

افزایش انبارمانی زردآلو رقم قرمز شاهرود با استفاده از اتمسفر تغییر یافته

جابر سلیمانی*^۱ و منصوره مظفری^۱

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۷

تاریخ پذیرش: ۹۸/۵/۶

^۱ استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی آذربایجان شرقی

* مسوول مکاتبه: Email: elgar1352@yahoo.com

چکیده

زمینه مطالعه: طبیعت فاسد شدنی میوه‌ی زردآلو به دلیل فرازگرا بودن و تولید اتیلن، باعث کاهش مدت انبارداری آن می‌شود. **هدف:** در این بررسی سعی شد با تحقیق بر روی فن‌آوری بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، تولید اتیلن را کاهش داده و عمر انباری این میوه را افزایش داد. **روش کار:** طرح آزمایشی مورد استفاده کرت خرد شده بر پایه‌ی طرح کامل تصادفی شامل دو کرت در سه تکرار بود. کرت اصلی شامل زمان در چهار سطح (روز چهارم، روز هشتم، روز دوازدهم و روز شانزدهم) و کرت فرعی شامل نوع ترکیب گازی مورد استفاده با پوشش‌های متفاوت در شش سطح $3\% O_2 + 5\% CO_2$ با پوشش پلی‌پروپیلن با ضخامت ۲/ میلی‌متر، $3\% O_2 + 10\% CO_2$ با پوشش پلی‌پروپیلن با ضخامت ۲/ میلی‌متر، $3\% O_2 + 5\% CO_2$ با پوشش پلی‌پروپیلن با ضخامت ۴/ میلی‌متر، $3\% O_2 + 10\% CO_2$ تحت پوشش پلی‌پروپیلن با ضخامت ۴/ میلی‌متر، بسته‌بندی فقط با پوشش پلی‌پروپیلن با ضخامت ۲/ میلی‌متر و بسته‌بندی فقط با پوشش پلی‌پروپیلن با ضخامت ۴/ میلی‌متر بود. صفات مورد اندازه‌گیری شامل TSS، pH، سفتی و EC در میوه‌های زردآلو بود. **نتیجه‌گیری نهایی:** نتایج حاصل نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری زردآلو، تمام صفات اندازه‌گیری شده TSS، pH و EC افزایش در حالی که سفتی میوه کاهش نشان داد. از نظر نوع ترکیب گازی با پوشش‌های متفاوت، تیمار $3\% O_2 + 10\% CO_2$ با پوشش پلی‌پروپیلن به ضخامت ۰/۴ میلی‌متر باعث افزایش عمر انباری زردآلو شد؛ به طوری که این تیمار توانست عمر انباری زردآلو رقم قرمز شاهرود را حدود ۳ برابر افزایش دهد. ضخامت فیلم تأثیر معنی‌داری بر افزایش عمر انباری میوه زردآلو نداشت.

واژگان کلیدی: زردآلو، اتمسفر تغییر یافته، اکسیژن، دی اکسید کربن

مقدمه

محصولات باغی و زراعی به طرق مختلف ضایع و از بین می‌رود. از عوامل مهم در افزایش ضایعات بعد از برداشت محصولات کشاورزی می‌توان به برداشت و چیدن نامناسب، حمل و نقل غیر اصولی، عدم نگهداری صحیح و بسته‌بندی نامناسب اشاره کرد. میوه‌ی زردآلو جزء میوه‌های فرازگرا می‌باشد. شدت تنفسی و تولید اتیلن در

سطح زیرکشت میوه‌ی زردآلو در استان آذربایجان شرقی حدود ۲۸٪ سطح کل کشور و میزان تولید آن حدود ۳۰/۲٪ کل زردآلوی تولیدی کشور است (احمدی و همکاران ۱۳۹۶). در ایران سالانه حدود یک سوم

مقادیر بسیار جزئی که یک گاز بدون رنگ، طعم و مزه می‌باشد، باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی خواهد شد (سن و همکاران ۲۰۱۲). در نتیجه به محض برداشت میوه، ویژگی‌های حسی، تغذیه‌ای و ارگانولپتیکی محصول تازه به دلیل تغییرات متابولیسم گیاه شروع به کاهش می‌کند. این افت کیفی نتیجه‌ی تخرق، پیری و فرآیندهای مرتبط با رسیدگی محصول و توسعه‌ی اختلالات پس از برداشت می‌باشد (گوریس و پلنبوس ۲۰۰۷). بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته از حدود ۹۰ سال قبل در جهت افزایش انبارمانی مواد غذایی تازه و یا برش داده شده استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر، اثر اتمسفر تغییر یافته بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و کیفی میوه‌ها و سبزیجات مختلف مطالعه شده و توسعه‌ی سریع، هم از نقطه نظر علمی و هم صنعتی پیدا کرده است (ژانگ و همکاران ۲۰۱۵). MAP یک فن‌آوری نگهداری است که فساد فیزیولوژیکی و میکروبی محصول فسادپذیر را به حداقل می‌رساند. اتمسفر تغییر یافته به هر اتمسفر متفاوت از اتمسفر هوای طبیعی که شامل ۲۰ تا ۲۱٪ اکسیژن، ۰/۳٪ دی‌اکسیدکربن، ۷۸ تا ۷۹٪ نیتروژن و در مقادیر بسیار کم سایر گازها اشاره دارد (یحیی ۲۰۰۹). اتمسفر تغییر یافته می‌تواند به دو دسته‌ی بسته‌بندی با اتمسفر یافته‌ای که با تزریق مستقیم گازهای مورد نظر به فضای داخل بسته‌بندی اتفاق می‌افتد و بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته‌ی انفعالی که صرفاً از گازهای حاصل از تنفس در داخل بسته‌بندی استفاده می‌شود، تقسیم‌بندی شود. در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، ترکیب مطلوب مخلوط گازها بعد از تخلیه‌ی فضای داخل بسته‌بندی تزریق می‌شود و یا جریان مداومی از ترکیب بهینه‌ی مخلوط گازها به داخل فضای بسته‌بندی جهت جایگزینی با هوا تزریق می‌گردد (لی و همکاران ۲۰۱۰).

