

بررسی اثر کلرید کلسیم و سالیسیلیک اسید بر ویژگیهای کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی (رقم گاویتا)

فاطمه ناظوری^{۱*}، شهین قیصریگی^۲

۱- استادیار گروه علوم باغبانی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲- دانشجوی دکتری علوم باغبانی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۷/۳۰)

چکیده

میوه توت‌فرنگی دارای بازارپسندی بالا و بسیار آسیب پذیر است. عوامل متعددی سبب از بین رفتن زود هنگام و کاهش عمر انباری آن می‌گردند. در این بررسی اثر ۴ تیمار کلرید کلسیم ۱ درصد، کلرید کلسیم ۲ درصد، کلرید کلسیم ۱ درصد + سالیسیلیک اسید یک میلی مولار، و کلرید کلسیم ۲ درصد + اسید سالیسیلیک یک میلی مولار بر ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی طی انبارداری در سه سطح (زمان برداشت، ۶ و ۱۲ روز بعد از انبار) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان از عدم تأثیر معنی دار تیمارهای ذکر شده بر صفاتی همچون، اسید کل، پی‌اچ، ویتامین ث و فعالیت آنتی اکسیدانی داشت. در پایان دوره نگهداری، کمترین (۱۲/۵ درصد) و بیشترین (۳۰ درصد) درصد کاهش وزن به ترتیب مربوط به تیمار تلفیقی کلرید کلسیم ۲ درصد با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار و تیمار شاهد بود. تیمارهای کاربردی از جمله تیمار تلفیقی کلرید کلسیم ۲ درصد نسبت به بقیه تیمارها و نمونه شاهد قادر به حفظ مواد جامد محلول شد به طوری که در نمونه شاهد مقدار این فاکتور از ۳/۵ درصد در زمان برداشت به ۴/۲۲ در پایان انبارمانی افزایش یافت. تیمارهای کلرید کلسیم ۲ و ۱ درصد به ترتیب بیشترین شاخص درخشندگی کاسبرگ و محتوای فنل را ثبت کردند. با توجه به تأثیر قابل توجه تیمار تلفیقی کلرید کلسیم ۲ درصد با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار در حفظ وزن و مواد جامد محلول، می‌توان با استفاده از این تیمار میوه توت‌فرنگی بسته بندی شده را تا ۱۴ روز در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری نمود.

کلید واژگان: کاهش وزن، سفتی، تیمار تلفیقی، صفات کمی و کیفی

۱- مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa*) میوه‌ای بسیار لطیف، حساس، آسیب‌پذیر و مستعد فساد سریع و لهیدگی است و به دلیل عطر و طعم، شکل زیبا، جذابیت رنگ و ارزش غذایی بالا طرفداران زیادی دارد. دوره تولید این محصول کوتاه بوده و امکان تولید خارج از فصل آن وجود دارد. حساسیت بالای میوه توت‌فرنگی، جابه‌جایی و انتقال محصول به مراکز مصرف را با مشکل مواجه کرده است، به طوری که از زمان برداشت تا مصرف مقدار قابل توجهی از محصول تلف شده و یا به دلیل افت شدید کیفیت، با بهای کم مبادله می‌شود [۱]. با توجه به امکان توسعه سطح زیر کشت این محصول در کشور، تلاش و مطالعه در راستای افزایش زمان ماندگاری این محصول در مرحله پس از برداشت بسیار ضروری است. کلسیم یکی از عناصر بسیار ضروری در رشد و نمو درختان میوه بوده و نقش مهمی در نگهداری کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها دارد [۲]. وجود کلسیم کافی در بهبود کیفیت، سفتی پوست و عمر انباری میوه مؤثر بوده و باعث کاهش سرعت تنفس و تأخیر در رسیدن میوه می‌شود [۳]. مطالعات انجام شده بیان گر آن است که سرعت پیری اغلب وابسته به مقدار کلسیم در بافت است به طوری که با افزایش سطوح کلسیم پارامترهای مختلف مؤثر در پیری مانند تنفس، مقدار پروتئین، کلروفیل و سیالیت غشا تغییر می‌یابد [۴]. کلسیم موجود در دیواره سلولی تا حد زیادی، میوه را در مقابل میکروب‌هایی که تلاش دارند با شکستن پکتین وارد آن شوند، محافظت می‌کند [۵]. کمبود کلسیم در میوه‌ها باعث کاهش عمر پس از برداشت و اختلالات فیزیولوژیکی آن‌ها می‌گردد. میوه‌های حاوی کلسیم کم، سرعت تنفس بالاتری دارند و از این رو سریع‌تر دچار فساد می‌شوند [۶]. پیوند کلسیم به صورت پکتات در تیغه‌های میانی برای استحکام دیواره سلولی و بافت گیاهی ضروری است. تخریب پکتات‌ها به وسیله آنزیم پلی گالاکتروناز صورت می‌گیرد و زمانی که کلسیم به حد کافی وجود داشته باشد از تخریب آن‌ها ممانعت می‌شود [۷]. استفاده از کلرید کلسیم به علت دارا بودن عنصر کلسیم در ساختمان خود، سبب افزایش استحکام بافت میوه گلایی در مراحل پس از برداشت شده و از فساد و زوال زود هنگام آن جلوگیری می‌کند [۸]. بهبود و حفظ ویژگی‌های کیفی میوه پس از تیمار با کلرید کلسیم از طریق به تأخیر انداختن رسیدن و پیری و یا افزایش عمر

