شامل فعال‌سازی، استیل‌اسیون و هیدرولیز تولید می‌شوند. استفاده از عوامل ضد میکروب در تهیه ماده بسته‌بندی برای جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌ها سودمند بوده و سبب افزایش ماندگاری ماده غذایی می‌شوند (Appendini & Hotchkiss, 2002; Silveira et al., 2007). از این‌رو، فیلم‌های ضد میکروبی از استات سلولز با افزودن نمک‌های سوربات پتاسیم (Uz & Altinkaya, 2011)، L-لیزوزیم (Gemili et al., 2010) و سدیم پروپیونات (Soares et al., 2002) تهیه و رهایش ترکیبات فعال موجود در آنها، مورد آزمون قرار گرفتند. Dannenberg و همکاران (2017) فیلم ضد میکروب از استات سلولز با افزودن اسانس لفل قمرز تهیه نمودند و فعالیت ضد میکروبی فیلم را با روش‌های مختلف مانند انتشار در محیط جامد (آگار)، انتشار در محیط مایع (براث)، میکروآتمسفر^۱ و مدل غذایی (پنیر موزارلا) در مقابل استافیلوکوکوس اورئوس^۲، لیستریا منوسیتوزنس^۳، اش‌ریشیاکلی^۴ و سالمونلا تیفی‌موریم^۵ بررسی نمودند. نتایج نشان داد فیلم حاوی غلظت‌های مختلف اسانس (۲، ۴ و ۶ درصد) از رشد لیستریا منوسیتوزنس و استافیلوکوکوس اورئوس در تمام روش‌های مورد مطالعه، جلوگیری نمود (Dannenberg et al., 2017).

باتوجه به اهمیت ماندگاری میوه‌ها و کنترل قارچ‌ها و از طرف دیگر کاهش مصرف قارچ‌کش‌های سنتزی در زنجیره تولید تا مصرف، در این پژوهش هدف بررسی کارایی ورقه‌های استات سلولز رهاینده دی‌اکسید گوگرد جهت کنترل قارچ‌ها و افزایش ماندگاری میوه کیوی بود.

مواد و روش‌ها

مواد

ورقه‌های استات سلولز رهاینده گوگرد از مؤسسه پژوهشی

¹ Volatilization

² *Staphylococcus aureus*

³ *Listeria monocytogenes*

⁴ *Escherichia coli*

⁵ *Salmonella typhimurium*

آب مقطر مخلوط شده و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۲ تیتر شد. نتیجه براساس درصد اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه گزارش شد.

میزان مواد جامد محلول^۱

میزان مواد جامد محلول در آب میوه‌ها با استفاده از رفرکتومتر رومیزی (مدل Atago RX5000a، ساخت ژاپن) و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری و برحسب گرم در ۱۰۰ گرم نمونه گزارش شد (Ragni *et al.*, 2012).

درجه ترکیبگی-لهیدگی و درجه کپک‌زدگی

درجه ترکیبگی-لهیدگی و درجه کپک‌زدگی براساس مشاهده بصری تعیین شد. بدین ترتیب که در هر بسته تعداد میوه‌های متلاشی یا لهیده به صورت جداگانه و میوه‌های کپک‌زده به صورت جداگانه شمارش شد و براساس تعداد کل میوه‌های موجود در هر بسته درصد ترکیبگی-لهیدگی و درصد آلودگی به کپک تعیین شد (Niazmand & Yeganehzad, 2020).

شاخص‌های رنگی

ابتدا تصاویر سطحی برش‌های عرضی و طولی میوه توسط اسکنر (HP، مدل Scanjet-3770، ساخت آمریکا) تهیه شدند. سپس از نرم‌افزار ImageJ (نسخه ۱.۴۸a، آمریکا) برای اندازه‌گیری فاکتورهای رنگی استفاده شد. بدین ترتیب ابتدا قسمت‌های موردنظر توسط نرم‌افزار انتخاب و سپس تغییرات رنگ نمونه‌ها در فضای رنگی Lab موردبررسی قرار گرفت. L درخشندگی و روشنایی جزء است و دامنه آن بین صفر تا ۱۰۰ می‌باشد. شاخص‌های a و b به ترتیب شاخص‌های رنگی از سبز به قرمز و از آبی به زرد می‌باشند و دامنه تغییرات این دو مؤلفه رنگی از ۱۲۰- تا ۱۲۰+ متغیر است. در مقایسه با مدل‌های رنگ دیگر مانند RGB، در $L^*a^*b^*$ فضای ادراک رنگ یکنواخت است و بنابراین، تفاوت دو رنگ اغلب با تفاوت رنگی درک‌شده توسط چشم انسان مطابقت دارد (Niazmand *et al.*, 2021).

میزان قند احیای کل

مقدار قند احیای کل به روش فهلینگ و براساس

قرار گرفت و سپس به محیط (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) منتقل شد و به مدت ۶ روز در این محیط نگهداری شدند. طی این مدت در فواصل زمانی ۳ روز یک‌بار نمونه برداری انجام شد و موردآزمون قرار گرفتند. بسته‌های نمونه به صورت ذیل کدگذاری شدند:

C00: بسته‌های حاوی کیوی‌های بدون پاشش کپک و بدون ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد؛

C10: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و بدون ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد؛

C01P-A: بسته‌های حاوی کیوی‌های بدون پاشش کپک و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد تک‌مرحله‌ای در سطح؛

C01P-B: بسته‌های حاوی کیوی‌های بدون پاشش کپک و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد دو مرحله‌ای در سطح؛

A-1P: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد تک‌مرحله‌ای در سطح؛

A-2P: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد تک‌مرحله‌ای در سطح و یک ورقه با همان شرایط در کف؛

A-1P-W: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و سلوفان پوشش‌داده‌شده و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد تک‌مرحله‌ای در سطح؛

B-1P: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد دو مرحله‌ای در سطح؛

B-2P: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد دو مرحله‌ای در سطح و یک ورقه تک‌مرحله‌ای در کف؛

B-1P-W: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و سلوفان پوشش‌داده‌شده و یک ورقه ره‌اینده دی‌اکسید گوگرد دو مرحله‌ای در سطح؛

آزمون‌ها

میزان اسید قابل تیتر

میزان اسید قابل تیتراسیون میوه براساس روش استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۷۵ انجام شد. (Iranian National Standardization Organization, 2016). بدین منظور، ۳ میلی‌لیتر از آب میوه با ۲۷ میلی‌لیتر

¹ Total Soluble Solids (TSS)

نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) اسیدیتته نمونه‌های COO، C10، A-1P، B-1PW کاهش و در سایر نمونه‌ها افزایش یافت که البته به‌استثنای نمونه A-1P در سایر نمونه‌ها این تغییرات معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). در نمونه A-1P حدود ۰/۳۲ واحد کاهش اسیدیتته مشاهده شد. اسیدیتته از روز ۱۲ تا ۱۵ نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در سایر نمونه‌ها به‌استثنای A-2P افزایش یافت که این افزایش در نمونه‌های C10 (۰/۶۶ واحد)، C01P-A (۰/۵۲ واحد)، C01P-B (۰/۴۶ واحد)، A-1P (۰/۹۰ واحد) و B-1P (۰/۴۱ واحد) معنی‌دار بود ($P < 0.05$). کاهش اسیدیتته میوه به‌دلیل استفاده از اسیدهای آلی به‌عنوان مواد سوخت‌وساز طی فرایند تنفس و افزایش میزان مواد جامد محلول طی انبارداری می‌باشد (Lo Piero *et al.*, 2005). در برخی گزارش‌ها حاکی است که با افزایش میزان مواد جامد محلول در میوه‌ها اسیدیتته کاهش می‌یابد (Jiang *et al.*, 2013). نوسانات و افزایش جزئی اسیدیتته قابل تیتراسیون ممکن است به‌دلیل کاهش شدت تنفسی، تعرق و تولید اتیلن طی مدت نگهداری باشد (Amodio *et al.*, 2007).

