مقاله پژوهشی

تأثیر تیمار ال- سیستئین بر ویژگی‌های کیفی و آنتی‌اکسیدانی میوه خرمالو طی انبار سرد

فهیمه نصر[۱]، ولی ربیعی[۲]*، فرهنگ رضوی[۳] و غلامرضا گوهری[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱- تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۳)

چکیده

خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb) از میوه‌های مهم پاییزی فسادپذیر با عمرانبارمانی کوتاه می‌باشد، زیرا نرم شدن بافت، تغییر در ترکیبات شیمیایی و قهوه‌ای شدن در آن به سرعت اتفاق افتاده و منجر به ضایعات بیشتر محصول در دوره پس از برداشت می‌شود. در پژوهش حاضر، تأثیر تیمار پس از برداشت ال- سیستئین با چهار غلظت (صفر، ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۵ درصد) به روش غوطه‌وری به مدت ۱۰ دقیقه بر خصوصیات کیفی و آنتی‌اکسیدانی میوه خرمالو مورد مطالعه قرار گرفت. میوه‌ها بعد از تیمار در سردخانه با دمای۴ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۰-۸۵٪ به مدت ۴۵ روز نگهداری شدند. میوه‌ها در طول دوره انبارمانی در روزهای (۱۵، ۳۰ و ۴۵) از انبار خارج و از نظر کیفیت میوه و برخی خصوصیات بیوشیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ال- سیستئین ۰/۵ و ۰/۲ درصد طی مدت زمان انبارمانی سبب حفظ سفتی، اسید قابل تیتراسیون، فنل و فلاونوئید کل، تانن محلول و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شده و از کاهش وزن، افزایش مالون‌دی‌آلدهید و مواد جامد محلول کل نسبت به میوه‌های شاهد جلوگیری کردند. با این حال، این تیمارها تأثیر معنی‌داری بر کاروتنوئید کل نداشتند. در مجموع تیمار ال- سیستئین ۰/۵ درصد بیشترین تأثیر را در حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی میوه خرمالو داشت. به عنوان نتیجه نهائی می‌توان بیان داشت که تیمار پس از برداشت ال- سیستئین روشی ایمن برای افزایش عمرانبارمانی و حفظ کیفیت تغذیه‌ای میوه خرمالو در انبار سرد می‌باشد.

کلمات کلیدی: انبار سرد، تانن محلول، خرمالو، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کیفیت تغذیه‌ای

۱- دانشجوی سابق دکترای فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

* پست الکترونیک: rabiei@znu.ac.ir

مقدمه

خرمالو (*Diospyros kaki* Thunb) از میوه‌های نیمه گرمسیری با ارزش غذایی بالا است که به علت طعم مطلوب و ارزش تغذیه‌ای بالا روز به روز تقاضا برای تازه‌خوری آن در حال افزایش است (ایگول[1] و همکاران، ۲۰۰۸). این میوه دارای ترکیبات مفید مختلف مانند کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آلی، ویتامین‌ها، تانن‌ها، پلی فنل‌ها، فیبرهای غذایی است که نقش مهمی در سلامتی انسان ایفا می‌کند (کلیک و ارسیسلی[2]، ۲۰۰۸). براساس آمار منتشر شده توسط سازمان خواربار جهانی فائو چین بیشترین تولید خرمالو را در جهان داراست و بعد از چین می‌توان به اسپانیا و ایتالیا اشاره کرد. ایران نیز با سطح زیر کشت حدود ۱۵۲۳ هکتار و تولید حدود ۲۲۴۷۴ تن رتبه هشت را در تولید این محصول به خود اختصاص داده است و از کشورهای پیشرو در تولید خرمالو در منطقه می‌باشد (فائو[3]، ۲۰۱۸). خرمالو به دلیل بافت نرم، پوست نازک و حساسیت به سرمازدگی جزء میوه‌های فسادپذیر و با عمر پس از برداشت کوتاه به حساب می‌آید (باقری[4] و همکاران، ۲۰۱۵). به طور کلی مشکلات عمده پس از برداشت خرمالو شامل نرم شدن سریع، چروکیدگی سطحی، تغییر رنگ، پوسیدگی و از دست رفتن خصوصیات خوراکی است (دوگان[5] و همکاران، ۲۰۱۷). بنابراین کاهش سرعت رسیدن، حفظ کیفیت و به تعویق انداختن مرحله پیری در این میوه به منظور افزایش عمر انبارمانی ضروری می‌باشد. امروزه در تکنولوژی پس از برداشت تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی و سالم بیشتر شده است. ترکیبات طبیعی مانند ال- سیستئین بدون اینکه ضرری برای سلامتی انسان داشته باشند می‌تواند در افزایش عمر انبارمانی و حفظ کیفیت محصولات باغی مورد استفاده قرار گیرند (علی[6] و همکاران، ۲۰۱۶). ال- سیستئین یک اسید آمینه غیرضروری برای بدن انسان و جزء اسیدآمینه‌های گوگرد دار محسوب می‌شود که به طور عمده در ساختمان پروتئین‌ها موجود می‌باشد (ژانگ[7] و همکاران، ۲۰۱۱). ترکیب‌های حاوی گوگرد مانند ال-سیستئین به علت خاصیت آنتی‌اکسیدانی به‌طور گسترده در پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها به تنهایی یا در ترکیب با اسیدهای آلی مختلف یا پوشش‌های خوراکی مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد (پیس[8] و همکاران، ۲۰۱۵؛ کولانتونو[9] و همکاران، ۲۰۱۵). برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که ال-سیستئین با آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز رقابت کرده و مانع از فعالیت این آنزیم‌ها می‌شود و همچنین به طور مستقیم با پلی‌فنل‌اکسیداز واکنش داده و ترکیبات پایدار با مس تشکیل می‌دهد (شارما و رائو[10]، ۲۰۱۳). تیمار ال سیستئین در کنترل سرمازدگی نیز نقش مثبت داشته و با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی موجب حفظ ثبات غشای سلولی و جلوگیری از افزایش مالون‌دی‌آلدهید و نشت یونی در پس از برداشت می‌شود (سوگوار[11] و همکاران، ۲۰۲۰). تیمار ال- سیستئین از طریق جلوگیری از تولید گونه‌های فعال اکسیژن موجب افزایش عمر انبارمانی و جلوگیری از سرمازدگی کنگرفرنگی در طی پس از برداشت شده است (کابزاس-سرانو[12] و همکاران، ۲۰۱۳). در گزارشی دیگر تیمار ال-سیستئین موجب مهار پیری کلم بروکلی از طریق کاهش تولید اتیلن، تنفس، کاهش وزن، مالون‌دی‌آلدهید و نشت یونی در انبار سرد شده است. همچنین این تیمار موجب حفظ میزان کلروفیل در برگ‌های کلم بروکلی شده و از زرد شدن برگ‌ها جلوگیری کرده است (سهیل[13] و همکاران، ۲۰۲۱). ژو[14] و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که کاربرد پس از برداشت ال- سیستئین (۰/۸ درصد) موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و حفظ کیفیت در میوه گلابی شده است. همچنین تیمار ال- سیستئین منجر به بیان بیشتر چندین ژن مرتبط با تخریب گونه‌های فعال اکسیژن و احیای گلوتاتیون شده است و باعث مهار بیان ژن‌های لیپواکسیژناز که در تخریب غشاء سلولی نقش دارند در

