استفاده از بسته‌بندی فعال برای حفظ کیفیت و افزایش پتانسیل انبارمانی فرآورده‌های باغبانی

سید حسین میردهقان[1*]

۱-دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان.

*نویسنده مسئول: mirdehghan@vru.ac.ir

چکیده

استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته یکی از روش‌های موثر در تاخیر تغییرات فیزیکوشیمیایی مربوط به کاهش کیفیت در مدیریت پس از برداشت محسوب می‌شود، ولی افزایش رطوبت درون بسته ممکن است سبب افزایش آلودگی‌های قارچی. بسته-بندی فعال یک نوعی از بسته‌بندی است که نسبت به شرایط فیزیولوژیکی و محیطی نامناسب در بسته واکنش نشان داده و آن را بهبود می‌بخشد. در واقع این سیستم با جذب و یا افزودن ترکیباتی مانند اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، ضداکسیدکننده‌ها، نگهدارنده‌ها و مواد ضدمیکروبی به فضای اطراف فرآورده در بسته‌بندی، سبب تنظیم غلظت گازهای تنفسی، اتیلن، آب آزاد می‌شود و حفظ کیفیت میوه را تضمین می‌نماید. پژوهش‌های انجام شده روی گوجه‌فرنگی و توت‌فرنگی بیانگر آن است که تلفیق اسانس‌های گیاهی منتول، اژنول و تیمول با بسته‌بندی سبب کاهش فعالیت میکروبی و حفظ ویژگی‌های کیفی در طی انبارمانی در دمای سرد خواهد شد.

کلمات کلیدی: فعالیت میکروبی، اسانس‌های گیاهی، آنتی‌اکسیدان‌ها، سفتی

مقدمه

سالانه بخش قابل توجه‌ای از فرآورده‌های باغبانی در کشورهای در حال توسعه بر اثر عدم رعایت مسایل پس از برداشت از بین می‌رود و بخشی از ضایعات غذایی را تشکیل می‌دهد. غذایی که برای تولید آن نهاده‌های مختلف کشاورزی از جمله خاک، آب، کودهای آلی و شیمیایی و ... به کار گرفته شده و می‌توانست مورد مصرف قرار گیرد. میوه‌ها و سبزی‌های برداشت شده بافت‌های زنده‌ای می‌باشند که تا زمان مصرف، فرآوری و یا طبخ، خصوصیات بیولوژیکی خود را حفظ می‌کنند. کنترل از دست دادن آب و فرآیند تنفس در محصولات برداشت شده باعث کاهش فرایندهای متابولیکی و در نتیجه افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها خواهد شد. مهم‌ترین ناهنجاری که باعث کاهش کیفیت و در نهایت پژمردگی فرآورده‌ها شده، کاهش وزن از طریق تبخیر از سطح فراورده می‌باشد. علاوه بر از دست دادن آب، کاهش در ویتامین ث، اسیدیته، سفتی بافت میوه، کاهش ترکیبات فنلی و تغییر رنگ در میوه‌ها و سبزی‌های مختلف پس از برداشت گزارش شده است (Artes et al., 2000).

در کنار روش‌های زیادی که برای کنترل تنفس، حفظ کیفیت، کاهش ضایعات و افزایش عمر انباری فرآورده‌های باغبانی مورد استفاده قرار گرفته است، بسته‌بندی نقش مهمی را ایفا می‌کند. بسته‌بندی عبارت است از محافظی که سلامت کالای محتوی خود را از مرحله برداشت، طی انبارمانی تا مرحله مصرف حفظ کند. در واقع بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها یک بخش پویا از فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت محسوب می‌شود که نیاز مصرف‌کننده برای یک فرآورده تازه‌تر، سالم‌تر، مغذی‌تر و مطمئن باعث شده مناسب ترین تغییرات لازم را در چگونگی بسته‌بندی اعمال نماید. همچنین افزایش صادرات و واردات نیازمند یک بسته‌بندی مناسب است که فرآورده را طی مدت طولانی‌تری هنگام حمل و نقل تازه و مناسب حفظ نماید. روش بسته‌بندی با

