

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

راضیه نیازمند<sup>۱\*</sup>، پروین شرایعی<sup>۲\*</sup>، مسلم جهانی<sup>۳</sup>، الهام آذرپژوه<sup>۴</sup>، محمدرضا عبدالهی مقدم<sup>۳</sup>

- ۱- دانشیار، گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران  
\* نویسنده مسئول (r.niazmand@rifst.ac.ir)
- ۲- دانشیار، 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)
- ۳- استادیار، گروه شیمی مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
- ۴- استادیار، 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

### چکیده

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۲  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰

### واژه‌های کلیدی

ورقه رهاینده گوگرد  
انبارمانی  
بوتریتیس سینره آ  
بسته بندی فعال

پژوهش حاضر با هدف بررسی کارایی ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد بر بستر فیلم استات سلولز برای کنترل رشد کپک‌ها به ویژه کپک بوتریتیس سینره آ طی دوره انبارمانی میوه کیوی انجام شد. بدین منظور انبارمانی میوه کیوی تلقیح شده با کپک بوتریتیس سینره آ در حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای (به ترتیب 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 ترکیب و لهدگی (۴/۵ درصد) در حضور ورقه‌های تک مرحله‌ای به دست آمد که در سطح و کف بسته‌ها مستقر شده بودند. همچنین تا روز نهم در حدود ۶۰ درصد بسته‌ها در حضور ورقه‌های رهاینده هیچ کپک‌زدگی مشاهده نشد. در روز پانزدهم مقدار قند کل، اسیدیته، سفتی، گوگرد باقیمانده و مواد جامد محلول در کیوی‌های بسته‌بندی شده در حضور دو ورقه‌های تک مرحله‌ای در سطح و کف به ترتیب ۹/۱۳ گرم در صد گرم، ۱/۰۹ درصد، ۴/۷۵ نیوتن، ۰/۲۴ میلی‌گرم بر گرم و ۱۲/۲۱ درصد بود. به طور کلی می‌توان گفت ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد عملکرد مؤثری در سردخانه در افزایش مدت انبارمانی میوه کیوی و کاهش رشد کپک خاکستری دارند.

### مقدمه

عنوان یکی از محصولات مهم کشاورزی و باغی، عمر پس از برداشت کوتاهی دارند و نمی‌توان آنها را به دلیل پوسیدگی و فساد میکروبی به مدت طولانی نگهداری کرد. گونه‌های مختلف بوتریتیس به خصوص *B.cinerea* از مهم‌ترین عوامل بیماری‌زای بسیاری از میوه‌های

ضایعات تولیدات کشاورزی علاوه بر اتلاف انرژی و زیان اقتصادی، هدر رفت منابع آب به عنوان کم‌یاب‌ترین نهاده تولید، تهدید امنیت غذایی و آلودگی محیط زیست را به دنبال دارد (Food & Nations, 2011). برخی میوه‌ها به

ماندگاری (یک ماه بیشتر) ارقام مختلف انگور (آلدو و ناپلئون) شد و کارایی آنها به مراتب بیشتر از ورقه‌های آزاد کننده یک مرحله‌ای بود ( Fernandez-Trujillo, Obando-Ulloa, Baró, & Martínez, 2012).

Domingues و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش نمودند استفاده از ورقه‌های رهاینده دی‌اکسیدگوگرد باعث کاهش رشد کپک خاکستری طی نگهداری انگور رقم بی‌آراس<sup>۱۱</sup> شدند و کارایی ورقه‌های رهاینده دو مرحله‌ای بیشتر از یک مرحله‌ای گزارش شد (Domingues et al., 2018). Youssef و همکاران (۲۰۲۰)، از چهار نوع ورقه تولیدکننده دی‌اکسیدگوگرد شامل ورقه‌های رهاینده سریع دو مرحله‌ای حاوی ۵ یا ۸ گرم متابی‌سولفیت سدیم و ورقه‌های رهاینده یک مرحله‌ای حاوی ۴ یا ۷ گرم متابی‌سولفیت سدیم برای نگهداری انگورهای بسته‌بندی شده در فیلم‌های پلاستیکی سوراخ‌دار استفاده نمودند. انگورهای تیمار شده به مدت ۴۵ روز در دمای ۱±۱۱ درجه سانتیگراد و سپس ۶ روز در دمای ۱±۲۲ 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 یک مرحله‌ای 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, Junior, Mühlbeier, & Roberto, 2020). Saito و Xiao (۲۰۱۶) اثر ورقه‌های رهاینده دی‌اکسیدگوگرد (دو نوع رهایش کند و دو مرحله‌ای) را در ترکیب با بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده<sup>۱۲</sup> روی نگهداری بلوبری بررسی کردند. در بسته‌هایی که با ورقه‌های دو مرحله‌ای تیمار شده بودند هیچ قارچ خاکستری مشاهده نشد در حالیکه قارچ خاکستری در انواع نگهداری شده با رهایش کند دی‌اکسیدگوگرد یا بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شد به تنهایی مشاهده شد. ۲۵ درصد انواع نگهداری شده در حضور رهاینده دو مرحله‌ای دی‌اکسید گوگرد بی‌رنگ شدند و دچار آسیب با دی‌اکسیدگوگرد شدند. بهترین نتیجه در تیمار ترکیبی بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و رهاینده کند دی-اکسیدگوگرد مشاهده شد (Saito & Xiao, 2016).

تازه (سیب، انواع توت‌ها مانند توت فرنگی، تمشک، انگور، خرمالو، کیوی، گلابی و انار)، غده‌ها، گیاهان زینتی، سبزی‌ها، و دیگر محصولات مهم کشاورزی با گسترش جهانی و بویژه در ایران است و با ایجاد کپک خاکستری از مهم‌ترین عوامل پوسیدگی‌های پس از برداشت محسوب می‌شود (Elad, Pertot, Prado, & Stewart, 2016); Mirzaei, Goltapeh, Shams-Bakhsh, & Safaie, 2013; Naeimi & Zare, 2008). برای مدیریت بیماری پوسیدگی خاکستری در کشاورزی رایج، استفاده از قارچ-کش‌های شیمیایی مانند بردوفیکس<sup>۱</sup>، ایپرودیون<sup>۲</sup> به همراه کاربندازیم<sup>۳</sup>، مانکوزب<sup>۴</sup>، کوپراکسی کلراید<sup>۵</sup>، بنومیل<sup>۶</sup>، کاپتان<sup>۷</sup>، استروبی<sup>۸</sup>، کلروثالونیل<sup>۹</sup> و دیتان زد<sup>۱۰</sup> مرسوم است (Köycü, Özer, & Delen, 2012). در بسیاری از کشورهای اروپایی استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی برای مبارزه با بیمارگرهای پس از برداشت بسیاری از محصولات کشاورزی به دلیل ملاحظات سلامتی انسان، ممنوع است (Romanazzi, Smilanick, Feliziani, & Droby, 2016). تلاش‌هایی برای کاهش بروز این قارچ‌ها به ویژه میوه انگور بسته به دانش موجود انجام شده که منجر به توسعه ابزارهای کنترل قبل و پس از برداشت شده‌است. در میان این ابزارها استفاده از ورقه‌های تولیدکننده دی-اکسیدگوگرد در سراسر دنیا به دلیل کارایی، سهولت استفاده، هزینه قابل توجیه و خطر کم بر سلامت در مقایسه با قارچ‌کش‌ها نسبتاً موفق بوده است.

