مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۴ شماره ۴ صفحه‌های ۴۴۹ تا ۴۶۸ (۱۴۰۲)
مقاله پژوهشی

تاثیر بسته بندی با اتمسفر تغییریافته بر ماندگاری انجیر سیاه استهبان

The Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Shelf Life of Estahban Black Fig

ندا مفتون‌آزاد*[۱]، حمید زارع [۲]، مریم شاه‌امیریان [۱]

۱. تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
۲. ایستگاه تحقیقات انجیر استهبان، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
*نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (n.maftoon@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۵، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۲۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر بررسی تاثیر ترکیبات گازی مختلف در اتمسفر بسته‌بندی بر کیفیت و ماندگاری انجیر سیاه استهبان بود. درصدهای مختلف گازهای اکسیژن، دی اکسید کربن و نیتروژن به‌صورت تیمارهای G1 (۵ درصد اکسیژن، ۷۰ درصد دی اکسید کربن و ۲۵ درصد نیتروژن)، G2 (۵ درصد اکسیژن، ۰ درصد دی اکسید کربن و ۹۵ درصد نیتروژن)، G3 (۵ درصد اکسیژن، ۳۵ درصد دی اکسید کربن و ۶۰ درصد نیتروژن)، G4 (۵ درصد اکسیژن، ۰ درصد دی اکسید کربن و ۲۵ درصد نیتروژن؛ خلاء نسبی) و نیز نمونه شاهد (هوای معمولی) استفاده شد. نمونه‌های انجیر بسته‌بندی و در ۴ درجه سلسیوس تا زمان حفظ کیفیت و بازارپسندی نگهداری شدند. در ابتدای آزمایش و در خاتمه میزان اسیدیته، مواد جامد محلول، ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مشخص شد. هر ۳ روز یک‌بار نیز، تنفس، رنگ، بافت، تغییرات وزن و تعداد نمونه‌های آلوده به قارچ اندازه‌گیری شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی کلیه تیمارها با گذشت زمان کاهش یافت و میوه‌های انجیر در کلیه تیمارها نرم‌تر شده و تغییرات رنگ در آن‌ها مشهود بود. در حین نگهداری، میوه‌ها بسته به نوع اتمسفر و زمان نگهداری حدود ۳۸-۹ درصد از وزن اولیه خود را از دست دادند. اندازه‌گیری میزان تنفس نمونه‌ها نشان‌داد که تیمار G3 (۶۰ درصد نیتروژن، ۳۵ درصد دی اکسید کربن و ۵ درصد اکسیژن) در به‌تعویق انداختن وقوع بیشینه تنفسی و حفظ خصوصیات کیفی محصول موثر بوده است. به‌منظور مطالعه سینتیک تغییرات کیفی انجیر حین نگهداری، بهترین تیمار گازی انتخاب و به‌همراه نمونه شاهد در دماهای ۴، ۱۰ و ۱۵ درجه تا زمان از دست دادن بازارپسندی نگهداری شدند و هم‌زمان تغییرات وزن، بافت و رنگ آن‌ها مطالعه شد. نتایج نشان‌داد که دماهای بالاتر سبب تغییرات کیفی سریعتر در میوه‌ها می‌شود اما روند این تغییرات در نمونه‌های شاهد نسبت به ترکیب گازی G3 با سرعت بالاتری صورت گرفت. بررسی پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد که میانگین امتیازات داده شده در همه تیمارها در طول زمان نگهداری کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: انجیر، بسته بندی با اتمسفر تغییر یافته، کاهش وزن، بیشینه تنفسی، بافت، رنگ.

مقدمه

انجیر با نام علمی *Ficus carica* L. متعلق به تیره موراسه[۱] و دارای گونه‌های متفاوتی است که به‌واسطه نوع بافت، خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و نیز زمان‌های برداشت متفاوت دارای زمان‌های ماندگاری متفاوتی می‌باشد. این محصول قابلیت نگهداری طولانی مدت ندارد ولی استفاده از دمای پایین (۲-۰ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی بالا می‌تواند در حفظ انبارمانی آن موثر باشد (Villalobos *et al*., 2016).

