

مریم سعیدی^۱، سید حسین میردھقان^{۲*}، فاطمہ ناظوری^۳، مجید اسماعیلی زاده^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
- ۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
- ۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
- ۴- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	پسته یکی از محصولات مهم باغبانی است که به دو صورت تر و خشک مصرف میشود. پسته تر به دلیل تنفس زیاد، تولید حرارت و رطوبت بالا بسیار فسادپذیر است و عمر انبارمانی کوتاهی دارد. لذا به منظور بهبود کیفیت و افزایش عمر انبارمانی این محصول آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور تیمار (شاهد، بالشتکهای حاوی کربن فعال ۲ گرمی، کربن فعال ۴ گرمی، کربن فعال ۲ گرمی، کربن فعال ۲ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع، کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع) و زمان انبارمانی (۰، ۲۰ و ۴۵ روز) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار روی پسته تر رقم احمدآقایی صورت گرفت. نتایج نشان داد که شاخصهای ارزیابی شده مؤثر در کیفیت میوه شامل کاهش وزن، سفتی پوست نرم، کلروفیل کل، درخشندگی پوست نرم، تغییرات رنگ کل، فعالیت ضداکسیداسیونی، آنتوسیانین، ترکیبات فنلی پوست و مغز و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز تحت تأثیر تیمارها و دوره انبارمانی قرار گرفت. سفتی پوست نرم، کلروفیل کل، درخشندگی پوست نرم، فعالیت ضداکسیداسیونی، آنتوسیانین و ترکیبات فنلی پوست و مغز میوه طی دوره انبارمانی کاهش یافت اما کاهش وزن، تغییرات رنگ کل و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز افزایش پیدا کرد و تیمارهای اعمال شده سبب حفظ فعالیت ضداکسیداسیونی، میزان آنتوسیانین، ترکیبات فنلی و دیگر پارامترهای مؤثر در کیفیت میوه نسبت به شاهد گردید. در این بین تیمار کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع بیشترین تأثیر را بر حفظ ویژگیهای کمی و کیفی این رقم پسته داشت.
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۰/۰۱	
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۳۱	
کلمات کلیدی:	کاهش وزن، سفتی، فعالیت ضداکسیداسیونی، پلی فنل اکسیداز
DOI: 10.29252/fsct.18.01.11	
* مسئول مکاتبات: mirdehghan@vru.ac.ir	

۱- مقدمه

میوه پسته علاوه بر ارزش اقتصادی سرشار از مواد غذایی ضروری و مفید است. این میوه منبع مناسبی از ویتامین‌های A, B1, B2, B6, E و مواد معدنی مانند آهن، فسفر، روی و همچنین اسیدهای چرب می‌باشد [۱]. بخش عمده اسیدهای چرب میوه پسته به صورت غیراشباع بوده^۱ و همین امر موجب می‌شود که این محصول نسبت به اکسیداسیون لیپیدها، فساد و آلودگی قارچی بسیار مستعد گردد و در نتیجه مدت زمان انبارمانی آن (به ویژه پسته تر) کاهش یابد [۲]. همچنین در فسادپذیری پسته تر و کاهش عمر انبارمانی آن عوامل دیگری از جمله تنفس و تعرق زیاد، تولید اتیلن و اکسید شدن ترکیبات فنلی پوستینز دخالت دارند. طبق اولین بررسی‌های انجام شده میزان تولید اتیلن در پسته پوست نشده رقم 'کرمان' در کالیفرنیا در زمان برداشت ۰/۱ تا ۰/۳ میکرولیتر در کیلوگرم در ساعت بوده و این میزان تولید اتیلن پس از نگهداری پسته تر به مدت ۵ تا ۷ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به میزان ۱۰-۲۰ برابر افزایش پیدا کرده است. در این شرایط میزان تنفس پسته تر، ۱۲۵ میلی‌لیتر دی‌اکسیدکربن در کیلوگرم در ساعت است که این میزان تنفس گرمایی معادل ۱/۳ کیلوژول در کیلوگرم در ساعت تولید خواهد کرد [۳] و در صورت عدم خروج گرمای ایجاد شده، درجه حرارت بالا می‌رود و چون رطوبت نسبی پسته تر بسیار بالا و حدود ۷۰ درصد است [۴] به دنبال آن رطوبت موجود در پوست رویی پسته تر تبخیر شده و این امر موجب بالا رفتن رطوبت محیط و در نتیجه ایجاد شرایط مناسب برای رشد قارچ و از بین رفتن پسته تر خواهد شد. همچنین این شرایط باعث خروج مواد رنگی از سلول‌های آسیب دیده پوست رویی و بد رنگی پوست استخوانی و کاهش کیفیت آن می‌گردد [۵].

اتیلن یکی از هورمون‌های گیاهی مهم است و نقش قابل توجهی در عمر پس از برداشت فرآورده‌های تازه ایفا می‌کند [۶]. غلظت اتیلن در هوا ۰/۱ میکرولیتر بر لیتر است که اغلب به عنوان سطح آستانه برای فعالیت‌های فیزیولوژیکی بیان می‌شود، بنابراین کاهش سطح اتیلن در فضای اطراف محصولات کشاورزی برداشت شده به منظور تأخیر در پیری فرآورده‌های نافرزاگرا و عرسیدگی فرآورده‌های فرازگرا به رسمیت شناخته شده است [۷]. متوقف کردن اثر اتیلن در

میوه‌ها با استفاده از اتمسفر کنترل شده، مواد اکسید کننده و جاذب اتیلن مانند پرمنگنات پتاسیم، کربن فعال و یا مخلوط و انادایوم انجام می‌گیرد [۸]. پرمنگنات پتاسیم اکسید کننده قوی اتیلن است و می‌تواند با اکسید کردن اتیلن آنرا به دی‌اکسیدکربن و آب تبدیل کند [۸]. در بررسی‌های انجام شده روی میوه‌های فرازگرا از جمله موز مشخص گردید که تیمار میوه‌ها با پرمنگنات پتاسیم سبب کاهش میزان اتیلن تولیدی، تأخیر در تنفس، کاهش نرم شدن میوه، کاهش از دست دادن وزن و تجمع مواد جامد محلول در طول دوره انبارمانی شده و به این طریق موجب تأخیر در رسیدگی و افزایش عمر انبارمانی این میوه‌ها می‌گردد [۶]. مطالعات کمتری روی فرآورده‌های نافرزاگرا انجام گرفته است با این وجود مشخص شده که پرمنگنات پتاسیم با جلوگیری از پوسیدگی و فساد میوه توت‌فرنگی باعث افزایش عمر پس از برداشت این فرآورده شده است [۹].

