مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۵ شماره ۴ صفحه‌های ۴۶۱ تا ۴۷۲ (۱۴۰۳)
مقاله پژوهشی

بررسی اثر کلرید کلسیم، اسانس زنیان و عصاره جلبک دریایی برماندگاری میوه توت فرنگی رقم کاماروسا

Investigating the Effect of Calcium Chloride, Ajowan Essential Oil and Seaweed Extract on The Shelf Life of Strawberry cv. Camarosa

ظهورالدین نوری[۱]، محمد هدایت*[۱]، محمد امین کهن مو[۲]، رحیم نیکخواه[۱]

۱. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

۲. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

*نویسنده مسول، پست الکترونیک: (m.hedayat@pgu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۹/۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۲۲

چکیده

استفاده از مواد طبیعی جهت حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری محصولات برای ترویج محصول سالم مدنظر جوامع بشری است. بدین منظور بررسی اثر ترکیبی کلریدکلسیم، اسانس زنیان و عصاره جلبک دریایی بر ماندگاری میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با دو عامل انجام شد. عامل نخست شامل تیمارهای کلریدکلسیم (۰ و ۵ گرم در لیتر)، عصاره جلبک اسپرولینا (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی لیتر در لیتر)، اسانس زنیان (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌لیتر در لیتر) و ترکیب آن‌ها در ۱۸ سطح و عامل دوم زمان انبارمانی در چهار، هشت و ۱۲ روز پس از تیمار بود. نتایج نشان داد، کاربرد تیمارهای مورد استفاده و مدت زمان انبارمانی روی تمام صفات تاثیر معنی‌داری داشتند، به‌طوری‌که با افزایش مدت انبارمانی صفاتی چون ویتامین ث، TA، سفتی بافت، آنتوسیانین کاهش و درصد پوسیدگی و TSS میوه روندی افزایشی نشان داد. در مقابل کاربرد مواد پوششی موجب تاخیر در کاهش تمام صفات مورد اندازه‌گیری شدند. کم‌ترین درصد پوسیدگی در تیمارهای زنیان با کلریدکلسیم در روز دوازدهم و بیش‌ترین استحکام بافت در تیمارهای زنیان۲ (۱ میلی‌لیتر در لیتر)+ جلبک۲ (۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر)+ کلریدکلسیم (۵ گرم در لیتر) در روز چهارم به‌دست آمد. بیش‌ترین TA و ویتامین ث در تیمارهای حاوی جلبک در روز چهارم حاصل شد. بیش‌ترین میزان TSS در روز دوازدهم مربوط به تیمار زنیان۱ (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر)+ جلبک۱ (۵۰ میلی‌لیتر در لیتر) و بیش‌ترین میزان انتوسیانین در غلظت پنج گرم در لیتر کلریدکلسیم در چهار روز انبارمانی مشاهده شد. در مجموع کاربرد اسانس زنیان با کلریدکلسیم به‌دلیل حفظ ماندگاری و استحکام توت‌فرنگی طی انبارمانی، توصیه می‌گردد.

واژهای کلیدی: آنتوسیانین، انبارمانی، جلبک دریایی، زنیان.

مقدمه

توت فرنگی با نام علمی .*Fragria* × *ananassa* Duch از میوه‌های مناطق معتدله محسوب می‌شود. با توجه به تولید روز افزون این محصول در دنیا، مساله افزایش زمان نگه‌داری همراه با حفظ بیش‌ترین ویژگی‌های کیفی این میوه در دوره پس از برداشت از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. به‌طور کلی، پس از برداشت، مواد از دست رفته میوه قابل جایگزینی نبوده و شروع به استفاده از مواد ذخیره‌ای خود می‌کند و این مساله باعث تسریع زوال و فساد محصول می‌گردد. هم‌چنین عوامل متعدد دیگری از جمله آغاز پیری، افزایش تنفس و صدمات مکانیکی، گسترش عوامل میکروبی و قارچی را افزایش می‌دهند (Panji, *et al.*, 2018). از مشکل‌های عمده انبارمانی توت‌فرنگی به دلیل ظرافت میوه، ضایعات زیاد در اثر رشد عوامل بیماری‌زای قارچی، کاهش وزن در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

اثر تبخیر و کیفیت ظاهری میوه است. بنابراین نیاز به روش‌های جدید به منظور حفظ کیفیت و افزایش زمان ماندگاری توت فرنگی وجود دارد. از سویی با توجه به نگرانی فزاینده عموم مردم و دانشمندان علوم تغذیه در مورد اثرات سوء مواد شیمیایی نگه‌دارنده، لزوم توجه بیشتر به استفاده از مواد طبیعی جهت نگه‌داری محصولات کشاورزی بیش از پیش احساس می‌گردد. در دهه اخیر، پوشش‌های خوراکی برای حفاظت از میوه‌ها و سبزی‌ها به عنوان یک رویکرد نوین به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. از مزایای استفاده از پوشش‌های خوراکی می‌توان به کاهش میزان تنفس، حفظ استحکام بافت، کاهش رشد میکروبی، بهبود ویژگی‌های ظاهری و افزایش دوره نگه‌داری محصولات اشاره نمود. پوشش مطلوب به پوششی گفته می‌شود که، علاوه بر فقدان عطر، طعم و رنگ، سرعت خروج گازهای تنفسی و رطوبت از محصول غذایی را کاهش داده و اثر نامطلوبی بر سلامت فرد مصرف کننده نداشته باشد. لذا مطالعه افزایش ماندگاری این میوه حساس و آسیب پذیر در مراحل پس از برداشت با کاربرد پوشش‌های مطلوب خوراکی بسیار ضروری است. در این ارتباط کاربرد کلریدکلسیم می‌تواند موجب تثبیت کلسیم دیواره یاخته‌ای گیاه شده و دیواره سلولی را در برابر آنزیم‌های تخریبی حفاظت کند (Chen, *et al*., 2006). هم‌چنین گزارش شده تیمار کلریدکلسیم همراه با اسیدسالیسیلک پس از ۱۲ روز در توت‌فرنگی طی انبارمانی، کم‌ترین درصد کاهش وزن را نشان داد (Nazoori & Gheysarbigi, 2019). به‌علاوه در پژوهشی دیگر استفاده از کلرید کلسیم موجب بهبود کیفیت میوه زرشک بی‌دانه و افزایش طول عمر نگه‌داری آن شد (Moradinejadi, *et al*., 2018).

اسانس زنیان می‌تواند پیری میوه در دوره پس از برداشت را به تاخیر انداخته و رشد عوامل بیماری‌زا را کند کند، در نتیجه موجب کاهش ضایعات انبارمانی گردد (Singh, *et al*., 2004). استفاده از اسانس گیاهان دارویی از جمله زنیان در مدیریت پوسیدگی پس از برداشت نارنگی و ثبات کیفیت میوه تاثیر بسزایی داشت (Aboutalebi & Mohammadi, 2012). عصاره جلبک‌های دریایی می‌توانند بر عمر پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها را با افزایش تحریک ساخت مواد هورمونی، افزایش مقاومت به بیماری‌های زیستی و فیزیولوژیکی، بهبود عطر، طعم، رنگ، سطح قند و در مجموع حفظ کیفیت میوه و ارزش غذایی آن‌ها افزایش دهد. کاربرد پوششی عصاره جلبک روی میوه گوجه فرنگی کمک به افزایش عمر انباری و بهبود کیفیت پس از برداشت میوه با کنترل کپک خاکستری گردید (Bahammou, *et al*., 2017). بنابراین پژوهش حاضر در راستای استفاده ترکیبی از مواد پوششی کلریدکلسیم، عصاره جلبک و اسانس زنیان در انبارمانی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا جهت افزایش مدت تازگی و حفظ کیفیت میوه در طی ۱۲ روز انبارداری طراحی و اجرا شده است.

