فنآوری تولیدات گیاهی/ جلد بیست و یکم/ شمارهٔ دوم/ صفحات ۱۴۳-۱۵۵/ پاییز و زمستان ۱۴۰۰
DOI: 10.22084/PPT.2022.25812.2070

تأثیر پوشش خوراکی کاراگینان غنی شده با اسانس زنیان بر کیفیت پس از برداشت میوه توت‌فرنگی

Effect of Ajwain Essential Oil Enriched with Carrageenan Edible Coating on Postharvest Quality of Strawberry

سوما عبدی[۱]، داود بخشی[۲*]، علیرضا مهرگان نیکو[۳] و اسماعیل فلاحی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۵
(مقاله پژوهشی)

چکیده

پوشش‌های خوراکی حاصل از هیدروکلوئیدها ترکیباتی ایمن و کاربردی جهت افزایش عمر پس از برداشت محصولات باغی و جایگزین مناسبی به‌جای پوشش‌های سنتزی مرسوم هستند. هدف از تحقیق حاضر، استفاده از پوشش خوراکی کاراگینان غنی‌شده با اسانس زنیان به‌منظور افزایش عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی بود. آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار شامل شاهد (بدون پوشش)، کاراگینان یک درصد، کاراگینان دو درصد، کاراگینان یک درصد + اسانس زنیان یک درصد، کاراگینان دو درصد + اسانس زنیان یک درصد در دمای پنج درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد به‌مدت ۱۸ روز اجرا شد. اثر ضدمیکروبی اسانس زنیان، ماندگاری، کاهش وزن، سفتی بافت، محتوای مواد جامد محلول، اسیدیته کل، آنتوسیانین، ویتامین ث و فنول کل هر سه روز یک‌بار بررسی شد. نتایج نشان داد که پوشش کاراگینان غنی‌شده با اسانس زنیان علاوه‌بر تأخیر در بروز پوسیدگی و آلودگی میوه‌ها، بر سایر پارامترهای بیوشیمیایی اثر مثبتی گذاشت. هم‌چنین پوشش کاراگینان یک و دو درصد منجر به کاهش تغییرات آنتوسیانین، فنول کل، ویتامین ث و سفتی میوه در مقایسه با شاهد شد. تیمارهای پوششی کاراگینان یک و دو درصد غنی شده با اسانس زنیان یک درصد کاهش وزن را با کنترل از دست دادن رطوبت در شرایط انبارمانی به تأخیر انداختند. کاربرد پوشش کاراگینان یک درصد همراه اسانس زنیان یک درصد در طی هیجده روز منجر به حفظ ماندگاری میوه توت‌فرنگی در طی دوره انبارمانی شد،که به‌عنوان یک روش ایمن و سودمند پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، پوسیدگی، سفتی، کاهش وزن

۱ و ۲. به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۴. استاد، مرکز تحقیقات و ازدیاد، پارما، داتشگاه آبداهو، آمریکا
*: نویسنده مسئول Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir
مقاله مستخرج از رساله دکتری نویسنده اول به راهنمایی آقای داود بخشی می‌باشد.

مقدمه

توت‌فرنگی بانام علمی *Fragaria × ananassa* از خانواده Rosaseae دارای پوشش سطحی لطیف و آبدار است که منجر به افزایش سرعت تنفس و حساسیت بالا به آسیب‌های مکانیکی می‌گردد (*کلانتری*[1] و همکاران، 2020). در سال‌های اخیر، به‌منظور افزایش عمر پس از برداشت محصولات باغی و مواد غذایی، استفاده از تکنیک‌های مختلفی ازجمله تیمار آب داغ، اشعه‌ها، انجماد، انبارها و بسته‌بندی‌های اتمسفر تغییریافته و اصلاح‌شده، اسانس‌ها، اولتراسوند و تیمارهای شیمیایی موردتوجه محققین قرارگرفته است (*سالم*[2] و همکاران، 2021).

پوشش‌های خوراکی یکی از روش‌های کاربردی در تکنولوژی پس از برداشت محصولات باغی می‌باشند که با ایجاد لایه‌ای نازک بر سطح محصول همانند مانعی بین فضای داخلی میوه و محیط اطراف آن عمل کرده و منجر به کنترل تغییرات آنزیمی، فیزیکوشیمیایی، تبادلات گازی و رطوبتی، قهوه‌ای شدن آنزیمی، نرم شدن بافت و پوسیدگی می‌گردند (*سایواکومار*[3] و همکاران، 2021). پوشش‌های خوراکی می‌توانند حاوی مواد ضدمیکروبی، ضداکسایشی، رنگ، اسانس و طعم‌دهنده‌ها باشند (حسینی فرهی و همکاران، ۱۳۹۷).

کاراگینان دارای ساختاری پلی‌ساکاریدی با واحدهای تکرارشونده 3,6- anhydro D-galactopyranose است که از دیواره سلولی نوعی جلبک دریایی قرمز با نام علمی *Chondrus crispus* استخراج می‌شود (*آیمسون*[4]، 2000). کاراگینان شامل سه نوع Kappa، lambda و Iota می‌باشد. کاپاکاراگینان یکی از انواع کاربردی و رایج کاراگینان، جهت پوشش‌دهی مواد غذایی و محصولات باغی است (*لاموند*[5]، 2004). کاربرد پوشش کاراگینان بر روی برش‌های سیب به‌مدت دو هفته در دمای سه درجه سانتی‌گراد منجر به کنترل قهوه‌ای شدن سیب گردید (*لی*[6] و همکاران، 2003). پوشش صمغ کاراگینان برای افزایش زمان ماندگاری میوه توت‌فرنگی توسط *رابیرو*[7] و همکاران (2007) موردمطالعه قرار گرفت.