۱- Moraceae

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

ایران با تولید ۹۸۹۹۰ تن انجیر و سطح زیر کشت ۵۶۲۹۲ هکتار در سال ۱۳۹۹ پنجمین تولید کننده انجیر در سطح جهان شناخته شده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۰). استان‌های فارس، لرستان و کرمانشاه به‌ترتیب رتبه‌های اول تا سوم تولید را به‌خود اختصاص داده‌اند. در سال ۲۰۲۰ ارزش تجاری محصول انجیر ایران ۳۳/۴ میلیون دلار (انجیر تازه و خشک) بوده است. عمده خریداران محصول انجیر ایران کشورهای ویتنام، ژاپن، چین، هند و امارات بوده‌اند. اقتصاد عمده مناطق انجیرخیز استان فارس و در راس آن شهرستان استهبان بطور مستقیم و غیرمستقیم وابسته به انجیر است. فساد انجیر تازه در اثر فقدان شرایط مناسب نگهداری و نیز نامناسب بودن شرایط بسته‌بندی و حمل و نقل خسارات فراوانی را به انجیر وارد می‌سازد.

بر اساس آخرین برآوردهای وزارت جهاد کشاورزی، میزان ضایعات انجیر حدود ۳۰ درصد است (Mirmajidi *et al*., 2016) که بر اساس میانگین قیمت تولیدکننده و عمده‌فروشی ارقام غالب کشور در سال ۱۴۰۱ (۲۰۰۰۰۰ ریال) معادل ریالی این میزان ضایعات ۶۰۰۰ میلیارد ریال برآورد می‌شود. بنابراین تلاش در جهت کاهش ضایعات این محصول در مراحل مختلف تولید کمک شایانی به صرفه‌جویی و حفظ منابع آبی کشور و سایر نهاده‌ها، افزایش درآمد باغداران و کاهش مسائل زیست‌محیطی می‌کند.

اگرچه انجیر به‌عنوان میوه‌ای فرازگرا در نظر گرفته می‌شود، اما باید زمانی برداشت شود که تقریبا به‌طور کامل رسیده است تا طعم مطلوبی ایجادشود. میوه‌هایی که در مرحله رسیدن بهینه برداشت می‌شوند، بافت نرمی داشته و به کبودی و شکافتن پوست بسیار حساس می‌باشند (Villalobos *et al*., 2016). علاوه بر این، به دلیل میزان بالای قند انجیر، رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها باعث فساد سریع محصول می‌شود که در این میان قارچ‌ها شایع‌ترین عامل ایجاد فساد در انجیر می‌باشند (Crisosto *et al*., 2011). یکی از مهم‌ترین عوامل حفظ کیفیت و کنترل فساد انجیر تازه، استفاده از دماهای پایین (۰-۱- درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی ۹۵-۹۰ درصد است. با این حال، در این شرایط ماندگاری انجیر پس از برداشت به ۷ تا ۱۴ روز محدود می شود. بنابراین، استفاده از تکنیک های جدید پس از برداشت برای افزایش عمر پس از برداشت انجیر تازه ضروری است (Colell *et al*., 1991). استفاده از بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP)، چه فعال و چه غیرفعال، برای میوه‌ها و سبزیجات تازه، فعالیت تنفسی را کاهش می دهد و کاهش وزن، رسیدگی و نرم‌شدن را به‌تاخیر می‌اندازد و می‌تواند بروز فساد و اختلالات فیزیولوژیک را به‌کمترین حد برساند (Adiletta *et al*., 2018).

