

اثر کیتوزان و کلرید کلسیم بر حفظ کیفیت پس از برداشت و ترکیب‌های پاداکسنده میوه توت‌فرنگی

حسین میغانی^{۱*}، ناصر برومند^۲، اسحاق مقبلی^۳

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.

۳- دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۵/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۰)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر پوشش خوراکی کیتوزان و کلرید کلسیم بر ویژگی‌های فیزیکی، کیفی و بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم پارس انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار (پوشش کیتوزان ۰/۵ و ۱/۵ درصد و کلرید کلسیم ۱ درصد به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر) به همراه شاهد و زمان نمونه‌برداری (زمان برداشت، ۶ و ۱۲ روز پس از شروع انبارداری) در سه تکرار اجرا شد. پس از تیمار، میوه‌ها به سردخانه‌ای با دمای $4 \pm 0/5$ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد منتقل شدند. نتایج نشان داد که با افزایش مدت انبارداری در همه تیمارها شاخص‌های کاهش وزن، مواد جامد محلول و شاخص طعم افزایش یافت، درحالی‌که میزان سفتی بافت میوه، آسکوربیک اسید، فنل و فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل و ظرفیت پاداکسنده‌گی کاهش یافت. پس از ۱۲ روز انبارداری میزان کاهش وزن، مواد جامد محلول و شاخص طعم به ترتیب با میانگین ۵/۴۴، ۱۱/۸۹ درصد و ۹/۸۶ در میوه‌های گروه شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود. در حالی‌که میزان سفتی بافت میوه، آسکوربیک اسید، فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین کل و ظرفیت پاداکسنده‌گی در میوه‌های تیمار شده با پوشش کیتوزان و کلرید کلسیم به‌طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های گروه شاهد بود. کاربرد توأم پوشش کیتوزان و کلرید کلسیم در حفظ شاخص‌های فوق از کاربرد هرکدام از آن‌ها به تنهایی بهتر بود. در مجموع برهمکنش کلرید کلسیم یک درصد با پوشش کیتوزان ۱/۵ درصد مؤثرترین تیمار در حفظ ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی طی انبارداری سرد بود.

کلید واژگان: آسکوربیک اسید، آنتوسیانین کل، سفتی بافت، ظرفیت پاداکسنده‌گی، فلاونوئید کل

۱- مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria spp.*) از جنس *Fragaria* و خانواده روزاسه^۱ است. توت‌فرنگی منبع غنی از پاداکسند‌های (آنتی‌اکسیدان‌های) طبیعی است که علاوه بر ویتامین‌ها و عناصر معدنی، دارای مقدار قابل توجهی آنتوسیانین، فلاونوئید، فنولیک اسید و آسکوربیک اسید می‌باشد [۱]. با این که توت‌فرنگی دارای توانایی بالایی در جذب رادیکال‌های آزاد اکسیژن و سیستم آنزیمی برای زدودن گونه‌های اکسیژن فعال می‌باشد، اما به دلیل تنفس بالا، فعالیت متابولیک بالا و حساسیت به پوسیدگی‌های میکروبی و قارچی به خصوص کپک خاکستری حاصل از قارچ *Botrytis cinerea* یکی از میوه‌های بسیار فسادپذیر است. همچنین به دلیل بافت نرم و نداشتن پوست محافظ، به از دست دادن رطوبت، سایدگی و صدمات مکانیکی حساس است و طول عمر پس از برداشت کوتاهی دارد [۲]. لذا توسعه روش‌های مناسب برای کاهش پوسیدگی و افزایش عمر انباری میوه توت‌فرنگی ضروری است. با توجه به این‌که فاصله زمانی بین برداشت تا مصرف میوه توت‌فرنگی بسیار کوتاه است بنابراین کاربرد مواد شیمیایی برای کنترل بیماری‌ها و حفظ کیفیت آن باید با دقت بیشتری صورت گیرد [۳]. در این راستا در دهه‌های اخیر تلاش فراوانی جهت افزایش ماندگاری و حفظ ارزش تغذیه‌ای آن در شرایط پس از برداشت با روش‌هایی غیر از قارچ‌کش‌ها انجام شده است. انبارداری در دمای پایین به‌طور گسترده‌ای بدین منظور مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده از تیمار گرمایی و اتمسفر کنترل شده در کند کردن پوسیدگی و نرم شدن بافت میوه توت‌فرنگی گزارش شده است اما دمای بالا و غلظت بالای دی‌اکسید کربن بر شاخص‌های رنگ بافت میوه تأثیر منفی دارند [۴].

یکی از روش‌های توصیه شده جهت کاهش ضایعات میوه‌ها، افزایش غلظت کلسیم میوه با استفاده از املاح کلسیم است. کلسیم در ساختار لایه میانی سلول که از جنس پکتات کلسیم است نقش اساسی دارد. همچنین کلسیم از فعالیت آنزیم‌های تولید کننده اتیلن که ساختار پروتئینی داشته و به غشای سلول متصل هستند، می‌کاهد. لذا کلسیم با قرار گرفتن در دیواره

سلولی و استحکام بخشیدن به آن و از طرف دیگر کاهش تولید اتیلن در حفظ سفتی بافت میوه و کاهش بروز اختلالات فیزیولوژیکی مؤثر است [۵]. گزارش شده است که تیمار غوطه‌وری کلرید کلسیم در میوه توت‌فرنگی موجب افزایش محتوی کلسیم، حفظ سفتی بافت میوه و کنترل پوسیدگی‌های پس از برداشت می‌شود [۶]. همچنین کاربرد کلرید کلسیم در میوه خرمالو در شرایط پس از برداشت، افزایش میزان سفتی بافت و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در مقایسه با شاهد موجب شد و از طرفی کاهش وزن میوه و میزان خسارت سرمازدگی را کاهش داد [۷].