انبارداری میوه در آلو، هلو، کیوی و توت‌فرنگی گزارش شده است [۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲]. ماده مؤثر دیگری که امروزه جهت افزایش عمر انبارمانی محصولات باغبانی استفاده می‌شود سالیسیلیک اسید است. جزء ترکیبات فنلی در گیاهان بوده، خواصی شبه هورمونی داشته و نقشی کلیدی در مقاومت به بیماری‌های موضعی و همه‌گیر در گیاهان ایفا می‌کند [۱۳]. این ترکیب اثر بسیار جالب و امیدوارکننده‌ای را در تولید و نگهداری محصولات کشاورزی و باغی نشان داده است. مسیر سنتز سالیسیلیک اسید در اثر تنش‌های محیطی و عوامل بیماری‌زا فعال می‌شود [۱۴]. در تعداد زیادی از گیاهان، بین میزان سالیسیلیک اسید موجود در گیاه و مقاومت به بیماری‌ها ارتباط مستقیم وجود دارد. مطالعات نشان می‌دهد که سالیسیلیک اسید و ساختارهای ترکیبی آن توانایی فعال کردن ژن‌های مقاومت را دارند که به آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با عنصر آهن اتصال پیدا کرده و به عنوان بازدارنده عمل آن‌ها فعالیت می‌کند [۱۵]. از طرفی به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌تواند از طریق تنظیم بیان ژن‌های مربوط به آنزیم‌های ای سی سی سنتاز^۱ و ای سی سی اکسیداز از بیوسنتز و تولید اتیلن جلوگیری و باعث حفظ سفتی بافت گردد. طبق گزارش راسکین و همکاران سالیسیلیک اسید از تولید اتیلن در گلایی جلوگیری کرده که این اثر به نقش بازدارندگی سالیسیلیک اسید برابر تولید اتیلن نسبت داده شده است [۱۶]. تیمار پس از برداشت میوه‌های هلو با محلول سالیسیلیک اسید باعث کاهش سرعت تنفس میوه‌ها و تأخیر در شروع نقطه اوج تولید اتیلن طی زمان انبارداری شده است [۱۷] و همچنین باعث سفتی و جلوگیری از قهوه‌ای شدن میوه کیوی می‌شود [۱۸]. این پژوهش با هدف بررسی اثر غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم و اسید سالیسیلیک و ترکیب آن‌ها بر عمر پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی در طول دوره انبارداری صورت گرفته است.

۲- مواد و روش‌ها

میوه‌های توت‌فرنگی رقم گاویتا از گلخانه‌های شهرستان جیرفت استان کرمان در زمان رسیدن کامل میوه برداشت و از لحاظ اندازه، شکل و یکنواختی رنگ و بدون هیچ نشانه‌ای از آسیب مکانیکی و یا پوسیدگی قارچی، انتخاب شدند و پس از

سنتاز: ۱-آمینوسیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک اسید ACC آنزیم I

استفاده از رفراکتومتر در دمای اتاق اندازه‌گیری و برحسب درجه بریکس ثبت شد. اسیدیته به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد [۲۰] و میزان اسید بر حسب گرم اسید سیتریک در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره گزارش شد [۱۹]. اندازه‌گیری ویتامین ث با استفاده از روش تیتراسنجی به روش یدومتريک انجام شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ میلی لیتر عصاره بیان گردید [۲۱]. غلظت ترکیبات فنلی برحسب روش سینگلتن و همکاران تعیین گردید [۲۲]. برای سنجش آنتی‌اکسیدان‌ها از روش برند و همکاران [۲۳] استفاده شد. در این روش فعالیت پاک‌سازی رادیکال DPPH سنجش می‌شود و بر اساس کاهش محلول DPPH در حضور آنتی‌اکسیدان‌های دهنده هیدروژن می‌باشد.

۳- نتایج و بحث

اثر تیمارها بر صفاتی همچون سفتی، رنگ کاسبرگ (شاخص L) و میزان فنل کل در سطح پنج درصد و درصد کاهش وزن، رنگ گوشت میوه (شاخص a و b) و رنگ کاسبرگ میوه (شاخص a و b) در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در صورتی که باقی صفات از قبیل میزان مواد جامد محلول، ویتامین ث، pH و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در جدول ۱ آورده شده است.

۳-۱- درصد کاهش وزن

بررسی صفات کمی مورد ارزیابی نشان داد که اثر تیمارها و زمان‌های مختلف انبارداری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر درصد کاهش وزن میوه‌ها طی نگهداری در سردخانه در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۱). با توجه به این‌که دوره انبارمانی صفر برابر با زمان قبل از ورود نمونه‌ها به انبار بود، طبیعتاً هیچ کاهش وزنی ثبت نشد. طی دوره انبارداری وزن میوه‌ها تا روز ششم کاهش چندانی نداشت ولی به تدریج تا روز دوازدهم کاهش وزن قابل ملاحظه‌ای (۳۰ درصد) در تیمار شاهد مشاهده شد. تیمار ترکیبی کلرید کلسیم دو درصد با اسید سالیسیلیک دو میلی مولار نسبت به شاهد و سایر تیمارها کاهش وزن کمتری (۱۲/۵ درصد) نشان داد (شکل ۱).