گزارش های کمی در مورد نگهداری پس از برداشت انجیر تازه به‌خصوص با استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییریافته وجود دارد. Crisosto و همکاران (۲۰۱۱) سطح اکسیژن را برای میوه انجیر در بسته بین ۵ تا ۱۰ درصد و میزان دی‌اکسیدکربن را بین ۱۵ تا ۲۰ درصد گزارش‌کردند. در مطالعه دیگری افزایش ماندگاری انجیر میژن در ۰ تا ۵ درجه سلسیوس و ۱۵ یا ۲۰ درصد دی‌اکسیدکربن به میزان۳-۲ هفته گزارش شده است (Colelli *et al*., 1991). اتمسفر غنی‌شده با دی‌اکسیدکربن در کاهش بروز پوسیدگی‌های ناشی از بیمارگرهای قارچی و حفظ ویژگی‌های کیفی میوه انجیر موثر است. همچنین نشان داده شده که نگهداری انجیر در ۲ درصد اکسیژن در هر دو دمای ۱- و ۲۰ درجه سلسیوس منجر به کاهش بیشتر جذب اکسیژن و کاهش تولید اتیلن در مقایسه با هوای معمولی می‌شود (Tsantili & Rodov, 2022). استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته نیز باعث افزایش عمر پس از برداشت میوه‌های بر انجیر و تاخیر در فرآیندهای پیری فیزیولوژیک شده است (del Carmen Villalobos *et al*., 2014). البته این محققان بر اهمیت رقم انجیر مورد استفاده به‌منظور افزایش زمان نگهداری در سردخانه نیز تاکید کرده‌اند. سانگ و همکاران (۲۰۱۹) نیز ترکیب بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته با ۱-متیل سیکلوپروپن را بررسی و نشان دادند که این تیمار بطور موثری بافت میوه را بهبود بخشیده و کاهش وزن، تولید اتیلن، تنفس و تجمع مالون آلدهید را در مقایسه با نمونه شاهد کاهش می‌دهد. اثرات سه نوع فیلم پلاستیکی (پلی پروپیلن جهت‌دار دو محوره[1]، پلی‌وینیل کلرید سوراخ‌دار[2] و پلی‌پروپیلن[3] در ایجاد اتمسفر تغییر یافته و مرحله رسیدن میوه بر کیفیت حسی انجیر رقم *Tiberius breba* نیز بررسی‌شده است. بهترین نتایج برای میوه های بسته‌بندی شده با با فیلم BOPP بدست‌آمد (Hernández Méndez *et al*., 2001).

با توجه به آن‌که انجیر رقم سیاه استهبان یکی از نژادگان‌های ارزشمند این منطقه می‌باشد و به‌دلیل ماندگاری پس از برداشت پایین، دچار تلفات زیادی در مراحل پس از برداشت و بازاررسانی می‌شود، این پژوهش در راستای بررسی تاثیر کاربرد

۱- BOPP ۲- PVC ۳- PP

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته و مطالعه میزان ماندگاری انجیر تازه رقم سیاه استهبان با غلظتهای مختلف گازی، به‌منظور یافتن بهترین شرایط نگهداری انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه

نمونه های انجیر مورد نیاز از ایستگاه انجیر استهبان تهیه و پس از کاهش دمای باغ در یک اتاق مجهز به خنک‌کننده با استفاده از دستگاه تغییر اتمسفر بسته بندی گردید. درختان مورد استفاده ۳۰ ساله بودند و آبیاری آن‌ها به‌صورت دیم انجام می‌شد. میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری برداشت‌شدند. برداشت میوه‌ها با استفاده از یک چاقوی تیز به نحوی انجام‌شد که هیچگونه آسیبی به محصول وارد نشود. معیار انتخاب نمونه‌ها تغییر رنگ از حالت سبز به ارغوانی تیره، سفتی بافت قابل فشردن و نداشتن زخم روی سطح میوه بود. میوه‌های برداشت‌شده از لحاظ رنگ و اندازه تقریبا حالت مشابهی داشتند. نمونه‌ها با استفاده از یک خودرو مجهز به یخچال به آزمایشگاه انتقال یافتند.

بسته‌بندی نمونه‌ها

تعداد ۱۵ ظرف بسته‌بندی با پوشش PVC (با حجم cm^3 ۱۵۰۰) هر کدام حاوی ۱۵ عدد انجیر با استفاده از دستگاه ایجاد کننده اتمسفر تغییریافته (شرکت پلی‌تکنیک شیراز، شیراز، ایران) برای هر تیمار تهیه و در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد. نمونه‌های شاهد نیز در همان دما در اتمسفر معمولی بسته‌بندی شدند. مهم‌ترین هدف نگهداری میوه‌های شاهد، تعیین مدت زمان نگهداری نمونه‌های موجود در اتمسفر تغییریافته بود تا ماکزیمم تفاوت بین تیمارها و نمونه‌های شاهد که نشان‌دهنده سریع‌ترین حالت رسیدگی هستند تعیین‌گردد. براساس مشاهدات به‌دست‌آمده از نمونه شاهد، مدت زمان آزمایش مشخص‌گردید. نمونه‌ها پس از بسته‌بندی تا زمان حفظ کیفیت و بازارپسندی در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. هر ۳ روز یک‌بار نمونه‌ها از انبار سرد خارج و پس از رسیدن به دمای محیط، تغییرات وزن، تنفس، رنگ و بافت نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. به‌علاوه در هر تیمار میزان نمونه‌های آلوده به قارچ در طول آزمایش شمارش و جدا گردید. کلیه آزمایشات در سه تکرار انجام شدند.