روش مناسب و عملیاتی دیگر برای افزایش عمر تازه محصولات باغی استفاده از پوشش‌های خوراکی است که با کاهش تغییرات متابولیک نیز همراه است. پوشش خوراکی به‌عنوان لایه نازکی از مواد است که برای مصرف‌کننده قابل خوردن بوده و به‌عنوان مانعی در مقابل انتقال گازها و بخار آب عمل می‌کند. پوشش‌های خوراکی می‌توانند به‌عنوان جایگزین مواد شیمیایی برای افزایش عمر میوه‌ها و سبزی‌های تازه مورد استفاده قرار گیرند و اثراتی مشابه انبارهای با اتمسفر کنترل شده داشته باشند [۸]. کیتوزان یکی از این پوشش‌های طبیعی است که به‌طور موفقیت‌آمیزی در فیزیولوژی پس از برداشت استفاده می‌شود. کیتوزان، پلیمر β (۱و۱) -ان-استیل دی‌گلوکز آمین، از استیل‌زدایی کیتین استخراج شده از دیواره سلولی قارچ‌ها و پوست خارجی سخت پوستانی چون میگوها و خرچنگ‌ها تولید می‌شود [۹]. کیتوزان به‌خاطر دار بودن خاصیت ضد میکروبی در فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. خاصیت ضد میکروبی کیتوزان گستره وسیعی از میکروارگانیسم‌ها را در برمی‌گیرد [۸]. در پژوهشی، میوه توت‌فرنگی تیمار شده با کیتوزان در پایان دوره انباری دارای کیفیت بهتر و مقدار فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین بیشتری در مقایسه با شاهد بود [۱]. گرچه اثر کیتوزان و کلرید کلسیم بر انبارداری میوه توت‌فرنگی قبلاً بررسی شده است اما در این پژوهش اثر کاربرد توأم کیتوزان و کلرید کلسیم در حفظ کیفیت و افزایش عمر انباری میوه توت‌فرنگی رقم پاروس که یکی از ارقام مهم کشت شده در شرایط گلخانه‌ای منطقه جیرفت می‌باشد، بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد گیاهی

توت‌فرنگی رقم پاروس از گلخانه‌ای واقع در شهرستان جیرفت تهیه شد. میوه‌ها در مرحله‌ای که حدود ۸۰-۷۵ درصد رنگ گرفته بودند برداشت و به آزمایشگاه علوم باغبانی منتقل شدند. میوه‌ها از نظر شکل، اندازه و رنگ تقریباً یکسان و عاری از آفات، بیماری‌ها و صدمات ظاهری بودند.

آزمایش به صورت فاکتوریل (تیمار و زمان نمونه‌برداری) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده شامل شاهد (آب مقطر)، غلظت‌های ۰/۵ و ۱/۵ درصد کیتوزان با وزن ملکولی کم (شرکت سیگما آلدریچ)، غلظت یک درصد کلرید کلسیم و کاربرد توأم کیتوزان و کلرید کلسیم بود. میوه‌ها به روش غوطه‌وری^۱ و به مدت دو دقیقه در تیمارهای مختلف قرار گرفتند. برای شاهد (غلظت صفر) از آب مقطر به همراه استیک اسید (۰/۵ درصد) که pH آن نیز در حدود ۵/۲ تنظیم شده بود، استفاده گردید. سپس میوه‌های در دمای اتاق قرار گرفتند تا خشک شوند. شمار ۱۰ میوه از هر تیمار درون ظرف‌های پلاستیکی درب‌دار قرار گرفتند و دو عدد ظرف به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. سپس میوه‌ها در سردخانه با دمای $4 \pm 0/5$ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی 90 ± 5 درصد به مدت ۱۲ روز قرار داده شدند. قبل از تیمار (روز صفر)، ۶ و ۱۲ روز پس از شروع انبارداری صفات زیر اندازه‌گیری شد.

۲-۲- صفات اندازه‌گیری شده

قبل از قراردادن نمونه‌ها در سردخانه و همچنین در زمان نمونه‌برداری، وزن میوه‌های هر تکرار توسط ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت گردید. میزان کاهش وزن به صورت درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه مطابق فرمول زیر محاسبه شد:

$$= \text{درصد کاهش وزن}$$

$$= 100 \times (\text{وزن اولیه قبل از لابر} / \text{وزن زمان نمونه‌برداری} - \text{وزن اولیه قبل از لابر})$$

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (Santam, England) مدل STM-1، میزان مواد جامد محلول با استفاده از دستگاه رفاکومتر دیجیتالی (Euromex RD, Holland, 635)، اسیدیته قابل عیار (TA) به روش عیارسنجی با استفاده از هیدروکسید سدیم یک دهم نرمال تا رسیدن به pH برابر ۸/۲، آسکوربیک اسید به روش عیارسنجی با استفاده از ۶و۲- دی‌کلروفنل‌ایندوفنل^۲ [۱۰]، فنل کل با استفاده از روش فولین-سیکالچو^۳ [۱۱]، فلاونوئید کل با روش آلومینیوم کلراید [۱۲] و ظرفیت پاداکسندگی (فعالیت آنتی‌اکسیدانی) از طریق خاصیت خثی شونگی رادیکال آزاد DPPH^۴ اندازه‌گیری شد [۱۳]. شاخص بلوغ یا طعم میوه (TSS/TA) با تقسیم مقدار مواد جامد محلول بر مقدار اسیدیته قابل عیار محاسبه شد.

۲-۳- آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (V. 9.1) و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- کاهش وزن

وزن میوه توت‌فرنگی در همه تیمارها طی مدت انبارداری کاهش یافت. میزان کاهش وزن در میوه‌های گروه شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود هرچند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار کلرید کلسیم یک درصد نشان نداد. کاربرد کیتوزان به تنهایی و یا در ترکیب با کلریدکلسیم باعث جلوگیری از کاهش وزن میوه توت‌فرنگی رقم پاروس شد. پس از ۱۲ روز انبارداری کمترین میزان کاهش وزن با میانگین ۳/۰۱ درصد مربوط به تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد همراه با کلرید کلسیم یک درصد بود اما تفاوت معنی‌داری با تیمار ترکیب کیتوزان ۰/۵ درصد و کلرید کلسیم یک درصد نشان نداد (شکل ۱).