1. Igual
2. Celik. and Ercisli
3. FAOSATE
4. Bagheri
5. Dogan
6. Ali
7. Zhang
8. Pace
9. Colantuono
10. Sharma and Rao
11. Sogvar
12. Cabezas-Serrano
13. Sohail
14. Zhou

میوه لوگان شده است (لی[1] و همکاران، ۲۰۱۸). ال- سیستئین از تغییر رنگ و کاهش وزن میوه لیچی طی ۲۸ روز انبارمانی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد جلوگیری کرده و موجب حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ویتامین ث، فنل و فلاونوئید کل شده است (علی و همکاران، ۲۰۱۶). این تیمار در حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه‌هایی مانند آووکادو (دورانتس-الوارز[2] و همکاران، ۱۹۹۸)، انبه (گوررو-بلتران[3] و همکاران، ۲۰۰۵)، موز (بیکو[4] و همکاران، ۲۰۰۹)، سیب (روجاس-گرو[5] و همکاران، ۲۰۰۶)، هلو (کولانتونو و همکاران، ۲۰۱۵) و لاکوات (دینگ[6] و همکاران، ۲۰۰۲) نیز مؤثر بوده است.

باتوجه به اینکه مطالعه اثر تیمار ال- سیستئین در میوه خرمالو در ایران و دنیا انجام نشده است، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر استفاده از ال- سیستئین بر پارامترهای کیفی و افزایش ماندگاری میوه خرمالو در طی ۴۵ روز انبارمانی بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارها

این پژوهش در آزمایشگاه و سردخانه گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۹۹ طراحی و اجرا شد. میوه‌های خرمالو (رقم محلی کرج) در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی با مواد جامد محلول کل ۱۶/۲ درصد از باغ تجاری واقع در شهرستان کرج، جاده ملارد، شهریار برداشت شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای اعمال شده در این آزمایش شامل ال- سیستئین در چهار سطح صفر، ۰/۱، ۰/۲و ۰/۵ درصد که در سطح صفر آب مقطر به عنوان شاهد بود و زمان انبارمانی در سه سطح ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز بود. بعد از تهیه غلظت‌های مورد نظر، میوه‌های خرمالوی سالم، یک اندازه و تمیز به مدت ۱۰ دقیقه در هر یک از تیمارها غوطه‌ور شدند و سپس در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شدند. هر یک از تیمارها در سه تکرار و در هر تکرار پنج میوه استفاده شد. سپس میوه‌های تیمار شده در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵-۹۰ درصد انبار و در فواصل زمانی ۱۵،۳۰ و ۴۵ روز مورد ارزیابی قرار گرفتند. سفتی بافت، درصد کاهش وزن، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، فلاونوئید کل، فنل کل، تانن محلول، کاروتنوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و مالون‌دی‌آلدهید در پایان هر دوره انبارمانی اندازه‌گیری شد.

صفات موردارزیابی

سفتی بافت میوه

برای اندازه‌گیری سفتی بافت میوه از سفتی‌سنج دستی مدل (OSK 1618) با قطر پروپ ۸ میلی‌متری استفاده شد (جلیلی‌مرندی[7]، ۱۳۸۷).

درصد کاهش وزن

برای ارزیابی میزان درصد کاهش وزن قبل از شروع نگهداری و پس از خروج از انبار میوه‌ها با ترازوی دیجیتالی مدل (CANDGL300) وزن شدند و درصد کاهش وزن میوه‌ها محاسبه گردید (منگ[8] و همکاران، ۲۰۰۸).

مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل از رفراکتومتر دیجیتالی مدل Atago-ATC-20(E) استفاده شد. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون با تیتر نمودن آب میوه با سود ۰/۱ نرمال و براساس pH پایانی ۸/۲-۸/۱ بدست آمد. درصد اسیدیته قابل تیتراسیون براساس اسید غالب یعنی اسید مالیک و بر طبق فرمول زیر محاسبه شد. اکی والان اسید مالیک برابر ۰/۰۶۸ می‌باشد (ایرانزو[9] و همکاران، ۱۹۸۴).

فرمول(۱)

۱۰۰ ×[(حجم نمونه تیتر شده) / (حجم سود مصرفی × نرمالیته سود مصرفی × ۰/۰۶۸)] = درصد اسید قابل تیتراسیون

فلاونوئید کل و فنل کل

محتوای فلاونوئید کل عصاره‌ها با روش ارائه شده توسط کاجو[10] و همکاران (۲۰۰۶) اندازه‌گیری شد. جهت به

1. Li
2. Dorantes-Alvarez
3. Guerrero-Beltran
4. Bico
5. Rojas-Grau
6. Ding
7. Jalilimarandi
8. Meng
9. Iranzo
10. Kaijv

دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به عنوان استاندارد استفاده شد. به طوری که غلظت‌های مختلف آن به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها توسط اسپکتروفتومتر مدل (SAFAS MONACO RS 232) در طول موج ۴۱۵ نانو مترخوانده شد. محتوی فنل کل با استفاده از واکنش‌گر فولین سیکالتو اندازه‌گیری شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون غلظت‌های مختلف گالیک اسید به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۰ نانومتر قرائت شد (سینگلتن و روسی[1]، ۱۹۶۵)

تانن محلول و کاروتنوئید کل

اندازه‌گیری غلظت تانن محلول نمونه‌ها پس از عصاره گیری تانن محلول نمونه با متانول ۸۰ درصد، بر طبق روش فولین‌دنیز انجام شد (تایرا[2]، ۱۹۹۶). مقدار کاروتنوئید کل براساس روش وانگ[3] و همکاران (۲۰۰۵) اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

فرمول(۲)

4×(OD(480nm: کاروتنوئید کل بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر

(OD(480nm: جذب در طول موج ۴۸۰ نانومتر، ۴: عددثابت

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری شد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با فرمول زیر محاسبه شد (دهقان و خوشکام[4]، ۲۰۱۲).

$$RSA\ \% = \frac{100\ (A_C - A_S)}{A_C}$$ فرمول(۳)

RSA: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، AS: جذب نمونه حاوی عصاره، AC: جذب شاهد

مالون‌دی‌آلدهید (MDA)

MDA بر اساس روش تیوباربیوتیک توصیف شده توسط هس و پاکر[5] (۱۹۶۸) انجام شد. برای محاسبهٔ MDA از ضریب خاموشی معادل $155\ mmol^{-1}cm^{-1}$ استفاده شد.

$$MDA = [A532 - A600/155] \times 1000$$ فرمول(۴)

آنالیز داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS V9 و مقایسه میانگین داده‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج و بحث