انواع متفاوت ورقه‌ها با سرعت کنترل شده رهایش دی‌اکسیدگوگرد، بر حسب نیاز صنعت با یک یا دو مرحله رهایش متفاوت سریع و/یا کند و در اندازه‌های متفاوت برای انبارداری توسعه یافته‌اند. این رهاینده‌ها شامل نمک سولفیت (سدیم و یا پتاسیم) بسته‌بندی شده در بین ورقه‌های کاغذی یا پلیمری با قدرت نفوذپذیری متفاوت است. Fernandez-Trujillo و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که استفاده از ورقه‌های رهاینده دو مرحله‌ای باعث افزایش

<sup>1</sup> Bordeaux Fix

<sup>2</sup> Iprodione

<sup>3</sup> Carbendazim

<sup>4</sup> Mancozeb

<sup>5</sup> Copper oxychloride

<sup>6</sup> Benomyl

<sup>7</sup> Captan

<sup>8</sup> Stroby

<sup>9</sup> Chlorothalonil

<sup>10</sup> Dithan Z

<sup>11</sup> BRS Vitoria

<sup>12</sup> MAP

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*، *لیستریا منوسیتوزنس*، *اشرشیاکولی* و *سالمونلا تیفی* موریم بررسی نمودند. نتایج نشان داد فیلم حاوی غلظت‌های مختلف اسانس (۲، ۴ و ۶ درصد) از رشد *لیستریا منوسیتوزنس* و *استافیلوکوکوس اورئوس* در همه روش‌های مورد مطالعه، جلوگیری نمود (da Silva Dannenberg et al., 2017).

با توجه 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 رهاپنده دی اکسید گوگرد جهت کنترل قارچ‌ها و افزایش ماندگاری میوه کیوی بود.

## مواد و روش‌ها

### مواد

ورقه‌های استات سلولز رهاپنده گوگرد از موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی تهیه شدند. این ورقه‌ها به دو صورت تک و دو مرحله‌ای (به ترتیب حاوی ۳۰ و ۵۰ درصد نمک متابی سولفیت سدیم) موجود بودند. در ورقه‌های یک مرحله‌ای فقط یک پوشش بیرونی حاوی ۳۰ درصد نمک وجود داشت در حالیکه در انواع دو مرحله‌ای علاوه بر این پوشش، در سطح دیگر ورقه استات سلولز ۲۰ درصدی نمک پوشش داده شده و با فیلم از جنس پلی اتیلن لمینیت شده بود. میوه کیوی از بازار میوه و تره‌بار مشهد خریداری شد. زمان برداشت میوه بر اساس 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 به منظور استریل شدن در محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۰۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه غوطه‌ور شده و سپس در محیط قرار داده شدند تا رطوبت سطحی آنها خارج شود. در این پژوهش از بوتریتیس سینره<sup>۱</sup> برای

Ahmed و همکاران (۲۰۱۸) اثر ورقه‌های دی-اکسید گوگرد متفاوت بر قارچ بوتریتیس در انگورهای ایتالیایی تحت انبارداری سرد را بررسی کردند. این محققین انگورها را در حضور انواع متفاوت ورقه‌های تولیدکننده دی اکسید گوگرد (با رهایش سریع، آهسته و دو مرحله‌ای) در دمای یک درجه سانتیگراد به مدت ۵۰ روز بررسی کردند و پس از نگهداری سرد، به مدت ۷ روز در دمای اتاق نگهداری شدند ورقه‌های رهاپنده دی-اکسید گوگرد از نوع دو مرحله‌ای و سریع کارایی بالایی در جلوگیری از رشد قارچ بوتریتیس سینره طی دوره نگهداری سرد و محیط داشتند اما انواع رهاپنده کند کارایی کمتری داشته اما نسبت به شاهد بالاتر بود (Ahmed et al., 2018).

محل قرارگیری ورقه‌های تولیدکننده دی-اکسید گوگرد در جعبه‌ها نیز به طور معنی‌داری کنترل پوسیدگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. میزان پوسیدگی در جعبه‌های دارای ورقه‌های تولیدکننده دی اکسید گوگرد در قسمت بالا و پایین جعبه‌ها به طور معنی‌داری کمتر از جعبه‌هایی که فقط در قسمت بالا دارای این ورقه‌ها هستند، گزارش شده است (Lichter, Lurie, Zutahy, Zutahy, Kaplunov, & Lurie, 2008; Kaplunov, & Lichter, 2010; Mustonen, 1992; Zoffoli, Latorre, & Naranjo, 2008; پروین، محمدعلی، & علی).

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 فعال-سازی، استیل‌سیون 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 سورات پتاسیم (Uz & Altinkaya, 2011)، L-لیزوزیم (Gemili, Yemenicioğlu, & Altinkaya, 2010) پروپیونات (Soares, Rutishauser, Melo, Cruz, & Andrade, 2002) تهیه و رهایش ترکیبات فعال موجود در آنها، مورد آزمون قرار گرفتند. da Silva و همکاران (۲۰۱۷) فیلم ضد میکروب از استات سلولز با افزودن اسانس فلفل قرمز تهیه نمودند و فعالیت ضد میکروبی فیلم

<sup>1</sup> Volatilization

A-1P-W: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و سلوفان پوشی شده و یک ورقه رهاینده گوگرد تک مرحله‌ای در سطح

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

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

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

### آزمون‌ها

#### میزان اسید قابل تیتر

میزان اسید قابل تیتراسیون میوه بر اساس روش استاندارد ملی ایران شماره ۳۴۷۵ انجام شد. بدین منظور، ۳ میلی-لیتر از آب میوه با ۲۷ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شده و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH ۸/۲ تیتر شد. نتیجه بر اساس درصد اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌میوه گزارش شد (Iran, 2016).

#### میزان مواد جامد محلول

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 بر حسب گرم درصد گرم نمونه گزارش شد (Ragni, Cevoli, Berardinelli, & Silaghi, 2012).

#### درجه ترکیدگی-لهیدگی و درجه کپک‌زدگی

درجه ترکیدگی-لهیدگی و درجه کپک‌زدگی بر اساس 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 شده و بر اساس تعداد کل میوه‌های موجود در هر بسته درصد ترکیدگی-لهیدگی و درصد آلودگی به کپک تعیین شد (Niazmand & Yeganehzad, 2020).

#### شاخص‌های رنگی

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 به دست آمده با آب استریل مخلوط شده و غلظت کپک با استفاده از لام هماسیتومتر به دست آمد. سپس سوسپانسیون حاوی غلظت  $10^4$  کونیدیا در میلی-لیتر از کپک بوتریتیس‌سینره آ جهت پاشش روی نمونه-های 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 گاز

به منظور بررسی کارایی ورقه‌های تولید شده بر ماندگاری میوه، از جعبه‌های مقوایی با ابعاد  $15 \times 10 \times 8$  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 ۱۵-۱۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵-۸۰ درصد قرار گرفته و سپس به محیط (دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) منتقل شده و به مدت ۶ روز در این محیط نگهداری شدند. طی این مدت در فواصل زمانی ۳ روز یکبار نمونه-برداری انجام شده و مورد آزمون قرار گرفتند.

بسته‌های نمونه به صورت ذیل کدگذاری شدند:

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

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

C01P-A: بسته‌های حاوی کیوی‌های بدون پاشش کپک و یک ورقه رهاینده گوگرد تک مرحله‌ای در سطح

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

A-1P: بسته‌های حاوی کیوی‌های با پاشش کپک و یک ورقه رهاینده گوگرد تک مرحله‌ای در سطح

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

تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. داده‌های به دست آمده از طریق آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار مینی‌تب نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل شدند. نتایج به دست آمده تجزیه واریانس یک-طرفه و دو طرفه<sup>۲</sup> و اختلاف بین میانگین‌ها به روش آزمون توکی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ مورد مقایسه قرار گرفت. برای رسم منحنی‌ها از نرم‌افزار Microsoft Excel 2013 استفاده شد. اعداد به صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شده‌اند.

