

بررسی تغییرات کیفی هلوی رقم آلبرتا در طول انبار با بسته‌بندی اتمسفر تعدیل یافته (MAP)

شهرام بهروزی^۱، یونس مستوفی^{۲*}، ذبیح‌اله زمانی^۳، احمد احمدی^۴، اسحاق رنجبر^۵ و جمانه ادیب نیشابوری^۶
۱، ۵، ۶: دانشجویان سابق کارشناسی ارشد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲، ۳: استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۴: مربی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۸۹/۹/۱ - تاریخ تصویب: ۹۰/۲/۲۸)

چکیده

در این پژوهش تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته با سه ترکیب گازی مختلف و دو نوع پوشش پلاستیکی (پلی‌اتیلن با دانسیته پایین و پلی‌پروپیلن) در طول ۹ هفته نگهداری در انبار بر ویژگی‌های کیفی و عمر ماندگاری هلوی رقم آلبرتا در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مطالعه شد. میوه‌ها بعد از تیمار در سردخانه در دمای یک درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شدند و میوه‌های بسته‌بندی با ترکیب هوا، به‌منزله شاهد در نظر گرفته شدند. میوه‌های تیمار شده هر هفته از انبار خارج و پس از ۲۴ ساعت نگهداری در دمای اتاق از نظر فاکتورهای مختلف کیفی مثل رنگ ظاهری، کاهش وزن، سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، pH، تولید اتیلن و شاخص TSS/TA میوه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که میوه‌ها در شرایط اتمسفر تعدیل‌یافته و ویژگی‌های کیفی را بهتر حفظ کردند. پوشش پلی‌اتیلن فاکتورهای سفتی میوه، pH، TA، TSS و شاخص TSS/TA میوه را بهتر از پلی‌پروپیلن حفظ کرد. تولید اتیلن در پوشش پلی‌پروپیلن کمتر از پلی‌اتیلن بود. ترکیب گازی با حفظ سفتی، pH، TA، کاهش وزن، شاخص TSS/TA و کاهش تولید اتیلن بهتر از ترکیب گازی (۲٪ O₂ + ۱۰٪ CO₂) بود. در مجموع تیمار پوشش پلی‌اتیلن با ترکیب گازی (۲٪ O₂ + ۱۰٪ CO₂) سبب حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی هلو رقم آلبرتا به مدت ۶۳ روز شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن با دانسیته پایین، پلی‌پروپیلن، تولید اتیلن، عمر انبارمانی، کیفیت.

مقدمه

تخریب آن افزایش می‌یابد که سبب کاهش مدت ماندگاری میوه می‌شود (Zhou et al., 2002). از آنجا که بیشتر محصولات باغبانی پس از برداشت زنده‌اند و فعالیت بیولوژیکی دارند، از مرحله برداشت تا رسیدن به دست مصرف‌کننده در معرض فساد قرار می‌گیرند (Silva et al., 1999). در میوه هلو، به‌علت فسادپذیری بالا در دوره پس از برداشت، برای کاهش ضایعات و طولانی‌کردن عمر انبارمانی محصول، جلوگیری از افزایش میزان تنفس و افت کیفیت میوه و خراب‌شدن در طول انبار ضروری است. استفاده از بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته به‌عنوان یکی از روش‌ها برای حفظ

هلو با نام علمی *Prunus Persica* L بومی مناطق گرم چین است (Layne & Bassi, 2008). براساس آمار فائو^۱ سالانه ۱۸ میلیون تن هلو و شلیل در سرتاسر جهان تولید می‌شود و ایران از نظر سطح تولید در جهان در مقام هشتم قرار دارد (FAO, 2008). هلو میوه بسیار لطیف و ظریفی است و فقط می‌توان آن را برای مدت کوتاهی نگهداری کرد و مدت نگهداری آن در سردخانه حدود ۲ هفته و در ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز است. هلو جزء میوه‌های فرازگرا بوده و در زمان انبارداری سرعت تنفس آن بالا می‌رود و بنابراین، سرعت

۱۵ درصد اکسیژن در MAP غیرفعال شرایط خوبی را برای حفظ کیفیت و افزایش عمر قفسه‌ای میوه هلو فراهم می‌کند (Deily & Rizvi, 1982). گزارش‌ها نشان داده‌اند با اعمال غلظت اکسیژن کم (۱-۵ درصد) و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، در MAP گسترش نرم‌شدگی و تغییر رنگ در هلو به تأخیر انداخته شد و همچنین میزان تنفس و اتیلن کاهش یافت (Smilanick & Fouse, 1989). براساس گزارش‌ها میوه‌های با فسادپذیری بالا، برای جلوگیری از رسیدن در طول ۱ تا ۲ هفته پس از برداشت و طول دوره توزیع و بازاریابی به تیمارهای دمای پایین، MAP و تیمار گرمایی نیاز دارند (Mc Donald *et al.*, 1999). میوه هلو 'Yumyeong' در انبار اتمسفر تعدیل‌یافته در صفر درجه سانتی‌گراد در طول چهار هفته کمترین میزان آردی شدن و بالاترین هدایت الکتریکی را نسبت به هلوهای بدون بسته‌بندی نشان داد (Choi & Koo, 1997). گزارش شده که یک درصد اکسیژن و ۵ درصد دی‌اکسیدکربن در شرایط MAP برای انبار کردن میوه‌های هلو برای مدت طولانی‌تر مناسب است (Jeffrey K *et al.*, 1982). گزارش شده در اتمسفر تعدیل‌یافته با پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته پایین، اعمال ترکیب گازی ۳ درصد دی‌اکسیدکربن و ۶ درصد اکسیژن مانع اوج فرازگرایی، توسعه نرم‌شدگی، کاهش مواد جامد قابل حل، اسید کل در مقایسه با حالت شاهد شد (Jianshen *et al.*, 2007). با بررسی تغییرات فیزیکی و شیمیایی هلو و شلیل در MAP مشاهده شد که بسته‌بندی هلوهای 'Flavorcest' و 'Red Top' در کیسه‌های پلی‌پروپیلن بهترین نتیجه را داشت (Akbulak & Eris, 2004). در پژوهش حاضر تأثیر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته فعال با سه نوع ترکیب گازی ($2\% O_2 + 10\% CO_2 + 5\% CO_2$ و $20\% O_2 + 5\% CO_2$ و Air) به‌عنوان شاهد و دو نوع پوشش پلاستیکی (پلی‌اتیلن با دانسیته کم و پلی‌پروپیلن) در طول ۹ هفته بر خصوصیات کیفی و عمر انبارمانی هلو رقم آلبرتا مطالعه شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های هلو رقم آلبرتا در مرحله بلوغ در هفته چهارم مردادماه ۱۳۸۸ از باغ تجاری در قزوین برداشت و