کربن فعال به محدوده وسیعی از مواد بی‌شکل با پایه کربنی گفته می‌شود که همگی دارای تخلخل بالا و سطح آزاد بین ذره‌ای زیاد می‌باشند. کربن فعال می‌تواند در جاذب‌ها، پایه کاتالیست‌ها و جذب آلاینده‌ها مورد استفاده قرارگیرد [۱۰ و ۱۱]. کربن فعال شده به صورت گرانوله، پودر یا رشته وجود دارد، که نوع گرانوله‌ای آن به دلیل بازایی آسان‌تر و تنوع آن بیشتر مورد توجه و استفاده قرار می‌گیرد [۱۲]. در بررسی انجام شده روی میوه گواوا نشان داده شد که تیمار میوه‌ها با پرمنگنات پتاسیم و کربن فعال سبب کاهش وزن و فساد کمتر و همچنین افزایش میزان ویتامین C، سفتی و رنگ میوه‌ها نسبت به میوه‌های شاهد در پایان دوره انبارمانی گردید [۱۳]. در بررسی دیگری روی میوه گوجه‌فرنگی مشخص شد که تیمار میوه‌ها با کربن فعال گرانوله میزان کاهش وزن میوه و تکامل رنگ را کاهش داده و فرایند نرم شدن میوه را به تأخیر انداخته است [۱۴]. با توجه به اینکه مواد جاذب و اکسید کننده اتیلن نقش مهمی در کاهش تنفس و تولید اتیلن، کاهش از دست دهی رطوبت و حفظ وزن میوه، حفظ استحکام بافت و همچنین کاهش پوسیدگی فرآورده‌های تازه ایفا می‌کنند این آزمایش طراحی شد تا اثرهای تلفیقی کربن فعال و پرمنگنات پتاسیم بر حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی و در نهایت بهبود عمر انبارمانی و بازارپسندی پسته تر مورد بررسی قرار گیرد.

1. Unsaturated fatty acid

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- نحوه اجرای آزمایش

نمونه‌برداری اواخر شهریور ماه ۱۳۹۶، هنگام صبح از درختان ۱۵ ساله رقم احمدآقایی پیوند شده روی پایه بادامی زرد موجود در یک باغ تجاری با فواصل کشت بین درختان در هر ردیف ۲-۱ متر و فواصل کشت بین هر ردیف ۴-۵ متر، در حوالی شهرستان رفسنجان و در مرحله بلوغ تجاری میوه، زمانی که ۷۰-۸۰ درصد پوست روئی از پوست استخوانی به راحتی جدا می‌شد و پوست سبز میوه به رنگ کرم، صورتی و قرمز تغییر رنگ داده بود، به صورت تصادفی از تمام سطح باغ و از تمامی جهات هر درخت به فاصله ۱/۵ متر از سطح زمین صورت گرفت. نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شده و پس از آن نمونه‌های پسته سالم و یکنواخت از پسته‌های نارس و صدمه دیده به منظور اعمال تیمار جدا شدند. سپس حدود ۲۰۰ گرم از هر نمونه (معادل ۴۰-۵۰ دانه پسته تر) درون ظروف پلی‌اتیلنی قرار داده شده و به وسیله بالشتک‌های حاوی کربن فعال گرانوله (پسته‌های ۲ و ۴ گرمی) و کربن فعال آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع (پسته‌های ۲ و ۴ گرمی) تیمار و ظروف بسته‌بندی با نایلون LDPE^۱ پوشانده شدند. در این آزمایش از نمونه‌های بدون تیمار به عنوان شاهد استفاده گردید. بالشتک‌های حاوی مواد فوق دور از تماس مستقیم با نمونه‌ها و در قسمت خارجی ظروف محتوی میوه‌ها در کناره دیواره عرضی ظروف قرار داده شد. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی کامل و توزین در سردخانه با دمای 2 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 85 ± 5 درصد به فواصل زمانی ۲۰ و ۴۵ روز قرار داده شدند. این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور تیمار و زمان انبارمانی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید.

۲-۲- میزان کاهش وزن

برای اندازه‌گیری میزان کاهش وزن، پسته‌های تر در ابتدا و انتهای مدت زمان مشخص انبارمانی توزین و با استفاده از رابطه‌ی زیر درصد کاهش وزن آن‌ها تعیین گردید [۱۵].

$$100 \times \text{وزن اولیه} / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{کاهش وزن (\%)}$$

۲-۳- سفتی پوست

سفتی پوست نرم رویی با استفاده از دستگاه سفتی سنج مدل Lutron FG5020 ساخت کشور تایوان اندازه‌گیری شد.

بدین منظور پروب مسطح با قطر ۷/۸ میلی‌متر را به دستگاه متصل و پس از قرار دادن میوه زیر آن، به اندازه مورد نظر فشار وارد کرده تا اولین تماس بین پوست نرم پسته و پروب دستگاه برقرار شود. پس از آن اهرم دستگاه را به میزان ۳۶۰ درجه چرخانده و مقاومت بافت به تغییر شکل ایجاد شده قرائت گردید. در این اندازه‌گیری، میانگین میزان سفتی ۱۰ عدد پسته از هر تکرار برحسب واحد کیلوگرم نیرو بیان شد [۱۶].

۲-۴- شاخص‌های رنگ پوست نرم

به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ پوست نرم با استفاده از دستگاه کروماتر مدل Konica Minolta CR 400 ساخت کشور ژاپن، رنگ سه قسمت از سطح ۱۰ میوه از هر تکرار قرائت گردید. در نهایت تغییرات کلی رنگ از زمان برداشت تا پایان دوره انبارمانی که به صورت ΔE نشان داده می‌شود با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید [۱۷].

