

تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر تعدیل یافته در طول دوره انبار بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی هلوی رقم زعفرانی

شهرام بهروزی^۱، یونس مستوفی^{۲*}، ذبیح‌اله زمانی^۳ و اسحاق رنجبر^۴
۱ و ۴، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳، استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۹۰/۳/۳ - تاریخ تصویب: ۹۱/۹/۱۹)

چکیده

هلوی رقم زعفرانی یکی از میوه‌های مهم بومی ایران است. این میوه بسیار فسادپذیر است و ماندگاری کمی دارد. در پژوهش حاضر تأثیر بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل یافته با سه ترکیب گازی (O_2 ۲ درصد + CO_2 ۱۰ درصد و O_2 ۲ درصد + CO_2 ۵ درصد و Air) و دو نوع پوشش پلاستیکی (پلی اتیلن با دانسیته کم و پلی پروپیلن) بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و انبارمانی هلوی رقم زعفرانی در طول ۹ هفته انبار مطالعه شد. میوه‌ها بعد از بسته‌بندی در سردخانه در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شدند. هر هفته میوه‌های بسته‌بندی شده از انبار خارج شدند و به دنبال ۲۴ ساعت نگهداری در دمای اتاق، از نظر فاکتورهای مختلف کیفی از قبیل کاهش وزن، سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، pH، ویتامین ث، اتیلن تولیدشده و شاخص TSS/TA میوه اندازه‌گیری شده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در طول انبارداری سفتی، TA و ویتامین ث کاهش و بقیه فاکتورها افزایش یافتند. پوشش پلی اتیلن pH، TA و ویتامین ث را بهتر از پوشش پلی پروپیلن حفظ کرد. در حفظ سفتی میوه و TSS پوشش پلی پروپیلن بهتر بود. ترکیب گازی (O_2 ۲ درصد + CO_2 ۱۰ درصد) در حفظ سفتی، pH، TA و شاخص TSS/TA بهتر از (O_2 ۲ درصد + CO_2 ۵ درصد) بود و بین ترکیبات گازی از نظر محتوای ویتامین ث اختلاف معنادار وجود نداشت. تولید اتیلن در ترکیب گازی (O_2 ۲ درصد + CO_2 ۱۰ درصد) کمتر از سایر تیمارها بود. در مجموع پوشش پلی اتیلن با ترکیب گازی (O_2 ۲ درصد + CO_2 ۱۰ درصد) سبب حفظ بهتر فاکتورهای کیفی pH، TA، ویتامین ث و شاخص TSS/TA میوه هلوی رقم زعفرانی شد.

واژه‌های کلیدی: پوشش پلاستیکی، کیفیت، عمر انبارمانی، ویتامین ث.

مقدمه

و با گوشت و پوست زرد رنگ است. هلو میوه‌ای بسیار فسادپذیر با عمر انباری کوتاه، حساس به بیماری‌ها و صدمات فیزیکی است و عمر قفسه‌ای آن کمتر از ۷ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد است (Zhou et al., 2002). امروزه برای کاهش ضایعات و طولانی‌کردن عمر انبارمانی محصول، کنترل تنفس و جلوگیری از کاهش

هلوی از خانواده گل سرخ^۱ و زیرخانواده پرونوئیده و با نام علمی *Prunus persica* L. است (Layne & Bassi, 2008). هلوی زعفرانی یکی از ارقام مهم و صادراتی ایران

1. Rosaceae

مهم‌ترین پوشش‌های استفاده‌شده در بسته‌بندی میوه‌ها و سبزی‌ها هستند (Coles et al., 2003; Kader & Watkins, 2000).

براساس گزارش‌ها پوشش پلی‌پروپیلن با نفوذپذیری متفاوت به گازها کیفیت هلوی رقم 'Paraguavo' نگهداری‌شده در ۰/۵ درجه سانتی‌گراد را حفظ کرد و همچنین کیسه‌های با منافذ بزرگ در این دما سرمازدگی را کنترل کردند (Fernandez-Trujillo et al., 1998). کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن از غلظت معمولی ممکن است رسیدن میوه هلو را به تأخیر اندازد که در برخی موارد موجب تأخیر در ظاهرشدن علائم سرمازدگی می‌شود (Lill et al., 1989). زمانی که اکسیژن به ۰/۲۵ درصد کاهش یابد، میزان تنفس ۴۵ درصد و میزان تولید اتیلن ۹۰ درصد کاهش می‌یابد و افزایش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتوروناز به تأخیر می‌افتد (Lurie & Pesis, 1992). با گذشت زمان خصوصیات کیفی محصولات به علت فعالیت‌های متابولیکی تغییر می‌کند و عمر قفسه‌ای محصولات از طریق به تأخیر انداختن رسیدن و پیری افزایش می‌یابد (Tijssens & Polderdijk, 1996). گزارش شده قرارگرفتن میوه هلو در معرض کوتاه‌مدت در شرایط بی‌هوازی (۲۴ ساعت) نرم‌شدن میوه را ۶ روز در انبار بدون اینکه فاکتورهای کیفی دیگر مثل مواد جامد محلول تغییر کنند، به تأخیر انداخت (Lurie & Pesis, 1992). مطالعات بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته هلو و شلیل نشان می‌دهد که MAP میزان تنفس را در میوه‌ها کند می‌کند و کاهش TA را به تأخیر می‌اندازد، مقدار سفتی میوه، مواد جامد محلول و ویتامین ث را حفظ و صدمات تخریب درونی و قهوه‌ای‌شدن را کم می‌کند (Deily & Rizvi, 1982; Zoffoli et al., 1997). در بررسی تأثیر MAP و CA در حفظ کیفیت هلوی 'Douradao' گزارش شده است که مخلوط گازی (CO₂ ۱۰ درصد و O₂ ۱/۵ درصد) با پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته پایین، سبب کاهش ازدست‌دادن وزن میوه و همچنین مانع پوسیدگی‌های پس از برداشت، فعالیت آنزیم‌های پکتین متیل استراز و نرم‌شدن میوه شد (Santana et al., 2009).