اتمسفر تغییر یافته[1] که مبتنی بر بسته‌بندی غیرفعال[2] است، ساده‌ترین تیمار فیزیکی محسوب می‌شود که اثرات بسیار مفیدی دارد و با کنترل تبخیر و تعرق از سطح فرآورده و کاهش میزان تنفس سبب تاخیر پیری و حفظ ویژگی‌های کیفی فراورده می‌شود (Allende et al., 2007). در این حالت اتمسفر تعدیل یافته غیرفعالی از طریق تنفس محصول و خصوصیات نفوذپذیری پوشش بسته‌بندی حاصل می‌شود. در واقع اتمسفر مورد نظر به صورت غیرفعال در اثر مصرف O_2 و تولید CO_2 طی فرایند تنفس، حاصل می‌شود. حفاظت محصول در برابر صدمات مکانیکی از دیگر اثرات این بسته‌بندی محسوب می‌شود. اگرچه استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، در تاخیر تغییرات فیزیکوشیمیایی مربوط به کاهش کیفیت، در مدیریت پس از برداشت موثر خواهد بود، با این وجود افزایش رطوبت درون بسته (Sivakumar and Korsten, 2006) ممکن است سبب افزایش آلودگی‌های قارچی شود، همچنین وجود رطوبت روی سطح فیلم بسته‌بندی می‌تواند بر خاصیت نفوذپذیری فیلم اثر معکوس بگذارد و منجر به تولید تدریجی اتمسفر نامطلوب گردد (میرنظامی‌ضیابری، ۱۳۸۵). تجمع اتیلن و عدم تنظیم غلظت گازهای تنفسی از دیگر معایب بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته است. این معایب ذکر شده در کنار افزایش نگرانی‌ها و آگاهی بیشتر مصرف‌کنندگان در ارتباط با آلودگی‌هایی که ممکن است با میوه و سبزی بسته‌بندی شده همراه باشد، سبب شده است تا راهکارهایی ایجاد شود که بتواند از ایجاد این آلودگی‌ها ممانعت نماید و در صورت ایجاد آن را تشخیص و حذف نماید. لذا یک نوآوری ویژه در صنعت بسته‌بندی لازم است که این نگرانی‌ها و مشکلات را از میان بردارد.

بسته‌بندی فعال[3]

بسته‌بندی فعال یک نوعی از بسته‌بندی است که نسبت به شرایط فیزیولوژیکی و محیطی نامناسب در بسته واکنش نشان داده و آن را بهبود می‌بخشد. در واقع این سیستم با جذب و یا افزودن ترکیباتی مانند اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، ضداکسیدکننده‌ها، نگهدارنده‌ها و مواد ضدمیکروبی به فضای اطراف فرآورده در بسته‌بندی، سبب تنظیم غلظت گازهای تنفسی، اتیلن، آب آزاد می‌شود و حفظ کیفیت میوه را تضمین می‌نماید. این ترکیبات معمولا توسط بالشتک یا کیسه‌های کوچک، برچسب و یا در تلفیق با فیلم‌های پوششی به کار گرفته می‌شود. اصطلاح بسته‌بندی هوشمند در برخی موارد به اشتباه معادل بسته‌بندی فعال به کار گرفته می‌شود، در حالی‌که بسته‌بندی هوشمند یک نوع بسته‌بندی است که شرایط موجود در بسته را حس می‌کند و اطلاعات موجود در آن را به انسان و یا یک وسیله منتقل می‌کند. در واقع این نوع از بسته‌بندی به انسان یا یک وسیله دیگر نیازمند است تا شرایط را اصلاح نماید (Wilson, 2007). بسته‌بندی هوشمند به یک حسگر نیاز دارد که بر اساس واکنش‌های شیمیایی، آنزیمی و یا مکانیکی عمل نماید. اطلاعاتی که ممکن است توسط این حسگرها ارایه شود شامل دما و مدت زمان بسته‌بندی، غلظت اکسیژن و دی‌اکسیدکربن، فساد، رسیدگی محصول و حتی آلودگی‌هایی که سبب بیماری انسان می‌شود. امروزه با استفاده از تکنولوژی سیستم ارتباطاتی RFID[4] این امکان فراهم شده است که سیستم بسته‌بندی هوشمند بتواند از راه دور نیز با بخش‌های مختلف در ارتباط باشد.