آن تمام مواد خارجی و میوه‌های آسیب‌دیده به‌صورت دستی جدا شدند. سپس میوه‌ها به آزمایشگاه پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان منتقل شدند. در این پژوهش تأثیر کلرید کلسیم به تنهایی و در ترکیب با سالیسیلیک اسید بر برخی از صفات همچون سفتی، رنگ (گوشت و کاسبرگ)، درصد کاهش وزن، پی‌اچ، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، ویتامین ث، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنل کل مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتور اول نوع تیمار (کلرید کلسیم ۱ درصد، کلرید کلسیم ۲ درصد، کلرید کلسیم ۱ درصد + سالیسیلیک اسید یک میلی مولار و کلرید کلسیم ۲ درصد + سالیسیلیک اسید یک میلی مولار) و فاکتور دوم زمان انبار (۰، ۶ و ۱۲ روز) بود. محلول کلرید کلسیم و ترکیب آن با سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ذکر شده تهیه و میوه‌های توت‌فرنگی به مدت ۵ دقیقه در آن غوطه‌ور شدند. سپس میوه‌های تیمار شده در ظروف پلاستیکی یکبار مصرف درب دار قرار داده شده و به سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت 90 ± 5 درصد منتقل شدند. صفات مورد نظر بعد از شش و دوازده روز انبارمانی در شرایط فوق اندازه‌گیری شد. مرحله اول اندازه‌گیری صفات پس از برداشت میوه‌ها و قبل از اعمال تیمارهای کلرید کلسیم و سالیسیلیک اسید صورت گرفت. رنگ گوشت و کاسبرگ میوه‌های توت‌فرنگی با استفاده از دستگاه رنگ سنج (مدل Konica Minolta) و از طریق شاخص‌های L^* (سفید/سیاه)، a^* (قرمز/سبز)، b^* (زرد/آبی) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین میزان سفتی میوه از دستگاه سفتی سنج (مدل FG5020، تایوان) میوه استفاده شد [۱۹]. برای محاسبه سفتی گوشت پروب مورد نظر (قطر ۱۱ میلی‌متر) را به دستگاه متصل کرده و میوه در زیر آن قرار داده شد، سپس با اعمال یک فشار ثابت، مقاومت بافت به تغییر شکل اندازه‌گیری شد. میزان فشاری که در اثر سفتی بافت به نوک سفتی سنج وارد می‌شود روی صفحه خوانده شد و بر حسب کیلوگرم بر نیرو محاسبه گردید. درصد کاهش وزن، با اندازه‌گیری وزن میوه‌ها قبل از اعمال تیمارها در روز اول و اندازه‌گیری وزن میوه‌ها در روزهای ششم و دوازدهم بعد از اعمال تیمار بعد از خروج از سردخانه تعیین گردید. پی‌اچ عصاره صاف شده میوه با استفاده از پی‌اچ متر دیجیتالی و میزان مواد جامد محلول با

Table 1 Analysis of variance of physicochemical characteristics of strawberries during storage.

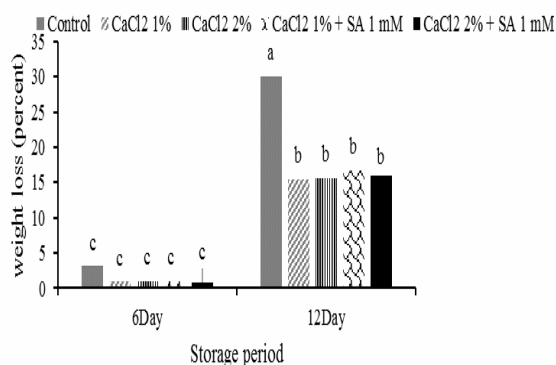
Sources of changes	Treatment	Treatment * Time	Time	Error	CV
Mean Square					
DF	3	6	2	36	10.82
Weight loss percentage	80.4**	80.8**	1122.95**	9.6	8.82
pH	.007 ^{ns}	.007 ^{ns}	.2652**	.009	3.35
Total soluble solids	.103 ^{ns}	.207**	.1256 ^{ns}	.054	3.06
Organic Acid	.052 ^{ns}	.026 ^{ns}	.4128**	.033	12.33
Vitamin c	535.5 ^{ns}	230.2 ^{ns}	27775.5**	482.7	23.31
firmness	.031*	.026**	.0383*	.0074	20.54
Fruit color index L	1.98 ^{ns}	1.16 ^{ns}	8.04**	1.09	3.69
Fruit color index a	7.36**	2.76**	40.74**	.076	3.49
Fruit color index b	1.49**	.83 ^{ns}	.868 ^{ns}	0.43	5.75
Calyx color index L	10.45*	3.324 ^{ns}	14.60*	3.17	4.34
Calyx l color index a	14.77**	6.14*	43.9**	2.28	23.05
Calyx color index b	6.16**	1.58**	2.22**	0.42	3.92
Total phenol	414206*	207036 ^{ns}	984649 ^{ns}	115397	27.88
Antioxidant capacity	21.8 ^{ns}	21.14 ^{ns}	43.91 ^{ns}	27.147	5.64

ns = not significant; * and **, significant at $p < 0.05$ and $p < 0.01$, respectively

۳-۲- مواد جامد محلول

بررسی جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار و زمان بر میزان مواد جامد محلول طی نگهداری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین (۲۲/۴ درصد) و کمترین (۳/۶۵) مقدار مواد جامد محلول به ترتیب مربوط به روز دوازدهم و تیمار شاهد و کلرید کلسیم دودرصد با اسید سالیسیلیک بود (شکل ۲). ظاهراً تیمارهای استفاده شده تا حدودی قادر به حفظ میزان قند بودند. بر اساس مطالعات وانگ و همکاران (۲۰۱۶) کاهش محتوای مواد جامد محلول و تغییرات مشاهده شده در پی‌اچ و اسید آلی کل میوه-های توت‌فرنگی احتمالاً به دلیل شکستن کربوهیدرات‌ها و مواد پکتینی، هیدرولیز پروتئین‌ها و تجزیه گلیکوساکاریدها به واحدهای کوچک‌تر سازنده در طی فرآیند تنفس می‌باشد [۳۰]. افزایش در محتوای مواد جامد محلول در مدت‌زمان نگهداری به دلیل تبدیل نشاسته به قندهای محلول نیست، بلکه به دلیل هضم شدن پلی ساکاریدهای دیواره سلولی و تبدیل اسیدهای آلی به قندها است [۳۱، ۳۲ و ۱۷]. اثر کلسیم در کاهش میزان مواد جامد محلول میوه‌ها به دلیل کند نمودن تنفس و فعالیت متابولیکی بوده و از این رو فرآیند رسیدگی میوه به تأخیر می‌افتد [۳۳]. اسید سالیسیلیک با کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول در تجزیه دیواره سلول مانند؛ سلولاز، پلی گالاکتوناز، گزلیناز و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مثل گاتالاز، پروکسیداز، تجزیه نشاسته موجود در بافت میوه را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه

مهم‌ترین عامل کاهش وزن میوه در طی دوره انبارداری افزایش تبخیر و تعرق از سطح میوه می‌باشد. علت پایین بودن کاهش وزن در میوه‌های تیمار شده با کلرید کلسیم به حفظ سفتی میوه و استحکام بافت مربوط بوده که عمدتاً از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های مسئول از بین برنده ساختار سلولی است که تبادلات گازی را کاهش می‌دهد [۲۴]. کلسیم پیری را به تأخیر انداخته و باعث کاهش میزان تبخیر و تعرق می‌شود. میوه‌های گلابی تیمار شده با کلرید کلسیم در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده در طول ۹۵ روز دوره انبارداری افت وزنی کمتری را نشان دادند [۲۵]. در آلو نیز کاربرد کلسیم از کاهش وزن میوه‌ها در دوره پس از برداشت جلوگیری کرد [۲۶]. کاهش افت وزنی میوه‌ها در تیمار با اسید سالیسیلیک به علت کاهش سرعت تنفسی در بسیاری از محصولات، باغبانی از جمله موز [۲۷] توت‌فرنگی [۲۸] و آلو [۲۹] مشاهده شده است.

**Fig 1** Interaction effects of between treatment and storage time on weight loss

عدم تأثیر معنی دار اسید سالیسیلیک بر pH و اسید کل در گوجه و توت‌فرنگی [۳۵] همسو با نتایج این تحقیق بود و خلاف این نتیجه بر روی میوه انگور گزارش شده است [۷]. افزایش pH طی انبارمانی ممکن است به علت شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس باشد. تأثیر تیمارهای اسید سالیسیلیک در اغلب میوه‌ها بر تغییرات میزان pH معنی دار نبوده ولی در میوه انگور، به دلیل داشتن اسیدهای آلی بیشتر و تبدیل این اسیدهای آلی به ترکیبات دیگر نظیر قندها و نیز مصرف آن‌ها در فرایند تنفس و سایر فعالیت‌های متابولیکی، منجر به کاهش شدید در میزان اسیدهای آلی و در نتیجه افزایش pH در طول مدت نگهداری می‌شود. عاملی مانند تیمار اسید سالیسیلیک و کلرید کلسیم می‌تواند با کاهش تنفس و کند کردن فرایندهای متابولیکی سلول تا حدودی از کاهش اسیدهای آلی جلوگیری کند [۳۶].

۳-۴- ویتامین ث

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که فقط زمان‌انبارمانی بر میزان ویتامین ث میوه مؤثر است (جدول ۱). روند تغییرات میزان ویتامین ث طی ۲ هفته عمر انباری در شکل ۴ نشان داده شده است که بیشترین میزان در شروع آزمایش بوده و طی مدت نگهداری ۶۰ درصد کاهش یافت.

کاهش میزان اسید آسکوربیک در طول دوره نگهداری به دلیل مصرف این ویتامین به‌عنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد [۳۷]. انتظار بر این بود که کلرید کلسیم و سالیسیلیک اسید با بهبود بافت میوه و حفظ سفتی آن و کاهش صدمات فیزیکی باعث جلوگیری از مصرف ویتامین ث برای رفع تنش و ترمیم سلول‌ها گردد که نتیجه آن تجمع ویتامین ث در سلول‌های گیاهی است. در یک بررسی انجام شده روی میوه هلو نشان داده‌شد که با افزایش زمان انبارمانی مقدار ویتامین ث کاهش پیدا کرد ولی کاربرد کلسیم سبب افزایش حفظ بیشتر ویتامین ث میوه‌های هلو در شرایط انبار گردید [۱۱]. عدم تأثیر معنی دار اسید سالیسیلیک بر مقدار ویتامین ث روی انگور و انار گزارش شده است [۳۸ و ۱۶].

یک بازدارنده مؤثر از افزایش محتوای مواد جامد محلول در سلول‌ها می‌باشد [۱۷، ۳۱ و ۳۰].

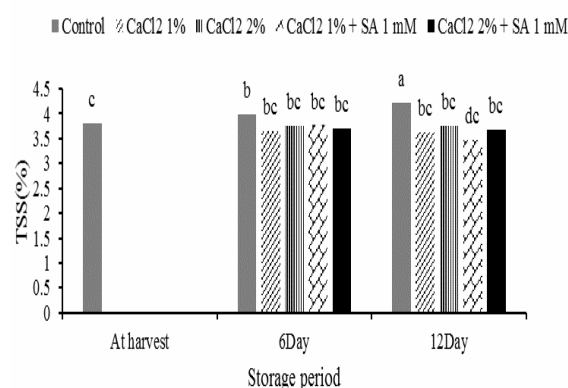


Fig 2 Interaction effects of between treatment and storage time on total soluble solids

۳-۳- اسید آلی و pH

از بین تیمارهای استفاده شده فقط زمان انبارمانی بر روی اسید کل و پی‌اچ در سطح احتمال یک درصد تأثیر داشت (جدول ۱) به طوری که با گذشت زمان نگهداری پی‌اچ به ۳/۶ افزایش و اسید کل به ۱/۳۷ کاهش یافت (شکل ۳). افزایش پی‌اچ میوه‌های سیب تیمار شده با کلسیم ۶ درصد پس از دو هفته نگهداری در دمای ۲۱ تا ۲۵ درجه سلسیوس در مقایسه با روز قبل از انباری گزارش شده است [۳۴].