زمان رسیدگی میوه افزایش یافته و تغییرات فیزیکی و شیمیایی مرحله رسیدگی مانند افزایش قند، تغییر رنگ، کاهش اسیدیته و کاهش سفتی بافت میوه آغاز می‌شوند. افزایش تولید اتیلن توسط آنزیم آمینوسیکلوپرو پان کربوکسیلات (ACC) کنترل می‌شود که مقادیر آن چند روز قبل از افزایش تولید اتیلن سریعاً افزایش می‌یابد. افزایش مقادیر ACC در زردآلو در مرحله قبل از فرازگرایی دیده می‌شود. این تغییرات بسیار سریع رخ می‌دهد و در طی چند روز میوه به مرحله پس از رسیدگی وارد می‌شود که در بازار رسانی و فروش آن ایجاد مشکل می‌نماید. بنابراین یافتن روشی برای بازاررسانی زردآلو که بتواند فرآیند رسیدگی میوه را کندتر کرده و منجر به بهبود وضعیت بازاررسانی آن گردد، کاملاً ضروری است (پرتیل و همکاران ۲۰۰۰).

اکثر روش‌ها برای انبارکردن فله‌ای، مانند استفاده از انبارسرد با رطوبت نسبی بالا و یا انبار با اتمسفر کنترل شده (CAS) مناسب هستند ولی معمولاً برای واحدهای خرده‌فروشی کاربردی ندارند. در هر حال، به محض اینکه محصول از انبار خارج شود، تنفس به شدت شروع و فعالیت‌های میکروبی هم می‌تواند آغاز گردد؛ در نتیجه طول ماندگاری در خرده‌فروشی محدودتر خواهد شد. تنفس به شکسته شدن اکسیداتیو سوبستراهای پیچیده‌ای نظیر کربوهیدرات‌ها به مولکول‌های ساده‌تری مانند CO_2 و H_2O اطلاق می‌شود. بر این اساس محصولات باغی را می‌توان به دو گروه عمده فرازگرا و نافرازگرا تقسیم کرد. در میوه‌های فرازگرا یک روند کاهشی نرخ تنفس مشاهده می‌شود که طی آن نرخ تنفس در کمترین میزان خود قرار دارد. پس از آن یک جهش ناگهانی در نرخ تنفسی مشاهده می‌شود تا به پیک فرازگرایی رسیده و سپس مجدداً نرخ تنفس کاهش می‌یابد. در طی دوره‌ی جهش ناگهانی میزان تولید اتیلن افزایش یافته به طوری که در مرحله‌ی پیک فرازگرایی، میزان تولید اتیلن به حداکثر مقدار خود خواهد رسید. در میوه‌های فرازگرای رسیده، وجود اتیلن حتی در

² Passive

¹ Climacteric

در مورد میوه‌ی زردآلو با ارقام مختلف مطالعه کردند. زردآلوی ژاپنی تحت اتمسفر ۳ تا ۴٪ O₂ و ۱۵٪ CO₂ (آسامی و آئوگامی ۱۹۹۷)؛ زردآلو رقم حسن بی تحت اتمسفر ۳٪ O₂ و ۱۵٪ CO₂ (پالا و همکاران ۱۹۹۴)؛ زردآلو رقم پرفکشن و ریوال تحت اتمسفر ۲٪ O₂ و ۱۲ تا ۱۵٪ CO₂ (دریک و یزدانی‌ها ۱۹۹۹)؛ زردآلو رقم بولیدا تحت اتمسفر ۱٪ O₂ و ۲۰٪ CO₂ (پرتیل و همکاران ۲۰۰۰).

بطور معمول در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته، غلظت O₂ بسته‌بندی در سطح خیلی پائین (۱-۵٪) نگهداشته می‌شود و با محدود کردن O₂ شدت تنفسی کاهش می‌یابد و عمر انباری میوه‌ها و سبزی‌ها با به تأخیر افتادن اکسیداسیون مواد اولیه‌ی پیچیده، طولانی می‌شود. همچنین در غلظت‌های O₂ پایین‌تر از ۸٪، تولید اتیلن که یک ترکیب کلیدی برای رسیدن محصول است، کاهش می‌یابد. با وجود این، کاهش بیش از اندازه‌ی اکسیژن (به کمتر از ۱٪) تنفس بی‌هوازی را تشدید می‌کند که به تبع آن اتانول تولید می‌شود؛ در نتیجه باعث تخریب بافتی و تولید مواد بدبو و بد طعم می‌گردد. همچنین پتانسیل رشد پاتوژن‌های عامل مسمومیت غذایی مانند کلوستریدیوم بوتولینوم تقویت می‌شود؛ بنابراین درصد توصیه شده‌ی O₂ در اتمسفر تغییر یافته برای میوه‌ها و سبزی‌ها از نظر ایمنی و کیفیت ۱-۵٪ است (قاربر و همکاران ۲۰۰۳). همچنین، غلظت زیاد CO₂ بر شدت مصرف O₂ موثر است؛ بنابراین، بعنوان بازدارنده‌ی فعالیت اتیلن عمل می‌کنند و از سنتز خود به خودی اتیلن در برخی از میوه‌ها مانند زردآلو، آووکادو، گلابی، انجیر و موز ممانعت می‌نمایند. معمولاً هنگامی که میزان CO₂ در اتمسفر تغییر یافته معادل یا بیشتر از ۵٪ باشد از شدت تنفس کاسته می‌شود (تاج‌الدین ۱۳۸۰؛ پرتیل و همکاران ۲۰۰۰). هدف از این تحقیق با توجه به نیاز صادرکنندگان عمده‌ی زردآلو برای افزایش ماندگاری میوه‌ی زردآلو، یافتن یک ترکیب بهینه از نسبت‌های گاز و پوشش برای بسته‌بندی زردآلو بود. با توجه به اینکه ارقام صنعتی عمدتاً در تهیه‌ی برگه و قیسی استفاده می‌شود از