۱. چندین روش برای ایجاد یک بسته‌بندی فعال مورد استفاده قرار می‌گیرد:
۲. از بین برنده‌های اکسیژن (Oxygen Scavenger)
۳. سیستم‌های تولیدکننده دی‌اکسیدکربن (Carbon Dioxide Generating System)
۴. از بین برنده‌های اتیلن (Ethylene Scavengers)

[1] Modified Atmosphere Packaging
[2] Passive Packaging
[3] Active Packaging
[4] Radio Frequency Identification

۵. آزادکننده‌های دی‌اکسید گوگرد (Sulphur Dioxide Releaser)
۶. جذب کننده‌ها/آزادکننده‌های مواد معطر (Flavor and Odor Absorber/ Releaser)
۷. کنترل رطوبت (Humidity Control)
۸. استفاده از مواد ضداکسیدانی و ضدمیکروبی (Using Antioxidants and Antimicrobials)

ایجاد بسته‌بندی فعال با استفاده از مواد ضداکسیدانی و ضدمیکروبی

در میان مواد مختلفی که در تلفیق که برای این نوع بسته‌بندی به‌کار می‌روند، اسانس‌های گیاهی که موادی طبیعی و سازگار با طبیعت هستند، بسیار سودمند خواهند بود. ایجاد بسته‌بندی فعال با استفاده از اسانس‌های گیاهی یکی از نویدبخش‌ترین انواع بسته‌بندی فعال است. ویژگی‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات مورد تایید قرار گرفته است. منشا طبیعی این ترکیبات، نگرانی‌های مصرف‌کننده از اثرات سوء بقایای مواد شیمیایی در مواد غذایی را برطرف می‌کند. اسانس‌های گیاهی به‌عنوان عناصر غذایی عموما سالم در نظر گرفته می‌شوند و سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۲ اعلام نموده است که بقایای تیمول و کارواکرول تا وقتی‌که غلظت آن از ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در غذا تجاوز نکند، برای مصرف بدون خطر هستند (Castillo et al., 2012). این فراورده‌های طبیعی دارای خواص ضدمیکروبی، ضد قارچی، قارچ‌کشی، ضدباکتریایی، حشره‌کشی و نماتدکشی قابل توجهی می‌باشند. به نظر می‌رسد که اثرات ضدمیکروبی و ضدقارچی، نتیجه‌ی فعالیت ترکیبات زیادی است که به صورت سینرژیستی عمل می‌کنند. بنابراین شانس ناچیزی برای توسعه‌ی نژادهای مقاوم قارچ پس از کاربرد اسانس‌های گیاهی روی میوه‌ها و سبزی‌ها وجود خواهد داشت. افزون بر این اسانس‌ها وعصاره‌های گیاهی، مزیت بیواکتیو بودن در فاز بخار را دارند که آن‌ها را برای امکان استفاده‌ی تدخینی در حفاظت از محصولات انبار شده جذاب می‌سازد.

کاربرد اسانس‌های گیاهی ضمن تامین سلامت و ایمنی محصول باعث کاهش ضایعات میوه نیز می‌گردد. افزودن اژنول، تیمول و منتول به بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، سبب کنترل کاهش وزن، کاهش تغییرات رنگ و نسبت قند به اسید و حفظ سفتی میوه‌ی انگور طی نگهداری در دمای سرد می‌شود (Valverde et al., 2005). در پژوهش دیگری اثر تیمار بسته‌بندی فعال (بسته‌بندی به همراه اسانس‌های گیاهی تیمول، اژنول و کارواکرول) بر ویژگی‌های کیفی میوه‌های آلو بررسی شد. در این آزمایش با گذشت زمان انبارمانی سفتی بافت میوه با کاهش مواجه شد که این کاهش در میوه‌های شاهد ۷۲ درصد بود. این در حالی بود که فرایند-های نرم‌شدگی در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد به طور معنی‌داری تاخیر داشته (۵۶٪ کاهش سفتی) و سفتی بالاتری نشان دادند (Castillo et al., 2012).

