

## استفاده از فناوری بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP) در نگهداری انجیر خشک

اکبر جوکار<sup>۱\*</sup>، حمید زارع<sup>۲</sup> و هما بهمدی<sup>۳</sup>

۱- استادیار، بخش فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۲- استادیار، ایستگاه تحقیقات انجیر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، استهبان، ایران

۳- استادیار، مؤسسه فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۳۱

### چکیده

این پژوهش به منظور جلوگیری از رشد و فعالیت حشرات و میکروارگانیسم‌ها و حفظ کیفیت انجیر خشک با کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن و نیتروژن اجرا شد. در این تحقیق ویژگی‌های میکروبیولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و آفات انباری انجیر خشک رقم سبز استهبان بررسی گردید. این ویژگی‌ها از این‌قرانند: جمعیت کپک و مخمر و باکتری‌ها، رنگ تجاری، شاخص‌های روشنی (L)، قرمزی (a) و زردی (b) رنگ، اسیدیته، رطوبت، ریسه کپک‌ها، لارو زنده، لارو مرده، پروانه زنده، پروانه مرده، شفیره و تخم حشرات پس از ۳ و ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس. تیمارهای گازی شامل: الف- ۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۷۰ درصد نیتروژن، ب- ۵ درصد اکسیژن، ۵۰ درصد دی‌اکسید کربن و ۴۵ درصد نیتروژن، پ- ۵ درصد اکسیژن، ۷۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۲۰ درصد نیتروژن، ت- ۸۰ درصد خلأ و ث- نمونه شاهد (هوای آزاد) بود. نتایج تحقیق نشان داد که تیمارهای گازی مختلف بر بعضی از این ویژگی‌ها مانند رنگ، اسیدیته و رطوبت تأثیر معنی‌دار ندارند، اما بر آفات انباری مانند لارو حشرات، تعداد کپک و مخمر و تعداد کلی باکتری‌ها تأثیر معنی‌دار دارند به طوری که کاهش اکسیژن موجب خفگی لارو حشرات و کاهش میکروارگانیسم‌ها شده است. کمترین تعداد لارو مرده در تیمار شاهد دیده شد. دمای ۴۰ درجه سلسیوس به دلیل آثار بسیار نامطلوب بر رنگ و بافت، دمای مناسبی برای نگهداری انجیر خشک شناخته نشد. به نظر می‌رسد استفاده از اتمسفر اصلاح‌شده جایگزینی مناسب برای متیل بروماید در انجیر خشک باشد.

### واژه‌های کلیدی

آفات انباری، انجیر رقم استهبان، شب‌پره هندی، متیل بروماید

### مقدمه

رعایت نشدن موازین بهداشتی، نداشتن استانداردهای بین‌المللی و نبود سامانه رقابتی مثبت در صادرات این محصول استراتژیک است. در سال‌هایی با بارندگی مناسب، حدود ۳۷ هزار تن انجیر خشک در ۴۱۷۹۳ هزار هکتار باغ، در استان فارس به‌ویژه در استهبان (۲۰۰۰۰ تن) تولید

انجیر با نام علمی *Ficus carica* L. متعلق به خانواده موراسه است و در بسیاری از کشورهای دنیا به‌ویژه کشورهای با آب‌وهوای نیمه‌گرمسیری تولید می‌شود. از مهم‌ترین مسائل انجیر ایران وضعیت نامناسب نگهداری، بسته‌بندی و درجه‌بندی،

باکتری‌ها و ویروس‌ها و حشرات در ضدعفونی کردن انجیر نیز مشکلات زیادی به وجود می‌آورند؛ بنابراین باید روش‌هایی برای ضدعفونی کردن انجیر به کار گرفته شوند که کاملاً بی‌خطر باشند و درعین حال مشکل را برطرف کنند (Rahemi, 1984; Rahemi & Zare, 2002).

بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح‌شده، طبق تعریف، به‌نوعی از بسته‌بندی گفته می‌شود که در آن به منظور افزایش ماندگاری ماده غذایی، ترکیب گازهای مورد استفاده در فضای بسته‌بندی در مقایسه با ترکیب هوای معمولی، تغییر یافته است. در این روش، با استفاده از درصد بالای دی‌اکسید کربن و درصد پایین اکسیژن، فرآیندهای زیستی و بیوشیمیایی کند می‌شود (Fellows, 2000; Ori & Stailz, 2001; Rahemi, 1984; Fatemian, 2011; Mirmezami & Koochi, 2001). این تغییرات و همچنین غیرفعال شدن آنزیم‌ها موجب حفظ تازگی، عطر و طعم، رنگ، مواد مغذی و بافت مواد غذایی می‌شود و سرانجام افزایش عمر ماندگاری محصول را در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته در هر دو حالت فعال و غیرفعال به دنبال خواهد داشت (Alturki, 2013; Villalobos et al., 2015; Villalobos et al., 2018; Soltani et al., 2015; Guillén et al., 2015).

پیگا و همکاران (Piga et al., 1998)، اعلام کردند که ترکیب ۹۹ درصد نیتروژن و ۱ درصد اکسیژن درون ظروف نگهداری انجیر تازه رقم *Niedda longa* باعث کاهش پوسیدگی ناشی از کپک‌ها شده است. آکوینو و همکاران (Aquino et al., 1998) در مورد بسته‌بندی انجیر تازه با اتمسفر اصلاح‌شده اعلام کردند که تغییر اتمسفر ظروف بسته‌بندی انجیر تازه رقم *Craxiou de porcu* با ۱۰۰ درصد نیتروژن در مقایسه با تیمارهای خلاً

می‌شود که از این مقدار ۱۲ هزار تن صادر می‌شود. ایران با ۴۸۵۹۷ هکتار سطح زیر کشت و تولید سالیانه حدود ۵۴۶۹۵ تن، پنجمین کشور تولیدکننده این محصول در جهان است (Badii et al., 2009; FAO, 2009; Jokar et al., 2011). انباری و آلودگی انجیر خشک به آنها یکی از مشکلات عمده این محصول است، به طوری که کیفیت غذایی و ظاهری محصول و همچنین کمیت آن را به شدت کاهش می‌دهند. کاهش کیفیت و کمیت انجیر بر اثر آفات انباری و قارچ‌ها در دوره انبارمانی بسیار محسوس است. آلودگی میوه‌های انجیر به آفات انباری مثل شب‌پره هندی<sup>۱</sup>، شب‌پره کشمش<sup>۲</sup> و شب‌پره انجیر<sup>۳</sup> و زهرابه<sup>۴</sup> آفلاتوکسین از باغ شروع می‌شود و تا زمان مصرف ادامه می‌یابد. این آلودگی‌ها به دو صورت بر صادرات این محصول، یعنی انجیر خشک و انجیر مرطوب فرآوری شده (پرسی)، تأثیر می‌گذارند. برای مبارزه با این گونه آفات در دنیا تاکنون از مواد شیمیایی، روش‌های بیولوژیک، پرتوهای رادیواکتیو، گرما و سرما، و مانند آنها استفاده شده است.