در شرایط MAP برای انبارکردن میوه‌های هلو برای مدت طولانی‌تر مناسب‌ترین ترکیب گازی یک درصد

کیفیت میوه استفاده از بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته و فناوری‌های پس از برداشت برای حفظ کیفیت هلو مورد توجه قرار گرفته است (Zoffoli et al., 1997). بسته‌بندی در اتمسفر تعدیل‌یافته (MAP) عبارت است از بسته‌بندی مواد غذایی در بسته‌هایی با نفوذپذیری مختلف به گازها، به طوری که اتمسفر داخل آن عاملی برای جلوگیری از فساد و حفظ کیفیت یا افزایش عمر فرآورده باشد. ترکیب گاز موجود در بسته‌ای با نفوذپذیری معلوم برای کاهش تنفس، رشد میکروبی، فساد آنزیمی و افزایش ماندگاری محصول تعدیل می‌یابد (Xiong, 2000). برای ایجاد اتمسفر تعدیل‌یافته فعال داخل بسته‌ها، به جای هوای معمولی، مخلوط گازی متفاوت از ترکیب هوای معمولی به وسیله ایجاد خلأ، غلظت مناسبی از گازهای اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و نیتروژن جایگزین می‌شود (Farber et al., 2003). اتمسفرهای کنترل‌شده که مقدار دی‌اکسیدکربن بالایی دارند از شکسته‌شدن مواد پکتینی جلوگیری می‌کنند. بنابراین سبب طولانی‌شدن سفتی بافت میوه شده و همچنین ممکن است حفظ مزه را بهبود بخشند، اما واکنش فرآورده‌های گوناگون به اتمسفرهای کنترل‌شده می‌تواند با یکدیگر متفاوت باشد (Wills et al., 1998). پلاستیک‌ها به علت انعطاف‌پذیربودن برای بسته‌بندی مواد غذایی و محصولات کشاورزی مناسب‌اند (Coles et al., 2003). همچنین پوشش‌هایی که نفوذپذیری کمتری به گازها دارند برای استفاده در MAP مناسب هستند، زیرا مقدار اکسیژن داخل بسته‌های اتمسفر تعدیل‌یافته از ۲۱ درصد به ۲-۵ درصد کاهش می‌یابد و احتمالاً دی‌اکسیدکربن از ۰/۳-۱۶ درصد تا ۱۹ درصد افزایش خواهد یافت. از آنجایی که افزایش دی‌اکسیدکربن به اغلب سبزی‌ها و میوه‌ها صدمه می‌زند، باید بین اکسیژن مصرف‌شده و دی‌اکسیدکربن تولیدشده تعادل ایجاد شود و قابلیت نفوذپذیری بسته‌ها به دی‌اکسیدکربن باید ۳ تا ۵ برابر اکسیژن باشد (Kader, 2002). پلی‌اتیلن با دانسیته کم (LDPE)^۱، پلی‌وینیل کلراید (PVC)^۲ و پلی‌پروپیلن (PP)^۳

1. Low Density Polyethylene
2. Poly Vinyl Chloride (PVC)
3. Polypropylene

و دتکتور^۳ به ترتیب ۱۱۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد بود. نمونه پس از ورود به injector به بخار تبدیل می‌شود و با فاز متحرک مخلوط و وارد ستون می‌شود و در زمان‌های مختلف به وسیله گاز بی‌اثر از ستون بیرون می‌آید و وارد دتکتور (ظواهرشدن پیک‌ها روی دستگاه) می‌شود. میزان تولید اتیلن برحسب نانولیتتر بر کیلوگرم در ثانیه (nL/Kg.S) محاسبه شد (Jefferey et al., 1984).

شاخص TSS/TA

شاخص TSS/TA، نسبت مواد جامد محلول کل به اسید قابل تیتراسیون است. برای محاسبه آن از نسبت TSS/TA استفاده شد (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 شده و با شاهد (ترکیب هوای انبار و بدون پوشش) مقایسه شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چنددامنه‌ای دانکن در سطح $P \leq 0.05$ انجام گرفت.

نتایج و بحث

میزان سفتی

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که زمان، ترکیب گازی و پوشش و اثر متقابل بین پوشش ترکیب گازی در سطح ۱ درصد تأثیر معناداری بر سفتی هلوی رقم زعفرانی داشته‌اند. میوه‌ها در پوشش پلی‌پروپیلن، سفتی بیشتری نسبت به پوشش پلی‌اتیلن نشان دادند و در شاهد هم پایین‌ترین میزان سفتی میوه مشاهده شد. در بررسی تغییرات فیزیکی و شیمیایی هلو و شلیل در MAP مشخص شد که میزان سفتی هلو در پوشش پلی‌پروپیلن بالاتر بود (Akbuldak & Eris, 2004). در واقع می‌توان گفت پلی‌پروپیلن با ایجاد شرایط مناسب برای جلوگیری از نرم‌شدگی میوه بهترین پوشش محسوب می‌شود. در پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته کم بین ترکیب گازی هوا و (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد)

مدل (Mattler) اندازه‌گیری شد (Akbuldak & Eris, 2004).

اسید قابل تیتراسیون (TA)

مقدار ۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه صاف‌شده با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و تیتراسیون عصاره با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا میزان pH= ۸/۱-۸/۲ انجام و نتایج به صورت درصد اسیدمالیک (اسید غالب در هلو) گزارش شد (Akbuldak & Eris, 2004).

مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول کل با استفاده از رفاکتومتر دستی در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. برای این منظور عصاره میوه‌ها استخراج و سپس چند قطره از عصاره روی منشور دستگاه رفاکتومتر قرار گرفت و دستگاه جلوی نور قرائت شد. عدد حاصل به صورت درجه بریکس یادداشت شد (Jianshen et al., 2007).

ویتامین ث

از روش تیتراسیون با یدور پتاسیم استفاده شد. به طوری که ۵ سی‌سی آب‌میوه صاف‌شده با ۲۰ سی‌سی آب مقطر رقیق شد، سپس ۲ سی‌سی نشاسته یک درصد به آن افزوده و با محلول یک صدم نرمال ید، تیتر شد. ظهور رنگ آبی بادوام نشانه پایان عملیات تیتراسیون بود. میزان ویتامین ث برحسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم میوه بیان شد (Majedi, 1994).