تلفیق اسانس‌ها با بسته‌بندی در آزمایش‌های انجام شده

آزمایش اول: در این آزمایش میوه‌های گوجه‌فرنگی رقم Assale پس از برداشت به‌گونه‌ای که کمترین صدمه‌ی مکانیکی به آن‌ها وارد شود، به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه میوه‌های آسیب دیده و غیر یکنواخت جدا شده و ۸ میوه‌ی سالم درون ظروفی به ابعاد ۲۵×۱۷×۶ سانتی‌متر قرار گرفت و اسانس‌های تیمول و اژنول خالص به‌دست آمده از شرکت Sigma، در سطح ۷۵ میکرولیتر بر روی گاز استریل موجود در ظرف تزریق شد (Valero et al., 2006). بلافاصله ظرف با پوشش سلوفان پوشانده و به سردخانه با دمای ۱۰±۱°C و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰٪ انتقال داده شد. پس از ۱۶ روز، میوه‌ها از انبار خارج و پارامترهای کیفی میوه‌ها بررسی شد.

آزمایش دوم: در این آزمایش حدود ۲۰۰ گرم میوه‌ی توت‌فرنگی رقم پاروس سالم درون ظروفی به ابعاد ۲۳×۱۸×۵ سانتی‌متر قرار گرفت و اسانس‌های تیمول و منتول هر کدام در سطوح ۰ (۱۰ میکرولیتر آب مقطر، شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ میکرولیتر بر روی گاز استریل موجود در ظرف تزریق شد (Valero et al., 2006). بلافاصله ظرف با پوشش سلوفان پوشانده و به سردخانه با دمای ۱±۲°C و رطوبت نسبی ۵ ±۹۰٪ انتقال داده شد. پس از ۱۷ روز، میوه‌ها از انبار خارج و پارامترهای کیفی میوه‌ها بررسی شد.

نتایج

تلفیق اژنول و تیمول با بسته‌بندی سبب افزایش ترکیبات فنلی و اسید اسکوربیک در میوه گوجه‌فرنگی پس از ۱۶ روز انبارمانی در دمای ۱±۱۰ درجه سلسیوس شد ولی تاثیر معنی‌داری بر فعالیت ضداکسیدانی میوه‌ها نداشتند. فقط اژنول (۷۵ میکرولیتر) سبب افزایش لیکوپن میوه شد. تلفیق تیمار اسانس با بسته‌بندی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش فعالیت میکروبی را موجب شد (جدول ۱).

جدول ۱- تلفیق اژنول و تیمول و بسته‌بندی بر شاخص‌های کیفی گوجه‌فرنگی پس از ۱۶ روز انبارمانی در دمای ۱±۱۰ درجه سلسیوس

تیمارها	لیکوپن ($mgkg^{-1}$)	ترکیبات فنلی (mg eq. gallic acid $100g^{-1}$)	اسید اسکوربیک ($mg100gfw^{-1}$)	فعالیت آنتی-اکسیدانی (mg eq. ascorbic acid $100g^{-1}$)	فعالیت میکروبی ($Logcfug^{-1}$)
اژنول (۷۵ میکرولیتر)	۲۷/۶ a±۱/۲۷	۳۰/۵ a±۱/۸۲	۳۰/۸۴ ab±۰/۵	۲۵/۰۱ a±۱/۸۲	۵/۰۱ bc±۰/۰۲
تیمول (۷۵ میکرولیتر)	۱۳/۵۸ c±۲/۰۴	۳۰/۵۴ a±۲/۶	۳۲/۸۱ a±۲	۲۷/۹ a±۳/۲	۴/۹۱ c±۰/۳
شاهد	۲۰/۶۴ b±۲/۲۶	۲۸/۵ b±۲/۲	۲۹/۰۰ b±۱/۶	۲۴/۲۲ a±۰/۷	۵/۱۵ a±۰/۰۳

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.