برای جلوگیری از خسارت آفات انباری در انجیر، در حال حاضر مصرف گاز متیل بروماید و قرص فسفید آلومینیم در استهبان متداول است که متأسفانه متیل بروماید اثر سرطان‌زایی بر مصرف‌کنندگان و آثار مخرب زیست‌محیطی دارد (Damarli et al., 1998; Jokar et al., 2010; Rahemi & Zare, 2002). کاربرد سموم شیمیایی مشکلاتی همچون مقاوم شدن حشرات نسبت به آنها یا آثار منفی ناشی از باقی‌ماندن سموم روی مواد غذایی را به وجود می‌آورد. استفاده از پرتوهای یون‌ساز با شکستن زنجیره‌های پروتئینی و پیدایش مواد سمی و همچنین مبارزه بیولوژیک توسط انواع

1- *Plodia interpunctella*  
3- *Ephesia catella*

2- *Ephesia figuliella*

بر کنترل آفات انباری انجیر خشک گزارش دادند که این اتمسفر می‌تواند 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 تیمار شده با متیل بروماید تفاوت معنی‌داری ندارد و حتی از نظر بلورینه شدن قند تأثیر بهتری نیز نشان می‌دهد.

در این پژوهش، تأثیر ترکیبات مختلف گازی در دماها و زمان‌های مختلف نگهداری انجیر خشک استهبان بر ویژگی‌های مختلف شیمیایی، میکروبیولوژیکی، آفات انباری و ویژگی‌های فیزیکی و تجاری محصول در بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته فعال باهدف حذف متیل بروماید بررسی شد. این پژوهش با این گستردگی بی‌سابقه است.

### مواد و روش‌ها

بسته‌بندی و اعمال گازهای درون بسته با دستگاه تغییر اتمسفر در ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان صورت گرفت. دستگاه به‌صورت بساز-پرکن-ببند و ساخت شرکت پلی‌تکنیک شیراز بود. انجیرهای مورد آزمایش از محصول رقم سبز از یکی از باغ‌ها پس از برداشت و خشک‌کردن با درصد آلودگی طبیعی حدود یک درصد به شب‌پره‌های آفات انباری انتخاب گردید. ۲۰۰ گرم انجیر خشک درجه ۲ با قطر ۳۳-۱۷ میلی‌متر در هر بسته به کار گرفته شد. برای ساخت ظروف بسته‌بندی، از ورقه پلی‌اتیلن ترفتالات<sup>۱</sup> و برای بستن درب آن از روکش سلوفان (ضخامت ۰/۱ میلی‌متر) استفاده شد. ورقه‌های پلی‌اتیلن ترفتالات در حال حاضر مورد تأیید مراکز بهداشت مواد غذایی است، لارو آفت انباری (شب‌پره‌ها) نمی‌تواند آنها را بچود و قابلیت نگهداری گاز درون بسته را به میزان بالایی دارا

(بدون گاز)، افزودن ۱۰۰ درصد دی‌اکسید کربن و شاهد بدون بسته‌بندی، در تأخیر پوسیدگی تأثیر بیشتری دارد، به‌طوری‌که پس از ۵ روز میزان میوه‌های پوسیده در تیمار نیتروژن خالص در حدود ۳۰ درصد در مقابل ۵۵ درصد پوسیدگی در سایر تیمارهای بسته‌بندی فوق‌الذکر بود. حفظ کیفیت و رنگ انجیر تازه و همچنین کنترل فساد میکروبی و آفات انباری با بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته به‌تنهایی و همچنین در ترکیب با پرتودهی و ترکیبات ضد میکروبی را محققانی چند (Alturki, 2013; Villalobos et al., 2016a; Villalobos et al., 2016b; Waghmare & Annapure, 2018) گزارش داده‌اند.

ناوارو و همکاران (Navarro et al., 1998)، با تزریق گاز دی‌اکسید کربن تا حدود ۸۰-۶۰ درصد حجم انبار با فشار زیاد در یک ساعت و تزریق روزانه ۰/۸ کیلوگرم گاز دی‌اکسید کربن در فضای ۱۵۱ متر مکعبی طی ۴/۵ ماه نگهداری خرما و انجیر خشک، جمعیت آفات انباری به‌خصوص سوسک میوه‌خوار انبار را به‌طور مؤثری کاهش دادند و اعلام کردند این روش تفاوت معنی‌داری با نگهداری این محصولات در دمای ۱۸- درجه سلسیوس ندارد. دامارلی و همکاران (Damarli et al., 1998)، اعلام کردند که تثبیت گاز اکسیژن به مقدار ۱ درصد یا کمتر و گاز دی‌اکسید کربن در حدود ۱۵-۱۰ درصد درون انبار انجیر خشک به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس در کنترل لارو و تخم آفت انباری مهم این محصول یعنی *Cardra cautella* بدون هیچ‌گونه اثر سوء بر ویژگی‌های کیفی محصول، مفید واقع شده است. فتیح و همکاران (Fatih et al., 2010)، در بررسی تأثیر اتمسفر کنترل‌شده با غلظت ۱±۰/۵ درصد اکسیژن در دمای ۴۱ درجه سلسیوس

دی‌اکسید کربن و نیتروژن (گاز دی‌اکسید کربن با خلوص ۹۰ درصد و گاز نیتروژن با خلوص ۹۵ درصد تهیه‌شده از شرکت بالان شیراز) درون بسته‌های انجیر خشک با دهان (روزن یا استیول) باز با اصطلاح تجاری صد یک اعمال شد. با توجه به نوع دستگاه، اعمال خلأ حداکثر تا ۸۵ درصد امکان‌پذیر بود. در ۸۵ درصد خلأ مقدار اکسیژن به ۴/۲ درصد کاهش می‌یابد. کاهش اکسیژن به کمتر از ۴/۲ درصد ممکن نبود، بنابراین برای کلیه نمونه‌ها مقدار اکسیژن به‌طور ثابت ۵ درصد (با ۸۰ درصد خلأ) در نظر گرفته شد. سه ترکیب مختلف از گاز کربنیک را در نظر گرفته و فضای باقی‌مانده درون بسته (به‌غیر از دی‌اکسید کربن و اکسیژن) با گاز نیتروژن پر شد. هر ترکیب به‌عنوان یک تیمار به این شرح اعمال شد:

الف- ۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۷۰ درصد نیتروژن ب- ۵ درصد اکسیژن، ۵۰ درصد دی‌اکسید کربن و ۴۵ درصد نیتروژن پ- ۵ درصد اکسیژن، ۷۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۲۰ درصد نیتروژن ت- ۸۰ درصد خلأ ث- نمونه شاهد (هوای آزاد) (۲۱ درصد اکسیژن، ۰/۳ درصد دی‌اکسید کربن و ۷۸ درصد نیتروژن). پس از وزن کردن انجیر (قبل از دوخت در و تزریق گازها) دو لارو زنده شب‌پره هندی، از مهم‌ترین آفت انباری انجیر، به‌طور مصنوعی درون هر بسته رها شدند. برای تعیین مقادیر اولیه و ویژگی‌های کیفی نمونه‌ها، ۳ نمونه از انجیر خشک مورد آزمایش بلافاصله بعد از اعمال گاز به‌طور تصادفی انتخاب و کلیه آزمایش‌ها روی آنها اجرا شد. نتایج به‌دست‌آمده برای مقایسه و قرار دادن مبنا پس از ۳ و ۶ ماه نگهداری، به کار گرفته شد. ظروف پلی‌اتیلن ترفتالات به ابعاد ۱۸×۱۱×۳ سانتی‌متر (طول×عرض×ارتفاع) و به حجم تقریبی ۶۹۳ سانتی‌متر مکعب آماده شدند. از روش ایجاد