مواد و روش ها

روش انجام پژوهش

این پژوهش در آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس در سال ۱۴۰۱ انجام شد. میوه توت فرنگی رقم کاماروسا در مرحله رسیدگی تجاری (۸۰ درصد قرمز رنگ شده) از واحد تولیدی واقع در شهرستان نورآباد استان فارس تهیه و همان روز به آزمایشگاه منتقل شد. پس از انتخاب میوه‌های سالم، هم شکل و هم اندازه، تیمار مواد پوششی شامل ترکیب غلظت‌های مختلف کلریدکلسیم (۰ و ۵ گرم در لیتر)، عصاره جلبک (۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر) و اسانس زنیان (۰، ۰/۵ و ۱ میلی‌لیتر در لیتر) آماده و میوه‌ها به مدت دو دقیقه به روش غوطه‌وری در محلول تیمارها فرو برده شدند. مواد مورد استفاده شامل کلریدکلسیم از شرکت مرک آلمان، اسانس زنیان استخراج شده در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس و عصاره جلبک اسپرولینا از شرکت توسعه فناوری سبز شوراب لیانده بوشهر تهیه شدند. پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها در ظرف‌های یک‌بار مصرف پلاستیکی درب‌دار به مدت ۱۲ روز در دمای پنج درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۷۵ درصد انبار گردید و در فاصله زمانی چهار روز یک‌بار صفات درصد پوسیدگی، سفتی، ویتامین ث، TSS، TA و آنتوسیانین میوه اندازه‌گیری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با دو عامل بود. عامل نخست ترکیبی از غلظت‌های مواد پوششی کلریدکلسیم، عصاره جلبک و اسانس زنیان و در مجموع ۱۸ سطح تیمار ترکیبی مواد پوششی شامل ۱- شاهد (آب مقطر)، ۲- کلرید کلسیم (۵ گرم در لیتر)، ۳- زنیان۱ (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر)، ۴- زنیان۲ (۱ میلی‌لیتر در لیتر)، ۵- جلبک۱ (۵۰ میلی‌لیتر در لیتر)، ۶- جلبک۲ (۱۰۰ میلی‌لیتر در

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

لیتر)، ۷- زنیان۱+ کلریدکلسیم، ۸- زنیان۲+ کلریدکلسیم، ۹- جلبک ۱+ کلریدکلسیم، ۱۰- جلبک۲+ کلریدکلسیم، ۱۱- زنیان۱+ جلبک۱، ۱۲- زنیان۱+ جلبک۲، ۱۳- زنیان۲+ جلبک۱، ۱۴- زنیان۲+ جلبک۲، ۱۵- زنیان۱+ جلبک۱+ کلریدکلسیم، ۱۶- زنیان۱+ جلبک۲+ کلریدکلسیم، ۱۷- زنیان۲+ جلبک۱+ کلریدکلسیم و ۱۸- زنیان۲+ جلبک۲+ کلریدکلسیم و عامل دوم شامل زمان انبارمانی در سه سطح دوره زمانی بررسی صفات چهار، هشت و ۱۲ روز پس از تیمار، انجام شد. در ضمن برای هر تیمار، سه تکرار و هر تکرار شامل سه میوه بود. تجزیه آماری داده‌ها با نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام گردید.

اندازه‌گیری شاخص‌های ظاهری و فیزیک‌وشیمیایی میوه

درصد پوسیدگی

تعیین درصد پوسیدگی ناشی از رشد ریسه‌های قارچ روی میوه به‌طور چشمی پس از پایان هر بازه زمانی مشاهده و میوه‌های آلوده هر بسته شمارش شدند. درصد پوسیدگی هر بسته از فرمول زیر محاسبه گردید.

$$\text{درصد پوسیدگی} = \frac{\text{تعداد میوه های آلوده هر بسته}}{\text{تعداد کل میوه های هر بسته}} \times ۱۰۰$$

سفتی بافت میوه

سفتی بافت توت فرنگی توسط دستگاه سفتی سنج مدل (GY-4) ساخت کشور آلمان بر حسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع صورت گرفت. میزان استحکام بافت میوه‌های هر بسته اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان استحکام بافت هر تکرار بیان شد.

مواد جامد محلول (TSS)

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول میوه‌های توت‌فرنگی از دستگاه رفراکتومتر آناگو ژاپنی (مدلPAG-3) استفاده شد. روش کار بدین صورت بود که پس از آب‌گیری میوه‌های هر تیمار، یک قطره آب‌میوه روی منشور رفرکتومتر قرار داده شده و در جهت نور عدد رفرکتومتر قرائت گردید.

ویتامین ث

تعیین مقدار ویتامین ث به روش تیتراسیون با محلول ید در یدور پتاسیم در حضور معرف نشاسته یک درصد صورت گرفت برای تعیین مقدار ویتامین ث،۱۰ میلی‌لیتر از آب‌میوه را در یک ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و در حدود ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد. سپس آن‌را با استفاده از محلول ید در یدور پتاسیم، در حضور دو میلی‌لیتر معرف نشاسته یک درصد تا رسیدن به رنگ آبی تیره شدن ادامه یافت. با توجه به حجم آب میوه مصرفی جهت تیره شدن، درصد ویتامین ث طبق فرمول زیر محاسبه گردید (Babazadeh Darjazi, 2013).

$$\text{درصد ویتامین ث} = \frac{۰/۸۸ \times V}{۱۰ \text{ میلی لیتر حجم آب میوه}} \times ۱۰۰$$

V = حجم ید در یدور پتاسیم مصرفی بر حسب میلی لیتر

۰/۸۸ = عدد ثابت بوده و بدین معنی است که هر میلی لیتر ید ۰/۰۱ نرمال، برابر ۰/۸۸ میلی‌گرم ویتامین ث تیتر می‌شود.

آنتوسیانین

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین از روش اختلاف pH بین دو سیستم بافری روش گیوستی و رولستاد استفاده شد. ۴۰۰ میکرولیتر از محلول عصاره با ۳/۶ میلی‌لیتر از هر یک از بافرهای کلراید پتاسیم (pH=۱) و استات سدیم (pH=۴/۵) به طور جداگانه مخلوط شد. میزان جذب هر یک از محلول‌ها در دو طول موج ۵۱۰ (A_{510}) و ۷۰۰ (A_{700}) نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر کمپانی Unico آمریکا (مدل UV/Vis 2100) قرائت شد. آنتوسیانین غالب (سیانیدین ۳ گلوکوزید) توت فرنگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و برحسب میلی‌گرم سیانیدین ۳ گلوکوزید در لیتر بیان شد (Rezaei, *et al.*, 2022).

$$A= (A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5}$$

آنتوسیانین غالب = A×۱۶/۷

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

اسیدهای آلی (TA)

برای اندازه‌گیری میزان اسید میوه از روش تیتراسیون استفاده شد. ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه را با ۶۰ میلی لیترآب مقطر و چند قطره فنل فتالین با سود ۰/۱ نرمال تا زمان تغییر رنگ تیتر گردید. مقدار اسید قابل تیتراسیون با توجه به حجم سود مصرف شده بر حسب درصد اسید سیتریک با فرمول زیر محاسبه شد (Babazadeh Darjazi, 2013).

$$TA\% = \frac{A\,\% = V \times \ 0/0064}{M} \times ۱۰۰$$

V= حجم مصرفی سود مصرفی ۰/۱ نرمال بر حسب میلی لیتر

M= وزن نمونه برحسب میلی لیتر

A= اسیدیته کل به درصد بر حسب اسید سیتریک (تذکر: یک میلی لیتر سود ۰/۱ نرمال، معادل ۰/۰۰۶۴ گرم اسید سیتریک است.)

واکاوی آماری

داده‌های آزمایش با نرم‌افزار اکسل دسته بندی و با استفاده از سیستم پردازشی نرم‌افزار SAS به روش آنالیز واریانس واکاوی شد و مقایسه میانگین صفات از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام گردید.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده زمان انبارمانی و ماده پوششی برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. به علاوه برهمکنش پوشش‌ها و زمان انبارمانی نیز برای تمامی صفات در سطح احتمال یک درصد اختلاف آماری معنی‌داری را نشان داد.

درصد پوسیدگی

اثر برهم‌کنش ماده‌پوششی و زمان انبارمانی بر میزان پوسیدگی نشان داد بیش‌ترین درصد پوسیدگی در روز دوازدهم مربوط به تیمار شاهد به میزان ۱۲/۴۱ درصد بود، در حالی‌که کم‌ترین پوسیدگی در محدوده ۰/۱۶ تا ۱/۷۵ درصد مربوط به غلظت یک میلی‌لیتر در لیتر زنیان۲ و ۵۰ میلی‌لیتر در لیتر جلبک۱ در چهار و هشت روز نگه‌داری، غلظت ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر جلبک۲، تیمار ترکیبی زنیان۱+ کلرید کلسیم و تیمار زنیان۲+ جلبک۱+ کلریدکلسیم در روز دوازدهم انبارمانی مشاهده شد (جدول ۱).

