Archive of SID

تاثیر تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو زئولیت‌های حاوی پرمنگنات پتاسیم بر حفظ کیفیت و افزایش عمرانبارمانی کلم براکلی رقم ایتالیکا پلنک

فرزاد آزاد شهرکی[1*]، امیر حسن اسعدیان[2]

۱- عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۰٤ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۲۳)

چکیده

در این پژوهش تاثیر تیمار اسیدسالیسیلیک در ۲ سطح (صفر و ۲ میلی‌مول در لیتر) و نانو زئولیت حاوی پرمنگنات پتاسیم در ۲ سطح (صفر و ۱۰ گرم) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و عمر انباری گلچه‌های کلم براکلی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها در سردخانه در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد به مدت ۲٤ روز نگهداری شدند. نمونه‌ها در روز قبل از انباری و در طول دوره نگهداری با فاصله ٤ روز از سردخانه خارج شده و به منظور ایجاد حالت مشابه در خرده فروشی‌ها به مدت ۲٤ ساعت در دمای اتاق قرار گرفته و سپس از نظر فاکتورهای مختلف کیفی و کمی نظیر کاهش وزن، کیفیت ظاهری، اتیلن، مواد جامد محلول کل، اسید قابل تیتراسیون، ویتامین‌ث، رنگ ظاهری، کلروفیل، کارتنوئید، فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تیمار اسیدسالیسیلیک و نانو زئولیت حاوی پرمنگنات پتاسیم و تیمار توام نانو زئولیت حاوی پرمنگنات پتاسیم و اسیدسالیسیلیک، تاثیر معنی‌داری در حفظ کیفیت ظاهری و خصوصیات کمی و کیفی نسبت به گلچه‌های شاهد داشتند. همچنین تیمار توام نانو جاذب اتیلن و اسید سالیسیلیک بهترین اثر را در حفظ کیفیت ظاهری، جلوگیری از تخریب کلروفیل و ممانعت از زردی و پیری گلچه‌ها و حفظ مواد فراسودمند نشان داد.

کلید واژگان: ویتامین‌ث، رنگ سطحی، کلروفیل، تولید اتیلن

* مسئول مکاتبات: farzad_shahrakiazad@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

کلم براکلی سبزی گل‌آذینی بوده و بخش خوراکی آن را جوانه‌های زایشی تشکیل می‌دهد. این جوانه‌ها از ارزش غذایی بالایی برخوردار بوده و سرشار از کلسیم، آهن، پتاسیم و ویتامین‌های A و E می‌باشند. گلچه‌های تازه کلم براکلی به دلیل محتوای کالری پایین، فیبرهای خوراکی زیاد، اسید آسکوربیک فراوان و ترکیبات ضدسرطان متعدد شامل انواع فیتوکمیکال‌ها مانند گلوکوزینولات‌ها، ایزوتیوسیانات‌ها، آنتی-اکسیدان‌ها و فلاونوئیدها مشهور می‌باشند [۱و ۲]. گلوکوزینولات‌ها و ایزوتیوسیانات‌ها به عنوان ترکیبات اولیه‌ای هستند که به دلیل وجودشان، کلم براکلی جز خوراکی‌های فراسودمند قرار می‌گیرد. غذاهای فراسودمند استانداردهای مورد نیاز سلامتی را بیشتر از خوراکی‌های معمولی فراهم می-کنند و با تاثیری که بر سیستم‌های فعال بدن می‌گذارند از بروز بیماری‌های مهم مربوط به قلب و عروق و صدمات سلولی جلوگیری می‌کنند و در نتیجه از پیشرفت بیماری‌های خطرناکی مانند سرطان می‌کاهند [۳]. گلچه‌های براکلی هنگامی برداشت می‌شوند که گلچه‌ها نابالغ و در حال رشد سریع می‌باشند. این نوع برداشت با ایجاد اختلال در دریافت موادغذایی، انرژی و هورمون، از طریق القا یک تنش بافتی شدید، موجب تسریع فرآیند پیری می‌شود [٤]. پیری به مرحله‌ای از رشد اطلاق می‌شود که در آن به واسطه واکنش-های کاتابولیکی، غشاء لایه‌های داخلی تخریب شده و فروپاشی کلروپلاست باعث افت فتوسنتز شده، تخریب ماکرومولکول‌ها اتفاق می‌افتد و در نهایت مجموعه فرآیندهای درون سلولی به صورت آثار پیری در ظاهر گیاه مشهود شده و گیاه در برابر حمله و تجزیه میکروبی آسیب پذیر می‌شود [٥]. رنگ سبز براکلی ویژگی کیفی مهمی برای مصرف‌کنندگان است. تسریع این مرحله منجر به افزایش تولید اتیلن، و از بین رفتن رنگ سبز و زردی گلچه‌های براکلی در اثر تخریب کلروفیل، و همچنین از بین رفتن پروتئین، لیپید و آسکوربیک می‌شود. به بیانی دیگر همزمان با از بین رفتن کیفیت ظاهری، کیفیت غذایی سبزی نیز در حال تغییر است و افت ارزش غذایی باعث می‌شود که هدف از مصرف سبزی‌ها زیر سوال برود [۸-٦]. مواد شیمیایی خاص مانند نمک‌های کلسیمی، اسیدهای آلی و هورمون‌های مبتنی بر گیاه برای گسترش عمرقفسه‌ای محصولات فسادپذیر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

اسیدسالیسیلیک به طور طبیعی در قلمرو گیاهی گسترش یافته است [۹] و در گروه هورمون‌های گیاهی درون‌زا قرار می‌گیرد [۱۰]. اسیدسالیسیلیک یک تنظیم‌کننده رشد درون¬زا از گروه ترکیبات‌فنولی است [۱۱] که به‌طور گسترده¬ای برای بهبود کیفیت و کنترل ضایعات پس از برداشت تعدادی از محصولات به کار رفته است [۱۲]. گزارش شده است که اسیدسالیسیلیک در اثر توقف فعالیت ACC اکسیداز [۱۳] مانع تبدیل ACC به اتیلن و تاخیر پیری می شود [١٤]. نقش اسیدسالیسیلیک و مشتقات آن بر کاهش سرعت افت کیفیت و صدمه سرمازدگی در خیار و گوجه¬فرنگی [۱٥]، و فلفل شیرین [١٦]، تاخیر در فرآیند رسیدن موز [۱۷] و سیب [۱۸]، گسترش عمرقفسه‌ای از طریق ممانعت از تولید اتیلن و فعالیت آنزیمی کیوی [۱۹] مورد بررسی قرار گرفته است.

استفاده از فناوری‌های جدید بسته‌بندی از جمله بسته‌بندی فعال با استفاده از جاذب‌های اتیلن نقش اساسی در حفظ کیفیت، سلامت و افزایش عمر انبارمانی محصول بسته‌بندی شده همراه با جلب رضایت مصرف‌کننده ایفا می‌کند [۲۰]. زئولیت‌ها مواد کریستالی سیلیکات آلومینیومی هستند که به منظور جذب اتیلن مورد استفاده قرار می‌گیرند. همچنین مشخص شده است که در صورت کاربرد آنها به صورت ترکیب با اکسیدکننده‌ها یا کاتالیست‌های اتیلن، اثر آنها بیشتر می‌شود [۲۱]. پرمنگنات پتاسیم اکسیدکننده‌ای قوی است که بیشترین کاربرد تجاری را در حذف اتیلن دارد [۲۲]. این ماده باعث اکسید شدن اتیلن به اتیلن گلیکول و یا اسیداستیک می-شود که در طی این فرآیند، رنگ آن از ارغوانی به قهوه‌ای تغییر می‌یابد [۲۳]. اگرچه، به علت خاصیت سمی زیادی که پرمنگنات پتاسیم دارد باید به گونه‌ای مورد استفاده قرار گیرد که در تماس مستقیم با مواد غذایی قرار نگیرد [۲٤]. همچنین تحقیقات نشان می‌دهند به دلیل نسبت بالای سطح به وزن نانوذرات [۲٥]، به منظور افزایش سطح تماس پرمنگنات پتاسیم با اتمسفر محیط و افزایش میزان اثرگذاری، محلول اشباع پرمنگنات پتاسیم را می‌توان بر روی بسترهای مناسب و مواد معدنی بی‌اثر از قبیل سلیکاژل، کربن فعال، پرلیت، زئولیت یا آلومینا قرار داد و یا از گلوله‌های حاصل از آن در بسته‌های کوچک، فیلم‌های بسته‌بندی و یا فیلترها، استفاده نمود. این محصولات را می‌توان در بسته‌بندی، تجهیزات سردخانه و یا طی حمل و نقل میوه به کار برد [۲٦و ۲۷]. این سیستم‌ها روی