هستند. این ورقه‌ها از شرکت دارو پت تهران خریداری شد، ضخامت آنها ۲ میلی‌متر و طبق گزارش همین شرکت قابلیت نفوذ اکسیژن و بخار آب ورقه‌ها در دمای ۲۳ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۱۵ سانتی‌متر مکعب بر مترمربع در روز در فشار ۱ بار و ۸ گرم بر مترمربع در روز در فشار ۱ بار است. کلیه مواد موردنیاز برای اجرای آزمون‌های شیمیایی و میکروبی در سال اول و دوم از شرکت تجاری مرک خریداری شد. اسیدیتة انجیر بر اساس اسید سیتریک و طبق روش استاندارد آب‌میوه ایران اندازه‌گیری شد (ISIRI, 1991). رطوبت طبق روش AOAC اندازه‌گیری شد با این تفاوت که دمای آن به ۹۰ درجه سلسیوس تغییر داده شد (Horwitz, 2000). افت وزنی نمونه‌ها بر اساس ۲۰۰ گرم وزن اولیه، رطوبت اولیه و رطوبت ثانویه محاسبه شد. رنگ با استفاده از روش عکس‌برداری دیجیتالی و آنالیز با نرم‌افزار فتوشاپ اندازه‌گیری و شاخص‌های روشنی (L)، قرمزی (a) و زردی (b) رنگ تعیین شد (Yam & Papadakis, 2004). رنگ تجاری شامل قهوه‌ای روشن، قهوه‌ای تیره و زرد روشن با استفاده از کاتالوگ تجاری و مقایسه انجیرها با رنگ مربوط بررسی شد. آزمون‌های میکروبی انجیر خشک طبق استاندارد ملی شماره ۷۸۶۸، شامل تعداد کلی باکتری‌ها و تعداد کپک و مخمر، دنبال شد (ISIRI, 2003). پس از بسته‌بندی، بسته‌ها در انبار معمولی با دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس به مدت شش ماه نگهداری شدند. پس از ۳ ماه، درصد آلودگی به آفات انباری با روش مشاهده درون بسته‌ها و باز کردن تک‌تک انجیرها تعیین شد. آفات انباری شامل لارو زنده، لارو مرده، شفیره زنده، شفیره مرده، پروانه زنده، پروانه مرده، کپک سفید، کپک سیاه و کپک سبز بود. سه ترکیب مختلف از ۳ نوع گاز - اکسیژن،

بررسی و تجزیه و تحلیل شدند.

## نتایج و بحث

### سال اول

انجیر خشک ۳ ماه پس از نگهداری در دمای ۲۵

### درجه سلسیوس

تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر اسیدیت، تعداد کلی باکتری‌ها، کپک سفید، رنگ قهوه‌ای روشن، زرد روشن و شاخص قرمزی رنگ (a) معنی‌دار ( $p < 0.05$ ) اما بر بقیه ویژگی‌ها معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ). مقایسه میانگین‌ها در جدول ۱ نشان می‌دهد که برخلاف معنی‌دار بودن تأثیر تیمارهای گازی بر اسیدیت، تعداد کلی باکتری‌ها، کپک سفید، قهوه‌ای روشن، زرد روشن و شاخص زردی رنگ (b) نتایج از روند منطقی و منظمی پیروی نمی‌کند و نتیجه علمی دقیقی از آنها به دست نمی‌آید. معنی‌دار بودن تیمارها نشان می‌دهد که حداقل یکی از تیمارها تأثیر معنی‌داری بر صفت موردنظر داشته است اما بی‌نظمی در روند تغییرات صفت به این معنی است که مثلاً با کاهش اکسیژن یا افزایش دی‌اکسید کربن نتیجه و روند منظمی در کاهش یا افزایش صفت مشاهده نشده است. بنابراین نمی‌توان کاهش اکسیژن یا افزایش دی‌اکسید کربن را عامل مؤثری بر تغییر و تفاوت این ویژگی‌ها مانند رنگ دانست. به نظر می‌رسد که گذشت ۳ ماه از زمان بسته‌بندی باعث شده است که این ویژگی‌ها به مقدار زیادی تغییر کنند و به یکدیگر نزدیک شوند. احتمال می‌رود به‌طور کلی تیمارهای گازی بر بعضی از این ویژگی‌ها مانند رنگ مؤثر نباشند.

خلاً و جایگزین کردن گاز برای ایجاد اتمسفر اصلاح‌شده در داخل بسته‌ها استفاده شد. به این صورت که محصول همچنان که داخل بسته‌ها بود داخل محفظه‌ی خلاً قرار داده شدند و به محض ایجاد خلاً در آنها و قبل از دوخت، مخلوطی از گازهای موردنظر جایگزین گردید و با ورقه‌های سلوفان با ضخامت ۰/۱ میلی‌متر پوشش داده شدند. ترکیب‌های گازی با تعیین فشارهای جزئی گازهای نیتروژن و دی‌اکسید کربن با فشارسنج اعمال شد. آزمون‌ها در دو سال با تغییرات جزئی اجرا شدند.

### سال اول

این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی شامل ۵ تیمار گازی ذکرشده روی انجیر خشک و با ۳ تکرار اجرا شد. نتایج پس از ۳ و ۶ ماه نگهداری در دمای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس جداگانه با نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند. تأثیر دو دمای مختلف بر کیفیت انجیر خشک با آزمون تی-ستودنت برآورد شد. میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه شدند.

### سال دوم

تمامی شرایط آزمایش انجیر خشک در سال دوم مانند سال اول بود با این تفاوت که دمای ۴۰ درجه سلسیوس، به دلیل تأثیر نامطلوب بر رنگ و بافت حذف گردید. تغییرات ویژگی‌های کیفی و آفات انباری بررسی و با یکدیگر مقایسه شدند. زمان آزمایش فقط ۳ ماه در نظر گرفته شد. تأثیر ترکیب‌ها مختلف گازی بر لارو حشرات، باکتری‌ها و کپک و مخمر علاوه بر روز اول، ۱، ۲ و ۳ ماه پس از نگهداری نیز بررسی شد و نتایج به‌طور جداگانه تجزیه و تحلیل شدند؛ اما بقیه ویژگی‌ها پس از ۳ ماه

جدول ۱- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای گازی بر صفات مختلف ۳ ماه پس از نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

