مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۲/ شماره ۳/سال ۱۳۹۰/ص ۷۰-۵۷

اثر استفاده از فناوری بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) بر عمر ماندگاری انجیر نیمه‌مرطوب منطقهٔ استهبان

اکبر جوکار[*]، حمید زارع، هما بهمدی و لادن جوکار[**]

[*]نگارنده مسئول، نشانی: شیراز، زرقان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منبع طبیعی استان فارس، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، تلفن: ۰۷۱۲-۴۲۲۳۷۷۹، پیام نگار: akbarjokar@gmail.com

[**]به‌ترتیب مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس؛ مربی پژوهشی ایستگاه تحقیقاتی انجیر استهبان؛ مربی پژوهشی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج؛ مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

تاریخ دریافت:۸۹/۱۱/۱۹؛ تاریخ پذیرش:۹۰/۸/۳

چکیده

این پژوهش به‌منظور جلوگیری از رشد و فعالیت حشرات و میکروارگانیسم‌ها و حفظ کیفیت انجیر نیمه‌مرطوب اجرا شد. ویژگی‌های میکروبیولوژیکی، فیزیکی، شیمیایی، و آفات انباری میوه انجیر رقم سبز استهبان به‌صورت نیمه‌مرطوب شده پس از ۳ و ٦ ماه نگهداری در دو دمای ۲۵ و ٤۰ درجه سلسیوس ارزیابی شد. تیمارهای گازی اعمال شده شامل: ۱- یک درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۷٤ درصد نیتروژن؛ ۲- یک درصد اکسیژن، ۵۰ درصد دی‌اکسیدکربن و ٤۹ درصد نیتروژن؛ ۳- یک درصد اکسیژن، ۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۲٤درصد نیتروژن؛ ٤- ۹۵ درصد خلأ؛ و ۵- نمونه شاهد (هوای آزاد) (۲۱ درصد اکسیژن، ۰/۳ درصد دی‌اکسیدکربن، و ۷۸ درصد نیتروژن) بود. نتایج نشان می‌دهد که تیمارهای گازی مختلف بر بعضی ویژگی‌ها مانند رنگ، اسیدیته، رطوبت، تعداد کل باکتری‌ها، کپک، و مخمر تأثیر معنی‌داری ندارند ($p<0/05$). اما تأثیر این تیمارها بر کاهش آفات انباری مانند لارو حشرات پس از ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس معنی‌دار است. بیشترین تعداد لارو مرده در تیمار ۹۵ درصد خلأ مشاهده شده است. دمای ٤۰ درجه سلسیوس به دلیل تأثیر بسیار نامطلوب بر رنگ و بافت، نمی‌تواند برای نگهداری انجیر نیمه‌مرطوب دمایی مطلوب باشد.

واژه‌های کلیدی

آفات انباری، اتمسفر اصلاح‌شده، انجیر نیمه‌مرطوب، لارو

مقدمه

انجیر با نام علمی *Ficus carica* L متعلق به خانواده موراسه[1] است و در بسیاری از کشورهای دنیا به‌ویژه با آب و هوای نیمه‌گرمسیری تولید می‌شود. طبق آمار سازمان خواربار و کشاورزی جهان[2]، تولید انجیر در دنیا در سال ۲۰۰۹ میلادی ۱۱۸۳۲۴۸ تن بوده است و ایران با ۴۱۵۱۳ هکتار سطح زیر کشت و تولید سالیانه حدود ۵۴۶۹۵ تن، پنجمین کشور تولید کننده جهان بوده است (FAO, 2009). این میوه یکی از اقلام مهم صادراتی کشور محسوب می‌شود و به‌ویژه انجیر منطقهٔ استهبان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تولید انجیر در منطقهٔ استهبان به بیش از ۲۰۰۰۰ تن در سال می‌رسد و ارزش صادرات انجیر خشک از منطقهٔ استهبان در سال ۲۰۰۵ میلادی بیش از ۸ میلیون دلار برآورد شده است. این محصول به‌طور عمده به ژاپن، چین، آلمان، و کشورهای حاشیهٔ خلیج فارس صادر می‌شود (Badii *et al.*, 2009).

از مهم‌ترین مسائل انجیر ایران وضعیت نامناسب نگهداری، بسته‌بندی، و درجه‌بندی؛ رعایت نشدن موازین بهداشتی؛ نداشتن استانداردهای بین‌المللی؛ و نبود سامانه رقابتی مثبت در صادرات این محصول استراتژیک است. آلودگی

1- Moraceae
2-FAO

انجیر خشک به آفات انباری نیز از مشکلات عمدهٔ صادرات این محصول به‌شمار می‌رود. کاهش کیفیت و کمیت انجیر، در نتیجهٔ فعالیت آفات انباری و قارچ‌ها طی انبارمانی بسیار محسوس است. آلودگی میوه‌های انجیر به آفات انباری مثل شب‌پرهٔ هندی[1]، شب‌پرهٔ کشمش[2]، شب‌پره انجیر[3]، و زهرابهٔ آفلاتوکسین از باغ شروع می‌شود و تا زمان مصرف ادامه می‌یابد. این آلودگی‌ها بر صادرات انجیر خشک و انجیر نیمه‌مرطوب فرآوری شده (پرسی) تأثیر می‌گذارد (Jokar *et al*., 2010).

برای مبارزه با این گونه آفات تاکنون از روش‌های مختلفی استفاده شده است مانند کاربرد مواد شیمیایی، مبارزه زیستی، پرتودهی، گرمادهی، و سرمادهی. به‌منظور جلوگیری از خسارت آفات انباری در انجیر، امروزه مصرف گاز متیل‌بروماید و قرص فسفید آلومینیم در استهبان متداول است که متأسفانه متیل بروماید علاوه بر سرطان‌زا بودن، آثار مخرب زیست محیطی نیز دارد (Rahemi & Zare, 2002; Damarli *et al*., 1998). کاربرد سموم شیمیایی مشکلاتی نیز به همراه دارد مانند مقاوم شدن حشرات به این مواد یا باقی ماندن سموم روی مواد غذایی و آثار سوء حاصل از آن. استفاده از پرتوهای یون‌ساز با شکستن زنجیره‌های پروتئینی و پیدایش مواد سمی و مبارزهٔ زیستی به کمک انواع باکتری‌ها، ویروس‌ها، و حشرات در ضدعفونی کردن انجیر مشکلات زیادی دارند. بنابراین باید روش‌هایی برای ضدعفونی کردن انجیر به‌کار گرفته شوند که کاملاً بی‌خطر باشند و در عین حال مشکل را برطرف کنند (Rahemi, 1984).

بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح‌شده، طبق تعریف، به نوعی از بسته‌بندی، گفته می‌شود که در آن ترکیب گازهای مورد استفاده در فضای بسته‌بندی در مقایسه با ترکیب معمول موجود در هوا، به‌منظور افزایش ماندگاری مادهٔ غذایی تغییر یافته است. در این روش، با استفاده از درصد بالای دی‌اکسیدکربن و درصد پایین اکسیژن فرآیندهای زیستی و بیوشیمیایی کند می‌شود (Fellows, 2000; Ori & Stailz, 2001; Rahemi, 1984; Fatemian, 2011; Mirnezami & Koohi, 2001).

پیگا وهمکاران (Piga *et al*., 1998)، اعلام کردند که ۹۹ درصد نیتروژن و ۱ درصد اکسیژن درون ظروف نگهداری انجیر تازه رقم *Niedda longa* به کاهش پوسیدگی کپکی می‌انجامد. آکوینو و همکاران (Aquino *et al*., 1998)، در مورد بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شدهٔ انجیر تازه اعلام کردند که تغییر اتمسفر ظروف بسته‌بندی انجیر تازه رقم *Craxiou de porcu* با ۱۰۰ درصد نیتروژن، در تأخیر پوسیدگی تأثیر بیشتری دارد تا تیمارهای خلأ (بدون گاز)، افزودن ۱۰۰ درصد دی‌اکسیدکربن، و یا شاهد بدون بسته‌بندی. این محققان اضافه می‌کنند که با گذشت ۵ روز میوه‌های پوسیده در تیمار نیتروژن خالص حدود ۳۰ اما در تیمارهای دیگر ۵۵ درصد بوده است. ناوارو و همکاران (Navarro *et al*., 1998)، با تزریق دی‌اکسیدکربن تا حدود ۸۰-۶۰ درصد حجم انبار با فشار زیاد در طی یک ساعت و تزریق روزانه ۰/۸ کیلوگرم دی‌اکسیدکربن در فضای ۱۵۱ مترمکعبی در دورهٔ ۴/۵ ماه نگهداری خرما و انجیر خشک، جمعیت آفات انباری به‌خصوص سوسک میوه‌خوار انبار را به‌طور مؤثر کاهش دادند، تا آنجا که نتایج حاصل از اجرای که این روش تفاوت معنی‌داری با نگهداری این محصولات در دمای منهای ۱۸ درجهٔ سلسیوس نداشت. دامارلی و همکاران (Damarli, *et al*., 1998)، اعلام کردند که تثبیت گاز اکسیژن به مقدار کمتر یا مساوی ۱ درصد و دی‌اکسیدکربن در حدود ۱۵-۱۰ درصد درون انبار انجیر خشک به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در کنترل لارو و تخم آفت انباری مهم این محصول (*Cardra cautella*) مفید بوده است بی‌آنکه اثر سوء بر شاخص‌های کیفی محصول بگذارد. فاتح و همکاران (Fatih *et al*., 2010) تأثیر اتمسفر کنترل‌شده با غلظت اکسیژن ۱±۰/۵ درصد را در دمای ۴۱ درجه سلسیوس بر کنترل آفات انباری انجیر خشک مطالعه کردند. این محققان نمونه‌ها را در انبار با اتمسفر کنترل‌شده با شرایط ذکر شده در بالا به‌مدت حداکثر ۲۸ ساعت قرار دادند. نمونهٔ کنترل

1- Plodia interpunctella
2- Ephestia figuliella
3- Ephestia catella

تدخین‌شده با گاز متیل‌بروماید (با غلظت ۶۰ گرم در مترمکعب به‌مدت ۲۴ ساعت)، برای مقایسه و بررسی جایگزینی اتمسفر کنترل شده به جای متیل‌بروماید بررسی شد. هر ۲ نمونه را پس از اعمال تیمارها، به‌مدت ۴ ماه در هوای محیط قرار دادند. تیمار اتمسفر کنترل‌شده توانست ۱۰۰ درصد آفات انباری را در همان مراحل اولیه از بین ببرد. کیفیت انجیر خشک با اتمسفر کنترل‌شده از نظر رنگ، رطوبت، و سفتی با نمونه متیل‌برماید تفاوت معنی‌داری نداشت حتی از نظر کریستالیزاسیون قند تأثیر بهتری نیز نشان داد. آنها اعلام کردند که اتمسفر کنترل‌شده جایگزینی مناسب برای متیل‌بروماید خواهد بود).

مواد و روش‌ها

برای بسته‌بندی انجیر نیمه‌مرطوب با اتمسفر اصلاح‌شده، از دستگاه Original HenkelmanVaccum System استفاده شد که پس از ایجاد خلأ و اعمال تیمار گازی مورد نظر، دهانه ۶ بستهٔ مختلف را همزمان می‌دوخت. این دستگاه قادر بود تا ۹۵ درصد خلأ ایجاد کند. انجیر نیمه‌مرطوب با روش تجاری متداول کارگاه‌های بسته‌بندی برای صادرات تهیه شد. در این پژوهش تیمار ضدعفونی با متیل‌بروماید و استفاده از مواد نگهدارنده که به‌طور معمول در کارگاه‌ها اعمال می‌شوند، حذف شد. رطوبت اولیه انجیر ۱۵ درصد و پس از مرطوب شدن ۲۱ درصد بود. در این روش، انجیر درجه ۳ تجاری (دهان بسته و اندازه کوچک)، پس از دُم‌گیری، به‌مدت ۶ دقیقه در آب معمولی شستشو و سپس به‌مدت ۵ دقیقه در آب معمولی قرار داده شد. پس از آن، ۲۰۰ گرم انجیر نیمه‌مرطوب در هر بسته قرار گرفت. برای بسته‌بندی انجیر نیمه‌مرطوب از کیسه‌های نایلون ۶ در ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی‌متر با ضخامت ۲ میلی‌متر استفاده شد. قابلیت نفوذ اکسیژن، نیتروژن، و دی‌اکسیدکربن به ترتیب برابر ۰/۶، ۰/۳۵، و ۳ سانتی‌متر مکعب در مترمربع، در یک روز و قابلیت عبور بخار آب ۳ گرم در مترمربع در یک روز است.