یکی از اثرات فیزیولوژیکی اتمسفر تغییر یافته^۱ (MA) بر متابولیسم میوه، کاهش شدت تنفسی در دوره‌ی انبارداری می‌باشد که شامل کاهش در شدت سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها، تولید CO₂، مصرف O₂ و آزاد شدن گرما می‌باشد. در میوه‌های فرازگرا مانند زردآلو، افزایش CO₂ و کاهش O₂ از تولید اتیلن ممانعت می‌کند؛ بنابراین استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته می‌تواند زمان نگهداری آنها را افزایش دهد (اوزدمیر و فلوروس ۲۰۰۴). بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته شامل استفاده از پوشش پلاستیکی با نفوذپذیری معین برای گازها در جهت بسته‌بندی محصولات کشاورزی می‌باشد (پالا و همکاران ۱۹۹۴؛ کویونجو و جان ۲۰۰۰). نتایج خوبی از کاربرد اتمسفر تغییر یافته با غلظت کم O₂ و غلظت زیاد CO₂ در دمای پایین به دست آمده است. این شرایط فرآیند رسیدگی میوه را کند کرده و ویژگی‌های مطلوب میوه و بازارپسندی آن را در مدت طولانی‌تری حفظ می‌کند. تحقیقات زیادی در ارتباط با بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته‌ی با ترکیب‌های مختلف گازی و محصولات کشاورزی و دامی متفاوت انجام گرفته است که برای نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

دانه‌های انار آماده‌ی مصرف تحت اتمسفر ۱۰٪ اکسیژن، و ۹۰٪ نیتروژن (قربانی و همکاران ۱۳۹۵)؛ توت فرنگی تحت اتمسفر ۲/۵٪ اکسیژن، ۱۵٪ CO₂ و ۸۲/۵٪ نیتروژن (ژانگ و همکاران ۲۰۰۶)؛ برش‌های سیب تحت اتمسفر ۵٪ اکسیژن، ۱۵٪ CO₂ و ۸۰٪ نیتروژن (توریری و همکاران ۲۰۰۹)؛ بلوبری تحت اتمسفر ۱۰۰٪ اکسیژن (ژنگ و همکاران ۲۰۰۸)؛ ماهی قزل‌آلای دودی سرد تحت اتمسفر ۹۰٪ CO₂ و ۱۰٪ نیتروژن (دوردویچ و همکاران ۲۰۱۷)؛ گل لاله تحت اتمسفر ۱۰٪ CO₂ و ۹۰٪ نیتروژن (آروز و همکاران ۲۰۱۷)؛ گوشت بلدرچین تحت اتمسفر ۷۰٪ CO₂ و ۳۰٪ نیتروژن (زند و جباری ۲۰۱۷)؛ مونواکسیدکربن در گوشت گاو و ماهی (ژنان و رونکالس ۲۰۱۸). همچنین محققین متعددی تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته را

¹ Modified atmosphere

رقم قرمز شاهرود به عنوان نماینده‌ی ارقام تازه‌خوری استفاده شد.

مواد و روش‌ها

در این پروژه، میوه‌ی زردآلو رقم قرمز شاهرود از ایستگاه تحقیقات باغبانی سهند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی تهیه گردید. فیلم بسته‌بندی مورد نیاز از جنس پلی‌پروپیلن (PP) جهت بسته‌بندی میوه‌های زردآلو با ضخامت‌های ۰/۲ و ۰/۴ میلی‌متر (mm) از یک فروشگاه محلی تهیه شد.

از کپسول‌های حاوی گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن ویژه‌ی مواد غذایی برای تزریق گازها استفاده شد، به طوری که ابتدا فضای داخل بسته‌ها با پمپ خلأ تخلیه و گازها در آن تزریق شدند (شکل ۱). سپس نمونه‌ها در سردخانه با دمای ۱ درجه سانتی‌گراد ($0 \pm 5^\circ\text{C}$) با سرعت جریان هوای یک متر بر ثانیه قرار داده شد. آزمایش‌ها در چهار مرحله بر اساس مدت زمان انبارداری (مطابق جدول ۱) انجام شد. دو ساعت قبل از آزمایشات، نمونه‌ها از بسته‌بندی خارج و پس از رسیدن به دمای آزمایشگاه، مورد آزمون قرار گرفتند.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل (TSS)

برای اندازه‌گیری TSS از رفراکتومتر مدل Milwaukee MA871 با دقت ۰/۱ ساخت تایوان استفاده شد.

اندازه‌گیری pH

از pH متر دیجیتالی مدل Metrohm-691 با دقت ۰/۰۱ ساخت ژاپن استفاده شد.

اندازه‌گیری سفتی

برای اندازه‌گیری سفتی میوه از بافت سنج (Texture Analyzer) مدل Lutron FG-5000 A با دقت ۰/۱ ساخت تایوان استفاده شد. پروب استنلیس‌استیل با قطر ۳ میلی‌متر جهت آزمون سفتی مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه‌گیری EC

برای اندازه‌گیری EC از دستگاه EC متر Elmetron CC 505 با دقت ۰/۱ ساخت لهستان، استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق، کرت‌های خرد شده (split plot) بر پایه‌ی طرح کامل تصادفی با سه تکرار بود که کرت اصلی شامل زمان در چهار سطح (مطابق با جدول شماره ۱) و کرت فرعی شامل نوع ترکیب گازی مورد استفاده با پوشش‌های متفاوت در بسته‌بندی زردآلو در شش سطح (مطابق جدول شماره ۱) بود. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار آماری MSTATC و برای مقایسه‌ی میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

مواد جامد محلول کل (TSS) در تیمارهای مختلف

شکل ۲ نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری میزان ماده‌ی جامد محلول کل، روند افزایشی داشت. مطابق شکل ۳ که نشان‌دهنده‌ی اثر متقابل زمان در ترکیب گازی در نوع پوشش می‌باشد، بیشترین میزان TSS مربوط به روز شانزدهم و در بسته‌بندی با پوشش پلی‌پروپیلن با ضخامت‌های ۰/۲ و ۰/۴ میلی‌متر بدون ترکیب گازی مشاهده شد. تیمار $3\% \text{O}_2 + 10\% \text{CO}_2$ تحت پوشش PP با ضخامت‌های ۰/۲ و ۰/۴ میلی‌متر در روز چهارم کمترین مقدار را نشان داد. TSS بیانگر وجود ریز مولکول‌هایی مانند گلوکز، فروکتوز، مالتوز و برخی اسیدهای آلی می‌باشد.