اندازه‌گیری اتیلن

سه میوه از هر تیمار به طور تصادفی انتخاب و پس از اندازه‌گیری وزن و حجم، داخل ظرف‌های پلاستیکی مخصوص و مجهز به سیتوم قرار گرفتند و سپس دهانه ظرف‌ها بسته شد. بعد از گذشت ۶ ساعت، گاز بالای ظرف پلاستیکی به وسیله سوزن‌های ویژه داخل لوله‌های شیشه‌ای خلأدار کشیده شد. مقدار یک میکرولیتر از گاز داخل ونوجکت، به بخش injector دستگاه کروماتوگراف گازی^۱ مدل شیمادزو^۲ تزریق شد. از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل استفاده شد. دمای بخش تزریق، ستون

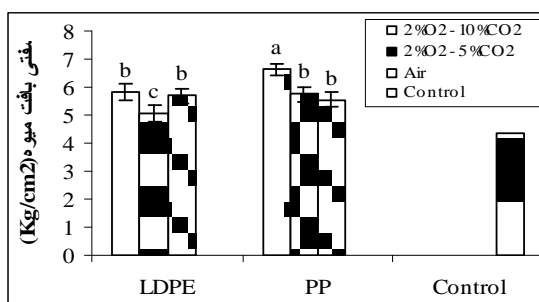
1. Gas chromatograph
2. Shimadzu

3. Detector

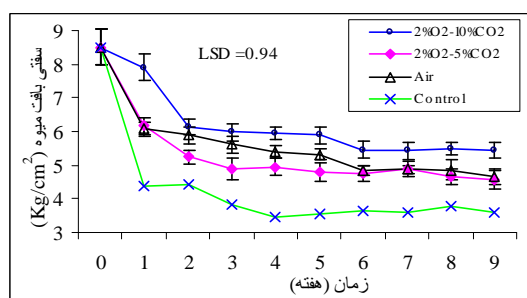
(Thompson, 2010). شکل ۲ نشان می‌دهد که سفتی میوه در طول زمان کاهش یافت، به طوری که در سه هفته اول سفتی میوه به شدت کاهش یافت و در هفته‌های بعد کاهش سفتی کند شد و ثابت ماند. تغییرات کاهش سفتی در شاهد بیشتر و در ترکیب گازی (۲O₂+۱۰CO₂ درصد) کمتر بود. گزارش شده که سفتی میوه هلوی ذخیره‌شده در اتمسفر تعدیل‌یافته بعد از یک مدت انبارداری بیشتر از حالت شاهد بود.

درواقع MAP با ایجاد شرایط اتمسفری مناسب سبب کاهش فعالیت آنزیم عامل نرم‌شدگی میوه شد و در نهایت با جلوگیری از هیدرولیز ترکیبات پکتینی سبب حفظ سفتی میوه شد (Karabulut & Baykal, 2004).

اختلاف معناداری وجود نداشته و پوشش پلی‌پروپیلن با ترکیب گازی (۲ O₂ + ۱۰ CO₂) بالاترین میزان سفتی را نشان داد. در کل تیمار پلی‌پروپیلن با ترکیب گازی (۲ O₂ + ۱۰ درصد) بالاترین میزان سفتی را نسبت تیمارهای دیگر داشت (شکل ۱). در تحقیقی ترکیب گازی (۱/۵ O₂ + ۱۰ درصد CO₂) سبب حفظ سفتی میوه، مانع فعالیت آنزیم‌های پکتین متیل استراز و نرم‌شدن میوه شد. در واقع CO₂ با کاهش میزان تنفس و کاهش تولید اتیلن روی فعالیت آنزیم‌های عامل نرم‌شدگی بافت میوه مانند پکتیناز تأثیر می‌گذارد و با کاهش فعالیت آنزیم سبب کندشدن سفتی میوه می‌شود (Santana et al., 2009). همچنین در میوه‌های در حال رسیدن تغییر هیدروکربن‌های پلیمری در تیغه میانی و دیواره اولیه سلول و تبدیل شدن پروتوپکتین نامحلول به اسیدگالاکتورونیک محلول سبب نرمی بافت میوه می‌شود



شکل ۱. اثر متقابل پوشش با ترکیب گازی بر میزان سفتی بافت هلوی زعفرانی و مقایسه با شاهد بدون پوشش



شکل ۲. اثر متقابل زمان با ترکیب گازی بر تغییرات سفتی بافت هلوی رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد بدون پوشش

شکل ۳ نشان می‌دهد با گذشت زمان افزایش معناداری از نظر کاهش وزن در شاهد نسبت به تیمارها مشاهده شد. گزارش شده که هلوهای نگهداری شده به مدت هشت هفته در دمای صفر درجه و رطوبت نسبی ۸۰-۹۰ درصد، هر هفته ۳/۵ درصد کاهش وزن در انبار داشتند و این به علت ازدست‌دادن آب است

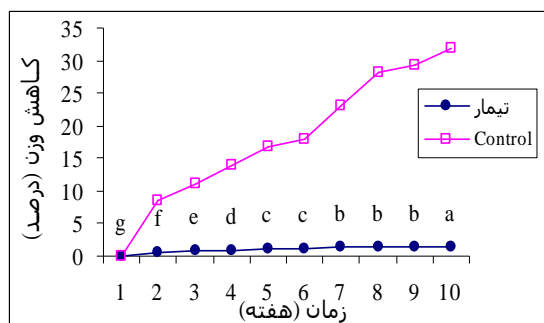
کاهش وزن

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر زمان، ترکیب گازی و پوشش و اثر متقابل زمان × پوشش و زمان × ترکیب گازی (در سطح ۱ درصد)، پوشش × ترکیب گازی و زمان × پوشش × ترکیب گازی در سطح ۵ درصد معنادار هستند.

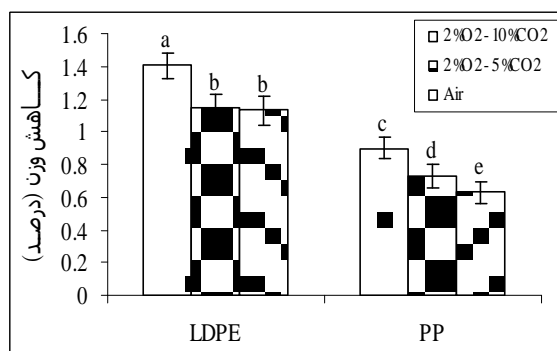
گزارش شده کاهش وزن هلو در طول دوره انبار افزایش یافت، بیشترین کاهش وزن در شاهد اتفاق افتاد و پایین‌ترین میزان کاهش وزن در پوشش‌های پلی‌پروپیلن در پایان عمر قفسه‌ای هلوها مشاهده شد.

نتایج این پژوهش با نتایج Akbudak & Eris (2004) مطابقت دارد. با توجه به عوامل مؤثر در کاهش وزن محصولات در دوره پس از برداشت، در MAP به علت افزایش دی‌اکسیدکربن و کاهش اکسیژن میزان تنفس کاهش می‌یابد. بنابراین، با کاهش سوخت‌وساز، مواد کربوهیدرات کمتری تجزیه می‌شود و همچنین پوشش اطراف میوه در MAP سبب ازدست‌دادن کمتر آب میوه شده و کاهش وزن کمتری مشاهده می‌شود.