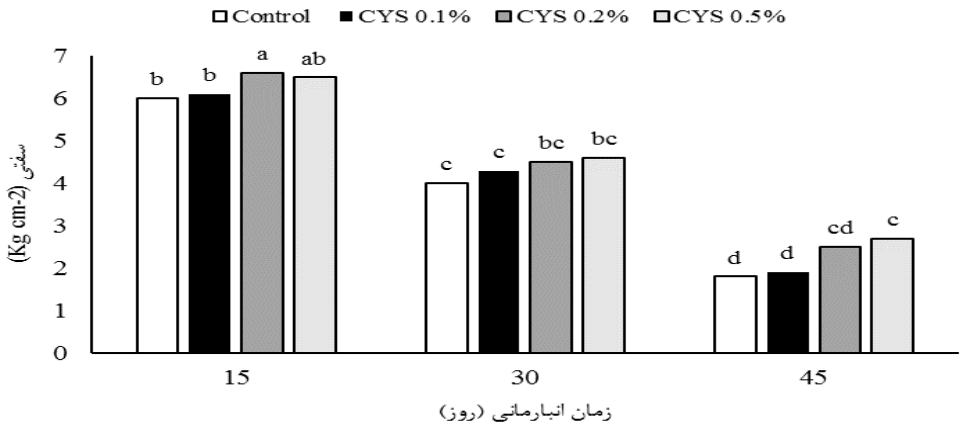
سفتی بافت میوه

سفتی بافت میوه در زمان برداشت ۸/۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بود (جدول ۱) که در طول ۴۵ روز انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با ال-سیستئین و شاهد کاهش یافت. نتایج نشان داد که ال-سیستئین تأثیر معنی‌داری بر میزان سفتی بافت میوه خرمالو داشت (شکل ۱). با افزایش غلظت ال-سیستئین میزان سفتی بافت میوه طی دوره انبارمانی حفظ گردید. در زمان بررسی ۱۵ روز بیشترین میزان سفتی در تیمار ال-سیستئین ۰/۲ درصد مشاهده شد. در زمان بررسی ۳۰ و ۴۵ روز اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمار ۰/۲ و ۰/۵درصد مشاهده نشد (شکل ۱). در بین تیمارها ال-سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ درصد به طور معنی‌داری سفتی بیشتری نسبت به بقیه تیمارها و شاهد داشتند. ال-سیستئین از طریق کاهش تولید اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های نرم کننده دیواره سلولی مانند پلی‌گالاکتروناز، سلولاز و پکتین‌متیل‌استراز باعث جلوگیری از نرم‌شدن بیشتر میوه می‌شود (علی و همکاران، ۲۰۱۶). نتایج این آزمایش با نتایج شارما و رائو (۲۰۱۳) مطابقت دارد به طوری که تیمار ال-سیستئین به طور مؤثری موجب جلوگیری از کاهش سفتی در میوه کارامبولا شده است (شارما و رائو، ۲۰۱۳). سیستئین در حفظ سفتی در میوه چریمویا و لیچی نیز در طی دوره انبارمانی نیز موثر بوده است (کامپوس-وارگاس[6] و همکاران، ۲۰۰۸; شارما و رائو، ۲۰۱۳).

درصد کاهش وزن

با گذشت زمان انبارمانی درصد کاهش وزن تمامی نمونه‌ها افزایش یافت. کاهش وزن در میوه‌های گروه شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. نتایج نشان داد که در نمونه‌های تیمار

1. Singliton and Rossi
2. Tiara
3. Wang
4. Dehghan and Khoshkam
5. Heat and Packer
6. Campos-Vargas



شکل ۱-تأثیرتیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر سفتی بافت میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۱-صفات کمی و کیفی خرمالو رقم کرج در زمان برداشت

سفتی ($Kg\ cm^2$)	TSS (%)	TA (%)	درصدکاهش وزن	فلاونوئیدکل ($mg\ kg^{-1}\ FW$)
۸/۲	۱۶/۲	۰/۵۹	۰	۷۹۶

ادامه جدول ۱-صفات کمی و کیفی خرمالو رقم کرج درزمان برداشت

فنل‌کل ($mg\ kg^{-1}\ FW$)	تانن محلول ($mg\ kg^{-1}\ FW$)	کاروتنوئیدکل ($mg\ 100g^{-1}\ FW$)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (٪)	مالون‌دی‌آلدهید ($nmol\ g^{-1}\ FW$)
۸۳۶۵	۵۵۸۵	۰/۴۵	۸۶	۱/۱۲

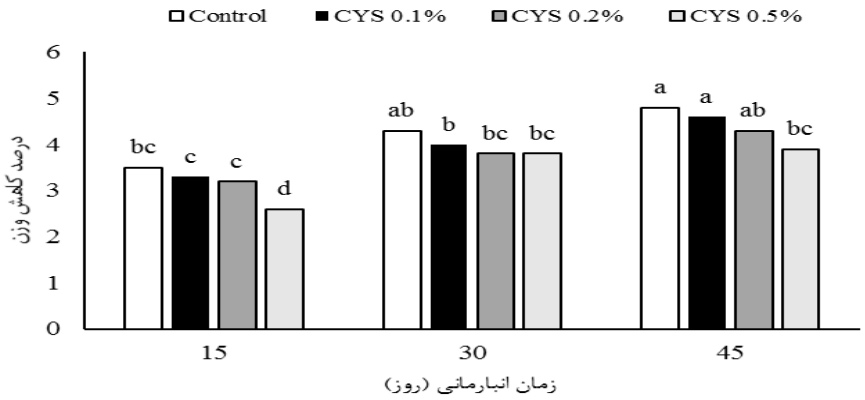
شده با ال-سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد در طی ۴۵ روز انبارمانی مشاهده شد (شکل ۲). کمترین میزان کاهش وزن در تیمار ال-سیستئین ۰/۵ درصد در پایان انبارمانی مشاهده شد. کاهش وزن میوه خرمالو یکی از عوامل مهم کاهش کیفیت آن در طی انبارمانی می‌باشد. کاهش وزن میوه به طور عمده با تنفس و تعرق از پوست میوه در ارتباط می‌باشد که در نتیجه از دست دادن آب از سطح میوه‌ها اتفاق می‌افتد (لی[1] و همکاران، ۲۰۰۹). ال-سیستئین با کاهش سرعت تنفس و تولید اتیلن، حفظ تورژسانس سلول‌ها و حفاظت از غشاها باعث کاهش از دست‌دهی رطوبت می‌شود (علی و همکاران، ۲۰۱۶). میوه‌های لیچی تیمار شده با ال-سیستئین کاهش وزن کمتری نسبت به شاهد در طی ۲۸ روز انبارمانی نشان داده‌اند (علی و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین ال-سیستئین باعث جلوگیری از کاهش وزن در موز (بیکو و همکاران، ۲۰۰۹)، کارامبولا (شارما و رائو، ۲۰۱۳) و بادمجان (گیدلی[2] و همکاران، ۲۰۱۴) شده است.