### نتایج و بحث

#### اسید قابل تیتراسیون

تغییرات اسیدیته طی دوره انبارداری کیوی‌های بسته‌بندی شده در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج حاکی از این مطلب بود که اسیدیته تا روز سوم انبارداری در همه نمونه‌ها کاهش یافت. در ادامه زمان انبارداری تا روز نهم (انبارداری در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد)، اسیدیته کیوی‌ها دستخوش نوساناتی بود که از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند ( $P > 0.05$ ). از روز نهم تا دوازدهم (نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) اسیدیته نمونه‌های COO، C10، A-1P و B-1PW کاهش و در بقیه نمونه‌ها افزایش یافت که البته به استثنای نمونه A-1P در بقیه نمونه‌ها این تغییرات معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). در نمونه A-1P حدود ۰/۳۲ واحد کاهش اسیدیته مشاهده شد. اسیدیته از روز دوازدهم تا پانزدهم نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در همه نمونه‌ها به استثنای A-2P افزایش یافت که این افزایش در نمونه‌های C10 (۰/۶۶ واحد)، CO1P-A (۰/۵۲ واحد)، CO1P-B (۰/۴۶ واحد)، A-1P (۰/۹۰ واحد) و B-1P (۰/۴۱ واحد) معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). کاهش اسیدیته میوه به دلیل استفاده از اسیدهای آلی به عنوان مواد سوخت و ساز طی فرآیند تنفس و افزایش میزان مواد جامد محلول طی انبارداری می‌باشد (Lo & Xu, 2013). نوسانات و افزایش جزئی اسیدیته قابل تیتراسیون احتمالاً بدلیل کاهش شدت تنفسی، تعرق و

ابتدا تصاویر سطحی برش‌های عرضی و طولی میوه توسط اسکنر (HP، مدل Scanjet-3770) تهیه شدند. سپس از نرم‌افزار ImageJ (نسخه ۱.۴۸a، آمریکا) برای اندازه‌گیری فاکتورهای رنگی استفاده شد. بدین ترتیب که ابتدا قسمت‌های مورد نظر توسط نرم‌افزار انتخاب شده و سپس تغییرات رنگ نمونه‌ها در فضای رنگی Lab مورد بررسی 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 مولفه رنگی از ۱۲۰- تا ۱۲۰ متغیر است. در مقایسه با مدل‌های رنگ دیگر مانند RGB، در فضای ادراک رنگ یکنواخت است و بنابراین، تفاوت دو رنگ اغلب با تفاوت رنگی درک شده توسط چشم انسان مطابقت دارد (Niazmand, Yeganehzad, & Niazmand, 2021).

#### میزان قند احیاء کل

مقدار قند احیاء کل به روش فهلینگ و بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۳۴۷۵ اندازه‌گیری شد (Iran, 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 (استاندارد ملی ایران، ۱۳۹۵).

#### سفتی بافت

سفتی<sup>۱</sup> بافت میوه کیوی توسط دستگاه بافت‌سنج (TA-XT Plus Texture Analyser، 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, Wang, Lv, & Gao, 2020).

#### تجزیه و تحلیل آماری

<sup>2</sup> One-way and two-way ANOVA

<sup>1</sup> Firmness

**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 ارتباط نزدیکی با دیگر صفات دارد (Cicco, Dichio, Xiloyannis, Sofo, & Lattanzio, 2006).

همانطور که مشهود است در همه 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 انبارداری در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد تا روز پانزدهم، مقدار TSS نمونه‌ها دستخوش نوسان بود که این نوسانات در نمونه‌های مختلف از روند خاصی تبعیت نمی‌کرد. مصرف سوبسترا از طریق تنفس محصول یا فعالیت میکروارگانیسم‌ها منجر به تغییر TSS و اسیدیته قابل تیتیر 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.

تولید اتیلن طی مدت نگهداری است (Amodio, Colelli, Hasey, & Kader, 2007).

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

بررسی‌ها نشان داده که استفاده از ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد روی اسیدیته قابل تیتیر توت فرنگی‌ها تأثیری نداشته و محتوای اسیدیته تا انتهای دوره انبارداری به طور مداوم کاهش یافته است (Hakimi, Sreenivas, Shankarappa, Krishna, & Sadananda, 2017). برخی گزارشات نیز حاکی از این مطلب است که با افزایش TSS در میوه‌ها اسیدیته کاهش می‌یابد (Jiang et al., 2013).

نتایج این پژوهش نشان داد حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد در زمان نگهداری تأثیر معنی‌داری بر اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها ندارد. اما طی نگهداری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد حفظ میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در نمونه‌های محتوای ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد تک و دو مرحله‌ای مشاهده شد.

**جدول ۱. مقدار اسیدیته قابل تیتیر و مواد جامد محلول (میانگین ± انحراف معیار) نمونه‌های کیوی بسته‌بندی شده به صورت‌های مختلف در حضور ورقه‌های سلولز استات رهاینده دی‌اکسید گوگرد یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای**

پارامتر کیفی	نمونه	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
		قبل از بسته بندی: ۹/۷۰ ± ۰/۴۶ <sup>G</sup>				
	C00	۹/۹۰ ± ۰/۳۷ <sup>E-G</sup>	۱۲/۲۶ ± ۰/۸۹ <sup>AB</sup>	۱۰/۴۷ ± ۰/۰۲ <sup>B-G</sup>	۱۱/۰۸ ± ۰/۰۶ <sup>B-G</sup>	۱۱/۶۷ ± ۱/۸۹ <sup>A-G</sup>
	C10	۱۲/۲۲ ± ۰/۱۸ <sup>AB</sup>	۱۱/۴۵ ± ۰/۳۳ <sup>B-G</sup>	۱۱/۰۸ ± ۰/۱۷ <sup>B-G</sup>	۱۱/۱۹ ± ۰/۰۶ <sup>B-G</sup>	۱۱/۴۷ ± ۰/۶۶ <sup>B-G</sup>
مواد جامد محلول (درصد)	C01P-A	۱۱/۸۶ ± ۰/۱۳ <sup>A-E</sup>	۱۱/۸۳ ± ۰/۴۹ <sup>A-F</sup>	۱۱/۵۵ ± ۰/۲۹ <sup>A-G</sup>	۱۱/۱۷ ± ۰/۲۴ <sup>B-G</sup>	۱۱/۸۳ ± ۰/۴۴ <sup>A-F</sup>
	C01P-B	۱۱/۵۵ ± ۰/۵۹ <sup>A-G</sup>	۱۱/۳۹ ± ۰/۰۸ <sup>B-G</sup>	۱۱/۱۵ ± ۰/۰۳ <sup>B-G</sup>	۱۱/۱۷ ± ۰/۲۴ <sup>B-G</sup>	۱۰/۷۵ ± ۰/۳۳ <sup>B-G</sup>
	A-1P	۱۱/۳۷ ± ۱/۱۵ <sup>B-G</sup>	۱۲/۳۳ ± ۲/۱۰ <sup>AB</sup>	۱۲/۲۵ ± ۰/۳۷ <sup>AB</sup>	۱۱/۷۹ ± ۰/۲۱ <sup>A-F</sup>	۱۳/۵۴ ± ۰/۵۵ <sup>A</sup>
	A-2P	۱۱/۷۱ ± ۰/۵۳ <sup>A-G</sup>	۱۰/۲۰ ± ۰/۳۹ <sup>C-G</sup>	۱۱/۵۳ ± ۰/۵۳ <sup>A-G</sup>	۱۱/۳۴ ± ۰/۳۱ <sup>A-F</sup>	۱۲/۲۱ ± ۰/۲۳ <sup>A-C</sup>
	A-1P-W	۱۱/۰۰ ± ۰/۱۵ <sup>B-G</sup>	۱۰/۸۲ ± ۰/۶۶ <sup>B-G</sup>	۱۲/۲۲ ± ۰/۵۶ <sup>AB</sup>	۱۱/۸۰ ± ۰/۲۳ <sup>B-G</sup>	۱۱/۴۳ ± ۰/۱۶ <sup>B-G</sup>
	B-1P	۱۱/۲۳ ± ۰/۳۶ <sup>B-G</sup>	۱۱/۴۶ ± ۰/۰۹ <sup>B-G</sup>	۱۱/۰۹ ± ۰/۱۴ <sup>B-G</sup>	۱۰/۳۷ ± ۰/۰۶ <sup>B-G</sup>	۹/۸۲ ± ۰/۷۲ <sup>FG</sup>
	B-2P	۱۱/۰۶ ± ۰/۵۴ <sup>B-G</sup>	۱۰/۴۹ ± ۱/۰۴ <sup>B-G</sup>	۱۰/۸۳ ± ۰/۳۳ <sup>B-G</sup>	۱۰/۸۶ ± ۰/۸۱ <sup>B-G</sup>	۱۲/۰۰ ± ۰/۵۶ <sup>A-D</sup>
	B-1P-W	۱۰/۱۵ ± ۰/۶۳ <sup>D-G</sup>	۱۱/۷۴ ± ۰/۷۵ <sup>A-F</sup>	۱۱/۸۵ ± ۰/۲۵ <sup>A-E</sup>	۱۰/۳۷ ± ۰/۲۲ <sup>B-G</sup>	۱۰/۹۵ ± ۰/۳۱ <sup>B-G</sup>
		قبل از بسته بندی: ۱/۳۴ ± ۰/۲۵ <sup>A-D</sup>				
	C00	۰/۹۰ ± ۰/۰۹ <sup>E0</sup>	۰/۷۵ ± ۰/۰۵ <sup>H-P</sup>	۰/۹۷ ± ۰/۰۸ <sup>D-O</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۷ <sup>F-O</sup>	۱/۱۶ ± ۰/۰۱ <sup>B-H</sup>
	C10	۰/۸۵ ± ۰/۰۶ <sup>F-O</sup>	۱/۰۰ ± ۰/۱۵ <sup>C-O</sup>	۱/۰۵ ± ۰/۰۹ <sup>C-L</sup>	۰/۶۴ ± ۰/۰۶ <sup>L-P</sup>	۱/۳۰ ± ۰/۳۲ <sup>A-E</sup>
اسیدیته قابل تیتیر (درصد)	C01P-A	۰/۹۰ ± ۰/۰۱ <sup>E-O</sup>	۰/۸۸ ± ۰/۰۴ <sup>F-O</sup>	۰/۶۱ ± ۰/۰۸ <sup>N-P</sup>	۱/۰۱ ± ۰/۱۲ <sup>C-N</sup>	۱/۵۳ ± ۰/۱۳ <sup>AB</sup>