کیفیت و کاهش ضایعات انباری این میوه مورد توجه قرار گرفته است (Zoffoli *et al.*, 1997). بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته^۱ (MAP) به‌عنوان بسته‌بندی محصولات فسادپذیر در اتمسفری که ترکیب آن نسبت به هوای معمولی تعدیل‌یافته است تعریف می‌شود (Hintlian & Hotchkiss, 1987). عموماً اتمسفر بسته با کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن به‌منظور دخالت در متابولیسم میوه‌های بسته‌بندی شده، کاهش فعالیت ارگانسیم‌های عامل پوسیدگی به‌منظور افزایش عمر انبارداری و عمر قفسه‌ای انجام می‌شود (Mir & Beaudry, 2001). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن و کاهش اکسیژن، شدت تنفسی و فعالیت‌های متابولیکی میوه را به حداقل رسانده و در نتیجه با کاهش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پکتین، موجب حفظ سفتی، و با کاهش تولید اتیلن و حساسیت به آن ضمن کند کردن نرم‌شدگی، رسیدگی را به تأخیر انداخته و سبب حفظ رنگ می‌شود (Martinez-Romero *et al.*, 2003). پوشش‌های پلاستیکی استفاده‌شده برای بسته‌بندی میوه‌ها باید نفوذپذیری کمی نسبت به رطوبت و نفوذپذیری زیادی به گازها داشته باشند. پوشش‌هایی که نسبت نفوذپذیری آن‌ها برای دی‌اکسیدکربن به اکسیژن در حدود ۳ به ۱ باشد مناسب است (Somogyi, 1996). انواع زیادی از پوشش‌های پلاستیکی برای بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته وجود دارند با این حال تعداد کمی از آن‌ها برای بسته‌بندی محصولات تازه باغی مناسب‌اند. پلی‌اتیلن با چگالی کم (LDPE)^۲، پلی‌وینیل کلراید (PVC)^۳ و پلی‌پروپیلن (PP)^۴ مهم‌ترین پوشش‌های استفاده‌شده در بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها هستند (Coles *et al.*, 2003; Kader & Watkins, 2000).

براساس گزارش‌ها بسته‌های پلی‌اتیلن نفوذپذیر استفاده‌شده در MAP برای انبارداری هلو در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۵ درصد برای مدت ۳۰ روز نتایج خوبی را نشان داده‌اند (El-Shiekh & Habiba, 1996). گزارش شده که یک اتمسفر درونی در بسته‌ها با ۱۵-۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۱۰-

1. Modified Atmosphere Packaging
2. Low Density Polyethylene
3. Poly Vinyl Chloride (PVC)
4. Polypropylene

b^* محاسبه شد (Arnal & Del Rio, 2004).
سفتی میوه: از هر تکرار دو عدد میوه انتخاب شد و پوست میوه در قسمت استوایی از دو ناحیه جدا شد. سپس سفتی میوه به وسیله نفوذسنج دارای پیستون با قطر ۸ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. عدد به دست آمده بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع یادداشت شد (Akbulduk & Eris, 2004).

pH: ابتدا pH متر دیجیتال با محلول‌های بافر ۴، ۷ و ۹ کالیبره شد. سپس pH عصاره میوه با استفاده از pH متر اندازه‌گیری شد (Akbulduk & Eris, 2004).

اسید قابل تیتراسیون: ابتدا مقدار ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه صاف شده با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و تیتراسیون عصاره با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا میزان $\text{pH} = 8.1 - 8.2$ انجام و نتایج آن به صورت درصد اسیدمالیک (اسید غالب در هلو) گزارش شد (Akbulduk & Eris, 2004).

مواد جامد محلول: با دستگاه رفاکتومتر دستی مدل (REF 108) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد و به صورت درجه بریکس بیان شد (Jianshen *et al.*, 2007).

اندازه‌گیری تولید اتیلن: سه میوه از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری وزن و حجم، میوه‌ها در داخل ظرف‌های پلاستیکی مخصوص و مجهز به سپتوم قرار گرفته شدند و سپس دهانه ظرف‌ها بسته شد. بعد از گذشت ۶ ساعت، یک نمونه از گاز بالای ظرف پلاستیکی توسط سوزن‌های ویژه به داخل لوله‌های شیشه‌ای خلاء‌دار کشیده شد. مقدار یک میکرولیتر از گاز داخل و نوجکت، به دستگاه کروماتوگراف گازی^۱ مدل شیمادزو^۲ تزریق شد. از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل استفاده شد. دمای بخش تزریق، ستون و دتکتور^۳ به ترتیب ۱۱۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. میزان تولید اتیلن بر حسب نانولیتتر بر کیلوگرم در ثانیه محاسبه شد (Jeffrey *et al.*, 1982).

شاخص TSS/TA: شاخص TSS/TA، نسبت مواد جامد محلول کل به اسید قابل تیتراسیون است. برای محاسبه آن از نسبت TSS/TA استفاده کرده و شاخص طعم

بلافاصله به سردخانه گروه علوم باغبانی واقع در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران منتقل شد. میوه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در سردخانه با دمای یک درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا دمای محصول کاهش یابد و ضمن جداسازی میوه‌های معیوب، به منظور فراهم‌سازی ماده آزمایشی کاملاً یکنواخت، ۶ عدد از میوه‌های یکدست و سالم درون هر یک از بسته‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن با دانسیته پایین و پلی‌پروپیلن قرار داده شد. سپس میوه‌های داخل کیسه‌های پلاستیکی وزن شدند. در نهایت بسته‌های پلاستیکی به منظور بسته‌بندی با دستگاه خلاء بسته‌بندی مدل هنکلن Boxer 42 به درون دستگاه انتقال یافتند. داخل بسته‌ها براساس نوع پوشش و ترکیب گازی مورد نظر، با دو ترکیب گازی ($93\% \text{N}_2 + 1\% \text{CO}_2 + 2\% \text{O}_2 + 88\% \text{N}_2$) اتوماتیک درزبندی شد. کیسه‌های حاوی ترکیب هوای معمولی (Air) توسط دستگاه دوخت پلاس درزبندی شدند و به عنوان شاهد برای مقایسه با دو ترکیب گازی در نظر گرفته شد. بسته‌ها سپس به سردخانه با دمای یک درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد انتقال یافتند. برای ارزیابی فاکتورهای کیفی، نمونه‌برداری هر ۷ روز یک‌بار در طول مدت ۶۳ روز انبارداری (۹ هفته) انجام شد.

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد و در آن تیمارها شامل ترکیب گازی در ۳ سطح (شاهد هوای معمولی) و پوشش پلاستیکی در ۲ سطح و زمان در ۹ سطح مقایسه شد.

کاهش وزن: وزن هر نمونه در ابتدای آزمایش و قبل از بسته‌بندی و بلافاصله پس از خروج از سردخانه اندازه‌گیری شد و براساس درصد کاهش وزن نسبت به وزن اولیه نمونه بیان شد (Akbulduk & Eris, 2004).