تمامی مواد مورد نیاز برای اجرای آزمون‌های شیمیایی و میکروبی از شرکت تجاری مرک[1] خریداری شد. اسیدیتهٔ انجیر بر حسب سیتریک اسید و طبق روش استاندارد ملی ایران در خصوص آبمیوه‌ها (Anon, 1991) و رطوبت طبق روش AOAC اندازه‌گیری شد Horwitz, (2000)، با این تفاوت که دمای آون به ۹۰ درجه سلسیوس تغییر داده شد. افت وزنی نمونه‌ها بر اساس ۲۰۰ گرم وزن اولیه، رطوبت اولیه، و رطوبت ثانویه محاسبه شد. رنگ با استفاده از روش عکسبرداری دیجیتالی و تجزیه و تحلیل با نرم‌افزار فتوشاپ اندازه‌گیری و شاخص‌های Lab تعیین گردید. رنگ تجاری شامل قهوه‌ای روشن، قهوه‌ای تیره، و زرد روشن با استفاده از کاتولوگ تجاری ایکل کمپ[2] و مقایسه انجیرها با رنگ مربوطه بررسی شد. در حال حاضر، محققان ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان و تجار و صادرکنندگان انجیر برای طبقه‌بندی و قیمت‌گذاری محصول از این روش استفاده می‌کنند. آزمون‌های میکروبی انجیر نیمه‌مرطوب طبق استاندارد ملی ایران (Anon, 2003)، شامل شمارش کلی باکتری‌ها، کپک‌ها، و مخمرها اجرا شد. پس از بسته‌بندی، بسته‌ها در انبار معمولی با دو دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس به‌مدت شش ماه نگهداری شدند. پس از ۳ ماه، درصد آلودگی به آفات انباری با روش مشاهده درون بسته‌ها و باز کردن تک تک انجیرها به‌دست آمد. آفات انباری شامل لارو زنده، لارو مرده، شفیرهٔ زنده، شفیرهٔ مرده، پروانهٔ زنده، پروانهٔ مرده، کپک سفید، کپک سیاه، و کپک سبز بود.

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار گازی روی انجیر نیمه‌مرطوب و با ۳ تکرار به اجرا در آمد. سه ترکیب مختلف از ۳ نوع گاز اکسیژن، دی‌اکسیدکربن، و نیتروژن درون بسته‌های انجیر نیمه‌مرطوب به‌کار گرفته شد. گاز دی‌اکسیدکربن با خلوص ۹۰ درصد و گاز نیتروژن با خلوص ۹۵ درصد از شرکت بالان شیراز تهیه شد.

1- Merck

2- Standard Soil Color Charts, Eijkelkamp Agrisearch Equipment

سه ترکیب مختلف از گاز دی‌اکسیدکربن را در نظر گرفته و فضای باقیمانده درون بسته (به‌غیر از دی‌اکسیدکربن و اکسیژن) با گاز نیتروژن پر شد. هر ترکیب به عنوان یک تیمار به شرح جدول ۱ اعمال شد.

جدول ۱- شرح تیمارهای به‌کار رفته

کد تیمار	ترکیب گاز به‌کار رفته
۱	یک درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۷۴ درصد نیتروژن
۲	یک درصد اکسیژن، ۵۰ درصد دی‌اکسیدکربن و ۴۹ درصد نیتروژن
۳	یک درصد اکسیژن، ۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۲۴ درصد نیتروژن
۴	۹۵ درصد خلأ
۵	نمونهٔ شاهد (هوای آزاد) (۲۱ درصد اکسیژن، ۰/۳ درصد دی‌اکسیدکربن، و ۷۸ درصد نیتروژن)

پس از وزن کردن انجیر (و قبل از دوخت دهانه و تزریق گازها ۲ عدد لارو زندهٔ شب‌پرهٔ هندی از مهمترین آفت انباری انجیر) یعنی *Plodia interpunctella hubner* آگاهانه درون هر بسته رها گردید.

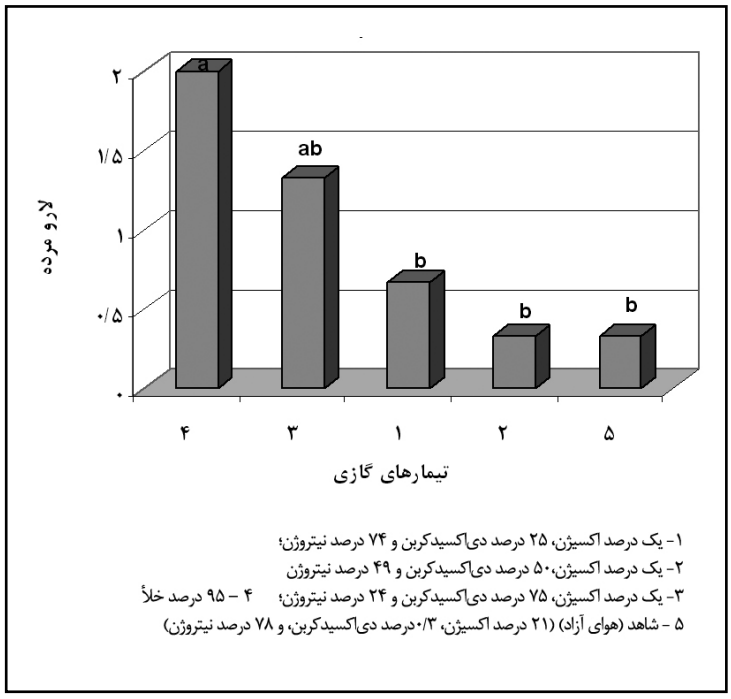
به‌منظور تعیین مقادیر اولیه ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها، ۳ نمونه از انجیر نیمه‌مرطوب مورد آزمایش، بلافاصله بعد ازبه‌کار گیری گاز به‌طور تصادفی انتخاب شد. نتایج به‌دست آمده جهت مقایسه و قرار دادن مبنا پس از ۳ و ۶ ماه نگهداری به‌کار گرفته شد. از روش ایجاد خلأ و جایگزین کردن گاز، برای ایجاد اتمسفر اصلاح‌شده در داخل بسته‌ها استفاده شد. برای این کار، محصول داخل بسته‌ها در داخل محفظه خلأ قرار داده شدند و به محض ایجاد خلأ در آنها و قبل از دوخت، مخلوطی از گازهای مورد نظر جایگزین شد. ترکیبات گازی با تعیین فشارهای جزیی گازهای نیتروژن و دی‌اکسیدکربن با فشارسنج اعمال شد.