(تغییرات رنگ کل)

$$\Delta E = [(L_t - L_0)^2 + (a_t - a_0)^2 + (b_t - b_0)^2]^{1/2}$$

L_t ، a_t و b_t بیانگر شاخص‌های رنگ پوست میوه در زمان‌های مختلف و L_0 ، a_0 و b_0 مقادیر اولیه می‌باشند.

۲-۵- کلروفیل کل

عصاره‌گیری از مغز میوه جهت قرائت غلظت کلروفیل کل با استفاده از استون ۸۰٪ انجام گرفت. سپس میزان جذب محلول رویی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80 UV/IS Spectrometer PG Instruments Ltd ساخت کشور انگلستان در طول موج نانومتر قرائت شد. در نهایت غلظت کلروفیل کل بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر بیان گردید [۱۸].

۲-۶- ترکیبات فنلی کل مغز و پوست

غلظت ترکیبات فنلی بر حسب روش سینگلتون و همکاران با اندکی تغییر تعیین گردید. عصاره‌گیری از بافت مورد نظر با متانول ۸۰ درصد انجام گرفت. سپس ۰/۲۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل + ۰/۲۵ میلی‌لیتر محلول Folin-Ciocalteu + ۲ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و پس از ۳ دقیقه نگهداری در دمای اتاق، ۰/۲۵ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم اشباع به آن اضافه کرده و ترکیب حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۳۷ درجه سلسیوس قرار داده شد. میزان جذب با استفاده

1. Low Density Polyethylene

استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T60 UV/VIS Spectrophotometer PG Instruments ساخت کشور انگلستان در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت و میزان اختلاف جذب نمونه رقیق شده بر حسب واحد میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان گردید [۲۱].

۹-۲- فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز عصاره‌گیری از پوست نرم پسته تازه بر اساس روش شرح داده شده توسط کوشش صبا و همکاران با استفاده از بافر استخراج (بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار با pH=۷ + PVP ۶ درصد + EDTA ۱ میلی‌مولار) انجام گرفت. سپس ۲۰۰ میکرولیتر عصاره + ۲۱۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سنجش ۱۰۰ میلی‌مولار (۱۳/۶۸) گرم KH_2PO_4 در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۷/۴۱۸ گرم K_2HPO_4 در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) + ۲۰۰ میکرولیتر پیروگال ۰/۰۲ مولار به کوئت اضافه کرده و فعالیت آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T80 UV/VIS Spectrophotometer PG Instruments Ltd ساخت کشور انگلستان در طول موج ۴۲۰nm و در زمان ۳ دقیقه قرائت گردید. در نهایت میزان فعالیت آنزیم بر حسب میکرومول در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان گردید [۲۲].

۱۰-۲- آنالیز آماری

در پایان آزمایش تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD محاسبه گردید. رسم نمودارها نیز به وسیله نرم افزار اکسل صورت پذیرفت.

۳- نتایج

۱-۳- کاهش وزن

نتایج نشان داد که وزن میوه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر پرمنگنات پتاسیم، کربن فعال، زمان انبارمانی و برهمکنش بین آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش زمان انبارمانی میزان کاهش وزن میوه افزایش پیدا کرد و تیمارهای اعمال شده

از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T60 UV/VI Spectrometer PG Instrument ساخت کشور انگلستان در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید. گالیک اسید به‌عنوان استاندارد مرجع استفاده شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر بیان گردید [۱۹].

۷-۲- فعالیت ضد اکسیداسیونی

میزان فعالیت ضد اکسیداسیونی نمونه‌ها با استفاده از فعالیت رادیکال DPPH و بر اساس روش شرح داده شده توسط گیل و همکاران با اندکی تغییر تعیین گردید. عصاره‌گیری از مغز پسته تر با متانول ۸۰٪ انجام گرفت. سپس ۹۰۰ میکرولیتر از DPPH استوک ساخته شده (DPPH با غلظت ۱۵ میکرولیتر در لیتر اتانول) + ۱۰۰ میکرولیتر عصاره را داخل لوله آزمایش ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده و میزان جذب آن در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل T60 UV/ VIS Spectrophotometer PG Instruments ساخت کشور انگلستان قرائت گردید و در نهایت درصد مهار رادیکال DPPH با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد [۲۰].

$$I(\%) = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100$$

(A_0 جذب کنترل حاوی تمام اجزای واکنشگر بدون نمونه) و A_1 جذب نمونه می‌باشد.

۸-۲- آنتوسیانین

میزان آنتوسیانین کل پوست رویی مغز پسته با استفاده از روش تفاوت pH اندازه‌گیری شد. عصاره‌گیری با استفاده از متانول اسیدی ۸۰٪ انجام گرفت. سپس ۱ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده با متانول اسیدی + ۵ میلی‌لیتر از بافر با pH=۱ (۴۹/۱) گرم کلرید پتاسیم، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب واسید کلریدریک ۲ نرمال) را داخل لوله آزمایش ریخته و ورتکس صورت گرفت. ۱ میلی‌لیتر دیگر از عصاره + ۵ میلی‌لیتر از بافر با pH=۴/۵ (۶۱/۴) گرم استات سدیم + ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) داخل لوله آزمایش دیگر ریخته و ورتکس شد. سپس میزان جذب با

پتاسیم اشباع و بیشترین میزان کاهش وزن در تیمار شاهد مشاهده شد (نمودار ۱).

سبب حفظ وزن میوه گردید. کمترین میزان کاهش وزن در بین تیمارها مربوط به کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات

Table 1 Analysis of variance the influence of activated carbon and potassium permanganate on Weight loss, Hull firmness, Total chlorophyll and Kernel antioxidant activity of pistachio fruit during storage.