پژوهش‌های پیشین نشان داده است که طی ۷۵ روز انبارداری انگور در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، اسیدیتته در نمونه شاهد (بسته‌های پلی‌لاتیلن با دانسیته پایین (LDPE^۳)) افزایش یافته است درحالی‌که در نمونه‌های تیمار شده با ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد کاهش یافته است (Jiang *et al.*, 2013).

بررسی‌ها نشان داد که استفاده از ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد روی اسیدیتته قابل تیتراژ فرنگی‌ها تأثیری نداشته و محتوای اسیدیتته تا انتهای دوره انبارداری به‌طور مداوم کاهش یافته است (Hakimi *et al.*, 2017). برخی گزارش‌ها نیز حاکی از این مطلب است که با افزایش TSS در میوه‌ها، اسیدیتته کاهش می‌یابد (Jiang *et al.*, 2013). نتایج پژوهش حاضر نشان داد حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد در زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر اسیدیتته قابل تیتراسیون نمونه‌ها ندارد. اما طی نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حفظ میزان اسیدیتته قابل تیتراسیون در نمونه‌های محتوای ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای مشاهده شد.

استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۷۵ اندازه‌گیری شد (Iranian National Standardization Organization, 2016).

میزان باقی‌مانده گوگرد در میوه

میزان باقی‌مانده گوگرد در نمونه‌ها با روش تیتراسیون یدومتری معرفی شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۵۶۹ اندازه‌گیری و گزارش شد (Iranian National Standardization Organization, 2017).

سفتی بافت

سفتی^۱ بافت میوه کیوی توسط دستگاه بافت‌سنج (TA-XT Plus Texture Analyser، ساخت انگلستان) با پروب سیلندری به قطر ۵ میلی‌متر با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه و میزان نفوذ ۸ میلی‌متر، بدون برداشتن پوست رویی اندازه‌گیری شد. بیشترین میزان نیرو طی آزمون ثبت شد. تمام آزمایش‌ها در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) انجام شد (Zhang *et al.*, 2020).

تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. داده‌های به‌دست‌آمده از طریق آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل شدند. نتایج به‌دست‌آمده تجزیه واریانس یک‌طرفه و دو طرفه^۲ و اختلاف بین میانگین‌ها به روش آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفت. برای رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۳ استفاده شد. اعداد به‌صورت میانگین \pm انحراف معیار گزارش شده‌اند.

نتایج و بحث

اسید قابل تیتراسیون

تغییرات اسیدیتته طی دوره انبارداری کیوی‌های بسته‌بندی شده در جدول (۱) نشان داده شده است. نتایج حاکی از این مطلب بود که اسیدیتته تا روز ۳ انبارداری در تمام نمونه‌ها کاهش یافت. در ادامه زمان انبارداری تا روز ۹ (انبارداری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد)، اسیدیتته کیوی‌ها دستخوش نوساناتی بود که از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند ($P > 0.05$). از روز ۹ تا ۱۲

^۱ Firmness

^۲ One-way and two-way ANOVA

^۳ Low Density Polyethylene (LDPE)

جدول ۱- مقدار اسیدیته قابل تیتر و مواد جامد محلول نمونه‌های کیوی بسته‌بندی شده به صورت‌های مختلف در حضور ورقه‌های استات سلولز رهاينده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای

زمان (روز)					نمونه	پارامتر کیفی	
۱۵	۱۲	۹	۶	۳			
۱۱/۶۷±۱/۸۹ ^{A-G}	۱۱/۰۸±۰/۶۵ ^{B-G}	۱۰/۴۷±۰/۰۲ ^{B-G}	۱۲/۲۶±۰/۸۹ ^{AB}	۹/۹۰±۰/۳۷ ^{E-G}	C00	مواد جامد محلول (درصد)	قبل از بسته‌بندی: ۹/۷۰±۰/۴۶ ^D
۱۱/۴۷±۰/۶۶ ^{B-G}	۱۱/۱۹±۰/۰۶ ^{B-G}	۱۱/۰۸±۰/۱۷ ^{B-G}	۱۱/۴۵±۰/۳۳ ^{B-G}	۱۲/۲۲±۰/۱۸ ^{AB}	C10		
۱۱/۸۳±۰/۴۴ ^{A-F}	۱۱/۱۷±۰/۲۴ ^{B-G}	۱۱/۵۵±۰/۲۹ ^{A-G}	۱۱/۸۳±۰/۴۹ ^{A-F}	۱۱/۸۶±۰/۱۳ ^{A-E}	C01P-A		
۱۰/۷۵±۰/۳۳ ^{B-G}	۱۱/۱۷±۰/۲۴ ^{B-G}	۱۱/۱۵±۰/۰۳ ^{B-G}	۱۱/۳۹±۰/۰۸ ^{B-G}	۱۱/۵۵±۰/۵۹ ^{A-G}	C01P-B		
۱۳/۵۴±۰/۵۵ ^A	۱۱/۷۹±۰/۲۱ ^{A-F}	۱۲/۲۵±۰/۳۷ ^{AB}	۱۲/۳۳±۲/۱۰ ^{AB}	۱۱/۳۷±۱/۱۵ ^{B-G}	A-1P		
۱۲/۲۱±۰/۲۳ ^{A-C}	۱۱/۳۴±۰/۳۱ ^{A-F}	۱۱/۵۳±۰/۵۳ ^{A-G}	۱۰/۲۰±۰/۳۹ ^{C-G}	۱۱/۷۱±۰/۵۳ ^{A-G}	A-2P		
۱۱/۴۳±۰/۱۶ ^{B-G}	۱۱/۸۰±۰/۲۳ ^{B-G}	۱۲/۲۲±۰/۵۶ ^{AB}	۱۰/۸۲±۰/۶۶ ^{B-G}	۱۱/۰۰±۰/۱۵ ^{B-G}	A-1P-W		
۹/۸۲±۰/۷۲ ^{FG}	۱۰/۳۷±۰/۰۶ ^{B-G}	۱۱/۰۹±۰/۱۴ ^{B-G}	۱۱/۴۶±۰/۰۹ ^{B-G}	۱۱/۲۳±۰/۳۶ ^{B-G}	B-1P		
۱۲/۰۰±۰/۵۶ ^{A-D}	۱۰/۸۶±۰/۸۱ ^{B-G}	۱۰/۸۳±۰/۳۳ ^{B-G}	۱۰/۴۹±۱/۰۴ ^{B-G}	۱۱/۰۶±۰/۵۴ ^{B-G}	B-2P		
۱۰/۹۵±۰/۳۱ ^{B-G}	۱۰/۳۷±۰/۲۲ ^{B-G}	۱۱/۸۵±۰/۲۵ ^{A-E}	۱۱/۴۷±۰/۷۵ ^{A-F}	۱۰/۱۵±۰/۶۳ ^{D-G}	B-1P-W		
۱/۱۶±۰/۰۱ ^{B-H}	۰/۸۸±۰/۰۷ ^{F-O}	۰/۹۷±۰/۰۸ ^{D-O}	۰/۷۵±۰/۰۵ ^{H-P}	۰/۹۰±۰/۰۹ ^{E-O}	C00	اسیدیته قابل تیتر (درصد)	قبل از بسته‌بندی: ۱/۳۴±۰/۲۵ ^{A-D}
۱/۳۰±۰/۲۲ ^{A-E}	۰/۶۴±۰/۰۶ ^{L-P}	۱/۰۵±۰/۰۹ ^{C-L}	۱/۰۰±۰/۱۵ ^{C-O}	۰/۸۵±۰/۰۶ ^{F-O}	C10		
۱/۵۳±۰/۱۳ ^{AB}	۱/۰۱±۰/۱۲ ^{C-N}	۰/۶۱±۰/۰۸ ^{N-P}	۰/۸۸±۰/۰۴ ^{F-O}	۰/۹۰±۰/۰۱ ^{E-O}	C01P-A		
۱/۲۳±۰/۰۸ ^{A-F}	۰/۷۷±۰/۰۱ ^{G-P}	۰/۶۶±۰/۱۵ ^{K-P}	۰/۶۱±۰/۱۷ ^{N-P}	۱/۱۴±۰/۰۲ ^{B-I}	C01P-B		
۱/۵۸±۰/۱۳ ^A	۰/۶۸±۰/۰۵ ^{K-P}	۱/۰۰±۰/۱۷ ^{CD}	۱/۱۳±۰/۱۰ ^{A-D}	۱/۰۲±۰/۲۳ ^{C-M}	A-1P		
۱/۹±۰/۰۲ ^{C-J}	۱/۱۲±۰/۱۳ ^{B-I}	۰/۹۰±۰/۰۱ ^{E-O}	۱/۶۱±۰/۰۳ ^{M-P}	۱/۰۶±۰/۰۴ ^{C-K}	A-2P		
۰/۸۹±۰/۱۲ ^{F-O}	۰/۷۶±۰/۱۳ ^{H-P}	۰/۶۹±۰/۲۷ ^{I-P}	۰/۸۳±۰/۱۷ ^{F-P}	۰/۸۷±۰/۰۹ ^{F-O}	A-1P-W		
۱/۳۸±۰/۲۵ ^{A-C}	۰/۹۷±۰/۰۹ ^{D-O}	۰/۸۳±۰/۳۸ ^{F-P}	۰/۶۴±۰/۰۶ ^{L-P}	۰/۷۷±۰/۰۲ ^{H-P}	B-1P		
۱/۱۸±۰/۳۲ ^{A-G}	۱/۱۶±۰/۲۸ ^{B-H}	۱/۰۵±۰/۰۱ ^{C-L}	۰/۷۶±۰/۰۲ ^{H-P}	۰/۸۹±۰/۰۶ ^{F-O}	B-2P		
۰/۸۶±۰/۱۹ ^{F-O}	۰/۴۳±۰/۰۴ ^{OP}	۰/۵۹±۰/۰۳ ^P	۰/۷۵±۰/۰۷ ^{H-P}	۰/۷۳±۰/۱۵ ^{L-P}	B-1P-W		