ویژگی‌ها / تیمارها*	۱	۲	۳	۴	۵
اسیدیته (درصد)	۰/۷۳± ۰/۰۱ <sup>a**</sup>	۰/۶۳± ۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۷۳± ۰/۰۹ <sup>a</sup>	۰/۷۷± ۰/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۷۴± ۰/۰۵ <sup>a</sup>
تعداد کلی باکتری‌ها (لگاریتم سی‌اف‌یو بر گرم)	۰/۸± ۰/۰۱ <sup>a</sup>	۱/۷۵± ۰/۱۴ <sup>b</sup>	۱/۶۷± ۰/۱۹ <sup>a</sup>	۱/۵۶± ۰/۱۸ <sup>a</sup>	۱/۷۸± ۰/۱۵ <sup>ac</sup>
کپک سفید (عدد)	۱/۳± ۰/۰۱ <sup>ab</sup>	۲/۳± ۰/۲۴ <sup>ab</sup>	۳/۳± ۰/۱۹ <sup>a</sup>	۰/۷۷± ۰/۱۸ <sup>bc</sup>	. <sup>c</sup>
قهوه‌ای روشن (درصد)	۵۸/۴± ۴/۰۱ <sup>c</sup>	۶۳/۷± ۶/۱۴ <sup>bc</sup>	۷۱/۲± ۷/۱۹ <sup>ab</sup>	۶۸/۵± ۴/۱۸ <sup>abc</sup>	۷۶/۳± ۳/۱۵ <sup>a</sup>
زرد روشن (درصد)	۲۵/۱± ۲/۱۱ <sup>ab</sup>	۲۷/۸± ۱/۲۴ <sup>a</sup>	۱۷/۸± ۳/۳۹ <sup>bc</sup>	۲۱/۷± ۴/۴۸ <sup>abc</sup>	۱۴/۸± ۳/۰۵ <sup>c</sup>
(a) شاخص قرمزی رنگ	۳۰/۸± ۳/۰۱ <sup>b</sup>	۳۹/۵± ۹/۱۴ <sup>a</sup>	۳۷/۲± ۸/۱۹ <sup>ab</sup>	۳۴/۷± ۱۰/۱۸ <sup>ab</sup>	۳۵/۱± ۷/۱۵ <sup>ab</sup>

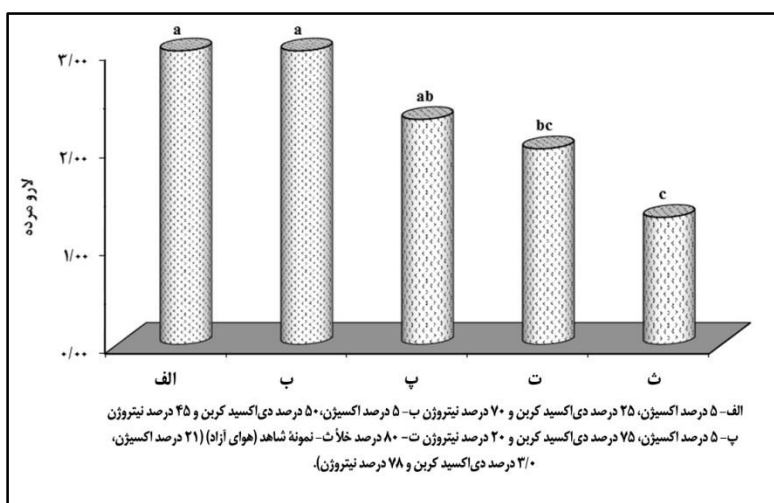
\*تیمارهای گازی الف) ۵ درصد اکسیژن، ۲۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۷۰ درصد نیتروژن؛ ب) ۵ درصد اکسیژن، ۵۰ درصد دی‌اکسید کربن و ۴۵ درصد نیتروژن؛ پ) ۵ درصد اکسیژن، ۷۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۲۰ درصد نیتروژن؛ ت) ۸۰ درصد خلأ؛ ث) نمونه شاهد (هوای آزاد)  
\*\*حروف متفاوت در هر سطر نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد هستند.

عوامل دیگری مانند واکنش‌های میلارد مربوط می‌شود. واکنش‌های میلارد برخلاف واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی تحت تأثیر تغییر ترکیب‌های گازی قرار نمی‌گیرد (Nguyena *et al.*, 2004; Sahari, 2002).

#### انجیر خشک ۳ ماه پس از نگهداری در دمای ۴۰ درجه سلسیوس

تأثیر تیمارهای مختلف فقط بر لارو مرده (مرگ لاروهای زنده) معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ ). مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای گازی بر لارو مرده حشرات در شکل ۱ نشان داده شده است.

آرتزهراندز و همکاران، (Art'es-Hern'andez *et al.*, 2006) بی‌تأثیر بودن ترکیب‌های گازی بر رنگ، اسیدیته و قند انگور را گزارش داده‌اند. دلیل مؤثر نبودن ترکیب‌های گازی بر رنگ انجیر خشک به تغییراتی مربوط می‌شود که انجیر در حین خشک شدن به‌ویژه از نظر رنگ، رنگ‌دانه‌ها و رطوبت متحمل خواهد شد؛ بنابراین، تغییرات زیاد رنگ و رنگ‌دانه‌های انجیر در حین خشک شدن و کاهش رطوبت آن باعث می‌شود که ترکیب‌های گازی پس از خشک شدن تأثیری بر رنگ نداشته باشند؛ اما تغییر رنگ انجیرهای خشک در حین نگهداری به



شکل ۱- مقایسه میانگین لارو مرده در انجیر خشک ۳ ماه پس از نگهداری در دمای ۴۰ درجه سلسیوس

### مقایسه دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس ۳ ماه پس از نگهداری

مقایسه تأثیر دما بر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که دمای ۴۰ درجه سلسیوس موجب افزایش اسیدیته، لارو مرده، رنگ قهوه‌ای تیره، شاخص قرمزی رنگ (a) و کاهش وزن و کاهش باکتری‌ها، رنگ قهوه‌ای روشن، شاخص روشنی رنگ (L) و شاخص زردی رنگ (b) در نمونه‌ها شده است ( $p < 0.05$ ). این مقایسه در جدول ۲ نشان داده شده است. تأثیر بیشتر دمای ۴۰ درجه سلسیوس بر کاهش لارو حشرات و تعداد میکروارگانیسم‌ها که برای ما مطلوب است، کاملاً واضح و معنی‌دار است

همان‌طور که مشاهده می‌شود، تأثیر تیمار گازی ۱ و ۲ که به ترتیب حاوی ۲۵ و ۵۰ درصد دی‌اکسید کربن هستند بر لارو حشرات بیشتر از تأثیر دیگر تیمارها (به‌ویژه نمونه شاهد) بوده است. کاهش اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن موجب کشته شدن لارو حشرات شده است. به نظر می‌رسد دمای بالا موجب شده است تا تأثیر ترکیب‌های گازی بر لارو حشرات بیشتر شود. دامارلی و همکاران، (Fatih, Damarli *et al.*, 1998)؛ فتیح و همکاران، (Navarro *et al.*, 2010)؛ ناوارا و همکاران، (Jokar *et al.*, 2011) نتایج مشابهی گزارش داده‌اند.