² Electro conductivity

¹ Total soluble solid

همچنین، تیمارهای نوع ترکیب گازی همراه با پوشش به کار رفته به صورت کدهایی در جدول ۱ آورده شده‌اند.

pH در تیمارهای مختلف

بر اساس شکل ۲، با افزایش مدت زمان نگهداری، میزان pH روند افزایشی و به تبع روند کاهش اسیدیته را نشان داد. اسیدهای آلی را می‌توان به عنوان منبع اندوخته‌ی انرژی میوه به شمار آورد که در اثر افزایش فعالیت‌های سوخت و ساز ناشی از تنفس یا تبدیل به قندها، کاهش می‌یابند. بنابراین، افزایش pH دور از انتظار نبود. مطابق با شکل ۴، تیمار فقط با پوشش PP با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر بیشترین تأثیر را در کاهش اسیدیته‌ی میوه‌ی زردآلو نشان داد و بقیه‌ی تیمارها تأثیر تقریباً یکسانی بر کاهش اسیدیته نشان دادند. به نظر می‌رسد، تیمار فقط با پوشش PP با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر در کنترل تنفس میوه و کاهش تنفس آن عملکرد موثری نداشت که منجر به افزایش pH گردید. تیمار $3\% O_2 + 10\% CO_2$ تحت پوشش PP با ضخامت ۰/۴ میلی‌متر بالاترین میزان اسیدیته را نشان داد. بر اساس شکل ۵، اثر متقابل زمان با ترکیب‌های گازی مختلف با پوشش‌های متفاوت معنی‌دار ($P < 0.05$) بود.



شکل ۱- تزریق گازهای مورد استفاده در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته

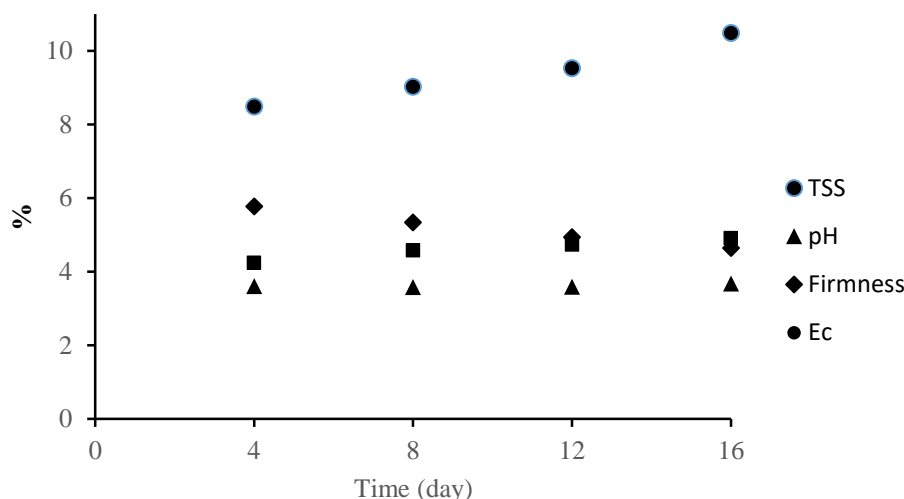
Figure 1-Injection of gases used in modified atmosphere packaging

تبدیل درشت مولکول‌هایی مانند نشاسته به ریز مولکول‌هایی مانند گلوکز، مالتوز و دکستروز و همچنین کاهش رطوبت محصول منجر به افزایش مواد جامد محلول کل خواهد شد. از طرف دیگر، به دلیل کاهش فعالیت‌های فیزیولوژیکی میوه در دماهای پایین، روند افزایشی میزان TSS کندتر می‌شود (فلاحی، ۱۳۷۰؛ راحمی، ۱۳۷۳). برای استفاده بهینه از داده‌ها و جلوگیری از به هم ریختگی آن‌ها، مدت زمان نگهداری میوه‌ی زردآلو در سردخانه؛

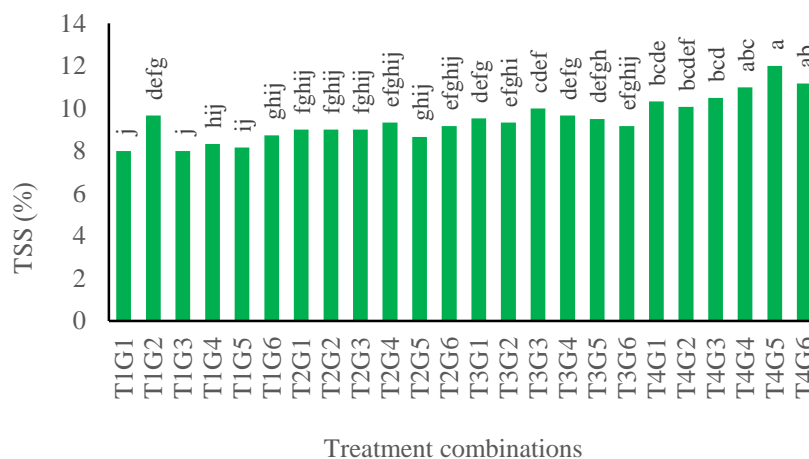
جدول ۱- مدت زمان نگهداری زردآلو در سردخانه همراه با نوع ترکیب گازی و پوشش

Table 1-Apricot storage time in the chilling room with type of gas combinations and film