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار نمایش داده شده است.

حروف غیرمشابه روی اعداد بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد براساس آزمون توکی می‌باشد.

مواد جامد محلول

تغییرات محتوای TSS نمونه‌های کیوی در بسته‌های مختلف در جدول (۱) نمایش داده شده است. میزان مواد جامد محلول در کنار سفتی بافت میوه، کاربرد گسترده‌ای برای تعیین کیفیت پس از برداشت میوه کیوی دارد و همچنین ارتباط نزدیکی با دیگر صفات دارد (Cicco *et al.*, 2006).

همان‌طور که مشهود است در تمام بسته‌ها محتوای TSS نمونه‌های کیوی ۳ روز پس از انبارداری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت که این افزایش فقط در نمونه C10 معنی‌دار بود. در روزهای بعد از انبارداری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا روز ۱۵، مقدار TSS نمونه‌ها دستخوش نوسان بود که این نوسانات در نمونه‌های مختلف از روند خاصی تبعیت نمی‌کرد. مصرف سوپسترا از طریق تنفس محصول یا فعالیت میکروارگانیسم‌ها منجر به تغییر TSS و اسیدیته قابل تیتر می‌شود (Jiang *et al.*, 2013). افزایش

مواد جامد محلول طی انبارداری و بلوغ فیزیولوژیک میوه به علت فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سینتاز می‌باشد که نشاسته را به قندهای ساده مثل گلوکز فسفات تبدیل می‌کند (Fisk *et al.*, 2008; Tavarini *et al.*, 2009). Amodio و همکاران (۲۰۰۷) افزایش میزان مواد جامد محلول حین نگهداری را علاوه بر افزایش میزان قند به افزایش مواد جامد محلولی همانند پکتین‌های محلول و ترکیبات فنولی نسبت دادند. در پایان روز ۹ بیشترین کمترین TSS به ترتیب در نمونه‌های A-1P (۲/۵۵) درصد افزایش نسبت به قبل از بسته‌بندی) و C00 (۱/۷۷) درصد قبل از بسته‌بندی) مشاهده شد. در روز ۱۵ نمونه‌های A-1P (۳/۸۴) درصد افزایش) و B-1P (۰/۱۲) درصد افزایش) به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار TSS را نشان دادند.

طی ۷۵ روز نگهداری انگور بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های رهاينده دی‌اکسید گوگرد در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد TSS انگورها از ۱۸/۹ به ۱۶/۵۷ کاهش یافت (Jiang *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر گزارش شده است

همان‌طور که مشاهده می‌شود درصد کپک‌زدگی در نمونه‌های C00 و C10 در روزهای ۹ و ۱۵ به‌طور معنی‌داری با سایر نمونه‌ها متفاوت بود ($P < 0.05$) و بیشترین میزان کپک‌زدگی در نمونه‌های فوق مشاهده شد. در نمونه‌های C00 و C10 در روز ۹ به‌ترتیب ۱۷/۵ و ۱۲/۵ درصد کپک‌زدگی مشاهده شد که مقدار آن به ۴۲/۵ و ۳۲/۵ درصد در روز ۱۵ افزایش یافت. میزان کپک‌زدگی در نمونه B-1P-W (۱۲/۵ درصد) نیز بیشتر از سایر نمونه‌های حاوی ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد بود. در حالی که در نمونه‌های C01P-B و A-1P در روزهای ۹ و ۱۵ کپک‌زدگی مشاهده نشد.

اگرچه تصور بر این است که مقدار ۷ میلی‌گرم بر لیتر دی‌اکسید گوگرد برای جلوگیری از رشد بوتریتیس سینره ضروری است، اما برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که مقدارهای کمتر نیز ممکن است مؤثر باشد. این نتیجه‌گیری برای اثر فاز رهایش سریع صادق نیست چراکه در انواع ورقه‌های رهاینده سریع (تک‌مرحله‌ای) آزادشدن سریع و مقدار مناسب دی‌اکسید گوگرد می‌تواند در کنترل پوسیدگی و فساد بسیار مؤثر باشد در حالی که اگر مقدار کمتری آزاد شود ممکن است این اثر را نداشته باشد (Lichter et al., 2008). رهایش آهسته دی‌اکسید گوگرد، به تدریج اتمسفر درونی بسته را تغییر می‌دهد. این پدیده علاوه بر اینکه می‌تواند از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها جلوگیری نماید، می‌تواند بر سرعت تنفس محصول نیز تأثیر گذاشته و آن را کاهش دهد (Liu et al., 2015).