Accepted Article

۱/۲۳±۰/۰۸ <sup>A-F</sup>	۰/۷۷±۰/۰۱ <sup>G-P</sup>	۰/۶۶±۰/۱۵ <sup>K-P</sup>	۰/۶۱±۰/۱۷ <sup>N-P</sup>	۱/۱۴±۰/۰۲ <sup>B-I</sup>	C01P-B
۱/۵۸±۰/۱۳ <sup>A</sup>	۰/۶۸±۰/۰۵ <sup>K-P</sup>	۱/۰۰±۰/۱۷ <sup>CD</sup>	۱/۱۳±۰/۰۱ <sup>A-D</sup>	۱/۰۲±۰/۲۳ <sup>C-M</sup>	A-1P
۱/۰۹±۰/۰۲ <sup>C-J</sup>	۱/۱۲±۰/۱۳ <sup>B-I</sup>	۰/۹۰±۰/۰۱ <sup>E-O</sup>	۱/۶۱±۰/۰۳ <sup>M-P</sup>	۱/۰۶±۰/۰۴ <sup>C-K</sup>	A-2P
۰/۸۹±۰/۱۲ <sup>F-O</sup>	۰/۷۶±۰/۱۳ <sup>H-P</sup>	۰/۶۹±۰/۲۷ <sup>I-P</sup>	۰/۸۳±۰/۱۷ <sup>F-P</sup>	۰/۸۷±۰/۰۹ <sup>F-O</sup>	A-1P-W
۱/۳۸±۰/۲۵ <sup>A-C</sup>	۰/۹۷±۰/۰۹ <sup>D-O</sup>	۰/۸۳±۰/۳۸ <sup>F-P</sup>	۰/۶۴±۰/۰۶ <sup>L-P</sup>	۰/۷۷±۰/۰۲ <sup>H-P</sup>	B-1P
۱/۱۸±۰/۳۲ <sup>A-G</sup>	۱/۱۶±۰/۲۸ <sup>B-H</sup>	۱/۰۵±۰/۰۱ <sup>C-L</sup>	۰/۷۶±۰/۰۲ <sup>H-P</sup>	۰/۸۹±۰/۰۶ <sup>F-O</sup>	B-2P
۰/۸۶±۰/۱۹ <sup>F-O</sup>	۰/۴۳±۰/۰۴ <sup>OP</sup>	۰/۵۹±۰/۰۳ <sup>P</sup>	۰/۷۵±۰/۰۷ <sup>H-P</sup>	۰/۷۳±۰/۱۵ <sup>I-P</sup>	B-1P-W

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

ترکیب‌دهی و لهیدگی مشاهده شد. در روز پانزدهم میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی افزایش یافت که در نمونه‌های C10 (۲۲/۵) C00 (۲۷/۵) درصد، B-1P-W (۳۲/۵) درصد، A-1P-W (۱۷/۵) درصد) به طور معنی‌داری بالاتر از بقیه نمونه‌ها بود ( $P < 0.05$ ). کمترین میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی در روز پانزدهم به نمونه‌های A-2P (۴/۵) درصد) و به دنبال 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 لفاف‌بندی شده) فقط ۴ درصد خوشه سالم وجود داشت؛ در حالیکه ۱۰۰ درصد نمونه‌های تیمار شده (خوشه‌های انگور بسته‌بندی شده در جعبه‌های دارای آستر پلاستیکی حاوی ورقه رهاپنده 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 تیمار شده رخ داد اما به هر حال 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 ترک خوردگی و متلاشی شدن، رنگ و وزن نمونه‌های انگور بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای رهاپنده دی‌اکسید گوگرد وجود نداشت (Ahmed et al., 2018).

درصد کپک‌زدگی نمونه‌ها نیز در روزهای نهم و پانزدهم (شکل ۱-ب) بررسی شد. همانطور که مشاهده می‌شود درصد کپک‌زدگی در نمونه‌های C00 و C10 در روزهای نهم و پانزدهم به طور معنی‌داری با بقیه نمونه‌ها متفاوت بود ( $P < 0.05$ ) و بیشترین میزان کپک‌زدگی در این نمونه‌ها مشاهده شد. در نمونه‌های C10 و C00 در روز

(Tavarini, Fisk, Silver, Strik, & Zhao, 2008; Degl'Innocenti, Remorini, Massai, & Guidi, 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 (Amodio et al., 2007). در پایان روز نهم بیشترین و 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 پانزدهم 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 رهاپنده 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 که مقدار TSS توت فرنگی‌های تیمار شده با ورقه‌های رهاپنده 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 نهم و پانزدهم بود. همانطور که مشهود است میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی در روز نهم به طور معنی‌دار کمتر از روز پانزدهم است به طوری‌که در نمونه‌های C01P-B, A-1P, A-1P-W و B-1P در روز نهم ترکیب‌دهی و لهیدگی مشاهده نشد. بیشترین میزان ترکیب‌دهی و لهیدگی در روز نهم به نمونه C10 و به دنبال آن C00 مربوط بود که به ترتیب ۱۴ و ۹ درصد