(Robertson et al., 1990). شکل ۴ نشان می‌دهد که میوه‌های درون پوشش پلی‌اتیلن نسبت به پلی‌پروپیلن کاهش وزن بیشتری دارند که احتمالاً به علت نفوذپذیری بیشتر پوشش پلی‌اتیلن به بخار آب و ازدست‌دادن بیشتر وزن به علت تبخیر و تعرق بیشتر از طریق منافذ درشت پوشش پلی‌اتیلن است. بنابراین، هر چه نفوذپذیری بسته نسبت به بخار آب کمتر باشد، درصد کاهش وزن نیز کمتر خواهد شد (Conte et al., 2009). در هر دو پوشش با ترکیب گازی (O₂ ۲درصد + CO₂ ۱۰درصد) کاهش وزن نسبت به دو ترکیب دیگر بیشتر بود. میوه‌های پوشش پلی‌پروپیلن با ترکیب هوا کمترین کاهش وزن را نسبت به دیگر تیمارها داشت.



شکل ۳. تغییر درصد کاهش وزن هلوئی رقم‌زعفرانی در طول زمان و مقایسه با شاهد بدون پوشش



شکل ۴. اثر متقابل پوشش با ترکیب گازی بر کاهش وزن هلوئی رقم‌زعفرانی

(شکل ۵). در واقع این نشان‌دهنده میزان تنفس و مصرف بیشتر اسیدهای آلی در نمونه‌های شاهد است. در تحقیقی pH در میوه‌های هلوئی تیمار شده با MAP و تیمار گرمایی در مقایسه با شاهد به کندی افزایش یافت (Malakou & Nanos, 2005). در پوشش پلی‌اتیلن میزان pH در میوه‌ها نسبت به پوشش پلی‌پروپیلن کمتر بود، به طوری که این پوشش نسبت به پوشش

اندازه‌گیری pH

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد اثر زمان، ترکیب گازی، پوشش و اثر متقابل بین آن‌ها (در سطح ۱درصد) بر pH عصاره میوه معنادار است. در طول زمان pH در شاهد نسبت به دیگر تیمارها بیشتر و سریع‌تر افزایش یافت و در ترکیب گازی (O₂ ۲درصد + CO₂ ۱۰درصد) تغییرات pH در طول زمان کمتر بود

ترکیب گازی (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۵ درصد) میزان pH بالاتری نسبت به دو ترکیب دیگر داشتند و در ترکیب گازی (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد) pH کمتر بود (جدول ۲).

پلی‌پروپیلن pH میوه‌ها را بهتر حفظ کرد. در MAP پوشش‌های با نفوذپذیری کم منجر به افزایش دی‌اکسیدکربن در بسته‌ها و در نتیجه سبب کاهش بیشتر میزان pH می‌شود (Devlieghere & Jacxsens, 2000). هر دو پوشش با

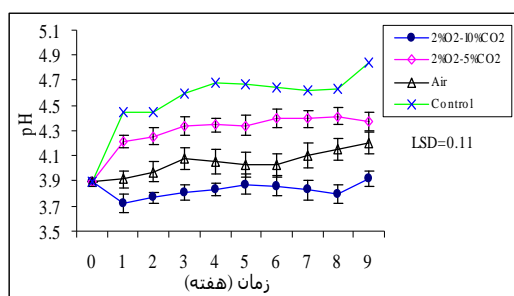
جدول ۱. جدول تجزیه واریانس صفات کیفی هلوی رقم‌زعفرانی در شرایط انبارداری با پوشش‌ها و ترکیب‌های مختلف گازی

منابع تغییرات	درجه آزادی	سفتی	کاهش وزن	pH	TA	TSS	ویتامین ث	TSS/TA	اتیلن
زمان	۹	۲۸/۶**	۳/۴۲**	۰/۱۵۹**	۰/۲۲۳**	۵/۹۵**	۱۸۵/۴۲**	۸۳/۹۲**	۲۳۳/۲۱**
پوشش	۱	۹/۴۴۴**	۹/۹۸۲**	۳/۸۵۴**	۰/۶۸۹**	۱۰/۲۷**	۱۲۷/۶۱**	۱۸۷**	۲۹/۰۸*
ترکیب گازی	۲	۱۱/۰۲**	۱/۲۴۲**	۳/۴۲۵**	۰/۷۵۷**	۵/۳۱۲**	۱۰/۹۷ ^{n.s.}	۲۹۶/۵۹**	۲۸۴/۸۶**
زمان * پوشش	۹	۰/۳۳ ^{n.s.}	۰/۱۴۲**	۰/۰۶۹**	۰/۰۲۵**	۱/۰۳۱**	۵/۹۱۴ ^{n.s.}	۲۱/۳۹**	۱۹/۸۶**
پوشش * ترکیب گازی	۲	۳/۸۳۵**	۰/۰۴۴*	۰/۱۴۴**	۰/۱۷۶**	۳/۴۱۹**	۲۶/۵۳**	۹۷/۷۲**	۴۰/۲۳**
زمان * ترکیب گازی	۱۸	۰/۵۷۹ ^{n.s.}	۰/۰۳۶**	۰/۰۵۸**	۰/۰۱۹**	۰/۴۲۹ ^{n.s.}	۸/۰۵ ^{n.s.}	۱۱/۸۵**	۳۶/۸۹**
زمان * گاز * پوشش	۱۸	۰/۳۲۷ ^{n.s.}	۰/۰۲۱*	۰/۰۰۹ ^{n.s.}	۰/۰۱ ^{n.s.}	۰/۵۶۶ ^{n.s.}	۵۵/۵ ^{n.s.}	۸/۲۷۷**	۱۴/۳۰*
خطای آزمایش	۱۴۰	۰/۶۷۵	۰/۲۳۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۳۵۵	۵/۰۱	۳/۲۷	۶/۲۴
C.V%		۱۴/۳	۱۴/۲۴	۲/۶	۱۰/۵۹	۷/۳۱	۹/۳۳	۱۵/۲۱	۱۴/۷

** در سطح ۱ درصد معنادار است. * در سطح ۵ درصد معنادار است. n.s معنادار نیست.

دی‌اکسیدکربن افزایش یافته، اسیدکربونیک (HCO₃) و H⁺ تولید می‌شود. در نتیجه حضور H⁺ به طور آشکار سبب کاهش pH می‌شود و در کل تنفس و مصرف اسیدهای آلی میوه دلیل اصلی افزایش pH است (Kader & Ben-Yehoshua, 2000).