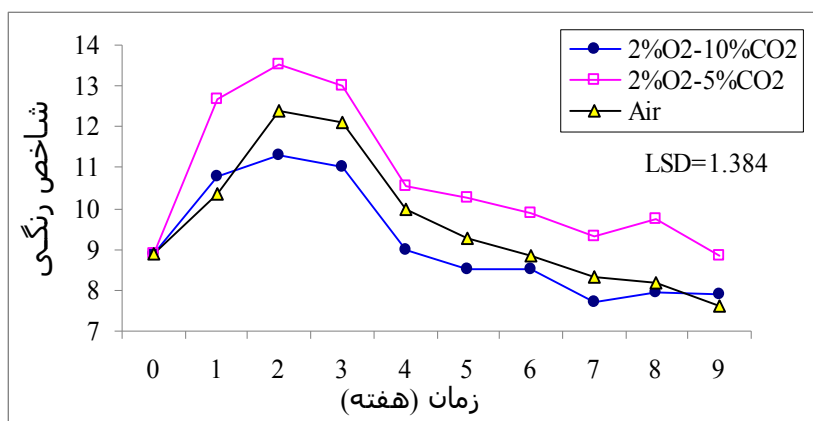
رنگ ظاهری: تغییر رنگ در طول مدت زمان نگهداری براساس مؤلفه‌های b^* ، a^* ، L^* (درجه شفافیت رنگ) با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج (Konica Minolta CR-400, Japan) اندازه‌گیری شد و از هر تکرار دو عدد میوه به طور تصادفی انتخاب و از سه نقطه مختلف اندازه‌گیری پارامترها انجام شد. شاخص رنگی به صورت $1000 a^*/L^*$

1. Gas chromatograph
 2. Shimadzu
 3. Detector

میوه به دست می‌آید (Fernandez-Trujillo & Artes, 1997). تجزیه واریانس داده‌ها به صورت فاکتور سه‌عامله پوشش، ترکیب گازی و زمان با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SAS تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح $P \leq 0.05$ انجام گرفت.

نتایج و بحث

شاخص رنگی: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد اثر زمان و ترکیب‌های گازی (در سطح یک‌درصد) و اثر متقابل بین آن‌ها (در سطح ۵درصد) تأثیر معناداری بر شاخص رنگی داشتند. شاخص رنگی از هفته چهارم کاهش یافت و چند هفته آخر ثابت ماند. بین پوشش اختلاف معنادار وجود نداشت و در کل پلی‌پروپیلن شاخص رنگی را بهتر حفظ کرد. در هر دو پوشش، ترکیب گازی ($2\% O_2 + 1\% CO_2$) تغییرات و میزان شاخص رنگی پایین‌تری را در طول زمان نشان داد (شکل ۱). براساس فرمول محاسبه شاخص رنگی



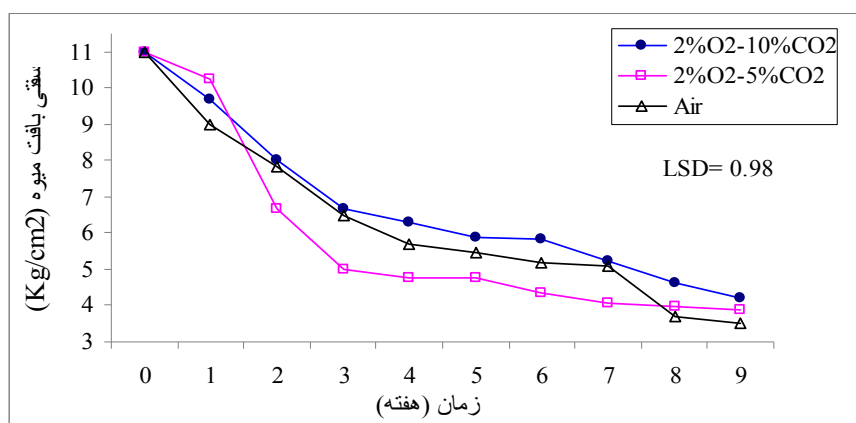
شکل ۱. اثر متقابل زمان با ترکیب گازی بر شاخص رنگی میوه هلو رقم آلبرتا طی زمان انبارداری

سلولی و تبدیل شدن پروتوپکتین نامحلول به اسید گالاکتورونیک محلول سبب نرمی بافت میوه می‌شود (Thompson, 2010). در پوشش پلی‌اتیلن میوه‌ها نسبت به پلی‌پروپیلن سفت‌تر باقی ماندند و ترکیب گازی ($2\% O_2 + 1\% CO_2$) هم بالاترین مقدار سفتی را در پوشش پلی‌اتیلن نشان داد (شکل ۳). در پژوهشی میوه‌های هلو ذخیره‌شده در MAP در طول ۲۱ روز انبار تغییرات کاهش سفتی زیاد نبود ولی بعد از آن

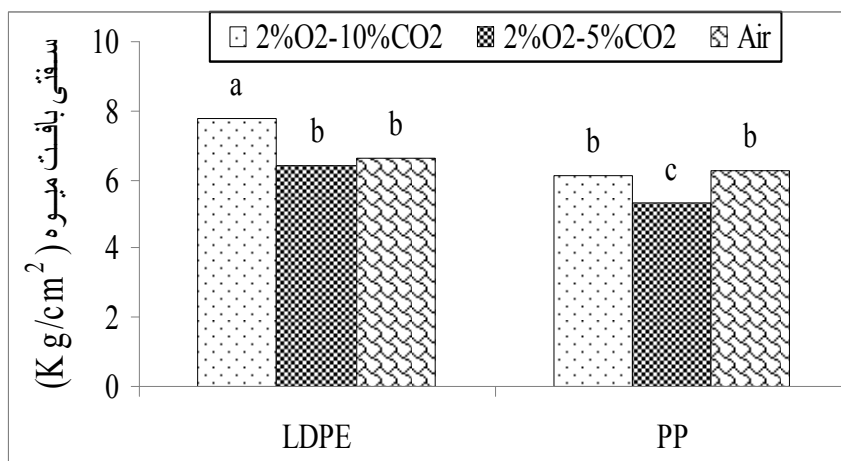
سفتی میوه: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر زمان، ترکیب گازی و پوشش و اثر متقابل زمان و پوشش با ترکیب گازی (در سطح یک‌درصد) بر سفتی میوه معنادار است. با توجه به نتایج حاصله، سفتی میوه در طول زمان کاهش یافت و میوه‌ها نرم‌تر شدند و تغییرات کاهش سفتی در ترکیب هوا بیشتر و در ترکیب گازی ($2\% O_2 + 1\% CO_2$) کمتر بود (شکل ۲). با گذشت زمان تغییر هیدروکربن‌های پلیمری در دیواره

فعالیت آنزیم‌های پکتین متیل استراز و نرم شدن میوه شد. دی‌اکسیدکربن با کاهش میزان تنفس و کاهش تولید اتیلن بر فعالیت آنزیم‌های عامل نرم‌شدگی بافت میوه مانند پکتیناز تأثیر می‌گذارد و کاهش فعالیت آنزیم سبب کندشدگی سفتی میوه می‌شود (Santana et al., 2009).