غنی‌سازی پوشش‌های خوراکی با اسانس‌های گیاهی به‌عنوان یک روش جایگزین طبیعی و کاربردی به‌منظور جایگزینی مواد ضدمیکروبی شیمیایی می‌باشد. زنیان یا Ajwain با نام علمی *Trachyspermum amm* L. از خانواده چتریان (Apiaceae) است (ابلاغ و همکاران، ۱۳۹۲). تیمول ۵۲/۱۶، پاراسیمن ۲۰/۷۸، ترپنین ۱۳/۳۶، بتا پینن ۲/۶۰ مهم‌ترین ترکیبات اسانس زنیان هستند (پنجی و همکاران، ۱۳۹۷). فعالیت ضدمیکروبی اسانس زنیان توسط *گودرزی*[8] و همکاران (2010) در محیط‌کشت آگار بررسی شد. استفاده از پوشش‌های خوراکی پلی‌ساکاریدی و پروتئینی ازجمله ترکیبات نشاسته، کاراگینان و کیتوزان جهت افزایش عمر انباری میوه توت‌فرنگی توسط *رابیرو* و همکاران (2007) گزارش شد. بررسی پوشش غنی‌شده کنسانتره آب‌پنیر با اسانس زنیان جهت افزایش عمر انبارمانی میوه توت‌فرنگی در انبار سرد توسط پنجی و همکاران (۱۳۹۷) انجام شد. کاربرد ژل آلوئه‌ورا و آسکوربیک اسید به‌عنوان پوشش خوراکی میوه توت‌فرنگی توسط *سوگوار*[9] و همکاران (2016) منجر به حفظ کیفیت پس از برداشت و کاهش بار میکروبی میوه‌ها گردید. *وارگاس*[10] و همکاران (2006) با کاربرد پوشش کیتوزان غنی‌شده با اولیک اسید پوسیدگی و سرعت تنفس تمشک را طی دوره انبارمانی کنترل کردند. پوشش‌دهی میوه توت‌فرنگی توسط پوشش ترکیبی کیتوزان و موم منجر به کاهش پیری، افت وزن، حفظ رنگ، سفتی بافت، ویژگی‌های ظاهری، کنترل آسیب‌های میکروبی و کاهش سرعت تنفس شد (*ولیکوا*[11] و همکاران، 2013). پژوهش‌هایی در زمینهٔ کاربرد پوشش‌های خوراکی مختلف ازجمله پوشش‌دهی گلابی با پروتئین سویا، کنستانتره ی پروتئین آب‌پنیر، کاراگینان و آلژینات توسط احمدزاده قویدل و همکاران (۱۳۹۱) گزارش شد. کاراگینان جهت پوشش‌دهی موز (*دویونی*[12] و همکاران، 2020)، پکتین پوشش دهی میوه توت‌فرنگی، خربزه و گوجه‌فرنگی (عبدی و همکاران، ۱۳۹۶؛ *یوسف*[13]، 2014؛ *ایزلا*[14] و همکاران، 2016) بررسی شد.

هدف از این پژوهش ارزیابی تأثیر پوشش صمغ کاراگینان غنی شده با اسانس زنیان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی در دمای پنج درجه سانتی‌گراد به‌مدت هجده روز بود.

مواد و روش‌ها

تیمارها

تیمارهای پوششی شامل: کاراگینان یک درصد، کاراگینان دو درصد، کاراگینان یک درصد اسانس زنیان یک درصد، کاراگینان دو درصد + اسانس زنیان دو درصد بود.

1. Kalantari
2. Saleem
3. Sivakumar
4. Imeson
5. Lamond
6. Lee
7. Ribeiro
8. Goudarzi
9. Sogvar
10. Vargas
11. Velickova
12. Dwivany
13. Yossef
14. Isela

تهیه اسانس زنیان

به‌منظور استخراج اسانس زنیان، حدود ۴۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌همراه ۲۰ گرم بذر زنیان خردشده با آسیاب برقی (Black and Decker BX600G-Germany) داخل بالن دستگاه کلونجر ریخته شد و فرایند اسانس‌گیری حدود ۴ ساعت طول کشید. اسانس را با سرنگ خارج کرده سپس جهت آبگیری از سولفات سدیم انیدر استفاده شد. اسانس آبگیری شده در ظرف تیره جمع‌آوری و در یخچال نگه‌داری شد (فیضی و همکاران، ۱۳۹۱).

تهیه پوشش خوراکی کاراگینان

برای تهیه محلول یک درصد کاراگینان، یک گرم کاراگینان (سیگما C1013، آمریکا) در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته شد و به‌مدت ۴۰ دقیقه به‌طور پیوسته در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌منظور به‌دست آمدن محلول یکنواخت و شفاف هم‌زده شد. جهت افزایش خاصیت کشسانی و جلوگیری از ترک خوردگی پوشش سطحی میوه‌ها ۰/۰۲ درصد گلیسرول به محلول کاراگینان اضافه شد. لازم به‌ذکر است که محلول دو درصد کاراگینان نیز با همین روش تهیه شد. جهت تهیه تیمارهای پوششی حاوی اسانس زنیان یک درصد، غلظت موردنظر به محلول پوششی اضافه و به‌مدت ۱۵ دقیقه استیرر شد (*ربیرو* و همکاران، 2007).

پوشش‌دهی میوه‌ها

میوه‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا، پس از برداشت و انتقال به آزمایشگاه، توسط محلول‌های پوششی کاراگینان و اسانس زنیان به روش غوطه‌وری کامل به‌مدت ۱۵ دقیقه (تمام سطح میوه‌ها به محلول آغشته شد) پوشش‌دار شدند. سپس بر روی سطح آبکش چیده و اجازه داده شد تا محلول‌های اضافه خارج و در دمای اتاق به‌مدت ۸ ساعت خشک شدند. میوه‌ها در ظروف پلاستیکی دربدار به ابعاد ۱۵×۶×۱۰ سانتی‌متر بسته بندی و به انبار سرد با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. هر تیمار شامل سه تکرار که هرکدام حاوی ۲۰ عدد میوه توت-فرنگی بودند.

اثر ضدمیکروبی اسانس‌ها بر بافت میوه توت‌فرنگی

تعیین بهترین غلظت اسانس زنیان به‌منظور جلوگیری و کنترل حمله پاتوژن و آلودگی میکروبی از طریق تست میکروبی روی سطح میوه توت‌فرنگی صورت پذیرفت. به این منظور نمونه کپک توسط پنس از روی سطح میوه کپک‌زده جدا شده و بر روی نقاط مختلف میوه انتقال داده شد. سپس اسانس در غلظت‌های مختلف بر روی کل سطح میوه اسپری شد. تیمارها شامل غلظت‌های ۱/۵، ۱، ۰/۵، ۰/۴، ۰/۳، ۰/۲ و ۰/۱ درصد از اسانس زنیان بود. سپس سطح هر میوه به هشت قسمت مساوی تقسیم شد و مشاهده نشانه‌های کپک‌زدگی و پوسیدگی در هر قسمت معادل ۱۲/۵ درصد آلودگی در نظر گرفته شد. نمونه‌های شاهد فاقد اسانس بودند. در این آزمایش برای هر تیمار سه تکرار و برای هر تکرار پنج واحد آزمایشی (میوه) در نظر گرفته شد (*دزن*[1] و همکاران، 2012).