مواد جامد محلول کل و اسیدیته قابل تیتراسیون

مواد جامد محلول کل در زمان صفر ۱۶/۲ درصد بود (جدول۱) که در طی انبارمانی در همه نمونه‌ها افزایش یافت. میزان افزایش مواد جامد محلول در تیمارهای ال-سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ درصد کمتر از شاهد بود. کمترین میزان مواد جامد محلول در تیمار ال-سیستئین ۰/۵ درصد در پایان انبارمانی مشاهده شد. در این مطالعه تیمارها به صورت جزئی از افزایش مواد جامد محلول کل جلوگیری کردند (شکل ۳). میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در زمان برداشت ۰/۵۹ درصد بود که روند کاهشی معنی‌داری در میزان اسیدیته قابل تیتراسیون طی دوره انبارمانی میوه‌های خرمالو مشاهده شد. کم‌ترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در انتهای دوره انبارمانی در میوه‌های شاهد مشاهده گردید. تیمارال-سیستئین ۰/۵

1. li

2. Ghidelli



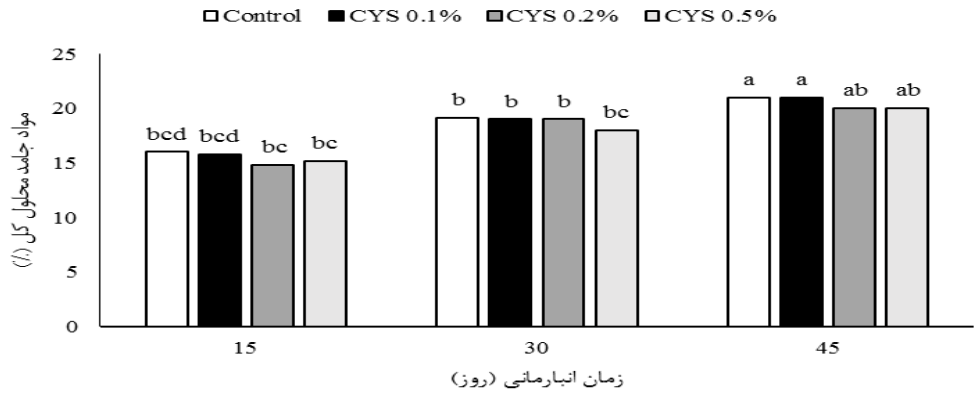
شکل ۲-تأثیر تیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر درصد کاهش وزن میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

درصد به طور معنی‌داری موجب جلوگیری از کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون در طی ۴۵ روز انبارمانی شد (شکل ۴). مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون ویژگی‌های مهمی هستند که در طعم، عطر و مزه میوه خرمالو تأثیر زیادی دارند. مواد جامد محلول در طی انبارمانی به علت فعالیت تنفسی و تغلیظ محتویات آب میوه افزایش بیشتری می‌یابد (هیو[1] و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین اسیدهای آلی هنگام رسیدن میوه به دلیل مصرف شدن در تنفس و تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آنها رابطه مستقیم با فعالیت‌های متابولیکی دارد (مارش[2] و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش بیشتر مواد جامد محلول و کاهش بیش از حد اسیدیته قابل تیتراسیون را می‌توان به پیشرفت پیری، تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی و تبدیل اسید به قند نسبت داد (شیری[3] و همکاران، ۲۰۱۱). تیمار ال- سیستئین با کاهش سرعت تنفس میوه‌ها، استفاده از اسیدهای ارگانیک در واکنش‌های آنزیمی تنفس را کاهش داده و با ایجاد تأخیر در رسیدگی میوه‌ها و تجزیه قندها از افزایش میزان مواد جامد محلول جلوگیری می‌کند (شارما و رائو، ۲۰۱۳). تیمار ال- سیستئین موجب جلوگیری از تغییرات بیش از حد مواد جامد محلول کل و اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه کارامبولا و لیچی در پس از برداشت شده است (شارما و رائو، ۲۰۱۳؛ علی و همکاران، ۲۰۱۶).

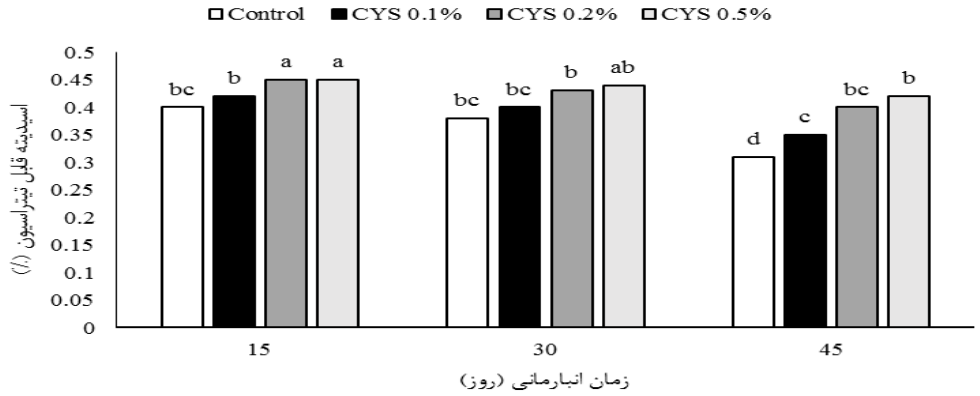
فلاونوئید و فنل کل

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فلاونوئید کل میوه‌ها نشان داد که میزان فلاونوئید کل در زمان برداشت ۷۹۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بود (جدول۱) که در طول دوره انبارمانی در تمامی میوه‌ها کاهش یافت. تیمار ال-سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ درصد اثر معنی‌داری بر میزان فلاونوئید کل در طول دوره ۴۵ روزه انبارمانی در مقایسه با شاهد داشت. در زمان بررسی ۱۵ و ۳۰ روز بیشترین میزان فلاونوئید کل در تیمار ال- سیستئین ۰/۵ درصد مشاهده شد. در پایان انبارمانی بیشترین میزان فلاونوئید کل در تیمارهای ال- سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ مشاهده شد (شکل ۵). میزان فنل کل در زمان برداشت ۸۳۶۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بود که با افزایش طول دوره انبارمانی در میوه‌های تیمار شده با ال- سیستئین و شاهد کاهش یافت. در نمونه‌های تیمار شده با ال- سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ درصد میزان کاهش فنل کل کمتر از تیمار ۰/۱ درصد و شاهد مشاهده شد. کمترین میزان فنل کل در تیمار ال- سیستئین ۰/۵درصد در پایان انبارمانی مشاهده شد (شکل ۶). ترکیبات فلاونوئیدی و فنلی به طور گسترده در گیاهان وجود دارند و فعالیت آنتی‌اکسیدانی از خود نشان می‌دهند (سهیلا[4] و همکاران، ۲۰۰۱). ترکیبات فنلی و فلاونوئیدها جزء سیستم آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی بوده و نقش حفاظتی کلیدی در برابر تنش اکسیداتیو دارند زیرا قادرند تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن را مهار و یا آن‌ها از بین

1. Hu
2. Marsh
3. Shiri
4. Soheila



شکل ۳-تأثیر تیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر مواد جامد محلول کل میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