تلفیق غلظت‌های مختلف تیمول و منتول با بسته‌بندی سبب افزایش ترکیبات فنلی، سفتی، شاخص درخشندگی و کروما در میوه توت‌فرنگی پس از ۱۷ روز انبارمانی در دمای ۱±۲ درجه سلسیوس شد، اگرچه برخی از تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. این تیمارها صرف نظر از غلظت ۵ میکرولیتر منتول سبب کنترل کاهش وزن میوه توت‌فرنگی در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۲).

تلفیق تیمار اسانس با بسته‌بندی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش فعالیت میکروبی را موجب شد. نتایج آزمایشات درون شیشه‌ای بیانگر آن است که تیمارهای تیمول و منتول اثرات بارزی در مهار رشد میسیلیومی قارچ *Botrytis* نشان دارند (شکل ۱). اثر بسته-بندی به همراه اسانس‌های ذکر شده در حفظ صفات کیفی می‌تواند به اثر حد واسط اتیلن نیز مربوط باشد، اگرچه از اثر مستقیم Co_2 بالا و O_2 پایین در جلوگیری از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده‌ی دیواره‌ی سلولی که تاخیر در نرم‌شدگی در شرایط MAP را منجر می‌شود، نمی‌توان چشم پوشی کرد (Castillo et al., 2012).

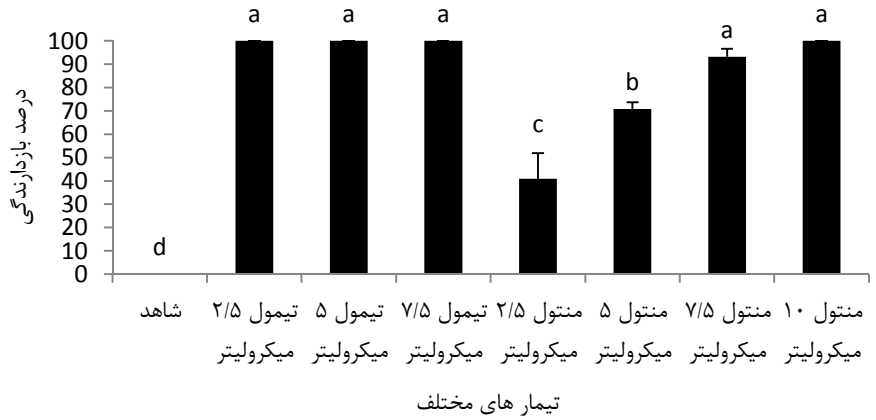
تنها عامل منفی در استفاده از این ترکیبات به‌عنوان تیمار پس از برداشت، وجود بوی نامطلوب آن (فقط در تیمول) بود که با توجه به منشا طبیعی این ترکیبات برای کاهش فعالیت میکروبی و عدم ایجاد نگرانی برای مصرف کننده از بقایای ترکیبات

شیمیایی، قابل چشم‌پوشی است. گذشته از این حتی ممکن است ایجاد بوی خاص در میوه بسته به ذائقه‌ی مصرف‌کننده از طرف مصرف‌کننده یک حسن محسوب شود و مقبول واقع گردد.