Time	4 th day	8 th day	12 th day	16 th day	
Codes of time	t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	
Gas combination and film	3% O ₂ +5% CO ₂ with 0.2 mm PP	3% O ₂ +10% CO ₂ with 0.2 mm PP	3% O ₂ +5% CO ₂ with 0.4 mm PP	3% O ₂ +10% CO ₂ with 0.4 mm PP	Only 0.2 mm PP Only 0.4 mm PP
Codes of gas combination and film	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅ G ₆



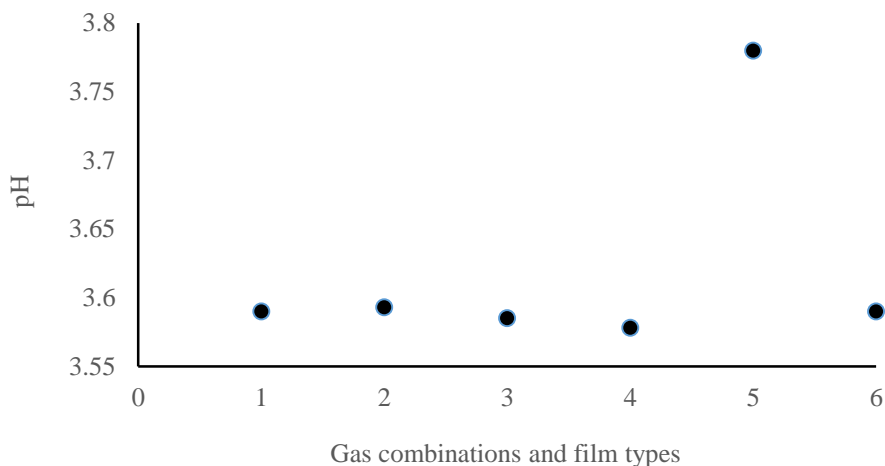
شکل ۲- رابطه پارامترهای TSS، pH، سفتی و EC با مدت زمان نگهداری میوه زردآلو
 Figure 2- Relationship between TSS, pH, firmness and EC parameters during apricot fruit storage



شکل ۳- مقایسه میانگین مقادیر TSS در تیمارهای مختلف
 Figure 3- Comparison of mean TSS values in different treatments

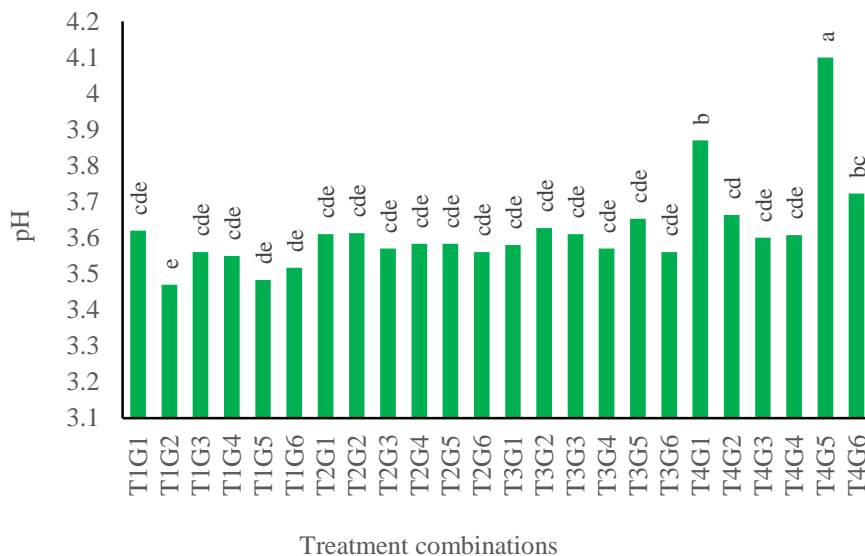
پرتل و همکاران (۲۰۰۰)، گزارش کردند که در میوه‌های زردآلوی رقم "بولیدا" که تحت شرایط اتمسفر کنترل شده (CA) شامل ۲۰٪ گاز CO₂ + ۲۰٪ گاز O₂، ۲۰٪ گاز CO₂ + ۱٪ گاز O₂ در دمای ۲°C نگهداری شده بودند، کاهش سفتی میوه، کاهش اسیدیته و افزایش میزان مواد جامد محلول در طول دوره انبارداری کندتر گردید.

به طوری که تیمار فقط با پوشش PP با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر بالاترین مقدار pH و تیمار O₂ ۳٪ + CO₂ ۱۰٪ تحت پوشش PP با ضخامت ۰/۲ میلی‌متر کمترین مقدار pH را نشان داد. نظر به نتایج به دست آمده، با گذشت مدت زمان نگهداری میزان pH عصاره میوه‌های زردآلو افزایش یافت، یعنی اسیدیته کاهش یافته است.



شکل ۴- تأثیر ترکیب گازی همراه با نوع پوشش بر صفت pH (داده ها از شماره ۱ تا ۶ مطابق با جدول شماره ۱ به ترتیب برابر با G1 تا G6 می باشد)

Figure 4-Influence of gaseous composition with type of film on pH (data from Nos. 1 to 6 according to the Table 1 are G1 to G6, respectively)