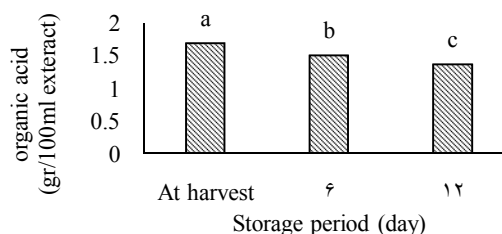
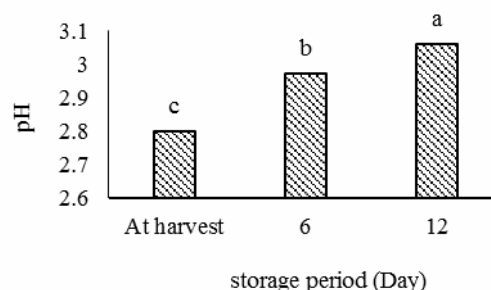


Fig 3 The effect of storage time on organic acid (gr/100ml extract) and pH juice

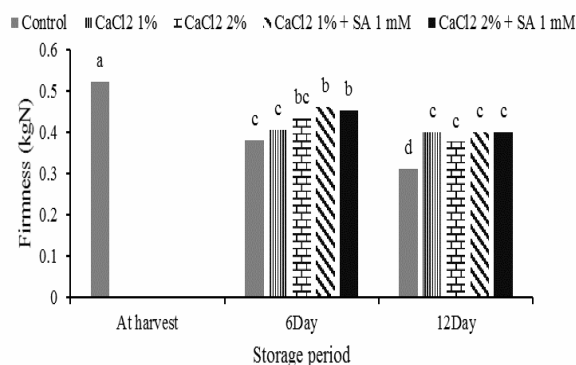


Fig 5 Interaction of treatment and storage time on firmness of strawberry fruit

۳-۶- رنگ (گوشت و کاسبرگ میوه)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های مربوط به رنگ نشان داد که اثر متقابل تیمار (کلرید کلسیم، کلرید کلسیم + سالیسیلیک اسید) و زمان بر شاخص *a* و *b* و کاسبرگ و شاخص *a* گوشت در سطح یک درصد دارای اثر معنی‌دار بوده است. بیشترین درخشندگی کاسبرگ متعلق به تیمار کلرید کلسیم ۱ و ۲ درصد و ترکیب آن با سالیسیلیک اسید ۱ میلی‌مولار بود. طی زمان نگهداری در اکثر تیمارها شاخص *a* کاسبرگ در روز ششم افزایش و بعد از آن روند کاهشی نشان داد (جدول ۲).

یکی از فاکتورهای ظاهری در تعیین کیفیت توت‌فرنگی وضعیت کاسبرگ است. حفظ سبزیگی و درخشندگی کاسبرگ از علائم کیفی است که ظاهراً تیمارهای مورد استفاده منجر به حفظ و بهبود این شاخص نسبت به تیمار شاهد شده است (شکل ۶).

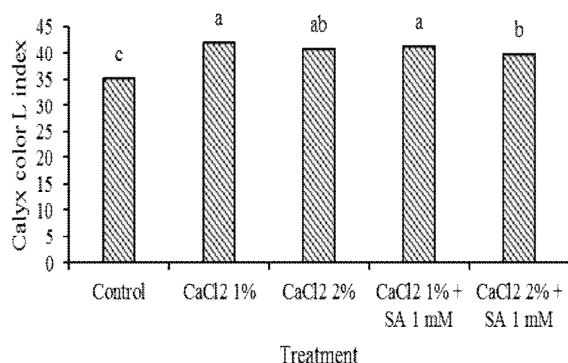


Fig 6 Effect of treatment on Calyx color (L index)

شاخص *L** بیانگر میزان درخشندگی میوه است و مقدار آن از صفر (سیاه) تا ۱۰۰ (سفید) متغیر است. تغییرات شاخص *a** (قرمز) تا ۶۰- (سبز) بوده و میزان آن‌ها به سمت مرکز دیاگرام رنگ (خاکستری، صفر) کاهش می‌یابد. تغییر در

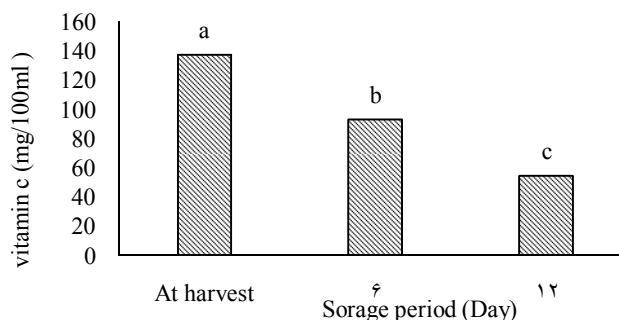


Fig 4 The effect of storage time on vitamin C of strawberry fruit

۳-۵- سفتی

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر متقابل روز و تیمار (جدول ۱) بر سفتی بافت میوه توت‌فرنگی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بوده است. روند تغییرات سفتی بافت میوه طی دو هفته عمر انباری در شکل ۵ نشان می‌دهد که بیشترین میزان سفتی در طی انبار مربوط به روز ششم و در دو تیمار ترکیبی کلرید کلسیم و سالیسیلیک اسید یک میلی‌مولار می‌باشد. روز دوازدهم انبار تفاوت معنی‌داری بین تیمارها از نظر سفتی مشاهده نشد ولی کاهش سفتی نمونه‌های تیمار شده نسبت به زمان برداشت (۲۴ درصد) کمتر از نمونه شاهد (۴۰ درصد) بود. سولوموس و همکاران بیان کردند که نرم شدن میوه‌ها می‌تواند به دلیل شکست پروپکتین‌های نامحلول به پکتین محلول و یا هیدرولیز نشاسته باشد [۳۹]. کاربرد کلسیم مقاومت بافت‌ها را افزایش داده و پیری را به تأخیر می‌اندازد که این عمل با جلوگیری از تولید اتیلن انجام می‌شود [۴۰]. تا کنون دو مکانیسم کلی برای تأثیر کلسیم بر تغییرات سفتی بافت میوه و کیفیت آن پس از برداشت ارائه شده است. یکی اتصال کلسیم به دیواره سلولی است که به آن استحکام می‌بخشد و دیگری برهمکنش کلسیم با وظایف و ساختار غشای سلولی است [۴۱]. یون کلسیم می‌تواند مانع از عمل درون و برون سلولی آنزیم پلی‌گالاکتروناز گردد. این ویژگی اخیر در نرم شدن و پوسیدگی میوه نقش ایفا می‌کند [۴۲].

انبار در گزارش کار محققین بر روی سیب و زردآلو آمده است [۳۶ و ۴۳].