نتایج پس از ۳ و ۶ ماه نگهداری در دو دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس جداگانه با نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شد. تأثیر دو دمای مختلف بر کیفیت انجیر نیمه‌مرطوب و نیز میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

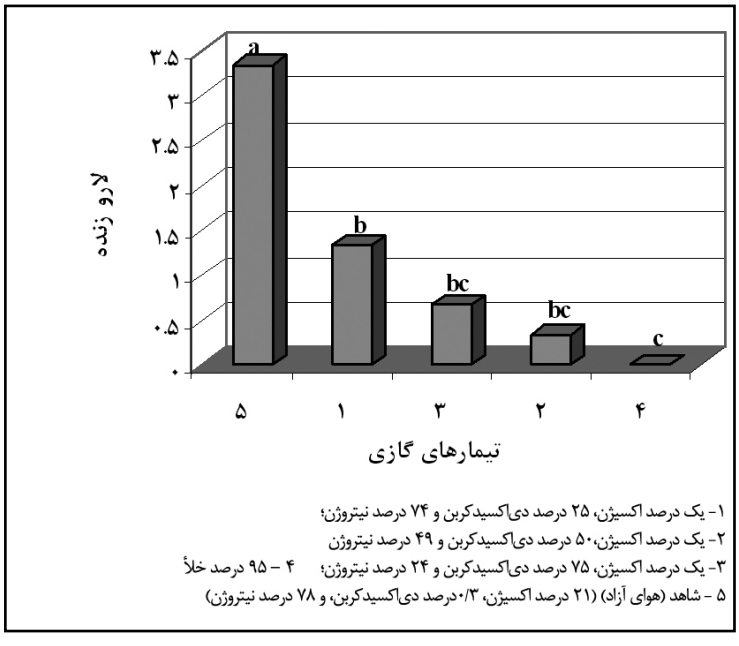
نتایج و بحث

اثر ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

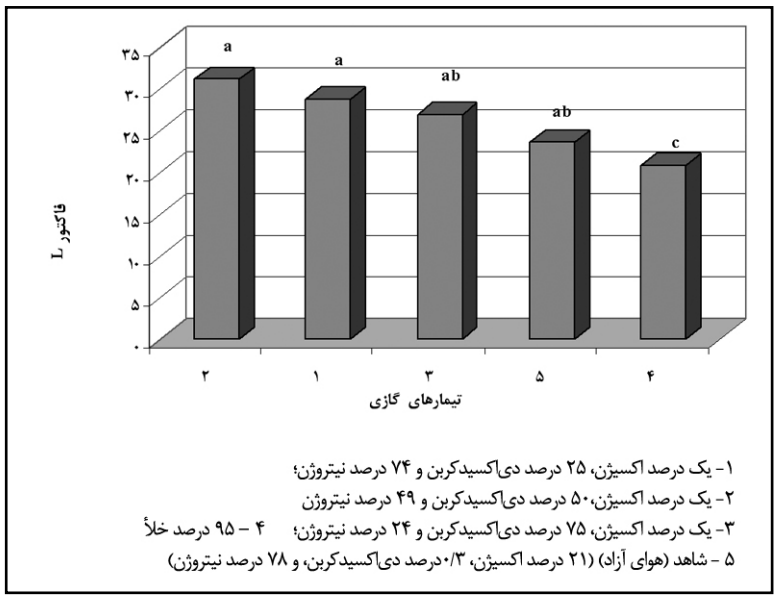
تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر لارو مرده، لارو زنده، و فاکتور L معنی‌دار اما بر بقیهٔ ویژگی‌ها معنی‌دار نبود ($p<۰/۰۵$). مقایسهٔ میانگین تأثیر تیمارهای گازی بر لارو زنده و مرده حشرات در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که شکل نشان می‌دهد، کاهش اکسیژن باعث خفگی لارو حشرات شده است. گذشت ۳ ماه از زمان بسته‌بندی باعث شده است که تعداد لارو مرده در تیمارهای مختلف یکسان شود؛ طوری‌که تعداد لارو مرده تیمار شاهد از نظر آماری با تیمارهای ۱، ۲، و ۳ تفاوت معنی دار نداشته باشد. علت این موضوع به تغییر طبیعی ترکیبات بسته‌بندی مربوط می‌شود، طوری‌که حتی در نمونه شاهد نیز اکسیژن به مرور از بسته‌بندی خارج شده و دی‌اکسیدکربن در اثر تنفس افزایش می‌یابد (Mohandass *et al.*, 2007; Riudavets *et al.*, 2008).



شکل ۱- تأثیر تیمارهای گازی بر لارو مردهٔ حشرات در انجیر نیمه‌مرطوب پس از ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجهٔ سلسیوس



شکل ۲- تأثیر تیمارهای گازی بر لارو زندهٔ حشرات در انجیر نیمه‌مرطوب پس از ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس



شکل ۳- تأثیر تیمارهای گازی بر شاخص L رنگ در انجیر نیمه‌مرطوب پس از تولید ۳ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