جدول ۲- مقایسه تأثیر دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سلسیوس بر کیفیت انجیر خشک

دماهای نگهداری		ویژگی‌های اندازه‌گیری شده
دمای ۴۰ درجه سلسیوس	دمای ۲۵ درجه سلسیوس	
۰/۹۷ <sup>a</sup>	۰/۷۲ <sup>b</sup>	اسیدیته (درصد)
۰/۷۱ <sup>b</sup>	۱۴۹/۳۳ <sup>a</sup>	باکتری‌ها (سی‌اف‌یو بر گرم)
۲/۳۶ <sup>a</sup>	۱/۷ <sup>b</sup>	تعداد لارو مرده
۰ <sup>b</sup>	۱/۵۳ <sup>a</sup>	تعداد کپک سفید
۸۵/۷۴ <sup>a</sup>	۱۰/۹ <sup>b</sup>	قهوه‌ای تیره (درصد)
۷/۴۵ <sup>b</sup>	۶۷/۶ <sup>a</sup>	قهوه‌ای روشن (درصد)
۰/۳۹ <sup>b</sup>	۲۱/۴ <sup>a</sup>	زرد روشن (درصد)
۳۷/۷۵ <sup>a</sup>	۲۹/۲ <sup>b</sup>	کاهش وزن (درصد)
۳۱/۲۱ <sup>b</sup>	۴۴/۹ <sup>a</sup>	شاخص روشنی رنگ (L)
۱۰/۸۷ <sup>a</sup>	۷/۳ <sup>b</sup>	شاخص قرمزی رنگ (a)
۲۴/۱۸ <sup>b</sup>	۳۵/۵ <sup>a</sup>	شاخص زردی رنگ (b)

### انجیر خشک ۶ ماه پس از تولید در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

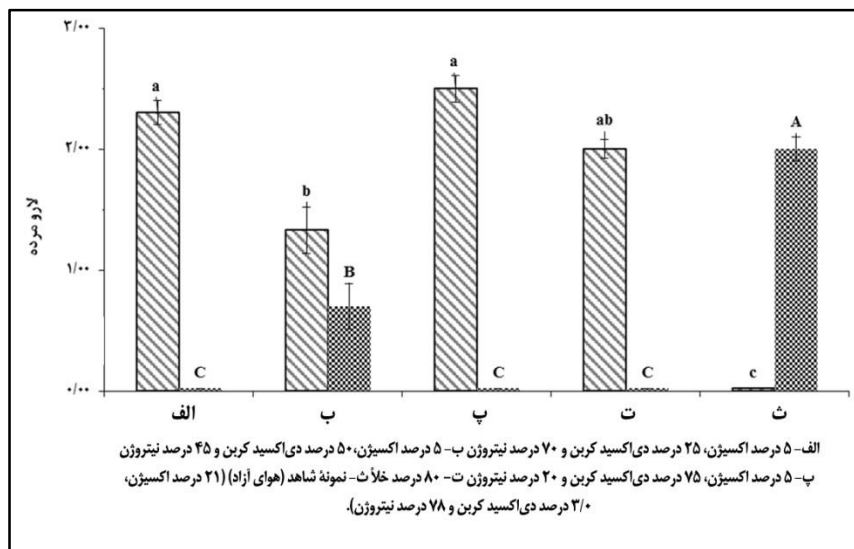
تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر اسیدیته، رطوبت، کاهش وزن، کپک و مخمر، باکتری‌ها، شاخص روشنی رنگ (L)، شاخص قرمزی رنگ (a)، شاخص زردی رنگ (b)، لارو زنده، سفیره مرده، سفیره زنده، حشره زنده، کپک خاکستری، کپک سفید، کپک

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود 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. فتیح و همکاران، (Fatih *et al.*, 2010) نتایج مشابهی به دست آوردند.

مشاهده نمی‌شود و از نظر آماری تفاوتی با یکدیگر ندارند ( $p > 0/05$ ) که بدین معنی است عامل مؤثر در خفگی لارو بیشتر کاهش اکسیژن است. تأثیر ترکیب‌های گازی بر لارو حشرات پس از ۶ ماه خود را نشان داده است. همان‌گونه که اشاره شد، در ۳ ماه این تأثیرات معنی‌دار نبود. علت آن را می‌توان تأثیر کمتر دمای ۲۵ درجه سلسیوس دانست؛ مقایسه آن با ۴۰ درجه این مطلب را تأیید می‌کند.

سیاه و رنگ قهوه‌ای تیره، معنی‌دار نبود ( $p > 0/05$ )؛ اما تأثیر این تیمارها بر لارو مرده، پروانه مرده، قهوه‌ای روشن و زرد روشن معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ).

در شکل ۲ مشاهده می‌شود تعداد لاروهای مرده در نمونه شاهد کم‌تر است تا در دیگر نمونه‌ها که نشانه‌ای است از اینکه کاهش اکسیژن در نمونه‌های دیگر موجب خفگی لاروها شده است، اما روندی منطقی در افزایش دی‌اکسید کربن و خفگی لاروها



شکل ۲- تعداد پروانه و لارو مرده در انجیرهای خشک ۶ ماه پس از نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

وجود پروانه مرده در نمونه شاهد (شکل ۲)، بدین معنی است که لارو فرصت داشته به پروانه تبدیل شود و به دلیل وجود بسته‌بندی محدود و تغییر انفعالی اتمسفر دچار مرگ شده که علت آن کاهش تدریجی اکسیژن و افزایش دی‌اکسید کربن در درون بسته‌هاست (Mohandass *et al.*, 2007; Riudavets *et al.*, 2006).

اما در نمونه‌های دیگر با کاهش اکسیژن لارو دچار خفگی شده و به پروانه تبدیل نشده است. تعداد لاروهای مرده در شکل ۲ تأییدکننده این مطلب است.

تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر رطوبت، کاهش وزن، قهوه‌ای سیاه و قهوه‌ای روشن معنی‌دار بود ( $p < 0/05$ ). اما بر دیگر شاخص‌ها معنی‌دار نبود.

تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر رنگ زرد روشن



استفاده از فناوری بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP)...

سال دوم با نتایج به‌دست‌آمده در سال اول مشابهت داشت؛ در سال دوم به دلیل کاهش زمان آزمایش در مورد لارو، کپک، مخمر و باکتری‌ها نتایج جدیدی به دست آمد که در زیر بررسی می‌شوند.

### رطوبت

تیمارهای مختلف گازی پس از گذشت ۳ ماه تأثیر منطقی و منظمی بر رطوبت محصول نداشته‌اند و مشابه نتیجه‌گیری سال اول می‌توان گفت که تفاوت در رطوبت به ترکیب‌های گازی مربوط نمی‌شود. همان‌طور که انتظار می‌رفت، روند تغییرات رطوبت با گذشت زمان کاهش‌ی است (شکل ۳). تعداد زیادی از محققان دیگر (Alturki,

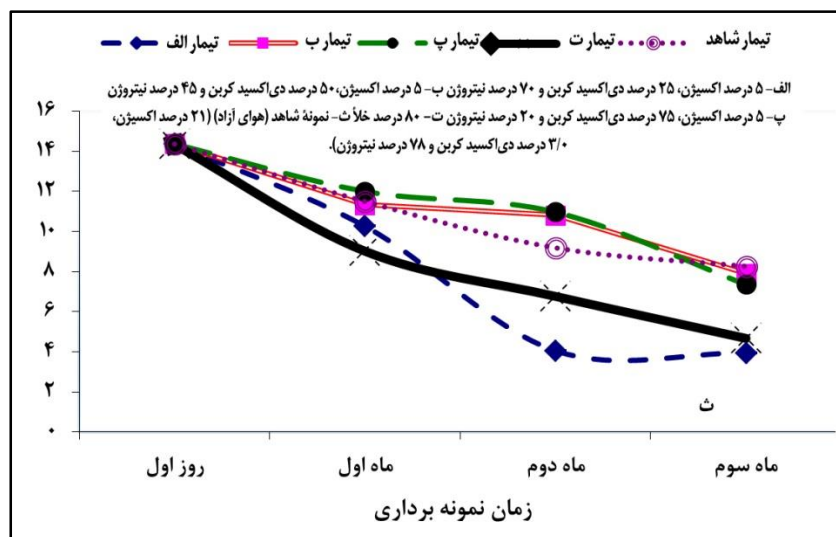
2013; Villalobos *et al.*, 2015; Villalobos *et al.*, 2018; Jokar *et al.*, 2011) ارائه داده‌اند.