Source of variation	df	Means squares			
		Weight loss	Hull firmness	Total chlorophyll	Kernel antioxidant activity
Block	1	0.27	0.016	0.000007	0.29
Treatment (T)	4	1.17 **	2.97 **	0.0006 **	543.4 **
Storage time (S)	1	4.43 **	1.32 **	0.0014 **	870.30 **
T × S	4	0.25 **	0.034 ^{ns}	0.000001 ^{ns}	1.02 ^{ns}
Error	29	0.67	0.061	0.00001	1.04
Cv (%)		15.44	8.98	12.40	1.87

** significant ($P \leq 0.01$), * -significant ($P \leq 0.05$) and ns- not significant

در بین تیمارها در حفظ سفتی پوست میوه داشت (نمودار ۲).

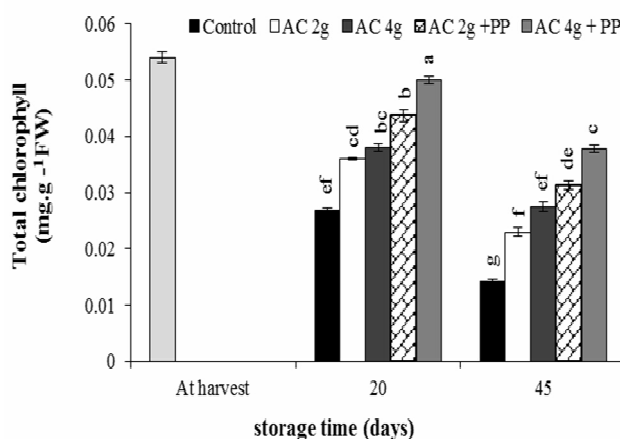


Fig 2 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on hull firmness of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

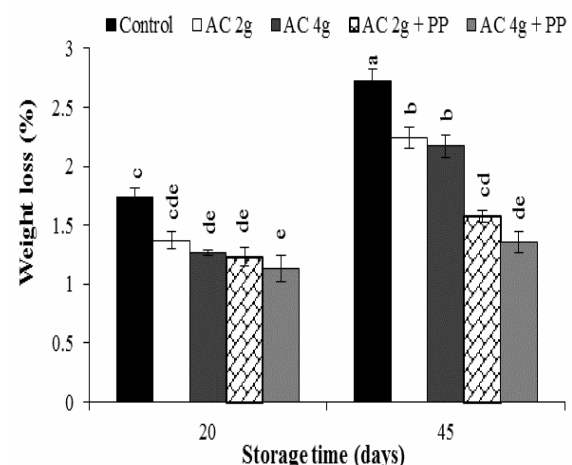


Fig 1 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on weight loss of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

۳-۲- سفتی پوست

اثر تیمارهای پرمنگنات پتاسیم، کربن فعال و زمان انبارمانی بر میزان کلروفیل کل معنی دار گردید (جدول ۱). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان کلروفیل کل کاهش پیدا کرد و تیمارهای اعمال شده سبب حفظ میزان کلروفیل کل طی دوره انبارمانی گردید. در بین تیمارها کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع بیشترین تأثیر را بر حفظ میزان کلروفیل کل داشت (نمودار ۳).

سفتی پوست میوه طی دوره انبارمانی تحت تأثیر تیمارهای پرمنگنات پتاسیم و کربن فعال قرار گرفت (جدول ۱). با افزایش مدت زمان انبارمانی سفتی پوست میوه کاهش پیدا کرد و تیمار نمونه‌ها سبب حفظ سفتی پوست گردید. هر چند که در پایان دوره انبارمانی تفاوت معنی داری در میزان سفتی پوست بین تیمارهای کربن فعال ۲ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع و کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع مشاهده نگردید با این وجود این تیمار بیشترین تأثیر را

۳-۵- آنتوسیانین

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر تیمارها و زمان انبارمانی بر میزان آنتوسیانین پوست روی مغز پسته تر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان آنتوسیانین کاهش پیدا کرد و اعمال تیمارها سبب حفظ میزان آنتوسیانین طی دوره انبارمانی گردید. در بین تیمارها کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع بیشترین تأثیر را در حفظ میزان آنتوسیانین داشت (نمودار ۵).

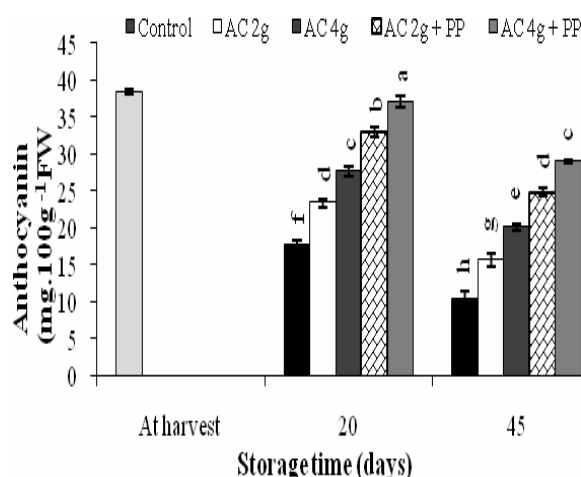


Fig 5 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on hull anthocyanin of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

۳-۶- ترکیبات فنلی

۳-۶-۱- ترکیبات فنلی مغز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر پرمنگنات پتاسیم، کربن فعال و زمان انبارمانی بر میزان ترکیبات فنلی مغز پسته معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان ترکیبات فنلی مغز کاهش پیدا کرد. همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای کربن فعال و پرمنگنات پتاسیم سبب حفظ ترکیبات فنلی مغز طی دوره انبارمانی گردید.