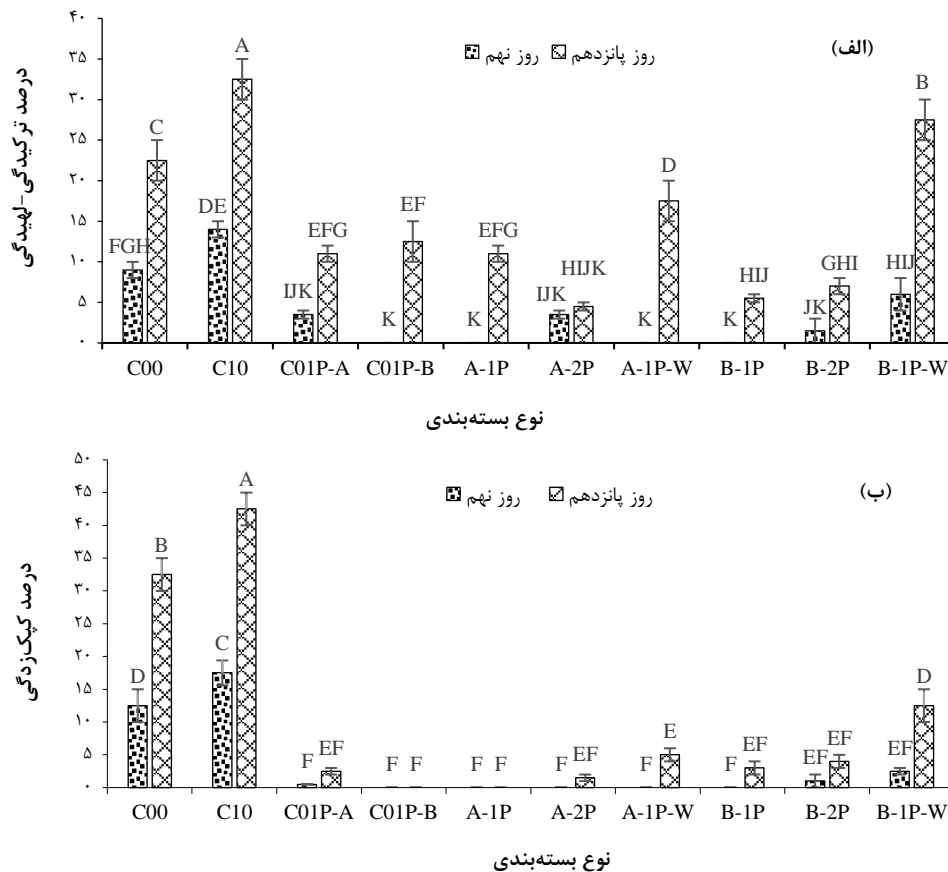
تبدیل مقدار دی‌اکسید گوگرد موردنیاز برای ضدعفونی‌کردن به آنچه که باید از ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد در طول دوره نگهداری آزاد شود، مشکل می‌باشد. زیرا در حالت رهایش سریع، میوه‌ها برای مدت کوتاهی در معرض گاز دی‌اکسید گوگرد قرار می‌گیرند و سپس گازدهی متوقف می‌شود و در نتیجه به تدریج مقدار دی‌اکسید گوگرد در اتمسفر درونی بسته کاهش و احتمال رشد قارچ‌ها وجود دارد. در مورد ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد با رهایش کند (دو مرحله‌ای)، میوه‌ها به‌طور مداوم در معرض دی‌اکسید گوگرد قرار می‌گیرند که مقدار گاز رهایش‌یافته در این نوع ورقه‌ها مهم است چراکه در صورت رهایش مقدار زیادی گاز، احتمال آسیب‌تجمعی به ظاهر و طعم میوه‌ها وجود دارد (Lichter et al., 2008).

که مقدار TSS توت‌فرنگی‌های تیمارشده با ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد با افزایش دوره انبارمانی تا روز آخر افزایش یافت (Hakimi et al., 2017).

درصد ترکیب‌دهی - لهیدگی و کپک‌زدگی

میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی کیوی‌ها در بسته‌های مختلف طی انبارداری و نگهداری در شکل (۱-الف) نشان داده شده است. نتایج بیانگر اختلاف معنی‌دار نمونه‌ها از لحاظ میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی در روزهای ۹ و ۱۵ بود. همان‌طور که مشهود است میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی در روز ۹ به‌طور معنی‌دار کمتر از روز ۱۵ است به‌طوری‌که در نمونه‌های A-1P، B-1P، A-1P-W، C01P-B در روز ۹ ترکیب‌دهی و لهیدگی مشاهده نشد. بیشترین میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی در روز ۹ به نمونه C10 و به‌دنبال آن نمونه C00 مربوط بود که به‌ترتیب ۱۴ و ۹ درصد ترکیب‌دهی و لهیدگی مشاهده شد. در روز ۱۵ میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی افزایش یافت که در نمونه‌های C10 (۳۲/۵ درصد)، B-1P-W (۲۷/۵ درصد)، C00 (۲۲/۵ درصد) و A-1P-W (۱۷/۵ درصد) به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر نمونه‌ها بود ($P < 0.05$). کمترین میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی در روز ۱۵ به نمونه‌های A-2P (۴/۵ درصد) و به‌دنبال آن B-1P (۵/۵ درصد) و B-2P (۷ درصد) مربوط بود. نتایج Lichter و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که پس از ۴۳ روز نگهداری خوشه‌های انگور در دمای صفر درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۱ درصد در نمونه‌های شاهد (جعبه‌های بدون آستر اما لفاف‌بندی‌شده) فقط ۴ درصد خوشه سالم وجود داشت؛ در حالی که ۱۰۰ درصد نمونه‌های تیمارشده (خوشه‌های انگور بسته‌بندی‌شده در جعبه‌های دارای آستر پلاستیکی حاوی ورقه رهاینده گاز دی‌اکسید گوگرد) سالم بودند. پس از ۶۵ روز نگهداری در دمای پایین و ۳ روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد پوسیدگی در نمونه‌های تیمارشده رخ داد اما به‌رحال بین ۶۹ تا ۸۱ درصد خوشه‌ها سالم بودند (Lichter et al., 2008).

نتایج Ahmed و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که هیچ تفاوت معنی‌داری بین میزان ترک‌خوردگی و متلاشی‌شدن، رنگ و وزن نمونه‌های انگور بسته‌بندی‌شده در حضور ورقه‌های تک‌مرحله‌ای و دو مرحله‌ای رهاینده دی‌اکسید گوگرد وجود نداشت. درصد کپک‌زدگی نمونه‌ها نیز در روزهای ۹ و ۱۵ (شکل ۱-ب) بررسی شد.



شکل ۱- درصد ترکیب کلروفیل-لئیدگی (الف) و کپک‌زدگی (ب) نمونه‌های کیوی آغشته به بوتریتیس سینره آ بسته‌بندی شده به صورت‌های مختلف در حضور ورقه‌های استات سلولز رهاينده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای در روزهای ۹ و ۱۵. میله‌های رسم‌شده روی هر ستون بیانگر انحراف معیار داده‌ها می‌باشد. حروف غیرمشابه روی ستون‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد براساس آزمون توکی می‌باشد.

داده شده است. نتایج جدول (۲) گویای این مطلب است که طی انبارمانی و نگهداری هر دو شاخص L و a روند کاهشی داشته است گرچه در بسیاری موارد اختلاف آنها با شاخص‌های کیوی قبل از بسته‌بندی معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). هرچه میزان تغییر رنگ پوست و گوشت میوه نسبت به زمان برداشت کمتر باشد، به معنی حفظ کیفی میوه طی انبارداری است (Amodio et al., 2007). در پایان روز ۹ انبارمانی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، نمونه‌های A-1P، C01P-A، A-IP-W و B-1P-W بیشترین شاخص سبزی را داشتند به طوری که تفاوت معنی‌داری را با قبل از بسته‌بندی نشان دادند در حالی که شاخص سبزی در نمونه C00 به طور معنی‌دار در مقایسه با شاهد (۱/۸۷ واحد) کاهش یافت ($P < 0.05$). همچنین بیشترین روشنایی در روز ۹ به نمونه‌های A-1P-W و B-1P-W مربوط بود. کمترین میزان روشنایی در همین زمان به نمونه‌های A-2P و B-1P مربوط بود که با نمونه قبل از بسته‌بندی اختلاف معنی‌دار نشان دادند.

Xiao و Saito (۲۰۱۶)، گزارش کردند که قراردی ورقه‌های رهاينده دی‌اکسید گوگرد دو و تک‌مرحله‌ای سریع در داخل بسته‌های حاوی زغال‌اخته (دمای ۱ درجه سانتی‌گراد) سرعت بروز پوسیدگی را در مقایسه با نمونه شاهد کاهش داده و کیفیت محصول را بهتر حفظ نمود. Hakimi و همکاران (۲۰۱۷) اظهار کردند که استفاده از ورقه‌های رهاينده دی‌اکسید گوگرد تیمار کارآمدی برای افزایش ماندگاری توت‌فرنگی‌ها تحت دمای محیطی نیستند. این امر ممکن است به دلیل دمای بالا باشد که گوگرد با سرعت بیشتر از این ورقه‌ها رهایش‌یافته و سپس از بسته‌ها خارج می‌شود. ضمن اینکه دمای بالا باعث آسیب شیمیایی به سطح میوه از طریق گاز دی‌اکسید گوگرد در اولین مرحله رهایش می‌شود.