2. 2,6-dichlorophenolindophenol (DCPIP)
3. Folin-Ciocalteu
4. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

1. Dipping

معنی‌داری در مقایسه با زمان برداشت (روز صفر) افزایش یافت.

گرچه در میوه‌های پوشش داده شده با غلظت‌های ۰/۵ و ۱/۵ درصد کیتوزان کاهش غیرمعنی‌داری در مقایسه با زمان برداشت صورت گرفت اما در میوه‌های گروه شاهد کاهش معنی‌داری در میزان سفتی بافت میوه مشاهده شد. با افزایش مدت انبارداری میزان سفتی بافت میوه در همه تیمارها به طور محسوسی کاهش یافت. در میوه‌های گروه شاهد و تیمار کلرید کلسیم یک درصد به همراه کیتوزان ۱/۵ درصد میزان سفتی بافت میوه نسبت به زمان برداشت به ترتیب ۵۳ و ۱۷ درصد کاهش یافت. در همه مراحل نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری بین تیمار کلرید کلسیم و تیمارهای حاوی ترکیب کلرید کلسیم و کیتوزان مشاهده نشد (شکل ۲).

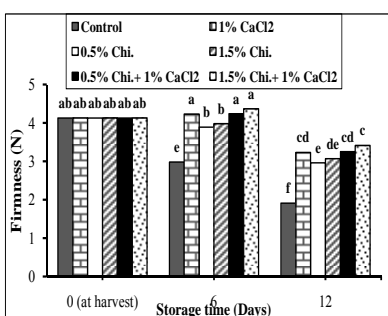


Fig 2 The effect of chitosan coating and CaCl_2 on firmness of strawberry fruit cv. Paros during cold storage. Values with different letters are significantly different ($p \geq 0.05$). Chi, chitosan coating.

سفتی بافت یکی از مهمترین پارامترهای فیزیکی مورد استفاده جهت ارزیابی کیفی میوه طی فرآیند رسیدن، انبارداری و توزیع میوه‌ها می‌باشد و در انتخاب مصرف‌کننده تأثیرگذار است [۱۸]. نرمی بافت میوه در نتیجه تغییرات ساختار دیواره سلولی شامل کاهش همی سلولز، گالاکتوز و حل شدن پکتین صورت می‌گیرد و نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی می‌باشد [۱۹]. گزارش شده است که در طی مدت انبارداری میوه توت‌فرنگی طول و عرض زنجیره پکتین کاهش پیدا می‌کند که نرم شدن بافت میوه را به دنبال دارد اما تیمار

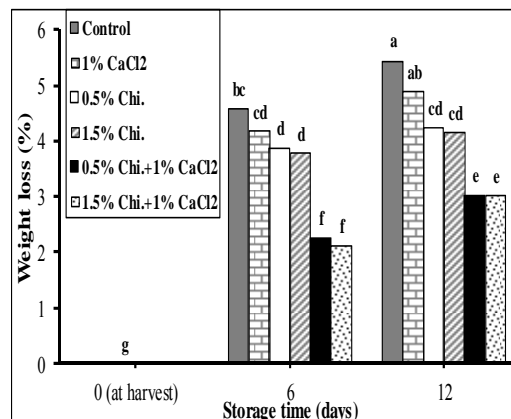


Fig 1 The effect of chitosan coating and CaCl_2 on weight loss of strawberry fruit cv. Paros during cold storage. Values with different letters are significantly different ($p \geq 0.05$). Chi, chitosan coating.

کاهش وزن میوه به علت فعالیت متابولیکی، تنفس و تعرق صورت می‌گیرد. پوست نازک توت‌فرنگی آن را حساس به از دست دادن رطوبت می‌سازد که منجر به پژمردگی و زوال میوه می‌شود [۱۴]. در این پژوهش کلسیم به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر میزان کاهش وزن میوه توت‌فرنگی نداشت که با نتایج گزارش شده توسط سایر محققان مطابقت دارد [۱۴ و ۱۵]. نقش کیتوزان در کاهش وزن میوه را می‌توان به خاصیت پلی‌کاتیونی آن نسبت داد. این پوشش پلی‌کاتیونی با شکسته شدن به قطعات پلی‌مری و تشکیل مجدد زنجیره پلی‌مری، باعث تشکیل فیلم پوششی سطحی با حالت ژله‌ای می‌گردد [۱۵]. این پوشش منجر به ایجاد لایه‌ای آب‌دوست در اطراف میوه شده که مانعی در برابر تبادلات گازی می‌باشد و بدین ترتیب تنفس را کاهش داده و از تعرق و کاهش رطوبت سطحی نیز جلوگیری می‌کند [۸]. یکی از دلایل کاهش وزن میوه طی مدت نگهداری در سردخانه، آلودگی به عوامل بیماری‌زا است که با صدمه به بافت میوه می‌تواند میزان کاهش وزن میوه‌ها را افزایش دهد. بنابراین کیتوزان به دلیل داشتن خاصیت ضد میکروبی، با کاهش آلودگی‌های پس از برداشت از کاهش وزن میوه جلوگیری می‌کند [۸ و ۱۵]. کاهش از دست رفتن رطوبت با کاربرد پوشش کیتوزان در توت‌فرنگی [۲]، انار [۱۶] و گوجه‌فرنگی [۱۷] نیز گزارش شده است.