شکل ۵- مقایسه میانگین مقادیر pH در تیمارهای مختلف

Figure 5-Comparison of mean pH values in different treatments

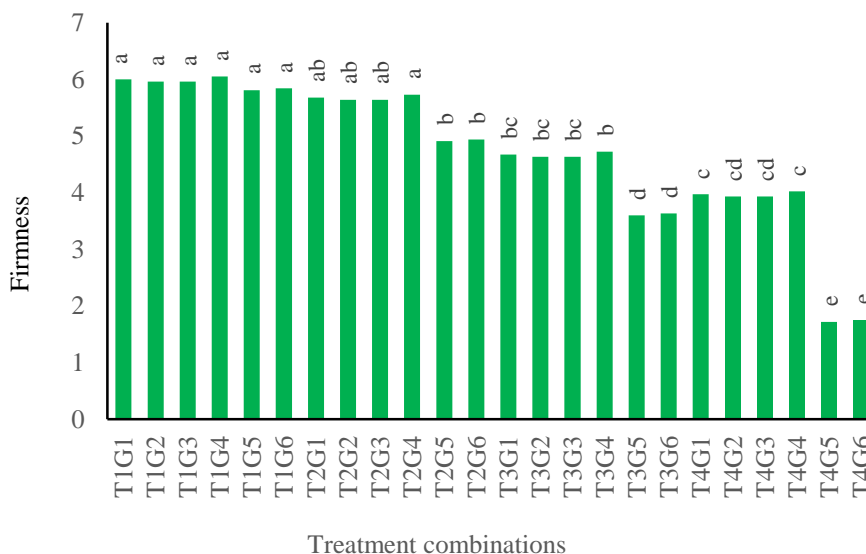
ضخامت ۰/۴ میلی متر منجر به بالاترین سفتی در میوهی زردآلو در مقایسه با سایر تیمارها شد و کمترین میزان سفتی در تیمار بدون ترکیب گازی و فقط دارای پوشش با ضخامت ۰/۲ میلی متر مشاهده شد.

سفتی بافت در تیمارهای مختلف

بر اساس شکل ۲، با افزایش مدت زمان نگهداری میزان سفتی روند نزولی معنی داری ($P < 0.05$) را نشان می دهد. در مطالعه ای اثر متقابل زمان و ترکیب گازی با پوشش (شکل ۶)، تیمار $CO_2 + 10\% + O_2 3\%$ تحت پوشش PP با

با کاهش کلی در مقادیر گالاکتوز، آرابینوز و اورونیک اسید همراه است. همچنین، مشاهده شده است که پکتین‌های محلول تا اندازه‌ای دچار دپلمریزاسیون شده و میانگین وزن مولکولی آنها بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. مسیر بوجود آمدن این تغییرات در بین گونه‌های گیاهی ممکن است متفاوت باشد و می‌تواند به ترکیب دیواره سلولی و نیز توانایی میوه‌ها به ادامه سنتز دیواره سلولی، تولید آنزیم‌های هیدرولیتیک و وضعیت نسبی یون‌ها به pH در آپوپلاست مربوط باشد. تغییر در ترکیبات پکتیکی در طول دوره رسیدگی میوه به نرم شدن بافت میوه و کاهش سفتی میوه منجر می‌شود. این فرآیند به قابلیت انحلال و هیدرولیز شدن پکتین‌ها در تیغه‌ی میانی دیواره سلولی نسبت داده می‌شود (فمنیا و همکاران ۱۹۹۸).

درک تغییرات بوجود آمده در ساختمان و ترکیب دیواره‌ی سلولی در طول دوره‌ی رسیدگی میوه، پایه و اساس حفظ کیفیت میوه‌ها می‌باشد. تغییر در پلی‌ساکاریدهای دیواره‌ی سلولی میوه‌ها در تغییر بافت میوه نقش اساسی دارد که در طی فرآیند رسیدگی میوه اتفاق می‌افتد (فمنیا و همکاران ۱۹۹۸). درک ما از این تغییرات در نتیجه دانش محدود از ساختمان دیواره‌ی سلولی در میوه‌های بالغ و آنزیم‌های تغییردهنده‌ی پلی‌ساکاریدهای دیواره‌ی سلولی بسیار اندک است. تغییر در یکپارچگی و اتصال عرضی پلی‌ساکاریدهای پکتینی در فرآیند رسیدگی میوه اتفاق می‌افتد. در عوض، بیشتر تغییرات گزارش شده در یکپارچگی دیواره‌ی سلولی همراه با افزایش در پلی‌ساکاریدهای پکتینی محلول در آب می‌باشد که معمولاً



شکل ۶- مقایسه میانگین مقادیر سفتی در تیمارهای مختلف

Figure 6-Comparison of mean values of firmness in different treatments

ی تغییرات در غلظت الکترولیت‌های محلول به هنگام بالغ شدن در گوشت میوه رخ می‌دهد. میزان EC طی زمان رسیدن میوه‌ها افزایش می‌یابد. روند افزایشی EC عصاره‌ی میوه در طول دوره انبارداری نشان‌دهنده‌ی نشت کاتیون‌ها از غشای سیتوپلاسمی سلول‌های بافت میوه می‌باشد که تخریب غشای سلولی را نمایان می‌سازد. این

هدایت الکتریکی (EC)

بر اساس شکل ۲، با افزایش مدت زمان نگهداری میزان EC هم افزایش نشان داد، اما تأثیر ترکیب‌های گازی مختلف با پوشش‌های متفاوت و اثر متقابل زمان با ترکیب‌های گازی مختلف با پوشش‌های متفاوت معنی‌دار نبود. EC، تغییرات مقاومت و یا ظرفیت الکتریکی را نشان می‌دهد که در نتیجه

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش مدت زمان نگهداری میوه‌ی زردآلو، تمام صفات مورد آزمون یعنی TSS، pH و EC افزایش ولی سفتی کاهش یافت. نوع ترکیب گازی با پوشش‌های متفاوت هم نشان داد که با افزایش مقدار گاز دی‌اکسیدکربن مدت ماندگاری افزایش یافت ولی ضخامت پوشش‌ها، تأثیری در مدت ماندگاری نشان نداد. در نهایت، مدت ماندگاری میوه‌ی زردآلو رقم قرمز شاهرود را با استفاده از ترکیب بهینه $3\% \text{O}_2 + 10\% \text{CO}_2$ همراه با پوشش پلی‌پروپیلنی با هر ضخامتی می‌توان تا دو هفته در دمای یخچال نگهداری کرد، در حالی که در شرایط عادی یعنی بدون اتمسفر تغییر یافته و در دمای یخچال حداکثر ۴ تا ۵ روز قابل نگهداری خواهد بود.