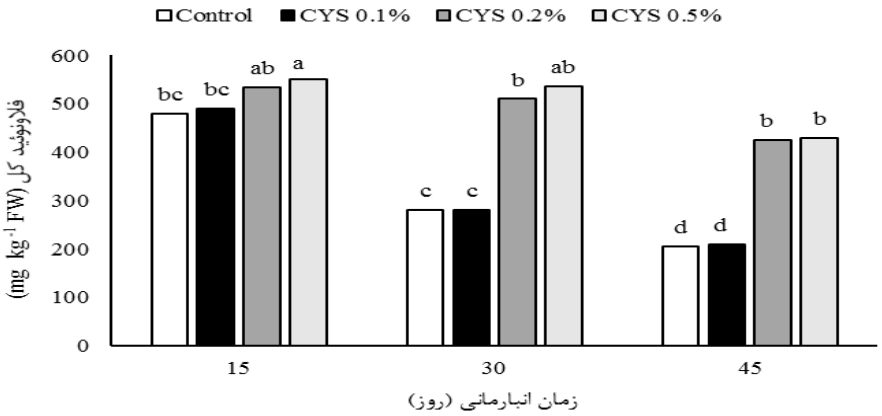
شکل ۴-تأثیر تیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی.
میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

ببرند (رودریگوئس[1] و همکاران، ۲۰۱۰). فنل‌ها سوبسترای آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز هستند و در طی انبارمانی میزان آن‌ها کاهش می‌یابد ولی ال-سیستئین با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز و حذف رادیکال‌های آزاد به طور مؤثری موجب جلوگیری از کاهش فنل کل و فلاونوئید کل در پس از برداشت می‌شود (علی و همکاران، ۲۰۱۶). تیمار ال- سیستئین موجب حفظ فنل و فلاونوئید کل در کاهو و آرتیشو در طی دوره انبارمانی شده است (آلتونکایا و گوکمن[2]، ۲۰۰۹؛ کابزاس-سرانو و همکاران، ۲۰۱۳). سوگوار و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تیمار ال- سیستئین در حفظ فنل و فلاونوئید کل در میوه آلو در طی ۴۰ روز انبارمانی نیز مؤثر بوده است (سوگوار و همکاران، ۲۰۲۰).

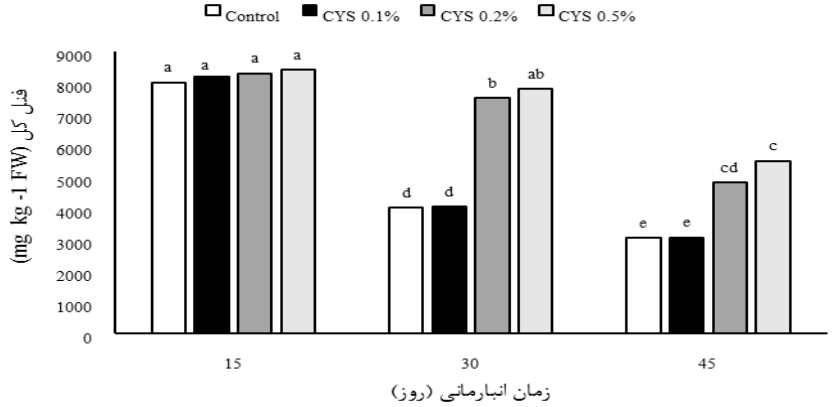
تانن محلول

نتایج نشان داد که میزان تانن محلول در طول دوره نگهداری در میوه‌های شاهد و میوه‌های تیمار شده کاهش می‌یابد. میزان تانن محلول در زمان برداشت ۵۵۸۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر بود (جدول۱) که در زمان بررسی ۱۵ روز میزان آن در شاهد به ۵۰۵۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر کاهش یافت. در زمان بررسی ۳۰ روز بیشترین میزان تانن محلول در تیمار ال-سیستئین ۰/۵درصد مشاهده شد ولی در زمان بررسی ۱۵ و ۴۵ روز تیمارهای ۰/۲ و ۰/۵ به طور مؤثری مانع از کاهش تانن محلول در میوه‌های خرمالو شدند. کمترین میزان تانن محلول در تیمار ال- سیستئین ۰/۱ درصد و شاهد در

1. Rodrigues
2. Altunkaya and Gökmen



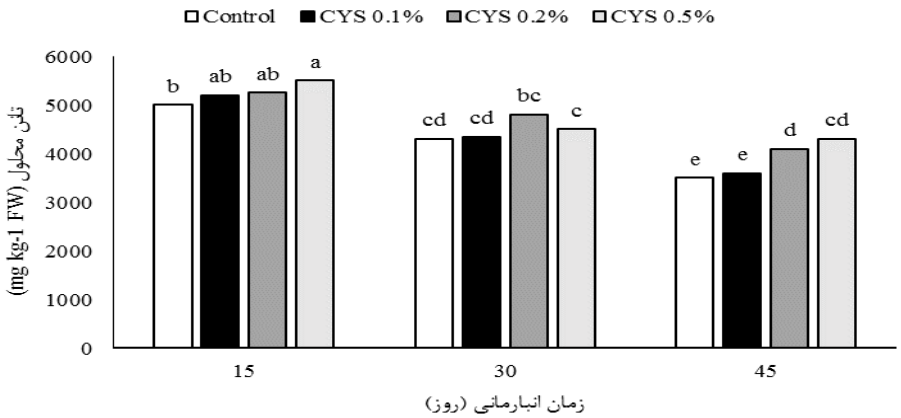
شکل ۵-تأثیر تیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر فلاونوئید کل میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۶-تأثیر تیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر فنل کل میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

پایان انبارمانی مشاهده شد (شکل ۷). تانن محلول جزء ترکیبات فنلی است. تانن خرمالو از انواع تانن فشرده بوده که دارای وزن مولکولی بالا و تعداد زیادی گروه‌های هیدروکسیل در فرمول شیمیایی خود می‌باشد که در نتیجه با پروتئین‌های موجود در دهان واکنش داده و با رسوب آنها طعم گس را به وجود می‌آورد (ایتو[1]، ۱۹۷۱). میزان تانن محلول از مشخصه‌های اصلی در ارتباط با کیفیت میوه خرمالو رسیده است. میزان تانن محلول در طول ذخیره‌سازی به طور مداوم کاهش می‌یابد که به علت تشکیل کمپلکس بین پکتین آزاد شده از دیواره سلولی و تانن می‌باشد (تایرا[2] و همکاران، ۱۹۹۷). همبستگی مثبتی بین تانن محلول و سفتی میوه خرمالو وجود دارد و میوه‌های سفت‌تر دارای تانن محلول بیشتری می‌باشند (ناصر[3] و همکاران، ۲۰۱۸). ال- سیستئین با کاهش تولید اتیلن موجب جلوگیری از پلیمریزه شدن تانن در طول انبارمانی می‌شود، ال- سیستئین با نقش آنتی‌اکسیدانی خود و تخریب رادیکال‌های آزاد مقاومت بـه تنش‌ها را زیاد می‌کند که با افزایش ترکیبات فنلی مانند تانن محلول همراه است (علی و همکاران، ۲۰۱۶). در مطالعه‌ای دیگر ال- سیستئین با کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده ترکیبات فنلی در حفظ ترکیبات فنلی (مانند تانن محلول) در میوه چریموریا در انبار سرد بسیار مؤثر بوده است

1. Itoo
2. Taira
3. Naser



شکل ۷-تأثیرتیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر تانن محلول میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

(کامپوس-وارگاس و همکاران، ۲۰۰۸).