با مقایسه اثرات برشی مواد پوششی روز چهارم انبارمانی مشخص شد، تیمار شاهد بدون اختلاف معنی‌دار با هر دو غلظت ۰/۵ و یک میلی‌لیتر در لیتر زنیان و تیمار ترکیبی جلبک۲+کلرید کلسیم بیش‌ترین درصد پوسیدگی را داشت. مقایسه میانگین برشی در روز هشتم انبارمانی نشان داد بیش‌ترین پوسیدگی مربوط به تیمار شاهد و زنیان۱ بدون اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای جلبک۲، جلبک۱و۲+کلریدکلسیم و ترکیب زنیان۱+جلبک۲+کلریدکلسیم به‌دست آمد. در تجزیه برشی روز دوازدهم انبارمانی، تیمار شاهد با میانگین ۱۲/۴۱ درصد بیش‌ترین پوسیدگی و میوه‌های پوشش‌دار شده با زنیان۲، جلبک۱ و تیمار ترکیبی زنیان۲+ جلبک۱و۲ کم‌ترین پوسیدگی را در روز دوازدهم به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

سفتی بافت میوه

بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها در جدول۱ نشان می‌دهد سفتی بافت میوه توت‌فرنگی در طی زمان انبارمانی کاهش یافت، به‌طوری‌که در روز دوازدهم انبارمانی نسبت به قبل از انبارمانی کاهش۵۰ درصدی را نشان داد. نتایج مقایسه میانگین ماده پوششی و زمان انبارداری حاکی از این بود بیش‌ترین استحکام مربوط به روز چهارم انبارمانی در تیمارهای ترکیبی زنیان۲+ جلبک۲+ کلرید کلسیم، زنیان۲+ جلبک۱ و تیمار زنیان۱+ جلبک۲+ کلرید کلسیم حاصل شد. کم‌ترین سفتی بافت میوه نیز مربوط به تیمار شاهد در روز هشت و ۱۲ انبارمانی به‌دست آمد (جدول ۱).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

جدول ۱- مقایسه میانگین اثرات ماده پوششی و زمان انبارمانی بر سفتی بافت و درصد پوسیدگی توت فرنگی.

Table 1. Comparison of the average effects of coating material and storage time on tissue strength and strawberry decay Percentage.

پوسیدگی (%) Decay (%)			سفتی بافت ($kg\ cm^{-2}$) Tissue strength ($kg\ cm^{-2}$)			ماده پوششی Covering Material
زمان انبارمانی (روز) Storage time (Day)			زمان انبارمانی (روز) Storage time (Day)			
12	8	4	12	8	4	
12.41 a (a)	6.58 b (a)	4.41 b-e (a)	1.08 n (e)	1.41 lmn (h)	1.60 g-m (g)	شاهد Control
6.66 b (b)	6.50 b (a)	3.41 c-h (ab)	1.82 c-l (ab)	1.85 c-k (c-f)	1.89 c-j (ef)	کلرید کلسیم (۵ گرم در لیتر) $CaCl_2$ (5g l^{-1})
6.58 b (bc)	3.50 c-g (cde)	3.33 c-h (ab)	1.57 g-m (cd)	1.53 i-m (gh)	1.74 d-m (fg)	زنیان۱ (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر) Ajowan1 (0.5ml l^{-1})
2.75 d-I (f)	1.33 g-j (i)	0.16 j (f)	1.58 g-m (cd)	1.56 h-m (gh)	1.88 c-j (ef)	زنیان۲ (۱ میلی‌لیتر در لیتر) Ajowan2 (1ml l^{-1})
3.75 c-f (ef)	1.66 f-j (hi)	1.50 f-j (def)	1.62 g-m (bcd)	1.68 f-m (fg)	2.20 bc (b)	جلبک۱ (۵۰ میلی‌لیتر در لیتر) Seaweed1 (50ml l^{-1})
6.75 b (b)	5.50 bc (ab)	1.75 f-j (cde)	1.40 mn (d)	1.79 c-m (def)	2.21 bc (b)	جلبک۲ (۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر) Seaweed2 (100ml l^{-1})
6.41 b (bc)	3.75 c-f (cd)	1.75 f-j (cde)	1.62 g-m (bcd)	2.20 bc (a)	2.15 bcd (bc)	زنیان۱+ کلرید کلسیم Ajowan2+ $CaCl_2$
5.58 bc (bcd)	4.41 b-e (bc)	2.16 e-i (bcd)	1.58 g-m (cd)	1.79 c-m (def)	1.94 c-I (c-f)	زنیان۲+ کلرید کلسیم Ajowan2+ $CaCl_2$
6.50 b (bc)	5.50 bc (ab)	2.16 e-i (bcd)	1.69 f-m (abc)	1.98 c-h (bcd)	2.21 bc (b)	جلبک۱+ کلرید کلسیم Seaweed2+ $CaCl_2$
6.58 b (bc)	5.58 bc (ab)	3.41 c-h (ab)	1.58 g-m (cd)	1.74 d-m (efg)	2.12 cde (bcd)	جلبک۲+ کلرید کلسیم Seaweed2+ $CaCl_2$
4.58 bcd (de)	2.25 d-i (e-i)	1.50 f-j (def)	1.72 e-m (abc)	1.91 c-j (bce)	1.99 c-g (b-e)	زنیان۱+ جلبک۱ Ajowan1+Seaweed1
5.58 bc (bcd)	2.83 d-i (d-h)	1.08 hij (def)	1.83 c-k (ab)	1.97 c-h (cde)	2.07 c-f (b-e)	زنیان۱+ جلبک۲ Ajowan1+Seaweed2
3.50 c-g (ef)	2.16 e-I (ghi)	0.66 ij (ef)	1.82 c-l (ab)	2.13 cde (ab)	2.60 a (a)	زنیان۲+ جلبک۱ Ajowan2+Seaweed1
3.00 d-I (f)	2.25 d-i (e-i)	0.16 j (f)	1.71 e-m (abc)	1.81 c-m (def)	1.94 c-i (c-f)	زنیان۲+ جلبک۲ Ajowan2+Seaweed2
6.50 b (bc)	4.50 b-e (bc)	2.25 d-i (bcd)	1.45 k-n (d)	1.82 c-m (def)	1.92 c-j (def)	زنیان۱+ جلبک۱+ کلرید کلسیم Ajowan1+Seaweed1+ $CaCl_2$
6.75 b (b)	5.50 bc (ab)	2.83 d-i (bc)	1.84 c-k (ab)	2.07 c-f (abc)	2.53 ab (a)	زنیان۱+ جلبک۲+ کلرید کلسیم Ajowan1+Seaweed2+ $CaCl_2$
5.33 bc (cd)	3.00 d-I (d-g)	1.50 f-j (def)	1.91 c-j (a)	1.99 c-g (bcd)	2.17 bc (b)	زنیان۲+ جلبک۱+ کلرید کلسیم Ajowan2+Seaweed1+ $CaCl_2$
6.58 b (bc)	3.50 c-g (c-f)	2.25 d-i (bcd)	1.49 j-n (cd)	1.89 c-j (c-f)	2.67 a (a)	زنیان۲+ جلبک۲+ کلرید کلسیم Ajowan2+Seaweed2+ $CaCl_2$

در هر ستون حروف داخل پرانتز مربوط به تجزیه برشی و حروف بیرون پرانتز مربوط به مقایسه میانگین ترکیب کل است. حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال یک درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

In each column, the letters inside the parentheses correspond to shear analysis and the letters outside the parentheses correspond to the comparison of the average of the total composition. Different letters indicate the significance of the averages at the one percent probability level using Duncan's test.