قندها و اسیدها که در اثر متابولیسم تنفسی استفاده می‌شوند سبب تغییر در pH، TA، TSS و میوه‌ها و سبزی‌ها در طول انبار می‌شوند و به نظر می‌رسد در بسته‌های حاوی دی‌اکسیدکربن بالا، تخریب اسیدهای آلی و تنفس میوه‌ها کاهش می‌یابد و همچنین بر اثر حل شدن دی‌اکسیدکربن در بسته‌های حاوی



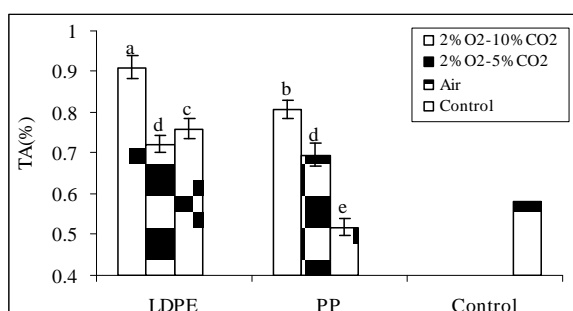
شکل ۵. اثر متقابل زمان با ترکیب گازی بر تغییرات pH هلوی رقم‌زعفرانی و مقایسه با شاهد

اندازه‌گیری اسید قابل تیتراسیون (TA) نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد اثر زمان، ترکیب گازی و پوشش و همچنین اثر متقابل بین آن‌ها (در سطح ۱ درصد) بر اسید قابل تیتراسیون معنادار است. شکل ۶ نشان می‌دهد که میوه‌های درون پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته پایین، اسید بیشتری در مقایسه با پوشش پلی‌پروپیلن دارند. در هر دو پوشش ترکیب گازی

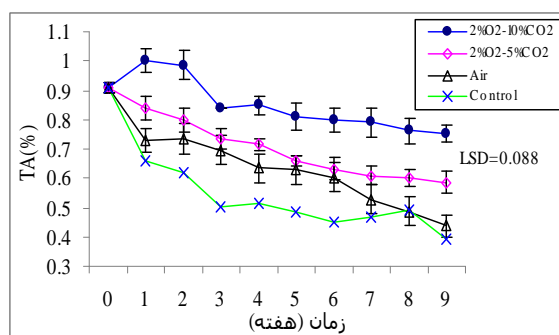
(O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد) بالاترین مقدار TA را داشتند. احتمال می‌رود پوشش پلی‌اتیلن با ترکیب گازی (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد) به علت ایجاد اتمسفر مطلوب، کاهش شدت تنفس و جلوگیری از مصرف اسیدهای طی فرآیندهای متابولیکی بیشتر از پلی‌پروپیلن TA را حفظ می‌کند. شکل ۷ نشان می‌دهد که در طول دوره انبارداری TA کاهش یافت. در واقع هم‌زمان با

هلوهای ذخیره‌شده در اکسیژن پایین و بدون افزایش دی‌اکسیدکربن نسبت به هلوهای نگهداری‌شده در هوا اسید بیشتری داشتند (Ke et al., 1991; Lurie, 1993). در کل مقادیر محدود اکسیژن و مقادیر زیاد دی‌اکسیدکربن در کاهش شدت تنفس میوه و در نتیجه جلوگیری از مصرف زیاد اسیدهای آلی میوه در جریان تنفس نقش زیادی دارد.

رسیدن میوه مقدار اسیدهای آلی در اثر تنفس یا تبدیل شدن به قند کاهش پیدا می‌کند و میوه‌های رسیده‌تر معمولاً اسید کمتری دارند. در ترکیب گازی (۲O₂ + ۱۰ درصد CO₂) تغییرات TA در طول زمان نسبت به ترکیبات گازی دیگر کمتر شده و در شاهد تغییرات کاهش TA بیشتر بود که به نظر می‌رسد به علت تأخیر رسیدگی میوه‌ها و کاهش تنفس میوه در ترکیب گازی فوق است. همچنین گزارش شده که



شکل ۶. اثر متقابل پوشش با ترکیب گازی بر TA هلوهای رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد بدون پوشش



شکل ۷. اثر متقابل زمان با ترکیب گازی بر تغییرات TA هلوهای رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد بدون پوشش

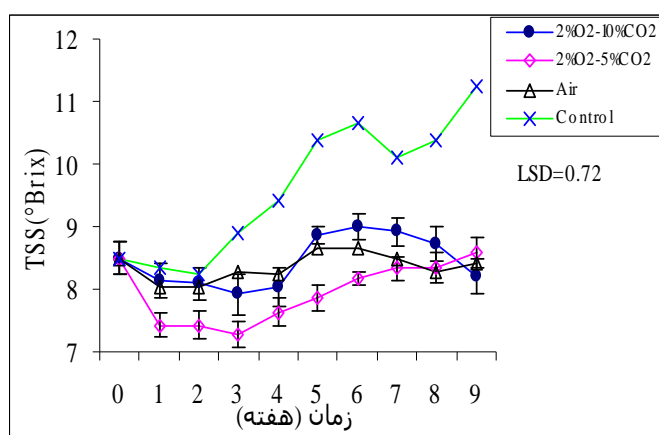
پوشش پلی‌پروپیلن به علت نفوذپذیری کمتر به گازها، با کاهش تنفس و تولید اتیلن، مانع رسیدن میوه و تبدیل مواد نشاسته‌ای به مواد قندی شده و سبب کاهش TSS میوه می‌شود. با بررسی تغییرات TSS در طول زمان می‌توان گفت که TSS پس از یک کاهش در هفته اول، تا هفته ششم افزایش یافت و دوباره از هفته هفتم به بعد کاهش یافت. TSS در شاهد در طول زمان بیشتر از ترکیبات گازی افزایش یافت، این نتیجه احتمالاً در اثر رسیدگی میوه و تبدیل مواد نشاسته‌ای به قند و شکسته شدن ترکیبات پلیمری مثل پکتین و همی سلولز به ترکیبات ثابت و محلول در آب طی دوره انبار است

اندازه‌گیری مواد جامد محلول (TSS)

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد اثر زمان، ترکیب‌های گازی و پوشش‌ها و اثر متقابل بین آن‌ها (در سطح ۱ درصد) تأثیر معناداری بر TSS هلوهای رقم زعفرانی نشان دادند. پوشش پلی‌پروپیلن نسبت به پوشش پلی‌اتیلن میزان مواد جامد محلول کمتری را نشان داد و شاهد هم بالاترین میزان مواد جامد محلول را داشت. پوشش پلی‌اتیلن با ترکیب گازی هوا و (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد) با هم اختلاف معناداری نداشتند و در پوشش پلی‌پروپیلن بین ترکیبات گازی اختلاف معناداری مشاهده نشد (جدول ۲). احتمالاً

نتایج این پژوهش کاملاً با نتایج Akbudak & Eris, (2004) مطابقت دارد. تغییر در میزان محصولات باغبانی تحت اتمسفر تعدیل‌یافته طی مدت انبارمانی به علت میزان تنفس محصولات در این دوره زمانی است (Kader, 2002).

