

تأثیر غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده بر

کیفیت خرمای رقم سایر

زینب دهقان‌شعار، زهره حمیدی اصفهانی، سلیمان عباسی و هما بهمدی*

* به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، نشانی: تهران، ص. پ. ۴۸۳۸-۱۴۱۵۵، تلفن: ۴۴۱۹۴۹۱۱ (۰۲۱)، پیام‌نگار:

zeinabshoar@yahoo.com؛ استادیاران دانشگاه تربیت مدرس؛ و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تاریخ دریافت مقاله: ۸۵/۱۲/۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۶/۳۱

چکیده

هدف از این تحقیق تعیین تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) حاوی درصد بالای دی‌اکسیدکربن بر کیفیت خرمای رقم سایر بوده است که می‌تواند جایگزینی مناسب برای متیل‌بروماید باشد که به دلیل تأثیرات زیانبار آن بر سلامت بر لایه‌ای ازن، بر اساس پروتکل متوال تا سال ۲۰۱۵ کاربرد آن در همه کشورهای ممنوع خواهد شد. ترکیب‌های مختلف گازی شامل ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن، ۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۱۲ درصد اکسیژن + ۱۳ درصد نیتروژن، و ۳۴ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳۷ درصد اکسیژن + ۲۹ درصد نیتروژن به داخل بسته‌های سلوفانی تزریق شد. نمونه شاهد در بسته‌های سلوفانی محتوی هوای معمولی نگهداری شد که به طریق معمول حرارتی درزبندی شده بودند. بسته‌ها در دو دمای ۴ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری و بعد از ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۵۰ روز آزمایش شدند. صفات مورد آزمون شامل زنده‌مانی شپشه دندانه‌دار، تعداد پرگنه‌های کپک و مخمر، pH، فعالیت آبی، درصد تغییر رنگ، و شکرک‌زدن با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و تحلیل شدند. بیشترین تعداد حشره زنده و پرگنه کپک و مخمر در نمونه‌های شاهد نگهداری شده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین تعداد در بسته‌های حاوی ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن پس از ۱۵۰ روز مشاهده شد. کمترین مقدار pH در بسته‌های حاوی ۳۴ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳۷ درصد اکسیژن + ۲۹ درصد نیتروژن مشاهده شد. نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت به ۴ درجه سانتی‌گراد، pH کمتری داشتند. فعالیت آبی در همه نمونه‌ها کاهش یافت. تغییر رنگ در نمونه‌های نگهداری شده در MAP با غلظت گاز دی‌اکسیدکربن بالا تفاوت معنی‌داری با نمونه‌های شاهد نداشت و تنها به مرور زمان این اثر معنی‌دار ارزیابی شد ($p < 0/05$). نتیجه افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، کاهش معنی‌دار درصد شکرک‌زدن بود به طوری که کمترین درصد شکرک‌زدن با نمونه‌های بسته‌بندی شده با ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن مشاهده شد ($p < 0/05$). به‌طور کلی، با اعمال بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح‌شده حاوی ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن در ۴ درجه سانتی‌گراد بهترین نتایج از نظر حشره‌زدایی و نگهداری خرمای رقم سایر به دست آمد.

واژه‌های کلیدی

اتم‌سفر اصلاح‌شده، خرما، رقم سایر، نگهداری

مقدمه

درصد مقدار تولید برآوردشده که رقمی بالاست

ایران از بزرگترین تولیدکنندگان خرما در جهان است اما (Shahbake et al., 2002). عمده‌ترین دلیل ضایعات خرما

متأسفانه ضایعات این محصول به‌طور میانگین حدود ۲۰ فناوری نامناسب در زمینه فراوری، بسته‌بندی، نگهداری و در

نتیجه آفت‌زدگی و رشد کپک و مخمر است (Jowkar *et al.*, 2005). رقم خرماي ساير با رطوبتي کمتر از ۱۸ درصد، از ارقام خرماي نیمه‌خشک و صادراتي استان خوزستان به شمار می‌رود که در مراحل مختلف بسته‌بندی و نگهداری مورد تهاجم آفات قرار می‌گیرد. روش کنونی حشره‌زدایی و ضدعفونی خرما، گازدهی با متیل‌برومايد است که به دليل مخاطرات این ماده و اثر مخرب آن بر لایه‌آزن، بر اساس پروتکل منترال تا سال ۲۰۱۵ استعمال آن در همه کشورهای ممنوع خواهد شد (Anon, 1998). استفاده از روش اتمسفر اصلاح‌شده^۱ (MAP) با دی‌اکسیدکربن بالا، جایگزینی مناسب و ایمن برای گازدهی با متیل‌برومايد به حساب می‌آید زیرا این گاز بی‌خطر است و باقیمانده شیمیایی بر جای نمی‌گذارد (Leelaja *et al.*, 2007; Jayas & Jayamkondan, 2002). نشان داده شده است که اعمال اتمسفر اصلاح‌شده برای از بین بردن حشره‌ها در دانه‌ها و میوه‌های خشک در مواردی تا ۱۰۰ درصد مؤثر است (Jayas, 2000; Meyvaci *et al.*, 2003; Bell, 2000). البته دستیابی به بهترین نتایج به منظور حشره‌زدایی، استفاده از درصد‌های بالای دی‌اکسیدکربن همراه با درصد کم اکسیژن ذکر شده است (Elhadi, 2006).

ناوارو و همکاران (Navarro *et al.*, 1998) اثر حشره‌زدایی اتمسفر اصلاح‌شده را در میوه‌های خشک از جمله خرما بررسی کردند. در این پژوهش روش‌های آزمون شامل بسته‌بندی با ۲۰ درصد دی‌اکسیدکربن در هوا، ۲/۸ درصد اکسیژن در نیتروژن، و بسته‌بندی معمولی بعد از تیمار با متیل‌برومايد بود که اتمسفر کنترل‌شده با مقدار ۲/۸ درصد اکسیژن در نیتروژن موثرترین تیمار با توانایی کاهش

جمعیت حشره‌ها تا ۸۰ درصد ذکر شد. در پژوهش بعدی این محققان (Navarro *et al.*, 2001)، توانایی بسته‌بندی اتمسفر کنترل‌شده در حفظ کیفیت خرما آزمایش شد. از جمله موارد ارزیابی‌شده حضور کپک و حشره، شکرک‌زدن، تغییر رنگ، پوسته‌شدن، و فعالیت آبی بود. در این پژوهش دی‌اکسیدکربن با مقادیر متفاوت ۶۰-۸۰ درصد و ۴-۷ درصد اکسیژن در دماهای ۲۲-۲۸ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. که اختلاف معنی‌داری در کیفیت خرماهای حاصل از این آزمایش در مقایسه با نمونه‌های شاهد نگهداری‌شده در ۱۸- درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد.