www.SID.ir

Archive of SID

بسیاری از محصولات مانند پاپایا [۲۸]، گیلاس تک‌دانه [۲۹]، سیب [۳۰]، کیوی [۳۱]، موز [۳۲]، کاهوی سالادی و کلم چینی [۳۳] به کار برده شده است و حذف اتیلن باعث تاخیر در فرآیند رسیدگی، پیری و سایر نابسامانی‌ها و در نهایت حفظ کیفیت محصول شده است.

این تحقیق با هدف بررسی اثر نانوزئولیت‌های آغشته به پرمنگنات پتاسیم به عنوان جاذب اتیلن در بسته‌بندی براکلی و تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک بر کنترل شدت تنفس و تولید اتیلن به منظور افزایش عمر انبارمانی، حفظ کیفیت، ارزش غذایی و همچنین حفظ سطح بالای ترکیبات زیست فعال تا زمان رسیدن محصول به دست مصرف کننده انجام شد.

۲- مواد و روش ها

گلچه‌های براکلی رقم ایتالیکا از یک تولیدکننده محلی در منطقه محمدشهر کرج، با در نظرگرفتن شاخص‌های بلوغ و چارت رنگی دانشگاه دیویس در سال ۱۳۹۵ تهیه و پس از ۲٤ ساعت پیش‌سرمایی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بلافاصله به موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج منتقل شدند. گلچه‌ها با اندازه (به طور میانگین ۱۱۰ گرم) و رنگ یکنواخت و بدون‌نقص ظاهری انتخاب شدند. به منظور اعمال تیمار هورمونی گلچه‌ها در ۲ دسته در محلول اسیدسالیسیلیک با غلظت ۲ میلی‌مول در لیتر به مدت ۵ دقیقه فرو برده شده سپس روی کاغذ صافی و در معرض هوا خشک شدند. سایر گلچه‌ها بدون اعمال تیمار هورمونی در ظروف پلاستیکی قرار داده شدند. در نیمی از ظروف (شاهد و تیمار شده با اسیدسالیسیلیک) بسته‌های محتوی نانوزئولیت ۱۰ گرم پوشش داده شده با پرمنگنات پتاسیم قرار داده شد و سپس تمام ظروف محتوی نمونه‌ها با استفاده از سلفون کاملاً پوشانده شد. نمونه‌های تیمار شده همراه با نمونه‌های شاهد در سردخانه ۱ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۵-۹۰٪ به مدت ۲٤ روز نگهداری شدند. میوه‌های موجود در هر تیمار در هر مرحله از نمونه‌برداری در روز صفر (قبل از انباری) و روزهای ٤، ۸، ۱۲، ۱٦، ۲۰ و ۲٤ انبارداری به صورت تصادفی از سردخانه خارج شده و برای ایجاد حالت مشابه با خرده‌فروشی‌ها، نمونه‌ها به مدت ۲٤ ساعت در شرایط طبیعی (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰ ٪) قرار گرفته و سپس در آزمایشگاه از نظر صفات کمی و کیفی زیر مورد بررسی قرار گرفتند.

تعیین میزان درصد کاهش وزن: برای اندازه‌گیری کاهش وزن، نمونه‌ها قبل از بسته‌بندی با ترازوی الکترونیکی با دقت ۰/۱ گرم وزن شدند؛ سپس هر نمونه‌ای که از انبار خارج شد دوباره وزن و درصد کاهش وزن محاسبه گردید.

ارزیابی کیفیت ظاهری: برای ارزیابی کیفیت ظاهری از یک مقیاس ۵-۱ و سیستم نمره‌دهی استفاده شد، ۵= عالی، سبز تیره با فشردگی کامل و بدون آسیب، ۳= متوسط، سبز روشن با فشردگی و آسیب ملایم، ۱= غیرقابل فروش، زرد و شل [۳٤].

میزان تولید اتیلن: سرهای موجود در داخل هر بسته پس از اندازه‌گیری وزن در داخل ظرف‌های پلاستیکی مجهز به سپتوم قرار گرفته و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. ۱ میلی‌لیتر از گاز موجود در فضای بالای ظرف پلاستیکی به وسیله ونوجکت و سوزن دو سر مخصوص نمونه‌گیری و میزان تولید اتیلن با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی مدل شیماتزو مدل A-14 بر اساس $nL.g^{-1}\,h^{-1}$ بیان شد.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS): چند قطره از عصاره صاف شده سبزی با استفاده از قطره چکان روی منشور دستگاه رفرکتومتر مدل RF ٤۰ ریخته و عدد قرائت گردید. عدد حاصل بیانگر مواد جامد محلول است که به صورت درجه بریکس بیان شد.

اندازه‌گیری درصد اسید قابل تیتراسیون (TA): ۱۰ میلی لیتر از عصاره صاف شده سبزی با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق شد و سپس با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH= ۸/۱-۸/۲ تیتر شد.

اندازه گیری ویتامین ث: ۱۰ میلی لیتر از عصاره صاف شده سبزی در یک ارلن ریخته شد، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شده، ۲ میلی‌لیتر نشاسته ۱٪ به آن افزوده و سپس با محلول ید ۱٪ نرمال که حاوی ۱٦ گرم یدور پتاسیم در لیتر است، تیتر شد، ظهور رنگ آبی تیره بادوام پایان آزمایش خواهد بود. چون هر لیتر از محلول ید ۱٪ نرمال معادل ۰/۸۸ میلی‌گرم اسیدآسکوربیک است، بنابراین مقدار ویتامین ث در عصاره سبزی با استفاده از فرمول زیر بدست می‌آید [۳۵].

(۵/ (۰/۸۸ × مقدار محلول ید مصرفی)) = ویتامین ث (میلی گرم در ۱۰۰ گرم نمونه تازه)

www.SID.ir

Archive of SID

رنگ ظاهری: رنگ ظاهری هر گلچه در ۳ نقطه از سطح با استفاده از رنگ‌سنج مینولتا[1] (مدل CR ٤٠٠) قبل از اعمال تیمار و پس از خروج از انبار در هر نمونه در دمای اتاق اندازه‌گیری شد و شاخص‌های L^*، a^* و b^* اندازه‌گیری شدند شاخص L^* یا میزان روشنایی از رنگ سیاه (۰) تا سفید (۱۰۰)، شاخص a^* یا میزان قرمزی از سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت) و شاخص b^* یا میزان زردی از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) می‌باشند.