شکل ۳ نشان می‌دهد که، تأثیر تیمارهای گازی بر شاخص L رنگ انجیر نیمه‌مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس روند منطقی و منظمی ندارد، و نتیجهٔ علمی دقیقی از آن به‌دست نمی‌آید. بنابراین نمی‌توان کاهش اکسیژن یا افزایش دی‌اکسیدکربن را عامل مؤثری بر تغییر و تفاوت رنگ دانست. به نظر می‌رسد که گذشت ۳ ماه از زمان بسته‌بندی باعث شده است که بعضی ویژگی‌ها به مقدار زیادی تغییر کند و به یکدیگر نزدیک شوند. این احتمال وجود دارد که تیمارهای گازی بر بعضی از این ویژگی‌ها مانند رنگ مؤثر نباشند. مؤثر نبودن ترکیبات گازی بر رنگ، اسیدیته، و قند انگور را آرتس-هرناندز و همکاران (Art´es-Hern´andez *et al.*, 2006) گزارش کرده‌اند. دلیل بی‌تأثیر بودن ترکیبات گازی بر رنگ انجیر نیمه‌مرطوب به تغییراتی ارتباط دارد که انجیر در حین خشک شدن به‌ویژه از نظر رنگ، رنگدانه‌ها، و رطوبت متحمل می‌شود. بنابراین، تغییرات زیاد رنگ و رنگدانه‌های انجیر در حین خشک شدن و کاهش رطوبت آن باعث می‌شود که پس از خشک شدن و تهیهٔ انجیر نیمه‌مرطوب، ترکیبات گازی تأثیری بر رنگ نداشته باشند. اما تغییر رنگ انجیرهای خشک در حین نگهداری ناشی از عوامل دیگری مانند واکنش‌های میلارد مربوط است. عللی مانند جذب کم یا زیاد آب در انجیرهای مختلف، که ناشی از تفاوت اندازه و بافت آنهاست، بر واکنش میلارد و رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها تأثیر می‌گذارند. واکنش‌های میلارد بر خلاف واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی تحت تأثیر تغییر ترکیبات گازی قرار نمی‌گیرد (Nguyena *et al.*, 2004). پایین نگه‌داشتن دمای انبار در دورهٔ نگهداری محصول نیز بر کاهش سرعت واکنش قهوه‌ای شدن غیر آنزیمی مؤثر است (Sahari, 2002).

اثر ۳ ماه نگهداری در دمای ۴۰ درجه سلسیوس

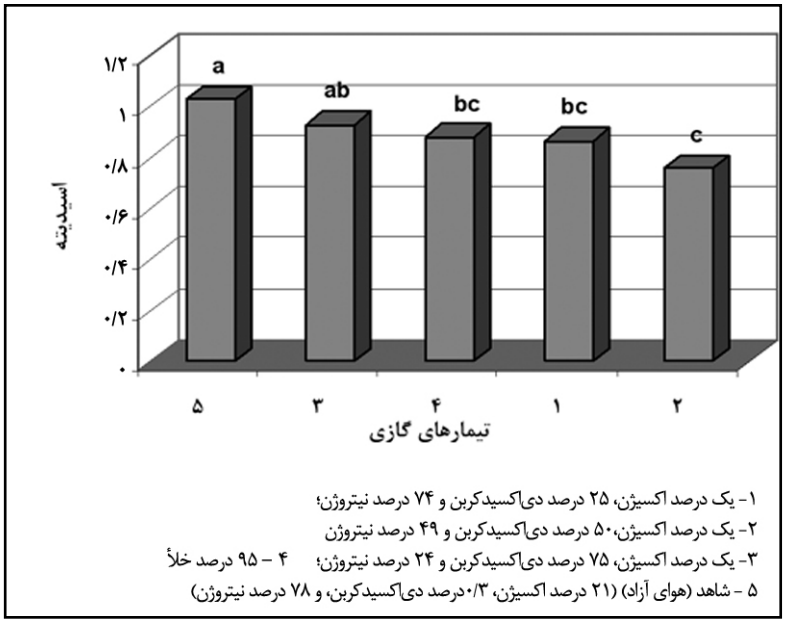
تأثیر تیمارهای مختلف گازی فقط بر اسیدیته معنی‌دار است ($p<0/05$). همان‌طورکه در شکل ۴ مشاهده می‌شود که اسیدیته نمونهٔ شاهد بالاتر از اسیدیتهٔ تیمارهای دیگر است. این موضوع نشان می‌دهد که وجود اکسیژن در انجیر نیمه‌مرطوب در نمونهٔ شاهد موجب رشد

میکروارگانیسم‌های هوازی و در نتیجه تولید اسید شده است. علت بالا بودن اسید در تیمار ۳ با ۷۵ درصد دی‌اکسیدکربن و نداشتن تفاوت معنی‌دار با تیمار شاهد را می‌توان به حل شدن دی‌اکسیدکربن در بافت انجیر نیمه‌مرطوب و افزایش اسیدیته مربوط دانست. به نظر می رسد که دمای بالا موجب شده است تا تأثیر ترکیبات گازی بر لارو حشرات و دیگر ویژگی‌ها بیشتر و تغییرات آنها سریع‌تر شود؛ تا آنجا که این ویژگی‌ها به یکدیگر نزدیک شده است. دامارلی و همکاران (Damarli *et al.*, 1998)، فاتح و همکاران (Fatih *et al.*, 2010) و ناوارا و همکاران (Navarro *et al.*, 1998) نیز نتایجی مشابه گزارش کرده‌اند.

مقایسهٔ اثر دماهای مختلف طی ۳ ماه نگهداری

تأثیر دماهای مختلف نگهداری انجیر نیمه‌مرطوب بر اسیدیته، لارو حشرات، تعداد حشرات مرده، توسعهٔ رنگ قهوه‌ای تیره و رنگ قهوه‌ای روشن، رطوبت، و کاهش وزن قابل توجه است ($p<۰/۰۵$). مقایسه تأثیر دما بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که دمای ۴۰ درجه سلسیوس موجب افزایش اسیدیته، لارو مرده، رنگ قهوه‌ای، و کاهش وزن در نمونه‌ها، اما موجب کاهش تعداد لارو زنده، رنگ قهوه‌ای روشن، و رطوبت درمحصول شده است ($p<۰/۰۵$) که در جدول ۲ نشان داده شده است. تأثیر بیشتر دمای ۴۰ درجه سلسیوس بر کاهش تعداد لارو حشرات و تعداد میکروارگانیسم‌ها، که اثری مطلوب است، کاملاً واضح و معنی‌دار است.

اما دمای ۴۰ درجه سلسیوس بر ویژگی‌های کیفی دیگر مانند رنگ، اسیدیته، و بافت تأثیر نامطلوب داشته است. بنابراین، مدت زمان نگهداری بهینه نمونه‌ها در دمای ۴۰ درجه سلسیوس باید تعیین شود. فاتح و همکاران، (Fatih *et al.*, 2010) نیز نتایجی مشابه را به‌دست آوردند.