بیشترین نرم‌شدگی در پوشش پلی‌پروپیلن با منافذ درشت مشاهده شد (Fernandez-Trujillo & Artes, 1998). در پژوهشی دی‌اکسیدکربن بالا سبب افزایش سفتی میوه توت‌فرنگی شد (Harker et al., 2000). گزارش شده که پوشش پلی‌اتیلن با ترکیب گازی (O₂ ۱/۵٪ + CO₂ ۱۰٪) سبب حفظ سفتی میوه هلو و مانع پوسیدگی پس از برداشت شد و همچنین مانع



شکل ۲. اثر متقابل زمان با ترکیب گازی بر تغییرات سفتی میوه هلو رقم آلبرتا طی زمان انبارداری



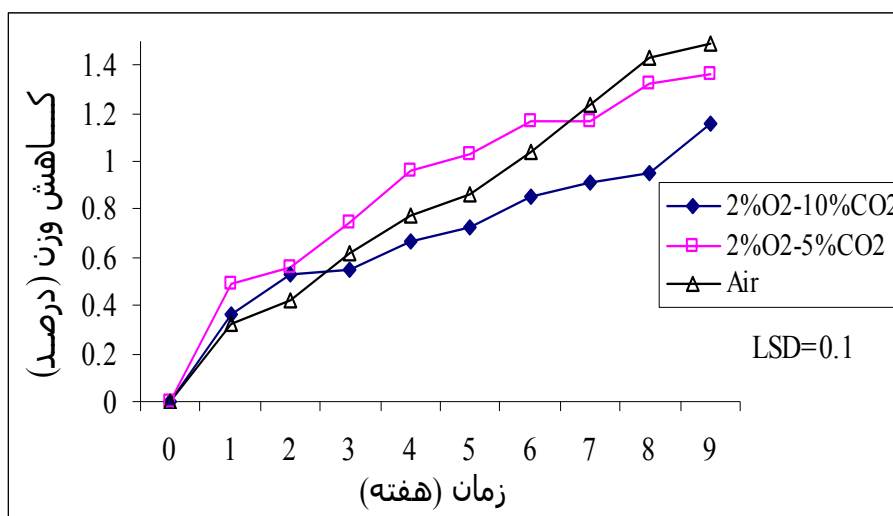
شکل ۳. اثر متقابل پوشش با ترکیب گازی بر تغییرات سفتی میوه هلو رقم آلبرتا

اختلاف معناداری وجود داشت، به طوری که در پوشش پلی‌اتیلن کاهش وزن میوه‌ها بیشتر از پوشش پلی‌پروپیلن بود و همچنین بین دو ترکیب گازی در مقایسه با ترکیب هوا اختلاف معناداری وجود داشت و در میوه‌های هر دو پوشش با ترکیب گازی (O₂ ۲٪ + CO₂ ۱۰٪) کاهش وزن نسبت به دو ترکیب دیگر کمتر بود (جدول ۳). احتمالاً با افزایش دی‌اکسیدکربن میزان

کاهش وزن: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد اثر زمان، ترکیب‌های گازی و پوشش‌ها و اثر متقابل بین آنها (در سطح یک درصد) تأثیر معناداری را بر کاهش وزن داشتند. با گذشت زمان، کاهش وزن در نمونه‌های تیمار شده مشاهده شد. به طوری که تغییرات کاهش وزن در ترکیب هوا بیشتر از دو ترکیب گازی دیگر بود (شکل ۴). بین پوشش‌ها از نظر کاهش وزن

تجمع بخار آب داخل پوشش‌ها شده و در نتیجه منجر به کاهش از دست‌دهی وزن میوه می‌شود (Karabulut & Baykal, 2004). کاهش بیشتر وزن میوه‌ها در پوشش پلی‌اتیلن به علت نفوذپذیری بیشتر به گازهای اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و بخار آب و به دنبال آن افزایش تنفس میوه نسبت به پوشش پلی‌پروپیلن است (Farber et al., 2003).

تنفس کاهش می‌یابد و بنابراین با میزان کاهش سوخت‌وساز، مواد کربوهیدرات کمتری تجزیه شده و کاهش وزن کمتری مشاهده می‌شود. در پژوهشی گزارش شده کاهش وزن میوه هلو در شرایط انبار اتمسفر تعدیل‌یافته که با کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن همراه بوده، کمتر از شاهد (هوا) بود. همچنین در MAP وجود پوشش در اطراف میوه سبب



شکل ۴. اثر متقابل زمان و ترکیب گازی بر کاهش وزن هلو رقم آلبرتا در طول زمان

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات شاخص رنگی، سفتی و کاهش وزن هلو رقم آلبرتا در شرایط انبارداری

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	شاخص رنگی	سفتی میوه	کاهش وزن
زمان	۹	۱۷۶/۰۷**	۱۲۶/۷۹**	۲/۸۹**	
پوشش	۱	۰/۰۸ n.s	۵۱/۲۴**	۰/۸۴**	
ترکیب گازی	۲	۱۱/۷۱**	۱۳/۶۵**	۰/۶۳**	
زمان × پوشش	۹	۳/۹۶ n.s	۱/۱۶*	۰/۰۶**	
پوشش × ترکیب گازی	۲	۷/۶۴ n.s	۵/۸۷**	۰/۱۴**	
زمان × ترکیب گازی	۱۸	۵/۱۳*	۱/۸**	۰/۱**	
زمان × پوشش × ترکیب گازی	۱۸	۴/۳ n.s	۱/۵۶**	۰/۰۷**	
خطای آزمایش	۱۰۰	۲/۸۶	۰/۵۴	۰/۱	
C.V.		۱۸/۰۹	۱۱/۴۸	۷/۵	

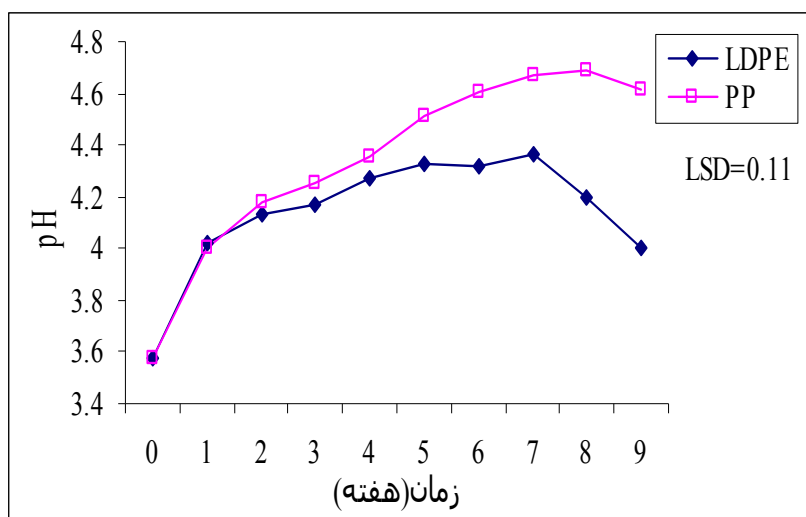
**، * و n.s به ترتیب معنادار در سطح یک درصد، ۵ درصد، غیر معنادار

هفته‌های آخر به میزان ثابتی رسید و همچنین تغییرات افزایش pH در پوشش پلی‌اتیلن از هفته چهارم به بعد کمتر از پوشش پلی‌پروپیلن بود. در واقع پوشش پلی‌اتیلن نسبت به پلی‌پروپیلن pH میوه هلو رقم آلبرتا را بهتر