اندازه‌گیری کلروفیل کل، a و b و کارتنوئید: ۰/۵ گرم از گلچه‌های فریزداری شده با ۱۲۰۰ میکرولیتر متانول به مدت ۱۲ ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در تاریکی قرار گرفت. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و چرخش ۱۵۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شد. میزان جذب مایع رویی در ۲ طول موج ٦٦٥ و ٦٥٢ نانومتر خوانده شد و با کاربرد ۳ فرمول زیر میزان کلروفیل کل، a و b محاسبه گردید [۳۷و ۳٦].

$$Ca = 16.29\times A665 - 8.54\times A652$$
$$Cb = 30.66\times A6652 - 13.5A$$
$$Ca+b = 22.12\times 652 + 2.71\times A665$$

اندازه‌گیری میزان فنول کل: ۰/۵ گرم از گلچه‌های فریزداری شده در ٤ میلی لیتر الکل اتانول همگن شده و سپس عصاره توسط دستگاه سانتریفوژ صاف گردید. سپس به ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره اتانولی صاف شده، ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین، یک میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷٪ و ۸ میلی لیتر آب مقطر افزوده شد. میزان جذب مخلوط واکنش، پس از قرارگیری در حمام آب گرم به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت گردید [۳۸]. فنول کل بر اساس میلی‌گرم اسیدگالیک موجود در کیلوگرم وزن‌تر نمونه بیان شد.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: ظرفیت آنتی-اکسیدانی عصاره‌ها از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد ۱ و۱ دی فنیل پیکریل هیدرازیل (DPPH) تعیین شد. برای این منظور ۳۰۰ میکرولیتر متانول به ۳۰ میلی‌گرم نمونه فریزداری شده اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۱۲ ساعت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۱۵۰۰۰ درو در دقیقه سانتریفوژ شدند. در نهایت میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH بیان شد [۳۹].

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها: این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. داده‌ها پس از جمع‌آوری، مرتب شده و با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ادر سطح احتمال ۱٪ انجام گرفت.

۳- نتایج و بحث

درصد کاهش وزن: در این بررسی، وزن سرها در طول دوره انبارمانی در تمام تیمارها و شاهد کاهش یافت، اما نمونه‌های شاهد با افت وزن ۳۲٪، در مقایسه با سایر تیمارها بیشترین میزان کاهش وزن را دارا بوده و تیمار توام نانوجاذب اتیلن و اسیدسالیسیلیک بیشترین ممانعت را در برابر افت وزن به عمل آورده است (جدول ۲). از دست‌دهی رطوبت و متعاقباً افت وزن، اصلی‌ترین مشکل انبارداری براکلی است که بازارپسندی آن را تحت تاثیر قرار می‌دهد [٤۰]. یکی از دلایل کاهش وزن گلچه‌های کلم براکلی افزایش نفوذپذیری غشا سلولی در مرحله پیری است که با پیشرفت پیری افزایش می یابد، به عبارتی با اغفزایش مدت زمان انبارمانی بر این کاهش وزن افزوده می‌شود.از دیگر دلایل کاهش وزن، تبخیر و تعرق، تنفس و فعالیت های متابولیکی محصولات در دوره پس از برداشت است [٤۱]. بر اساس اظهارات مانسه و همکاران [٤۲] اسیدسالیسیلیک به عنوان دهنده الکترون، باعث تولید رادیکال‌های آزادی می‌شود که موجب ممانعت از تنفس معمولی و متعاقباً منجر به کاهش افت وزن محصول می شود. اسید سالیسیلیک از طریق بستن روزنه‌ها می تواند باعث کاهش سرعت تنفس و به حداقل‌رسانی کاهش وزن محصول شود [٤٤ و٤۳]. بنابراین به نظر می‌رسد تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک با تاثیر بر فعالیت‌های متابولیکی منجر به حفظ ثبات غشا، کاهش سرعت تنفس، تعرق و تولید اتیلن و همچنین نانوجاذب آغشته به پرمنگنات پتاسیم از طریق جذب گازهایی که باعث افزایش سرعت تنفس و تولید اتیلن می‌شوند باعث کاهش آب از دست‌دهی شده و به این ترتیب افت وزن

1. Minolta

www.SID.ir

Archive of SID

را کاهش داده‌اند. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های خسروی و همکاران [۳۰] که گزارش کردند قطعات بریده شده[1] سیب تیمار شده با نانوزئولیت‌های آغشته به پرمنگنات پتاسیم افت وزن کمتری را در مقایسه با شاهد نشان دادند، مطابقت دارد. نتایج پژوهش سردابی و همکاران [٤٥] نیز نشان داد که کاربرد نانوزئولیت‌های حاوی پرمنگنات پتاسیم در کاهش افت وزن سیب‌های 'رد دلیشیس' و 'گلدن دلیشیس' موثر بوده است. همچنین نتایج مشابهی در خصوص کاهش میزان افت وزن در طول دوره انبارمانی در میوه‌های خرمالو [٤٦] و هلو [٤٧]، و توت فرنگی [٤٨] تیمار شده با سطوح مختلف اسیدسالیسیلیک گزارش شده است.

کیفیت ظاهری: به مرور زمان در طول دوره نگهداری از کیفیت گلچه‌ها کاسته شده است. بررسی نتایج حاصل از میانگین تمام تیمارها با شاهد نشان داد که تیمار توام نانو جاذب اتیلن و اسیدسالیسیلیک باعث حفظ بهتر کیفیت شده است. اما نمونه‌های شاهد با افت شدید کیفیت مواجه هستند به‌طوری‌که گلچه‌های شاهد از روز دوازدهم انباری غیرقابل عرضه و مصرف می‌باشند (جدول ۲). همچنین با توجه به نتایج جدول و به‌طورکلی با مقایسه با شاهد و نانو جاذب اتیلن، به نظر می‌رسد که تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک با کاهش افت وزن و تخریب کلروفیل، حفظ خصوصیات ارگانولپتیکی و بصری، ضمن افزایش انبارمانی سبب حفظ کیفیت و بازارپسندی براکلی می‌شود (جدول ۲).

میزان تولید اتیلن: با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و همچنین یافته‌های راشینگ [٤۹] و مخلوف و همکاران [۵۰] در خصوص تغییرات شدت تنفس و تولید اتیلن، می‌توان براکلی را به عنوان یک محصول فرازگرا طبقه‌بندی کرد. میزان تولید اتیلن در تمام نمونه‌ها در شروع آزمایش ۳/۳ نانولیتر در گرم در ساعت بود و میزان آن تا روز ۱۲ افزایش یافته و پس از آن کاهش نشان داد (جداول ۲و ٤). بررسی اثرات متقابل تیمار هورمونی و نانوجاذب و همچنین مقایسه میانگین تیمارهای مختلف با شاهد نشان داد که گلچه‌های مربوط به تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک مقدار تولید اتیلن کمتری در مقایسه با شاهد داشتند (جدول ۲). به نظر می‌رسد که تاثیر تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک در کاهش تولید اتیلن بیشتر از نانوجاذب اتیلن بوده است، چرا که تیمار نانوجاذب همراه با اسیدسالیسیلیک پایین‌ترین میزان تولید اتیلن را نشان داده است. تیمار براکلی با اسیدسالیسیلیک احتمالاً با تاثیر بر متابولیسم‌تنفسی و دخالت در فعالیت آنزیم‌های موثر در بیوسنتز اتیلن (ACC اکسیداز) و همچنین نانوجاذب از طریق جذب گازهای اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و اتیلن باعث کاهش تولید اتیلن نسبت به نمونه‌های شاهد و نمونه‌های موجود در بسته‌های نانوجاذب و تیمارهورمونی اسیدسالیسیلیک شده است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که تیمار اسیدسالیسیلیک تولید اتیلن را در گلچه‌های براکلی رقم ایتالیکا کاهش داده و ظهور علایم پیری را به تاخیر می‌اندازد (جدول ۲). گزارش شده است که درصد افت وزن در میوه‌های خرمالوی تیمار شده با اسیدسالیسیلیک [٤۷] و میوه موز بسته-بندی شده در کیسه‌های پلی‌اتیلنی حاوی پرمنگنات پتاسیم [۵۱] در طول مدت نگهداری در مقایسه با نمونه‌های شاهد پایین‌تر بود. به‌طورکلی اسیدسالیسیلیک به عنوان هورمون ضدپیری اثرات ضد و نقیضی بر میزان تولید اتیلن نشان داده است.