در پژوهش آشور و همکاران (Achour *et al.*, 2003) تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده و تحت خلأ در خرماي رقم دجله‌نور^۲ بررسی شد. گاز استفاده‌شده نیتروژن (۸۰ درصد) و دی‌اکسیدکربن (۲۰ درصد) بود که به مقدار ۱۰ درصد و ۱۵ درصد حجم بسته به داخل آن تزریق شد. نمونه‌ها در دماهای ۲۰، ۳۰، و ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۵ روز نگهداری شدند. تغییرات در تعداد پرگنه‌های کپک و مخمر و رطوبت در این مدت ارزیابی و با استفاده از آزمون تسریع‌شده عمر ماندگاری، طول مدت ماندگاری خرما محاسبه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که اتمسفر اصلاح‌شده، ماندگاری خرماي پرشده با مغز بادام را از ۴/۲ ماه در شرایط معمولی به ۶/۶ ماه افزایش داده‌است. میزان کاهش رطوبت میوه در نمونه‌های شاهد که به صورت معمولی بسته‌بندی‌شده بودند بیش از نمونه‌های بسته‌بندی‌شده در خلأ یا اتمسفر اصلاح‌شده بود. پرگنه‌های کپک و مخمر در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد نسبت به ۲۰

تأثیر غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی با ...

مناسبی برای رشد این صنعت در کشور باشد. از این‌رو هدف از پژوهش حاضر ارزیابی تأثیر بسته‌بندی MAP محتوی غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن بر کیفیت و حشره‌زدایی خرما می‌سایر است.

مواد و روش‌ها

میوه

نمونه‌های میوه از "صحرای"، شرکت صادرکننده خرما تأمین شد و به منظور کاهش اختلاف بین رسیدگی و نوع میوه‌ها، مواد مورد نیاز از یک نخل خرما چیده شدند. نمونه‌ها بدون هیچ تیماری در کارتن مقوایی و تا شروع آزمایش‌ها در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. میوه‌ها پس از جورسازی^۱، جداسازی، و تمیزشدن بدون استفاده از آب مطابق با روش معمول سنتی هسته‌گیری شدند. بیست عدد خرما سالم و عاری از آلودگی تصادفی جدا شد و در بسته‌های سلوفانی مورد استفاده در کارگاه‌های بسته‌بندی خرما به ضخامت ۵۰ میکرون (۳۷۶۰ سانتی‌متر مکعب بر متر مربع ثانیه پاسکال نفوذپذیری به گاز اکسیژن در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و $2/3 \times 10^{-3}$ کیلوگرم بر متر مربع ثانیه پاسکال نفوذپذیری به بخار آب) قرار داده شدند. پیش از اعمال تیمار گازی، ۲۰ عدد حشره بالغ شپشه دنداندار (*Oryzaephilus Surinemensis*) که یکی از آفات انباری خرماست در داخل بسته‌ها قرار داده شدند. حشره‌های بالغ هم سن بودند و از نمونه‌های خرماي آفت‌زده یکی از انبارهای استان خوزستان تهیه شدند. آزمایش‌ها در سه تکرار برای هر تیمار اجرا شد.

۳۰ درجه سانتی‌گراد کمتر بود و این مقدار در بسته‌های اتمسفر اصلاح‌شده نسبت به بسته‌های شاهد کمتر بود.

ال‌رده‌ایمن (Al-Redhaiman, 2005) نیز تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده را در دمای پایین (صفر درجه سانتی‌گراد) در افزایش ماندگاری خرماي رقم برحی بررسی کرده است. در این پژوهش، ترکیب گازی شامل ۵، ۱۰، و ۲۰ درصد گاز دی‌اکسیدکربن در هوا استفاده بود. مقدار کپک و مخمر و میزان تجزیه تانن به طور معنی‌داری با افزایش درصد دی‌اکسیدکربن کاهش یافت. در این تحقیق، مدت ماندگاری خرما در نمونه‌های نگهداری‌شده در ۲۰ درصد دی‌اکسیدکربن، ۳۷۱/۴ درصد بیش از نمونه شاهدی ارزیابی شد که در همین دما نگهداری شده بود.

بسته‌بندی در اتمسفر اصلاح‌شده در ایران نیز مورد توجه پژوهشگران زیادی قرار گرفته است (Tajeddin & Hamidi, 1996; Sharaie, 1996; Lashkari, 2005)، اما بررسی نگارندگان از منابع علمی موجود نشان می‌دهد که در ارتباط با کاربرد اتمسفر اصلاح‌شده با دی‌اکسیدکربن بالا در خرما، به ویژه در ارقام نیمه‌خشک آن تاکنون تحقیق نشده است. با توجه به اهمیت راهبردی خرماي نیمه‌خشک به‌ویژه رقم سایر در صادرات غیر نفتی و ارزآوری این محصول، خاصه با توجه به درخواست عضویت جمهوری اسلامی ایران در سازمان تجارت جهانی^۱، اجرای پژوهش‌هایی برای حفظ کیفیت، سلامت، و در نتیجه افزایش ماندگاری این محصول ضروری است.

استفاده از اتمسفر اصلاح‌شده در این رقم از خرما به منظور حفظ کیفیت و حشره‌زدایی آن می‌تواند زمینه

تیمارها

در ابتدا آزمون مقدماتی برای تعیین دامنه مناسب از گازهای دی‌اکسیدکربن و اکسیژن اجرا شد. اتمسفر اصلاح شده با استفاده از دستگاه بسته‌بندی خلأ هنکل من^۱ ساخت آمریکا به کار گرفته شد. ترکیب‌های مختلف گازی با نسبت درصدهای اختلاط ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن، ۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۱۲ درصد اکسیژن + ۱۳ درصد نیتروژن، و ۳۴ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳۷ درصد اکسیژن + ۲۹ درصد نیتروژن به بسته‌های سلوفانی تزریق شد.