شاخص‌های رنگی

شاخص‌های رنگی کیوی‌ها شامل روشنایی (L) و سبزی-زردی (a) طی انبارمانی و نگهداری در جدول (۲) نشان

جدول ۲- شاخص‌های رنگی نمونه‌های کیوی بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های استات سلولز رها بنده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای

زمان (روز)					نمونه	پارامتر کیفی
۱۵	۱۲	۹	۶	۳		
-۰/۵۳±۰/۰۷ ^{A-F}	-۰/۴۵±۰/۱۱ ^{A-E}	-۰/۶۸±۰/۴۴ ^{B-G}	-۱/۸۳±۰/۱۹ ^{C-H}	-۱/۸۲±۰/۶۲ ^{C-H}	C00	شاخص سبزی- زردی (a)
-۰/۶۹±۰/۸۲ ^{B-G}	-۰/۲۵±۰/۵۷ ^{A-D}	-۱/۲۶±۰/۳۲ ^{C-H}	-۱/۲۲±۰/۴۹ ^{C-H}	-۱/۵۴±۰/۱۵ ^{C-H}	C10	
-۱/۵۲±۰/۴۹ ^{C-H}	-۱/۱۰±۰/۲۳ ^{C-H}	-۲/۲۲±۰/۵۶ ^{D-H}	-۲/۸۹±۰/۸۲ ^H	-۲/۴۹±۰/۱۸ ^{F-H}	C01P-A	
-۰/۳۶±۰/۵۸ ^{A-E}	۱/۳۷±۰/۲۹ ^A	-۰/۹۳±۰/۲۴ ^{C-H}	-۱/۱۳±۰/۴۳ ^{C-H}	-۲/۵۶±۰/۳۱ ^{GH}	C01P-B	
-۱/۴۶±۰/۷۱ ^{C-H}	-۱/۱۲±۰/۰ ^{C-H}	-۲/۲۷±۰/۴۴ ^{D-H}	-۲/۲۲±۰/۶۸ ^{D-H}	-۲/۸۳±۰/۱۶ ^H	A-1P	
۱/۱۴±۰/۸۲ ^{AB}	-۱/۶۱±۰/۳۱ ^{C-H}	-۱/۲۳±۰/۰ ^{C-H}	-۱/۵۱±۰/۲۹ ^{C-H}	-۲/۵۸±۰/۹۹ ^{GH}	A-2P	
-۱/۰۲±۰/۴۷ ^{F-O}	-۲/۲۹±۰/۰ ^{E-H}	-۲/۲۵±۰/۷۲ ^{D-H}	-۱/۷۶±۰/۲۸ ^{C-H}	-۱/۵۲±۰/۱۶ ^{C-H}	A-1P-W	
-۰/۱۸±۰/۵۸ ^{A-C}	-۱/۸۶±۰/۶۷ ^{C-H}	-۱/۳۵±۰/۲۴ ^{C-H}	-۲/۱۲±۰/۶۲ ^{C-H}	-۲/۱۴±۰/۵۵ ^{C-H}	B-1P	
-۰/۵۷±۰/۰ ^{A-G}	-۱/۶۹±۰/۸۵ ^{C-H}	-۱/۷۶±۰/۱۹ ^{C-H}	-۱/۴۵±۰/۴۱ ^{C-H}	-۱/۹۸±۰/۵۷ ^{C-H}	B-2P	
۱/۱۵±۰/۴۵ ^{AB}	-۱/۸۴±۰/۴۵ ^{C-H}	-۲/۳۰±۰/۳۷ ^{E-H}	-۱/۷۲±۰/۴۸ ^{C-H}	-۱/۴۹±۰/۲۸ ^{C-H}	B-1P-W	
۵۸/۲۸±۱/۶۶ ^{BC}	۵۵/۵۶±۲/۵۸ ^C	۵۸/۲۰±۲/۲۸ ^{BC}	۵۷/۱۲±۲/۷۷ ^C	۵۹/۶۰±۳/۱۰ ^{BC}	C00	شاخص روشنایی (L)
۵۵/۷۶±۱/۳۲ ^C	۵۵/۷۲±۱/۰ ^{A-C}	۶۳/۵۳±۵/۵۲ ^{BC}	۵۷/۶۸±۲/۹۱ ^C	۵۸/۸۱±۳/۰۴ ^{BC}	C10	
۵۶/۴۹±۲/۷۶ ^C	۶۰/۶۰±۶/۳۷ ^{BC}	۶۲/۴۸±۵/۷۶ ^{BC}	۶۵/۵۴±۲/۵۱ ^{ABC}	۵۹/۵۰±۲/۷۴ ^{BC}	C01P-A	
۵۹/۰۰±۲/۷۹ ^{BC}	۵۵/۲۹±۰/۸۱ ^C	۵۹/۹۴±۴/۸۲ ^{BC}	۵۵/۴۳±۲/۵۴ ^C	۵۶/۱۲±۲/۹۵ ^C	C01P-B	
۶۳/۴۹±۴/۰۴ ^{BC}	۶۰/۶۱±۴/۴۳ ^{BC}	۶۳/۷۴±۴/۹۶ ^{ABC}	۶۲/۳۷±۶/۲۷ ^{BC}	۷۰/۴۴±۲/۵۴ ^{AB}	A-1P	
۵۷/۴۰±۰/۲۸ ^C	۶۳/۱۸±۴/۹۷ ^{BC}	۵۷/۳۶±۴/۵۷ ^C	۵۹/۱۴±۲/۸۵ ^{BC}	۶۳/۸۵±۴/۲۲ ^{ABC}	A-2P	
۵۷/۹۵±۳/۹۲ ^{BC}	۶۴/۵۱±۴/۶۴ ^{ABC}	۶۶/۳۴±۲/۶۴ ^{ABC}	۵۹/۴۹±۲/۳۰ ^{BC}	۶۰/۱۰±۴/۸۵ ^{BC}	A-1P-W	
۶۰/۲۹±۲/۲۵ ^{BC}	۶۱/۷۷±۵/۱۷ ^{BC}	۵۷/۶۱±۲/۳۶ ^C	۶۱/۵۵±۵/۶۹ ^{BC}	۵۹/۶۱±۵/۷۶ ^{BC}	B-1P	
۶۰/۸۵±۶/۶۳ ^{BC}	۶۳/۲۳±۵/۱۵ ^{BC}	۵۸/۲۶±۴/۹ ^{BC}	۶۰/۰۲±۴/۹۳ ^{BC}	۶۴/۹۳±۵/۱۷ ^{ABC}	B-2P	
۵۵/۴۷±۲/۸۵ ^C	۵۹/۶۶±۲/۷۹ ^{BC}	۶۷/۰۴±۳/۰۲ ^{ABC}	۵۸/۷۷±۲/۵۷ ^{BC}	۵۷/۹۶±۲/۸۷ ^{BC}	B-1P-W	

اعداد به صورت میانگین ± انحراف معیار نمایش داده شده است.

حروف غیر مشابه روی اعداد بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد براساس آزمون توکی می‌باشد.

واکنش‌های شیمیایی می‌تواند به حفظ رنگ کمک کند.

سایر ویژگی‌های مورد بررسی

مقدار قند کل، باقی‌مانده گوگرد و بافت نمونه‌های کیوی که کمترین درصد ترکیبدهی و لهیدگی را داشتند، مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است. بررسی مقدار قند کل در نمونه‌های مورد نظر حاکی از کاهش معنی‌دار میزان قند در نمونه A-1P در روز ۱۵ نسبت به روز ۹ و همچنین بسته‌بندی (به ترتیب ۱/۶۹ و ۲/۱۵ واحد) بود. همچنین مقدار قند کل در نمونه A-2P در روز ۹ و ۱۵ به طور معنی‌دار (به ترتیب ۱/۵۵ و ۱/۳۸ واحد) کمتر از میزان قند نمونه قبل از بسته‌بندی بود ($P < 0.05$). مقدار قند در نمونه‌های B-1P و B-2P نیز کمتر از مقدار آن در نمونه قبل از بسته‌بندی بود اما اختلاف معنی‌داری با قبل از بسته‌بندی و همچنین نمونه‌های A-1P و B-2P نشان نداد ($P > 0.05$) و همکاران (۲۰۱۷) اختلاف