(شکل ۸). براساس برخی گزارش‌ها TSS در طول انبار در شرایط MAP در ارقام هلو و شلیل افزایش و مقدار آن در انتهای عمر قفسه‌ای کاهش یافت و بالاترین مقدار TSS در شاهد و پایین‌ترین مقدار آن در پوشش پلی‌پروپیلن مشاهده شد (Akbudak & Eris, 2004).



شکل ۸. اثر متقابل زمان و ترکیب گازی بر تغییرات TSS هلو رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد

بود، به طوری که در سه هفته آخر کاهش شدید در ویتامین ث مشاهده شد. در تحقیقی ویتامین ث در هلو در طول انبار با رسیدن میوه افزایش یافت، ولی بعد از آن کاهش پیدا کرد و نتیجه‌گیری شد که پیرشدن و تخریب بافت میوه سبب کاهش ویتامین ث می‌شود (Rodriguez et al., 1999). استفاده از درصد اکسیژن بالا در MAP آثار مثبتی بر نگهداری و اکسیداسیون چربی‌ها و میزان آسکوربیک اسید (AA) دارد (Tian & Jiang, 2003). کاهش اکسیژن در صورت افزایش دی‌اکسیدکربن در اتمسفر انبار اثر کمی بر مقدار ویتامین ث دارد. در دی‌اکسیدکربن زیاد (آسیب‌رسان) AA بیشتر از DHA (دی‌هیدروآسکوربیک اسید) تقلیل می‌یابد. دی‌اکسیدکربن زیاد شاید به علت افزایش فعالیت آنزیم آسکورات پراکسیداز سبب اکسیداسیون AA و جلوگیری از تبدیل DHA به AA می‌شود (Agar et al., 1999).

شاخص TSS/TA

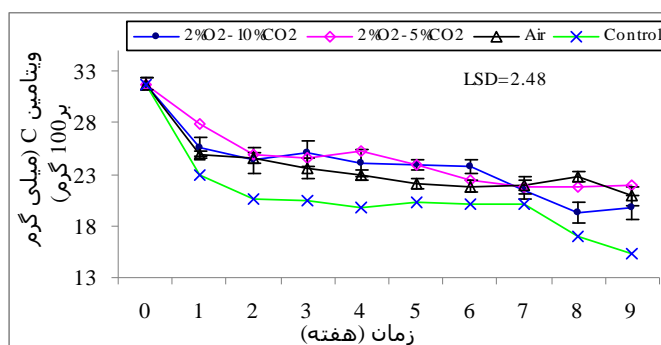
نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد اثر مدت زمان، ترکیب‌های گازی و پوشش‌ها و همچنین اثر متقابل بین آن‌ها (در سطح ۱ درصد) روی این شاخص

اندازه‌گیری ویتامین ث

بررسی نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر زمان و پوشش همچنین اثر متقابل بین پوشش × ترکیب گازی (در سطح ۱ درصد) بر مقدار ویتامین ث هلو رقم زعفرانی معنادار است. جدول ۲ نشان می‌دهد که در پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته کم ترکیب گازی (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد) و (O₂ ۲۰ درصد + CO₂ ۵ درصد) بالاترین مقدار ویتامین ث را بین تیمارها نشان دادند. در پوشش پلی‌پروپیلن اختلاف معناداری بین ترکیبات گازی مشاهده نشد. در کل پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته کم نسبت به پوشش پلی‌پروپیلن ویتامین ث بالاتری را نشان داد. در آزمایشی با بررسی اثر پوشش‌ها بر فعالیت اسیدآسکوربیک مشخص شد که ویتامین ث در اوایل دوره انبارمانی کاهش یافت، در حالی که با تیمار ۱ درصد چیتوزان همراه با پوشش پلی‌اتیلن ویتامین ث تا آخر دوره انبارمانی حفظ شد (Ruoyi et al., 2005). با توجه به شکل ۹ نتیجه‌گیری می‌شود که در طول زمان میزان ویتامین ث ابتدا کاهش سریع یافت، سپس از هفته سوم تا هفته ششم تقریباً روند ثابتی را طی کرد و بعد از آن دوباره کاهش یافت. در شاهد کاهش ویتامین ث بیشتر

انبهارمانی طولانی مدت در اتمسفر حاوی مقدار زیاد دی‌اکسیدکربن ایجاد می‌شود (Layne & Bassi, 2008). احتمالاً کاهش تنفس هوازی و وقوع تنفس بی‌هوازی (تخمیر) و کاهش تبدیل مواد نشاسته‌ای به مواد قندی عامل از بین رفتن طعم میوه است.

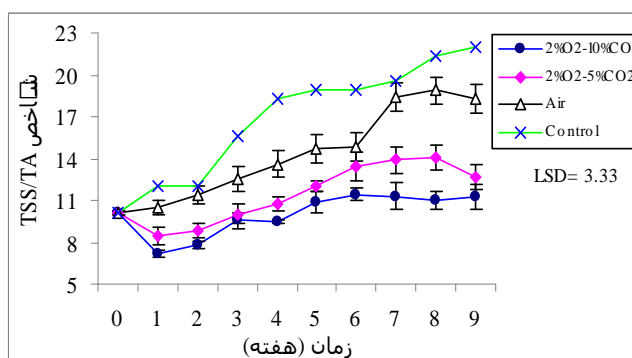
معنادارند. جدول ۲ نشان می‌دهد که در هر دو پوشش ترکیب گازی هوا بیشترین مقدار و (۲۰ درصد CO_2 + ۱۰ درصد) پایین‌ترین مقدار شاخص TSS/TA را داشتند و در مجموع میوه‌های پوشش پلی‌پروپیلن شاخص TSS/TA بالاتری نسبت به پوشش پلی‌اتیلن نشان دادند. گزارش شده است که از بین رفتن طعم میوه در



شکل ۹. اثر متقابل زمان با ترکیب گازی بر تغییرات ویتامین ث هلوی رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد

افزایش بیش از حد شاخص TSS/TA شد (Fern&ez- Trujillo & Artes, 1997). تیمارهایی که سبب کاهش وزن بیشتری در میوه‌ها می‌شوند به دلیل افزایش میزان مواد جامد محلول کل، شاخص TSS/TA بیشتری دارند و همچنین کاهش کیفی طعم میوه در طول زمان در انبارهایی با اتمسفر تعدیل‌یافته (MAP) اصولاً مربوط به کاهش اسید میوه و تأخیر رسیدگی میوه است (Conte et al., 2009).