نمونه‌های شاهد در بسته‌های سلوفانی محتوی هوای معمولی بسته‌بندی و برای جلوگیری از خروج حشره‌ها، بسته‌ها درزبندی حرارتی شدند. بسته‌های حاوی اتمسفر اصلاح شده و شاهد در دو دمای ۴ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵۰ روز نگهداری شدند. رطوبت نسبی محیط نگهداری در محدوده 5 ± 70 درصد ثابت نگه داشته شد. شکرک‌زدن، تغییر رنگ، رشد کپک و مخمر، و حضور آفات از ویژگی‌های کیفی نامطلوب در خرما به شمار می‌آیند (Anon, 1985). در نتیجه نمونه‌ها با سه تکرار از نظر درصد حشره زنده و پرگنه‌های کپک و مخمر، فعالیت آبی، pH، شکرک‌زدن، و تغییر رنگ بعد از ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۵۰ روز نگهداری، آزمایش شدند.

روش‌های آزمایش

بسته‌ها پس از خارج شدن از محل نگهداری و رسیدن به دمای محیط باز شدند. بو و طعم خرما در زمان بازکردن

هر کدام از بسته‌ها بررسی و هرگونه بوی ترشیدگی یا طعم نامطبوع گزارش شد. تعداد حشره‌های زنده و مرده به دقت شمارش و درصد زنده‌مانی حشره‌ها با توجه به تعداد حشره‌های اولیه قرار داده شده در بسته (۲۰ عدد) محاسبه شد. تغییر رنگ و شکرک‌زدن به صورت ظاهری مطابق با روش استاندارد ملی ایران (Anon, 1996) ارزیابی شد. به منظور تعیین تعداد خرماهای تغییر رنگ یافته، تعداد خرماهایی که مساحت اختلاف رنگ سطحی آنها از یک سوم کل سطح خرما بیشتر بود به عنوان تغییر رنگ یافته در نظر گرفته شد. سپس نسبت تعداد خرماهای تغییر رنگ یافته به تعداد کل خرماها محاسبه و بر اساس درصد گزارش شد. درصد خرماهای شکرک‌زده نیز بر اساس تعداد خرماهای شکرک‌زده به تعداد کل خرماها در داخل بسته محاسبه شد. مقدار pH با pH متر (Metrohm model 744, Switzerland) و فعالیت آبی با دستگاه نوواسینا ترموکنسستانور^۲ (Aw sprint, model TH-500, Novasina, Swiss) تعیین شد. برای شمارش پرگنه‌های کپک و مخمر، ۱۰ گرم خرما از بسته به صورت سترون خارج و پس از آسیاب شدن در محلول پپتون سالین تا 10^{-1} و 10^{-2} رقیق شد. کشت روی محیط کشت پوتیتو دکستروز آگار^۳ (PDA, Liofilchem, Via Scozia, Italy, 3095204) به روش کشت سطحی اجرا و بعد از ۵ روز گرمخانه‌گذاری در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، پرگنه‌ها شمارش شد (Shenasi et al., 2002).

تأثیر غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی با ...

کاربرد توأم غلظت بالای دی‌اکسیدکربن و دمای پایین بر میزان مرگ و میر حشره‌ها اثر تشدیدکننده داشت به طوری که بعد از ۱۵۰ روز نگهداری در محیط دارای ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن، زنده‌مانی حشره‌ها در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد صفر درصد و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بیش از ۳۰ درصد بود. در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با غلظت ۳۴ درصد دی‌اکسیدکربن، زنده‌مانی ۱۷ درصد بود (شکل ۱). بیشترین تعداد حشره‌ها در نمونه‌های شاهد بسته‌بندی‌شده با هوای معمولی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد پس از ۱۵۰ روز نگهداری شمارش شد. ناوارو و همکاران (Navarro *et al.*, 1998) با استفاده از ارقام خرماي ديري، زاهدی، خضراوی و عامری نتایج مشابهی را گزارش کردند. آنها نشان دادند که اتمسفر کنترل‌شده با ۸۰-۶۰ درصد دی‌اکسیدکربن، خرماها را در مدت ۴/۵ ماه حشره‌زدایی می‌کند. اعمال اتمسفر اصلاح‌شده با ۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۱۲ درصد اکسیژن اثر حشره‌زدایی مشابهی با ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد داشت.

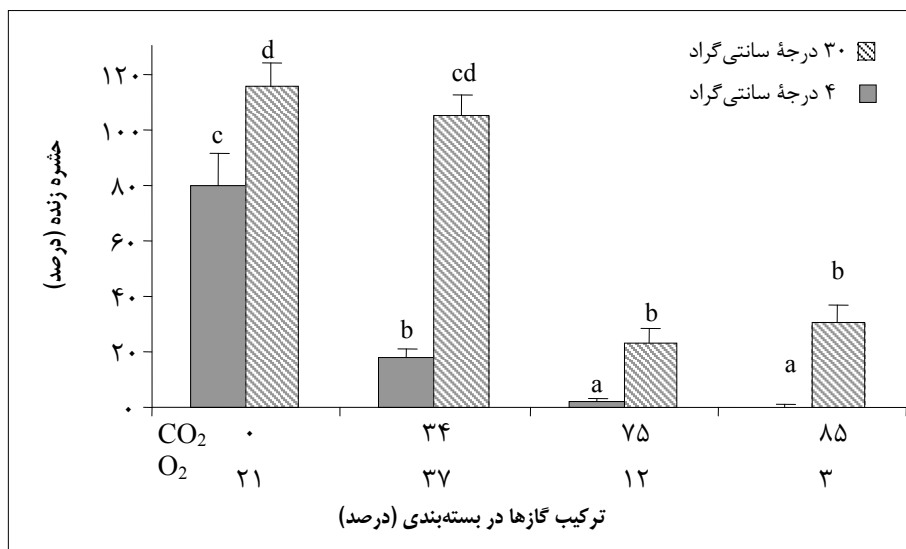
تجزیه و تحلیل آماری

یافته‌ها با استفاده از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی با سه فاکتور: درصد ترکیب گازها در چهار سطح، دما در دو سطح، و مدت زمان نگهداری در چهار سطح با سه تکرار در هر تیمار ارزیابی شد. تأثیر تیمارها بر ویژگی‌های کیفی خرما با آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵ درصد و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون دانکن و استفاده از برنامه نرم‌افزار SPSS بررسی شد.