شکل ٤- تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر اسیدیتهٔ انجیر نیمه‌مرطوب پس از ۳ ماه نگهداری در دمای ٤٠ درجه سلسیوس

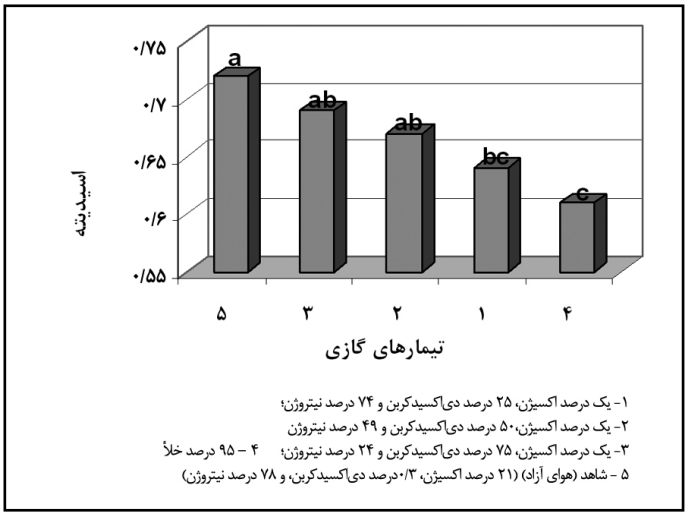
جدول ۲- مقایسهٔ تأثیر دو دمای ۲۵ و ٤٠ درجه سلسیوس بر ویژگی‌های کیفی انجیر نیمه‌مرطوب ۳ ماه پس از تولید

شاخص / دمای نگهداری	۲۵ درجه سلسیوس		۴۰ درجه سلسیوس
اسیدیته (میلی‌گرم در صدگرم)	b ۰/۷۱۸	a	۰/۹۶۵
تعداد باکتری	a ۱۴۹/۳۳	b	۰/۷۱
تعداد لارو مرده	b ۱/۶۶	a	۲/۳۵
کپک سفید	a ۱/۵۳	b	۰
رنگ قهوه‌ای تیره	b ۱۰/۹۲	a	۸۵/۷۴
رنگ قهوه‌ای روشن	a ۶۷/۶۲	b	۷/۴۵
رنگ زرد روشن	a ۲۱/۴۴	b	۰/۳۹۳
کاهش وزن (درصد)	b ۲۹/۲۰	a	۳۷/۷۵
L	a ۴۴/۹۳	b	۳۱/۲۱
A	b ۷/۳۲	a	۱۰/۸۶
B	a ۳۵/۴۷	b	۲۴/۱۷

حروف متفاوت در هر سطر بیانگر وجود اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

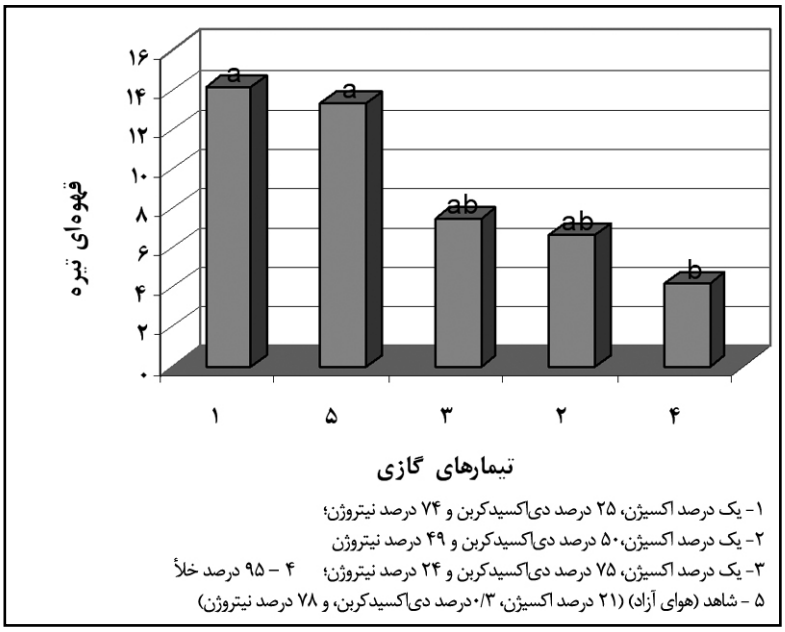
اثر ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر اسیدیته، رنگ قهوه‌ای تیره، رنگ قهوه‌ای روشن، و b معنی‌دار است، اما بر رطوبت، کاهش وزن، تعداد لارو مرده، تعداد لارو زنده، تعداد شفیره مرده، تعداد شفیره زنده، تعداد حشره مرده، و کپک سفید معنی‌دار نیست ($p<۰/۰۵$). تأثیر ترکیبات گازی بر اسیدیتهٔ انجیر نیمه‌مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در شکل ۵ نشان می‌دهد که کاهش اکسیژن موجب کاهش اسیدیته شده به‌طوری که نمونهٔ شاهد و نمونهٔ ۹۰ درصد خلأ به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار اسیدیته هستند که علت این موضوع فعالیت و رشد باکتری‌های هوازی در اکسیژن بیشتر محیط است. افزایش دی‌اکسیدکربن از ۲۵ به ۵۰، و ۷۵ درصد موجب افزایش مقدار اسیدیته شده که علت آن را به حل شدن دی‌اکسیدکربن در بافت نیمه‌مرطوب انجیر و افزایش اسیدیته نسبت می‌دهند مانند آنچه در مورد انجیر نیمه‌مرطوب پس از ۳ ماه نگهداری رخ داد.