ارزیابی ویژگی‌های ظاهری و بیوشیمیایی

به‌منظور ارزیابی خصوصیات بیوشیمیایی و ظاهری میوه‌های توت‌فرنگی هر سه روز یک‌بار صفاتی مانند ماندگاری (*آیالا-زاوالا*[2] و همکاران، 2007)، سفتی بافت (*دلوال*[3] و همکاران، 2005)، محتوای مواد جامد محلول (*پاردماجا*[4] و همکاران، 2015)، اسیدیته کل (*آ. او. آ. سی*[5]، 1994)، آنتوسیانین (*گیوستی*[6] و همکاران، 2001)، ویتامین ث (*راک*[7]، 1963) و فنول کل (*سینگلتون*[8] و همکاران، 1999) ارزیابی شد. لازم به ذکر است که تغییرات کاهش وزن (*دیتال*[9] و همکاران، 2018) به‌صورت روزانه انجام شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

آزمایش حاضر به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور تیمار و زمان در سه تکرار انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

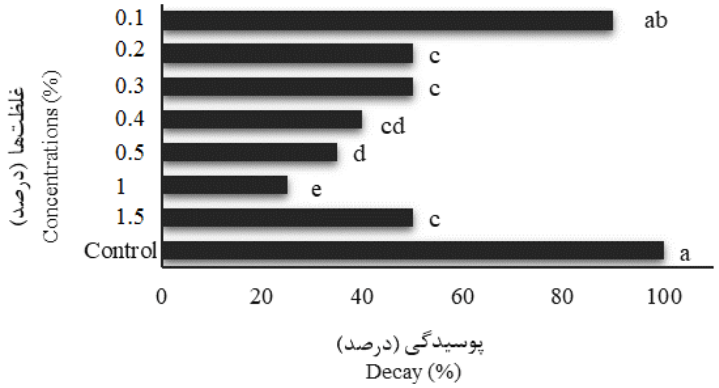
بررسی اثر ضدمیکروبی اسانس زنیان

نتایج حاصل از اثرات ضدقارچی اسانس زنیان در غلظت‌های مختلف جهت جلوگیری از پوسیدگی قارچی روی سطح میوه توت‌فرنگی در دمای پنج درجه سانتی‌گراد نشان داد که تیمار شاهد (بدون اسانس) بالاترین میزان پوسیدگی را داشت و میوه‌ها کاملاً تخریب شدند. تیمار غلظت یک درصد اسانس زنیان با ۲۵ درصد آلودگی به‌عنوان بهترین غلظت اسانس زنیان جهت جلوگیری از پوسیدگی انتخاب شد. تیمارهای ۱/۵، ۰/۳ و

1. Desen
2. Ayala-Zavala
3. Dell-Val
4. Padmaja
5. AOAC
6. Giusti
7. Ruck
8. Singleton
9. Dhital

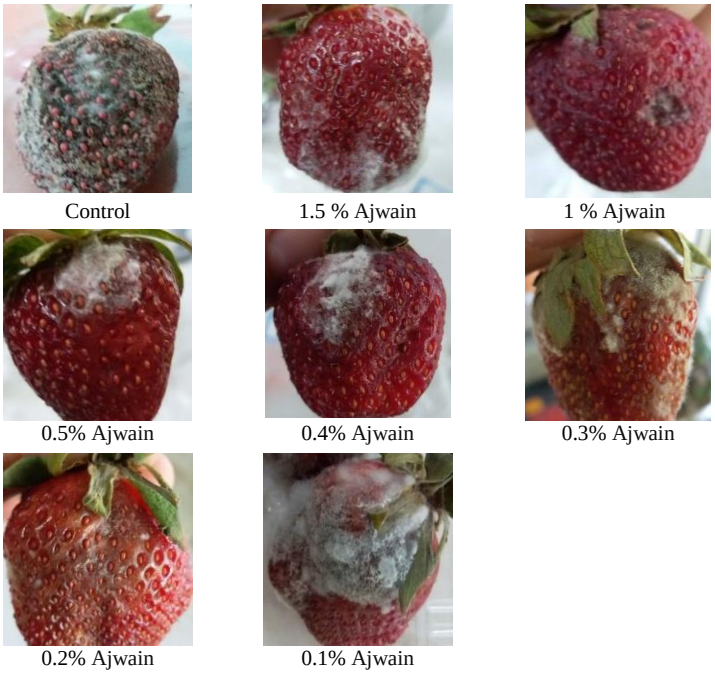
۰/۲ درصد اسانس زنیان با ۵۰ درصد پوسیدگی تفاوت معنی داری باهم نداشتند. تیمار ۰/۱ درصد اسانس زنیان با ۹۰ درصد پوسیدگی بافت میوه، کم‌ترین تأثیر را در جلوگیری از پوسیدگی قارچی از خود نشان داد (شکل‌های ۱ و ۲).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اسانس زنیان اثر ضدمیکروبی دارد. در این راستا با افزایش غلظت اسانس از ۰/۱ تا ۱ درصد، اثرات ضدمیکروبی افزایش یافت. شفقت و همکاران (۱۳۹۳) گزارش کردند که عصاره زنیان اثر ضدباکتریایی بر چند نوع باکتری گرم منفی و مثبت ازجمله باکتری *اشریشیا کلای* (*Escherichia coli*) داشت. هم‌چنین *گودرزی* و همکاران (2010) اثر ضدمیکروبی اسانس زنیان با روش رقیق‌سازی و انتشار در محیط‌کشت آگار را بررسی و عنوان کردند که زنیان به‌عنوان ماده ضدمیکروبی و طبیعی می‌تواند در صنایع غذایی و دارویی مورداستفاده قرار گیرد. غفاری و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که اثر ضدباکتریایی اسانس زنیان قوی‌تر از اثر ضدقارچی این اسانس است.



شکل ۱: اثر غلظت‌های مختلف اسانس زنیان بر درصد پوسیدگی میوه توت‌فرنگی

Fig. 1: Effects of different concentrations of Ajwain essential oil on strawberry fruit decay



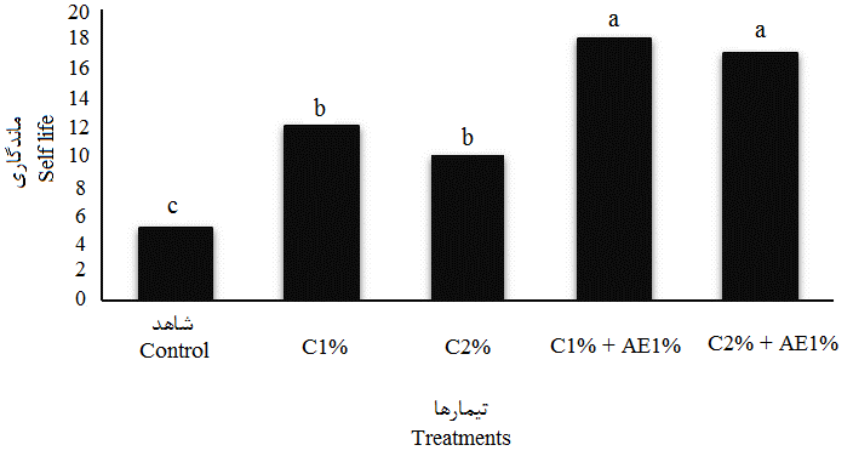
شکل ۲: اثر غلظت‌های مختلف اسانس زنیان روی میوه توت‌فرنگی

Fig. 2: Effects of different concentrations of Ajwain essential oil on strawberry

ماندگاری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین داده‌ها بیش‌ترین میزان ماندگاری مربوط به تیمار پوشش کاراگینان یک و دو درصد با اسانس زنیان یک درصد بود به‌طوری‌که در روز هیجدهم همچنان وضعیت ظاهری مطلوبی نسبت به سایر تیمارها داشتند (شکل ۳). تیمار کاراگینان یک و دو درصد تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. کم‌ترین میزان ماندگاری مربوط به تیمار شاهد بود که پس از پنج روز از بین رفت. درحالی‌که تیمار پوشش کاراگینان یک درصد همراه اسانس زنیان یک درصد در طی هیجده روز منجر به حفظ ماندگاری