نتایج و بحث

زنده‌مانی حشره‌ها در خرما

دمای محیط بر زنده‌مانی حشره‌ها تأثیر معنی‌داری داشت ($p < 0.05$). تعداد حشره‌های زنده شمارش شده در دمای بالاتر بیشتر بود بدین معنی که در اتمسفر اصلاح‌شده با ۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن پس از ۱۵۰ روز نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، ۲ درصد حشره‌ها و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، ۲۲ درصد حشره‌ها زنده مانده بودند.



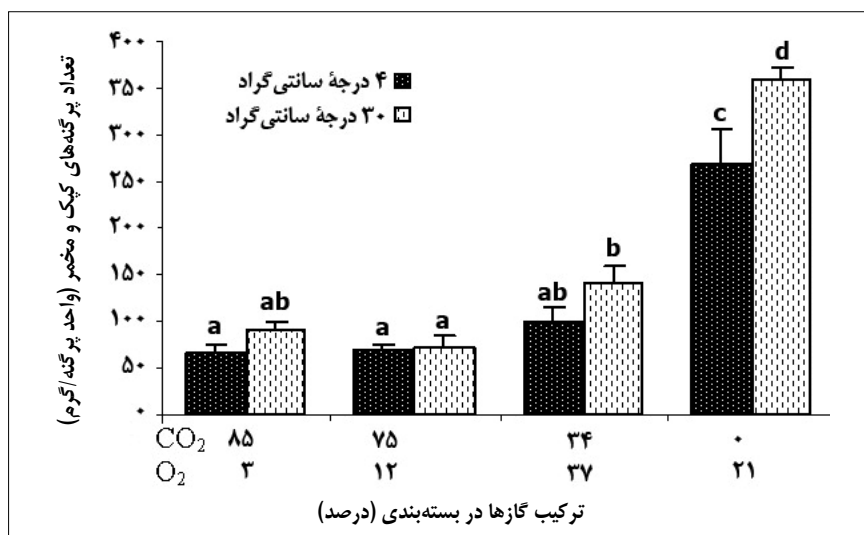
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر ترکیب گاز در بسته‌بندی و دمای نگهداری بر زنده‌مانی شپشه دندانه‌دار در خرماي ساير پس از ۱۵۰ روز نگهداری

تعداد پرگنه‌های کپک و مخمر خرما

مطابق با شکل ۲ تعداد پرگنه‌های کپک و مخمر در نمونه‌های تیمار شده با اتمسفر اصلاح شده به طور معنی‌داری کمتر از نمونه‌های شاهد بسته‌بندی شده در هوای معمولی بود ($p < 0.05$). در دمای بالاتر، تعداد پرگنه‌ها به طور معنی‌دار و چشمگیری بیشتر بود ($p < 0.05$) به طوری که در میوه‌های شاهد نگهداری شده در هوای معمولی و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ریشه‌های کپک و مخمر حتی با چشم غیر مسلح نیز رؤیت می‌شد. مشابه با روند تغییرات زنده‌مانی حشره‌ها، افزایش میزان دی‌اکسید کربن اثر کاهنده بر تعداد پرگنه‌ها داشت. مازا و جایاس (Mazza & Jayas, 2001) نشان دادند که افزایش دی‌اکسید کربن (از ۲۰ به ۶۰ درصد)

از رشد قارچ‌ها جلوگیری می‌کند و به تدریج منجر به مرگ آنها می‌شود. این نتایج مشابه با یافته‌های هوگرورف و همکاران (Hoogerwerf *et al.*, 2002) است. این محققان گزارش کردند که کاهش رشد قارچ‌ها به دلیل کاهش pH داخل سلولی و در نتیجه مداخله در متابولیسم سلولی است. به جز مخمرها، میکروارگانیسم‌های که می‌توانند روی خرما رشد کنند اغلب هوازی‌اند و در اثر ترکیب نامناسب اتمسفر اطرافشان از بین می‌روند. یکی از مکانیسم‌های نگهداری خرما در بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده نامناسب کردن اتمسفر داخل بسته‌بندی است که از رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری می‌کند (Blackstone, 1998; Dowson & Aten, 1962)

تأثیر غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی با ...

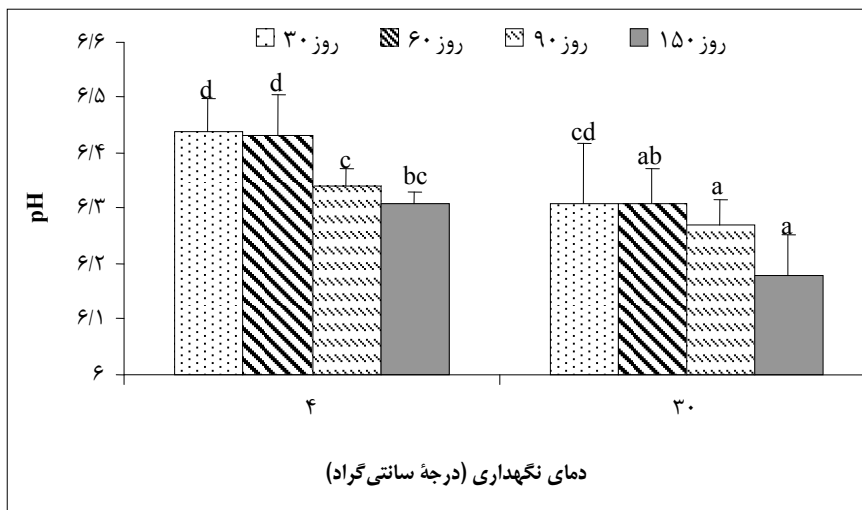


شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ترکیب گاز در بسته‌بندی و دمای نگهداری بر تعداد پرگنه‌های کپک و مخمر در هر گرم خرما پس از ۱۵۰ روز نگهداری