Accepted Article

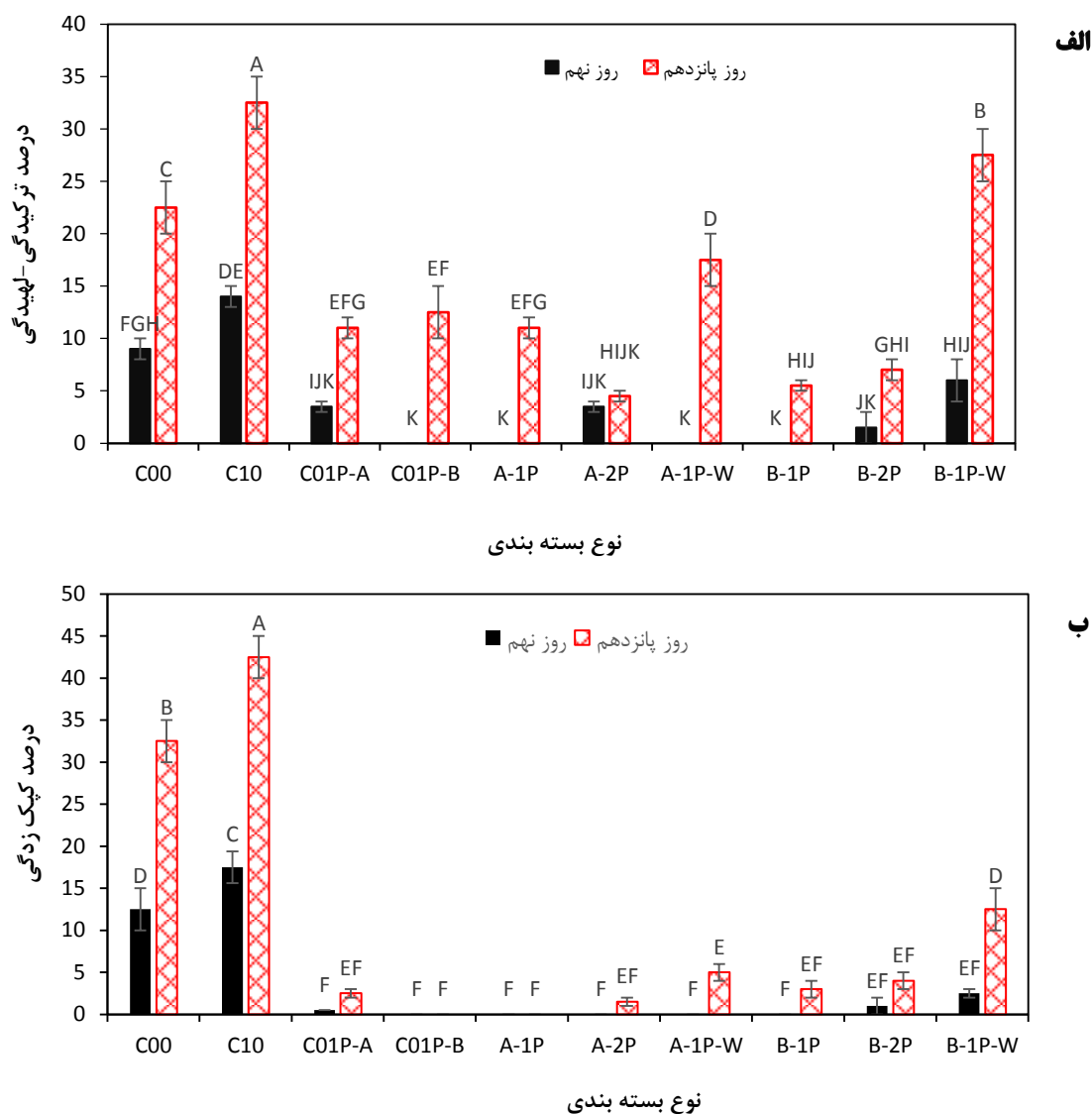
علاوه بر اینکه می‌تواند از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها جلوگیری نمایند، می‌تواند بر سرعت تنفس محصول نیز تأثیر گذاشته و آن را کاهش دهد (Liu, Li, Xu, & Fu, 2015).

تبدیل مقدار دی‌اکسیدگوگرد مورد نیاز برای ضدعفونی کردن به آنچه که باید از ورقه‌های رهاینده دی-اکسیدگوگرد در طول دوره نگهداری آزاد شود، مشکل می‌باشد. زیرا در حالت رهایش سریع، میوه‌ها برای مدت کوتاهی در معرض گاز دی‌اکسیدگوگرد 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 دی‌اکسیدگوگرد با رهایش کند (دو مرحله‌ای)، میوه‌ها به طور مداوم در معرض دی‌اکسیدگوگرد قرار می‌گیرند که مقدار گاز رهایش یافته در این نوع ورقه‌ها مهم است چراکه در صورت رهایش مقدار زیادی گاز، احتمال آسیب تجمعی به ظاهر و طعم میوه‌ها وجود دارد (Lichter et al., 2008).

نهم به ترتیب ۱۷/۵ درصد و ۱۲/۵ درصد کپک‌زدگی مشاهده شد که مقدار آن به ۴۲/۵ درصد و ۳۲/۵ درصد در روز پانزدهم افزایش یافت. میزان کپک‌زدگی در نمونه B-1P-W (۱۲/۵ درصد) نیز بیش از سایر نمونه‌های حاوی ورقه‌های رهاینده گوگرد بود. در حالیکه در نمونه‌های C01P-B و A-1P در روزهای نهم و پانزدهم کپک‌زدگی مشاهده نشد.

اگرچه تصور بر این است که مقدار ۷ میلی‌گرم بر لیتر دی‌اکسید گوگرد برای جلوگیری از رشد بوتریتیس‌سینره آ ضروری است، اما برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که مقدارهای کمتر نیز ممکن است مؤثر باشد. این نتیجه-گیری برای اثر فاز رهایش سریع صادق نیست چراکه در انواع ورقه‌های رهاینده سریع (تک مرحله‌ای) آزاد شدن سریع و مقدار مناسب دی‌اکسیدگوگرد می‌تواند در کنترل پوسیدگی و فساد بسیار مؤثر باشد در حالیکه اگر مقدار کمتری آزاد شود ممکن است این اثر را نداشته باشد (Lichter et al., 2008). رهایش آهسته دی‌اکسیدگوگرد، به تدریج اتمسفر درونی بسته را تغییر می‌دهد. این پدیده





شکل ۱. درصد ترکیدگی-لهیدگی (الف) و کپک‌زدگی (ب) نمونه‌های کیوی آغشته به بوترتیس سینره آ بسته‌بندی شده به صورت‌های مختلف در حضور ورقه‌های سلولز استات رهاینده دی‌اکسید گوگرد یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای در روزهای نهم و پانزدهم. میله‌های رسم شده روی هر ستون بیانگر انحراف معیار داده‌ها می‌باشد. حروف غیرمشابه روی ستون‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

دلیل دمای بالا باشد که گوگرد با سرعت بیشتر از این ورقه‌ها ره‌ایش یافته 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 آورده شده است. نگاه اجمالی به جدول گویای این مطلب است

Xiao و Saito (۲۰۱۶)، گزارش کردند که قراردعی ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد دو مرحله‌ای و یک مرحله‌ای سریع در داخل بسته‌های حاوی زغال اخته (دمای ۱ درجه سانتیگراد) سرعت بروز پوسیدگی را در مقایسه با نمونه شاهد کاهش داده و کیفیت محصول را بهتر حفظ نمود (Saito & Xiao, 2016).

Hakimi و همکاران (۲۰۱۷) اظهار کردند که استفاده از ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد تیمار کارآمدی برای افزایش ماندگاری توت‌فرنگی‌ها تحت دمای محیطی نیستند (Hakimi et al., 2017). این امر ممکن است به

با شاهد (۱/۸۷ واحد) کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). همچنین بیشترین روشنایی در روز نهم به نمونه‌های B-1P-W و 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.