۳-۲- سفتی میوه

در این پژوهش میزان سفتی بافت میوه توت‌فرنگی پس از ۶ روز انبارداری در تیمارهای حاوی کلرید کلسیم به طور غیر

انبارداری میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه افزایش یافت. میزان افزایش در میوه‌های پوشش داده شده با کیتوزان در مقایسه با میوه‌های گروه شاهد و کلرید کلسیم به طور معنی‌داری کمتر بود. همچنین تیمار کلرید کلسیم در مقایسه با گروه شاهد دارای میزان مواد جامد محلول کمتری بود. در پایان دوره انبارداری میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم نسبت به زمان برداشت در میوه‌های گروه شاهد به ترتیب ۴۶ و ۸۴ درصد افزایش یافت اما کمترین افزایش مواد جامد محلول به میزان ۹ درصد از تیمار کیتوزان ۰/۵ درصد با کلرید کلسیم یک درصد و شاخص طعم به میزان ۲۴ درصد از تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد با کلرید کلسیم یک درصد به دست آمد. به طور کلی تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف کیتوزان به تنهایی و یا در ترکیب با کلرید کلسیم وجود نداشت (جدول ۱).

کلرید کلسیم با ایجاد پیوند یونی، تخریب زنجیره پکتین را کند می‌کند [۵]. در این پژوهش تیمار غوطه‌وری کلسیم در حفظ سفتی بافت میوه توت‌فرنگی مؤثر بود که با نتایج گزارش شده در سیب [۲۰]، توت‌فرنگی [۵]، گیلاس [۲۱] و خرمالو [۷] مطابقت دارد. با بالغ شدن و رسیدن میوه‌ها در اثر حل شدن تیغه میانی دیواره سلولی میوه‌ها نرم می‌شوند. پوشش کیتوزان با ایجاد اتمسفر تغییر یافته در اطراف میوه فرآیند رسیدن و پیری میوه را کند می‌کند [۵] و به دلیل داشتن خاصیت میکروبی از فساد میوه می‌کاهد [۱] که احتمالاً بدین طریق به حفظ سفتی بافت میوه کمک می‌کند.

۳-۳- ویژگی‌های کیفی میوه

نتایج به دست آمده نشان داد که میزان مواد جامد محلول و شاخص طعم میوه توت‌فرنگی به طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش تیمار و مدت انبارداری قرار گرفت. با افزایش مدت

Table 1 The effect of chitosan coating and CaCl₂ on TSS, TSS/TA and ascorbic acid of strawberry fruit cv. Paros during cold storage

Trait	Storage time (Days)	Treatment					
		Control	1% CaCl ₂	0.5% Chi.	1.5% Chi.	1% CaCl ₂ + 0.5% Chi.	1% CaCl ₂ + 1.5% Chi.
TSS	0 (at harvest)	6.75 f	6.75 f	6.75 f	6.75 f	6.75 f	6.75 f
	6	7.46 cd	7.25 de	7.11 def	7.09 def	6.94 ef	6.93 ef
	12	9.86 a	8.34 b	7.85 c	7.87 c	7.38 cd	7.44 cd
TSS/TA	0 (at harvest)	6.44 e	6.44 e	6.44 e	6.44 e	6.44 e	6.44 e
	6	8.85 bc	7.86 cd	7.54 d	7.53 d	7.21 de	7.20 de
	12	11.89 a	9.42 b	8.88 bc	8.87 bc	8.09 cd	7.97 cd
Ascorbic acid	0 (at harvest)	72.37 a	72.37 a	72.37 a	72.37 a	72.37 a	72.37 a
	6	53.71 d	54.20 d	61.79 b	64.49 b	62.39 b	64.50 b
	12	41.79 e	43.26 e	52.13 d	57.75 c	52.69 d	58.11 c

* Means with different letter(s) in each column and row for each parameter are significantly different at $p \geq 5\%$ level. (Chi, chitosan coating; TA, Titratable acidity; TSS, total soluble solids).

دارای TSS کمتری در مقایسه با میوه‌های گروه شاهد بود که می‌تواند به دلیل کاهش تنفس و فعالیت‌های متابولیک در نتیجه کاربرد کلسیم باشد [۵]. در میوه توت‌فرنگی [۵] و خرمالو [۷] نیز نتایج مشابهی گزارش شده است. اثر متقابل تیمار و مدت انبارداری و اثر ساده تیمار بر میزان TA معنی‌دار نبود اما همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است با افزایش مدت انبارداری میزان TA کاهش یافت. افزایش اندکی در میزان TA میوه‌های گروه شاهد در مقایسه با سایر تیمارها وجود داشت اما این تغییر از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

در تأیید یافته‌های این پژوهش، میزان مواد جامد محلول در میوه‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا پوشش داده شده با کیتوزان و کلسیم طی مدت ۷ روز انبارداری در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت [۲]. کاهش وزن و غلیظ شدن آب میوه طی مدت انبارداری [۲۲] و حل شدن ترکیبات تشکیل‌دهنده دیواره سلولی طی فرآیند رسیدن و پیری می‌تواند دلیل افزایش میزان مواد جامد محلول باشد [۲۲ و ۲]. اما پوشش کیتوزان با ایجاد مانع در برابر تبادلات گازی، فعالیت‌های متابولیک و فرآیند پیری میوه را کندتر می‌کند [۸] که بدین ترتیب روند افزایش مواد جامد محلول را آهسته‌تر می‌شود. در این پژوهش میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم

مقایسه با زمان برداشت به ترتیب ۴۲ و ۴۰ درصد کاهش نشان داد. میزان کاهش در میوه‌های پوشش داده شده با کیتوزان به‌طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. پس از ۶ روز انبارداری تفاوتی بین غلظت‌های ۰/۵ و ۱/۵ درصد کیتوزان به تنهایی و ترکیب با کلرید کلسیم وجود نداشت اما با افزایش مدت انبارداری (۱۲ روز) میزان کاهش در تیمارهای ۱/۵ درصد کیتوزان به‌طور محسوسی کمتر از غلظت ۰/۵ درصد بود. در این پژوهش کلرید کلسیم تأثیر معنی‌داری بر حفظ آسکوربیک اسید میوه‌ی توت‌فرنگی نداشت. در پایان مدت انبارداری بیشترین میزان آسکوربیک اسید با میانگین ۵۸/۱۱ میلی‌گرم از تیمار ۱/۵ درصد کیتوزان همراه با کلرید کلسیم یک درصد به‌دست آمد (جدول ۱).