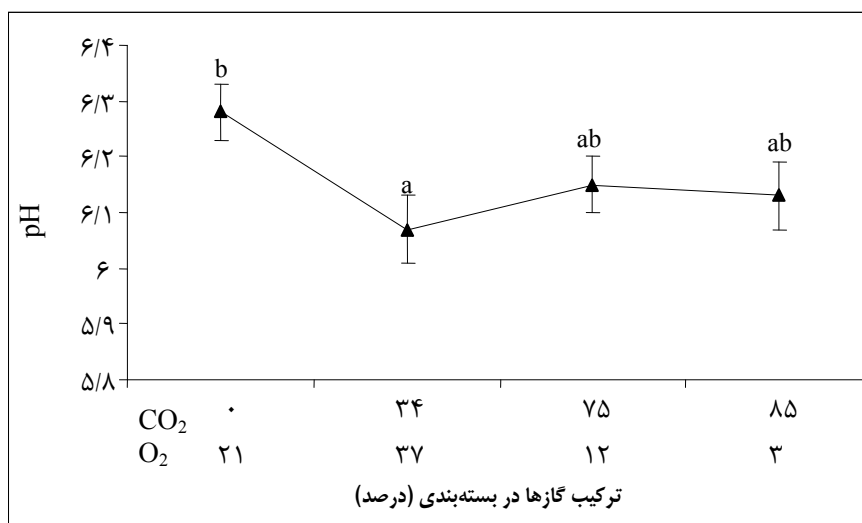
دی‌اکسیدکربن به تنهایی منجر به کاهش ۰/۲ واحد در pH شد. کمترین مقدار pH، در نمونه‌های با اتمسفر اصلاح‌شده دارای ۳۴ درصد دی‌اکسیدکربن + ۳۷ درصد اکسیژن مشاهده شد (شکل ۴) که این امر تا حدودی در نتیجه انحلال‌پذیری گاز و بخش عمده آن در نتیجه فعالیت کپک‌ها و مخمرهاست. تجزیه واریانس اثر معنی‌دار عوامل اصلی ترکیب گاز در بسته‌بندی و دما را بر pH نشان داد اما اثر متقابل دما و ترکیب گاز معنی‌دار نبود ($p < 0.05$) که احتمالاً به دلیل نحوه اثر متفاوت دما بر میکروارگانیسم‌ها و انحلال‌پذیری گاز است. برای مثال دمای پایین همزمان باعث افزایش انحلال‌پذیری گاز دی‌اکسیدکربن و کاهش pH و کاهش فعالیت کپک و مخمر و تولید کمتر اسید می‌شود.

pH خرما

نتایج نشان می‌دهد که با گذشت زمان نگهداری، دمای نگهداری مؤثرترین عامل تغییرات pH خرماست (شکل ۳). کپک‌ها و مخمرها در ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی مناسب محیط، با رشد و فعالیت خود قند موجود در خرما را به اسید تبدیل می‌کنند و در نتیجه pH میوه‌های خرما را کاهش می‌دهند. در دمای کمتر (۴ درجه سانتی‌گراد)، این میکروارگانیسم‌ها اسید کمتری تولید می‌کنند (Barreveld, 1993)، اما عامل مؤثر دیگر بر pH در اتمسفر اصلاح‌شده انحلال‌پذیری دی‌اکسیدکربن در بافت میوه است که مقداری افت در pH ایجاد می‌کند (Ohlsson *et al.*, 2002)، در پژوهش حاضر اثر گاز



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر دما و مدت نگهداری بر pH خرمای سایر پس از ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۵۰ روز نگهداری



شکل ۴- مقایسه میانگین تأثیر ترکیب گاز در بسته‌بندی بر pH خرمای سایر پس از ۱۵۰ روز نگهداری

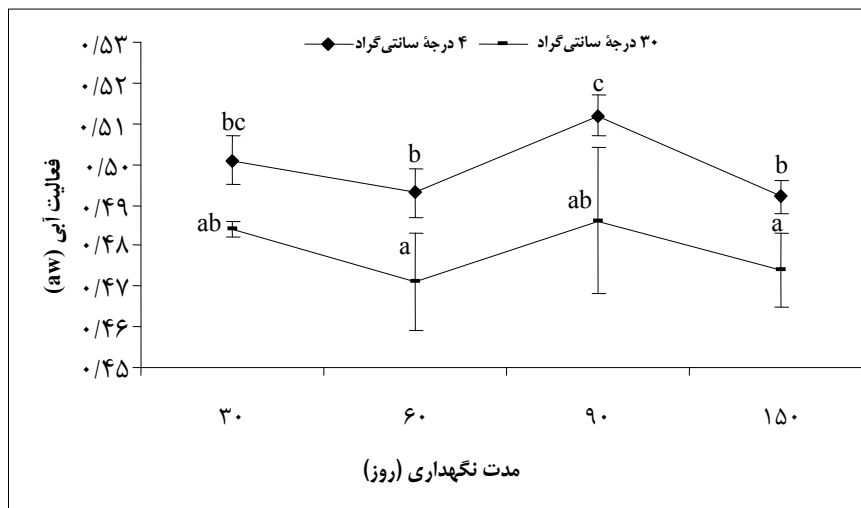
در نمونه‌های نگهداری شده در ۴ درجه سانتی‌گراد و کمترین آن در نمونه‌های نگهداری شده در ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. آب در ماده غذایی فشار بخار ایجاد می‌کند که

فعالیت آبی (a_w) خرما
در مدت نگهداری، دما تأثیری معنی‌دار بر فعالیت آبی میوه‌ها داشت ($p < 0.05$) (شکل ۵). بیشترین فعالیت آبی

تأثیر غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی با ...

نفوذپذیربودن پوشش نسبت به بخار آب، فعالیت آبی طی مدت نگهداری کاهش یافته است. فعالیت آبی بالا کیفیت خوراکی خرما را افزایش می‌دهد (Bourne, 1987) که البته این امر همراه با افزایش احتمال فساد میکروبی نیز هست.