شاخص‌های رنگ بستگی زیادی به مقدار رنگدانه‌های موجود در گوشت و پوست میوه دارد. کاهش شاخص‌های رنگ طی

Table 2 Interaction between treatments and storage time on color indices

Treatment	Storage period (day)	Fruit color (a)	Calyx color (a)	Calyx color (b)
Control	At harvest	25.85bc	-7.13de	16.31cd
	6	21.34e	-6.65cd	15.3de
	12	19.61ef	-3.69a	14.66e
CaCl ₂ 1%	6	27.32a	-8.92e	17.94a
	12	23.79d	-5.2bc	16.93bc
CaCl ₂ 2%	6	24.74dc	-7.38 cde	17.74ab
	12	21.1e	-4.25 b	16.29cd
CaCl ₂ 1% + SA 1 mM	6	25.52bc	-8.54e	17.74ab
	12	23.71d	-7.4de	16.74c
CaCl ₂ 2% + SA 1 mM	6	25.79ab	-6.5cd	15.41de
	12	24.02d	-3.5a	14.71e

ترکیبات فنلی سبب افزایش تولید آن‌ها می‌شود [۳۰]. در یک بررسی روی میوه زردآلو نشان داده شد که با کاربرد اسید سالیسیلیک مقدار فنل کل میوه نیز افزایش پیدا کرد [۳۶].

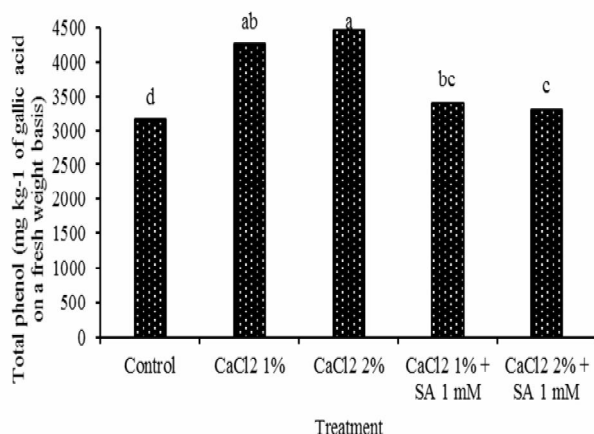


Fig 7 The effect of treatment on total phenol of strawberry fruit

۳-۸- ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

آنتوسیانین‌ها با داشتن خصوصیات آنتی‌اکسیدانی تأثیر عمده‌ای در عمر قفسه‌ای و حساسیت به بیماری‌ها دارد [۴۶]. بررسی صفات کمی مورد ارزیابی نشان داد که اثر تیمارها و زمان‌های مختلف انبارداری و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها در طول نگهداری در سردخانه معنی‌دار نبوده است (جدول ۱). افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال‌های آزاد در طی فرآیند رسیدن میوه‌ها در اثر افزایش متابولیسم اکسیداتیو می‌تواند موجب ایجاد خسارت به غشاهای سلولی و افزایش سرعت پیری محصول گردد.

گزارش شده است که کاهش شاخص درخشندگی با میزان کارتنوئیدها، افزایش آنتوسیانین و کاهش آب میوه ارتباط دارد. تیمار با اسید سالیسیلیک در میوه توت‌فرنگی سبب افزایش شاخص رنگ در میوه شده و شاخص هیوانگل بالاتر و قهوه‌ای شدن کمتری مشاهده شد [۲۸].

۳-۷- فنل کل

نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان می‌دهد که اثر تیمار (کلرید کلسیم، کلرید کلسیم + سالیسیلیک اسید) بر میزان محتوی فنل کل میوه توت‌فرنگی دارای اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بوده است. این در حالی است که زمان و اثر متقابل آن با ترکیبات تیماری هیچ اثر معناداری بر فنل کل نداشته است (جدول ۱). بیشترین میزان ترکیبات فنلی میوه توت‌فرنگی در تیمارهای کلرید کلسیم ۲ (۴۴۵۷mg.kg⁻¹) و ۱ درصد (۴۲۵۱mg.kg⁻¹) مشاهده شد. آسیب اکسیداتیو فرایند اولیه‌ای است که در نتیجه ترکیب شدن یک ماده با اکسیژن در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی مانند پلی فنل اکسیداز (PPO) ایجاد می‌شود. اکسیداسیون فنل‌ها منجر به قهوه‌ای شدن می‌شود [۴۴ و ۴۵]. ممکن است کلرید کلسیم با کاهش تنفس، کاهش تولید اتیلن و به تأخیر انداختن پیری باعث حفظ استحکام دیواره سلولی شده، بدین ترتیب با ممانعت از تبدلات گازی منجر به کاهش اکسیژن و در نتیجه کاهش اکسیداسیون فنل‌ها شده باشد.

اسید سالیسیلیک نوعی ترکیب تحریک‌کننده‌ی تولید ترکیبات فنلی در گیاهان است و با تأثیر بر آنزیم‌های مؤثر در تولید

۵ - سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقاتی اجرا شده به شماره قرارداد ۵۱۹۸/پ از محل اعتبارات معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان می‌باشد. بدینوسیله از معاونت محترم پژوهشی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

۶- منابع

- [1] Zokaee Khosroshahi, M. R., M. Esna-Ashari and A. Ershadi. (2007). Effect of exogenous putrescine on post-harvest life of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit, cultivar 'Selva'. *Scientia Horticulturae*, 114: 27-32.
- [2] Akhtar, A., Abbasi, N., A. and Hussain, A. (2010). Effect of calcium chloride treatments on quality characteristics of loquat fruit during storage, *Pak. J. Bot*, 42(1), 181-188.
- [3] Ferguson, I. B. (1984). Calcium in plant senescence and fruit ripening, *Plant, Cell and Environment*, 7(6): 477-489.
- [4] Poovaiah, B. W, 1986, Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables, *Food Technol*, 40(5): 86-89.
- [5] Conway, W. S, and Sams, C. E. (1984). Possible mechanisms by which postharvest calcium treatment reduces decay in apples, *Phytopathology*, 74(2): 208-210.
- [6] Rosen, J. C, and Kader, A. A. (1989). Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits, *Journal of Food Science*, 54(3):656-659.
- [7] Sarikhani, H, Golami, M, Ershadi, A. (2010). Effect of salicylic acid and sulfur dioxide-releasing layer on the storage life of grape varieties Fakhri, *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 11(4): 309-320.
- [8] Basirt, M. (1997). Effect of Harvest and Postharvest Calcium Chloride Treatment and Quality of Life of the Pear Fruit Storage cv. Shahmive, MSc Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran, [in Persian with English abstract].
- [9] Dimitrios, G, and Pavlina, D. D. (2005). Summer-pruning and preharvest calcium chloride sprays affect storability and low temperature breakdown incidence in