میزان مواد جامد محلول کل (TSS): بررسی نتایج حاصل از مقایسه تیمارهای مختلف با شاهد نشان داد از نظر میزان مواد جامد کل اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود داشت. به‌طوری‌که مقدار آن از ۸/۲ در شروع آزمایش تا ٤/۹ در نمونه‌های شاهد و تا ٦/۵٤، ٦/۹ و ۷/۳۲ به ترتیب در بسته‌های حاوی نانوجاذب اتیلن، اسیدسالیسیلیک و تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک کاهش یافت که این امر نشان‌دهنده پتانسیل تیمارهای مذبور به ویژه تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک در کاهش میزان تغییرات مواد جامد محلول کل از طریق کاهش شدت تنفس و تولید اتیلن (جداول ۳ و ٤) و ممانعت از واکنش‌های کاتابولیکی و تجزیه مواد در طول مدت نگهداری براکلی در انبار می‌باشد (جدول ۲). این نتایج با نتایج خادمی و همکاران [٤٦] که بیان کردند تیمار پس از برداشت خرمالو با اسیدسالیسیلیک در حفظ مواد جامد محلول کل موثر است منطبق بود. همچنین نتایج حاضر با نتایج رضائی خلج و همکاران [۵۲] در رابطه با تاثیر تیمار نانوزئولیت آغشته به پرمنگنات پتاسیم در حفظ میزان مواد جامد محلول کل کلم چینی و کاهو مطابقت دارد.

درصد اسید قابل تیتراسیون (TA): میزان اسید قابل تیتراسیون یک روند کاهشی را در طی مدت انبارمانی نشان

1. Fresh cut

www.SID.ir

Archive of SID

می‌دهد (جدول٤) که به نظر می‌رسد اسیدهای آلی موجود در براکلی در طول مدت نگهداری در انبار در اثر مصرف تدریجی آنها به عنوان منبع انرژی در فعالیت تنفسی کاهش می‌یابد. همچنین مقایسه میانگین تیمارهای مختلف با شاهد نشان داد که بسته حاوی نانوجاذب و تیمار اسیدسالیسیلیک و تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک دارای بیشترین میزان اسیدقابل تیتراسیون هستند، که این امر احتمالاً ناشی از کاهش فرآیند تنفس و متابولیسم سبزی در دمای پایین در تیمارهای ذکر شده می‌باشد (جدول ۲). در چند پژوهش دیگر نیز به تاثیر تیمار پرمنگنات پتاسیم در سه بستر متفاوت (سیلت، ورمی‌کولیت، سیلیکاژل) در میوه گرمسیری ساپوتا [٥٣] و بستر زئولیت در میوه سیب [٤٥و ٢٢] در جلوگیری از کاهش اسیدهای آلی اشاره شده است. همچنین نتایج مشابهی در رابطه با تاثیر تیمار پس از برداشت اسیدسالیسیلیک بر حفظ اسیدهای آلی میوه خرمالو [٤٦] و توت فرنگی [١١] گزارش شده است. علی¬رغم این که شدت تنفس محصولات باغبانی در دماهای پایین و به خصوص با اعمال تیمارهای هورمونی و نانوجاذب¬های اتیلن بسیار کاهش می¬یابد، کاهش قندها و اسیدها در طول مدت انبارمانی، در اثر مصرف آنها، به عنوان سوبسترای اصلی در متابولیسم تنفسی باعث تغییراتی در مقادیر مواد جامد محلول و درصداسیدیته قابل تیتراسیون می¬شود [٥٤].

رنگ ظاهری: بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمارهای مختلف با شاهد نشان داد از نظر میزان درخشندگی (L^*) اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ١ درصد وجود داشت. به‌طوری که مقدار آن از ٣٥/٢٨ در شروع آزمایش تا ٣٩/٨٤ در نمونه‌های شاهد و تا ٣٧/٥٤، ٣٧/١٥ و ٣٦/٣٧ به ترتیب در بسته‌های حاوی نانوجاذب اتیلن، تیمار اسیدسالیسیلیک و تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک افزایش یافت که این امر نشان‌دهنده حفظ بهتر درخشندگی در طول مدت نگهداری در این تیمارها می‌باشد (جدول ٢). افزایش میزان درخشندگی در طول دوره انبارمانی ممکن است ناشی از تخریب و تجزیه کلروفیل و کاهش در رنگ سبز باشد [٥٥] نتایج مشابهی در خصوص افزایش درخشندگی در براکلی در طول دوره نگهداری در انبار با اتمسفر کنترل شده و انبار معمولی گزارش شده است [٥٥و ٥٦].

مولفه a^* در طول دوره انبارمانی سرد برای تیمار اسیدسالیسیلیک و تیمار توام نانوجاذب اتیلن و اسیدسالیسیلیک ثابت بود اما در نمونه‌های شاهد و نانوجاذب اتیلن به ترتیب از مقدار ٥/٦١- = a^* در شروع دوره انباری به ٤/٢٦-، ٤/٨٧- افزایش یافت. مولفه b^* در تمام تیمارها به ویژه در شاهد در طی مدت انبارداری افزایش یافت، که با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری تغییرات میزان کلروفیل و کارتنوئید در این آزمایش با افزایش مقادیر a^* و b^* در طول مدت انبارمانی با کاهش رنگ سبز و زرد شدن سر گلچه‌های براکلی مواجه هستیم. مقادیر b^* تا پایان دوره انباری افزایش می‌یابد اما این افزایش در بسته‌های حاوی نانوجاذب اتیلن، تیمار اسیدسالیسیلیک و تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک در مقایسه با شاهد کندتر صورت می‌گیرد. این مسئله به این معنا است که کاهش رنگ سبز و افزایش رنگ زرد در نمونه‌های شاهد بالاتر از سایر تیمارهاست. سایر محققین نیز به تاثیر مثبت اتمسفر تعدیل یافته و تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک در حفظ رنگ و طولانی شدن عمر قفسه ای براکلی اشاره کرده اند [٥٧ و ٥٨].

کلروفیل کل، a و b و کارتنوئید: کاهش کلروفیل یکی ازنشانه‌های پیری براکلی است که ١ روز پس از انبارمانی در معرض هوا شروع شده و تقریباً ظرف ٣ روز کامل می‌شود. کلروفیل کل متشکل از کلروفیل a و کلروفیل b است و چون کلروفیل a رنگدانه اصلی در براکلی است، تغییرات کلروفیل کل تحت تاثیر کلروفیل a می‌باشد [٥٦]. مطالعه کلروفیل به تفکیک نشان داد که تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک و تیمار توام نانوجاذب اتیلن و اسیدسالیسیلیک باعث حفظ کلروفیل a و کلروفیل کل در طی انبارمانی گشت (جدول ٣)؛ به‌طوری‌که تخریب کلروفیل را تا ٨ روز پس از انبارمانی به طور معنی-داری به تاخیر می‌اندازد (جدول ٣)، که منطبق با تحقیقات دیگری است که در این زمینه در میوه کیوی [٥٦] و براکلی [٤٠] انجام شده است. با توجه به نتایج حاصل از تغییرات تولید اتیلن در طول دوره انبارمانی و مقایسه آن با نتایج ارزیابی کلروفیل در این دوره، به نظر می‌رسد که اتیلن نقش مستقیمی در تخریب کلروفیل ایفا می‌کند (جدول ٤). به‌طوری‌که با اوج گرفتن اتیلن تا روز ٨ میزان کلروفیل روند رو به کاهشی را پیموده و همراه با کاهش آن تا پایان دوره انباری تقریباً بدون تغییر باقی‌مانده است. نتایج مشابهی در خصوص تاثیر افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

شدت تنفس و تولید اتیلن بر محتوای کلروفیل در براکلی تحت تیمار سایتوکینین و اتمسفر تعدیل یافته در طول دوره انبارمانی گزارش شده است [٤٠و ٥٠]. اسیدسالیسیلیک و ترکیب اسیدسالیسیلیک با نانو گرنول‌های آغشته به پرمنگنات پتاسیم از یک طرف با تاثیر بر تولید اتیلن و از طرف دیگر با حفظ ویتامین‌ث به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدان در کلروپلاست مانع از اکسیداسیون ترکیبات کلروپلاست‌ها و کلروفیل شده است [٦]. این تاثیر می‌تواند ناشی از تحریک بیوسنتز کلروفیل توسط اسیدسالیسیلیک و همچنین کاهش فعالیت آنزیم‌های مخرب کلروفیل مانند آنزیم‌های کلروفیلاز و منیزیم دکلاتاز باشد [٥٩].