شکل ۱۰ نشان می‌دهد که تغییرات شاخص TSS/TA در طول زمان در شاهد و ترکیب هوا سریع‌تر و بیشتر افزایش یافته است. درحالی‌که در طول زمان تغییرات این شاخص در ترکیب گازی (۲۰ درصد O_2 + ۱۰ درصد) کمتر از دیگر ترکیبات گازی مشاهده شد. در یک بررسی شاخص TSS/TA در طول انبار در میوه‌های هلوی ذخیره‌شده 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



شکل ۱۰. اثر متقابل زمان با ترکیب گازی بر تغییرات شاخص TSS/TA هلوی رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد

اندازه‌گیری میزان تولید اتیلن (درصد) تأثیر معناداری بر تولید اتیلن دارند. اثر متقابل زمان × پوشش، زمان × ترکیب گازی، پوشش × ترکیب گازی (در سطح ۱ درصد) و زمان × پوشش × ترکیب

اندازه‌گیری میزان تولید اتیلن نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر زمان و ترکیب‌های گازی (در سطح

گازی (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۵ درصد) تولید اتیلن بیشتری داشتند. هنگامی که در هلوی بسته‌بندی‌شده در اتمسفر تعدیل‌یافته غلظت اکسیژن کم (O₂ ۵-درصد) و غلظت دی‌اکسیدکربن افزایش یافت، نرم‌شدن و گسترش رنگ به تأخیر افتاد و همچنین میزان تولید اکسیژن و اتیلن کاهش یافت (Smilanick & Fouse, 1989).

گازی (در سطح ۵ درصد) معنادارند. شکل ۱۱ نشان می‌دهد که در پوشش پلی‌اتیلن با دانسیته کم ترکیب گازی (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد) پایین‌ترین میزان تولید اتیلن را نشان داد و در پوشش پلی‌پروپیلن (O₂ ۲ درصد + CO₂ ۱۰ درصد) و هوا کمترین میزان تولید اتیلن را داشتند. در هر دو پوشش میوه‌ها در ترکیب

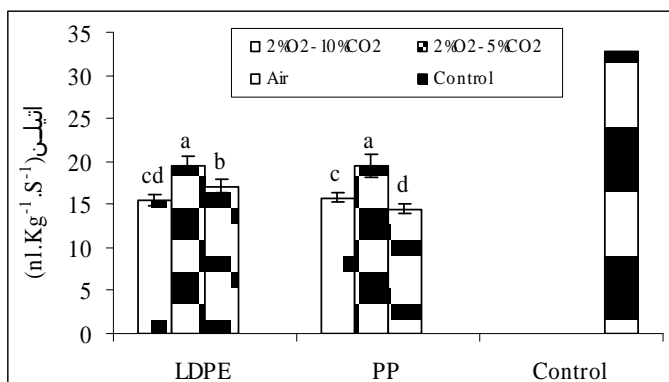
جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل پوشش و ترکیب گازی بر pH، TSS و ویتامین ث، شاخص TSS/TA میوه هلوی رقم زعفرانی در طی زمان انبارداری

شاخص TSS/TA	ویتامین ث	TSS	pH	تیمار
۹/۸۱ ^d	۲۵/۳۷ ^a	۸/۶ ^a	۳/۷۱ ^f	LDPE+10%CO ₂ + 2% O ₂
۱۰/۹۷ ^{bc}	۲۵/۴۸ ^a	۷/۷۶ ^b	۴/۱۹ ^e	LDPE+5%CO ₂ + 2% O ₂
۱۱/۸۳ ^b	۲۳/۶۵ ^b	۸/۷۱ ^a	۳/۸۴ ^e	LDPE + Air
۱۰/۰۷ ^{cd}	۲۲/۶۵ ^b	۷/۹۳ ^b	۳/۹۵ ^d	PP+10%CO ₂ + 2% O ₂
۱۱/۸۶ ^b	۲۳/۳۴ ^b	۷/۸۴ ^b	۴/۴۳ ^a	PP+ 5% CO ₂ + 2% O ₂
۱۱/۷۹ ^a	۲۳/۴۶ ^b	۷/۹۴ ^b	۴/۲۵ ^b	PP + Air
۱۸/۷۹	۲۰/۹۳	۹/۸۳	۴/۵۳	Control

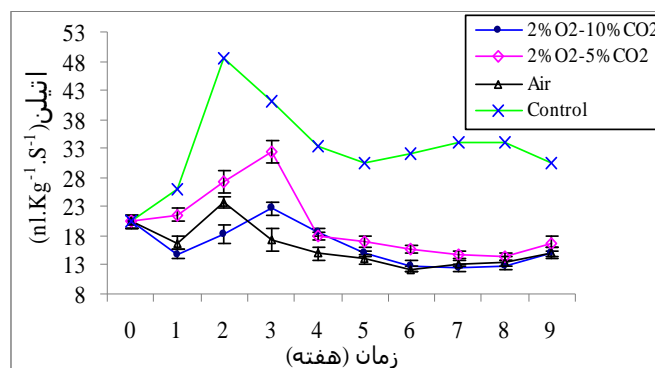
اعدادی که با حروف یکسان مشخص شده‌اند، در سطح ۵ درصد، اختلاف معنادار ندارند.

مقدار دی‌اکسیدکربن پیک تولید اتیلن را به تأخیر انداخته یا کاهش می‌دهد و به این ترتیب رسیدگی و پیری میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد. گزارش شده است که در هلوی رقم Chaoyang در شرایط اتمسفر تعدیل‌یافته پیک کلیماکتریک تنفس و تولید اتیلن در ۱۰ روز بعد از برداشت انجام شد و پس از آن، تنفس و تولید اتیلن کاهش یافت (Jianshen et al., 2007).