آسکوربیک اسید در مقایسه با سایر مواد مغذی در طی فرآیند مصرف و انبارداری به اکسیداسیون و تجزیه حساس‌تر است و دلیل احتمالی کاهش آسکوربیک اسید در زمان انبارداری اتواکسیداسیون آن است که به‌صورت خود به خودی در مجاورت اکسیژن هوا رخ می‌دهد [۲۲]. به نظر می‌رسد پوشش کیتوزان با کاهش میزان اکسیژن در دسترس، اکسیداسیون آسکوربیک اسید را کاهش داده باشد که به همین دلیل میوه‌های پوشش‌دار در پایان دوره انبارداری دارای میزان آسکوربیک اسید بیشتری در مقایسه با شاهد بودند که با نتایج گزارش شده در توت‌فرنگی [۱] و لیچی [۲۴] مطابقت دارد. در این پژوهش کاربرد کلرید کلسیم تأثیر معنی‌داری بر حفظ میزان آسکوربیک اسید توت‌فرنگی طی مدت انبارداری نداشت. در سیب رقم رد دلشز غلظت‌های ۰/۵ و یک درصد کلرید کلسیم طی مدت ۶۰ روز انبارداری تأثیر معنی‌داری بر میزان آسکوربیک اسید در مقایسه با شاهد نداشت اما در غلظت‌های ۱/۵ و ۲ درصد کلرید کلسیم میزان آسکوربیک اسید به‌طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود [۲۵]. بر عکس در میوه زغال‌اخته پس از سه هفته انبارداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، کلرید کلسیم نقش مؤثری در حفظ آسکوربیک اسید نشان داد [۲۶].

۳-۵- فنل و فلاونوئید کل

میزان فنل و فلاونوئید کل با افزایش مدت انبارداری در همه تیمارها به‌تدریج کاهش یافت. اما اثر متقابل تیمار و مدت انبارداری بر میزان فنل کل معنی‌دار نبود. بیشترین میزان فنل از تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد و کلرید کلسیم یک درصد با میانگین

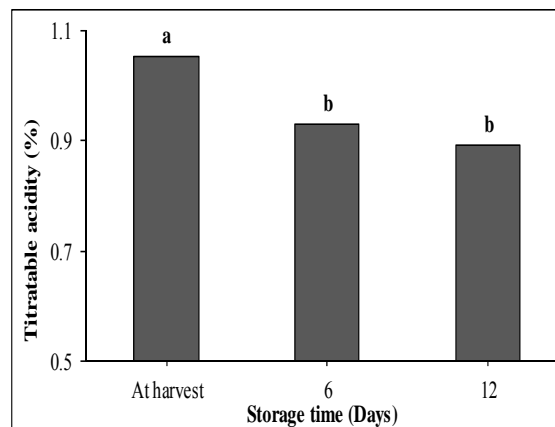


Fig 3 The effect of storage Days on TA of strawberry fruit cv. Paros during cold storage. Values with different letters are significantly different ($p \geq 0.05$).

نتایج گزارش شده در مورد اثر کلسیم و کیتوزان بر میزان TA طی مدت انبارداری متفاوت است. در پژوهشی گزارش گردید که تیمار کیتوزان و کلرید کلسیم به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، اثر معنی‌داری بر میزان TA توت‌فرنگی رقم کاماروسا طی مدت ۷ روز انبارداری در دمای ۱۰ درجه‌سانتی‌گراد نداشت [۲]. در حالی‌که در پژوهشی دیگر، کاربرد کلرید کلسیم منجر به افزایش میزان TA میوه توت‌فرنگی طی مدت انبارداری شد [۵]. همچنین پوشش کیتوزان در توت‌فرنگی رقم کاماروسا طی مدت انبارداری موجب افزایش میزان TA در مقایسه با میوه‌های شاهد شد [۲۳]. تناقض در نتایج گزارش شده می‌تواند مربوط به خصوصیات ژنتیکی، دمای انبار و غلظت ترکیب‌های مورد استفاده باشد.

شاخص طعم یکی از مهمترین پارامترهای کیفی در ارزیابی میوه توت‌فرنگی است که تعیین‌کننده قابلیت پذیرش آن توسط مصرف‌کنندگان است [۱۸]. در این پژوهش با توجه به افزایش معنی‌دار میزان TSS و کاهش میزان TA طی مدت انبارداری، میزان شاخص طعم افزایش یافت که با سایر نتایج گزارش شده مبنی بر افزایش میزان شاخص طعم میوه طی مدت نگهداری در انبار مطابقت دارد [۱۸ و ۲۳].

۳-۴- آسکوربیک اسید

میزان آسکوربیک اسید میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در زمان برداشت ۷۲/۳۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود که در طول مدت انبارداری میزان آسکوربیک اسید در همه تیمارها کاهش یافت. میزان کاهش در میوه‌های گروه شاهد و تیمار کلرید کلسیم بیشتر از سایر تیمارها بود و پس از ۱۲ روز انبارداری در

بیشترین میزان فلاونوئید از تیمارهای ترکیبی کیتوزان و کلرید کلسیم به دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی داری با کاربرد پوشش کیتوزان و کلرید کلسیم به تنهایی نشان داد (جدول ۲).

میزان فلاونوئید کل در میوه‌های گروه شاهد پس از ۱۲ روز انبارداری نسبت به زمان برداشت ۵۰ درصد کاهش یافت در حالی که این کاهش در تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد و کلرید کلسیم یک درصد حدود ۱۷ درصد بود. در گیاهان بیوستتر ترکیبات فنلی مانند فلاونوئیدها و آنتوسیانین از طریق مسیر فنیل پروپانویید انجام می‌شود [۲۶]. ترکیبات فنلی غالب در میوه توت‌فرنگی کومارین، کوئرستین و الازیک اسید است و فلاونوئیدهای با پایه پلارگونیدین بیشتر از فلاونوئیدهای با پایه سیانیدین گزارش شده است [۱]. در این پژوهش میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم دارای میزان فنل و فلاونوئید کل بیشتری از میوه‌های گروه شاهد بود که با نتایج گزارش شده در ذغال اخته [۲۶] و گلابی [۲۷] مطابقت دارد. تجزیه و تخریب ترکیبات فنلی نتیجه فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز (PPO) و پراکسیداز (POD) می‌باشد [۲۴]. در میوه گلابی با کاربرد کلرید کلسیم در شرایط پس از برداشت میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز) افزایش و فعالیت آنزیم POD کاهش یافت [۲۷].