بررسی نتایج حاصل از اندازه‌گیری محتوای کارتنوئید کل در طی مدت انبارمانی در بسته‌های حاوی نانوجاذب اتیلن و تیمارهورمونی اسیدسالیسیلیک در مقایسه با شاهد نشان داد به لحاظ کارتنوئید کل اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱درصد وجود داشت، به‌طوری‌که در پایان ٢٤ روز انبارمانی کاهش کارتنوئید از میزان ۱/٤٠ در شروع آزمایش تا ۰/٦٣ در میوه‌های شاهد و تا ۰/۸٦، ۰/۹۱ و ۱/۰٦ به ترتیب در گلچه-های موجود در بسته‌های حاوی نانوجاذب اتیلن، تیمار هورمونی و تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک در پایان روز ٢٤ کاهش یافته است (جدول ۱)، هر چند بین ۳ تیمار از نظر آماری اختلافی مشاهده نشد، اما گلچه‌های مربوط به تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک از محتوای کارتنوئید بیشتری برخوردار بود (جدول ۱). محتوای کارتنوئید در براکلی علاوه بر بتاکاروتن شامل لوتئین می‌باشد که از آنتی‌اکسیدان های قوی و فعال است [٦۰] و حفظ آن می تواند نکته مهمی در حفظ ارزش غذایی براکلی باشد. نتایج مشابهی توسط سایر محققان در خصوص تغییرات کارتنوئید کل در طول دوره انباری سرد، گزارش شده است [٦۱].

مقدار آسکوربیک اسید (ویتامین‌ث): ویتامین‌ث در طول دوره انبارمانی هم در گلچه‌های شاهد و هم در گلچه‌های موجود در بسته‌های حاوی نانوجاذب اتیلن و تیمار شده با اسیدسالیسیلیک کاهش یافت و این کاهش به ترتیب برای گلچه‌های شاهد و جاذب اتیلن، بیشتر از تیمار اسیدسالیسیلیک و تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک بود. به‌طوری‌که میزان آن از ٤٦/۹ میلی گرم در ۱۰۰ گرم در شروع آزمایش به ۳۸/۲ در شاهد و به ٤۰/۹ در بسته‌های نانوجاذب کاهش یافته است (جداول ۳ و ٤). هرچند گلچه‌های موجود در بسته‌های حاوی نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک و تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک از میزان ویتامین‌ث بیشتری برخوردار بودند، اما بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (جدول ۳). آسکوربیک اسید (ویتامین ث) یکی از مهمترین پارامترهای کیفی در محصولات میوه ای و سبزی ها به شمار می رود. در رژیم غذایی انسان حدود ٪۹۱ آسکوربیک اسید از طریق میوه ها و سبزی ها تامین می شود [٦۲]. محتوای آسکوربیک اسید در محصولات انبار شده کاهش می یابد که ناشی از مصرف اسیدهای آلی در فرآیند تنفس و اسیدیته قلیایی است که باعث تخریب ویتامین‌ث می‌شود یا در اثر تبدیل به قندها است [٤۰]. پیشرفت پیری در دوره پس از برداشت نهایتاً منجر به افت کیفیت و کاهش آسکوربیک اسید می‌شود [٦۳]. نتایج این آزمایش با نتایج فرناندز لئون و همکاران [٥٦] و خلیلی و همکاران [٤۰] در رابطه با کاهش پیوسته محتوای آسکوربیک اسید در کلم براکلی در طول مدت نگهداری مطابقت داشت. تاثیر تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک در حفظ ویتامین ث بیشتر از نانوجاذب اتیلن و همچنین نمونه‌های شاهد بود که از کمترین میزان آسکوربیک اسید برخوردار بودند؛ این مسئله احتمال می‌رود ناشی از افزایش تبدیل اسیدهای آلی به قندها و متعاقباً افزایش اسیدیته باشد که با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون در این آزمایش با کاهش اسیدهای آلی در طول مدت انبارمانی با کاهش ویتامین‌ث مواجه هستیم. این با نتایج محققین دیگر مبتنی بر تاثیراسیدسالیسیلیک در حفظ اسیدهای آلی از طریق کاهش فعالیت‌های متابولیکی و نیز تاثیرغیرمستقیم بر مسیر آنزیمی تبدیل اسیدهای آلی به قندها و نهایتاً حفظ محتوای آسکوربیک اسید مطابقت دارد [٦٤و ٦٥و ۱]. همچنین به نظر می‌رسد نانوجاذب ها از طریق جذب گازهای دخیل در فرآیند تنفس با کاهش فعالیت آنزیم‌هایی مانند آسکوربیک اسید اکسیداز و پراکسیداز باعث ممانعت از تخریب آنزیمی آسکوربیک اسید می‌شود. این با نتایج بایرت و همکاران [٦٦ و٦٧] که بیان کردند اتمسفر تعدیل‌یافته منجر به حفظ آسکوربیک اسید می‌شود، مطالبقت دارد.

میزان فنول کل: میزان فنول کل یک روند کاهشی را در طی مدت انبارمانی در تمام تیمارها به ویژه شاهد نشان می‌دهد. به-طوری‌که میزان آن از ۹۱/۲۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم در شروع

www.SID.ir

Archive of SID

آزمایش به ٦٦/٦ در شاهد و به ٨٠/٥ و ٨٢/٨ در گلچه‌های موجود در بسته‌های حاوی نانوجاذب و تیمارهورمونی اسیدسالیسیلیک در پایان دوره انباری کاهش یافت (جدول ٣). گلچه‌های مربوط به تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک از بالاترین میزان موادفنولی برخوردار بود (جدول ٣). با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری اتیلن در این آزمایش و یافته‌های فرناندز لئون و همکاران [٥٦] در خصوص تاثیر تغییرات تنفس و تولید اتیلن بر میزان مواد فنولی، به نظر می‌رسد کاهش سریع محتوای فنول کل در نمونه‌های شاهد ناشی از سرعت بالای تنفس براکلی انبار شده باشد که ممکن است موجب افزایش متابولیسم و بنابراین تخریب ترکیبات فنولی شود [١]. این درحالیست که تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک و کاربرد نانوجاذب با کاهش شدت تنفس و تولید اتیلن مانع از واکنش‌های کاتابولیکی و کاهش روند تخریب و کاهش محتوای ترکیبات فنولی شده است.