این فشار به مقدار آب ماده غذایی، دما، و غلظت مواد محلول در غذا بستگی دارد (Fellows, 2000). از آنجاکه رطوبت نسبی محیط و شرایط میوه ثابت بوده است، فعالیت آبی مستقیماً تحت تأثیر دما قرار گرفته است. همچنین به دلیل



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر دما و مدت نگهداری بر فعالیت آبی خرماهای سایر پس از ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۵۰ روز نگهداری

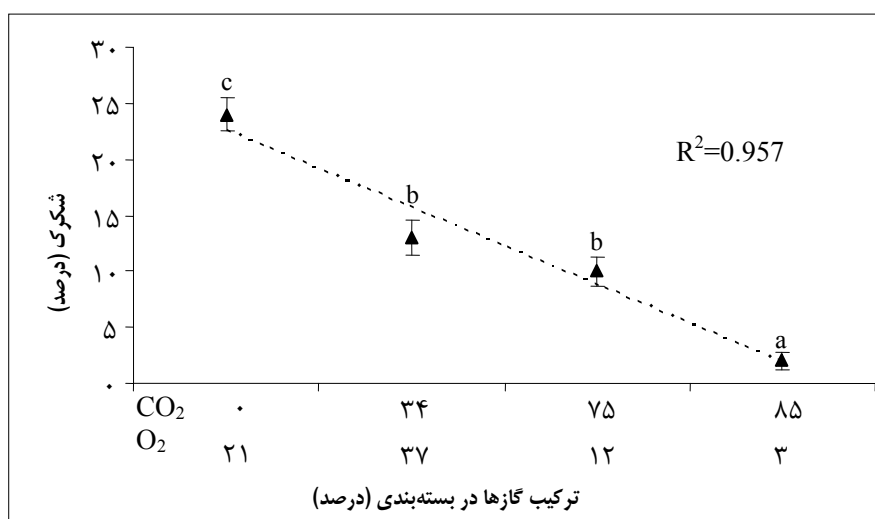
درصد شکرکزدن دارد (شکل ۶). افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن درصد شکرکزدن را کاهش داد، به طوری که در اتمسفر اصلاح‌شده با ۸۵ درصد دی‌اکسیدکربن کمترین مقدار شکرکزدن مشاهده شد. خروج آب از میوه خرما طی پدیده رسیدگی و تنفس رخ می‌دهد. هر عاملی که بتواند سرعت این پدیده‌ها را کاهش دهد، بی‌شک می‌تواند بر شکرکزدن که ناشی از حرکات آب در داخل میوه است نیز

شکرکزدن میوه خرما

در نتیجه حرکت بخار آب داخل میوه به سمت خارج، مقداری از قند موجود در بافت میوه که در آب در حال حرکت حل شده است به سطح میوه می‌آید؛ با تبخیرشدن آب از سطح میوه، قند بر سطح میوه باقی می‌ماند، بلوری می‌شود، و شکرک تشکیل می‌دهد (Navarro, 2006). در این پژوهش مشخص شد که غلظت گازها تأثیری معنی‌دار ($p < 0.05$) بر

دی اکسیدکربن را در کاهش شکرک زدن گزارش کرده است اما اشاره می کند که شکرک زدن در خرما در دمای پایین تر نیز افزایش می یابد که البته در پژوهش حاضر این امر مشاهده نشد و اثر دما بر شکرک زدن معنی دار نبود ($p < 0.05$).

مؤثر باشد. در نتیجه افزایش گاز دی اکسیدکربن اطراف میوه کلیه فعالیت های زیستی از جمله رسیدگی و تنفس و در نتیجه از دست دادن آب نیز کندتر می شود و بنابراین سرعت تشکیل شکرک کاهش می یابد. ناوارو و ناوارو و همکاران (Navarro, 2006; Navarro et al., 2001) اثر گاز



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر ترکیب گازها در بسته بندی بر درصد خرماهای شکرک زده پس از ۱۵۰ روز نگهداری

اکسیژن بعد از ۱۵۰ روز نگهداری تغییر رنگ مشابه با نمونه های شاهد مشاهده شد. اما در نمونه های دارای ۳۴ درصد دی اکسیدکربن + ۳۷ درصد اکسیژن تغییر رنگ بیش از نمونه های شاهد بود. با وجود گزارش کیدر و همکاران (Kader et al., 1998) مبنی بر اینکه نگهداری میوه تحت گاز دی اکسیدکربن با غلظت بالا منجر به آسیب فیزیولوژیک در میوه و تغییر رنگ آن می شود، یافته های پژوهش حاضر نشان داد که در دمای پایین (۴ درجه سانتی گراد) افزایش درصد گاز

درصد تغییر رنگ خرما

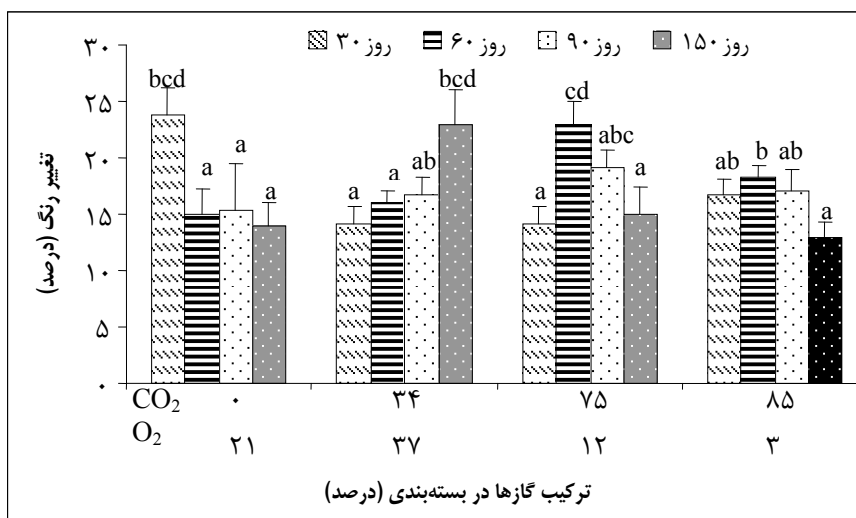
درصد تغییر رنگ خرما در دو دمای ۴ و ۳۰ درجه سانتی گراد از نظر آماری اختلاف معنی دار نداشت ($p < 0.05$). در حالی که اثر ترکیب اتمسفر اصلاح شده به تنهایی معنی دار نبود، اثر متقابل ترکیب گازها و زمان نگهداری بر تغییر رنگ معنی دار بود ($p < 0.05$) (شکل ۷). در نمونه های بسته بندی شده با اتمسفر اصلاح شده دارای ۸۵ درصد دی اکسید کربن + ۳ درصد اکسیژن و ۷۵ درصد دی اکسیدکربن + ۱۲ درصد

تأثیر غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن در بسته‌بندی با ...