۴۰۲/۴۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بافت تازه به دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی داری با میوه‌های گروه شاهد و کلرید کلسیم نشان داد اما تفاوت معنی داری بین تیمارهای پوشش کیتوزان به تنهایی و یا در ترکیب با کلرید کلسیم مشاهده نشد (شکل ۴).

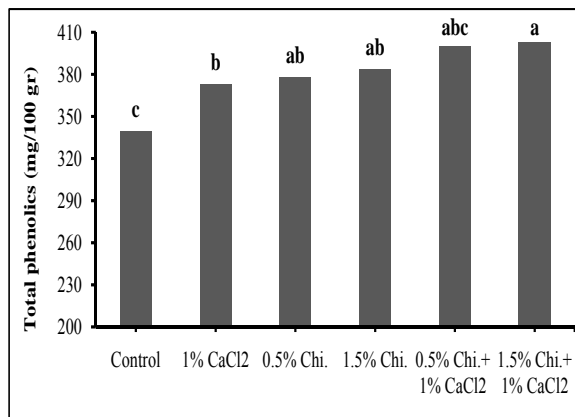


Fig 4 The effect of treatment on total phenolics content of strawberry fruit cv. Paros at cold storage. Values with different letters are significantly different ($p \geq 0.05$). Chi, chitosan coating.

پس از ۶ روز انبارداری تغییر معنی داری در میزان فلاونوئید کل میوه‌های گروه شاهد در مقایسه با سایر تیمارها به جز تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد و کلرید کلسیم یک درصد وجود نداشت. اما در پایان مدت انبارداری میزان فلاونوئید کل در تیمارهای مورد استفاده بیشتر از میوه‌های گروه شاهد بود. در این مرحله

Table 2 The effect of chitosan coating and CaCl₂ on antioxidant compounds of strawberry fruit cv. Paros during cold storage

Traits	Storage time (Days)	Treatment					
		Control	1% CaCl ₂	0.5% Chi.	1.5% Chi.	1% CaCl ₂ +0.5% Chi.	1% CaCl ₂ +1.5% Chi.
Total flavonoids (mg/100g)	0 (at harvest)	286.45 a	286.45 a	286.45 a	286.45 a	286.45 a	286.45 a
	6	238.46 cd	239.99 cd	242.18 cd	241.56 cd	257.36 bc	263.14 b
	12	143.16 f	195.46 e	207.65 e	207.87 e	239.46 cd	237.65 d
Total anthocyanins (mg/l)	0 (at harvest)	119.61 a	119.61 a	119.61 a	119.61 a	119.61 a	119.61 a
	6	121.36 a	122.14 a	123.46 a	117.65 a	119.65 a	126.13 a
	12	62.74 e	73.54 d	78.92 cd	77.69 d	88.69 bc	89.37 b
Antioxidant activity (%DPPHsc)	0 (at harvest)	79.63 a	79.63 a	79.63 a	79.63 a	79.63 a	79.63 a
	6	60.42 efg	68.66 bcd	69.77 bcd	71.36 bc	73.12 ab	74.16 ab
	12	43.65 h	53.87 g	57.49 fg	56.43 g	64.15 def	65.66 cde

* Means with different letter(s) in each column and row for each parameter are significantly different at $p \geq 5\%$ level. (Chi, chitosan edible coating; %DPPHsc, DPPH scavenging activity).

گروه شاهد بود [۱] که با نتایج به دست آمده در این پژوهش مطابقت دارد. همچنین پوشش کیتوزان در حفظ ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی توت‌فرنگی [۱۸] و انار [۱۶] مؤثر بود. حفظ

در پژوهشی میوه توت‌فرنگی پوشش داده شده با کیتوزان طی مدت انبارداری در دمای ۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد دارای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بیشتری در مقایسه با میوه‌های

تیمار کیتوزان و کلرید کلسیم با کاهش فعالیت آنزیم‌های فوق به‌طور معنی‌داری از تخریب آنتوسیانین‌ها جلوگیری می‌کند [۱، ۱۸ و ۲۴].

۳-۷- فعالیت پاداکسندگی (فعالیت آنتی‌اکسیدانی)

در میوه‌های توت‌فرنگی انبار شده در دمای ۴ درجه‌سنتی‌گراد به‌تدریج فعالیت پاداکسندگی در همه تیمارها کاهش یافت. پس از ۶ روز انبارداری بالاترین میزان فعالیت پاداکسندگی از تیمارهای ترکیبی کیتوزان و کلرید کلسیم به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با زمان برداشت نداشت. در این مرحله تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای مورد استفاده به‌جز شاهد وجود نداشت. بیشترین میزان کاهش پس از ۱۲ روز انبارداری از میوه‌های گروه شاهد به‌دست آمد که در مقایسه با زمان برداشت ۴۵ درصد کاهش فعالیت نشان داد در حالی‌که میزان کاهش در تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد به همراه کلرید کلسیم یک درصد حدود ۱۷ درصد بود. پس از ۱۲ روز انبارداری بین غلظت‌های مختلف کیتوزان و کلرید کلسیم به تنهایی، اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲).