ظرفیت آنتی اکسیدانی کل: براکلی به دلیل محتوای بالای ویتامین‌ها و ترکیبات پلی‌فنولی متعدد با عملکرد آنتی‌اکسیدانی بالا، از فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد بسیار بالایی برخوردار است [٥٦و١]. در این بررسی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در طول دوره انبارمانی در تمام تیمارها و شاهد کاهش یافت و این کاهش به ترتیب برای نمونه‌های شاهد و بسته‌های حاوی نانو گرانول آغشته به پرمنگنات پتاسیم و تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک بیشتر از تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک بود، به‌طوری‌که بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار توام نانوجاذب و اسیدسالیسیلیک و کمترین آن در گلچه‌های شاهد مشاهده گردید (جدول ١). این با نتایج جعفرپور و همکاران [٣٩] که اعلام کردند ظرفیت آنتی-اکسیدانی گلچه‌های کلم براکلی طی مدت زمان انبارمانی و پیری کاهش می‌یابد، مطابقت دارد.به نظر می‌رسد تاثیر تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک در حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر از نانوگرانول‌های آغشته به پرمنگنات پتاسیم بوده است. اسیدسالیسیلیک به عنوان ترکیب فنولی باعث تنظیم برخی از سیستم‌های دفاعی محصول و بیوسنتز ترکیبات مغذی نظیر ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود [٦٨]. در این پژوهش نیز همبستگی مستقیمی بین ظرفیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد و سایر خصوصیات کیفی مانند محتوای آسکوربیک اسید براکلی مشاهده شد (جداول ١ و ٣). همچنین وانگ و همکاران [٦٩] بیان کردند که اسیدسالیسیلیک از طریق تحریک فعالیت آنتی‌اکسیدانی باعث کاهش صدمه سرمازدگی در میوه هلو شد.

٤- نتیجه‌گیری کلی

کلم براکلی از سوپر سبزی‌هاست. طبق نتایج این پژوهش متناسب با طولانی شدن مدت انبارمانی گلچه‌های کلم براکلی، هم میزان کلروفیل و هم میزان ترکیبان آنتی‌اکسیدان مانند مواد فنولی، ویتامین ث و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش می‌یابد. به طور کلی استفاده از نانوگرانول‌های آغشته به پرمنگنات پتاسیم و همچنین تیمار هورمونی اسیدسالیسیلیک به میزان چشم‌گیری با ممانعت از افت وزن و زردی گلچه‌های کلم براکلی باعث جلوگیری از کاهش کیفیت و افزایش عمر انبارمانی شد. درحالیکه گلچه‌های شاهد با افت شدید کیفیت مواجه بوده و از روز دوازدهم انباری غیرقابل عرضه و مصرف بودند. طبق نتایج به دست آمده از این پژوهش استفاده از تیمار توام نانوجاذب اتیلن و اسیدسالیسیلیک ضمن حفظ کیفیت ظاهری گلچه‌ها، راه‌کار مناسبی برای حفظ مواد فراسودمند است.

٥- سپاسگذاری

از آنجا که امکانات فنی و مالی برای انجام این تحقیق توسط مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج فراهم آمده است، لذا نگارندگان بدین وسیله مراتب تقدیر و تشکر خود را اعلام می‌دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 1 Influence of salicylic acid and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles and co-treatment of them on antioxidant activity and Carotenoids of broccoli florets during storage

		Storage time (days)						
Characters	Treatments	0	4	8	12	16	20	24
Antioxidant activity	Control	243.23 a	158.2 f	164.87ef	150.20f	135.30g	102.57 i	96.92ij
	Nano		166.9 e	177.6de	168.8e	152.4 f	139.15 g	120.2h
	SA		189.9d	190.4 d	177.87de	167.35e	162.8ef	151.4f
	SA +Nano		220.9b	211.7bc	203.82c	220.64 b	215.35bc	181.7de
Carotenoids	Control	1.4 a	1.27bcde	1.04efg	0.99ef	0.87fg	0.75 g	0.63fg
	Nano		1.36abcd	1.22abcde	1.06efg	0.98ef	0.96ef	0.86fg
	SA		1.37abc	1.36abcd	1.20abcde	1.22abcde	1.11def	0.91efg
	SA +Nano		1.37abc	1.40a	1.34abcd	1.25abcde	1.18abcde	1.06efg

Values within each row with the same letters are not statistically different, according to Duncan's multiple range test at $P \leq \%1$.

Table 2 Mean comparison of the influence of salicylic acid and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles and co-treatment of them on visual quality, weight loss, color, TSS and TA of broccoli florets during storage

Treatment	Visual quality	Weight loss (%)	L^*	a^*	b^*	TSS (°Brix)	TA (%)
Control	2.57 f	32.34 a	39.84 a	-4.26 a	14.4 a	4.9 b	0.11 b
Nano	4 d	12.38 e	37.54cde	-4.87 bcd	13.22 b	6.54 a	0.157 a
SA	4.25 c	12.46 e	37.15 de	-5.05 defg	12.4 bc	6.9 e	0.166 a
SA +Nano	4.52 b	11.12 e	36.37 ef	-5.34 fghi	11.94 c	7.36 a	0.17 a

Values within each column with the same letters are not statistically different. according to Duncan's multiple range test at $P \leq \%1$.

Table 3 Mean comparison of salicylic acid and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles effects and co-treatment of them on ethylene production, Chlorophylls, Vitamin C and total phenols of broccoli florets during storage

Treatment	Ethylene ($nL.g^{-1}.h^{-1}$)	Chlorophylls (mg. $g^{-1}FW$)	Chlorophyll a (mg. $g^{-1}FW$)	Chlorophyll b (mg. $g^{-1}FW$)	Vitamin C (mg/100g)	Total Phenol Content
Control	4.5a	0.085 c	0.065 b	0.019 b	38.2 cd	66.6 d
Nano	3.01 b	0.118 b	0.075 b	0.028 b	40.9 abcd	80.5 bc
SA	2.64 c	0.173 a	0.166 a	0.055 a	42.15 abc	82.8 b
SA +Nano	2.39 d	0.177 a	0.122 a	0.058 a	42.8 a	86.4 e

Values within each column with the same letters are not statistically different, according to Duncan's multiple range test at $P \leq \%1$.

Table 4 Effect of different days of storage on total soluble solids, titrable acidity, ethylene production, firmness, vitamin C of broccoli florets

Storage time (month)	TSS (°Brix)	TA (%)	Ethylene ($nL.g^{-1}.h^{-1}$)	Chlorophylls (mg. $g^{-1}FW$)	Vitamin C (mg/100g)
0	8 a	0.190 a	3.30b	0.180 c	46.90 a
4	8.08 a	0.183 a	3.70 a	0.17 cd	41.12 a
8	7.03 b	0.176 ab	3.56 ab	0.17 cd	38.23 a
12	6.21 cd	0.162 bc	3.85 a	0.13 d	34.30 a
16	6.41 bc	0.151 cd	2.70 c	0.93 a	31.93 a
20	6.29 bcd	0.145 cd	2.62 c	0.88 a	29.21 a
24	5.65 d	0.140 d	2.35 c	0.81 b	26.95 a

Values within each column with the same letters are not statistically different. according to Duncan's multiple range test at $P \leq \%1$.

www.SID.ir

Archive of SID

٦- منابع

[1] Vallejo, F., C. Garcia-Viguera, and F. Tommas-Barberen. 2003. Health-promoting compounds in broccoli as influenced by refrigerated transport and retail sale period. Journal of Agriculture and Food Chemistry 51: 3029–3034

[2] Fernández-León, M.F., A.M. Fernández-León, M. Lozano, M.C. Ayuso, and D. González-Gómez. 2013. Different postharvest strategies to preserve broccoli quality during storage and shelf life: Controlled atmosphere and 1-MCP. Journal of Food Chemistry 23: 809–813

[3] Xiao, Z., G.E. Lester, Y. Luo, and Q. Wang. 2012. Assesment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. Journal of agricultural and Food Chemistry 60: 7644-7651

[4] Costa, L.C., M.C. Pedro, R.C. Alicia, and A.M. Gustavo. 2005. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidaselinked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20°C. Journal of Postharvest Biology and Technology 35: 191-9

[5] Jayamaran, K.S. and P.S. Raju. 1992. Development and evaluation of a permanganate-based thylene scrubber for extending the shelf life of fresh fruit and vegetables. Journal of Food Science Technolology 29: 77-83