میوه توت‌فرنگی شد. پوشش کاراگینان با ایجاد لایه‌ای در سطح میوه‌ها منجر به حفظ رطوبت بافتی و کنترل تبادلات اکسیژن و دی‌اکسید کربن می‌شود. در تیمارهای پوششی کاراگینان با اسانس زنیان مقدار پوسیدگی کم‌تر و درنتیجه کیفیت ظاهری میوه‌ها بهتر از تیمارهای مجزای پوشش کاراگینان بود. ازآنجایی‌که میوه توت‌فرنگی طعم خفیفی دارد به‌منظور جلوگیری از غلبه عطر و بوی قوی اسانس زنیان بر میوه توت فرنگی و عدم پذیرش از طرف مصرف‌کننده کم‌ترین غلظت اسانس زنیان با بالاترین اثر ضدمیکروبی انتخاب شد.



شکل ۳: اثر غلظت مختلف کاراگینان و اسانس زنیان بر ماندگاری میوه توت‌فرنگی

Fig. 3: Effects of different concentrations of carrageenan and Ajwain essential oil on strawberry fruit shelf life

کاهش وزن

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها درصد کاهش وزن در طول دوره انبارمانی روند صعودی داشت. به‌طوری‌که در روز هیجدهم انبارمانی تیمار شاهد با (۴/۵۵ درصد) دارای بالاترین درصد کاهش وزن بود (جدول ۱). پوشش کاراگینان در هر دو غلظت در روزهای ابتدایی انبارمانی تا حد قابل‌توجهی از کاهش وزن جلوگیری کرد، اما در تیمار دو درصد پوشش کاراگینان، میزان کاهش وزن بالاتر بود.

افزایش غلظت کاراگینان منجر به افزایش ضخامت لایه سطحی پوشش، کاهش تبادلات گازی و تسریع روند پوسیدگی و در نتیجه درصد کاهش وزن بیش‌تر در مقایسه با غلظت یک درصد پوشش کاراگینان بود. افزودن اسانس زنیان به ترکیب پوشش کاراگینان به‌طور قابل‌توجهی از کاهش وزن جلوگیری کرد، به‌طوری‌که در روز پانزدهم تیمار پوشش کاراگینان یک و دو درصد غنی‌شده با اسانس زنیان یک درصد به‌ترتیب دارای کم‌ترین میزان کاهش وزن (۲/۲۱ و ۲/۰۷ درصد) بودند (جدول ۱). در طی انبارمانی اندازه‌گیری کاهش وزن همواره به‌عنوان یکی از صفات مهم در ارزیابی کیفیت میوه و سبزیجات مطرح است. افت وزن میوه‌ی توت‌فرنگی در زمان انبارمانی به دلیل تبخیر رطوبت از سلول‌ها در اثر افزایش تنفس می‌باشد. دما و رطوبت انبار در سرعت تنفس محصول مؤثر می‌باشند (*تاندا پالمو و گراسو*[1]، 2005). افزودن گلیسرول به‌عنوان نرم‌کننده (پلاستی سایزر) به ترکیب پوشش خوراکی علاوه‌بر افزایش خاصیت کشسانی و جلوگیری از ترک‌خوردگی پوشش به دلیل ماهیت لیپیدی از کاهش وزن و از دست دادن رطوبت جلوگیری می‌کند (*زاپاتا*[2] و همکاران، 2008). پوشش‌دهی میوه آلو با متیل سلولز توسط *ناوارو-تارزاگا*[3] و همکاران (2011) منجر به کاهش وزن شد. نتایج مشابهی با تحقیق ما توسط *وانی*[4] و همکاران (2021) و *سالم* و همکاران (2021) گزارش شد.

سفتی بافت

نتایج حاصل از مقایسه میانگین پوشش‌دهی میوه‌های توت فرنگی با صمغ کاراگینان به‌صورت مجزا و در ترکیب با اسانس زنیان در جدول یک نشان می‌دهد که با گذشت دوره انبارمانی در همه تیمارها میزان سفتی روند کاهشی داشته است. در روز دوازدهم، تیمار شاهد کم‌ترین سفتی بافت را داشت. بیش‌ترین میزان سفتی بافت در روز هیجدهم، مربوط به تیمار پوشش کاراگینان یک درصد غنی‌شده با اسانس زنیان یک درصد (۳/۶۶ نیوتن) بود. سفتی بافت میوه توت‌فرنگی باوجود پوشش

1. Tanadaa-Palmu and Grosso
2. Zapata
3. Navarro-Tarazaga
4. Wani

سطحی لطیف و آبدار یکی از پارامترهای مهم در قضاوت و پذیرش آن توسط مصرف‌کننده است. با گذشت دوره انبارمانی و افزایش تنفس در میوه، میزان فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی افزایش می‌یابد و منجر به تجزیه پکتین و کاهش فشار تورژسانس سلولی و درنهایت نرم و سست شدن میوه‌ها می‌گردد (*وانگ و گاوئو*[1]، 2013). از طرفی اسانس زنیان با کاهش میزان پوسیدگی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها تا حد زیادی از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی جلوگیری و درنتیجه روند رسیدگی و پیری را به تأخیر می‌اندازد که سبب حفظ سفتی میوه در طول دوره انبارمانی می‌گردد (*سوگوار* و همکاران، 2016).

مواد جامد محلول

طبق جدول مقایسه میانگین داده‌ها در روز نهم، بیش‌ترین مقدار مواد جامد محلول مربوط به تیمار شاهد (۷/۷۹ درجه بریکس) بود (جدول ۱). در روز دوازدهم، تیمارهای پوشش کاراگینان یک و دو درصد با اسانس زنیان یک درصد تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. پس از هیجده روز انبارمانی تیمار پوشش کاراگینان یک درصد غنی‌شده با اسانس زنیان یک درصد، کم‌ترین (درجه بریکس ۶/۸۷) و شاهد بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول (۸/۱۸ درجه بریکس) را داشت.

افزایش میزان مواد جامد محلول در طول انبارداری می‌تواند مربوط به از دست دادن وزن و کاهش میزان آب‌میوه باشد. هم‌زمان با رسیدگی و افزایش سرعت تنفس میوه شکسته شدن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آن‌ها به قندهای ساده‌تر و درنتیجه افزایش مواد جامد محلول اتفاق می‌افتد (*پالمو و گراس*، 2005؛ *هرناندز- مونوز*[2] و همکاران، 2008). *پلایو*[3] و همکاران (2003) نیز افزایش میزان مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته در توت فرنگی‌های نگه‌داری شده در دمای پنج درجه سانتی‌گراد به‌مدت یازده روز را گزارش کردند. این نتیجه با نتایج *ژانگ*[4] و همکاران (2007) در خصوص کاهش میزان اسیدیته توت‌فرنگی در طی دوره نگه‌داری در سردخانه هم‌خوانی دارد. *خالیق*[5] و همکاران (2015) و *انجام*[6] و همکاران (2020) افزایش مواد جامد محلول را در طی انبارداری به‌ترتیب در میوه انبه و توت فرنگی پوشش داده شده با صمغ عربی گزارش کردند.