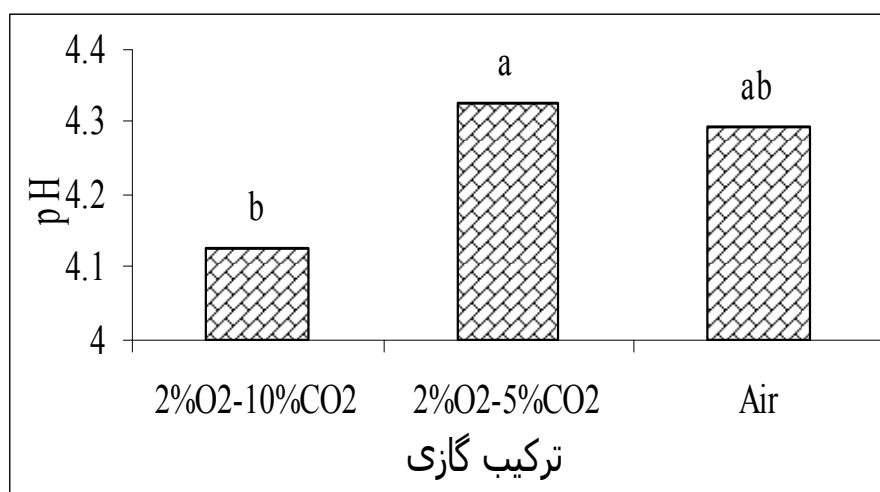
pH : نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر زمان، ترکیب گازی و پوشش و اثر متقابل بین زمان × پوشش (در سطح یک درصد) بر pH عصاره میوه معنادار شد. pH در طول زمان افزایش یافت و در

بسته‌های حاوی دی‌اکسیدکربن بالا، تخریب اسیدهای آلی و تنفس میوه‌ها کاهش می‌یابد و همچنین بر اثر حل‌شدن دی‌اکسیدکربن در بسته‌های حاوی دی‌اکسیدکربن افزایش یافته، اسیدکربونیک (HCO_3) و H^+ تولید می‌شود در نتیجه حضور H^+ به‌طور آشکار سبب کاهش pH می‌شود (Kader & Ben-Yehoshua, 2000). گزارش شده که در MAP دارای پوشش پلاستیکی با نفوذپذیری پایین به گازهای اتمسفری، به‌علت افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش میزان تنفس pH میوه‌ها کمتر بود (Devlieghere & Jacxsens, 2000).

حفظ کرد (شکل ۵). این مسئله ممکن است به‌علت مصرف اسیدهای آلی در اثر تنفس باشد. نتایج این پژوهش با نتایج Rodriguez *et al.*, 1999 در بررسی تغییرات ترکیبات شیمیایی هلو در طول انبار مطابقت داشت. شکل ۶ نشان می‌دهد که ترکیب گازی ($20\% \text{O}_2 + 10\% \text{CO}_2$) میزان pH پایین‌تری را در بسته‌بندی اتمسفر تعدیل‌یافته نشان دادند و بین ترکیب هوا و ترکیب گازی ($5\% \text{CO}_2 + 20\% \text{O}_2$) اختلاف معناداری مشاهده نشد. قندها و اسیدها که در اثر متابولیسم تنفسی استفاده می‌شوند سبب تغییر در pH, TA, TSS میوه‌ها و سبزی‌ها در طول انبار می‌شوند و به نظر می‌رسد در



شکل ۵. اثر متقابل زمان و پوشش بر pH هلو رقم آلبرتا در بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل‌یافته



شکل ۶. اثر ترکیب گازی بر pH هلو رقم آلبرتا

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات کیفی هلوی رقم آلبرتا در شرایط انبارداری با پوشش‌ها و ترکیب‌های مختلف گازی

منابع تغییرات		درجه آزادی			میانگین مربعات	
		TSS	TA	pH	TSS/TA شاخص	اتیلن
زمان	۹	۱۳/۰۲**	۰/۴۶**	۱/۴۴**	۲۰۴/۴۹**	۶۰۳/۴۳**
پوشش	۱	۱۷/۷۱**	۰/۴۱**	۱/۶۱**	۶۷۷/۲۱**	۲۵۴/۸۹**
ترکیب گازی	۲	۷/۹۳**	۰/۷۹**	۰/۶۹**	۸۶۸/۱۴**	۲۲۹۵**
زمان × پوشش	۹	۰/۵۴ ^{n.s}	۰/۰۳**	۰/۱۵**	۴۴/۵۴**	۳۵/۶۹**
پوشش × ترکیب گازی	۲	۴/۳۱**	۰/۰۳**	۰/۰۶ ^{n.s}	۴۸/۰۵**	۳۱۷/۰۶**
زمان × ترکیب گازی	۱۸	۰/۶۸ ^{n.s}	۰/۰۱**	۰/۰۲ ^{n.s}	۲۹/۲۶**	۶۱/۲۵**
زمان × پوشش × ترکیب گازی	۱۸	۰/۳۵ ^{n.s}	۰/۰۱**	۰/۰۱ ^{n.s}	۶/۵۹ ^{n.s}	۷۶/۳۲**
خطای آزمایش	۱۰۰	۰/۰۱	۰/۴۲	۰/۰۰۳	۵/۶	۸/۷
C.V.		۱۵/۴۱	۷/۴۵	۹/۸	۱۱/۳۶	۱۸/۴۵

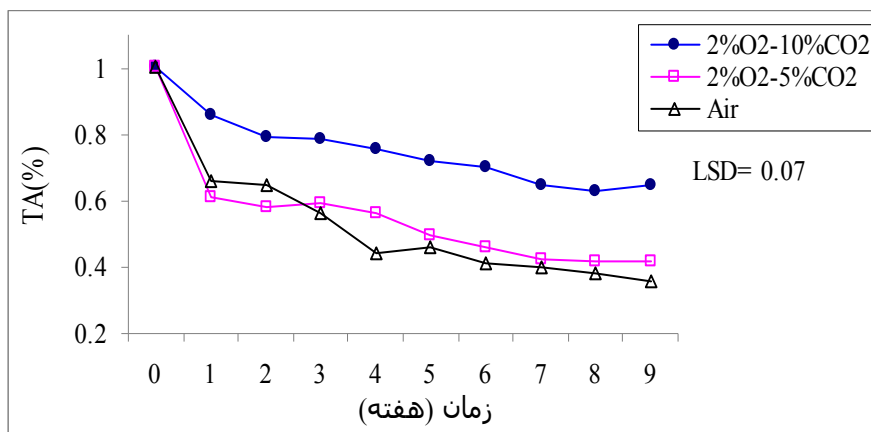
**، * و ns به ترتیب معنادار در سطح یک درصد، در سطح ۵ درصد، غیر معنادار