نشان داده است که با استفاده از اتمسفر اصلاح‌شده دارای کمتر از ۲۰ درصد دی‌اکسیدکربن تغییر رنگ به تاخیر می‌افتد (Marrero & Kader, 2006; Serrano *et al.*, 2006) در حالی که در این پژوهش کاهش یا افزایش تغییر رنگ نسبت به نمونه‌های شاهد مشاهده نشد. این امر ممکن است به دلیل ماهیت پژوهش و استفاده از غلظت‌های بالاتر دی‌اکسیدکربن باشد.

دی‌اکسیدکربن علاوه بر آنکه تغییر رنگ را افزایش نمی‌دهد، بر حشره‌زدایی خرما نیز مؤثر است. این تفاوت در رفتار میوه‌ها ممکن است به دلیل تفاوت در میزان تنفس و همچنین بافت آنها باشد.

دلیل تغییر رنگ در خرما فعالیت آنزیمی و به ویژه آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز (Barreveld, 1993) و نیز رشد مخمرهاست (Dowson & Aten, 1962). یافته‌های پژوهشگران دیگر



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر ترکیب گازها در بسته‌بندی و مدت نگهداری بر درصد خرماهای تغییر رنگ یافته پس از ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۵۰ روز نگهداری

آلوده به حشره باشد، استفاده از روش اتمسفر اصلاح‌شده با ترکیب گازی معمول مورد استفاده برای سایر میوه‌ها، مناسب نیست. در این شرایط باید از ترکیب گازی استفاده شود که بتواند علاوه بر حفظ کیفیت خرما، حشره‌زدایی نیز بکند. در این پژوهش، اتمسفر اصلاح‌شده‌ای به کار رفته که در آن غلظت گاز دی‌اکسیدکربن به بیش از ۳۰ درصد افزایش یافته بود. ترکیب گازی بهینه مورد نیاز برای حشره‌زدایی خرما را رقم سایر و همچنین

نتیجه‌گیری

در حال حاضر متداول‌ترین روش حشره‌زدایی و ضدعفونی کردن خرما، گازدهی با متیل‌بروماید است که براساس پروتکل مونترال تنها تا سال ۲۰۱۵ می‌تواند ادامه یابد. از این رو یافتن جایگزین مناسب برای این روش ضروری است. بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) روش مناسبی برای نگهداری میوه‌ها و سبزی‌ها از جمله خرماست (Blackistone, 1998)، اما در صورتی که محصول

اثر این نوع بسته‌بندی بر کیفیت این خرما ارزیابی شد. یافته‌ها در بسته‌های اتمسفر اصلاح‌شده با ۸۵ درصد دی‌اکسید کربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. با اینکه بو یا طعم نامطبوع ناشی از تنفس بی‌هوازی ایجاد نشد پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های بیشتری در زمینه اندازه‌گیری تغییرات تنفسی خرماهای تیمار شده به روش فوق اجرا شود.

این پژوهش، روشی قابل تامل برای حشره‌زدایی خرماهای رقم سایر معرفی کرد که در مقایسه با نمونه‌های شاهد آثاری مثبت بر ویژگی‌های کیفی مورد آزمایش نیز داشت. این روش توانست زنده‌مانی حشره‌ها، تعداد پرگنه‌های کپک و مخمر و درصد شکرک‌زدن را به‌طور چشمگیری کاهش دهد، بی‌آنکه آسیب فیزیولوژیکی از جمله

مراجع

- Achour, M., Amara, S. M., Ben Salem, N., Jebali, A. and Hamdi, M. 2003. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on *Deglet nour* date storage in Tunisia. *Fruits*, 58, 205-212.
- Al-Redhaiman, K. N. 2005. Modified atmosphere extends storage period and maintains quality of *Barhi* date fruits. *Acta Hort.* 682, 979-986.
- Anon. 1985. Codex standard for dates. Codex Alimentarius Committee. No. 143.
- Anon. 1996. Specification for *Sayir* dates. Institute of Standard and Industrial Research of Iran. No. 258. (in Farsi)
- Anon. 1998. Montreal protocol on substances that deplete the ozone layer. Assessment of Alternatives to Methylene Bromide Alternatives Committee. Nairobi. Kenya.
- Barreveld, W. H. 1993. Date Palm Products. Food and Agriculture Organization Agricultural Services Bulletin No. 101. Rome. Italy.
- Bell, C. H. 2000. Fumigation in the 21st century. *Crop Prot.* 19, 563-569.
- Blackstone, B. A. 1998. Principles and Applications of Modified Atmosphere Packaging of Food. Second Ed. Washington D. C. Blackstone. USA.
- Bourne, M. C. 1987. Effects of Water Activity on Properties of Food. In: Rockland L. B. and Bachat. L.R. (Eds.). Water Activity, Theory and Applications to food. Marcel and Dekker. N. Y.
- Dowson, V. H. W. and Aten, A. 1962. Dates Handling, Processing and Packing. Food and Agriculture Organization of United Nations. Italy. Rome.
- Elhadi, M. Y. 2006. Effects of insect quarantine treatments on quality of horticultural crops. *Stewart Postharvest Rev.* 1, 18p.
- Fellows, P. J. 2000. Controlled or Modified Atmosphere Storage and Packaging. In: Food Processing Technology, Principles and Practice. CRC press. USA.
- Hoogerwerf, S. W., Kets, E. P. W. and Dijksterhuis, J. 2002. High-oxygen and high-carbon dioxide containing atmospheres inhibit growth of food associated moulds. *Lett. Appl. Microbiol.* 35, 419-422.
- Jayas, D. S. 2000. Controlling insects in stored grains using modified atmospheres of elevated carbon dioxide. *Canadian Chemical News.* Jul./Aug. 10-12.