فرآیند به قابلیت انحلال و هیدرولیز شدن پکتین‌ها در تیغه‌ی میانی دیواره‌ی سلولی نسبت داده شده است. فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز به هیدرولیز پکتین دیواره‌ی سلولی منجر شده و به نظر می‌رسد که قابلیت انحلال پکتین را فراهم می‌آورد. در حالی که آنزیم پکتین‌متیل‌استراز، چسبیدن کاتیون‌ها در دیواره سلولی و فعالیت سریع دیگر هیدرولازهای دیواره‌ی سلولی را تنظیم می‌کند. بنابراین، کاتیون‌ها در فعالیت آنزیمی و تنظیم رسیدگی میوه نقش اساسی دارند (فمنیا و همکاران ۱۹۹۸).

منابع مورد استفاده

- احمدی ک، قلی‌زاده ح، عباد زاده ح، حاتمی ف، حسین‌پور ر، عبد شاه ه، رضایی م و فضلی استبرق م، ۱۳۹۶. آمارنامه کشاورزی سال ۱۳۹۵ جلد سوم. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، مرکز فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات.
- تاج‌الدین ب، ۱۳۸۰. بسته‌بندی مواد غذایی با اتمسفر تغییر یافته (MAP) (ترجمه). انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
- راحی م، ۱۳۷۳. فیزیولوژی پس از برداشت مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی میوه و سبزی‌ها (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز.
- فلاحی م، ۱۳۷۰. فیزیولوژی پس از برداشت سبزی‌ها (ترجمه). انتشارات بارثاوا.
- قربانی م، صداقت ن، میلانی ا و کوچکی آ، ۱۳۹۵. تاثیر نوع بسته‌بندی و شرایط نگهداری بر ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بار میکروبی دانه‌های انار آماده مصرف. نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۶(۳)، ۳۹۵-۳۸۱.
- Aros D, Orellana K and Escalona V, 2017. Modified atmosphere packaging as a method to extend postharvest life of tulip flowers. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 45 (3): 202–215.
- Asami I and Aoyagi M, 1997. Studies on the shipping of high quality mature-green Japanese apricot (mume, *Prunus mume*. Siebetzuce) Fruits effects of permeable plastic film pouch packaging on the freshness of fruits. *Research Bulletin of the Aichi Ker, Agricultural Research center* 29: 231-237.
- Djenane D and Roncalés P, 2018. Carbon Monoxide in Meat and Fish Packaging: Advantages and Limits. *Foods* 1-34.
- Dordević J, Pavličević N, Bošković M, Janjić J, Glišić M, Starčević M and Baltić M Ž, 2017. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on microbiological properties of cold-smoked trout. 59th International Meat Industry Conference MEATCON 2017. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 85.
- Drake S R and Yazdaniha A, 1999. Short-term controlled atmosphere storage for shelf-life extension of apricots. *Journal of Food Processing Preservation* 23:57-70.
- Farber JN, Harris LJ, Parish ME, Beuchat LR, Suslow TV, Gornry JR, Garrett EH and Busta FF, 2003. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh – cut produce. *Comprehensive Reviews in food science and food safety* chapter IV – Vol.2 (Supplement).

- Femenia A, Sanchez ES, Simal S and Rossello C, 1998. Developmental and ripening-related effects on the cell wall of apricot (*Prunus armeniaca*) fruit. *Journal of Science Food Agriculture* 77:487-493.
- Gorris LGM and Peppelenbos HW, 2007. Modified Atmosphere Packaging of Produce. *Handbook of Food Preservation*. CRC Press, Taylor & Francis Group. LLC, 2: 316 - 329.
- Koyuncu MA and Can A, 2000. A research on modified atmosphere (MA) storage of some Apricot cultivars. *Ondokuzmayis Universitisi Ziraat Fakultesi Dergisi* 15: 54-62.
- Lee DS, Yam KL and Piergiovanni L, 2010. Active and Intelligent packaging. In: Lee DS, Yam KL and Piergiovanni L (Eds). *Food Packaging Science and Technology*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 1: 445 - 473.
- Ozdemir M and Floros JD, 2004. Active Food Packaging Technologies, critical Reviews in food science and nutrient 44: 185-193.
- Pala M, Damarli E, Gun H and Sass P, 1994. The effect of modified atmosphere packing on quality and storage life of Apricot. *Acta Horticulturae* 368: 808-816.
- Pretel MT, Souty M and Romojaro F, 2000. Use of passive and active modified atmosphere packaging to prolong the postharvest life of three varieties of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *European Food Research Technology* 211:191-198.
- Sen C, Mishra H N and Srivastav P P, 2012. Modified atmosphere packaging and active packaging of banana (*Musa* spp.): A review on control of ripening and extension of shelf life. *Journal of Stored Products and Postharvest Research* 3(9): 122 – 132.
- Torrieri E, Cavella S and Masi P, 2009. Modelling the respiration rate of fresh-cut Annurca apples to develop modified atmosphere packaging. *International Journal of Food Science and Technology* 44: 890–899.
- Yahia EM (2009). Introduction. In: Yahia EM (Ed). *Modified and Controlled Atmospheres for the Storage, Transportation, and Packaging of Horticultural Commodities*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 1: 1 - 17.
- Zand N and Jabbari S, 2017. Effect of Modified Atmosphere Packaging and Multilayer Flexible Films on pH of Fresh Quail Meat. *Microbiology Research Journal International* 20(5): 1-11.
- Zhang M, Meng X, Bhandari B, Fang Z and Chen H, 2015. Recent Application of Modified Atmosphere Packaging (MAP) in Fresh and Fresh-Cut Foods. *Food Reviews International* 31:172–193.
- Zhang M, Xiao G and Salokhe V M, 2006. Preservation of strawberries by modified atmosphere packages with other treatments. *Packaging Technology and Science* 19: 183–191.
- Zheng Y, Yang Z and Chen X, 2008. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. *Food Control* 19 (5): 470-474.