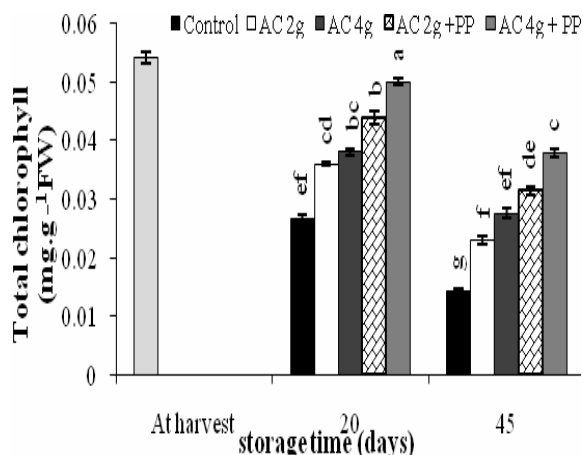


Fig 3 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on total chlorophyll of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

۳-۴- فعالیت ضد اکسیداسیونی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که میزان فعالیت ضد اکسیداسیونی پسته تر تحت تأثیر تیمارهای کربن فعال و پرمنگنات پتاسیم قرار گرفت. مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان فعالیت ضد اکسیداسیونی پسته تر کاهش پیدا کرد. همچنین نتایج نشان داد که تیمارهای کربن فعال و پرمنگنات پتاسیم سبب حفظ فعالیت ضد اکسیداسیونی در طول دوره انبار گردید. بیشترین میزان ترکیبات ضد اکسیداسیونی در تیمار کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع و کمترین آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (نمودار ۴).

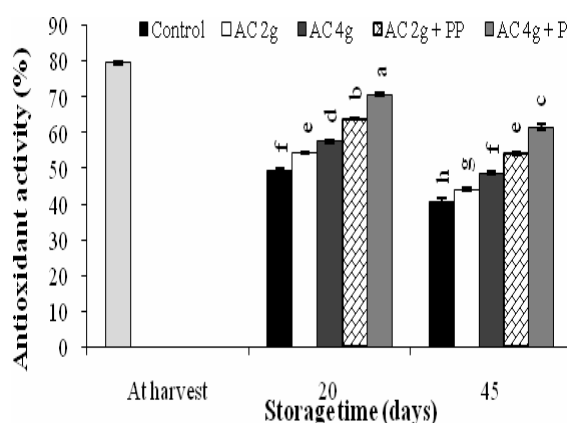


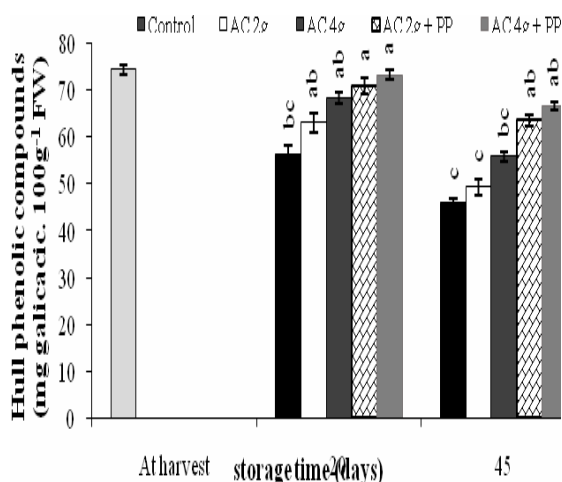
Fig 4 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on antioxidant activity of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

Table 2 Analysis of variance the influence of activated carbon and potassium permanganate on Hull anthocyanin, Kernel phenolic compound, Hull phenolic compound and PPO activity of pistachio fruit during storage.

Means squares				df	Sorce of variation
PPO activity	Hull phenolic compounds	Kernel phenolic compounds	Hull anthocyanin		
0.013	26.99	0.34	0.46	1	Block
51.67 **	479.58 **	392.42 *	443.88 **	4	Treatment (T)
261.06 **	1018.484 **	612.07 *	603.65 **	1	Storage time (S)
0.92 ^{ns}	18.74 ^{ns}	31.71 ^{ns}	0.27 ^{ns}	4	T × S
0.97	80.26	127.86	1.87	29	Error
7.46	14.62	19.15	5.59		Cv (%)

** significant ($P \leq 0.01$), *-significant ($P \leq 0.05$) and ns- not significant

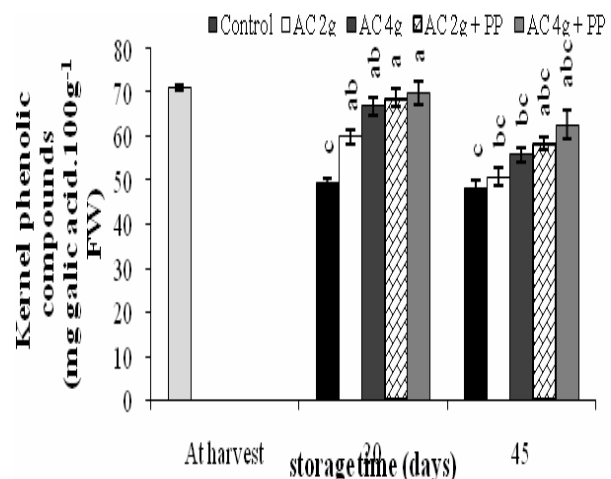
گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع بیشترین تأثیر را در حفظ ترکیبات فنلی پوست طی دوره انبار داشت (نمودار ۷).

**Fig 7** Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on hull phenolic compounds of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

۷-۳- فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز

فعالیت آنزیم PPO به طور معنی داری تحت تأثیر پرمنگنات پتاسیم، کربن فعال و زمان انبارمانی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان فعالیت آنزیم PPO افزایش پیدا کرده است. در بین تیمارها کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع بیشترین تأثیر را بر میزان کاهش فعالیت این آنزیم داشته است (نمودار ۸).

بیشترین میزان ترکیبات فنلی مغز در تیمار کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم اشباع و کمترین میزان آن در تیمار شاهد مشاهده گردید (نمودار ۶).

**Fig 6** Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on kernel phenolic compounds of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.05$ (LSD).

۲-۶-۳ ترکیبات فنلی پوست

ترکیبات فنلی پوست به طور معنی داری تحت تأثیر پرمنگنات پتاسیم، کربن فعال و زمان انبارمانی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان ترکیبات فنلی پوست کاهش پیدا کرد و تیمارهای اعمال شده سبب حفظ ترکیبات فنلی پوست طی دوره انبارگردید. همچنین نتایج نشان داد که تیمار کربن فعال ۴

تیمار کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات از کمترین میزان تغییرات رنگ کل در پایان دوره انبارمانی برخوردار بودند (نمودار ۱۰).