- Jayas, D. S. and Jeyamkondan, S. 2002. Modified atmosphere storage of grains meats fruits and vegetables: Review paper. *Biosys. Eng.* 82, 235-251.
- Jowkar, M. M., Mohammadpour, H., Farshadfar, Z. and Jowkar, A. 2005. A look at postharvest in Iran. *Acta Hort.* 682, 2177-2182.
- Kader, A. A., Singh, P. Mannapperuma, J. D. 1998. Technologies to Extend the Refrigerated Shelf life of Fresh Fruits. In: Taub, I. A. and Singh, R. P. (Eds.). *Food storage stability*. Baco Raton. Fl: CRC Press LLC.
- Lashkari, E. 2005. Study on the effect of modified atmosphere packaging (MAP) on the shelf life of pomegranate fruit and determination of optimum packaging conditions. M. Sc. Thesis. Faculty of Biosystem Engineering. College of Agriculture and Natural Resources. Tehran University. Karaj. Iran. (in Farsi)
- Leelaja, B. C., Rajashekar, Y., Vanitha Reddy, P., Khamrunissa B. and Rajendran, S. 2007. Enhanced fumigant toxicity of allyl acetate to stored-product beetles in the presence of carbon dioxide. *J. Stored Prod. Res.* 43, 45-48.
- Marrero, A. and Kader, A. A. 2006. Optimal temperature and modified atmosphere for keeping quality of fresh-cut pineapples. *Postharvest Biol. Technol.* 39, 163-168.
- Mazza, G. and Jayas, D. S. 2001. Controlled and modified atmosphere storage. In: Eskin, M. N. A. and Robinson, D. S. (Eds.). *Food shelf life stability: Chemical, Biochemical and Microbiological changes*. Baco Raton. Fl: CRC Press LLC.
- Meyvaci, K. B., Aksoy, U., Şen, F., Altindişli, A., Turanlı, F., Emekçi, M. and Ferizli, A. G. 2003. Project to phase-out methyl bromide in the dried fig sector in Turkey. *Acta Hort.* 628, 73-81.
- Navarro, S. 2006. Postharvest treatment of dates. *Stewart Postharvest Rev.* 2, 1-9.
- Navarro, S., Donahaye, E., Rindner, M., and Azrieli, A. 1998. Storage of dried fruits under controlled atmosphere for preservation and control of nitidulid beetles. *Acta Hort.* 480, 221-226.
- Navarro, S., Donahaye, E. J., Rindner M. and Azrieli, A. 2001. Storage of dates under carbon dioxide atmosphere for quality preservation. In: Donahaye, E. J., Navarro, S. and Leesch, J. G. (Eds.). *Proceedings of International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*. Fresno. CA. Oct. 29. Nov. 3. Executive Printing Services. Clovis. CA. USA.
- Ohlsson, T., Gothenburg and Bingtsson, N. 2002. *Modified Atmosphere Packaging*. In: Ohlsson, T. and Bingtsson, N. (Eds.). *Minimal processing technologies in food industry*. Cambridge. England. Woodhead publishing limited.
- Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. and Valero, D. 2006. Maintenance of broccoli quality and functional properties during cold storage as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol. Technol.* 39, 61-68.
- Shahbake, M. A., Momen, R. F. and Behmadi, H. 2002. Status report on the post-harvest sector in west and central Asia sub-region. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 1-32.
- Sharaiei, P. 1996. Modified atmosphere packaging of mushrooms. M. Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modarres University. Tehran. Iran. (in Farsi)
- Shenasi, M., Aidoo, K. E. and Candlish, A. A. G. 2002. Microflora of date fruits and production of aflatoxins at various stages of maturation. *Int. J. Food Microbiol.* 79, 113-119.
- Tajjeddin, B. and Hamidi, Z. 1996. Modified atmosphere packaging of apples for exports. *Proceedings of the First Congress of Sciences and Horticulture Society*. Karaj. Iran. (in Farsi)

Effect of Elevated Concentrations of CO₂ in Modified Atmosphere Packaging on the Quality of *Sayer* Dates

Z. Dehghanshoar*, Z. Hamidi Esfahani, S. Abbasi and H. Behmadi

* Corresponding Author: M.Sc. Graduate, Tarbiat Modares University, P. O. Box: 14155-4838, Tehran, Iran, E-mail: zeinabshoar@yahoo.com

The purpose of this research was to determine the effect of modified atmosphere packaging (MAP) containing high carbon dioxide gas concentrations on the quality of *Sayer* dates, to be used as a safe alternative to methyl bromide fumigation. Different percentages of gases (85% CO₂ + 3% O₂ + 12% N₂; 75% CO₂ + 12% O₂ + 13% N₂; 34% CO₂ + 37% O₂ + 29% N₂) were injected into the cellophane packages. The control samples were cellophane packages with normal atmosphere content and simple heat seals. The packages were stored at 4°C and 30°C and sampled after 30, 60, 90 and 150 days of storage. The dates were tested for sugar spotting, blemish formation, pH value, water activity (a_w), survival of *Oryzaephilus surinensis* insects, and mold and yeast counts. The samples were analyzed in three replications using a randomized complete factorial design. The percentage of insects and the mold and yeast counts were highest in the control samples stored at 30°C and the lowest values were in packages containing 85% CO₂ + 3% O₂ + 12% N₂. The lowest pH value was found in samples in MAP with 34% CO₂ + 37% O₂ stored at 30°C. Samples stored at 30°C had a significantly lower pH values than did those at 4°C ($p < 0.05$). Gas concentration did not have a significant effect on blemishing but the interaction effect of gas concentration and period of storage was significant ($p < 0.05$). Increasing CO₂ concentration had a significant effect on the reduction of sugar spotting with the least sugar spotting percentages reported in MAP containing 85% CO₂ + 3% O₂ + 12% N₂ ($p < 0.05$). Overall, the MAP treatment of samples containing 85% CO₂ + 3% O₂ + 12% N₂ and stored at 4°C was considered the most suitable for *Sayer* date fruit preservation and disinfestation.

Key Words: Date Fruit, Modified Atmosphere Packaging, Preservation, *Sayer* Variety