با مقایسه اثرات برشی مواد پوششی روز چهارم انبارمانی مشخص شد، ماده پوششی زنیان۱و ۲+ جلبک۲+ کلرید کلسیم و

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

زنیان۲+ جلبک۱ بیش‌ترین سفتی بافت میوه را داشت. مقایسه میانگین برشی در روز هشتم انبارمانی نشان داد تیمار زنیان۱+ کلریدکلسیم بیش‌ترین سفتی بافت بدون اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای زنیان۲+جلبک۱ و زنیان۱+ جلبک۲+ کلریدکلسیم به‌دست آمد. تجزیه برشی روز دوازدهم انبارمانی، در بسیاری از تیمارهای ترکیبی بدون اختلاف معنی‌داری موجب حفظ سفتی بافت میوه شدند در صورتی که تیمار شاهد برای هر سه زمان انبارمانی تجزیه برشی کم‌ترین سفتی را به خود اختصاص دادند (جدول ۱).

TSS

جدول مقایسه میانگین دادها نشان داد میزان TSS تا روز دوازدهم انبارمانی روندی افزایشی را طی می‌کند که این افزایش نسبت به قبل از انبارمانی به میزان ۲۲ درصد بود (جدول۲). نتایج برهم‌کنش ماده پوششی و زمان انبارمانی مشخص کرد بیش‌ترین TSS مربوط به روز دوازدهم نگه‌داری در تیمار ترکیبی زنیان۱+ جلبک۱ (۹/۶۳) بدون اختلاف معنی‌دار با تیمارهای جلبک۲+ کلریدکلسیم (۹/۵۵)، جلبک۱+ کلریدکلسیم (۹/۰۲)، غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر زنیان (۹/۱) و تیمار شاهد (۹/۵۳) بود. کم‌ترین میزان TSS نیز در مدت انبارمانی چهار روزه برای تیمارهای ترکیبی زنیان۱+ جلبک۱و ۲+ کلریدکلسیم (۶/۸۶)، زنیان۱+ جلبک۱ (۶/۹۳) بدون اختلاف آماری معنی‌دار با غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر زنیان حاصل شد. هم‌چنین روند تغییرات تیمارها حاکی از آن بود که با گذشت زمان انبارمانی، میزان TSS در توت‌فرنگی در اکثر تیمارها نسبت به تیمار شاهد روند افزایشی کندتری نشان دادند (جدول ۲).

آنالیز برشی مقایسه میانگین‌ها در مواد پوششی در هر ستون مدت زمان انبارمانی مشخص نمود در روز چهارم انبارمانی، تیمار شاهد، کلریدکلسیم و زنیان۲ بدون اختلاف معنی‌داری بالاترین TSS را داشت. در روز هشتم نگه‌داری نتایج برشی حاکی از تاثیر بالاتر جلبک۱+ کلریدکلسیم، زنیان۲+ جلبک۱ و شاهد بر میزان TSS بود. در روز دوازدهم انبارمانی تیمارهای شاهد، جلبک۲+کلریدکلسیم و زنیان۱+جلبک۲ بیش‌ترین TSS را نشان دادند (جدول ۲).

TA

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود با گذشت زمان انبارمانی میزان TA در تمام تیمارها کاهش یافت، به‌طوری‌که در پایان ۱۲ روز کم‌ترین میزان TA در میوه‌های توت‌فرنگی ثبت شد که نسبت به قبل از انبارمانی به میزان ۳۲ درصد کاهش نشان دادند. نتایج برهم‌کنش ماده پوششی و زمان انبارمانی مشخص کرد بیش‌ترین میزان TA در تیمار ترکیبی زنیان۱+ جلبک۱+کلرید کلسیم، جلبک در هر دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر در روز چهارم بدون اختلاف معنی‌دار آماری با تیمارهای کلریدکلسیم، غلظت یک میلی‌لیتر در لیتر زنیان، ترکیب زنیان۲+ کلریدکلسیم، جلبک۱+کلرید کلسیم و هم‌چنین ترکیب زنیان۲+ جلبک۱ در روز چهارم انبارمانی بیش‌ترین میزان TA را به خود اختصاص دادند در حالی‌که کم‌ترین TA در تیمار شاهد در روز دوازدهم مشاهده شد (جدول ۲).

با مقایسه میانگین نتایج برشی برای مدت نگه‌داری چهار روزه مشاهده شد، تیمار ترکیبی زنیان۱+ جلبک۱+کلریدکلسیم و هر دو غلظت جلبک بیش‌ترین و تیمارهای شاهد، زنیان۱+ جلبک۲ و ترکیب زنیان۲+ جلبک۱+ کلریدکلسیم کم‌ترین میزان TA را به خود اختصاص دادند. مقایسه برشی در ستون روز هشتم نگه‌داری بیان کننده این بود هر دو غلظت زنیان بیش‌ترین و تیمار شاهد کم‌ترین TA به‌دست آمد. در روز دوازدهم نگه‌داری نتایج برشی از تاثیر بالاتر زنیان۲+جلبک۱ و زنیان۲+ جلبک۲ +کلریدکلسیم بر میزان TA داشتند. در حالی‌که کم‌ترین TA در همین روز مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲).

ویتامین ث

یافته‌های حاصل از مقایسه میانگین دادها در جدول ۳ نشان می‌دهد با افزایش طول دوره انبارمانی، میزان ویتامین ث کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در روز دوازدهم انبارمانی کاهشی ۳۶ درصدی نسبت به قبل از انبارمانی مشاهده شد. بیش‌ترین میزان ویتامین ث در طول دوره انبارمانی در تیمار ۵۰ میلی‌لیتر در لیتر جلبک و ترکیب همین غلظت جلبک با کلرید کلسیم با تیمارهای زنیان۲+کلریدکلسیم، جلبک۲+کلریدکلسیم، زنیان۱+ جلبک۲، زنیان۲+جلبک۱ و زنیان۱+جلبک۲+کلریدکلسیم مشاهده شد. مقایسه میانگین برشی در ستون زمانی هشت روزه انبارمانی نشان داد تیمارهای کلریدکلسیم، جلبک۱ و تیمار زنیان۱+کلریدکلسیم بیش‌ترین و تیمار زنیان۲+جلبک۱+کلریدکلسیم کم‌ترین میزان ویتامین ث را در این سطح داشتند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات مواد پوششی و زمان انبارمانی بر TSS و TA توت فرنگی.

Table 2. Comparison of the average effects of coating material and storage time on TSS and TA of strawberries.