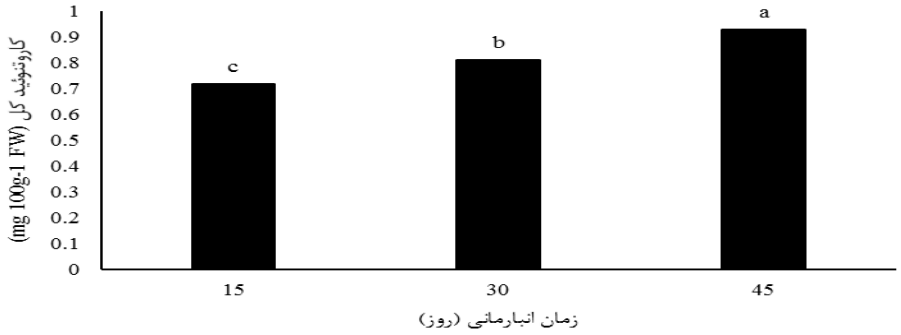
کاروتنوئید کل

میزان کاروتنوئید کل در زمان صفر، ۰/۴۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن‌تر بود که میزان آن در طی انبارمانی افزایش یافت و میزان آن در طی ۱۵ روز انبارمانی به ۰/۷۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر، در زمان بررسی ۳۰ روز به ۰/۸۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر و در پایان انبارمانی به ۰/۹۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر رسید. اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و شاهد از نظر کاروتنوئید کل وجود نداشت و تیمارها در جلوگیری از تغییرات کاروتنوئید کل در این آزمایش تأثیری نداشتند (شکل ۸). خرمالو سرشار از کاروتنوئیدها مخصوصاً بتاکاروتن می‌باشد که می‌تواند به کریپتوسانتین تبدیل شود (کومازاوا[1] و همکاران، ۲۰۰۲). اگیرت و تیونی[2] (۲۰۰۲) بیان داشتند که در کلروپلاست‌ها کاروتنوئیدها به عنوان رنگیزه‌های کمکی عمل می‌کنند ولی نقش مهم‌تر آن‌ها نقش آنتی‌اکسیدانی آن‌ها می‌باشد. شروع ساخت کارتنوئیدها در مرحله اولیه نمو میوه منجر به تجمع و افزایش کارتنوئیدها در مرحله رسیدن در گوشت میوه می‌شود (الکوئزار[3] و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش‌های متفاوتی از نظر تأثیر ال-سیستئین در میزان کاروتنوئیدکل وجود دارد. در گزارشی ال-سیستئین موجب جلوگیری از تغییرات زیاد کاروتنوئید در هویج در طی انبارمانی شده است (محمد[4] و حسین، ۱۹۹۴).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در زمان برداشت ۸۶ درصد بود (جدول۱). با گذشت زمان آزمایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت. در زمان بررسی ۱۵و ۳۰ روز، بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ال-سیستئین ۰/۲ درصد مشاهده شد. در زمان بررسی ۴۵ روز تیمار ال- سیستئین ۰/۵ درصد به طور مؤثری موجب حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شد. کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در شاهد (۴۵ درصد) و تیمار ال-سیستئین ۰/۱ درصد (۴۶ درصد) در پایان انبارمانی مشاهده شد. اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین تیمار ال-سیستئین ۰/۱ درصد و شاهد در طی ۴۵ روز انبارمانی مشاهده نشد (شکل ۹). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها و سبزی‌ها شامل ترکیبات آنزیمی مثل آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و همچنین ترکیبات غیرآنزیمی شامل ویتامین ث، ترکیبات فنلی و کارتنوئیدها می‌باشد (فریرا[5] و همکاران، ۲۰۰۷). عواملی مانند تنش‌ها و پیری باعث تولید رادیکال‌های آزاد می‌شوند که سلول‌های میوه برای حذف رادیکال‌های آزاد از آنتی‌اکسیدان‌ها کمک می‌گیرند (مدنی[6] و همکاران، ۲۰۱۵). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی با دادن الکترون به

1. Kumazawa
2. Egert and Tevini
3. Alquezar
4. Mohamed and Hussein
5. Ferreyra
6. Madani



شکل ۸-تأثیرزمان انبارمانی بر کاروتنوئید کل میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

رادیکال‌های آزاد، اکسیده شده و ایجاد خسارت توسط گونه‌های فعال اکسیژن را کاهش می‌دهند. ال- سیستئین با تخریب رادیکال‌های آزاد و جلوگیری از تولید آن‌ها و کاهش تنفس باعث حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در طول انبارمانی می‌شود (پیس[1] و همکاران، ۲۰۱۵). تیمار ال- سیستئین در حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در لیچی و کاهو نیز موثر بوده است (علی و همکاران، ۲۰۱۶؛ پیس و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین در گزارشی تیمار ال-سیستئین ۰/۵ درصد موجب حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه آلو در طی ۴۰ روز انبارمانی شده است (سوگوار[2] و همکاران، ۲۰۲۰).

مالون دی‌آلدهید (MDA)

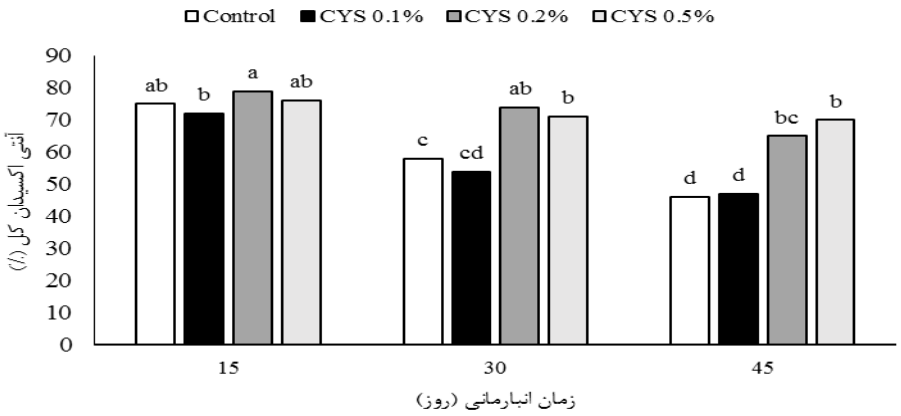
نتایج حاصل از اندازه‌گیری مالون‌دی‌آلدهید میوه‌ها نشان داد که با افزایش طول دوره انبارمانی میزان مالون دی‌آلدهید میوه‌ها افزایش یافت. میزان مالون دی‌آلدهید در زمان برداشت ۱/۱۲ نانومول بر گرم وزن تر بود (جدول۱) که در طی ۴۵ روز انبارمانی میزان آن در شاهد ۶/۴ نانو مول بر گرم وزن تر افزایش یافت. در زمان بررسی ۱۵ و۳۰ روز تیمارهای ال- سیستئین ۰/۲ و ۰/۵درصد دارای میزان مالون‌دی‌آلدهید کمتری بودند. در زمان بررسی ۴۵ روز، کمترین میزان مالون‌دی‌آلدهید در تیمار ال- سیستئین ۰/۵ درصد و بیشترین میزان مالون دی‌آلدهید در شاهد و تیمار ال- سیستئین ۰/۱ درصد مشاهده شد و اختلاف معنی‌داری نیز بین این نمونه‌ها نبود (شکل ۱۰). گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) باعث آسیب اکسیداتیو پروتئین‌ها و چربی‌های غشای پلاسمایی می‌شود و مالون دی‌آلدهید محصول ثانویه اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع غشاء است (مو[3] و همکاران، ۲۰۰۸). که به عنوان شاخصی از پراکسیداسیون چربی‌های غشا می‌باشد. ال- سیستئین با تخریب گونه‌های فعال اکسیژن از تولید بیشتر MDA ممانعت می‌کند. ال-سیستئین به طور موفقیت‌آمیزی موجب کاهش MDA در میوه لیچی شده است (علی و همکاران، ۲۰۱۶). همچنین، ال- سیستئین ۰/۵ درصد در کاهش مالون‌دی‌آلدهید و حفظ غشای پلاسمایی در میوه آلو مؤثر بوه است (سوگوار و همکاران، ۲۰۲۰).