پس از انتقال کیوی‌ها از انبار به دمای محیط شاخص‌های L و a دستخوش تغییر شدند. در روز پانزدهم بیشترین روشنایی به نمونه A-1P و کمترین آن به نمونه‌های C10 و B-1P-W مربوط بود در حالیکه 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.

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 بسته‌بندی معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). هر چه 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 نهم انبارمانی در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، نمونه‌های A-1P، C01P-A، A-IP-W و B-1P-W بیشترین شاخص سبزی را داشتند به طوریکه تفاوت معنی‌داری را با قبل از بسته‌بندی نشان دادند در حالیکه شاخص سبزی در نمونه C00 به طور معنی‌دار در مقایسه

جدول ۲. شاخص‌های رنگی (میانگین  $\pm$  انحراف معیار) نمونه‌های کیوی بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های سلولز استات رهاینده دی-

اکسید گوگرد یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای

پارامتر کیفی نمونه	زمان (روز)				
	۱۵	۱۲	۹	۶	۳
قبل از بسته بندی: $2/55 \pm 0/12^{F-H}$					
C00	$-0/53 \pm 0/07^{A-F}$	$-0/45 \pm 0/11^{A-E}$	$-0/68 \pm 0/44^{B-G}$	$-1/83 \pm 0/19^{C-H}$	$-1/82 \pm 0/62^{C-H}$
C10	$-0/69 \pm 0/12^{B-G}$	$-0/25 \pm 0/57^{A-D}$	$-1/26 \pm 0/33^{C-H}$	$-1/22 \pm 0/49^{C-H}$	$-1/54 \pm 0/15^{C-H}$
C01P-A	$-1/52 \pm 0/49^{C-H}$	$-1/10 \pm 0/23^{C-H}$	$-2/22 \pm 0/56^{D-H}$	$-2/89 \pm 0/82^H$	$-2/49 \pm 0/18^{F-H}$
C01P-B	$-0/36 \pm 1/58^{A-E}$	$1/37 \pm 0/29^A$	$-0/93 \pm 0/24^{C-H}$	$-1/13 \pm 0/43^{C-H}$	$-2/56 \pm 0/31^{GH}$
A-1P	$-1/46 \pm 0/71^{C-H}$	$-1/12 \pm 1/0^{C-H}$	$-2/27 \pm 0/44^{D-H}$	$-2/22 \pm 0/68^{D-H}$	$-2/83 \pm 0/16^H$
A-2P	$1/14 \pm 0/82^{AB}$	$-1/61 \pm 0/31^{C-H}$	$-1/23 \pm 0/9^{C-H}$	$-1/51 \pm 0/29^{C-H}$	$-2/58 \pm 0/99^{GH}$
A-1P-W	$-1/02 \pm 0/47^{F-O}$	$-2/29 \pm 0/9^{E-H}$	$-2/25 \pm 0/72^{D-H}$	$-1/76 \pm 0/28^{C-H}$	$-1/52 \pm 0/16^{C-H}$
B-1P	$-0/18 \pm 1/58^{A-C}$	$-1/86 \pm 0/67^{C-H}$	$-1/35 \pm 0/24^{C-H}$	$-2/12 \pm 0/62^{C-H}$	$-2/14 \pm 0/55^{C-H}$
B-2P	$-0/57 \pm 2/0^{A-G}$	$-1/69 \pm 0/85^{C-H}$	$-1/76 \pm 0/19^{C-H}$	$-1/45 \pm 0/41^{C-H}$	$-1/98 \pm 0/57^{C-H}$
B-1P-W	$1/15 \pm 0/45^{AB}$	$-1/84 \pm 0/45^{C-H}$	$-2/30 \pm 0/37^{E-H}$	$-1/72 \pm 0/48^{C-H}$	$-1/49 \pm 0/28^{C-H}$
قبل از بسته بندی: $76/19 \pm 2/03^A$					
C00	$58/28 \pm 1/66^{BC}$	$55/56 \pm 2/58^C$	$58/20 \pm 2/28^{BC}$	$57/12 \pm 2/77^C$	$59/60 \pm 3/10^{BC}$
C10	$55/76 \pm 1/33^C$	$55/72 \pm 1/08^C$	$63/53 \pm 5/57^{BC}$	$57/68 \pm 2/91^C$	$58/81 \pm 3/04^{BC}$
C01P-A	$56/49 \pm 2/76^C$	$60/60 \pm 6/37^{BC}$	$62/48 \pm 5/76^{BC}$	$65/54 \pm 2/51^{ABC}$	$59/50 \pm 2/74^{BC}$
C01P-B	$59/00 \pm 2/79^{BC}$	$55/29 \pm 0/81^C$	$59/94 \pm 4/82^{BC}$	$55/43 \pm 2/54^C$	$56/12 \pm 2/95^C$
A-1P	$63/49 \pm 4/04^{BC}$	$60/61 \pm 4/43^{BC}$	$63/74 \pm 4/96^{ABC}$	$62/37 \pm 6/27^{BC}$	$70/44 \pm 2/54^{AB}$
A-2P	$57/40 \pm 0/28^C$	$63/18 \pm 4/97^{BC}$	$57/36 \pm 4/57^C$	$59/14 \pm 2/85^{BC}$	$63/85 \pm 4/22^{ABC}$
A-1P-W	$57/95 \pm 3/92^{BC}$	$64/51 \pm 4/64^{ABC}$	$66/34 \pm 2/64^{ABC}$	$59/49 \pm 2/30^{BC}$	$60/10 \pm 4/85^{BC}$
B-1P	$60/29 \pm 2/25^{BC}$	$61/77 \pm 5/17^{BC}$	$57/61 \pm 2/36^C$	$61/55 \pm 5/69^{BC}$	$59/61 \pm 5/76^{BC}$
B-2P	$60/85 \pm 6/63^{BC}$	$63/23 \pm 5/15^{BC}$	$58/26 \pm 4/9^{BC}$	$60/02 \pm 4/93^{BC}$	$64/93 \pm 5/17^{ABC}$
B-1P-W	$55/47 \pm 2/85^C$	$59/66 \pm 2/79^{BC}$	$67/04 \pm 3/02^{ABC}$	$58/77 \pm 2/57^{BC}$	$57/96 \pm 2/87^{BC}$

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

شایان ذکر است ضروری است تا دی‌اکسید گوگرد رها شده از سد پوست کیوی عبور کرده و وارد گوشت میوه شود تا بتواند روی رنگ سبز کیوی تاثیر منفی داشته و

به نظر می‌رسد حضور ورقه‌های رهاینده گوگرد یک مرحله‌ای در حفظ رنگ سبز و روشنایی کیوی‌ها بی‌تاثیر نبوده است اما اثر از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است.

Accepted Article

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 ورقه-ها نفوذ کند به طوریکه با متابی سولفیت سدیم موجود در لایه درونی نفوذ کند مقدار دی‌اکسید گوگرد بیشتری تولید خواهد شد (Xu, Li, Fu, & Wei, 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 دی-اکسید 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 به دلیل اندازه بزرگ‌تر میوه کیوی نسبت به انگور، میزان باقیمانده گوگرد در آن کمتر است (Cheah, Hunt, & Lorentz, 1993).