$(p>0/05)$ . در تأثیر تیمارهای گازی بر رطوبت نهایی و کاهش رطوبت، روندی منطقی مشاهده نشد؛ بنابراین، می‌توان گفت تفاوت‌ها ناشی از عوامل دیگری مانند رطوبت اولیه و اندازه‌انجیر است.

تفاوت در رنگ‌های قهوه‌ای تیره و روشن مربوط به عوامل دیگری مانند رطوبت و تأثیر دمای ۴۰ درجه سلسیوس است و روندی منطقی در تأثیر تیمارهای گازی مشاهده نمی‌شود. معنی‌دار نشدن تأثیر تیمارهای گازی بر شاخص روشنی رنگ (L)، شاخص قرمزی رنگ (a)، شاخص زردی رنگ (b)، تأییدکننده این مطلب است.

### سال دوم

تأثیر ترکیب‌های گازی بر دیگر ویژگی‌های بررسی‌شده پس از ۳ ماه، به‌جز رطوبت، معنی‌دار نبود. به‌طور کلی، نتایج به‌دست‌آمده پس از ۳ ماه در



شکل ۳- روند تغییر رطوبت در انجیرهای خشک در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

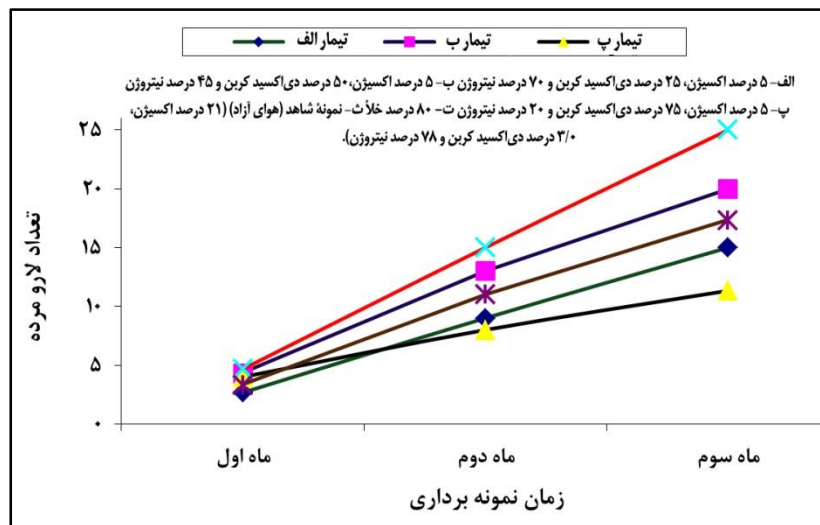
بود. بنابراین تعداد لاروهای مرده پس از ۱، ۲ و ۳ ماه تجزیه و تحلیل شدند. تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر کشتن لارو زنده حشرات پس از گذشت ۱ و ۲ ماه معنی‌دار نبود ( $p>0/05$ )، اما پس از گذشت ۳

### لارو مرده حشرات

تعداد لارو زنده حشرات در روز اول حداقل دو عدد بود که محققان آنها را در بسته رها کرده بودند. تعداد لاروهای زنده پس از گذشت ۲ و ۳ ماه صفر

نتیجه یا روندی منطقی دیده نمی‌شود. پس از گذشت ۳ ماه، تعداد لاروهای مرده در نمونه شاهد با دیگر تیمارها یکی است، دلیل این موضوع را می‌توان به بسته‌بندی و تغییرات انفعالی ترکیبات گازی ربط داد، طوری که پس از ۳ ماه لاروهای مرده در آن زیاد شده‌اند.

ماه این تأثیرات معنی‌دار شدند ( $p < 0.05$ ). این روند در شکل ۴ قابل مشاهده است. همان‌طور که در این شکل ملاحظه می‌شود تأثیر کاهش اکسیژن در تیمار ۴، یا خلأ ۸۰ درصد، بیشتر از تأثیر کاهش اکسیژن در دیگر تیمارهاست و این تأثیر پس از گذشت ۳ ماه خود را نشان داده است. در تیمارهای گازی دیگر،



شکل ۴- روند تجمعی تغییر تعداد لارو مرده حشرات در انجیرهای خشک در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

نشان می‌دهد که وجود اکسیژن برای رشد و افزایش تعداد باکتری‌ها لازم است طوری که بیشترین مقدار رشد در نمونه شاهد دیده شد. در ماه دوم، کاهش شدید میکروارگانیسم‌ها در کلیه تیمارها به جز نمونه شاهد دیده شده است. در ماه سوم تأثیر تیمارهای گازی بر تعداد کلی باکتری‌ها معنی‌دار نبود که علت آن رشد میکروارگانیسم‌ها و نزدیک شدن تعداد آنها به یکدیگر در اثر گذشت زمان و تغییر ترکیبات گازی درون بسته‌هاست (بسته‌بندی غیرفعال).

این مطلب نتایج تحقیقات سال اول را در مورد باکتری‌ها تأیید می‌کند، تفاوت معنی‌دار در ماه اول و دوم را نشان می‌دهد و فرضیه محققان پژوهش حاضر را در سال اول نیز تأیید می‌کند. بیشترین رشد باکتری‌ها در تیمار شاهد و کمترین آن در تیمار

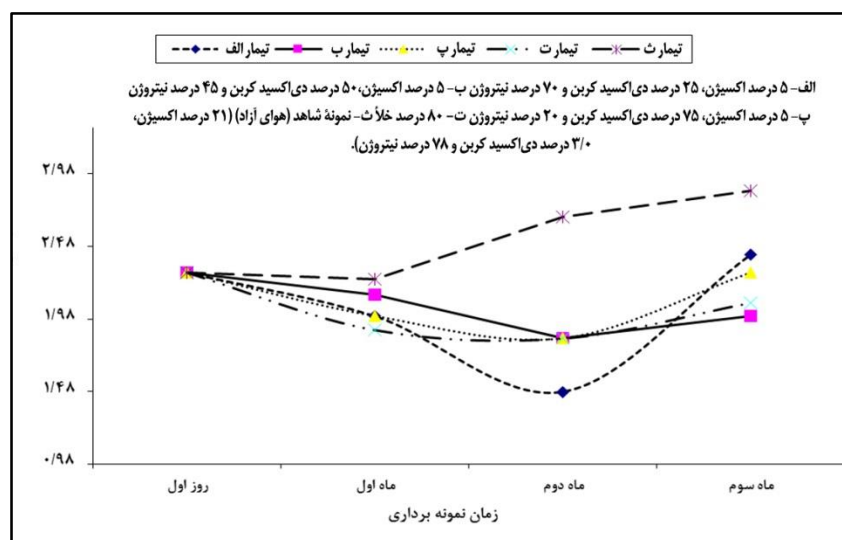
وجود تخم حشرات روی انجیر و تفریح آنها به لارو و در نهایت کشته شده آنها باعث شده که تعداد لارو مرده در بعضی از موارد از دو عدد بیشتر شود. در نتیجه هر بسته‌بندی ساده نیز می‌تواند لارو حشرات را از بین ببرد، با کاهش اولیه اکسیژن در محیط داخلی بسته‌بندی، مرگ لاروها افزایش می‌یابد. محققان دیگر نیز نتایج مشابهی ارائه کرده‌اند. (Rahemi, 1984; Rahemi & Zare, 2002; Soltani *et al.*, 2015; Guilleñ *et al.*, 2015; Fatih *et al.*, 2010)

#### تعداد کل باکتری‌ها

پس از گذشت ۱ و ۲ ماه تأثیر تیمارهای گازی بر تعداد کلی باکتری‌ها معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ )، اما پس از ۳ ماه این تأثیر معنادار نبود ( $p > 0.05$ ). روند تغییرات در شکل (۵) قابل مشاهده است. این شکل

استفاده از فناوری بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP)...