TA (g 100ml^{-1})			TSS(Brix)			ماده پوششی Covering Material
زمان انبارمانی (روز) Storage time (Day)			زمان انبارمانی (روز) Storage time (Day)			
12	8	4	12	8	4	
0.59 u (k)	0.70 st (f)	0.78 j-l (g)	9.53 ab (a)	8.70 c-i (ab)	8.43 c-l (a)	شاهد Control
0.77 j-m (bc)	0.83 d-h (bc)	0.89 abc (c)	8.97 bcd (bc)	8.23 e-o (cd)	8.20 f-o (ab)	کلرید کلسیم (۵ گرم در لیتر) $CaCl_2$ (5g l^{-1})
0.71 q-t(ghi)	0.86 bcd (a)	0.83 d-h (f)	9.10 abc (b)	7.56 n-r (hi)	7.00 rs (e)	زنیان۱ (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر) Ajowan1 (0.5ml l^{-1})
0.73 o-t (efg)	0.84 d-g (ab)	0.89 abc (c)	8.70 c-i (cd)	8.46 c-k (bc)	8.26 e-n (ab)	زنیان۲ (۱ میلی‌لیتر در لیتر) Ajowan2 (1ml l^{-1})
0.70 rst (hij)	0.80 h-k (d)	0.91 a (ab)	8.66 c-i (cd)	8.05 h-q (def)	7.53 o-r (d)	جلبک۱ (۵۰ میلی‌لیتر در لیتر) Seaweed1 (50ml l^{-1})
0.73 o-t (efg)	0.83 d-h (bc)	0.90 a (abc)	8.02 i-q (fg)	7.80 k-q (e-i)	7.63 m-r (d)	جلبک۲ (۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر) Seaweed2 (100ml l^{-1})
0.72 p-t(fgh)	0.81 e-i (cd)	0.86 bcd (d)	8.76 c-g (bcd)	7.95 j-q (d-g)	7.76 l-q (cd)	زنیان۱+ کلرید کلسیم Ajowan2+ $CaCl_2$
0.67 t (j)	0.82 d-h (bc)	0.89 ab (bc)	8.16 g-o (fg)	7.86 k-q (d-h)	7.73 m-q (cd)	زنیان۲+ کلرید کلسیم Ajowan2+ $CaCl_2$
0.69 st (ij)	0.83 d-h (bc)	0.89 abc (bc)	9.02 abc (bc)	8.86c-f (a)	7.60 n-r (d)	جلبک۱+ کلرید کلسیم Seaweed2+ $CaCl_2$
0.76 k-o (bc)	0.81 f-j (cd)	0.84 d-h (ef)	9.55 ab (a)	8.13 g-q (cde)	8.05 k-q (bc)	جلبک۲+ کلرید کلسیم Seaweed2+ $CaCl_2$
0.74m-r(def)	0.83 d-h (bc)	0.83 d-h (f)	9.63 a (a)	7.97 j-q (def)	6.93 s (e)	زنیان۱+ جلبک۱ Ajowan1+Seaweed1
0.72 p-t(fgh)	0.76 k-o (e)	0.78 i-m (g)	7.83 k-q (g)	7.70 m-q (f-i)	7.46 pqr (d)	زنیان۱+ جلبک۲ Ajowan1+Seaweed2
0.80 h-k (a)	0.81 f-j (cd)	0.89 abc (c)	8.90 cde (bcd)	8.73 c-h (ab)	7.63 m-r (d)	زنیان۲+ جلبک۱ Ajowan2+Seaweed1
0.72 p-t(fgh)	0.74 l-q (e)	0.85 cde (de)	8.66 c-i (cd)	7.74 m-q (f-i)	7.56 n-r (d)	زنیان۲+ جلبک۲ Ajowan2+Seaweed2
0.77 j-m (bc)	0.80 g-k (d)	0.0.92 a (a)	8.31 d-m (ef)	7.60 n-r (ghi)	6.86 s (e)	زنیان۱+ جلبک۱+ کلرید کلسیم Ajowan1+Seaweed1+ $CaCl_2$
0.74 l-q (de)	0.83 d-h (bc)	0.85 def (def)	8.16 g-o (fg)	7.43 qr (i)	6.87 s (e)	زنیان۱+ جلبک۲+ کلرید کلسیم Ajowan1+Seaweed2+ $CaCl_2$
0.75 l-p (cd)	0.76 k-o (e)	0.77 k-n (g)	8.13 q-p (fg)	8.06 h-q (def)	7.73 m-q (cd)	زنیان۲+ جلبک۱+ کلرید کلسیم Ajowan2+Seaweed1+ $CaCl_2$
0.78 i-l (ab)	0.80 h-k (d)	0.83 d-h (f)	8.56 c-j (de)	8.07 h-q (def)	7.73 m-q (cd)	زنیان۲+ جلبک۲+ کلرید کلسیم Ajowan2+Seaweed2+ $CaCl_2$

در هر ستون حروف داخل پرانتز مربوط به تجزیه برشی و حروف بیرون پرانتز مربوط به مقایسه میانگین ترکیب کل است. حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال یک درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

In each column, the letters inside the parentheses correspond to shear analysis and the letters outside the parentheses correspond to the comparison of the average of the total composition. Different letters indicate the significance of the averages at one percent probability level using Duncan's test.

هم‌چنین نتایج تجزیه برشی روز دوازدهم انبارمانی بدین صورت بود که در تیمار کلرید کلسیم بیش‌ترین ویتامین ث و تیمار شاهد، تیمارهای ترکیبی زنیان۲+ کلریدکلسیم و زنیان۱+ جلبک۲+ کلریدکلسیم بدون اختلاف معنی‌دار، کم‌ترین میزان ویتامین ث را در روز دوازدهم انبارمانی به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ماده پوششی و زمان انبارمانی بر آنتوسیانین و ویتامین ث توت فرنگی

Table 3. Comparison of the average effects of coating material and storage time on anthocyanin and vitamin C of strawberries.

ویتامین ث (mg 100ml^{-1}) Vitamin C (mg 100ml^{-1})			آنتوسیانین (mg 100ml^{-1}) Anthocyanin (mg 100ml^{-1})			ماده پوششی Covering Material
زمان انبارمانی (روز) Storage time (Day)			زمان انبارمانی (روز) Storage time (Day)			
12	8	4	12	8	4	
47.3 t (l)	65.6 lmn(ef)	66.8 k-n (i)	0.22 y (j)	1.13 o-s (gh)	1.22 m-p (h)	شاهد Control
75.7 b-h (a)	78.4 b-e (a)	80.6 b (b)	0.50 vwx (gh)	2.30 bc (a)	2.60 a (a)	کلرید کلسیم (۵ گرم در لیتر) $CaCl_2$ (0.5%)
63.5 mno (e)	68.2 j-m (de)	79.3 bcd (bc)	1.75 f-i (a)	1.82 e-h (b)	1.95 d-g (cd)	زنیان۱ (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر) Ajowan1 (0.5ml l^{-1})
64.3 no(de)	71.7 g-k (bc)	79.4 bcd (bc)	0.41 wxy (ghi)	0.60 u-x (j)	1.70 g-j (ef)	زنیان۲ (۱ میلی‌لیتر در لیتر) Ajowan2 (1ml l^{-1})
66.8 k-n (cd)	80.2 b (a)	88.1 a (a)	0.42 v-y (ghi)	1.40 k-o (de)	1.45 j-n (g)	جلبک۱ (۵۰ میلی‌لیتر در لیتر) Seaweed1 (50ml l^{-1})
56.8 pqr (h)	70.4 h-l (cd)	77.5 b-f (cd)	0.31 xy (ij)	1.18 m-q (fg)	1.16 n-s (h)	جلبک۲ (۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر) Seaweed2 (100ml l^{-1})
62.3 no (ef)	79.8 bc (a)	80.6 b (b)	0.66 t-w (ef)	0.71 tuv (j)	1.75 f-i (ef)	زنیان۱+ کلرید کلسیم Ajowan2+ $CaCl_2$
49.7 st (jkl)	73.6 e-j (b)	77.5 b-f (cd)	0.35 xy (hij)	1.51 i-l (cd)	1.84 e-h (de)	زنیان۲+ کلرید کلسیم Ajowan2+ $CaCl_2$
52.0 rst (h-k)	72.4 f-j (bc)	86.6 a (a)	1.26 l-p (b)	1.30 l-p (ef)	2.10 cde (bc)	جلبک۱+ کلرید کلسیم Seaweed2+ $CaCl_2$
54.8 qrs (gh)	68.7 i-m (d)	72.5 f-j (e-h)	1.03 p-s (c)	1.05 p-s (ghi)	1.71 g-j (ef)	جلبک۲+ کلرید کلسیم Seaweed2+ $CaCl_2$
59.7 opq (f)	63.5 mno (fg)	74.6 c-h (def)	0.47 vwx (ghi)	1.62 h-k (c)	2.03 c-f (bc)	زنیان۱+ جلبک۱ Ajowan1+Seaweed1
51.4 rst (ijk)	74.0 d-i (b)	73.5 e-j (efg)	0.49 vwx (gh)	1.39 k-o (de)	1.52 i-l (g)	زنیان۱+ جلبک۲ Ajowan1+Seaweed2
52.6 rst (hij)	62.5 no (g)	70.5 h-l (h)	0.70 tuv (e)	1.45 i-m (de)	1.60 h-k (fg)	زنیان۲+ جلبک۱ Ajowan2+Seaweed1
54.7 qrs (gh)	70.3 h-l (cd)	73.2 e-j (e-h)	1.00 p-s (cd)	1.43 j-n (de)	2.55 ab (a)	زنیان۲+ جلبک۲ Ajowan2+Seaweed2
53.6 rs (ghi)	64.6 mno (fg)	72.3 f-j (fgh)	0.88 stu (d)	0.90 q-t (i)	1.18 m-r (h)	زنیان۱+ جلبک۱+ کلرید کلسیم Ajowan1+Seaweed1+ $CaCl_2$
49.5 st (kl)	61.7 nop (g)	75.4 b-h (de)	0.88 q-u (cd)	1.08 p-s (gh)	1.97 d-g (cd)	زنیان۱+ جلبک۲+ کلرید کلسیم Ajowan1+Seaweed2+ $CaCl_2$
55.8 qr (g)	56.8 pqr (h)	70.7 h-l (gh)	1.61 h-k (a)	1.85 e-h (b)	2.17 cd (b)	زنیان۲+ جلبک۱+ کلرید کلسیم Ajowan2+Seaweed1+ $CaCl_2$
68.5 i-m (bc)	73.7 e-j (b)	76.6 b-g (cd)	0.53 vwx (fg)	1.01 p-s (hi)	1.75 f-i (ef)	زنیان۲+ جلبک۲+ کلرید کلسیم Ajowan2+Seaweed2+ $CaCl_2$