در میوه‌ها گاز دی‌اکسید گوگرد در سیتوپلاسم به صورت 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 حضورشان اثر سمی نداشته و تداخلی در سلامتی ایجاد نمی‌کند. به هر حال، ظرفیت اکسایشی میوه‌ها محدود است و تبدیل درونی سولفیت به سولفات ممکن است خارج از حد ظرفیت میوه باشد. جعبه‌های مقوایی قابلیت جذب بخشی از گاز دی‌اکسید گوگرد رها شده 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 نهم و پانزدهم نشان داد که طی انبارداری و نگهداری نمونه‌ها، سفتی بافت به طور معنی‌دار نسبت به قبل از بسته‌بندی کاهش یافت ( $P < 0.05$ ). کاهش سفتی میوه، بدلیل 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 بوتروتیس سینره آ طی انبارمانی (۵۵ روز در ۱۰ درجه سانتیگراد) میزان اتیلن

باعث بی‌رنگ شدن آن شود. اما بر اساس نتایج به نظر می‌رسد این امر در حضور ورقه‌های تک‌مرحله‌ای 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 واکنش‌های شیمیایی می‌تواند به حفظ رنگ کمک کند.

### سایر ویژگی‌های مورد بررسی

مقدار قند کل، باقیمانده گوگرد و بافت نمونه‌های کیوی که کمترین درصد ترکیب و لهیدگی را داشتند مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳ آورده شده است.

بررسی مقدار قند کل در نمونه‌های مورد نظر حاکی از کاهش معنی‌دار میزان قند در نمونه A-IP در روز پانزدهم نسبت به روز نهم و همچنین قبل از بسته‌بندی (به ترتیب ۱/۶۹ واحد و ۲/۱۵ واحد) بود. همچنین مقدار قند کل در نمونه A-2P در روز نهم و پانزدهم به طور معنی‌دار به ترتیب (۱/۵۵ واحد 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-IP و B-2P نشان نداد ( $P > 0.05$ ) (Hakimi و همکاران (۲۰۱۷) اختلاف معنی‌داری بین قند کل توت‌فرنگی‌ها بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد و نمونه شاهد گزارش نکردند و بیان کردند که محتوای قند کل نمونه‌ها تا انتهای دوره انبارداری کاهش یافت.

نتایج اندازه‌گیری میزان گوگرد باقی مانده در نمونه‌های کیوی نشان داد که مقدار گوگرد در نمونه‌های بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های رهاینده گوگرد به طور 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 پانزدهم بیش 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 یک مرحله‌ای و

(Sfakiotakis, &amp; Thanassouloupoulos, 1993).

افزایش می‌یابد و افزایش میزان اتیلن باعث کاهش میزان سفتی و کاهش سایر خصوصیات کیفی می‌شود ( Niklis, )

جدول ۳. مقدار قند کل، باقیمانده گوگرد و سفتی نمونه‌های کیوی بسته‌بندی شده در حضور ورقه‌های سلولز استات رهاینده دی‌اکسید گوگرد یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای در روزهای نهم و پانزدهم\*.

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

\* میانگین±انحراف معیار

حروف غیرمشابه روی ستون‌ها بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بر اساس آزمون توکی می‌باشد.

در این پژوهش ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد بر بستر استات سلولز برای بررسی انبارمانی کیوی‌های تلقیح شده با کپک بوتریتیس سینره *A* 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 پانزدهم در شرایط محیط نگهداری شدند.

به طور کلی نتایج حاکی از عملکرد مؤثر ورقه‌های رهاینده به ویژه انواع دو مرحله‌ای در جلوگیری از ترکیبگی و لهیدگی و همچنین کپک‌زدگی نمونه‌های کیوی بودند به ویژه زمانی که از دو ورقه در بسته‌بندی استفاده شد. لفاف پیچی کیوی‌ها با سلوفان و سپس بسته‌بندی آنها در حضور ورقه‌های رهاینده یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای به علت تماس کمتر گاز با سطح کیوی‌ها تاثیر منفی داشت.

میزان TSS و اسیدیته قابل تیترا نمونه‌های کیوی طی انبارمانی دستخوش نوسانات جزئی شد. رنگ نمونه‌های کیوی نیز در حضور ورقه‌های رهاینده گاز دی‌اکسید گوگرد بخصوص انواع یک مرحله‌ای به خوبی حفظ شد. سفتی و محتوای قند کل نمونه‌ها در حضور ورقه‌های یک مرحله‌ای 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 تعیین شده توسط FDA (کمتر از ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر) قرار داشت.

به طور کلی می‌توان گفت ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد عملکرد مؤثری در سردخانه در افزایش مدت

سفتی بافت در نمونه‌های A-1P, A-2P, B-1P و B-2P در روز نهم اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. انتقال بسته‌ها از انبار به محیط منجر به کاهش قابل توجه و معنی‌دار سفتی بافت در نمونه‌های مذکور (به استثنای نمونه A-2P) شد ( $P < 0.05$ ).

بیشترین و کمترین سفتی بافت در روز نهم 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 پانزدهم سفتی بافت نمونه A-1P به شدت افت کرده و نسبت به روز نهم ۴/۵۶ واحد کاهش یافت. نتایج سفتی بافت با نتایج درصد ترکیبگی و لهیدگی مطابقت داشت.

در پژوهشی نتایج بررسی بافت نشان داد که سفتی بافت زغال اخته در بسته‌های حاوی ورقه‌های رهاینده دو مرحله‌ای نگهداری شده در دمای ۱ درجه سانتیگراد به مدت ۵ هفته به طور 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 توت فرنگی-های تیمار شده با ورقه‌های رهاینده دی‌اکسید گوگرد در مقایسه با شاهد افت وزنی زیادی نداشتند، پوسیدگی در آنها کمتر بود و سفتی بافت در آنها بیشتر بود.

نتیجه‌گیری

انبارمانی میوه کیوی و کاهش رشد کپک خاکستری دارند. اما نکته حائز اهمیت این است که ورقه‌ها باید بر بستر مناسب تهیه شده و شرایط انجام واکنش نمک متابی-سولفیت سدیم با بخار آب برای رهایش دی‌اکسید گوگرد مهیا گردد.

## منابع

- Ahmed, Saeed, Roberto, Sergio Ruffo, Domingues, Allan Ricardo, Shahab, Muhammad, Junior, Osmar José Chaves, Sumida, Ciro Hideki, & De Souza, Reginaldo Teodoro. (2018). Effects of different sulfur dioxide pads on Botrytis mold in 'Italia' table grapes under cold storage. *Horticulturae*, 4(4), 29 .
- Amodio, Maria L, Colelli, Giancarlo, Hasey, Janine K, & Kader, Adel 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 .
- Appendini, Paola, & Hotchkiss, Joseph H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126 .
- Cheah, LH, Hunt, AW, & Lorentz, P. (1993). Effect of sulphur dioxide fumigation on botrytis storage rot and residues in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 3(1), 11-16 .
- Cicco, Nunzia, Dichio, Bartolomeo, Xiloyannis, C, Sofo, A, & Lattanzio, Vincenzo. (2006). *Influence of calcium on the activity of enzymes involved in kiwifruit ripening*. Paper presented at the VI International Symposium on Kiwifruit 753.
- da Silva Dannenberg, Guilherme, Funck, Graciele Daiana, dos Santos Cruxen, Claudio Eduardo, de Lima Marques, Juliana, da Silva, Wladimir Padilha & Fiorentini, Ângela Maria. (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 .
- Domingues, Allan Ricardo, Roberto, Sergio Ruffo, Ahmed, Saeed, Shahab, Muhammad, José Chaves Junior, Osmar, Sumida, Ciro Hideki, & De Souza, Reginaldo Teodoro. (2018). Postharvest techniques to prevent the incidence of Botrytis mold of 'BRS Vitoria' seedless grape under cold storage. *Horticulturae*, 4(3), 17 .
- Elad, Yigal, Pertot, Ilaria, Prado, Alba Marina Cotes, & Stewart, Alison. (2016). Plant hosts of Botrytis spp *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 413-486): Springer.
- Fernandez-Trujillo, JP, Obando-Ulloa, JM, Baró, R, & Martínez, JA. (2012). Quality of two table grape guard cultivars treated with single or dual-phase release SO<sub>2</sub> generators. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82(1), 1-8 .
- Fisk, Connie L, Silver, Alissa M, Strik, Bernadine C, & Zhao, Yanyun. (2008). Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions. *Postharvest biology and technology*, 47(3), 338-345 .
- Food, & Nations, Agriculture Organization of the United. (2011). Global food losses and food waste—Extent, causes and prevention. *Food and Agricultural Organisation of the United Nations* .
- Gemili, Seyhun, Yemenicioğlu, Ahmet, & Altinkaya, Sacide Alsoy. (2010). Development of antioxidant food packaging materials with controlled release properties. *Journal of Food Engineering*, 96(3), 325-332 .
- Hakimi, Sayed Samiullah, Sreenivas, KN, Shankarappa, TH, Krishna, HC, & Sadananda, GK. (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 .