الف - ۵ درصد اکسیژن و ۲۵ درصد دی‌اکسید کربن دیده می‌شود (شکل ۵).  
 باکتری‌ها برای رشد نیاز به اکسیژن دارند و وجود دی‌اکسید کربن به میزان کم نیز تأثیر منفی بر رشد آنها داشته است. محققان دیگر (Villalobos *et al.*, 2016a; Villalobos *et al.*, 2016b; Waghmare & Annapure, 2018) نتایج و دلایل مشابهی ارائه داده‌اند.



شکل ۵- روند تغییر تعداد کلی باکتری‌ها در انجیرهای خشک در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

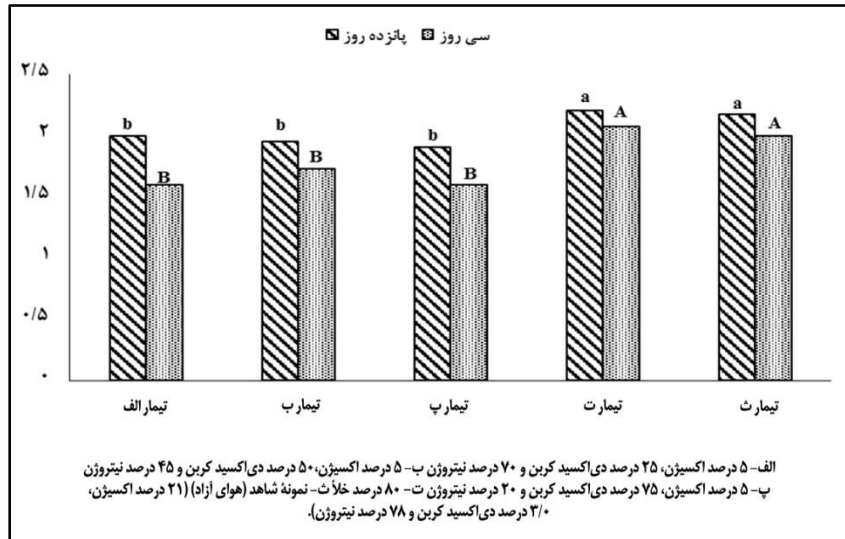
سوم تأثیر تیمارهای گازی بر کپک و مخمر معنی‌دار نبود، چون تعداد کپک و مخمر در کلیه تیمارها از نظر آماری یکسان گردید. این نتایج نیز مانند تعداد کلی باکتری‌ها علاوه بر تأیید نتایج سال اول تفاوت تأثیر تیمارهای گازی بر کپک و مخمرها را در روز پانزدهم و سی‌ام نشان می‌دهد.

بیشترین رشد کپک و مخمرها در تیمارهای شاهد و خلأ مشاهده می‌شود؛ همان‌طور که می‌دانیم کپک‌ها برای رشد نیاز شدیدی به اکسیژن دارند و در تیمار شاهد که اکسیژن زیاد است رشد زیادی داشته‌اند. در خلأ کامل که اکسیژن کم است محیط برای رشد مخمرها مناسب است چون مخمر برای رشد نیاز زیادی به اکسیژن ندارد و در مقادیر کم اکسیژن رشد بهتری دارد اما در تیمارهای الف، ب و پ افزایش دی‌اکسید کربن بر رشد مخمرها تأثیر

### کپک و مخمر

تأثیر تیمارهای مختلف گازی بر کپک و مخمر در ۱۵ و ۳۰ روز پس از بسته‌بندی معنی‌دار بود ( $p < 0.05$ )، اما پس از ۲ و ۳ ماه معنی‌دار نبود ( $p > 0.05$ ). مقایسه میانگین تعداد کپک و مخمر پس از ۱۵ و ۳۰ روز نگهداری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس را در شکل (۶) می‌توان مشاهده کرد. مقایسه میانگین تعداد کپک و مخمر نشان داد که تعداد کپک و مخمر بعد از ۱۵ روز در نمونه‌های خلأ ۸۰ درصد و شاهد بیشتر از بقیه بود. این بدین معنی است که وجود دی‌اکسید کربن در مقادیر ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر کاهش تعداد کپک و مخمر داشته است. پس از یک ماه، تعداد کپک و مخمر کاهش یافت اما روند تأثیر تیمارهای گازی مشابه روز پانزدهم پس از تولید بود. در ماه دوم و

منفی داشته است. همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، نتایج و دلایل مشابهی ارائه کرده‌اند (Villalobos *et al.*, 2016a; Villalobos *et al.*, 2016b; Waghmare & Annapure, 2018) در مورد تأثیر اتمسفر تغییر یافته بر میکروارگانیسم‌ها طی زمان، پژوهشگران دیگری به‌ویژه در مورد انجیر



شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد کپک و مخمرها پس از پانزده و سی روز نگهداری انجیرهای خشک در دمای ۲۵ درجه سلسیوس

را نشان داد. کمترین تعداد لارو مرده در تیمار شاهد دیده شده است؛ اما در دمای ۴۰ درجه سلسیوس تیمارهای گازی تأثیر خود را سریع‌تر بر کاهش آفات انباری گذاشته‌اند. به‌طور کلی دمای ۴۰ درجه سلسیوس دمای مناسبی برای نگهداری انجیر خشک نیست. از این‌رو از نگهداری انجیر خشک در این دما برای مدت طولانی باید خودداری شود. به نظر می‌رسد تغییر ترکیب‌های گازی هوای درون بسته‌ها، حتی ایجاد خلأ به‌تنهایی، موجب کاهش آفات انباری در انجیر خشک می‌شود و جایگزینی مناسب برای گاز متیل بروماید خواهد بود.

## نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان می‌دهد تأثیر تیمارهای گازی مختلف بر ویژگی‌های گوناگون انجیر خشک متفاوت است به‌طوری‌که تیمارها بر بعضی از این ویژگی‌ها مانند رنگ، اسیدیته و رطوبت تأثیر معنی‌دار نداشته‌اند؛ اما بر آفات انباری مانند لارو حشرات، تعداد کپک و مخمر و تعداد کلی باکتری‌ها به‌ویژه در ماه اول تأثیر معنی‌دار داشته‌اند به‌طوری‌که کاهش اکسیژن موجب خفگی لارو حشرات شده است. تأثیر تیمارهای گازی بر لارو حشرات در دمای ۲۵ درجه سلسیوس پس از گذشت حداقل ۳ ماه و بیشتر خود

## مراجع

Alturki, S. 2013. Utilization of modified atmosphere packaging to extend the shelf-life of fresh figs. *Biotechnology*. 12(2): 81-86.