جدول ۲- تلفیق غلظت‌های مختلف تیمول و منتول با بسته‌بندی بر شاخص‌های مختلف میوه‌ی توت‌فرنگی پس از ۱۷ روز انبارمانی در دمای ۱±۲ درجه سلسیوس

تیمارها	غلظت	شاخص درخشندگی	شاخص کروما	ترکیبات فنلی (mg eq. gallic acid $100g^{-1}$)	سفتی (KgF)	کاهش وزن (٪)
شاهد		۳۸/۷۷ b	۴۷/۸۲ b	۹۷/۰۶ b	۰/۶۴ b	۴/۰۳ ab
تیمول	۵ میکرولیتر	۴۰/۰۸ ab	۴۹/۵۷ a	۱۱۱/۶ ab	۰/۷۲ ab	۳/۶۶ bc
	۱۰ میکرولیتر	۴۰/۱۹ ab	۵۰/۰۸ a	۱۰۰/۲ b	۰/۷۵ a	۲/۹۸ d
	۱۵ میکرولیتر	۴۰/۵۹ a	۵۰/۱۰ a	۱۰۲/۴ b	۰/۷۸ a	۳/۱۹ d
منتول	۵ میکرولیتر	۴۰/۴۷ a	۵۰/۳۴ a	۱۲۳/۰ a	۰/۷۲ ab	۴/۲۲ a
	۱۰ میکرولیتر	۳۹/۸۸ ab	۴۹/۸۵ a	۱۰۰/۴ b	۰/۷۶ a	۳/۳۶ cd
	۱۵ میکرولیتر	۴۰/۱۰ ab	۴۹/۵۶ a	۹۹/۲۶ b	۰/۸ a	۳/۷۹ b

حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد آزمون دانکن می‌باشد.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف تیمار تیمول و منتول بر درصد بازدارندگی روی قارچ *B. cinerea* پس از ۱۱ روز

منابع

۱- میرنظامی‌ضیابری، س. ح. ۱۳۸۵. اصول بسته‌بندی مواد غذایی. چاپ پنجم. نشر آییژ.

2- Allende, A., Marin, A., Buendia, B., Tomas-Barberan, F. and Gil, M. I. 2007. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O_3, super atmospheric O_2 and high Co_2) on health promotingcompounds and shelf-life of strawberries. Postharvest Biology and Technology. 46: 201-211.

3- Artes, F., Tudela J.A. and Villaescusa, R. 2000. Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. Postharvest Biology and Technology. 18: 245-251.

4- Castillo, S., Diaz-Mula, H.M., Martinez-Romero, D., Serrano, M. and Valero, D. 2012. Modified atmosphere packaging with essential oils of "Black Amber" plums. effect on organoleptic quality. University Miguel Hernandez, Alicante, Spain.

5- Sivakumar, D. and Korsten, L. 2006. Influence of modified atmosphere packaging and postharvest treatments on quality retention of litchi cv. Mauritius. Postharvest Biology and Technology, 41: 135-142.

6- Valverde, J.M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M. and Valero, D. 2005. Improvement of table grapes quality and safety by the combination of modified atmosphere packaging (MAP) and eugenol, menthol, or thymol. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 53: 7458–7464.

7- Valero, D., Valverde, J.M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. and Serrano, M. 2006. The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. Postharvest Biology and Technology. 41: 317-327.

8- Wilson, C. L. 2007. Intelligent and Active Packaging for Fruit and Vegetables. CRC Press. New York.

Using the active packaging for quality maintenance and increasing storability potential of horticultural produce

S. H. Mirdehghan[1]*

1- Associate Professor, Dept. of Horticultural Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan.

*Corresponding Author: mirdehghan@vru.ac.ir

Abstract

Modified atmosphere packaging (MAP) was considered as an effective way in retarding physicochemical changes in postharvest quality management, but increasing relative humidity inside the package may increase fungal infection. Active packaging systems have been developed that respond to suboptimal environmental or physiological conditions within the food package. Actually these systems involve the scavenging or addition of oxygen, carbon dioxide, antioxidants,

preservatives and antimicrobials into the headspace of the package and regulate the respiration gases, ethylene and water drop leads to guarantee of fruit quality maintenance. Studies on tomato and strawberry indicated that incorporation of essential oils of mentol, thymol and eugenol with MAP decreased microbial activity and preserve fruit quality parameters during cold storage.

Key words: Microbial Activity, Essential Oils, Antioxidants, Firmness