اسیدیته کل

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در روز سوم، تیمار کاراگینان یک و دو درصد تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۱). در روز هیجدهم، تیمار شاهد با ۷/۹۸ درصد کم‌ترین میزان اسیدیته کل و تیمار کاراگینان یک درصد و اسانس زنیان یک درصد با ۸/۰۹ درصد بیش‌ترین میزان اسیدیته کل را داشت. در نمونه پوشش داده شده روند کاهش اسیدیته نسبت به شاهد به‌آرامی صورت پذیرفت.

به‌طورکلی، هم‌زمان با سایر تغییراتی که در طی فرآیند رسیدگی و پیری میوه در دوره انبارداری رخ می‌دهد، اسیدهای آلی به‌عنوان یک اندوخته انرژی برای میوه عمل می‌کنند که با افزایش سوخت‌وساز مصرف می‌شوند و مقدار اسیدیته کاهش می‌یابد (*ژانگ* و همکاران، 2007؛ *کارابولوت*[7] و همکاران، 2002). در برخی مطالعات رابطه کاهش اسیدیته میوه با فعالیت آنزیمی گزارش شده است (*وارگاس* و همکاران، 2006). کاهش اسیدیته توت‌فرنگی در طول نگه‌داری به دلیل تغییرات متابولیکی در میوه است که این تغییرات متابولیکی درنتیجه مصرف اسیدهای آلی در طی تنفس سلولی می‌باشد (*وارگاس* و همکاران، 2006). هم‌چنین، در نظر گرفته می‌شود که پوشش‌ها سرعت تنفس را کاهش داده و روند کاهش اسیدهای آلی را به تأخیر می‌اندازند. گزارش‌هایی از حفظ اسیدیته کل توسط پوشش خوراکی وجود دارد (*یامان و بایوندایرلی*[8]، 2002؛ عبدی و همکاران، ۱۳۹۵).

آنتوسیانین

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها در روز ششم، کاراگینان یک و دو درصد با تیمار ترکیبی کاراگینان دو درصد همراه اسانس زنیان یک درصد تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. در روز دوازدهم، بیش‌ترین میزان آنتوسیانین مربوط به تیمار کاراگینان یک درصد غنی‌شده با اسانس زنیان یک درصد (۵۶/۰۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر) بود. کم‌ترین میزان آنتوسیانین در روز آخر انبارمانی مربوط به تیمار شاهد (۲۸/۳۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰گرم وزن‌تر) بود (جدول ۲).

تغییرات غلظت آنتوسیانین در توت‌فرنگی پس از برداشت طی دوره نگه‌داری بسته به نوع رقم، دمای نگه‌داری، حضور و یا عدم‌حضور بسته‌بندی و نوع آن متفاوت است. سیانیدین ۳-گلوکوزید به‌عنوان شاخص مقدار آنتوسیانین میوه‌ی توت‌فرنگی است (*آلکساندر*[9] و همکاران، 2012). در برخی ارقام توت‌فرنگی باگذشت زمان، میزان آنتوسیانین افزایش و در برخی ارقام دیگر

1. Wang and Gao
2. Hernández-Muñoz
3. Pelayo
4. Zheng
5. Khaliq
6. Anjum
7. Karabulut
8. Yaman and Bayoindirli
9. Alexandre

کاهش می‌یابد و گاهی مقدار آن در طول دوره نگه‌داری ثابت می‌ماند (*کوردنونسی*[1] و همکاران، 2005). پوشش خوراکی می تواند روند پیری را کاهش دهد و سنتز آنتوسیانین را به تأخیر بیندازد دلیل کاهش آنتوسیانین را می‌توان به افزایش میزان تنفس، کاهش رطوبت، تغییرات اسیدیته، و مواد جامد محلول نسبت داد (*باتیا*[2] و همکاران، 2015). طبق گزارش *سالم* و همکاران (2021) پوشش‌دهی خوراکی منجر به حفظ آنتوسیانین در سطوح بالاتری نسبت به شاهد می‌گردد که با نتایج ما مطابقت دارد.

ویتامین ث

طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) در روز نهم، شاهد بیش‌ترین مقدار افت ویتامین ث (۵۷/۳۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر) را داشت. در روز پانزدهم بیش‌ترین میزان ویتامین ث مربوط به تیمار کاراگینان دو درصد با اسانس زنیان یک درصد (۶۹/۳۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر) بود. تیمارهای کاراگینان یک و دو درصد در روز هیجدهم تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۱).

اسید آسکوربیک ترکیبی ناپایدار است که در طی انبار بسته به شرایط نگه‌داری مانند دما، اکسیژن، نور و هم‌چنین فعالیت آنزیم‌هایی مانند پراکسیداز و اسکوربات اکسیداز کاهش می‌یابد (*پالزا*[3] و همکاران، 2006). ویتامین ث به‌دلیل اکسید شدن یکی از معیارهای مهم کیفیت میوه در طول انبارداری نسبت به سایر ترکیبات موجود در میوه توت‌فرنگی می‌باشد. کاهش افت ویتامین ث در میوه‌های توت‌فرنگی پوشش داده شده می‌تواند به‌دلیل کنترل نفوذپذیری اکسیژن توسط پوشش‌ها باشد که منجر به کاهش فعالیت آنزیم و درنتیجه از اکسیداسیون اسید آسکوربیک جلوگیری می‌کند (*اترس*[4] و همکاران، 2010). کاهش ویتامین ث طی انبارمانی در میوه‌هایی همچون انبه، توت‌فرنگی، خربزه، آناناس و کیوی نیز گزارش شده است (*گیل*[5] و همکاران، 2006).

فنول کل

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در روز سوم تیمارهای کاراگینان یک و دو درصد به‌ترتیب ۳۲/۷۲ و ۳۱/۱۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر ازنظر فنول کل تفاوت معنی‌داری باهم نداشتند. در روز نهم تیمار شاهد دارای بیش‌ترین میزان ترکیبات فنولی (۴۵/۱۶ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر) بود. تیمار کاراگینان یک درصد غنی‌شده با اسانس زنیان یک درصد در روز هیجدهم با ۴۱/۰۹ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن‌تر کم‌ترین میزان فنول کل را داشت (جدول ۲).