مواد جامد محلول (TSS): نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد اثر زمان، ترکیب گازی و پوشش و اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی (در سطح یک درصد) تأثیر معناداری را بر TSS دارند. در طول زمان TSS کاهش یافت، به طوری که در طول دو هفته اول TSS بیشتر کاهش یافت و از هفته دوم به بعد میزان TSS ثابت ماند و اختلاف معناداری از نظر کاهش در طول زمان مشاهده نشد (شکل ۸). جدول ۳ نشان می‌دهد که پوشش پلی اتیلن نسبت به پلی پروپیلن میزان مواد جامد محلول کمتری را دارد و ترکیب هوا نسبت به دو ترکیب دیگر گازی میزان TSS بیشتری داشت. در پژوهشی بالاترین مقدار TSS در پایان انبارمانی در شاهد (هوا) مشاهده شد، در حالی که پایین ترین مقدار TSS در شلیل رقم فانتاسیا در پوشش پلی اتیلن مشاهده شد. افزایش TSS در طول زمان به علت پایین بودن میزان تنفس و به تأخیر افتادن میزان رسیدگی است و کاهش TSS در پوشش پلی اتیلن در پایان انبارمانی، به علت افزایش یافتن میزان تنفس میوه است (Akbuldak & Eris, 2004). در این پژوهش پوشش پلی اتیلن با ترکیب گازی ($10\% \text{CO}_2 + 2\% \text{O}_2$) پایین ترین میزان TSS را نشان داد. احتمالاً پوشش پلی اتیلن به علت نفوذپذیری بیشتر به گازها، میزان تنفس و تولید اتیلن بالا سبب سوخت و ساز بیشتر مواد قندی میوه شده و سبب کاهش TSS می‌شود. در ضمن کاهش وزن شاهد را از نظر

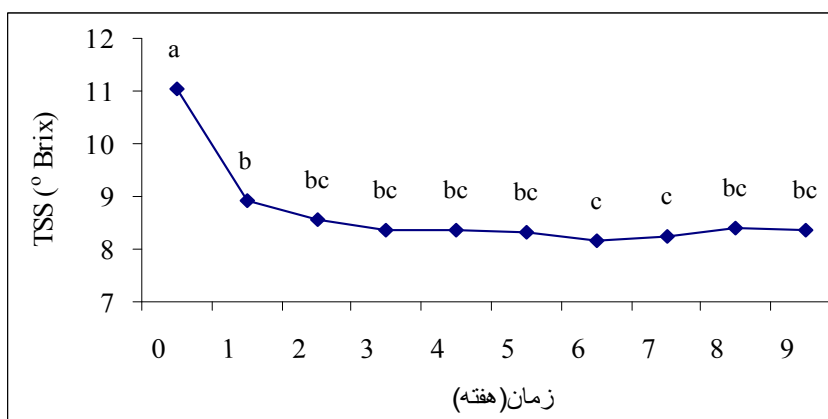
اسید قابل تیتراسیون (TA): نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر ترکیب‌های گازی، زمان نگهداری، پوشش‌ها و اثر متقابل بین آن‌ها (در سطح یک درصد) تأثیر معناداری بر TA دارند. جدول ۳ نشان می‌دهد که در هر دو پوشش ترکیب گازی ($10\% \text{CO}_2 + 2\% \text{O}_2$) بیشترین مقدار TA و ترکیب گازی ($5\% \text{CO}_2 + 2\% \text{O}_2$) و هوا اختلاف معناداری نداشتند و کمترین مقدار TA را نشان دادند. شکل ۷ نشان می‌دهد که در ترکیب گازی ($10\% \text{CO}_2 + 2\% \text{O}_2$) تغییرات TA در طول زمان به صورت کند کاهش یافت و در ترکیب هوا روند تغییرات بیشتر بود. به نظر می‌رسد مقادیر محدود اکسیژن و مقادیر زیاد دی‌اکسید کربن نقش زیادی را در کاهش شدت تنفس میوه و در نتیجه جلوگیری از مصرف زیاد اسیدهای آلی میوه در جریان تنفس ایفا می‌کند. گزارش شده TA در طول انبار در میوه‌های شاهد هلو سریعاً کاهش یافت، ولی در MAP با پوشش پلی اتیلن با دانسیته کم کاهش TA به کندی انجام شد (Jianshen *et al.*, 2007). احتمال می‌رود پلی اتیلن با ترکیب گازی ($10\% \text{CO}_2 + 2\% \text{O}_2$) به علت ایجاد اتمسفر مطلوب برای کاهش شدت تنفس و جلوگیری از مصرف اسیدهای آلی طی فرایند متابولیسم تنفس بیشتر از پلی پروپیلن TA را حفظ می‌کند و همچنین تأخیر در رسیدگی میوه‌ها مانع کاهش TA در طول زمان می‌شود.

از آن کاهش یافت و در شاهد تغییرات کاهش TSS نسبت به دیگر تیمارها سریع تر بود (Jianshen *et al.*, 2007).

افزایش غلظت مواد (TSS) نباید از نظر دور داشت. در پژوهشی گزارش شده در ۲۰ روز اول بسته بندی میوه های هلو در MAP، TSS تغییر عمده نداشت و بعد



شکل ۷. اثر متقابل زمان و ترکیب گازی بر TA هلو ی رقم آلبرتا طی زمان انبارداری



شکل ۸. تغییرات TSS در هلو ی رقم آلبرتا در طول زمان

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی بر کاهش وزن، TA، TSS و شاخص TSS/TA هلو ی رقم آلبرتا طی زمان انبارداری

شاخص TSS/TA	TSS(°Brix)	TA (%)	کاهش وزن (%)	تیمار
۹/۶۴ ^d	۷/۹۲ ^d	۰/۸۲ ^a	۰/۷۹ ^b	LDPE+10% CO ₂ + 2% O ₂
۱۴/۵۳ ^c	۸/۱۸ ^c	۰/۵۹ ^c	۰/۸۹ ^b	LDPE+5% CO ₂ + 2% O ₂
۱۷/۹۹ ^b	۹/۱۰ ^a	۰/۵۹ ^c	۰/۸۷ ^a	LDPE + Air
۱۳/۹۲ ^c	۸/۸۴ ^b	۰/۶۸ ^b	۰/۵۳ ^c	PP+10% CO ₂ + 2% O ₂
۲۰/۱۶ ^a	۹/۱۳ ^a	۰/۵۱ ^d	۰/۸۱ ^b	PP+ 5% CO ₂ + 2% O ₂
۱۹/۹۶ ^a	۹/۱۰ ^a	۰/۵۰ ^d	۰/۷۸ ^b	PP + Air

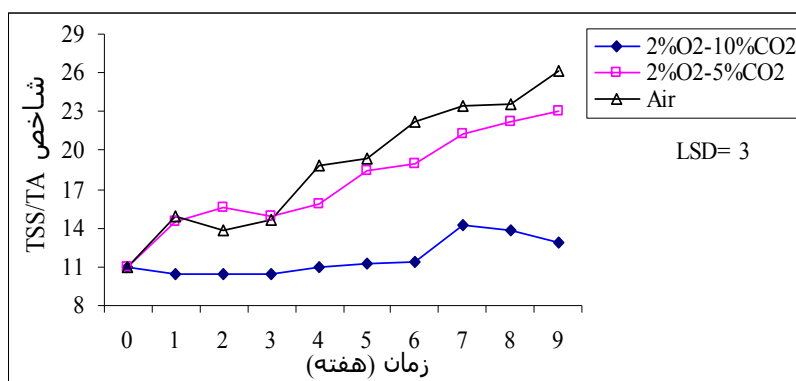
در هر ستون اعدادی که با حروف یکسان مشخص شده اند، در سطح ۵ درصد، اختلاف معنادار ندارند