پس از انتقال کیوی‌ها از انبار به دمای محیط شاخص‌های L و a دستخوش تغییر شدند. در روز ۱۵ بیشترین روشنایی به نمونه A-1P و کمترین آن به نمونه‌های C10 و B-1P-W مربوط بود در حالی که نمونه‌های C01P-A و A-1P بیشترین شاخص سبزی و نمونه‌های B-1P-W و A-2P کمترین شاخص سبزی را به خود اختصاص دادند. به نظر می‌رسد حضور ورقه‌های رها بنده دی‌اکسید گوگرد تک مرحله‌ای در حفظ رنگ سبز و روشنایی کیوی‌ها بی‌تأثیر نبوده است اما اثر از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. شایان ذکر است، ضرورت دارد تا دی‌اکسید گوگرد رها شده از سد پوست کیوی عبور کرده و وارد گوشت میوه شود تا بتواند روی رنگ سبز کیوی تأثیر منفی داشته باشد و باعث بی‌رنگ شدن آن شود. اما براساس نتایج به نظر می‌رسد این امر در حضور ورقه‌های تک مرحله‌ای رخ نداده و به میزان خیلی کمی در حضور ورقه‌های دو مرحله‌ای مشاهده شد. به هر حال دی‌اکسید گوگرد با اثر بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و مهار برخی

مقوایی قابلیت جذب بخشی از گاز دی‌اکسید گوگرد رهاشده را دارند (Lichter *et al.*, 2008).

میزان سفتی بافت شاخص کیفی مهمی در میوه کیوی است (Tavarini *et al.*, 2009). بررسی بافت نمونه‌ها در روزهای ۹ و ۱۵ نشان داد که طی انبارداری و نگهداری نمونه‌ها، سفتی بافت به‌طور معنی‌دار نسبت به قبل از بسته‌بندی کاهش یافت ($P < 0.05$). کاهش سفتی میوه، به‌دلیل تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی در اثر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده (پکتین متیل‌استراز، پلی‌گالاکتروناز و سلولاز) و تبدیل پروتوپکتین نامحلول به پکتین محلول و کاهش همی سلولز می‌باشد (Leontowicz *et al.*, 2007). Niklis و همکاران (۱۹۹۳) گزارش نمودند که در میوه‌های آلوده به کپک بوتریتیسیس سینره/آ طی انبارمانی (۵۵ روز در ۱۰ درجه سانتی‌گراد) میزان اتیلن افزایش می‌یابد و افزایش میزان اتیلن باعث کاهش میزان سفتی و کاهش سایر خصوصیات کیفی می‌شود. سفتی بافت در نمونه‌های A-1P، A-2P، B-1P و B-2P در روز ۹ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. انتقال بسته‌ها از انبار به محیط منجر به کاهش قابل توجه و معنی‌دار سفتی بافت در نمونه‌های مذکور (به‌استثنای نمونه A-2P) شد ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین سفتی بافت در روز ۹ به ترتیب به نمونه‌های A-1P و A-2P مربوط بود که به ترتیب حدود ۲/۹ و ۳/۲ نیوتن کمتر از سفتی بافت کیوی‌ها قبل از بسته‌بندی بود. در روز ۱۵ سفتی بافت نمونه A-1P به شدت افت کرده و نسبت به روز ۹، ۴/۵۶ واحد کاهش یافت. نتایج سفتی بافت با نتایج درصد ترکیب و لهیدگی مطابقت داشت.

در پژوهش دیگری نتایج بررسی بافت نشان داد که سفتی بافت زغال‌اخته در بسته‌های حاوی ورقه‌های رهاینده دو مرحله‌ای نگهداری شده در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ هفته به‌طور معنی‌داری کمتر بود که این امر می‌تواند به این حقیقت نسبت داده شود که ورقه‌های دو مرحله‌ای باعث رنگ‌بری و تخریب بیشتری در پوست میوه می‌شوند (Saito & Xiao, 2016).

Hakimi و همکاران (۲۰۱۷) بیان کردند که توت‌فرنگی‌های تیمار شده با ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد در مقایسه با شاهد افت وزنی زیادی نداشتند، پوسیدگی در آنها کمتر و سفتی بافت در آنها بیشتر بود.

معنی‌داری بین قند کل توت‌فرنگی‌های بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد و نمونه شاهد گزارش نکردند و بیان نمودند که محتوای قند کل نمونه‌ها تا انتهای دوره انبارداری کاهش یافت. نتایج اندازه‌گیری میزان گوگرد باقی‌مانده در نمونه‌های کیوی نشان داد که مقدار گوگرد در نمونه‌های بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های رهاینده گوگرد به‌طور معنی‌داری بالاتر از نمونه قبل از بسته‌بندی بود. همچنین با افزایش زمان مجاورت ورقه‌ها با ورقه‌های رهاینده از ۹ به ۱۵ روز مقدار گوگرد باقی‌مانده در نمونه‌ها افزایش یافت. مقدار گوگرد باقی‌مانده در نمونه‌های A-2P و B-2P که حاوی ورقه‌های رهاینده دو مرحله‌ای بودند در روز ۱۵ بیشتر از سایر نمونه‌ها بود.

از بررسی نتایج چنین به نظر می‌رسد که تفاوت مشهودی بین مقدار گوگرد باقی‌مانده در نمونه‌های حاوی یک یا دو ورقه رهاینده گوگرد و همچنین ورقه‌های تک و دو مرحله‌ای وجود ندارد. این امر می‌تواند به کافی نبودن رطوبت و همچنین تدریجی بودن رهایش گوگرد از ورقه‌ها نسبت داده شود. اگر بخار آب و اسیدهای آلی بیشتری به لایه داخلی ورقه‌ها نفوذ کند، به‌طوری‌که با متابی‌سولفیت سدیم موجود در لایه درونی نفوذ کند مقدار دی‌اکسید گوگرد بیشتری تولید خواهد شد (Xu *et al.*, 2013).

Cheah و همکاران (۱۹۹۳)، گزارش نمودند که میزان باقی‌مانده دی‌اکسید گوگرد بسته به غلظت گاز و مدت زمان گازدهی متفاوت است، اما میزان باقی‌مانده گاز دی‌اکسید گوگرد طی ۲۴ ساعت پس از گازدهی از ۴ به ۱/۶ میلی‌گرم بر لیتر و سپس طی ۵ روز به ۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر کاهش یافت. این محققین همچنین بیان داشتند که به‌دلیل اندازه بزرگ‌تر میوه کیوی نسبت به انگور، میزان باقی‌مانده گوگرد در آن کمتر است.

در میوه‌ها گاز دی‌اکسید گوگرد در سیتوپلاسم به‌صورت سولفیت و بی‌سولفیت بسته به pH حل می‌شود. پس از ۳۰ دقیقه ضدعفونی کردن، سولفیت و بی‌سولفیت به سولفات تبدیل می‌شود که در داخل میوه این امر ۲۴ ساعت طول می‌کشد. سولفات‌ها از ترکیبات طبیعی موجود در میوه‌ها هستند و حضور آنها اثر سمی نداشته و تداخلی در سلامتی ایجاد نمی‌کند. به‌هرحال، ظرفیت اکسایشی میوه‌ها محدود است و تبدیل درونی سولفیت به سولفات ممکن است خارج از حد ظرفیت میوه باشد. جعبه‌های

جدول ۳- مقدار قند کل، باقی‌مانده گوگرد و سفتی نمونه‌های کیوی بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های استات سلولز رهاینده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای

نمونه	زمان (روز)					
	۹		۱۵		۱۵	
	قند کل (گرم در ۱۰۰ گرم)		باقی‌مانده گوگرد (میلی‌گرم بر گرم)		سفتی (نیوتن)	
	قبل از بسته‌بندی: ۱۰/۵۱±۰/۳۶ ^A		قبل از بسته‌بندی: ۰/۰۱±۰/۰۰ ^D		۱۱/۲۱±۰/۳۳ ^A	
A-1P	۱۰/۰۵±۰/۰۶ ^{AB}	۸/۳۷±۰/۵۱ ^C	۰/۱۸±۰/۰۳ ^{BC}	۰/۲۴±۰/۰۳ ^{AB}	۹/۳۱±۰/۹۵ ^B	۴/۷۵±۰/۴۷ ^F
A-2P	۸/۹۶±۰/۲۷ ^{BC}	۹/۱۳±۰/۷۱ ^{BC}	۰/۱۷±۰/۰۱ ^{BC}	۰/۲۷±۰/۰۱ ^A	۸/۰۱±۰/۵۱ ^{BC}	۷/۲۵±۰/۴۹ ^{CD}
B-1P	۹/۳۶±۰/۲۱ ^{AB}	۹/۵۰±۰/۳۰ ^{ABC}	۰/۱۶±۰/۰۶ ^C	۰/۲۳±۰/۰۴ ^{AB}	۹/۰۹±۰/۵۰ ^B	۶/۳۰±۰/۵۱ ^{DE}
B-2P	۹/۸۹±۰/۳۶ ^{AB}	۹/۶۸±۰/۳۲ ^{AB}	۰/۲۰±۰/۰۲ ^{ABC}	۰/۲۶±۰/۰۳ ^A	۸/۳۲±۰/۴۰ ^{BC}	۵/۰۱±۰/۴۴ ^{EF}

اعداد به صورت میانگین±انحراف معیار نمایش داده شده است.