سیستم آنتی‌اکسیدانی با خنثی کردن رادیکال‌های آزاد باعث جلوگیری از اثر سوء آنها شود [۲۷]. تیمارهایی که باعث کاهش تنفس و تولید اتیلن و در نتیجه باعث کاهش سرعت پیری می‌شوند، سرعت تولید رادیکال‌های آزاد و در نتیجه مصرف آنتی‌اکسیدان‌ها را کاهش می‌دهند. نتایج آزمایش نشان دهنده این امر بودند که همه تیمار کلرید کلسیم به تنهایی و در ترکیب با سالیسیلیک باعث حفظ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه در طول دوره انبارمانی شده است و بین تیمارها اختلاف معنی‌داری با نمونه شاهد مشاهده نشده است. در این رابطه هانگ و همکاران گزارش کردند که تیمار با اسید سالیسیلیک در پرتقال فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در سطح بالایی نگه می‌دارد [۳۰].

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش نشان داده شد که کلرید کلسیم و سالیسیلیک اسید نسبت به تیمار شاهد، نقش بسیار مهمی در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم گاوینا دارند و به شکل مؤثری می‌توانند کاهش وزن، نرم شدن و دیگر تغییرها که منجر به افت کیفیت پس از برداشت محصول می‌شوند را کند نمایند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که ویتامین ث، pH، اسید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیر تیمارهای شیمیایی قرار نگرفتند. تیمار تلفیقی کلرید کلسیم دو درصد با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار در حفظ مقدار مواد جامد محلول، شاخص رنگ کاسبرگ (b) و ممانعت از کاهش وزن که فاکتور بسیار مهمی در نگهداری پس از برداشت میوه‌ها محسوب می‌شود، نسبت به سایر تیمار مؤثر تر بوده است. هر دو تیمار کلرید کلسیم ۱ و ۲ درصد، ترکیبات فنلی بیشتری نسبت به بقیه تیمارها ثبت کردند. نتایج به دست آمده از سایر تیمارها ضمن اینکه نمایانگر اثر مثبت آنها در حفظ کیفیت میوه توت‌فرنگی در مقایسه با شاهد بوده است اما تفاوت قابل توجهی بین آنها مشاهده نشده است. با توجه به این که عمده معضلات پس از برداشت میوه توت‌فرنگی کاهش وزن می‌باشد بر این اساس استفاده از تیمار تلفیقی کلرید کلسیم دو درصد با اسید سالیسیلیک ۱ میلی مولار می‌تواند به عنوان یکی از راه حل‌های مناسب جهت حفظ کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی مورد توجه قرار گیرد.

- [20] Mitcham, B. Cantwell, M., and Kader, A. (1996). Methods for determining quality of fresh commodities, *Perishables handling newsletter*, 85: 1-5.
- [21] Mitcham, B. Cantwell, M., and Kader, A. (1996). Methods for determining quality of fresh commodities, *Perishables handling newsletter*, 85: 1-5.
- [22] Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventós, 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.
- [23] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., and Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, *LWT-Food science and Technology*, 28(1): 25-30.
- [24] Levy, D. and Poovaiah, B. W. (1979). Effect of calcium infiltration of senescence of apples, *Horticultural Science* 14:466-472.
- [25] Mahajan, B. V. C., and Dhath, A. S (2004). Studies on postharvest calcium chloride application on storage behaviour and quality of Asian pear during cold storage, *J Food Agric Environ*, 2: 152-159.
- [26] Alcaraz-Lopez, C., Botia, M., Alcaraz, C. F., and Riquelme, F. (2003). Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on plum (*Prunus domestica* L.) fruit quality, *Journal of plant physiology*, 160(12): 1441-1446.
- [27] Srivastava, M. K., and Dwivedi, U. N. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid, *Plant Science*, 158(1): 87-96.
- [28] Shafiee, M., Taghavi, T. S., and Babalar, M. (2010). Addition of salicylic acid to nutrient solution combined with postharvest treatments (hot water, salicylic acid, and calcium dipping) improved postharvest fruit quality of strawberry, *Scientia Horticulturae*, 124(1): 40-45.
- [29] Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., and Valero, D. (2003). Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars, *Postharvest Biology and Technology*, 30(3): 259-271.
- [30] Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S., and Archbold, D. D. (2006). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage, *Postharvest Biology and Technology*, 41(3): 244-251.
- kiwifruit, *Postharvest Biology and Technology*, 36: 303-308.
- [10] Lara, I., Garcia, P., and Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria* × *ananas* Duch.) fruit, *Postharvest Biology and Technology*, 34(3): 331-339.
- [11] Navjot, G., Sukhjot Kaur, J., and Parmpal Singh, G. (2010). Effect of calcium on cold storage and post-storage quality of peach, *Food Science Technology*, 48: 225-229.
- [12] Valero, D., Pérez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F., and Serrano, M. (2002). Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatments, role of polyamines, *Journal of food science*, 67(7): 2571-2575.
- [13] Amborabé, B. E., Fleurat-Lessard, P., Chollet, J. F., and Roblin, G. (2002). Antifungal effects of salicylic acid and other benzoic acid derivatives towards *Eutypa lata*: structure-activity relationship, *Plant Physiology and Biochemistry*, 40(12):1051-1060.
- [14] Wolucka, B. A., Goossens, A., and Inzé, D. (2005). Methyl jasmonate stimulates the de novo biosynthesis of vitamin C in plant cell suspensions, *Journal of experimental Botany*, 56(419): 2527-2538.
- [15] Souleyre, E. J., Iannetta, P. P., Ross, H. A., Hancock, R. D., Shepherd, L. V., Viola, R., and Davies, H. V. (2004). Starch metabolism in developing strawberry (*Fragaria* × *ananas*) fruits, *Physiologia Plantarum*, 121(3): 369-376.
- [16] Raskin, I. (1992). Salicylate, a new plant hormone, *Plant physiology*, 99(3):799-803.
- [17] Han, T., Wang, Y., Li, L., and Ge, X. (2002). Effect of exogenous salicylic acid on post-harvest physiology of peaches, In *XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Postharvest Horticulture*, 628: 583-589.
- [18] Mahmud, T. M. M., Al Eryani-Raqeeb, A., Omar, S. S., Zaki, A. M., and Abdul-Rahman, A. E. (2008). Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica Papaya* L.). *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 3: 536- 533.
- [19] Mostofi, E. and Najafi, F. (2005). *Analytical Methods in Horticultural Sciences*, Tehran University Press, P: 136.