[6] Tian, M.S., T. Islam, D.G. Stevenson, and D.E. Irving. 1997. Color, ethylene production, respiration, and compositional changes in broccoli dipped in hot water. Jornal of American Society for Horticultural Science 122: 112–116

[7] Page, T., G. Griffiths, and V. Buchanan-Wollaston. 2001. Molecular and biochemical character-rization of post-harvest senescence in broccoli. Plant Physiology 125: 718-727

[8] Ku, V.V.V. and R.B.H. Wills. 1999. Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. Postharvest Biology and Technology 17: 127 – 32

[9] Raskin, I., H. Skubatz, W. Tang, and B.J.D. Meeuse. 1990. Salicylic acid levels in thermogenic and nonthermogenic plants. Annual Botany 66: 376-383

[10] Raskin, I. 1992. Salicylate, a new plant hormone. Plant Physiology 99: 799-803

[11] Karlidag, H., E. Yildirim, and M. Turan. 2009. Exogenous applications of salicylic acid affect quality and yield of strawberry grown under antifrost heated greenhouse conditions. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172: 270-276

[12] Peng, L., and Y. Jiang. 2006. Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut. Food Chemistry 94: 535-540

[13] Fan, C. and Q.Y. Xiang. 2001. Phylogenetic relationships within Cornus (*Cornaceae*) based on 26S rDNA sequences. American Journal of Botany 88: 1131– 1138

[14] Leslie, C.A. 1988. Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. Plant Physiology 88:833-837

[15] Jayamaran, K.S. and P.S. Raju. 1992. Development and evaluation of a permanganate-based thylene scrubber for extending the shelf life of fresh fruit and vegetables. Journal of Food Science Technolology 29: 77-83

[16] Fung, R., C.Wang, D. Smith, K. Gross and M. Tian. 2004. MeSA and MeJA increase steady-state transcript levels of alternative oxidase and resistance against chilling injury in sweet peppers (*Capsicum annuum* L.). Plant Science 166: 711-719

[17] Srivastava, M.K. and U.N. Dwivedi. 2000. Ripening of banana fruit by salicylic acid. Plant Science 158: 87-96

[18] Yan, T., Q.G. Shen, and C.D. Liu. 1998. Effects of salicylic acid (SA) on ripening fruits. Chinese Bulletin of Botany 15: 61-64

[19] Mirzaei moghadam, H., M.H. Khosh Taghaza, and A. Salimi. 2014. The evaluation of potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles and storage time on physicochemical characters of kiwi fruit. Journal of Agricultural Machinery 4 (1): 37-49

[20] Wismer, W.V. 2009. In: Florkowski, W.J., Consumer eating habits and perceptions of fresh produce quality. R., Shewfelt, B., Brueckner, Prussia, S. E. (Eds), Postharvest handling, a system approach. (2nd ed.) Elsevier Inc 23-42

[21] Cutter, C.N. 2002. Microbial control by packaging: a review. Critical Review in Food Science and Nutrition 42: 151-61

[22] Khosravi, F., M. Khosravi, and E. Pourseyedi. 2015. Effect of nano zeolite and

www.SID.ir

Archive of SID

ethylene absorbent in polyethylene bags to delay ripening of bananas during storage. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 10: 237-240

[33] Rezaii Khalaj, Y., B. Ghareyazie, M. Emadpour, and A. Omrani. 2009. Effect of the removal of ethylen hormone by potassium permangenate coated zeolite nanoparticles on the increased quality and quantity of storage of iceberg lettuce (*lactuca sativa* L.) and chinese cabbage (*Brassica pekinensis*). Journal of Agricultural Science and Natural Resources 15(6): 188-97

[34] Toivonen, P.M.A., and J.R. Dell. 2001. Chlorophyll fluorescence, fermentation product accumulation, and quality of stored broccoli in modified atmosphere packaging and subsequent air storage. Journal of Postharvest Biology and Technology 23: 61-9

[35] Majedi, M. (1995). Chemical Methods for Food Testing. (1st ed.). Jihad Publication of Tehran University. Tehran.

[36] Eason, J.R., D.J. Ryan, B. Page, L.M. Watson, and S.A. Coupe. 2007. Harvested broccoli (*Brassica oleraceae* L.) responds to high CO_2 and low O_2 atmosphere by inducing stress-response genes. Postharvest Biology and Technology 43: 358–365

[37] Porra, R. J., W.A. Thompson, and P.E. Kriedemann. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectrometry. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics 975: 384–394

[38] Meyers, K.J., C.B. Watkins, M.P. Pritts, & R.H. Liu. 2003. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. Journal of Agricultural and Food Chemistry 51: 6887-6892

[39] Jafarpour, F., D. Bakhshi, M. Ghasem Nezhad, and R. Sajedi. 2014. Effect of putricin on postharvest quality, phenolic compounds and antioxidant capacity of broccoli (*Brassica oleracea* L. cv Italica) florets. Journal of Horticultural Science 3: 303-311

[40] Khalili, F., M. Shekarchi, Y. Mostofi, M. Pirali Hamedani, and N. Adib. 2009. Effect of Cytokinin on the accumulation of potassium permanganate on shelf life and quality of cut apple. International Journal of Life Sciences 9 (2): 55 – 60

[23] Vermeiren, L., F. Devlieghere, M. Van-Beest, N. De-Kruijf, and J. Debevere. 1999. Developments in the active packaging of foods. Trends in Food Science and Technology 10: 77-86

[24] Kerry, J. and P. Butler. 2008. Smart packaging technologies for fast moving consumer goods. (pp.97-134). John Wiley and Sons.

[25] Azeredo, H. M.C. D. 2009. Nanocomposites for food packaging applications. Food Research International 42: 1240-1253

[26] Mehyar, G.F. & Han. J. H. (2011). Active Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables. In: A. L., Brody, H., Zhuang, & J. H. Han (Eds). Modified Atmosphere Packaging for Fresh-Cut Fruits and Vegetables. (2nd ed.). (pp. 267-83). Blackwell Publishing Ltd.

[27] Jayamaran, K.S. and P.S. Raju. 1992. Development and evaluation of a permanganate-based thylene scrubber for extending the shelf life of fresh fruit and vegetables. Journal of Food Science Technolology 29: 77-83

[28] Jayathung K.G.L.R., H.U.K.C. Prasad, M.D. Fernando, and K.B. Palipane. 2011. Prolonging the postharvest life of papaya using modified atmosphere packaging. Journal of Agricultural Technology 7(2): 507-518

[29] Emadpour, M., B. Ghareyazi, Y. Rezaei Kalaj, A. Omrani, and G.H. Mohammadi, 2009. Effect of potassium permanganate-coated nano- zeolites on cherry quality and shelf life. Journal of Agricultural Engineering Research 10: 11- 26

[30] Khosravi, F., M. Khosravi, and E. Pourseyedi. 2015. Effect of nano zeolite and potassium permanganate on shelf life and quality of cut apple. International Journal of Life Sciences 9 (2): 55 – 60

[31] Mirzaei moghadam, H., M.H. Khosh Taghaza, and A. Salimi. 2014. The evaluation of potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles and storage time on physicochemical characters of kiwi fruit. Journal of Agricultural Machinery 4 (1): 37-49

[32] Scott, K., W. McGlasson, and E. Roberts. 1970. Potassium permanganate as an

www.SID.ir

Archive of SID

florets. Journal of Horticultural Science 25: 88– 90

[50] Makhlouf, J., C. Willemot, J. Arul, F. Castaigne, and J. Emond. 1989. Regulation of ethylene biosynthesis in broccoli flower buds in controlled atmospheres. Journal of American Society of Horticultural Science 114: 955-958

[51] Scott, K., W. McGlasson, and E. Roberts. 1970. Potassium permanganate as an ethylene absorbent in polyethylene bags to delay ripening of bananas during storage. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 10: 237-240