بنابراین، تولید اتیلن با کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسیدکربن کاهش می‌یابد. با توجه به شکل ۱۲ مشاهده می‌شود در شاهد بدون پوشش تولید اتیلن نسبت به ترکیبات گازی دیگر در طول زمان بیشتر بود و در هفته دوم یک پیک بلند تولید شد. در ترکیبات گازی در طول زمان پیک تولید اتیلن در هفته‌های دوم و سوم مشاهده شد، ولی نسبت به شاهد پیک کوتاه‌تر بوده و تولید اتیلن در طول زمان کمتر بود. احتمالاً افزایش



شکل ۱۱. اثر متقابل پوشش با ترکیب گازی بر تولید اتیلن هلوی رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد



شکل ۱۲. آثار متقابل زمان و ترکیب گازی بر تغییرات تولید اتیلن هلوی رقم زعفرانی و مقایسه با شاهد

نتیجه گیری کلی

در هلوی رقم زعفرانی تیمارهای پوشش پلی اتیلن با ترکیب های گازی (2% O₂ + 10% CO₂ درصد) و پلی پروپیلن با ترکیب های گازی (2% O₂ + 5% CO₂ درصد) و 10% درصد و 2% O₂ + 5% CO₂ درصد) به طور مؤثر با حفظ خصوصیات کمی، کیفی و ظاهری میوه سبب افزایش عمر انبارمانی هلو به مدت 63 روز شدند. این تیمارها به صورت هم افزایی باعث حفظ سفتی میوه، pH،

TA، TSS، ویتامین ث و شاخص TSS/TA میوه شدند و سبب کاهش تولید اتیلن شد.

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 می کنیم.

REFERENCES

1. Agar, I. T., Massantini, R., Hess Pierce, B. & Kader, A. A. (1999). Postharvest CO₂ and ethylene production and quality maintenance of fresh-cut kiwifruit slices. *Food Science and Emerging Technologies*, 64, 433-440.
2. Akbudak, B. & Eris, A. (2004). Physical and chemical changes in peaches and nectarines during the modified atmosphere storage. *Food Control*, 15, 307-313.
3. Coles, R., McDowell, D., Kirwan, M. J. & Mullan, M. (2003). *Food packaging technology (Modified atmosphere packaging)*. Blackwell Publishing. 368 p.
4. 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.
5. 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.
6. Devlieghere, F. & Jacxsens, L. (2000). Modified atmosphere packaging: state of the art. *Available on IFIS*, 1-18.
7. 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.
8. Fernandez-Trujillo, J. P., Martinez, J. A. & Artes, F. (1998). Modified atmosphere packaging affects the incidence of cold storage disorders and keeps 'flat' peach quality. *Food Research International*, 31, 571-579.
9. 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.
10. Jefferey, D., Smith, C., Good Enough, P. & Grierson, D. (1984). Ethylene independent and Ethylene dependent biochemical changes in ripening tomatoes. *Plant Physiology*, 74, 32-37.
11. 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.
12. 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.

13. Kader, A. A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California: Division of Agriculture and Natural Resources*. 535 p.
14. 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.
15. Kader, A. A. & Watkins, C. B. (2000). Modified atmosphere packaging - Toward 2000 and beyond. *HortTechnology*, 10, 483-486.
16. Karabulut, O. A. & Baykal, N. (2004). Integrated control of postharvest diseases of peaches with a yeast antagonist, hot water and modified atmosphere packaging. *Crop Protection*, 23, 431-435.
17. Ke, D., Rodriguez-Sinobas, L. & Kader, A.A. (1991). Physiological responses and quality attributes of peaches kept in low oxygen atmospheres. *Scientia Horticulturae*, 47, 295-303.
18. Layne, D. R. & Bassi, D. (2008). *The Peach (Botany, Production and Uses)*. CABI North American Office. 634 p.
19. Lill, R. E., O'Donoghue, E. M. & King G. A. (1989). Postharvest physiology of peaches and nectarines. *Horticultural Reviews*, 11, 413-452.
20. Lurie, S. (1993). Modified atmosphere storage of peaches and nectarines to reduce storage disorders. *Food Quality*, 16, 57-65.
21. Lurie, S. & Pesis, E. (1992). Effect of acetaldehyde and anaerobiosis as postharvest treatments on the quality of peaches and nectarines. *Postharvest Biology and Technology*, 1, 317-326.
22. Majedi, M. (1994). Chemical methods for food analysis. *Tehran Academic Jihad*, 108 p.
23. Malakou, A. & Nanos, G. D. (2005). A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advanced maturity 'Caldesi 2000' nectarines and 'Royal Glory' peaches. *Postharvest Biology and Technology*, 38, 106-114.
24. Robertson, J. A., Horvat, R. J., Lyon, M. B. G., Meredith, F. L., Senter, S. D. & Okie, W. R. (1990). Comparison of quality characteristics of selected yellow-and white-fleshed peach cultivars. *Food Science*, 55, 1308-1311.
25. 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.
26. Ruoyi, K., Zhifang, Y. & Zhaoxin, L. (2005). Effect of coating and intermittent warming on enzymes, soluble pectin substances and ascorbic acid of *Prunus persica* (cv. Zhonghuashoutao) during refrigerated storage. *Food Research International*, 38, 331-336.
27. Santana, L. R. R., Benedetti, B., Sigrist, J. M. M., Sato H. H. & Sarantopoulos, C. I. G. L. (2009). Modified atmosphere packaging cold storage to maintain quality of 'Douradao' peaches. *Acta Postharvest, Abstract*, 19.
28. Smilanick, J. L. & Fouse, D. C. (1989). Quality of nectarines in insecticidal low O₂ atmospheres at 5°C. *Horticultural Science*, 114, 431-436.
29. Thompson, A. K. (2010). *Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables. Second edition*. FSC Press. 289 p.
30. Tijssens, L. M. M. & Polderdijk, J. J. (1996). A generic model for keeping quality of vegetable produce during storage and distribution. *Agricultural Systems*, 51, 431-452.
31. Wills, R., McGlasson, B., Graham, D & Goyce, D. (1998). *Postharvest an Introduction to the Physiology & Handling of Fruit Vegetables & Ornamentals*. New York: CAB International. 262 p.
32. Xiong, L. (2000). Extend shelf life of mushroom by using micro perforated film. *Department of Food Science*, 1-6.
33. Zhou, T., Xu S. & Sun, D. W. (2002). Effects of heat treatment on postharvest quality of peaches. *Food Science Engineering*, 54, 17-22.
34. 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.