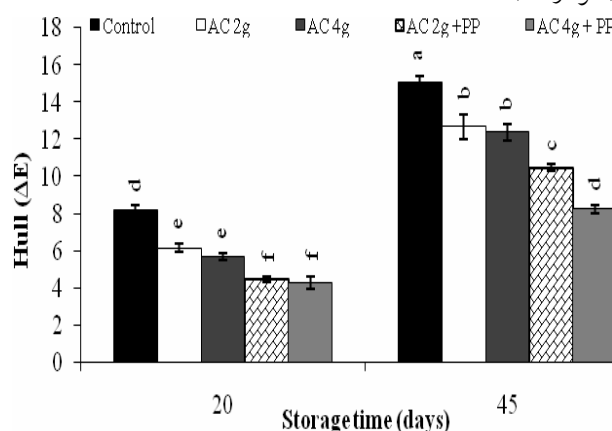


Fig 10 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on hull (ΔE) of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

۴- بحث

کاهش وزن میوه‌ها طی دوره انبارمانی اغلب به دلیل تنفس، تعرق و فعالیت‌های متابولیکی صورت می‌گیرد [۲۳]. بررسی‌ها نشان داده است که پرمنگنات پتاسیم با اکسیداسیون اتیلن به آب و دی‌اکسیدکربن و کاهش سرعت تنفس در موز [۶] و افزایش استحکام بافت میوه در کیوی [۲۴] سبب کاهش میزان از دست دادن آب و حفظ رطوبت میوه می‌شود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. کربن فعال نیز با جذب اتیلن، کاهش تراوشات غشای سلول، افزایش استحکام بافت میوه در گوجه‌فرنگی [۱۴ و ۲۵] و کاهش تنفس در میوه گواوا [۱۳] سبب کاهش میزان از دست دادن آب و حفظ وزن میوه شده است.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش تیمارهای پرمنگنات پتاسیم و کربن فعال سبب حفظ سفتی پوست میوه طی دوره انبارمانی گردید. پرمنگنات پتاسیم با جذب کردن مقادیر بالایی از اتیلن و به دنبال آن کاهش فعالیت یا فعال شدن دیر هنگام آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین و نشاسته سبب حفظ تراوایی بیشتر ساختارهای فسفولیپیدی غشاء شده و به یکپارچگی بیشتر بافت و حفظ استحکام آن کمک می‌کند [۲۶]. همچنین در بررسی‌های انجام شده مشخص گردید که کربن فعال با جذب اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات

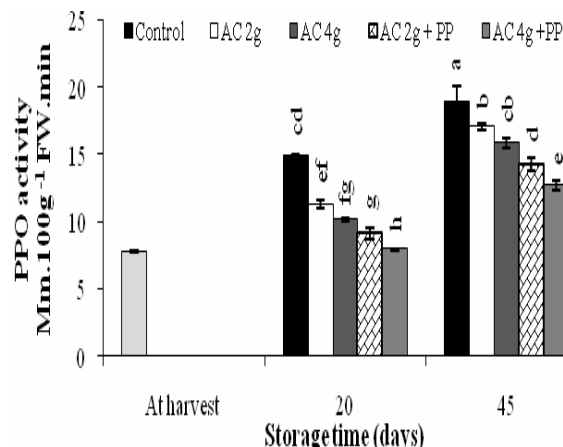


Fig 8 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on PPO activity of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

۳-۸- شاخص‌های رنگ پوست نرم

۳-۸-۱- درخشندگی (L^*) پوست نرم

مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان درخشندگی پوست نرم کاهش پیدا کرد و اعمال تیمارها سبب حفظ میزان درخشندگی پوست نرم طی دوره انبارمانی گردید. در این بین تیمار کربن فعال ۴ گرمی آغشته به پرمنگنات پتاسیم بیشترین تأثیر را بر میزان درخشندگی پوست نرم پسته تر داشت (نمودار ۹).

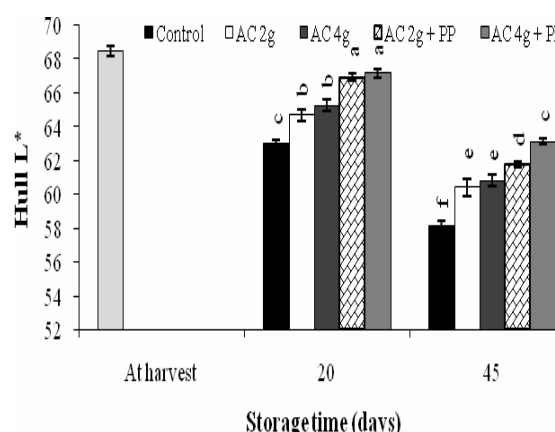


Fig 9 Interaction of storage time, activated carbon (AC) and potassium permanganate (PP) on hull L^* of pistachio fruit. Bar represents standard error. Columns with different letters are significantly different at $P \leq 0.01$ (LSD).

۳-۸-۲- تغییرات رنگ کل (ΔE) پوست نرم

مقایسه میانگین بین تیمارها نشان داد که با افزایش زمان انبارمانی میزان تغییرات رنگ کل پوست نرم افزایش پیدا کرد. در بین تیمارها شاهد از بیشترین میزان تغییرات رنگ کل و

دیواره سلول سبب افزایش استحکام بافت میوه در گوجه‌فرنگی [۱۴] و گؤآوا [۱۳] طی دوره انبارمانی شده است.

پژوهشگران با بررسی میوه انبه [۲۷] و کیوی [۲۸] گزارش کردند که تیمار پس از برداشت میوه‌ها با پرمنگنات پتاسیم سبب جذب اتیلن و کاهش فعالیت آنزیم تخریب‌کننده کلروفیل (کلروفیل‌از) شده و بدین طریق رنگدانه کلروفیل حفظ شده است. از طرف دیگر توانایی کربن فعال در حفظ رنگدانه کلروفیل را نیز می‌توان به جذب اتیلن توسط کربن فعال و ممانعت از فعالیت آنزیم تخریب‌کننده کلروفیل (کلروفیل‌از) نسبت داد.