در هر ستون حروف داخل پرانتز مربوط به تجزیه برشی و حروف بیرون پرانتز مربوط به مقایسه میانگین ترکیب کل است. حروف متفاوت بیان کننده معنی‌دار بودن میانگین‌ها در سطح احتمال یک درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

In each column, the letters inside the parentheses correspond to shear analysis and the letters outside the parentheses correspond to the comparison of the average of the total composition. Different letters indicate the significance of the averages at the one percent probability level using Duncan's test.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

آنتوسیانین

بررسی روند تغییرات مقایسه میانگین دادها در طی ۱۲ روز انبارمانی، کاهش محسوسی در میزان آنتوسیانین نشان داد. به طوری‌که در پایان ۱۲ روز کم‌ترین آنتوسیانین در میوه‌های توت‌فرنگی ثبت شد که نسبت به قبل از انبارمانی به میزان ۳۳ درصد کاهش داشت. در بررسی برهم‌کنش مواد پوششی و زمان انبارمانی بر میزان آنتوسیانین در جدول ۳ یافته‌ها حاکی از این بود که بیش‌ترین میزان آنتوسیانین مربوط به غلظت پنج گرم در لیتر کلریدکلسیم در چهار روز انبارمانی حاصل شد که با غلظت یک میلی‌لیتر در لیتر زنیان در ترکیب با ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر جلبک در همین مدت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. کم‌ترین میزان آنتوسیانین نیز مربوط به تیمار شاهد در ۱۲ روز نگه‌داری به میزان ۰/۲۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بود که با هر دو غلظت جلبک، غلظت یک میلی‌لیتر در لیتر زنیان و تیمار ترکیبی زنیان۲+ کلریدکلسیم اختلاف معنی‌داری نداشتند. در روز دوازدهم انبارمانی به عنوان آخرین و طولانی‌ترین مدت نگه‌داری، میوه‌های تیمار شده با غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر زنیان، موجب افزایش ۹۴ درصدی آنتوسیانین نسبت به تیمار شاهد شده و بیش‌ترین آنتوسیانین را در آخرین روز انبارمانی نشان دادند (جدول ۳).

در جدول ۳ مقایسه میانگین برشی برای هر ستون در جدول به‌طور جداگانه مشخص گردید در روز چهارم انبارمانی، میوه‌های تیمار شده با کلریدکلسیم به تنهایی و تیمار ترکیبی زنیان۲+ جلبک۲ بیش‌ترین و تیمارهای شاهد، جلبک۲ و ترکیب زنیان۱+ جلبک۱+کلریدکلسیم کم‌ترین میزان آنتوسیانین را به خود اختصاص دادند که با سایر تیمارها در ستون خود تفاوت معنی‌داری داشتند. هم‌چنین مقایسه میانگین برشی در ستون روز هشتم نگه‌داری بیان کننده این بود که تیمار کلریدکلسیم بیش‌ترین و تیمارهای زنیان۲ و زنیان۱+ کلریدکلسیم کم‌ترین آنتوسیانین را نشان دادند. در روز دوازدهم نگه‌داری نتایج برشی حاکی از تاثیر بالاتر زنیان۱ و تیمار زنیان۲+ جلبک۱+ کلریدکلسیم بر میزان آنتوسیانین بود در حالی‌که کم‌ترین آنتوسیانین در همین روز مربوط به تیمار شاهد بدون اختلاف آماری معنی‌دار با جلبک۲ و زنیان۲+ کلریدکلسیم به‌دست آمد (جدول ۳).

بحث

پوسیدگی میوه

پوسیدگی میوه توت‌فرنگی به فعالیت عوامل قارچی تغذیه کننده از سطح بافت میوه مربوط می‌شود. طبق گزارشات عصاره‌های زنیان و جلبک‌ها، بر کاهش جمعیت قارچی تاثیر داشته و پوسیدگی میوه را به تاخیر انداخته است (Bahammou, *et al*. 2017). در پژوهشی بیان شد کاربرد پنج نوع جلبک روی گلابی باعث کاهش عوامل قارچی پس از برداشت محصول شد (Toledo, *et al*. 2023). تاثیر ضد میکروبی عصاره‌های گیاهی به خاصیت آب‌گریزی و انحلال پذیری آن‌ها در غشاء سیتوپلاسمی میکروارگانیسم‌ها وابسته است و رشد باکتری با تشکیل باندهای هیدروژنی توسط ترکیبات فنلی آن‌ها با پروتئین‌های غشاء سیتوپلاسمی میکروارگانیسم‌ها موجب جلوگیری از فعالیت باکتری‌ها در غشاء محصول می‌گردد (Ghafouri, *et al*., 2015; Fan & Hodges, 2011). در تایید این نتایج، Kamel گزارش کرد میوه‌های پرتقال تیمار شده با عصاره جلبک‌دریایی به همراه اسانس سیر کم‌ترین درصد پوسیدگی میوه را در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد (Kamel, 2014). در آزمایش Fatemi و همکاران (2013) روی پوسیدگی کپک خاکستری انبارمانی کیوی تیمار شده با عصاره‌های گیاهی به‌عنوان مواد پوششی نیز نتایج مشابه مشاهده شد که با کاربرد اسانس زنیان با کمترین پوسیدگی در این تحقیق مطابقت داشت (Fatemi *et al*., 2013).

سفتی بافت

کاهش سفتی در طول انبارمانی، به دلیل در هم شکستن آنزیم‌ها، کاهش آب موجود در میوه و تغییرات در غشاء است (Mohammadi, *et al*. 2022). از طرف دیگر تغییرات بافت، وابسته به تخریب پروتئین و پلی‌ساکاریدها، شکستن واکوئل‌ها و گسترش در فضای بین یاخته‌ای است (Modares, *et al*. 2014). در مطالعه‌ای Banasaz و همکاران (۲۰۱۳) اثر موسیلاژ اسفرزه و چیتوسان بر خصوصیات بافتی و تغییر رنگ میوه سیب رقم رد دلیشز را بررسی کردند و نتایج نشان داد استفاده از موسیلاژ اسفرزه باعث استحکام بافت سیب می‌شود. از سوی دیگر تخریب غشاء و بیوسنتز اتیلن به دنبال هم اتفاق می‌افتد. به نظر

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

می‌رسد اتیلن نقش کلیدی و مهمی در پیری میوه‌ها دارد. بررسی‌ها نشان داده جلبک‌دریایی تولید اتیلن را کاهش می‌دهد (Toledo, *et al*. 2023). جلبک‌ها می‌تواند از فعالیت آنزیم‌های مخرب دیواره یاخته‌ای از قبیل پلی‌گالاکتروناز، سلولاز و پکتین متیل‌استراز که سبب تاخیر در رسیدن و کاهش سرعت نرم شدن بافت میوه می‌گردد، جلوگیری کند (Fan & Hodges, 2011). هم‌چنین Valero و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند غوطه‌وری میوه آلو در دما ۴۵ درجه سلسیوس با کلریدکلسیم سفتی را افزایش و بدشکلی بافت میوه را کاهش می‌دهد. کلسیم در مدت انبارمانی از پوست به سمت بافت میوه حرکت کرده و باعث سفتی بافت می‌شود. یافته‌های بالا با توجه به تاثیر مواد به‌کار رفته با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

TSS

بررسی نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد میزان TSS تا روز دوازدهم انبارمانی روندی افزایشی را طی کرد. به‌نظر می‌رسد تغییر TSS در دوره پس از برداشت با هیدرولیز پلی‌ساکاریدها و غلیظ شدن عصاره میوه و هم‌چنین کاهش آب میوه مرتبط باشد (Kamel, 2014). البته فساد و تنفس میوه نیز با شکستن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آن‌ها به ترکیبات ساده‌تر افزایش TSS را به همراه دارد (Rolle, *et al*. 2009). در پژوهش Moradinejadi و همکاران (2018) کاربرد اسیدسالیسیلیک و کلریدکلسیم روی میوه تازه زرشک بی‌دانه طی ۹۰ روز انبارمانی مشاهده نمودند مقدار TSS افزایش و تفاوت معنی‌داری آماری نشان داد. اما کم‌ترین تغییرات در میوه‌های تیمارشده با کلریدکلسیم و اسیدسالیسیلیک نسبت به شاهد و زمان برداشت به‌دست آمد. نتایج پژوهش حاضر نشان داد این شاخص با افزایش زمان انبارمانی، افزایش یافت، اما نسبت به آغاز انبارمانی نسبت به شاهد در تیمار زنیان۱+ جلبک۲ به میزان کمتری تغییر کرده‌است. پژوهش‌های ذکر شده با نتایج تحقیق و یافته‌های حاضر در یک راستا قرار دارند.