حروف غیرمشابه روی اعداد بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد براساس آزمون توکی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد بر بستر استات سلولز برای بررسی انبارمانی کیوی‌های تلقیح‌شده با کپک بوتریتیس سینره/مورد استفاده قرار گرفتند. نمونه‌های کیوی به مدت ۹ روز در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ تا ۸۰ درصد قرار گرفته و سپس تا روز ۱۵ در شرایط محیط نگهداری شدند. به‌طور کلی نتایج حاکی از عملکرد مؤثر ورقه‌های رهاینده به‌ویژه انواع دو مرحله‌ای در جلوگیری از ترکیدگی و لهیدگی و همچنین کپک‌زدگی نمونه‌های کیوی بودند. به‌ویژه زمانی که از دو ورقه در بسته‌بندی استفاده شد. لفاف پیچی کیوی‌ها با سلوفان و سپس بسته‌بندی آنها در حضور ورقه‌های رهاینده تک و دو مرحله‌ای به علت تماس کمتر گاز با سطح کیوی‌ها تأثیر منفی داشت. میزان TSS و اسیدیته قابل تیترا نمونه‌های کیوی طی انبارمانی دستخوش نوسانات جزئی شد. رنگ نمونه‌های کیوی نیز در حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد بخصوص انواع تک‌مرحله‌ای به‌خوبی حفظ شد. سفتی و محتوای قند کل نمونه‌ها در حضور ورقه‌های تک و دو مرحله‌ای در پایان دوره انبارمانی نسبت به شاهد کاهش نشان داد. همچنین میزان باقی‌مانده گوگرد در نمونه‌های کیوی در پایان دوره انبارمانی در محدوده مجاز تعیین‌شده توسط FDA (کمتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) قرار داشت. به‌طور کلی می‌توان گفت ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید

گوگرد عملکرد مؤثری در سردخانه در افزایش مدت انبارمانی میوه کیوی و کاهش رشد کپک خاکستری دارند. اما نکته حائز اهمیت این است که ورقه‌ها باید بر بستر مناسب تهیه‌شده و شرایط انجام واکنش نمک متابی‌سولفیت سدیم با بخار آب برای رهایش دی‌اکسید گوگرد مهیا گردد.

تشکر و قدردانی

این مقاله توسط مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی و مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی حمایت مالی شده است که بدین‌وسیله از آنها قدردانی می‌شود.

مشارکت نویسندگان

راضیه نیازمند: ارائه ایده پژوهشی و طراحی مطالعه، جمع‌آوری داده، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، نوشتن پیش‌نویس مقاله، آنالیز داده‌ها، تأیید نسخه نهایی؛ پروین شرایعی: تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها، نوشتن پیش‌نویس مقاله، آنالیز داده‌ها؛ مسلم جهانی: تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها؛ الهام آذرپژوه: جمع‌آوری داده؛ محمدرضا عبدالهی مقدم: نظارت بر مطالعه.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

منابع

- Ahmed, S., Roberto, S. R., Domingues, A. R., Shahab, M., Junior, O. J. C., Sumida, C. H., & De Souza, R. T. (2018). Effects of different sulfur dioxide pads on Botrytis mold in 'Italia' table grapes under cold storage. *Horticulturae*, 4(4), 29. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4040029>

- Amodio, M. L., Colelli, G., Hasey, J. K., & Kader, A. A. (2007). A comparative study of composition and postharvest performance of organically and conventionally grown kiwifruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(7), 1228-1236. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2820>
- Appendini, P., & Hotchkiss, J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126. [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(02\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(02)00012-7)
- Cheah, L. H., Hunt, A. W., & Lorentz, P. (1993). Effect of sulphur dioxide fumigation on botrytis storage rot and residues in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 3(1), 11-16. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(93\)90022-U](https://doi.org/10.1016/0925-5214(93)90022-U)
- Cicco, N., Dichio, B., Xiloyannis, C., Sofo, A., & Lattanzio, V. (2006). Influence of calcium on the activity of enzymes involved in kiwifruit ripening. VI International Symposium on Kiwifruit 753 ,
- Dannenberg, G. d. S., Funck, G. D., Cruxen, C. E. d. S., Marques, J. d. L., Silva, W. P. d., & Fiorentini, Â. M. (2017). Essential oil from pink pepper as an antimicrobial component in cellulose acetate film: Potential for application as active packaging for sliced cheese. *LWT - Food Science and Technology*, 81, 314-318. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.002>
- Domingues, A. R., Roberto, S. R., Ahmed, S., Shahab, M., José Chaves Junior, O., Sumida, C. H., & De Souza, R. T. (2018). Postharvest techniques to prevent the incidence of Botrytis mold of 'BRS Vitoria' seedless grape under cold storage. *Horticulturae*, 4(3), 17. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4030017>
- Elad, Y., Pertot, I., Cotes Prado, A. M., & Stewart, A. (2016). Plant Hosts of Botrytis spp. In S. Fillinger & Y. Elad (Eds.), *Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems* (pp. 413-486). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_20
- FAO. (2011). Global food losses and food waste—Extent, causes and prevention. *Food and Agricultural Organisation of the United Nations*. <https://www.fao.org/3/mb060e/mb060e.pdf>
- Fernandez-Trujillo, J., Obando-Ulloa, J., Baró, R., & Martínez, J. (2012). Quality of two table grape guard cultivars treated with single or dual-phase release SO₂ generators. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82(1), 1-8 .
- Fisk, C. L., Silver, A. M., Strik, B. C., & Zhao, Y. (2008). Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3), 338-345. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.07.015>
- Gemili, S., Yemenicioğlu, A., & Altinkaya, S. A. (2010). Development of antioxidant food packaging materials with controlled release properties. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 325-332. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.08.020>
- Hakimi, S. S., Sreenivas, K., Shankarappa, T., Krishna, H., & Sadananda, G. (2017). Effect of Sulphur Dioxide Pads on Enhancement of Shelf Life of Strawberry (*Fragaria ananassa*) under Ambient Condition. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(7), 2371-2377. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2017.607.339>
- Iranian National Standardization Organization (2016). *Kiwifruit-Specifications and Test Methods*. <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=45297> (in Persian)
- Iranian National Standardization Organization (2017). *Dried fruits- Determination of sulfur dioxide*. <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=47184> (in Persian)
- Jiang, Y. R., Fu, Y. B., Li, D. L., & Xu, W. C. (2013). Effects of 1-MCP and Controllable-Release SO₂ Packaging on Cold Preservation of Grapes (C.V. Muscat Hamburg). *Advanced Materials Research*, 750-752, 2335-2339. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.750-752.2335>
- Köycü, N. D., Özer, N., & Delen, N. (2012). Sensitivity of Botrytis cinerea isolates against some fungicides used in vineyards. *African Journal of Biotechnology*, 11(8), 1892-1899. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2893>
- Leontowicz, M., Leontowicz, H., Drzewiecki, J., Jastrzebski, Z., Haruenkit, R., Poovarodom, S., . . . Gorinstein, S. (2007). Two exotic fruits positively affect rat's plasma composition. *Food Chemistry*, 102(1), 192-200. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.05.046>
- Lichter, A., Zutahy, Y., Kaplunov, T., & Lurie, S. (2008). Evaluation of table grape storage in boxes with sulfur dioxide-releasing pads with either an internal plastic liner or external wrap. *HortTechnology*, 18(2), 206-214. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.18.2.206>
- Liu, P., Li, D. L., Xu, W. C., & Fu, Y. B. (2015). Research on SO₂ Controlled Release Packaging on the Preservation Performance of 'Kyoho' Grapes. *Applied Mechanics and Materials*, 731, 369-373. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.731.369>
- Lo Piero, A. R., Puglisi, I., Rapisarda, P., & Petrone, G. (2005). Anthocyanins accumulation and related gene expression in red orange fruit induced by low temperature storage. *J Agric Food Chem*, 53(23), 9083-9088. <https://doi.org/10.1021/jf051609s>
- Lurie, S., Zutahy, Y., Kaplunov, T., & Lichter, A. (2010). Improvements of the SO₂ technology for extended storage of table grapes. *Acta horticulturae* (877), 1617-1621. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.877.222>