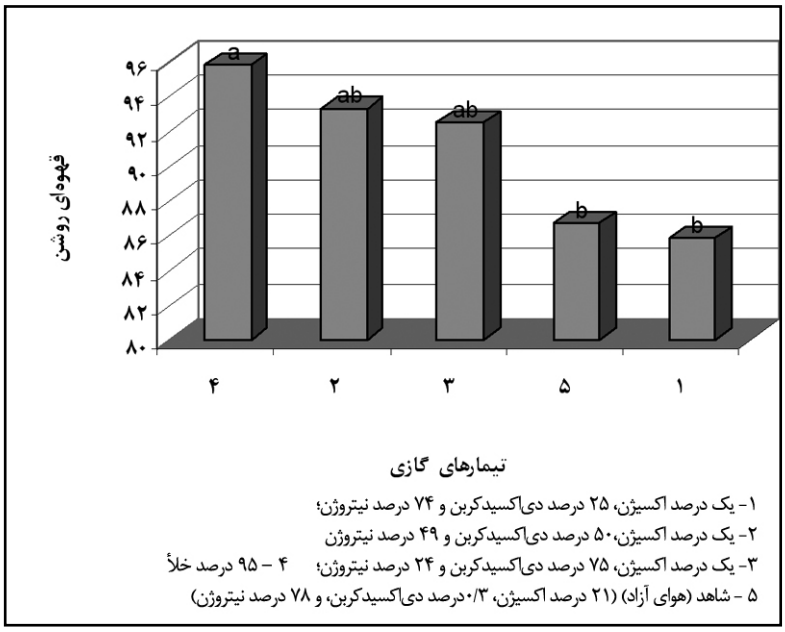


شکل ۵- تأثیر تیمارهای گازی بر اسیدیتهٔ انجیر در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

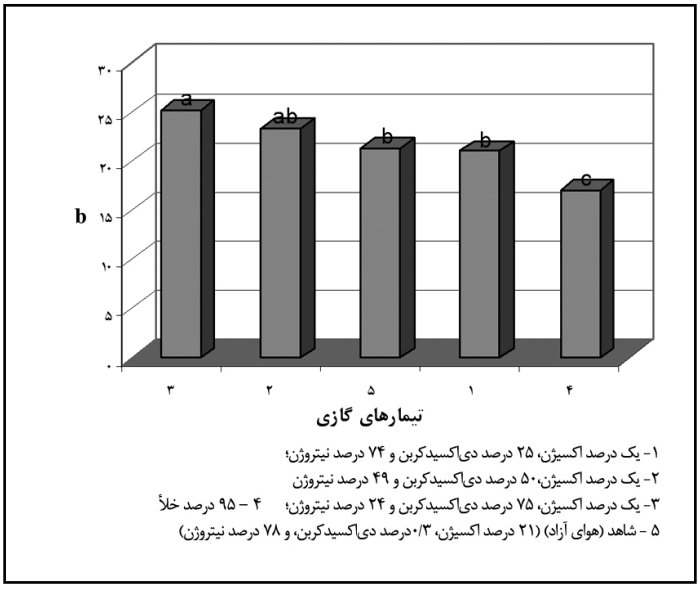
در شکل‌های ۶، ۷، و ۸ مشاهده می‌شود که تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر رنگ انجیر نیمه‌مرطوب در دمای ۲۵ درجه سلسیوس روند منطقی و علمی ندارد.



شکل ٦- تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر میزان وقوع رنگ قهوه‌ای تیره در دمای ۲۵ درجه سلسیوس



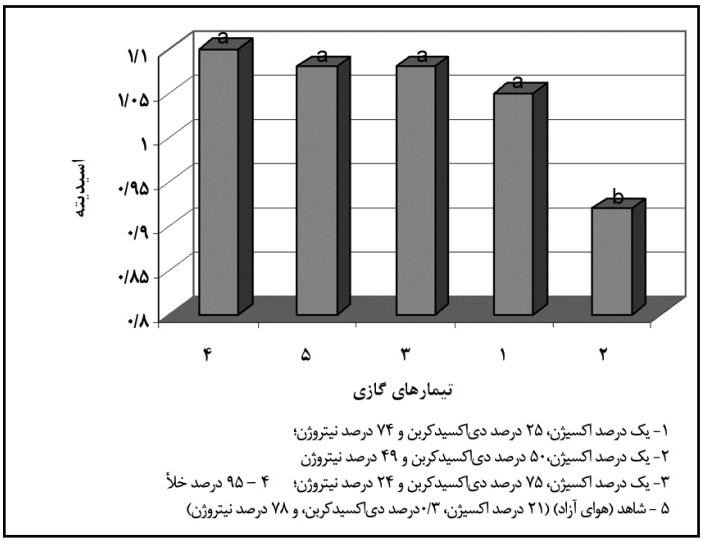
شکل ۷- تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر میزان وقوع رنگ قهوه‌ای روشن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس



شکل ۸- تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر شاخص b رنگ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

اثر ۶ ماه نگهداری در دمای ۴۰ درجه سلسیوس

تأثیر تیمارهای مختلف گازی فقط بر اسیدیته معنی‌دار است و بر بقیهٔ ویژگی‌ها معنی‌دار نیست ($p<0/05$). در شکل ۹ مشاهده می‌شود که تأثیر تیمارهای گازی بر اسیدیتهٔ انجیر در دمای ۴۰ درجه سلسیوس روند منطقی و علمی ندارد که علت آن به دمای نگهداری نسبت داده می‌شود، بدین معنی که نگهداری انجیر نیمه‌مرطوب در دمای بالا به‌مدت ۶ ماه باعث ایجاد تغییرات زیاد در میزان اسیدیته و نزدیک شدن آنها به یکدیگر و همچنین تغییر انفعالی ترکیبات گازی درون بسته و معنی‌دار نشدن آنها شده است.



شکل ۹- تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر میزان اسیدیته پس از ٦ ماه نگهداری در دمای ٤٠ درجه سلسیوس

نتیجه‌گیری

تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر ویژگی‌های انجیر نیمه‌مرطوب متفاوت است. تأثیر این نوع تیمارها بر بعضی از این ویژگی‌ها مانند رنگ، اسیدیته، رطوبت، تعداد کل باکتری‌ها، کپک، و مخمر معنی‌دار نیست. اما بر کاهش جمعیت آفات انباری مانند لارو حشرات در دمای ۲۵ درجه سلسیوس معنی‌دار است.

بیشترین تعداد لارو مرده در تیمار ۹۵ درصد خلأ مشاهده می‌شود. با وجود تأثیر بیشتر دمای ۴۰ درجه سلسیوس بر لارو حشرات، نسبت به دمای ۲۵ درجه سلسیوس، نگهداری برای مدت زمان طولانی تفاوت بین تیمارهای گازی در این دما را از بین می‌برد. لذا دمای ۴۰ درجه سلسیوس به دلیل تأثیر بسیار نامطلوب بر رنگ و بافت، دمایی مناسب برای نگهداری انجیر نیمه‌مرطوب نیست. تغییر ترکیبات گازی هوای درون بسته‌ها، حتی ایجاد خلأ به تنهایی، موجب کاهش آفات انباری در انجیر نیمه‌مرطوب می‌شود.