TA

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد میزان TA با افزایش زمان انبارمانی کاهش می‌یابد. TA به طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسیدهای آلی غالب میوه بوده که یکی از پارامترهای مهم در نگه‌داری و حفظ کیفیت میوه به‌شمار می‌رود. از آن‌جا که اسیدهای آلی به عنوان مواد اولیه برای واکنش‌های آنزیمی تنفس به کار می‌روند، انتظار می‌رود طی دوران پس از برداشت TAمیوه کاهش یابد. بنابراین تیمارهایی که باعث کندی متابولیسم و پیری محصول شوند می‌تواند سرعت تغییرات را در طول انبارمانی کاهش دهند (Moradinejadi, *et al*. 2018). نتایج بررسی‌های Modares و همکاران (2014) بر عمر انبارمانی توت فرنگی نشان داد افزایش نگه‌داری میوه باعث کاهش مقدار اسیدیته کل میوه‌ها می‌گردد. هم‌چنین Faraji و همکاران (2014) در پژوهشی روی انگور مشاهده کردند صفت TA تحت تاثیر اسانس زنیان و زمان انبارمانی دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به شاهد در پایان انبارمانی بود، به‌گونه‌ای که کاربرد اسانس زنیان موجب کاهش کمتر TA میوه انگور پس از انبارمانی شد. استفاده از اسیدسالیسیلیک و کلرید کلسیم در انبارداری توت‌فرنگی موجب کاهش کمتر TA نسبت به شاهد شدند (Nazoori & Gheysarbigi, 2019). یافته‌های این تحقیقات با پژوهش حاضر هم‌خوانی داشت. به‌نظر می‌رسد کاربرد مواد پوششی موجب کندی سرعت تغییرات متابولیسم در طول مدت زمان انبارمانی شد.

ویتامین ث

بر اساس نتایج این آزمایش، با افزایش طول دوره انبارمانی، میزان ویتامین ث کاهش می‌یابد. این کاهش میزان ویتامین ث در دوره پس از برداشت می‌تواند به علت تنفس بالا باشد. این ویتامین در اثر فعالیت آنزیم اسید آسکوربیک اکسیداز تجزیه و هیدرولیز می‌شود. کاهش این ویتامین در هنگام رسیدن سریع شده و تا زمان پیری ادامه می‌یابد. در واقع عصاره‌ها با کند کردن فرآیند رسیدن و پیری میوه، سبب جلوگیری از تخریب و درنتیجه حفظ اسید آسکوربیک در میوه می‌شوند (Qaisarbeigi, *et al*. 2015). کاهش اسیدآسکوربیک یک فرآیند اکسیداتیو بوده که در حضور نور، اکسیژن، گرما، پراکسیدها و آنزیم‌ها تحریک می‌شود. در همین راستا Wang و Gao (2013) کاهش مقدار اسید آسکوربیک را در طی انبارمانی توت فرنگی طی ۱۲ روز گزارش نمودند، اما کاربرد مواد پوششی روند کاهشی این اسید طی انبارمانی را کندتر از شاهد نمود. این نتیجه با یافته‌های حاصل از آزمایش Mohammadi و Aminifard (2012) در هلو تیمار شده با اسانس دارچین و یافته‌های Ghafouri و همکاران (2015) در انارهای تیمار شده با اسانس آویشن در جلوگیری از کاهش ویتامین ث طی انبارمانی در یک راستا است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

نتایج این پژوهش‌ها مشخص نمودند تمام مواد پوششی از جمله کلریدکلسیم و زنیان، روند فرآیند اکسیداتیو ویتامین ث را کند می‌کند که با پژوهش حاضر مطابقت دارند.

آنتوسیانین

آنتوسیانین در توت فرنگی معیار مهمی برای سنجش میزان رسیدگی است. طبق یافته‌های پژوهش حاضر بررسی روند تغییرات در طی ۱۲ روز انبارمانی، کاهش محسوسی در میزان آنتوسیانین به‌دست آمد. ساخت آنتوسیانین پس از برداشت میوه‌ها به فعالیت آنزیم‌هایی چون فنیل آلانین آمونیالیاز ارتباط داشته که در طی انبارمانی افزایش می‌یابد (Pelayo, *et al*. 2003). Cordenunsi و همکاران (2005) اعلام کردند تغییرات غلظت آنتوسیانین در توت فرنگی پس از برداشت و در طی دوره نگه‌داری بسته به نوع رقم، دمای انبار، حضور و یا عدم حضور بسته‌بندی و نوع بسته‌بندی متفاوت است. در برخی ارقام توت فرنگی با گذشت زمان سیر صعودی و در برخی دیگر سیر نزولی آنتوسیانین مشاهده شد. کاهش آنتوسیانین در میوه‌های شاهد می‌تواند به دلیل وقوع پوسیدگی در میوه‌ها و از بین رفتن آنتوسیانین در فرآیندهای شیمیایی مرتبط با فعالیت پاتوژن‌ها باشد (Qaisarbeigi *et al*. 2015). در پژوهشی عصاره آویشن و جلبک دریایی مانع از رشد کپک‌ها، مخمرها و ممانعت از ورود اکسیژن و اکسیداسیون آنتوسیانین‌ها و کاهش رنگ قرمزی نمونه‌های توت فرنگی شد (Rezaei *et al*. 2019). در مجموع نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که عصاره‌های زیستی پوششی به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی که دارند، می‌تواند از اکسید شدن آنتوسیانین در مدت انبارمانی جلوگیری کنند (Wang & Gao. 2013). یافته‌های حاصل از این پژوهش با نتایج ذکر شده در یک راستا قرار دارند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل، با گذشت زمان انبارداری صفاتی چون ویتامین ث، TA، سفتی بافت، آنتوسیانین کاهش و درصد پوسیدگی و TSS آب میوه روندی افزایشی داشتند. کم‌ترین درصد پوسیدگی در تیمارهای زنیان۱ و زنیان۲+کلریدکلسیم در روز دوازدهم، بیش‌ترین استحکام بافت در تیمارهای زنیان۲+جلبک۲+کلریدکلسیم در روز چهارم، بیش‌ترین TA در تیمار ترکیبی زنیان۱+جلبک۱+کلریدکلسیم، بیش‌ترین میزان ویتامین ث در تیمار ۵۰ میلی‌لیتر در لیتر جلبک در روز چهارم، بیش‌ترین میزان TSS در روز دوازدهم مربوط به تیمار زنیان۱+ جلبک۱ و بیش‌ترین میزان انتوسیانین مربوط کلریدکلسیم در چهار روز انبارمانی مشاهده شد. به منظور حفظ و توسعه بازارهای بزرگ مصرف داخل و خارج کشور و نیز استفاده از مواد و روش‌های طبیعی و بی‌خطر به جای استفاده از روش‌های شیمیایی، بر اساس نتایج این پژوهش، کاربرد تیمار کلریدکلسیم پنج گرم در لیتر و اسانس زینان ۰/۵ و یک میلی‌لیتر در لیتر به دلیل تاثیر مناسب در حفظ مطلوب خصوصیات فیزیکی و شیمیایی میوه توت‌فرنگی در طی مدت نگه‌داری در انبار توصیه می‌گردد.

منابع References

Aboutalebi, A.H., Mohammadi, M.J. (2012). Effect of essential oils of medicinal plants on post-harvest stability of fruits quality and decay management of Kino tangerine. *Seed and Plant Production*, *27*(4), 501-504. In Persian

Babazadeh Darjazi, B. (2013). Comparison of Vitamin C in Mandarin (*Citrus* Blanco.) cultivars. *Eco-phytochemical Journal of Medical Plants*, *1*(3), 82-92. In Persian

Bahammou, N., Cherifi, O., Bouamama, H., Cherifi, K., Moubchir, T., Bertrand, M. (2017). Postharvest control of gray mold of tomato using seaweed extracts. *Journal of Materials and Environmental Sciences*, *8*, 831- 836.