طبق نتایج این پژوهش افزایش مدت زمان انبارمانی سبب کاهش میزان ترکیبات فنلی، آنتوسیانین و میزان فعالیت ضداکسیداسیونی شده است. ژانگ^۱ و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش کردند که طی زمان انبارمانی افزایش تنفس و همچنین سنتز اتیلن در گوجه‌فرنگی موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات فنلی و همچنین کاهش میزان آنتوسیانین می‌گردد. بنابراین حفظ میزان آنتوسیانین توسط تیمارهای کربن فعال و پرمنگنات پتاسیم را می‌توان به نقش آن‌ها در جذب اتیلن و کاهش سرعت تنفس نسبت داد. از آنجایی که ترکیبات فنلی، آنتوسیانین‌ها و حتی کلروفیل به عنوان ترکیبات ضداکسیداسیونی در بافت گیاه عمل می‌کنند کاهش فعالیت ضداکسیداسیونی در شرایط انبار ممکن است به دلیل کاهش ترکیبات فنلی، آنتوسیانین و کلروفیل باشد.

طبق بررسی‌های انجام شده فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز تحت تأثیر میزان تنفس، غلظت عناصر غذایی، استحکام بافت میوه، pH و فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها قرار می‌گیرد [۳۰]. بنابراین افزایش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز طی دوره انبارمانی می‌تواند ناشی از افزایش تنفس، افزایش میزان نرم‌شدگی و کاهش استحکام بافت و همچنین کاهش میزان فعالیت ضداکسیداسیونی باشد. بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش و پژوهش‌های دیگر پرمنگنات پتاسیم و کربن فعال با کاهش تنفس و سنتز اتیلن [۶]، کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلول و افزایش استحکام بافت میوه [۱۳ و ۱۴] کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده کلروفیل و افزایش آنتوسیانین‌ها [۲۸ و ۳۱] سبب کاهش فعالیت آنزیم

پلی‌فنل‌اکسیداز و در نهایت کاهش قهوه‌ای شدن بافت میوه طی دوره انبارمانی می‌شوند.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش کاربرد جاذب‌های اتیلن (کربن فعال و پرمنگنات پتاسیم) سبب حفظ شاخص درخشندگی و کاهش تغییرات رنگ کل پوست نرم پسته تر طی دوره انبارمانی گردید که با نتایج پژوهش‌های دیگر روی گوجه‌فرنگی [۱۴]، گؤآوا [۱۳] و پاپایا [۳۲] مطابقت دارد. با در نظر گرفتن نتایج این پژوهش و پژوهش‌های دیگر می‌توان گفت که کربن فعال و پرمنگنات پتاسیم با جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده ترکیبات دیواره سلول سبب حفظ استحکام و پایداری غشاء سلول [۱۴ و ۱۳]، کاهش میزان از دست‌دهی آب و رنگیزه‌ها [۳۱ و ۲۸] و همچنین کاهش تغییرات ترکیبات فنلی و کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز که از عوامل اصلی قهوه‌ای شدن و تغییر رنگ بافت می‌باشند شده و بدین طریق باعث حفظ شاخص‌های رنگ و کاهش تغییرات رنگ کل طی دوره انبارمانی گردیده‌اند.

۵- نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد پرمنگنات پتاسیم و کربن فعال از طریق حفظ فعالیت ضداکسیداسیونی، ترکیبات فنلی پوست و مغز، آنتوسیانین و کلروفیل و تأخیر در فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز سبب حفظ کیفیت میوه در شرایط انبار گردید. همچنین نتایج نشان داد که کاربرد توأم پرمنگنات پتاسیم و کربن فعال تأثیر بیشتری در حفظ کیفیت و بهبود عمرانبارمانی پسته تر داشته است.

۶- منابع

- [1] Okay Y. 2002. The comparison of some pistachio cultivars regarding their fat, fatty acids and protein content. *Gartenbauwissenschaft*. 67: 107-113.
- [2] Tavakolipour, H. 2015. Postharvest operations of pistachio nuts. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1124-1130.
- [3] Kader, A. A., J. M. Labivitch, F.G. Mitchel and N.F. Sommer. 1980. Quality and safety of pistachio nuts as influenced by postharvest handling procedure. *The pistachio Association Annual Report*, P: 45-56.

- Martinez-Romero, D. 2013. Use of a palladium catalyst to improve the capacity of activated carbon to absorb ethylene, and its effect on tomato ripening. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5: 579-586.
- [15] Gao, P., Zhu, Z. and Zhang, P. 2013. Effects of chitosan-glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes. *Carbohydrate polymers*, 95: 371-378.
- [16] Khanamani, Z. 2013. The effect of pre and postharvest application of polyamines and heat treatment on quality and shelf life of fresh pistachio nut cvs Fandoghi and Kalleh Ghochy. Masters thesis, Faculty of Agriculture, Vali-E-Asr University of Rafsanjan.
- [17] Alikhani - Koupaei, M., Mazlumzadeh, M., Sharifani, M. and Adibian, M. 2014. Enhancing stability of essential oils by microencapsulation for preservation of button mushroom during postharvest. *Food Science and Nutrition*, 2: 526-533.
- [18] Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24: 1-15.
- [19] Singleton, V. L., Ortofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- [20] Gil, M. I., Tomas-Barberan, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M. and Kader, A. A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4581-4589.
- [21] Rapisarda P, Fanella F, Maccarone E. 2000. Reliability of analytical methods for determining anthocyanins in blood orange juices. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 48: 249-252.
- [22] Kousheshsaba, M., Arzani, K. and Barzegar, M. 2012. Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60: 8947-8953.
- [23] Martinez-Romero, D., Albuquerque, N., Valverde, J. M., Guillen, F., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M. 2006. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by Aloe Vera treatment: a new
- [4] Perason, T. C. 1987. Separating early split from normal pistachio nuts for removal of nuts contaminated of the tree with aflatoxin. Thesis, submitted for the degree of Master of Science of the University of the California. Davis.
- [5] Esmailpour, A., H. Dehghani and F Mirdamadiha. 2000. Effects of delay on harvesting and processing time on aflatoxin rate in pistachio. *Proceeding of the 14th Iranian Plant Protection Congress*, Isfahan, Iran. P.129.
- [6] Elamin, M. A. and Abu-Goukh, A. B. A. 2009. Effect of polyethylene film lining and potassium permanganate on quality and shelf-life of banana fruits. *Gezira Journal of Agricultural Science*, 7: 1-49.
- [7] Wills, R. B. H. and Warton, M. A. 2004. Efficacy of potassium permanganate impregnated into alumina beads to reduce atmospheric ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129: 433-438.
- [8] Valero, D. and Serrano, M. 2010. *Postharvest biology and technology for preserving fruit quality*. CRC Press. 287 pages.
- [9] Wills, R. B. H. and Kim, G. H. 1995. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. *Postharvest Biology and Technology*, 6: 249-255.
- [10] Bansal, R.C. and Goyal, M. 2005. *Activated carbon adsorption*. CRC press.
- [11] Liou, T.H. 2010. Development of mesoporous structure and high adsorption capacity of biomass-based activated carbon by phosphoric acid and zinc chloride activation. *Chemical Engineering Journal*, 158: 129-142.
- [12] Ahmedna, M., Marshall, W. E. and Rao, R. M. 2000. Production of granular activated carbons from select agricultural by products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. *Bioresource Technology*, 71: 113-123.
- [13] El-Anany, A. M. and Hassan, G. F. A. 2013. Impact of activated carbon from date pits, potassium permanganate and their combination on extending the postharvest quality of three maturity stages of guava during cold storage. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 3: 403-425.
- [14] Bailen, G., Guillen, F., Castillo, S., Zapata, P. J., Serrano, M., Valero, D. and