مراجع

Anon. 2003. Processed fig – Microbiological specification. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI No. 7868. (in Farsi)

Anon. 1991. Fruit juices – Test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. ISIRI No. 2685. (in Farsi)

Aquino, S.D., Piga, A., Molinu, M.G., Agabbio, M. and Papoff, C.M. 1998. Maintaining quality attributes of “craxiou de porcu” fresh fig fruit in simulated marketing conditions by modified atmosphere. Acta Hort. 480, 289-295.

Art´es-Hern´andez, F., Tom´as-Barber´an, F.A. and Art´es, F. 2006. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO_2-free ‘Superior seedless’ table grapes. Postharvest Biol. Technol. 39, 146-154.

Badii, F., Farahnaki, A. and Behmadi, H. 2009. Investigation on some physico-chemical properties of Estahban dried fig in order to increase its quality and stability. Agricultural Engineering Research Institute. Research Final Report. No. 1070/88. Karaj, Iran. (in Farsi)

Damarli, E.E., Gun, H., Ozay, G., Bulbul, S. and Oechsle, P. 1998. An alternative method instead of methyl bromide for insect disinfectation of dried figs: Controlled atmosphere. Acta Hort. 480, 209-215.

FAO. 2009. Statistical Database. Available from: http://faostat.fao.org.

Fatemian, H. 2011. Packaging fresh date by modified atmosphere and determining microorganisms during storage. Agricultural Engineering Research Institute. Research Final Report. No. 90/215. Karaj, Iran. (in Frasi)

Fatih, S., Kamer, B., Meyvaci, F.T. and Uygun, A. 2010. Effects of short-term controlled atmosphere treatment at elevated temperature on dried fig fruit. J. Stored Products Res. 46, 28-33.

Fellows, P. 2000. Controlled or Modified Atmosphere Storage and Packaging. In: Food Processing Technology, Principles and Practice. Second Ed. CRC Press. USA. 406-416.

Horwitz, W. (Ed.). 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17 th Ed. Association Official Analytical Chemists Washington, D.C. Vol. 2.

Jokar, A. Zare, H., Behmadi, H., joker, L. and Famil Momen, R. 2010. Preservation of dried and moistened fruits of fig cv. Sabz Estahban without using chemical material in modified atmosphere packaging. Agricultural Engineering Research Institute. Research Final Report. No. 1266/89. Karaj, Iran. (in Farsi)

Mirnezami, Z.H. and Koohi, J. 2001. Food (Principles and Food Preservation Methods), Health and Diseases. Agricultural Science Pub. Tehran. Vol. 2, 847. (in Frasi)

Mohandassa, S., Arthurb, F.H., Zhuc, K.Y. and Throne, J.E. 2007. Biology and management of *Plodia interpunctella*(Lepidoptera: Pyralidae) in stored products. J. Stored Products Res. 43, 302-311.

Navarro, S.E., Donahaye, M.R. and Azrieli, A. 1998. Storage of dried fruits under controlled atmospheres for quality preservation and control of nitidulid beetls. Acta Hort. 480, 221-227.

Nguyena, T.B.T., Ketsa, S. and Doorn, W.G.V. 2004. Effect of modified atmosphere packaging on chilling-induced peel browning in banana. Postharvest Biol. Technol. 31, 313–317.

Ori, K.B. and Stailz, M.E. 2001. Food Modified Atmosphere Packaging (MAP). Translated by Tajedin, B. Tehran. (in Frasi)

Piga, A., Aquino, S.D., Agabbio, M. and Papoff, C.M. 1998. Short – term nitrogen atmosphere exposure extends shelf – life of fresh 'Niedda longa fig fruits. Acta Hort. 480, 295-301.

Rahemi, M. 1984. Postharvest Physiology: An Introduction to Physiology and Vegetable Handling. Shiraz University Edition Center. Shiraz. (in Frasi)

Rahemi, M. and Zare, H. 2002. Effects of packaging and temperatures on disinfection and preservation of Estahban dried fig. J. Sci. Technol. Agric. Natural Resour. 6(2): 29-43. (in Frasi)

Riudavets, J., Castañé1, C., Alomar, O., Pons, M.J. and Gabarra, R. 2008. Response of eleven stored product pest species to modified atmospheres with high carbon dioxide concentrations. Proceeding of 9th International Working Conference on Stored Product Protection. 578-588.

Sahari, M.A. 2002. Chemistry of Browning Reaction in Food. Andishmand Press. Tehran, Ch.2, 108. (in Frasi)

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.12/No.3/2011/P: 57-70

The Effect of Modified Atmosphere Packaging (MAP) on Increasing Shelf life of Semi-Moistened Figs from Stahban Region

A. Jokar*, H. Zare, H. Behmadi and L. Jokar

* Corresponding Author: Research Instructor in Agricultural Engineering Department, Research Center for Agriculture and Natural Resources, Zarghan, Shiraz, Fars, Iran, Email: akbarjokar@gmail.com
Received: 8 February 2011, Accepted: 25 October 2011

The purpose of this research was to inhibit the proliferation of insects and microorganisms and to preserve the quality of semi-moistened figs. The microbiological, physical and chemical properties and storage pests of semi-moistened figs (cv. Sabz Stahban) in modified atmosphere packaging were evaluated after storage for 3 and 6 months at 25° and 40°C. The gas treatments tested were: 1) 74% N_2 + 25% CO_2 + 1% O_2; 2) 49% N_2 + 50% CO_2 + 1% O_2; 3) 24% N_2 + 75% CO_2 + 1% O_2; 4) 95% vacuum; 5) control sample: 78% N_2 + 0.3% CO_2 + 21% O_2. The effects of gas treatments on semi-moistened fig properties such as color, moisture, total count, mold and yeast, and acidity were insignificant. The effects of treatments were significant for storage pests, such as larva, after 3 months storage at 25°C. The most effective treatment for killing larva was 95% vacuum. Storage at 40°C was not suitable because of its adverse effect on the color and texture of the figs. It can be concluded that modified atmosphere packaging is a good replacement for methyl bromide.

Keywords: Larva, modified atmosphere packaging, semi-moistened fig, storage pests