Banasaz, S., Hojatoleslami, M., Razavi, S. H., Hosseini, E., Shariaty, M.A. (2013). The Effect of Psyllium seed gum as an edible coating and in comparison to Chitosan on the textural properties and color changes of Red Delicious Apple. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, *18*, 651-657.

Chen, S., Wei, L., Fang, Y (2006). Effect of CaCl2 treatment on the physiological qualities of postharvest tomato. *Acta Agriculturae*, *15*, 156-159.

Cordenunsi, B.R., Genovese, M.I., do Nascimento, J.R.O., Hassimotto, N.M.A., dos Santos, R.J., Lajolo, F.M. (2005). Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chemistry*, *91*(1), 113-121.

Faraji, R., Arshad, M. Nazari, M. (2014). The effect of foliar spraying of natural extract of zenian on increasing the shelf life of grape var. Reshebane. The Second National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, Tehran. 310-329. (In Persian)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

Fan, D., Hodges, D. (2011). Commercial extract of the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* enhances phenolic antioxidant content of spinach (*Spinacia oleracea* L.) which protects Caenorhabditis elegance against oxidative and thermal stress. *Food Chemistry*, *124*(1), 195-202.

Fatemi, H., Aminifard, M.H., Mohammadi S. (2013). Efficacy of plant essential oils on post-harvest control of rot caused by *Botrytis cinerea* on kiwi fruits. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, *46*(5), 536-547.

Ghafouri, M., Soleimani, A., Rabiei, V., Hemati, R. (2015). The effect of foliar spraying after harvesting thyme extract on the storage life and quality of pomegranate fruit (Taram red skin number). *Journal of Horticultural Sciences* (*Agricultural Sciences and Industries*), *29*(4), 547-555.(In Persian

Kamel, H. (2014). Impact of garlic oil, seaweed extract and imazalil on keeping quality of valencia orange fruits during cold storage. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*, *6*(3), 116-125.

Modares, B., Qobadi, S. (2014). Effect of 1-methylcyclopropene (MCP-1) on the storage and shelf life of Camarosa strawberry. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, *11*(4), 253-267. (In Persian)

Mohammadi, S., Aminifard, M.H. (2012). Effect of essential oils on postharvest decay and some quality factors of peach (*Prunus persica* var. Redhaven). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, *6* (17), 147-153.

Mohammadi, A.A., Shahabian, M., Ramezanpour, M.R. (2022). The Effect of Foliar Application of Calcium Nitrate and Potassium Phosphite on Antioxidant Enzymes and Nutrients of Blood Orange CV. Sanguine in the Storage. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *23* (2), 437 -446. (In Persian)

Moradinejadi, F., Hasanpour, S., Hassan Yar, M. (2018). The effect of foliar spraying before harvest with calcium chloride and salicylic acid on the physico-chemical characteristics and quality of fresh barberry seedless fruit. *Journal of Horticultural Sciences* (*Agricultural Sciences and Industries*), *32*(1), 61-74. (In Persian)

Nazoori, F., Gheysarbigi, Sh. (2019) Effect of Calcium Chloride and Salicylic Acid on Quantitative and Qualitative Features of Strawberry Fruit CV. Gavita. *Journal of Food Science and Technology*, *15*(85), 49-59.

Panji, M., ghajarbeygi, P., Mahmoudi, R., Shahsavari, S. (2018). Effect of whey protein concentrate edible coating and *Trachyspermum copticum* essential oil on the microbial, physicochemical and organoleptic characteristics of fresh strawberries during storage. *Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Science*, *23*(4), 53-66. (In Persian)

Pelayo, C. Ebeler, S., Kader, A. (2003). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air+20 kPa CO_2. *Postharvest Biology and Technology*, *27*(2), 171-183.

Qaisarbeigi, Sh., Ramin, A.A., Amini, F. (2015). Effect of chitosan coating on fruit quality and storage life of sweet lemon (*Citrus limetta*). *Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, *5*(18), 153-163. (In Persian)

Rezaei, M., Abdulahi, F., Dastjardi, A., Yousafzadi, M. (2019). The effect of Aloflexosa seaweed extract and Shirazi thyme on the quality characteristics of Washington Novel orange during storage. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Industry*, *8*(3), 258-245. (In Persian)

Rezaei, S., Amiri, M.E., Bahari, A., Razavi, F., Soleimani Aghdam, M., Beyrami, H. (2022). Effect of foliar iron application on anthocyanin genes expression during of developmental stages in strawberry fruit. *Journal of Plant Research* (*Iranian Journal of Biology*), *35*(4), 745-762. (In Persian)

Rolle, L., Torchio, F. Giacosa, S., Gerbi, V.(2009). Modifications of mechanical characteristics and phenolic composition in berry skins and seeds of mondeuse wine grapes throughout the on- vine drying process. *Journal Science Food Agriculturae*, *89*(11), 1973-1980.

Singh, G., Maurya, S., Catalan, C.D., Lampasona, M.P. (2004). Chemical, antifungal, antioxidative studies of Ajowan oil and its acetone extract. *Journal Agricultural Food Chemistry*, *52*, 3292-3296.

Toledo, E., Félix, C., Vicente, T.F.L., Augusto, A., Félix, R., Toledo, B., Silva, J., Trindade, C. Raimundo, D., Lemos, M.F.L. (2023). Seaweed Extracts to Control Postharvest Phytopathogenic Fungi in Rocha Pear. *Journal of Fungi*, *9*(2), 269.

Valero, D., Perez-Vicente, A., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Guillen, F., Serrano, M. (2002). Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatments: role of polyamines. *Journal of Food Science*, *67*, 2571-2575.

Wang, S.Y., Gao, H. (2013). Effect of chitosan-based edible coating on antioxidants, antioxidant enzyme system, and postharvest fruit quality of strawberries (*Fragaria* x *aranassa* Duch.). *Food Science and Technology*, *52*(2), 71-79.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 25 (4): 461-472 (2024)
Research article

Investigating the Effect of Calcium Chloride, Ajowan Essential Oil and Seaweed Extract on The Shelf Life of Strawberry cv. Camarosa

Zohoruddin Nouri[1], Mohammad Hedayat[1]*, Mohammad Amin Kohanmoo[2], Rahim Nikkhah[1]

1-Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
2- Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran
*Corresponding Author, Email: (m.hedayat@pgu.ac.ir)

The use of natural materials is considered by human societies in order to maintain the quality and increase the shelf life of products to promote healthy products. For this purpose, the combined effect of $CaCl_2$, ajowan essential oil and seaweed extract on the shelf life of strawberry cv. Camarosa, was investigated in a factorial experiment in the form of a completely randomized design with two factors. The first factor included of $CaCl_2$ treatments (0 and 5 g L^{-1}), spirulina seaweed extract (0, 50 and 100 ml L^{-1}), ajowan essential oil (0, 0.5 and 1 ml L^{-1}) and their combination in 18 levels and the second factor was storage times of 4, 8 and 12 days after treatment. The results showed that the application of treatments and the time of storage had a significant effect on all traits, so that with the increase in storage time, it showed that vitamin C, TA, tissue firmness, anthocyanin decreased and the percentage of decay and TSS increased. On the other hand, the use of coating materials is delayed to reduce all measured traits. The lowest percentage of decay was obtained in the treatments of ajowan with $CaCl_2$ on the twelfth day, and the highest tissue strength was obtained in the treatments of ajowan2 (1 ml L^{-1}) + seaweed2 (100 ml L^{-1}) + $CaCl_2$ (5 g L^{-1}) on the fourth day. The highest TA and vitamin C were found in seaweed on the fourth day. The highest concentration of TSS and anthocyanin was observed in ajowan1 (0.5 ml L^{-1}) + seaweed1 (50 ml L^{-1}) on the twelfth day and in the concentration of 5 g L^{-1} $CaCl_2$ on the 4th day of storage, respectively. In general, the use of ajowan essential oil with $CaCl_2$ is recommended because it preserves the shelf life and strength of strawberries during storage.

Keywords: Ajowan, Anthocyanin, Spirulina Seaweed**,** Storage.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-11-17]