تنش‌های اکسیداتیو از جمله پیری باعث افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شوند، اما سیستم‌های پاداکسندگی فعال درونی می‌تواند رادیکال‌های آزاد را از بین ببرد و بدین ترتیب پیری را به‌تأخیر می‌اندازد [۲۹]. پژوهش‌های قبلی نشان داد که توت‌فرنگی منبع غنی از پاداکسندگی طبیعی است [۱، ۲ و ۱۴]. کاهش فعالیت پاداکسندگی طی مدت انبارداری ممکن است به‌دلیل فرآیند پیری، افزایش تنش اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد و پوسیدگی میوه باشد [۱۸ و ۲۲]. از طرفی همبستگی مثبتی بین فعالیت پاداکسندگی و ترکیبات فنلی گزارش شده است [۷ و ۲۲]. بنابراین کاهش فعالیت پاداکسندگی میوه توت‌فرنگی می‌تواند نتیجه کاهش ترکیبات فنلی و آسکوربیک اسید طی مدت انبارداری باشد که در این پژوهش اتفاق افتاد. اما کلرید کلسیم و پوشش کیتوزان به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر با حفظ ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی و به‌تأخیر انداختن فرآیند پیری موجب حفظ فعالیت پاداکسندگی در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد شدند که با یافته‌های گزارش شده در توت‌فرنگی [۱۸]، انار [۱۶]، خرمالو [۷] و گیلاس [۲۱] مطابقت دارد.

ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی بر اثر پوشش کیتوزان، به تأخیر ایجاد شده در فرآیند پیری [۱ و ۱۸] و کاهش فعالیت آنزیم PPO و یا افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نسبت داده شده است [۱۸].

۳-۶- آنتوسیانین کل

میزان آنتوسیانین موجود در میوه توت‌فرنگی در زمان برداشت ۱۱۹/۶۱ میلی‌گرم در لیتر بود که تا ۶ روز پس از شروع انبارداری افزایش مختصری در همه تیمارها مشاهده شد هر چند از نظر آماری معنی‌دار نبود. با افزایش مدت انبارداری مقدار آنتوسیانین کاهش یافت و پس از گذشت ۱۲ روز، کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب با میانگین ۶۲/۷۴ و ۸۹/۳۷ میلی‌گرم در لیتر از میوه‌های گروه شاهد و تیمار کیتوزان ۱/۵ درصد با کلرید کلسیم یک درصد به‌دست آمد. مقدار آنتوسیانین در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم نیز به‌طور معنی‌داری بیشتر از میوه‌های گروه شاهد در پایان دوره انبارداری بود. کاربرد توأم کیتوزان و کلرید کلسیم از کاربرد هرکدام از آنها به تنهایی بهتر بود (جدول ۲).

آنتوسیانین غالب در میوه توت‌فرنگی پلارگونیدین ۳-روتینوزاید گلوکوزاید است و آنتوسیانین‌های پلارگونیدین ۳-روتینوزاید و سیانیدین ۳-گلوکوزاید نیز در آن به مقدار کمتر گزارش شده است. غلظت و ترکیب آنتوسیانین‌ها که عامل رنگ قرمز توت‌فرنگی هستند برای کیفیت حسی و اثرات سودمند توت‌فرنگی مهم هستند [۱۸]. در این پژوهش میزان آنتوسیانین کل پس از ۶ روز انبارداری افزایش نشان داد. افزایش آنتوسیانین در شرایط پس از برداشت در ارقام توت‌فرنگی [۱ و ۱۸]، انار [۱۶] و گیلاس [۲۸] نیز قبلاً گزارش شده است. این افزایش می‌تواند نتیجه بیوستز آنتوسیانین‌ها در شرایط پس از برداشت [۱ و ۱۸] و یا از دست رفتن آب از این میوه‌ها و افزایش غلظت آنتوسیانین میوه باشد [۱۶]. در پایان دوره انبارداری میزان آنتوسیانین کل در مقایسه با زمان برداشت کاهش یافت. میزان کاهش آنتوسیانین در میوه‌های تیمار شده با کیتوزان و کلرید کلسیم کمتر بود که با نتایج گزارش شده در سایر پژوهش‌ها مطابقت دارد [۱۶، ۲۴ و ۲۶]. تغییرات ایجاد شده در میزان آنتوسیانین با کاربرد کیتوزان احتمالاً به‌دلیل تأخیر ایجاد شده در فرآیند پیری و کاهش اکسیژن در دسترس می‌باشد [۱]. همچنین کاهش میزان آنتوسیانین نتیجه تخریب آن در اثر فعالیت آنزیم‌های PPO و POD می‌باشد [۲۴] که

۴- نتیجه گیری کلی

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تیمار کیتوزان به تنهایی و یا در ترکیب با کلرید کلسیم می‌تواند در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی مؤثر باشد به طوری که در میوه‌های تیمار شده میزان کاهش وزن، مواد جامد محلول و شاخص طعم کمتر و میزان سفتی بافت میوه، آسکوربیک اسید، فنل و فلاونوئید کل، آنتوسیانین و فعالیت پاداکسندگی بیشتر از میوه‌های گروه شاهد بود. کاربرد توأم کیتوزان و کلرید کلسیم در مقایسه با کاربرد آن‌ها به تنهایی، در حفظ ویژگی‌های فیزیکی، کیفی و بیوشیمیایی مؤثرتر بود. بنابراین پوشش خوراکی کیتوزان ۱/۵ درصد به همراه کلرید کلسیم یک درصد می‌تواند برای انبارداری توت‌فرنگی مورد استفاده قرار گیرد.