نتیجه‌گیری کلی

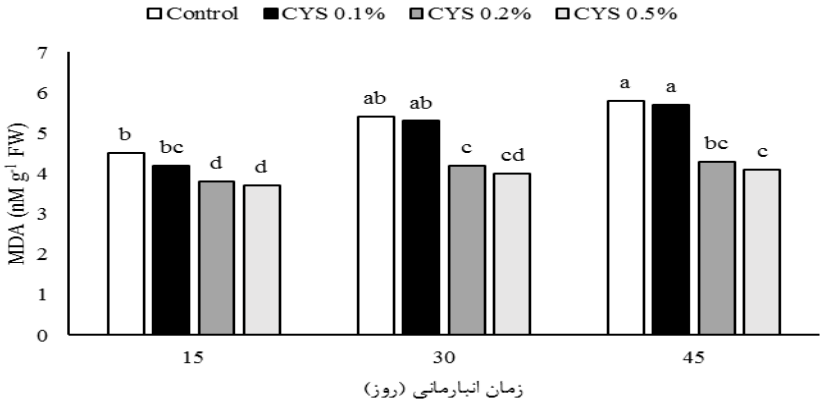
نتایج نشان داد که تیمارال- سیستئین در حفظ خواص کیفی و افزایش عمر انبارمانی میوه خرمالو مؤثر است. با افزایش مدت انبارمانی تیمار ال- سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ درصد با حفظ آنتی‌اکسیدان کل، سفتی بافت میوه، فلاونوئید کل، فنل کل، تانن محلول و جلوگیری از افزایش مالون دی‌آلدهید و درصد کاهش وزن به طور مؤثری موجب حفظ کیفیت و تأخیر پیری میوه خرمالو شد. در بیشتر موارد ال- سیستئین ۰/۵ درصد مؤثرتر از ۰/۲ درصد عمل نمود. نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان

1. Pace
2. Sogvar
3. Mo

داد که میوه‌های شاهد پس از ۴۵ روز انبارمانی از نظر اکثر شاخص‌های کیفی مورد بررسی، افت قابل توجهی داشتند. در حالی که میوه‌های تیمار شده با ال- سیستئین ۰/۲ و ۰/۵ درصد بعد از ۴۵ روز انبارمانی قابل عرضه به بازار بودند. بر اساس نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد ال- سیستئین به صورت تجاری برای افزایش عمرانبارمانی میوۀ خرمالو به تولید کنندگان این محصول قابل توصیه باشد.



شکل ۹-تأثیرتیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۱۰-تأثیرتیمار ال- سیستئین و زمان انبارمانی بر مالون‌دی‌آلدهید میوه خرمالو رقم کرج در طی ۴۵ روز انبارمانی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

منابع

جلیلی‌مرندی، ر. ۱۳۸۷. فیزیولوژی بعد از برداشت (جابه‌جایی و نگهداری میوه، سبزی، گیاهان زینتی). انتشارات جهاد دانشگاهی آذربایجان‌غربی، چاپ دوم، ۲۷۶ ص.

Ali, S., Khan, A.S. and Malik, A.U. 2016. Postharvest L-cysteine application delayed pericarp browning, suppressed lipid peroxidation and maintained antioxidative activities of litchi fruit. Postharvest Biology and Technology, 121:135–142.

Alquezar, B., Rodrigo, M.J.L. and Zacarias, L. 2008. Regulation of carotenoid biosynthesis during fruit maturation in the red- fleshed orange mutant Cara. Phytochemistry, 69(10):1997-2007.

Altunkaya, A. and Gokmen, V. 2009. Effect of various anti-browning agents on phenolic compounds profile of fresh lettuce (*sativa* L.). Food Chemistry, 117(1):122–126.

Bagheri, M., Esna-Ashari, M. and Ershadi, A. 2015. Effect of postharvest calcium chloride treatment on the storage life and quality of persimmon fruits (*Diospyros kaki* Thunb) cv. 'Karaj'. International Journal of Horticultural Science and Technology, 2(1):15-26.

Bico, S.L.S., Raposo, M.F.J., Morais, R.M.S.C. and Morais, A.M.M.B. 2009. Combined effects of chemical dip and/or carrageenan coating and/or controlled atmosphere on quality of fresh-cut banana. Food Control, 20(5): 508–514.

Cabezas-Serrano, A.B., Amodio, M.L. and Colelli, G. 2013. Effect of solution pH of cysteine-based treatments to prevent browning of fresh-cut artichokes. Postharvest Biology and Technology, 75: 17–23.

Campos-Vargas, R., Defilippi, B.G., Romero, P.Q., Hector, V.G., Paula, R.M. and Humberto, P.E., 2008. Effect of harvest time and L-cysteine as an antioxidant on flesh browning of fresh-cut cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). Chilean Journal of Agricultural Research, 68: 217–227.

Celik, A. and Ercisli, S. 2008. Persimmon cv. Hachiya (*Diospyros kaki* Thunb.) fruit: some physical, chemical and nutritional properties. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 59(7-8): 599-606.

Colantuono, F., Amodio, M.L., Colelli, G. and Castillo Garcia, S. 2015. Application of antioxidant compounds to preserve fresh-cut peaches quality. Acta Horticulturaea, 1084: 633–642.

Dehghan, J. and Khoshkam, Z. 2012. Tin(II)–quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chemistry, 131(2): 422–426.

Ding, C.K., Chachin, K., Ueda, Y. and Wang, C.Y. 2002. Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. Food Chemistry, 76(2): 213–218.

Dogan, A., Ali, Q., Kurubas, M.S. and Erkan, M. 2017. Postharvest quality of non-astringent 'Fuyu' persimmon fruits as affected by different doses of 1-methylcyclopropene (1-MCP). In VIII International Scientific Agriculture Symposium," Agrosym 2017", Jahorina, Bosnia and Herzegovina, October 2017. Book of Proceedings (pp. 1433-1441). Faculty of Agriculture, University of East Sarajevo.