- Iran, Institute of Standards and Industrial Research of. (2016). Kiwifruit– Specifications and Test Methods. *ISIRI Standard No. 3475* .
- Jiang, Yan Ru, Fu, Ya Bo, Li, Dong Li, & Xu, Wen Cai. (2013). *Effects of 1-MCP and controllable-release SO2 packaging on cold preservation of grapes (CV Muscat Hamburg)*. Paper presented at the Advanced Materials Research.
- Köycü, Nagehan Desen, Özer, Nuray, & Delen, Nafiz. (2012). Sensitivity of *Botrytis cinerea* isolates against some fungicides used in vineyards. *African Journal of Biotechnology*, 11(8), 1892-1899 .
- Leontowicz, Maria, Leontowicz, Hanna, Drzewiecki, Jerzy, Jastrzebski, Zenon, Haruenkit, Ratiporn, Poovarodom, Sumitra, . . . Trakhtenberg, Simon. (2007). Two exotic fruits positively affect rat's plasma composition. *Food Chemistry*, 102(1), 192-200 .
- Lichter, Ammon, Zutahy, Yohanan, Kaplunov, Tatiána, & Lurie, Susan. (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 .
- Liu, Peng, Li, Dong Li, Xu, Wen Cai, & Fu, Ya Bo. (2015). *Research on SO2 controlled release packaging on the preservation performance of 'Kyoho' grapes*. Paper presented at the Applied Mechanics and Materials.
- Lo Piero, Angela Roberta, Puglisi, Ivana, Rapisarda, Paolo, & Petrone, Goffredo. (2005). Anthocyanins accumulation and related gene expression in red orange fruit induced by low temperature storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(23), 9083-9088 .
- Lurie, Susan, Zutahy, Yohanan, Kaplunov, Tatiana, & Lichter, Amnon. (2010). Improvements of the SO2 technology for extended storage of table grapes. *Acta horticulturae*(877), 1617-1621 .
- Mirzaei, S, Goltapeh, E Mohammadi, Shams-Bakhsh, M, & Safaie, N. (2008). Identification of *Botrytis* spp. on plants grown in Iran. *Journal of Phytopathology*, 156(1), 21-28 .
- Mustonen, Hanna M. (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 .
- Naeimi, Shahram, & Zare, Rasoul. (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 .
- Niazmand, Razieh, & Yeganehzad, Samira. (2020). Capability of oxygen-scavenger sachets and modified atmosphere packaging to extend fresh barberry shelf life. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 7(1), 1-14 .
- Niazmand, Razieh, Yeganehzad, Samira, & Niazmand, Azam. (2021). Application of laminated and metalized films to prolong the shelf life of dried barberries. *Journal of Stored Products Research*, 92, 101809 .
- Niklis, N, Sfakiotakis, E, & Thanassoulopoulos, CC. (1993). Ethylene Biosynthesis in “Hayward” Kiwifruit Infected by *Botrytis Cinerea* *Cellular and Molecular Aspects of the Plant Hormone Ethylene* (pp. 255-256): Springer.
- Ragni, Luigi, Cevoli, Chiara, Berardinelli, Annachiara, & Silaghi, Florina Aurelia. (2012). Non-destructive internal quality assessment of “Hayward” kiwifruit by waveguide spectroscopy. *Journal of Food Engineering*, 109(1), 32-37 .
- Romanazzi, Gianfranco, Smilanick, Joseph L, Feliziani, Erica, & Droby, Samir. (2016). Integrated management of postharvest gray mold on fruit crops. *Postharvest Biology and Technology*, 113, 69-76 .

- Saito, Seiya, & Xiao, Chang-Lin. (2016). *Evaluation of sulfur dioxide-generating pads and modified atmosphere packaging for control of postharvest diseases in blueberries*. Paper presented at the XI International Vaccinium Symposium 1180.
- Silveira, MFA, Soares, NFF, Geraldine, RM, Andrade, NJ, Botrel, DA, & Gonçalves, MPJ. (2007). Active film incorporated with sorbic acid on pastry dough conservation. *Food control*, 18(9), 1063-1067 .
- Soares, NFF, Rutishauser, DM, Melo, N, Cruz, RS, & Andrade, NJ. (2002). Inhibition of microbial growth in bread through active packaging. *Packaging Technology and Science: An International Journal*, 15(3), 129-132 .
- Tavarini, S, Degl'Innocenti, E, Remorini, D, Massai, R, & Guidi, L. (2009). Polygalacturonase and  $\beta$ -galactosidase activities in Hayward kiwifruit as affected by light exposure, maturity stage and storage time. *Scientia horticulturae*, 120(3), 342-347 .
- Uz, Metin, & Altinkaya, Sacide Alsoy. (2011). Development of mono and multilayer antimicrobial food packaging materials for controlled release of potassium sorbate. *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2302-2309 .
- Xu, Wencai, Li, Dongli, Fu, Yabo, & Wei, Hua. (2013). Preparation and Measurement of Controlled-Release SO<sub>2</sub> Fungicide Active Packaging at Room Temperature. *Packaging Technology and Science*, 26, 51-58 .
- Youssef, Khamis, Junior, Osmar Jose Chaves, Mühlbeier, Débora Thaís, & Roberto, Sergio Ruffo. (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 .
- Youssef, Khamis, Roberto, Sergio Ruffo, Chiarotti, Francelize, Koyama, Renata, Hussain, Ibrar, & de Souza, Reginaldo Teodoro. (2015). Control of Botrytis mold of the new seedless grape 'BRS Vitoria' during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 193, 316-321 .
- Zhang, Wen, Wang, Aichen, Lv, Zhenzhen, & Gao, Zongmei. (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 .
- Zoffoli, Juan Pablo, Latorre, Bernardo A, & Naranjo, Paulina. (2008). Hairline, a postharvest cracking disorder in table grapes induced by sulfur dioxide. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 97-90 .(۱)
- شرایعی, پ, شاه بک, م.ع., & مختاریان, ع. (۱۳۸۳). بررسی تاثیر ورقه های گریپ گارد بر کیفیت و کنترل آلودگی قارچی انگور در سردخانه. مجله تحقیقات کشاورزی, کرج, ۵ (۲۰): ۱-۱۶.

## Evaluation of the efficiency of sulfur dioxide releasing acetate cellulose sheets on the shelf life of kiwi fruits in the cold store

Razieh Niazmand<sup>1\*</sup>, Parvin Sharayei<sup>2\*</sup>, Moslem Jahani<sup>3</sup>, Elham Azarpashooh<sup>4</sup>,  
Mohammad Reza Abdollahi Moghaddam<sup>3</sup>

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

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

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

\*Corresponding author (parvin\_sharayei@yahoo.com)

3- Assistant Professor, Department of Food Chemistry, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

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

### 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 (contain of 30% and 50% metabisulfite salts, respectively) on the acetate cellulose bed was investigated. After 15 days 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 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, respectively 9.9 g / 100 g, 0.91%, 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:** Sulfur dioxide releasing sheet, Storage, *Botrytis cinerea*, Active packaging