بر شاخص TSS/TA میوه دارند. تغییرات شاخص TSS/TA در طول زمان در ترکیب هوا و (O₂ ۲٪ + ۵CO₂٪) سریع تر و بیشتر افزایش یافت و تغییرات

شاخص TSS/TA: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر زمان، ترکیب گازی و پوشش و اثر متقابل بین آن ها (در سطح یک درصد) تأثیر معناداری را

تغییر در الگوی تنفسی شده، بدین ترتیب با کندشدن بسیاری از فرایندهای متابولیکی منجر به کاهش شاخص TSS/TA می‌شود (Layne & Bassi, 2008). براساس پژوهشی شاخص TSS/TA در طول انبار در میوه‌های هلو ذخیره شده در MAP افزایش یافت، ولی در مقایسه با شاهد کمتر بود، بنابراین MAP به علت حفظ TA در طول زمان انبارمانی و جلوگیری از افزایش TSS مانع افزایش بیش از حد شاخص TSS/TA شد (Fernandez-Trujillo & Artes, 1998). پایین آمدن کیفی طعم میوه در طول زمان در انبارهایی با اتمسفر تعدیل یافته (MAP) اصولاً مربوط به کاهش اسید میوه و تأخیر رسیدگی میوه است (Conte *et al.*, 2009).

افزایش در ترکیب گازی (0_2 ۲٪ + CO_2 ۱۰٪) کمتر از دیگر ترکیب گازی مشاهده شد (شکل ۹). در پوشش پلی اتیلن شاخص TSS/TA نسبت به پلی پروپیلن کم بود. ترکیب گازی (0_2 ۲٪ + CO_2 ۵٪) بیشترین و (0_2 ۲٪ + CO_2 ۱۰٪) کمترین نسبت TSS/TA را داشت (جدول ۳). در پژوهشی عطر و طعم در هلوهای کنسروی با افزایش میزان دی اکسید کربن انبار از ۵ درصد به بالا کاهش یافت (Claypool & Davis 1959). از بین رفتن طعم میوه در انبارمانی طولانی مدت در اتمسفری حاوی مقدار زیاد دی اکسید کربن، گسترش می‌یابد. همچنین دمای پایین و مقادیر محدود اکسیژن و مقادیر زیاد دی اکسید کربن منجر به کاهش شدت تنفس میوه و



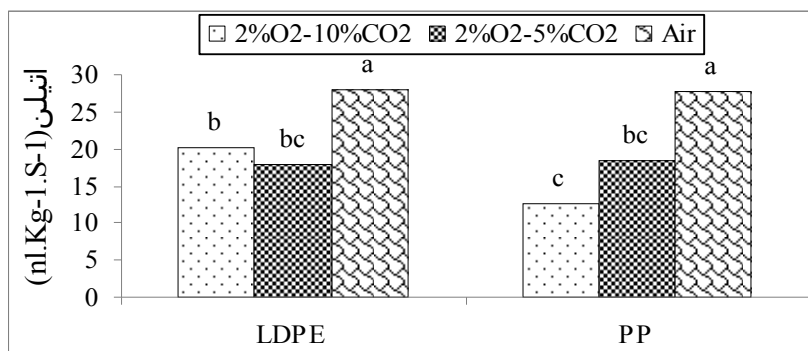
شکل ۹. اثر متقابل زمان و ترکیب گازی بر شاخص طعم هلو رقم آلبرتا طی زمان انبارداری

پلی پروپیلن با ترکیب گازی (0_2 ۲٪ + CO_2 ۱۰٪) کمترین میزان تولید اتیلن را نشان داد (شکل ۱۰). گزارش شده که افزایش دی اکسید کربن در MAP ضمن جلوگیری از فعالیت اتیلن از تولید اتیلن در برخی محصولات فرازگرا مثل هلو و سیب جلوگیری می‌کند. از سوی دیگر مقادیر دی اکسید کربن بالاتر از ۱۵-۲۰ درصد می‌تواند سبب صدمه به برخی محصولات بشود (Day, 1993). در ترکیب هوا تولید اتیلن نسبت به ترکیبات گازی دیگر در طول زمان بیشتر بود و در هفته دوم یک پیک (نقطه اوج) بلند تولید شد. در ترکیبات گازی در طول زمان پیک تولید اتیلن در هفته دوم و سوم مشاهده شد ولی نسبت به شاهد پیک کوتاه تر بود (شکل ۱۱). چنین به نظر می‌رسد که بسته بندی میوه‌ها در اتمسفر تعدیل یافته همراه با دمای پایین انبارداری، کاهش مقدار اکسیژن و افزایش مقدار دی اکسید کربن

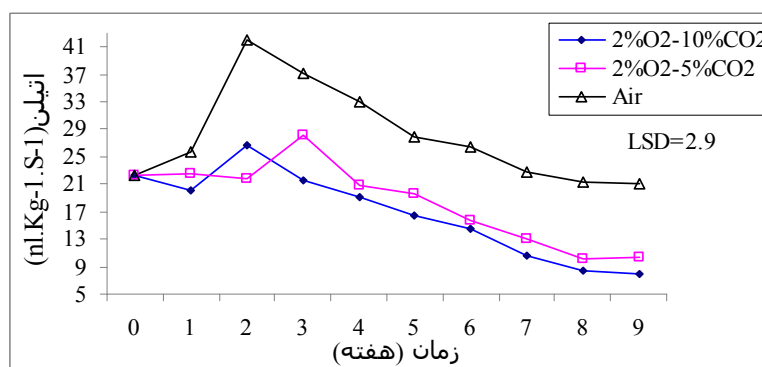
تولید اتیلن: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد اثر زمان، ترکیب گازی و پوشش و اثر متقابل بین آن‌ها (در سطح یک درصد) تأثیر معناداری بر تولید اتیلن در میوه هلو داشت. در پوشش‌های پلاستیکی با ترکیب گازی تولید اتیلن پایین بود و کمترین میزان تولید اتیلن در پوشش پلی پروپیلن مشاهده شد. گزارش شده در هلو رقم ردتاپ در شرایط MAP با پوشش پلی پروپیلن پایین ترین میزان تولید اتیلن و تنفس وجود داشت، ولی در شاهد میزان تنفس در طول زمان بیشتر بود (Akbulduk & Eris, 2004). نتایج پژوهش حاضر با نتایج پژوهشگران مذکور مطابقت دارد. در پوشش پلی اتیلن با دانسیته کم ترکیب گازی (0_2 ۲٪ + CO_2 ۵٪) پایین ترین میزان تولید اتیلن را نشان می‌دهد، در حالی که در پوشش پلی پروپیلن ترکیب گازی (0_2 ۲٪ + CO_2 ۱۰٪) کمترین میزان تولید اتیلن را داشت. در کل تیمار

و تولید اتیلن در ۱۰ روز بعد از برداشت مشاهده شد و پس از آن میزان تنفس و تولید اتیلن کاهش یافت (Jianshen *et al.*, 2007).