در زمان انبارمانی میوه‌ها تنش اکسیداتیو شروع می‌شود که باعث تولید رادیکال‌های آزاد و منجر به آسیب‌های اکسیداتیو در بافت‌های میوه می‌شود (*علی*[6] و همکاران، 2021). نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که نوع رقم و خصوصیات شیمیایی اولیه میوه توت‌فرنگی، در حفظ فنول کل توت‌فرنگی طی دوره نگه‌داری مؤثر است. اکسیداسیون فنول‌ها را می‌توان به اکسید شدن توسط آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز مرتبط دانست (*آیلا- زاوالا*[7] و همکاران، 2001). هم‌چنین کاهش ترکیبات فنولی در پایان دوره انبارمانی ممکن است به‌دلیل شکسته شدن ساختار سلولی باشد (*ماچیکس و فلوایت*[8]، 1990). کاربرد تیمار پوشش آلوئه‌ورا با پرتو فرابنفش بعد از ۲۰ روز انبارمانی بیش‌ترین میزان مهار رادیکال‌های آزاد DDPH را در طول انبارمانی داشت. *گل*[9] و همکاران (2013) کاهش میزان فنول کل توت‌فرنگی را در طی دوره انبارمانی تأیید کردند.

1. Cordenunsi
2. Bhatia
3. Plaza
4. Atress
5. Gil
6. Ali
7. Ayala- Zavala
8. Macheix and Fleuiet
9. Gol

جدول ۱: مقایسه میانگین اثر زمان و پوشش کاراگینان با اسانس زنیان بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی

Table 1: Mean comparison of the effects of time and carrageenan coating with Ajwain essential oils on quantitative and qualitative characteristics of strawberry

اسیدیته کل (درصد) TA (%)	مواد جامد محلول (درجه بریکس) SSC (°Brix)	سفتی (نیوتن) Firmness (N)	کاهش وزن (درصد) Weight loss (%)	تیمار Treatment	زمان Time
8.12	6.21	4.25	0	-	زمان برداشت At harvest
8.09c	7.42a	3.49e	1.06a	Control	
8.22b	7.19b	3.57d	0.98ab	C1%	
8.18b	7.36a	3.77d	0.93b	C2%	3
8.31a	6.46c	4.27a	0.72c	C1% + AE0.1%	
8.25ab	6.42c	4.19b	0.83bc	C2% + AE0.1%	
7.94c	7.59a	3.43d	1.65a	Control	
8.18b	7.40ab	4.18a	1.18c	C1%	
8.09b	7.31b	4.07b	1.34b	C2%	6
8.27a	6.55c	3.39d	1.08d	C1% + AE0.1%	
8.25a	6.62c	3.69c	1.09d	C2% + AE0.1%	
7.78c	7.79a	3.25d	2.12a	Control	
8.09b	7.56b	3.35d	1.28bc	C1%	
8.05b	7.39c	3.42b	1.34b	C2%	9
8.19a	6.65d	4.11a	1.19c	C1% + AE0.1%	
8.17a	6.69d	3.61c	1.22c	C2%+ AE0.1%	
7.72c	7.89a	3.13d	2.81a	Control	
8.09ab	7.45c	3.46b	1.78bc	C1%	
7.98b	7.66b	3.26c	1.51c	C2%	12
8.18a	6.11d	3.95a	1.56c	C1% + AE0.1%	
8.09ab	6.77d	3.88a	1.81b	C2%+ AE0.1%	
7.68c	7.99a	2.84d	3.27a	Control	
7.98b	7.55c	3.38b	1.97c	C1%	
7.92b	7.71b	3.09c	1.75d	C2%	15
8.17a	6.78d	3.82a	2.07c	C1% + AE0.1%	
8.11a	6.88d	3.79a	2.21b	C2%+ AE0.1%	
7.53c	8.18a	2.52c	4.55a	Control	
7.56c	7.56c	2.93b	2.35d	C1%	
7.72ab	7.75b	2.61c	2.36d	C2%	18
8.09a	6.87d	3.66a	2.42c	C1% + AE0.1%	
7.93b	6.99d	3.52a	2.75b	C2% + AE0.1%	

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند

Means with similar letters in each column show non-significant differences according to LSD test at 5% level of probability

Control: شاهد، C: کاراگینان، AE: اسانس زنیان

Control, C: Carrageenan, AE: Ajwain essential oils

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر زمان و پوشش کاراگینان با اسانس زنیان بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی

Table 2: Mean comparison of the effects of time and carrageenan coating with Ajwain essential oils on quantitative and qualitative characteristics of strawberry

زمان Time / زمان برداشت At harvest	تیمار Treatment	آنتوسیانین (میلی‌گرم در ۱۰۰گرم وزن تازه) Anthocyanin (mg $100g^{-1}$ FW)	ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) Vitamin C (mg $100g^{-1}$ FW)	فنول کل (میلی‌گرم در ۱۰۰گرم وزن تازه) Phenol (mg GAE $100g^{-1}$ FW)
At harvest	-	51.40	84.37	22.65
3	Control	43.36c	68.86c	13.14c
	C1%	57.14b	73.69b	32.72b
	C2%	56.31b	72.34b	31.18b
	C1% + AE0.1%	60.36a	79.09a	37.13a
	C2% + AE0.1%	58.37ab	78.17a	36.58a
6	Control	44.26c	66.28d	24.35c
	C1%	54.06b	74.09bc	35.15b
	C2%	53.19b	73.36c	34.07b
	C1% + AE0.1%	58.67a	77.68a	43.29a
	C2% + AE0.1%	56.41ab	76.29ab	40.68a
9	Control	41.05c	61.35c	28.43c
	C1%	51.16b	72.09ab	39.13b
	C2%	50.37b	68.19b	37.23b
	C1% + AE0.1%	56.48a	74.49a	45.16a
	C2% + AE0.1%	53.02b	73.18a	44.42a
12	Control	37.06c	57.34d	33.09c
	C1%	47.38b	69.09ab	43.88b
	C2%	46.66b	67.85b	42.15b
	C1% +AE0.1%	56.04a	72.29a	48.11a
	C2%+ AE0.1%	52.67ab	65.42c	46.73a
15	Control	33.16b	54.66c	37.14c
	C1%	43.08a	63.77b	46.53b
	C 2%	42.60ab	62.81b	45.88b
	C1% + AE0.1%	52.14a	67.07ab	53.20a
	C2% + AE0.1%	47.30a	69.39a	50.67a
18	Control	28.33c	50.69c	41.09c
	C1%	38.27ab	62.21b	49.36b
	C2%	37.62bc	58.44b	48.12b
	C1% + AE0.1%	49.28a	67.62a	54.18ab
	C2% + AE0.1%	44.00ab	64.87a	56.29a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند

Means with similar letters in each column show non-significant differences according to LSD test at 5% level of probability

Control: شاهد، C: کاراگینان، AE: اسانس زنیان

Control, C: carrageenan, AE: Ajwain essential oils

نتیجه‌گیری

پوشش‌دهی توت‌فرنگی با صمغ کاراگینان و اسانس زنیان به‌عنوان ترکیبی فعال، اثرات مختلفی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و پوسیدگی میوه توت‌فرنگی داشت. نتایج نشان داد که تیمار پوشش کاراگینان یک درصد غنی‌شده با اسانس زنیان یک درصد با حفظ ویژگی‌های بیوشیمیایی بالاترین کیفیت را در طی دوره انبارمانی داشت. باتوجه به خاصیت ضد میکروبی اسانس زنیان، می‌توان از این اسانس گیاهی به‌عنوان یک ماده ضدمیکروبی طبیعی در پوشش و فیلم‌های خوراکی به‌منظور افزایش مدت‌زمان نگه‌داری مواد غذایی استفاده کرد. باتوجه به بوی تند این اسانس، امکان دارد اثرات سویی بر مزه و طعم محصول و پذیرش از طرف مصرف‌کننده ایجاد شود. در نتیجه پیشنهاد می‌گردد که در مدل‌های غذایی، پژوهش‌های بیش‌تری روی غلظت‌ها و نحوی کاربرد آن در فرمولاسیون پوشش و فیلم‌های خوراکی انجام گیرد.