- [40] Capdeville, G. D, Maffia, L. A, Finger, F. L, and Batista, U. G. (2003). Gray mold severity and vase life of rose buds after pulsing with citric acid, salicylic acid, calcium sulfate, sucrose and silver thiosulfate, *Fitopatologia Brasileira*, 28(4): 380-385.
- [41] 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(2): 294-298.
- [42] Makus, D. J, and Morris, J. R. (1998). Preharvest calcium applications have little effect on mineral distribution in ripe strawberry fruit, *HortScience*, 33(1):64-66.
- [43] Fan, H. and C. S. He. (1998). Inhibition of ethylene generation of post-harvest apple fruit by salicylic acid. *Plant Physiology Commun.* 34, pp. 248-250.
- [44] Ayala-Zavala, J. F, Wang, S. Y, Wang, C. Y, and González-Aguilar, G. A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit, *LWT-Food Science and Technology*, 37(7): 687-695.
- [45] Zavala, JA, Patankar, AG, Gase, K, Baldwin, IT. (2004). Constitutive and inducible trypsin protease inhibitor production incurs large fitness cost in *Nicotiana attenuate*, *Proc Natl Acad Sci USA* (in press)
- [46] Khanizadeh, S. H., Tsao, R, Rekika, D, Yang, R, Charles, M. T, and Rupasinghe, H. P. V. (2008). Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21: 396 -401.
- [31] Peng, L, and Jiang, Y. (2006). Exogenous salicylic acid inhibits browning of fresh-cut Chinese water chestnut, *Food Chemistry*, 94(4):535-540.
- [32] Raese, J. T, and Drake, S. R (2002). Calcium spray materials and fruit calcium concentrations influence apple quality, *Journal of the American Pomological Society*, 56(3):136-143.
- [33] Moor U, Karp K, Poldma P, Starast, M. (2008). Influence of pre-harvest calcium treatments on apple soluble solids, titratable acids and vitamin C content at harvest and after storage, *Acta Horticulturae*, 768: 49-56.
- [34] Alam, S, and Ullah, J. (2004). Effect of calcium chloride coating applied under vacuum (270-300mmHg) on the physio-chemical characteristics of apple cv. Kingstar stored at ambient conditions, *Sarhad Journal of Agriculture (Pakistan)*, 20: 627-634.
- [35] Jiang, Y, and Li, Y. (2001). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit, *Food Chemistry*, 73(2):139-143.
- [36] Ghasemnezhad, M, and Shiri, M. A. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(1): 25-33.
- [37] Spinardi, A. M. (2004). Effect of harvest date and storage on antioxidant systems in pears, In *V International Postharvest Symposium*, 682: 135-140.
- [38] Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Serrano, M. & Valero, D. (2009). Effect of salicylic acid treatment on reducing chilling injury in stored pomegranates. *Postharvest Biology and Technology*, 53, 152-154.
- [39] Solomos, T, and Laties, G. G. (1973). Cellular organization and fruit ripening, *Nature*, 245(5425): 390-392.

Effect of Calcium Chloride and Salicylic Acid on Quantitative and Qualitative Features of Strawberry Fruit CV. Gavita

Nazoori, F. ^{1*}, Gheysarbigi, Sh. ²

1. Assistant Professor of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran

2. Ph.D. Student of Horticulture Sciences, University of Vali-e-Asr, Rafsanjan, Iran

(Received: 2017/09/23 Accepted: 2017/10/23)

Strawberries fruit is high marketable and vulnerable and many factors had leading to early destruction and shortening shelf life this fruit. This study, in order to maintain the qualitative and quantitative characteristics of strawberries in post-harvest stages, the effects of four levels treatment of calcium chloride 1%, calcium chloride 2%, calcium chloride 1% + salicylic acid 1 mM and calcium chloride 2% + salicylic acid 1 mM on different storage times (harvest time, 6 and 12 days after storage). were investigated. The results showed that treatment no significant effect on the traits such as total acid, phage, vitamin C and antioxidant activity. At the end of the storage period, the lowest (12.5%) and the highest (30%) weight loss were related to combined treatment of 2% calcium chloride + salicylic acid 1 mM and control. Applied treatments such as combinations calcium chloride 2% treatments, was able to maintain solids content in comparison with other treatments and control, but the end of storage amount of this factor from 3.5 at harvest time in control sample increased to 4.22%. The highest particle brightness index and phenolic content belonged to calcium chloride 1 and 2%. Combined treatment of 2% calcium chloride with 1 mM salicylic acid has the significant effect on keeping weight and soluble solids, so we can store packaged strawberry fruits at 4 ° C for 14 days with this treatment.

Keywords: Combined Treatment, Firmness, Quantitative and Qualitative Traits, Weight Loss

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