Dorantes-Alvarez, L., Parada-Dorantes, L., Ortiz-Moreno, A., Santiago-Pineda, T., Chiralt-Boix, A. and Barbosa-Cánovas, G. 1998. Effect of anti-browning compounds on the quality of minimally processed avocados/Efecto de inhibidores del pardeamiento en la calidad de aguacates mínimamente procesados. Food science and technology international, 4(2): 107-113.

Egert, M. and Tevini, M. 2002. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). Environmental and Experimental Botany, 48(1): 43-49.

FAOSATE .2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO database.

Ferreyra, M.R., Vina, S.Z., Mugridge, A. and Chaves, A.R. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. Scientia Horticulturae, 112(1): 27-32.

Ghidelli, C., Mateos, M., Rojas-Argude, C. and Perez-Gago, M.B. 2014. Extending the shelf life of fresh-cut eggplant with a soy protein-cysteine based edible coating and modified atmosphere packaging. Postharvest Biology and Technology, 95: 81–87.

Guerrero-Beltran, J., Swanson, B.G. and Barbosa-Canovas, G.V. 2005. Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. LWT-Food Science and Technology, 38(6): 625-630.

Heath, R.L. and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics, 125(1): 189–198.

Hu, O., Fang, Y., Yang, Y., Ma, N. and Zhao, L. 2011. Effect of nanocomposite-based packaging on postharvest quality of ethylene-treated kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) during cold storage. Food Research International Journal, 44(6): 1589-1596.

Igual, M., Castello, M.L., Ortola, M.D. and Andres, A. 2008. Influence of vacuum impregnation on respiration rate mechanical and optical properties of cut persimmon. Journal of Food Engineering, 86(3): 315–23.

Iranzo, B., Pertegaz, J.C. and Balsalobre, A.P. 1984. Characterization and measurement of astringency and tannin content in Rojo Brillanteg persimmon quality and systems. Acta Horticulturae, 601: 227-231.

Itoo S.1971. The persimmon. In: Hulme AC(ed.): The Biochemistry of fruits and their products. Academic. New York, 2: 281-301.

Kaijv, M., Sheng, L. and Chao, C. 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Science and Technology, 27: 110–115.

Kumazawa, S., Taniguchi, M., Suzuki, Y., Shimura, M., Kwon, M.S. and Nakayama, T. 2002. Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50(2): 373–377.

Li, H.M., Li, F., Wang, L., Sheng, J.C., Xin, Z.H. and Zhao, L.Y. 2009. Effect of nano packing on preservation quality of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. var. inermis (Bunge) Rehd). Food Chemistry, 114(2): 547–552.

Li, T., Wu, Q., Zhou, Y., Yun, Z., Duan, X. and Jiang, Y. 2018. l-Cysteine hydrochloride delays senescence of harvested longan fruit in relation to modification of redox status. Postharvest Biology and Technology, 143: 35-42.

Madani, B., Mirshekari, A. and Yahia, E. 2015. Effect of calcium chloride treatments on calcium content, anthracnose severity and antioxidant activity in papaya fruit during ambient storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 96(9): 2963–2968.

Marsh, K., Attanayake, S., Walker, S., Gunson, A., Boldingh, H. and Macrae, E. 2004. Acidity and test in Kiwifruit. Postharvest Biology and Technology, 32(2): 159-168.

Meng, X., Li, B., Liu, J. and Tian, S., 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. Food Chemistry, 106(2): 501-508.

Mo, Y.W., Gong, D.Q., Liang, G.B., Han, R.H., Xie, J.H. and Li, W.C. 2008. Enhanced preservation effects of sugar apple fruit by salisylicacid treatment during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(15): 2693-2699.

Mohamed, S., and Hussein, R. 1994. Effect of low temprature blanghing, cystein, N-acetyl-l-cysteine, Na metabisulphite and drying tempratureon the firmness and nutrient content of dried carrots. Food Science and Technology, 30: 1-18.

Naser, F., Rabiei, V., Razavi, F. and Khademi, O. 2018. Effect of calcium lactate in combination with hot water treatment on the nutritional quality of persimmon fruit during cold storage. Scientia Horticulturae, 233: 114-123.

Pace, B., Capotorto, I., Ventura, M. and Cefola, M. 2015. Evaluation of L-cysteine as anti-browning agent in fresh-cut lettuce processing. Journal of Food Processing and Preservation, 39(6): 985-993.

Rodrigues, A.S., Perez-Gregorio, M., Falcon, M.G., Gandara, J.S. and Almeida, D.P. 2010. Effect of postharvest practices on flavonoid content of red and white onion cultivars. Food Control, 21(6): 878–884.

Rojas-Grau, M.A., Sobrino Lopez, A., Tapia, M.S. and Martın Belloso, O. 2006. Browning inhibition in fresh-cut Fuji‘apple slices by natural antibrowning agents. Journal of Food Science, 71(1): 59-65.

Sharma, S. and Rao, T.V.R. 2013. Effect of honey and L-cysteine as antioxidants on the quality attributes of fresh-cut carambola (*Averrhoa carambola* L.) stored at two different temperatures. International Journal of Postharvest Technology and Innovation, 24, 3(4): 362–381.

Shiri, M.A., Ghasemnezhad, M., Bakhshi, D. and Saadatian, M. 2011. Effect of ascorbic acid on phenolic compounds and antioxidant activity of packaged fresh cut table grape. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 10(7): 2506-2515.

Singleton, V.L. and Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16(3): 144 -158.

Sogvar, O., Razavi, F., Rabiei, V. and Gohari, Gh. 2020. Postharvest application of L-cysteine to prevent enzymatic browning of “Stanley” plum fruit during cold storage. Food Processing and Preservation, 20: 47-56.

Sohail, M., Wills, R.B.H., Bowyer, M.C. and Pristijono, P. 2021. Beneficial impact of exogenous arginine, cysteine and methionine on postharvest senescence of broccoli. Food Chemistry, 338: 128055.

Soheila, A.H., John, C.F., Jordan, B. and Thomas, B. 2001. Early signaling components in Ultraviolet-B responses: distinct roles for different reactive oxygen species and nitric oxide. FEBS letters, 489(2-3): 237-242.

Taira, S. 1996. Linskens, H. F. and Jackson, J. F (Eds). Astringency in persimmon. In: "Modern Method of Plant Analysis, Fruit Analysis". (pp. 97-110.) Springer-Verlang, Berlin.

Taira, S., Ono, M. and Matsumoto, N. 1997. Reduction of persimmon astringency by complex formation between pectin and tannin. Postharvest Biology and Technology, 12(3): 265-271.

Wang, Z., Ying, T., Bao, B. and Huang, X. 2005. Characteristics of fruit ripening in tomato mutant epi. Journal of Zhejiang University Science, 6: 502-207

Zhang, Z., Jia, H., Ma, F., Han, P., Liu, X. and Xu, B. 2011. First principle study of cysteine molecule on intrinsic and Au-doped graphene surface as a chemosensor. Journal of Molecular Modeling, 17(4): 649–655.

Zhou, X., Xiao, Y., Meng, X. and Liu, B. 2018. Full inhibition of Whangkeumbae pear polyphenol oxidase enzymatic browning reaction by L-cysteine. Food Chemistry, 266: 1-8.