- kiwifruit. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 16: 576-584.
- [29] Zhang, Y., Butelli, E., De Stefano, R., Schoonbeek, H. J., Magusin, A., Pagliarini, C., Wellner, N., Hill, L., Orzaez, D., Granell, A. and Jones, J. D. 2013. Anthocyanins double the shelf life of tomatoes by delaying overripening and reducing susceptibility to gray mold. *Current Biology*, 23: 1094.
- [30] Ding, C. K., Chachin, K., Ueda, Y. and Wang, C.Y. 2002. Inhibition of loquat enzymatic browning by sulfhydryl compounds. *Food Chemistry*, 76: 213-218.
- [31] Silva, F. C., Ribeiro, W. S., Franca, C. M., Araujo, F. F. and Finger, F. L. 2013, June. Action of potassium permanganate on the shelf-life of Cucumisanguria fruit. In XI International Controlled and Modified Atmosphere Research Conference, 1071: 105-111.
- [32] Correa, S. F., Da Silva, M.G., Oliveira, J. G., Aroucha, E. M. M., Silva, R. F., Pereira, M. G. and Vargas, H. 2005, June. Effect of the potassium permanganate during papaya fruit ripening: Ethylene production. In *Journal de Physique IV France*. EDP sciences, 125: 869-871.
- edible coating. *Postharvest Biology and Technology*, 39: 93-100.
- [24] Ramin, A. A., Rezaei, A. and Shams, M., 2009, April. Potassium Permanganates and Short Term Hypobaric Enhances Shelf-Life of Kiwifruits. In VI International Postharvest Symposium, 877: 849-852.
- [25] Taechutrakul, S., Netpradit, S. and Tanprasert, K. 2008, August. Development of recycled paper-based ethylene scavenging packages for tomatoes. In Asia Pacific Symposium on Assuring Quality and Safety of Agricultural Foods 837: 365-370.
- [26] Prasanna, V., Prabha, T. N. and Tharanathan, R. N., 2007. Fruit ripening phenomena—an overview. *Critical reviews in food science and nutrition*, 47: 1-19.
- [27] Azad, M. I., Mortuza, M. G., Nahar, N. A., Huq, S. and Alam, M. A. 2008. Effect of Potassium Permanganate on Physico-Chemical Changes and Shelf Life of Mango (*Mangifera indica* L.). *The Agriculturists*, 6: 54-59.
- [28] Bal, E. and Celik, S. 2010. The effects of postharvest treatments of salicylic acid and potassium permanganate on the storage of



Scientific Research

Effect of activated carbon and potassium permanganate on improving the storage characteristics and maintaining the quality of pistachio cv 'Ahmad Aghaei'

Saeedi, M. ¹, Mirdehghan, S. H. ^{2*}, Nazoori, F. ³, Esmailizadeh, M. ⁴

1. Graduate student of Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran
2. Professor of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Valiasr University of Rafsanjan, Iran
3. Assistant Professor of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Valiasr University of Rafsanjan, Iran
4. Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received 22 December 2018 Accepted 21 September 2020 Keywords: Weight loss, Firmness, Antioxidant activity, Polyphenol oxidase. DOI: 10.29252/fsct.18.01.11 *Corresponding Author E-Mail: mirdehghan@vru.ac.ir	Pistachio is one of the most important horticultural produce is used both in dry and fresh form. The fresh pistachio is very perishable due to its high respiration, heat production and moisture resulting to short shelf life. Therefore, in order to maintain quality and improve the shelf life of this produce, a factorial experiment with two treatment factors (control, 2 g activated carbon sachets, 4 g activated carbon, 2 g activated carbon impregnated with potassium permanganate saturation, 4 g activated carbon impregnated with potassium permanganate Saturation) and storage time (0, 20 and 45 days) was designed in a complete block with four replications on pistachio cultivar Ahmad Ahaghei. The results showed that different indices of evaluated fruit quality including weight loss, hull firmness, total chlorophyll, lightness, total color changes, antioxidant activity, anthocyanin, hull and kernel phenolic compounds and PPO activity was affected by the treatments. hull firmness, total chlorophyll, lightness, antioxidant activity, anthocyanin, phenolic compounds decreased during storage time but weight loss, total color changes, and PPO activity increased then control and treatments maintained these traits. Among the treatments 4 g activated carbon impregnated with potassium permanganate had the most effective on maintaining the quantitative and qualitative characteristics of this pistachio cultivar.