۵- منابع

- [6] García, J.M., Herrera, S., and Morilla, A. 1996. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 44: 30-33.
- [7] 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.
- [8] Park, H.J. 1999. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science and Technology*. 10: 254-260.
- [9] Shahidi, F., Arachchi, J.K.V., and Jeon, Y.J. 1999. Food applications of chitin and chitosans. *Trends in Food Science and Technology*. 10: 37-51.
- [10] AOAC, 2000. Vitamins and other nutrients (Chapter 45). In *Official Methods of Analysis* (17th ed.), Washington, D.C.
- [11] Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Ranventos, R.M. 1999 Analysis of total phenols other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymology*. 299: 152-178.
- [12] Park, Y.S., Jung, S.T., Kang, S.G., Heo, B.G., Arancibia-Avila, P., Toledo, F., Drzewiecki, J., Namiesnik, J., and Gorinstein, S. 2008. Antioxidants and proteins in ethylene-treated kiwifruits. *Food Chemistry*. 107: 640-648.
- [13] Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., and Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Science and Technology*. 28: 25-30.
- [14] Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del-Valle V., Velez, D., and Gavara, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*. 110: 428-435.
- [15] Casariego, A., Souza, B.W.S., Vicente, A.A., Teixeira, J.A., Cruz, L., and Diaz, R. 2008. Chitosan coating surface properties as affected by plasticizer, surfactant and polymer concentrations in relation to the surface properties of tomato and carrot. *Food Hydrocolloids*. 22: 1452-1459.
- [16] Meighani, H., Ghasemnezhad, M., and Bakhshi, D. 2015. Effect of different coatings on post-harvest quality and
- [1] Wang, S.Y., and Gao, H. 2013. Effect of chitosan -based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *LW T - Food Science and Technology*. 52: 71-79.
- [2] Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Jose-Ocio, M., and Gavara, R. 2006. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*. 39: 247-253.
- [3] Bautista-Banos, S., Hernandez-Lauzardo, A.N., Vela'zquez-del Valle, M.G., Hernandez-Lopez, M., Ait Barka, E., Bosquez-Molinac, E., and Wilson, C.L. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*. 25: 108-118.
- [4] Gil, M.I., Holcroft, D.M., and Kader, A.A. 1997. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 45: 1662-1667.
- [5] Chen, F., Liu, H., Yang, H., Lai, S., Cheng, S., Xin, Y., Yang, B., Hou, H., Yao, Y., Zhang, S., Bu, G., and Deng, Y. 2011. Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. *Food Chemistry*. 126: 450-459.

- chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*. 70: 32–41.
- [24] Jiang, Y., Li, J., and Jiang, W. 2005. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. *LWT*. 38: 757–761.
- [25] Hussain P.R., Meena, R.S., Dar, M.A., and Wani, A.M. 2012. Effect of post-harvest calcium chloride dip treatment and gamma irradiation on storage quality and shelf-life extension of Red delicious apple. *Journal of Food Science and Technology*. 49(4):415–426.
- [26] Soleimani Aghdam, M., Yousefpour Dokhanieh, A., Hassanpour, H., and Rezapour Fard, J. 2013. Enhancement of antioxidant capacity of cornelian cherry (*Cornus mas*) fruit by postharvest calcium treatment. *Scientia Horticulturae*. 161: 160–164.
- [27] Kou, X.H., Guo, W.L., Guo, R.Z., Li, X.Y., and Xue, Z.H.. 2013. Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv. “Huang guan” during storage. *Food Bioprocess Technology*. 7: 671–681.
- [28] Goncalves, B., Silva, A.P., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., Rosa E., and Meyer, A.S. 2007. Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*. 103: 976–984
- [29] Van De Velde, F., Tarola, A.M., Güemes, D., and Pirovani, M.E. 2013. Bioactive compounds and antioxidant capacity of Camarosa and Selva strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Foods*. 2: 120-131.
- bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology*. 52(7): 4507–4514.
- [17] Liu, J., Tian, S., Meng, X., and Xu, Y. 2007. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 44: 300–306.
- [18] Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M.S., Zampella, L., Nobis E., Capriolo, G., and Scortichini, M. 2015. Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*. 2015, 4, 501-523
- [19] Fischer, R.L., and Bennett, A.B. 1991. Role of Cell Wall Hydrolases in Fruit Ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 42: 675-703.
- [20] Saftner R.A., Conway, W.S., and Sams, C.E. 1998. Effects of postharvest calcium and fruit coating treatments on postharvest life, quality maintenance, and fruit-surface injury in ‘Golden Delicious’ apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123: 294–298.
- [21] Wang, Y., Xie, X., and Long, L.E. 2014. The effect of postharvest calcium application in hydro-cooling water on tissue calcium content, biochemical changes, and quality attributes of sweet cherry fruit. *Food Chemistry*. 160: 22–30.
- [22] Sogvar, O.B., Koushesh Saba, M., and Emamifar, A. 2016. Aloe vera and ascorbic acid coatings maintain postharvest quality and reduce microbial load of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 114: 29–35.
- [23] Perdones, A., Sánchez-González, L., Chiralt, A., and Vargás, M. 2012. Effect of

Effect of chitosan coating and CaCl₂ on maintaining postharvest quality and antioxidant compound of strawberry fruit

Meighani, H.^{1*}, Boroomand, N.², Moghbeli, E.³

1. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
2. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3. Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

(Received: 2017/01/08 Accepted:2017/02/28)

This study was conducted to investigate the effect of chitosan edible coating and CaCl₂ on physical, quality and biochemical characteristics of strawberry fruit cv. Paros. A factorial experiment in a completely randomized design with five treatments (0.5 and 1.5% chitosan coating and 1% CaCl₂ alone and combined with others) with control and three sampling date (at harvest, 6 and 12 days after storage) in three replicates was implemented. After treatment, fruits were transferred to cold storage with 4±°C and 90±5% relative humidity. The results showed that with increasing storage time in all treatments weight loss, total soluble solids and flavor index increased and firmness, ascorbic acid, total phenolics, flavonoids and anthocyanins content and antioxidant activity decreased. After 12 days storage, weight loss, total soluble solids and flavor index with mean 5.44, 11.89 percent and 9.86 respectively was higher in control fruits than other treatments. While firmness, ascorbic acid, total phenolics, flavonoids and anthocyanins content and antioxidant capacity in treated fruits with chitosan coating and CaCl₂ was significantly higher than control fruits. The combined use of chitosan coating and CaCl₂ was better than using each of them alone in preserving above parameters. Overall, the interaction of 1% CaCl₂ with 1.5% chitosan coating was the most effective treatment in preserving the quality and biochemical characteristics of strawberry fruits during cold storage.

Keywords: Ascorbic acid, Antioxidant capacity, Firmness, Total anthocyanins, Total flavonoids

* Corresponding Author E-Mail Address: hmeighani@ujiroft.ac.ir