- 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 Horticulturae*. 480, 289-295.
- Artés-Hernández, F., Tomás-Barberán, F. A. and Artés, F. 2006. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO<sub>2</sub>-free ‘Superior seedless’ table grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 39(2): 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 Persian)
- Damarli, E. E., Gun, H., Ozay, G., Bulbul, S. and Oechsle, P. 1998. An alternative method instead of methyl bromide for insect disinfection of dried figs: Controlled atmosphere. *Acta Horticulturae*. 480, 209-215.
- FAO. 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 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 Persian)
- 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. *Journal of Stored Products Research*. 46(1): 28-33.
- Fellows, P. 2000. Controlled or Modified Atmosphere Storage and Packaging. In: *Food Processing Technology, Principles and Practice*. 2<sup>nd</sup> Edition. CRC Press. USA. pp. 406-416.
- Guilleñ, F., Castillo, S., Valero, D., Zapata, P. J., Martínez-Romero, D., Díaz-Mula, H. M. and Serrano, M., 2015. Use of modified atmosphere packaging improves antioxidant activity and bioactive compounds during postharvest storage of 'Collar' figs. In: Amodio, M. L., Colelli, G. (Eds.), *Acta Horticulturae*. International Society for Horticultural Science. pp. 263-268.
- Horwitz, W. (Ed). 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17<sup>th</sup> Ed. Association Official Analytical Chemists Washington, D.C. Vol. 2.
- ISIRI. 1991. Fruit juices – Test methods. ISIRI No. 2685. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian)
- ISIRI. 2003. Processed fig – Microbiological specification. ISIRI No. 7868. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (in Persian)
- Jokar, A., Zare, H., Behmadi, H. and jokar, L. 2011. The effect of modified atmosphere packaging (MAP) on increasing shelf life of semi-moistened figs from Estahban region. *Journal Agricultural Engineering Research*. 12(3): 57-70. (in Persian)
- Jokar, A. Zare, H., Behmadi, H., jokar, 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 Persian)

- Mirnezami, Z. H. and Koohi, J. 2001. Food (Principles and Food Preservation Methods), Health and Diseases. Agricultural Science Pub. Tehran. Vol. 2, p. 847. (in Persian)
- Mohandassa, S., Arthurb, F.H., Zhuc, K. Y. and Throne, J. E. 2007. Biology and management of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in stored products. Journal of Stored Products Research. 43(3): 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 Horticulturae. 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 Biology and Technology. 31(3): 313-317.
- Ori, K. B. and Stailz, M. E. 2001. Food Modified Atmosphere Packaging (MAP). Translated by Tajedin, B. Tehran. (in Persian)
- 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 Horticulturae. 480, 295-301.
- Rahemi, M. 1984. Postharvest Physiology: An Introduction to Physiology and Vegetable Handling. Shiraz University Edition Center. Shiraz. (in Persian)
- Rahemi, M. and Zare, H. 2002. Effects of packaging and temperatures on disinfection and preservation of Estahban dried fig. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 6(2): 29-43. (in Persian)
- Riudavets, J., Castañé, C., Alomar, O., Pons, M. J. and Gabarra, R. 2006. Response of eleven stored product pest species to modified atmospheres with high carbon dioxide concentrations. Proceeding of 9<sup>th</sup> International Working Conference on Stored Product Protection. 15-18 October 2006. São Paulo, Brazil pp. 578-588.
- Sahari, M. A. 2002. Chemistry of Browning Reaction in Food. Andishmand Press. Tehran, Chapter. 2, p. 108. (in Persian)
- Soltani, M., Alimardani, R., Mobli, H. and Mohtasebi, S. S. 2015. Modified atmosphere packaging: A progressive technology for shelf-life extension of fruits and vegetables. Journal of Applied Packaging Research. 7(3): 33-59.
- Villalobos, M. C., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Martín, E., Córdoba, M. G. and Serradilla, M. J. 2015. Effect of modified atmosphere packaging on the antioxidant activity and total phenolic content in 'Albacor' figs. In: Toivonen, P. M., Kalaitzis, P., Manganaris, G. A. (Eds.), Acta Horticulturae. International Society for Horticultural Science. p. 573-579.
- Villalobos, M. C., Serradilla, M. J., Martín, A., López Corrales, M., Pereira, C. and Córdoba, M.G. 2016a. Preservation of different fig cultivars (*Ficus carica* L.) under modified atmosphere packaging during cold storage. Journal of the Science of Food and Agriculture. 96(6): 2103-2115.

استفاده از فناوری بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده (MAP)...

- Villalobos, M. C., Serradilla, M. J., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Pereira, C. and Córdoba, M.D.G. 2016b. Synergism of defatted soybean meal extract and modified atmosphere packaging to preserve the quality of figs (*Ficus carica* L). *Postharvest Biology and Technology*. 111, 264-273.
- Villalobos, M. C., Serradilla, M. J., Martín, A., Aranda, E., López-Corrales, M. and Córdoba, M. G. 2018. Influence of modified atmosphere packaging (MAP) on aroma quality of figs (*Ficus carica* L.). *Postharvest Biology and Technology*. 136, 145-151.
- Waghmare, R. B. and Annapure, U. S., 2018. Integrated effect of radiation processing and modified atmosphere packaging (MAP) on shelf life of fresh fig. *Journal of Food Science and Technology*. 55(6): 1993-2002.
- Yam, K. L. and Papadakis, S. E. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal Food Engineering*. 61(1): 137-142.

## Using Modified Atmosphere Packaging (MAP) in Preservation of Dried Fig

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

\* Corresponding Author: Assistant professor, Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Fars, Shiraz, Iran. Email: a.jokar@areeo.ac.ir

Received: 6 October 2018, Accepted: 20 April 2019

### Abstract

The purpose of this research was to stop the proliferation of insects and microorganisms in dried fruits of fig cv. Sabz EStahban and to preserve the quality of the fruits by decreasing O<sub>2</sub> and increasing CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub> in modified atmosphere packaging. Mold and yeasts, total counts of bacteria, commercial color, Lab factors, acidity, moisture, mold mycelium, alive and dead larva, alive and dead insects were evaluated. The properties were evaluated after 3 and 6 months storage of samples at 25 and 40°C. Gas treatments were: a) 70% N<sub>2</sub> + 25% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub>; b) 75% N<sub>2</sub> + 50% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub>; c) 20% N<sub>2</sub> + 75% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub>; d) 80% vacuum; e) control sample: 78% N<sub>2</sub> + 0.3% CO<sub>2</sub> + 21% O<sub>2</sub>. The effects of gas treatments were insignificant on color, acidity, and moisture, while they were definitely significant on granary pests such as larva, molds and yeasts, and bacteria. Reducing oxygen killed larva, fungi and bacteria. Control sample had the lowest dead larva. Modified atmosphere packaging and vacuum treatment caused significant depletion in granary pests in dried figs. So it can be a good replacement for methyl bromide.

**Keywords:** Fig cv. Sabz EStahban, Granary pests, Methyl bromide, *Plodia interpunctella*