پیک تولید اتیلن را به تأخیر می‌اندازد یا کوتاه می‌کند و به این ترتیب رسیدگی و پیری میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد. گزارش داده‌اند که در هلوی رقم Chaoyang در شرایط اتمسفر تعدیل‌یافته پیک کلیماکتریک تنفس



شکل ۱۰. اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی بر تولید اتیلن هلوی رقم آلبرتا طی زمان انبارداری



شکل ۱۱. اثر متقابل زمان و ترکیب گازی بر تولید اتیلن هلوی رقم آلبرتا طی زمان انبارداری

بهترین تیمار سبب حفظ بهتر کیفیت میوه نسبت به دیگر تیمارهاست.

سپاسگزاری

بدین وسیله از کلیه افرادی که در انجام این پژوهش، ما را یاری دادند و معاونت محترم پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران مراتب تشکر و سپاس را ابراز می‌کنیم.

نتیجه‌گیری کلی

با مقایسه صفات کیفی بررسی‌شده در هلوی رقم آلبرتا می‌توان گفت بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته سبب حفظ کیفیت میوه شده و بدون داشتن اثرات نامطلوب بر ویژگی‌های کیفی و ظاهری میوه سبب افزایش عمر انبارمانی هلو شد. در مجموع پوشش پلی‌اتیلن با ترکیب گازی (2% O₂ + 10% CO₂) به‌عنوان

REFERENCES

1. Akbudak, B. & Eris, A. (2004). Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. *Food Control*, 15, 307-313.
2. Arnal, L. & Del Rio, M. A. (2004). Quality of persimmon fruit cv. Rojo brillante during storage at different temperatures. *Agricultural Research*, 2, 243-247.
3. Choi, J. H. & Koo, S. (1997). Effect of MA storage on wooliness of 'Yumyeong' peaches. *Postharvest Horticulture Series*, 3, 132-138.

4. Claypool, L. & Davis, L. (1959). The effect of cold and modified atmosphere storage on the canning quality of cling peaches. *Food Technology*, 13, 208-209.
5. Coles, R., McDowell, D., Kirwani, M. J. & Mullan, M. (2003). *Food Packaging Technology (Modified Atmosphere Packaging)*. Blackwell Publishing. 368 p.
6. Conte, A., Scrocco, C., Lecce, L., Mastromatteo, M. & Del Nobile, M. A. (2009). Ready to eat sweet cherries: Study on different packaging systems. *Food Science and Emerging Technologies*, 10, 564-571.
7. Day, B. P. F. (1993). *Fruit and vegetables. In principles and applications of MAP of Food. Technology and Engineering*. 293 p.
8. Deily, K. R. & Rizvi, S. S. H. (1982). Optimization of parameters for packaging of fresh peaches in polymertic films. *Food Process Engineering*, 5, 23-41.
9. Devlieghere, F. & Jaccsens, L. (2000). Modified atmosphere packaging: state of the art. *Available on IFIS*, 1-18.
10. El-Shiekh, A. F. & Habiba, R. A. (1996). Effect of storage time on the quality of peach fruit held in cold storage in different types of packaging. *Gartenbauwissenschaft*, 61, 7-10.
11. FAO. (2008). FAOSTAT database results. <http://faostat.fao.org/faostat/servlet>.
12. Farber, J. N., Harris, L. J., Parish, M. E., Beuchat, L. R., Suslow, T. V., Gorney, J. R. & Busta, F. F. (2003). Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. *Food Science and Food Safety*, 2, 142-160.
13. Fernandez-Trujillo, J. P. & Salmeron, M. C. (1997). Effect of intermittent warming and modified atmosphere packaging on fungal growth in peaches. *Plant Disease*, 81, 1-8.
14. Fernandez-Trujillo, J. P. & Artes, F. (1997). Quality improvement of peaches by intermittent warming and modified atmosphere packaging. *Z Lebensm Unters Forsch A*, 205, 59-63.
15. Fernandez-Trujillo, J.P. & Artes, F. (1998). Intermittent warming during cold storage of peaches packed in perforated polypropylene. *Food Science and Technology International*, 31, 38-43.
16. Gil, M. I., Holcroft, D. M. & Kader, A. A. (1997). Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. *Agricultural and Food Chemistry*, 45, 1662-1667.
17. Harker, F. R., Elgar, H. J., Watkins, C. B., Jackson, P. J. & Hallett, I. C. (2000). Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 19, 139-146.
18. Hintlian, C. B. & Hotchkiss, J. H. (1987). The safety of modified atmosphere packaging: A review. *Food Technology*, 40, 70-76.
19. Jeffrey K, B., Adel, A. K., Christi, M. H. & Robert, C. N. (1982). Controlled atmosphere and ethylene effects on quality of California canning apricots and clingstone peaches. *Food Science*, 47, 432-436.
20. Jianshen, A., Min, Z. & Zhonggang, Z. (2007). Effect of packaging film on the quality of 'Chaoyang' honey peach fruit in modified atmosphere packages. *Packaging Technology and Science*, 20, 71-76.
21. Kader, A. A. & Watkins, C. B. (2000). Modified atmosphere packaging - Toward 2000 and beyond. *HortTechnology*, 10, 483-486.
22. Kader, A. A. & Ben-Yehoshua, S. (2000). Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 1-13.
23. Karabulut, O. A. & Baykal, N. (2004). Integrated control of postharvest diseases of peaches with a yeast anta nist, hot water and modified atmosphere packaging. *Crop Protection*, 23, 431-435.
24. Layne, D. R. & Bassi, D. (2008). *The Peach (Botany, Production and Uses)*. CABI North American Office. 634 p.
25. Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S., Valero, D. & Serrano, M. (2003). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *Food Science*, 68, 1838-1843.
26. Mc Donald, R. E., Mc Collum, T. G. & Baldwin, E. A. (1999). Temperature of water treatments influences tomato fruit quality following low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*, 16, 147-155.
27. Mir, N. & Beaudry, R. M. (2001). Mdfied Atmosphere Packaging. *Michigan State University*, 13.
28. Rodriguez, M. J., Villanueva, M. J. & Tenorio, M. D. (1999). Changes in chemical composition during storage of peaches (*Prunus persica*). *European Food Research and Technology*, 209, 135-139.
29. Santana, L. R. R., Benedetti, B., Sigrist, J. M. M., Sato, H. H. & Sarantopoulo, C. I. G. L. (2009). Modified atmosphere packaging cold storag to maintain quality of 'Douradao' peaches. *Acta Postharvest, Abstract*, 19.
30. Silva, F.M., Chau, K. V., Brecht, J. K. & Sargent, S. A. (1999). Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 1-9.
31. Smilanick, J. L. & Fouse, D. C. (1989). Quality of nectarines in insecticidal low O₂ atmospheres at 5°C. *Horticultural Science*, 114, 431-436.

32. Somogyi, L. P. (1996). *Processing Fruits: Science and Technology. Biology, Principles and Applications. Food Trade Review*, UK. 558 p.
33. Thompson, A. K. (2010). *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables. Second edition. FSC Press*. 289 p.
34. Zhou, T., Xu, S. & Sun, D. W. (2002). Effects of heat treatment on postharvest quality of peaches. *Food Science Engineering*, 54, 17-22.
35. Zoffoli, J. P., Rodriguez, J., Aldunce, P. & Crisosto, C. H. (1997). Development of high concentration carbon dioxide modified atmosphere packaging systems to maintain peach quality. *Postharvest Horticulture Series*, 3, 37-45.