منابع

ابلاغ، ن.، فاتح، ا.، فرزانه، م. و عصفوری، م. ۱۳۹۲. بررسی عملکرد، میزان و ترکیب‌های اصلی اسانس گیاه زنیان (*Trachyspermum ammi* L) تحت تاثیر تیمارهای مختلف کودی. ویژه نامه نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۳ (۴-۱): ۱۵-۱.

احمدزاده قویدل، ر.، قیافه داوودی، م.، تنوری، ط. و شیخ الاسلامی، ز. ۱۳۹۱. بررسی اثر چهار پوشش خوراکی ایزوله پروتئین سویا، کنسانتره پروتئین آب پنیر، کاراگینان و آلژینات در افزایش ماندگاری ورقه‌های گلابی (*Pyrus communis*). مجله علمی پژوهشی علوم و فناوری غذایی، ۴ (۳): ۵۴-۴۸.

پنجی، م.، قجربیگی، پ.، محمودی، ر. و شهسواری، س. ۱۳۹۷. تأثیر پوشش خوراکی کنسانتره پروتئین آب پنیر و اسانس دانه گیاه زنیان بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی توت‌فرنگی تازه طی انبارمانی. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، ۲۳: ۵۳-۶۶.

حسینی فرهی، م.، رادی، م.، باقری، ف. و جمشیدی، ا. ۱۳۹۷. بررسی ویژگی‌های کیفی و ارگانولپتیکی پس از برداشت میوه توت‌فرنگی با کاربرد ژل آلوئه‌ورا، استیک اسید و پرتو فرابنفش (B) بی، مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۹ (۱): ۱۱۴-۹۹.

شفقت، م.، شریفی مود، ب.، متانت، م.، سعیدی، س. و سپهری راد، ن. ۱۳۹۳. اثر ضدباکتریال عصاره زنیان، فصلنامه بیماری‌های عفونی و گرمسیری، ۱۹ (۶۷): ۴۰-۳۷.

عبدی، س.، روئین، ز.، عرفانی مقدم، ج. و عزیزنیا، س. ۱۳۹۶. تأثیر پوشش خوراکی پکتین همراه با اسانس مرکبات روی کیفیت میوه توت‌فرنگی در زمان انبارمانی و عمر قفسه‌ای، نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۷ (۱): ۵۴-۴۳.

غفاری، ز.، علیزاده، ا. و بابادائی سامانی، ر. ۱۳۹۲. بررسی ترکیبات تشکیل‌دهنده و خاصیت ضدمیکروبی اسانس گیاه دارویی زنیان (*Trachyspermum copticum* L.). اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. ۱۰ بهمن ۱۳۹۲. تهران. ایران.

فیضی، پ.، کمالی، ح.، یزدانی، ا. و هاشمی مقدم، ح. ۱۳۹۱. مقایسه روش استخراج کلونجر (تقطیر با آب) و استخراج با حلال برای استخراج اسانس روغنی گیاه آدمک و آنالیز ترکیب مواد با گاز کروماتوگرافی اسپکتروسکوپی جرمی، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، ۴: ۴۱-۳۵.

Alexandre, E. M., Brandão, T. R. and Silva, C. L., 2012. Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. Journal of Food Engineering, 108: 417-426.

Ali, S., Anjum, M. A., Ejaz, S., Hussain, S., Ercisli, S., Saleem, M. S. and Sardar, H., 2021. Carboxymethyl cellulose coating delays chilling injury development and maintains eating quality of "Kinnow" mandarin fruits during low temperature storage. International Journal of Biological Macromolecules, 168: 77-85.

Anjum, M. A., Akram, H., Zaidi, M. and Ali, S., 2020. Effect of gum arabic and Aloe vera gel based edible coatings in combination with plant extracts on postharvest quality and storability of "Gola" guava fruits. Scientia Horticulturae, 271: 109506.

AOAC. 1994. Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA. Chemists. 245: 820-828.

Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y., Wang, C. Y. and Gonzalez-Aguilar, G. A., 2004. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. LWT - Food Science and Technology, 37: 687-695.

Bhatia, K., Asrey, R. and Varghese, E. 2015. Correct packaging retained phytochemical, antioxidant properties and increases shelf life of minimally processed pomegranate (*Punica granatum* L.) arils Cv. Mridula. Journal of Scientific and Industrial Research, 74: 141-144.

Cordenunsi, B. R., Nascimento, J. D. and Lajolo, F. M., 2003. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. Food Chemistry, 83: 167-173.

Dell-Val, P. Hernandez_Muñoz, and A. Guarada. 2005. Development of a cactus-mucilage edible coating and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. Food Chemistry, 91: 751-756.

Desen, N., Ozer, N. and Delen, N. 2012 .Sensitivity of *Botrytis cinerea* isolate against some fungicides used invineyard. African Journal of Biotechnology, 11: 1892-1899.

Dhital, R., Mora, N. B., Watson, D. G., Kohli, P. and Choudhary, R., 2018. Efficacy of limonene nano coatings on post-harvest shelf life of strawberries. Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie, 97: 124-134.

Dwivany, F. M., Aprilyandi, A. N., Suendo, V. and Sukriandi, N., 2020. Carrageenan edible coating application prolongs Cavendish banana shelf life. International Journal of Food Science, 2020: 8861610 (11 pages).

Giusti, M. M., Polit, M. F., Ayvaz, H., Tay, D. and Manrique, I., 2014. Characterization and quantitation of anthocyanins and other phenolics in native Andean potatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62: 4408-4416.

Gol, N. B., Patel, P. R. and Rao, T. R., 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology, 85: 185-195.

Goudarzi, G. R., Saharkhiz, M. J., Sattari, M. and Zomorodian, K., 2010. Antibacterial activity and chemical composition of Ajowan (*Carum copticum* Benth. and Hook) essential oil. Journal of Agricultural Science and Technology, 13: 203-208.

Hernández-Muñoz, 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.

Imeson, A. P., 2000. Carrageenan. In G. O. Phillips, and P. A. Williams (Eds.), Handbook of hydrocolloids. Cambridge, England: Woodhead Publishing.