- Mirzaei, S., Goltapeh, E. M., Shams-Bakhsh, M., & Safaie, N. (2008). Identification of *Botrytis* spp. on Plants Grown in Iran. *Journal of Phytopathology*, 156(1), 21-28. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2007.01317.x>
- Mustonen, H. (1992). The efficacy of a range of sulfur dioxide generating pads against *Botrytis cinerea* infection and on out-turn quality of Calmeria table grapes. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 32(3), 389-393. <https://doi.org/10.1071/EA9920389>
- Naeimi, S., & Zare, R. (2013). Evaluation of indigenous *Trichoderma* spp. isolates in biological control of *Botrytis cinerea*, the causal agent of strawberry gray mold disease. *Biocontrol in Plant Protection*, 1(2), 55-74. <https://doi.org/10.22092/bcpp.2013.100609>
- Niazmand, R., & Yeganehzad, S. (2020). Capability of oxygen-scavenger sachets and modified atmosphere packaging to extend fresh barberry shelf life. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 7(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00195-3>
- Niazmand, R., Yeganehzad, S., & Niazmand, A. (2021). Application of laminated and metalized films to prolong the shelf life of dried barberries. *Journal of Stored Products Research*, 92, 101809. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2021.101809>
- Niklis, N., Sfakiotakis, E., & Thanassouloupoulos, C. C. (1993). Ethylene Biosynthesis in "Hayward" Kiwifruit Infected by *Botrytis Cinerea*. In J. C. Pech, A. Latché, & C. Balagué (Eds.), *Cellular and Molecular Aspects of the Plant Hormone Ethylene: Proceedings of the International Symposium on Cellular and Molecular Aspects of Biosynthesis and Action of the Plant Hormone Ethylene, Agen, France, August 31–September 4, 1992* (pp. 255-256). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1003-9_58
- Ragni, L., Cevoli, C., Berardinelli, A., & Silaghi, F. A. (2012). Non-destructive internal quality assessment of "Hayward" kiwifruit by waveguide spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 109(1), 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.10.002>
- Romanazzi, G., Smilanick, J. L., Feliziani, E., & Droby, S. (2016). Integrated management of postharvest gray mold on fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*, 113, 69-76. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.003>
- Saito, S., & Xiao, C.-L. (2016). Evaluation of sulfur dioxide-generating pads and modified atmosphere packaging for control of postharvest diseases in blueberries. XI International Vaccinium Symposium 1180 ,
- Sharayei, P., Shahbake, M. A., & Mokhtarian, A. (2004). Investigation the Effect of Grapeguard on Quality and Controlling Fungal Contamination of Grape in Cold Storage. *Food Engineering Research*, 5(3), 1-16. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.26454531.1383.5.3.1.2> (in Persian)
- Silveira, M. F. A., Soares, N. F. F., Geraldine, R. M., Andrade, N. J., Botrel, D. A., & Gonçalves, M. P. J. (2007). Active film incorporated with sorbic acid on pastry dough conservation. *Food control*, 18(9), 1063-1067. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.07.004>
- Soares, N. F. F., Rutishauser, D. M., Melo, N., Cruz, R. S., & Andrade, N. J. (2002). Inhibition of microbial growth in bread through active packaging. *Packaging Technology and Science*, 15(3), 129-132. <https://doi.org/10.1002/pts.576>
- Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2009). Polygalacturonase and β -galactosidase activities in Hayward kiwifruit as affected by light exposure, maturity stage and storage time. *Scientia Horticulturae*, 120(3), 342-347. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.11.013>
- Uz, M., & Altinkaya, S. A. (2011). Development of mono and multilayer antimicrobial food packaging materials for controlled release of potassium sorbate. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2302-2303. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.05.003>
- Xu, W., Li, D., Fu, Y., & Wei, H. (2013). Preparation and Measurement of Controlled-Release SO₂ Fungicide Active Packaging at Room Temperature. *Packaging Technology and Science*, 26(S1), 51-58. <https://doi.org/10.1002/pts.2004>
- Youssef, K., Junior, O. J. C., Mühlbeier, D. T., & Roberto, S. R. (2020). Sulphur Dioxide Pads Can Reduce Gray Mold While Maintaining the Quality of Clamshell-Packaged 'BRS Nubia' Seeded Table Grapes Grown under Protected Cultivation. *Horticulturae*, 6(2), 20. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6020020>
- Youssef, K., Roberto, S. R., Chiarotti, F., Koyama, R., Hussain, I., & de Souza, R. T. (2015). Control of *Botrytis* mold of the new seedless grape 'BRS Vitoria' during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 193, 316-321. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.026>
- Zhang, W., Wang, A., Lv, Z., & Gao, Z. (2020). Nondestructive measurement of kiwifruit firmness, soluble solid content (SSC), titratable acidity (TA), and sensory quality by vibration spectrum. *Food science & nutrition*, 8(2), 1058-1066. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1390>
- Zoffoli, J. P., Latorre, B. A., & Naranjo, P. (2008). Hairline, a postharvest cracking disorder in table grapes induced by sulfur dioxide. *Postharvest Biology and Technology*, 47(1), 90-97. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.06.013>

Evaluation of the Efficiency of Sulfur Dioxide Releasing Acetate Cellulose Sheets on the Shelf life of Kiwi Fruits in the Cold Store

Razieh Niazmand^{1*}, Parvin Sharayei^{2*}, Moslem Jahani¹, Elham Azarpazhooh²,
Mohammad Reza Abdollahi Moghaddam¹

1- Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

* Corresponding author (r.niazmand@rifst.ac.ir)

2- Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

* Corresponding author (parvin_sharayei@yahoo.com)

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the efficiency of sulfur dioxide release sheets on the basis of acetate cellulose film to control the growth of molds, especially *botrytis cinerea*, during the storage period of kiwifruit. For this purpose, the storage of kiwifruit inoculated with *botrytis cinerea* in the presence of one and dual sulfur dioxide releasing sheets (containing 30 and 50% metabisulfite salts, respectively) on the acetate cellulose bed was investigated. After 15 days of storage (9 days in cold store and 7 days in ambient temperature), the least bursting and crushing (4.5%) was obtained in the presence of single-stage sheets that were placed on the surface and bottom of the packages. Also, in the ninth day, mold was not observed in the 60% of packages in the presence of sulfur dioxide releasing sheets. On the 15th day, the amount of total sugar, acidity, firmness, residual sulfur, and soluble solids in packaged kiwis in the presence of two dual releasing sheets placed on the surface and bottom of packages were, respectively, 9.9 g/100 g, 1.09%, 4.75 N, 0.24 mg/g and 12.21%. In general, it can be said that sulfur dioxide releasing sheets have an effective function on cold storage in increasing the shelf life of fruits, especially fruits that are attacked by gray mold.

Keywords: Active packaging, *Botrytis cinerea*, Storage, Sulfur dioxide releasing sheet