Use of modified atmosphere packaging to prolong the shelf life of 'Red-Shahrood' apricot

J soleimani^{1*} and M Mozaffari¹

Received: August 29, 2018

Accepted: July 28, 2019

¹Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Education and Research Center, Agricultural, Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tabriz, Iran

*Corresponding author: E mail: elgar1352@yahoo.com

Introduction: The cultivar and amount of apricot production in the East Azarbaijan province is about 28% of the total country of Iran and 30.2% of the total apricot is produced in Iran (Ahmadi et al., 1396). Due to the perishable nature of apricot, it cannot be kept for more than 2-3 days at room temperature and for several days at low temperature conditions. In Iran, about one-third of horticultural and crop products are lost and destroyed annually. Important factors in increasing postharvest losses of agricultural products can be inappropriately picked up, unpurchased shipping, lack of proper keeping and packaging, and so on. In food packaging, the use of appropriate packaging materials, and minimizing waste and the provision of healthier and safer food products have always been considered. Various packaged packaging technologies have been developed to improve the quality and health of foods. Active packaging technologies provide new opportunities for the food industry. In recent years, the effect of modified atmosphere has been studied on the physiological, biochemical and qualitative properties of fruits and vegetables (Zhang et al., 2015). One of the physiological effects of modified atmospheres on fruit metabolism is the reduction of respiratory rate during storage, which includes a decrease in carbohydrate metabolism, CO₂ production, O₂ consumption, and heat release. In climacteric fruits such as apricots, the CO₂-rich atmosphere and low O₂ levels reduce ethylene production. Therefore, the use of MA can increase the length of storage time of fruits (Ozdemir and Floros 2004). High concentrations of CO₂ are effective in O₂ consumption. They act as inhibitors of ethylene activity and prevent ethylene synthesis in some fruits such as apricots, avocados, pears, figs and bananas (Tajaddin 1380; Pretel et al., 2000). This research was carried out with the aim of developing research on apricot, as well as the development of its export, by increasing the shelf life of apricot.

Materials and methods: the study focused on reduce the production of ethylene and increase the shelf life of apricot fruit by studying the modified atmosphere packaging technology. In this project, apricot fruits of "Red Shahrood" cultivar were obtained from "Sahand Gardening Research Station of East Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center". Packaging film of polypropylene was prepared for packing apricot fruits with 0.2 and 0.4 mm thickness from a local store. For gas injection operations, capsules containing oxygen and carbon dioxide gases (food grade) were used. The packets space were first with vacant evacuated, and then gases injected. After the gas was injected, the packages were stored in the refrigerator at a temperature of 1°C (±0.5) and cold air temperatures were kept at about 1 m/s, and every four days, tests were completed that lasted a total of 16 days. The evaluated parameters in this study were TSS, pH, firmness and EC. The MC-20181 model refract meter was used to measure TSS. For pH test, the pH meter of the metrohm-691 model was used. The texture analyser of Hounsfield-H5KS was used to measure the firmness of the apricot fruit. The EC meter ELMETRON CC 505 with

an accuracy of 0.1 was used to measure EC. The experimental design was a split plot based on a completely randomized design including two plots and three replications. The main plot consisted of time in four levels (fourth day, eighth day, twelfth day, and sixteenth day). Sub plots was include the type of gas mixture used with different coatings in six levels (3% O₂ + 5% CO₂ with polypropylene film thickness 0.2 mm, 3% O₂ + 10% CO₂ with polypropylene film thickness 0.2 mm, 3% O₂ + 5% CO₂ with polypropylene film thickness 0.4 mm, 3% O₂ + 10% CO₂ with polypropylene film thickness 0.4 mm, Packaging only with polypropylene cover with thickness of 0.2 mm, Packaging only with polypropylene cover with thickness of 0.4 mm).

Results and discussion: by increasing the storage time, the TSS was increasing. The highest amount of TSS on the 16th day was observed in polypropylene wrap with 0.2 and 0.4 mm thickness without gas composition. TSS represents the presence of small molecules such as glucose, fructose, maltose and some organic acids. By increasing the storage time of fruits, the TSS values will be increased due to the large conversion of molecules such as starch into small molecules such as glucose, maltose and dextrin, as well as reducing the moisture content of the product. On the other hand, due to reduced physiological activity of the fruit at low temperatures, the trend of the TSS will slow down. With increasing storage time, pH increased as a result of the decreasing trend of acidity. Organic acids can be considered as a source of energy stored in fruits, which decrease as a result of increased metabolism activity due to respiration or conversion to sugars. Treatment with only 0.2 mm thick PP coating showed the most effect on apricot fruit acidity, and the rest of the treatments showed an almost identical effect on acidity reduction. The treatment of 3% O₂ + 10% CO₂ under the cover of PP with a thickness of 0.4 mm showed the highest acidity. With increasing maintenance time, the firmness shows a downward trend. Treatment with 3% O₂ + 10% CO₂ covered by PP with thickness of 0.4 mm resulted in the highest firmness in apricot fruit compared to other treatments and the least firmness in non-gaseous treatment and only with a thickness of 0.2 mm was observed. With increasing storage time, the EC value also increased, but the effect of different gas constituents with different coatings and the time interaction effect with different gas mixtures with different coatings is not significant. EC shows variations in the resistance or electrical capacity that occurs as a result of changes in the concentration of soluble electrolytes when they are matured in flesh. The EC increases during fruit ripening. The incremental trend of EC extract of fruit during storage is indicative of cation leakage from the cytoplasmic membrane of fruit tissue cells, which shows the degradation of the cell membrane. This process is attributed to the ability of the pectin's to dissolve and hydrolyse the median wall of the cell. The activity of the polygalacturonase enzyme leads to cell wall pectin hydrolysis, which seems to provide the ability to dissolve the pectin. While the pectin methyl ester enzyme regulates the attachment of cations to the cell wall and the rapid action of other cell wall hydrolysates. Therefore, cations play a key role in enzymatic activity and fruit maturity regulation.

Conclusion: the results showed that with increasing the of storage time, all the traits under test, namely, TSS, pH and EC, increased and fruit firmness decreased. From the point of view of the treatments used, the of type of gas mixture with different films, 3% O₂ + 10% CO₂ with polypropylene film thickness 0.4 mm treatments is desirable because of increased shelf life of apricot approximately 3 times. Film thickness did not significantly affect the shelf life of apricot fruit.

Keywords: Apricot, Modified atmosphere, Oxygen, Carbon dioxide