Isela, R. G., Reynaldo, C. V. M., Brenda, A. S. E., Gustavo, A. G. A., Edgar, M., Melissa, G. P. M., Melvin, R. T. R., Luis, A. O. R. and Fernando, A. Z. J., 2016. Oregano (*Lippia graveolens*) essential oil added within pectin edible coatings prevents fungal decay and increases the antioxidant capacity of treated tomatoes. Journal of the Science of Food and Technology, 96: 1-7.

Kalantari, M. R., Abdossi, V., Mortazaeinezhad, F., Golparvar, A. R. and Shahshahan, Z., 2020. Foliar application of ethinyl estradiol and progesterone affects morphological and fruit quality characteristics of strawberry cv. Camarosa. Horticultural Science and Technology, 38: 146-157.

Karabulut, O. A., Cohen, L., Wiess, B., Daus, A., Lurie, S. and Droby, S., 2002. Control of brown rot and blue mold of peach and nectarine by short hot water brushing and yeast antagonists. Postharvest Biology and Technology, 24: 103-111.

Khaliq, G., Mohamed, M. T. M., Ali, A., Ding, P., Ghazali, H. M., 2015. Effect of gum Arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. Scientia Horticulturae, 190: 187-194.

Lamond, T. 2004. Characterization of seaweed derived carrageenans. Honours Thesis, School of Chemical Engineering, The University of Queensland. 54p.

Lee, J. Y., Park, H. J., Lee, C. Y. and Choi, W. Y., 2003. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. LWT-Food Science and Technology, 36: 323-329.

Macheix, J. J. and Fleuriet, A. 1990. Fruit Phenolics. CRC Press, Florida, 239-358.

Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S. and Marcotte, M., 2008. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. International of Food Science Technology, 43: 951-957.

Navarro-Tarazaga, M. L., Massa, A. and Pérez-Gago, M. B., 2011. Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). LWT-Food Science and Technology, 44: 2328-2334.

Yaman, Ö. and Bayoindirli, L., 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. LWT - Food Science and Technology, 35: 146-150.

Padmaja, N., Bosco, S. J. D. and Rao, J. S., 2015. Physico chemical analysis of sapota (*Manilkara zapota*) coated by edible *Aloe vera* gel. International Journal of Applied Sciences and Biotechnology, 3: 20-25.

Pelayo, C., Ebeler, S. E. and Kader, A. A. 2003. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 C in air or air+ 20 kPa CO2. Postharvest Biology and Technology, 27:171-183.

Plaza, L., Crespo, I., de Pascual-Teresa, S., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Muñoz, M. and Cano, M. P., 2011. Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated storage. Food Chemistry, 124: 646-651.

Ribeiro, C., Vicente, A. A., Teixeira, J. A. and Miranda, C., 2007. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. Postharvest Biology and Technology, 44: 63-70.

Ruck, J. A. 1963. Chemical methods for analysis of fruit and vegetable products. Ottawa: Canada Department of Agriculture. 47p.

Saleem, M. S., Anjum, M. A., Naz, S., Ali, S., Hussain, S., Azam, M., Sardar, H., Khaliq, G., Canan, I. and Ejaz, S., 2021. Incorporation of ascorbic acid in chitosan-based edible coating improves postharvest quality and storability of strawberry fruits. International Journal of Biological Macromolecules, 189: 160-169.

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. In Methods in Enzymology, 299: 152-178.

Sivakumar, D., Tuna Gunes, N. and Romanazzi, G., 2021. A comprehensive review on the impact of edible coatings, essential oils, and their nano formulations on postharvest decay anthracnose of avocados, mangoes, and papayas. Frontiers in Microbiology, 12: 711092.

Sogvar, O. B., Saba, M. K. 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.

Tanada-Palmu, P. S. and Grosso, C. R., 2005. Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria × ananassa*) quality. Postharvest Biology and Technology, 36: 199-208.

Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. and González-Martínez, C., 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. Postharvest Biology and Technology, 41: 164-171.

Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V. D. and Moldao-Martins, M., 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv. Camarosa) under commercial storage conditions. LWT-Food Science and Technology, 52: 80-92.

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 × aranassa* Duch.). LWT - Food Science and Technology, 52: 71-79.

Wani, S. M., Gull, A., Ahad, T., Malik, A. R., Ganaie, T. A., Masoodi, F. A. and Gani, A., 2021. Effect of gum Arabic, xanthan and carrageenan coatings containing antimicrobial agenton postharvest quality of strawberry: Assessing the

physicochemical, enzyme activity and bioactive properties. International Journal of Biological Macromolecules, 183: 2100-2108.

Yossef, M. A., 2014. Comparison of different edible coatings materials for improvement of quality and shelf life of perishable fruits. Middle East Journal of Applied Sciences, 4: 416-424.

Zapata, P. J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D. and Serrano, M., 2008. Use of alginate or zein as edible coatings to delay postharvest ripening process and to maintain tomato (*Solanum lycopersicon* Mill) quality. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88: 1287-1293.

Zheng, Y., Wang, S. Y., Wang, C. Y. and Zheng, W., 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. LWT-Food Science and Technology, 40: 49-57.

Effect of Ajwain Essential Oil-enriched Carrageenan Edible Coating on Postharvest Quality of Strawberry

Abdi[1], S., Bakhshi[2*], D., Mehregan Nikoo[3], A. R. and Fallahi[4], E.

Abstract

Edible coatings from hydrocolloids are secure and applicable compounds for the shelf-life extension of horticultural products as suitable replacements for synthetic coatings. The purpose of the current study was to use edible coating of carrageenan enriched by Ajwain in order to extend the shelf-life of strawberry fruit. The experiment was carried out as a factorial in a complete random block design with five treatments including the control (without coatings), carrageenan 1%, carrageenan 2%, carrageenan 1% + 1% Ajwain essential and carrageenan 1% + 1% Ajwain essential at 5°C, relative humidity of 70% and for 18 days. The analysis of the antibacterial effect of Ajwain essential, shelf life, weight loss, tissue firmness, soluble solid content, titratable acidity, anthocyanin, Vitamin C and total phenol were carried out every three days. The results revealed that carrageenan coating enriched by Ajwain essential oil delayed decaying and contamination process together with a positive effect on the other biochemical parameters. Moreover, compared with the control treatment, carrageenan coating resulted in decrease in anthocyanin changes, total phenol, Vitamin C, weight loss and fruit firmness when applied separately and mixed. 1% and 2% carrageenan coatings enriched by 1% Ajwain essential delayed weight loss by means of controlling moisture loss in storage conditions. Overall, it could be suggested to use carrageenan 1% coating enriched with 1% Ajwain essential as a safe and beneficial method to maintain of strawberry fruit during storage.

Keywords: Antioxidant, Decay, Firmness, Weight loss

1 and 2. PhD Student and Associate Professor, Respectively, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht, Iran

3. Assistant Professors, Department of Food Sciences, Faculty of Agriculture, University of Guilan, Rasht. Iran

4. Professor, Parma Research and Extension Center, University of Idaho, USA

*: Corresponding author Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir

This paper has been extracted from the first author's PhD thesis under the guidance of Davood Bakhshi.