[52] Khademi, O. Zamani, Z. Mostofi1, Y. Kalantari, S. Ahmadi, A. 2012. Extending Storability of Persimmon Fruit cv. Karaj by Postharvest Application of Salicylic Acid. Journal of Agricultural SAcience and Technology14: 1067-1074

[53] Rezaii Khalaj, Y., B. Ghareyazie, M. Emadpour, and A. Omrani. 2009. Effect of the removal of ethylen hormone by potassium permangenate coated zeolite nanoparticles on the increased quality and quantity of storage of iceberg lettuce (*lactuca sativa* L.) and chinese cabbage (*Brassica pekinensis*). Journal of Agricultural Science and Natural Resources 15(6): 188-97

[54] Duha, R.S., S. Nath and J. Kabir. Ethylen absorbents and ripening behavior of Sapota fruit. In: Proceedings of National Symposium on Production, Utilization and Export of Underutilized Fruits with Commercial Potentialities, November 2006; West Bengal, India, 249-253.available from: www.cabdirect.org

[55] Mostofi, Y., H., Seyed Hajizadeh, A. Talaei, and M.A. Ebrahimzadeh Mousavi. 2007. Maintaining of quality and extending storability of Iranian local apple Golab Kohanz by Modified atmosphere packaging. Seed and Plant 23: 87-99

[56] Joaquín H.J.H. L. Hasperué, A.R. Lemoine, A. Vicente, R. Chaves, and G.A. Martínez. 2015. Postharvest senescence of florets from primary and secondary broccoli inflorescences. Postharvest Biology and Technology, 104: 42–47

[57] Fernández-León, M.F., A.M. Fernández-León, M. Lozano, M.C. Ayuso, and D. González-Gómez. 2013. Different postharvest strategies to preserve broccoli quality during storage and shelf life: fermentation products, vitamin C and quality maintenance of broccoli (*Brassica olerasea* var. italica plenk) packed under modified atmosphere. Journal of Medicinal Plants 26(2): 53-62

[41] Smith, S., J. Geeson, and J. Stow. 1987. Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. Horticultural Science 22 (5): 772-776

[42] Manthe B , Schulz M , Schnabl H (1992) Effects of salicylic acid on growth and stomatal movements of *Vicia faba* L – evidence for salicylic acid metabolization. J Chem Ecol 18:1525–39

[43] Zheng, Y., and Q. Zhang. 2004. Effects of polyamines and salicylic acid postharvest storage of 'Ponkan' mandarin. Acta Horticulturae 632: 317-320

[44] Porra, R. J., W.A. Thompson, and P.E. Kriedemann. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectrometry. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics 975: 384–394

[45] Sardabi, F., J. Mohtadinia, F. Shavakhi, and A. Ashraf Jafari. 2013. Effect of 1-methylcyclopropene and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles on extending the shelf life and quality of Golden and Red Delicious apples. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology 8 (2): 135-144

[46] Mostofi, Y. and Najafi, F. 2005. Analytical methods in horticulture. Tehran University Publication.

[47] Awat, R.M. 2013. Effect of post-harvest salicylic acid treatments on fruit quality of peach cv. "Flordaprince" during cold storage. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 7: 920-927

[48] Babalar, M., M. Asghari A.R. Talaei and A. Khosroshahi. 2007.Effect of pre- and postharvest salicylic acid treatment on ethylene production, fungal decay and overall quality of Selva strawberry fruit. Food Chemistry 105:449–453

[49] Rushing, J.W. 1990. Cytokinins affect respiration, ethylene production, and chlorophyll retention of packaged broccoli

www.SID.ir

Archive of SID

Controlled atmosphere and 1-MCP. Journal of Food Chemistry 23: 809–813

[58] Elwan, M.W.M., M.A.M. El-Hamahmy. 2009. Improved productivity and quality associated with salicylic acid application in greenhouse pepper. Scientia Horticulturae 122(4): 521- 526

[59] Wei, J.N, L.H. Wang, J.H. Zhao, C.Y. Li, F. Ge, and L. Kang. 2011. Ecological trade-offs between jasmonic acid-dependent direct and indirect plant defences in tritrophic interactions. New Phytologist 189: 557–567

[60] Kaewsuksaeng, S. 2011. Chlorophyll Degradation in Horticultural Crops. Journal of Science and Technology 8(1): 9□19

[61] Funamoto, Y., N. Yumauchi, T. Shigenaga and M. Shigyo. 2002. Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica oleraceae* L.). Postharvest Biology and Technology 24: 163-170

[62] Bergquist, S., U.E. Gertsson, Y.G. Lotta, M. Nordmark, and E. Olsson. 2006. Influence of growth stage and postharvest storage on ascorbic acid and carotenoid content and visual quality of baby spinash (*Spinacia oleraceae* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture 86: 346-355

[63] Akhtar, A., N.A. Abbasi and A. Hussain. 2010. Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage. Pakistan Journal of Botany 42(1): 181-188

[64] Kader, A.A. (ed.). 2002. Postharvest technology of horticultural crops. (3rd ed). Univerrsity of California, Agriculture and Natural Resources, Oakland, Publication 3311

[65] Yuan, G., B. Sun, J. Yuan, and Q. Wang. 2010. Effect of 1 methylcyclopropene on shelf life, visual quality, antioxidant enzymes and health-promoting compounds in broccoli florets. Food Chemistry 118: 774–781

[66] Nath, A., B. Bagchi, L.K. Misra, and C.D. Bidyut. 2011. Changes in post-harvest phytochemical qualities of broccoli florets during ambient and refrigerated storage. Food Chemistry 127: 1510–1514

[67] Barth, M.M., E.L. Kerbel, A.K. Perry and S.J. Schmidt. 1993. Modified atmosphere packaging affects ascorbic acid, enzyme activity and market quality of broccoli. Journal of Food Science 58: 140 – 3

[68] Barth M.M., E.L. Kerbel, S. Broussard and S.J. Schmidt. 1993. Modified atmosphere packaging protects market quality in broccoli spears under ambient temperature storage. Journal of Food Science 58: 1070 - 2

[69] Huang, R., R. Xia, Y. Lu, L. Hu and Y. Xu. 2008. Effect of preharvest salicylic acid spray treatment on post-harvest antioxidant in the pulp and peel of 'Cara cara' navel orange (*Citrus sinenisis* L. Osbeck). Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 229-236

www.SID.ir

Archive of SID

Influence of salicylic acid and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles on quality maintenance and storability extension of broccoli (*Brassica olerasea* var. italica plenk)

Azadshahraki, F. [1*], Asadian, A. H. [2]

1. Faculty of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
2. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Sarayan, University of Birjand, Birjand, Iran

(Received: 2016/12/24 Accepted: 2017/02/11)

In this research the efficacy of salicylic acid (SA) at 2 levels (0 and 2 mmL^{-1}) and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles at 2 levels (0 and 10 g) on physicochemical attributes and storage life of broccoli florets were evaluated. The samples were stored at 1°C and 90-95% relative humidity for 24 days. Samples were taken initially and at 4-day intervals during storage and to simulate market conditions they were placed at room temperature for 24 hr, and then qualitative and quantitative parameters such as weight loss, visual quality, ethylene, total soluble solid, titrable acidity, vitamin C, surface color, chlorophyll, total phenol and total antioxidant capacity, were measured. The results showed that SA treatment and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles and SA combined with potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles had significant effect in the maintaining visual quality and quantitative and qualitative characters than control florets. Also, SA combined with potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles showed the best effect in retaining of visual quality, preventing chlorophyll degradation and yellowing inhibition, as well as maintaining functional substances.

Keywords: Vitamin C, Surface color, Chlorophyll, Ethylene production

* Corresponding Author E-Mail Address: farzad_shahrakiazad@yahoo.com

www.SID.ir