ترکیب گازی درون بسته

بسته‌بندی و اعمال گازهای درون بسته به‌وسیله دستگاه تغییر اتمسفر صورت‌گرفت. این دستگاه دارای قسمت ایجادکننده خلاء شامل پمپ وکیوم، هیتر فرم‌دهنده فیلم، قسمت توزین، قسمت درزگیری درب ظروف و تزریق هم‌زمان گاز و سه عدد شیر تزریق گاز مجزا برای گازهای اکسیژن، دی‌اکسید کربن و نیتروژن بود. روش کار به این صورت بود که ابتدا درون محفظه خلاء ایجاد شد، و سپس ترکیبات گازی با تعیین فشارهای جزئی گازها توسط فشارسنج اعمال‌گردید. گاز دی اکسیدکربن با خلوص ۹۰ درصد و گازنیتروژن با خلوص ۹۵ درصد از شرکت بالان شیراز تهیه شد. تیمارهای گازی اعمال شده عبارت بودند از:

ترکیب گازی G1: ۲۵ درصد نیتروژن، ۷۰ درصد دی اکسیدکربن و ۵ درصد اکسیژن

ترکیب گازی G2: ۹۵ درصد نیتروژن، صفر درصد دی اکسید کربن و ۵ درصد اکسیژن

ترکیب گازی G3: ۶۰ درصد نیتروژن، ۳۵ درصد دی اکسید کربن و ۵ درصد اکسیژن

ترکیب گازی G4: ۲۵ درصد نیتروژن، صفر درصد دی اکسید کربن و ۵ درصد اکسیژن (ایجاد شرایط نزدیک به خلاء)

نمونه شاهد C: هوای معمولی

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی

اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم اسید سیتریک/۱۰۰ گرم میوه با استفاده از تیتراسیون با محلول ۰/۱ مولار هیدروکسید سدیم و رسیدن به نقطه پایانی (pH ۸/۱) با مشاهده رنگ ارغوانی تعیین شد. برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از رفراکتومتر دیجیتال پرتابل (Atago, Tokyo, Japan) استفاده شد.

برای تعیین میزان ترکیبات زیست‌فعال میوه انجیر با محلول ۸۰ درصد حجمی متانول همگن شد و مایع رویی برای تعیین ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تعیین شد. روش رنگ‌سنجی فولین-سیوکالتیو و کلرید آلومینیم به ترتیب برای تعیین ترکیبات فنولی و فلاوونوئیدی استفاده شد. میزان پلی‌فنول بر اساس میلی‌گرم معادل اسید گالیک/۱۰۰ گرم میوه تازه و مقدار فلاوونوئید بر اساس میلی‌گرم معادل کتچین/۱۰۰ گرم میوه تازه بیان گردید (Adiletta *et al.*, 2022). ظرفیت

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش بی‌رنگ شدن کاتیون‌های آزاد تعیین و به صورت میکرومول ترولوکس/۱۰۰ گرم میوه تازه گزارش شد (Solomon *et al*., 2006).

مقدار آنتوسیانین با استفاده از اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر تعیین و به‌صورت میلی‌گرم سیانیدین - ۳- گلیکوزید/۱۰۰ گرم میوه تازه بیان شد (Solomon *et al*., 2006).

بررسی تغییرات وزن نمونه

میزان کاهش وزن نمونه‌ها به خاطر از دست‌رفتن رطوبت محصول با توزین نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتال (Sartorius, Goettingen, Germany) محاسبه‌گردید و به‌صورت اتلاف وزن نمونه براساس وزن اولیه با استفاده از رابطه ۱ گزارش‌گردید:

$$weight\ loss\ (\%) = \left[\frac{(W_0 - W_t)}{W_0}\right] \times 100$$ رابطه (۱)

که در آن W_0، وزن (گرم) در روز صفر و W_t وزن (گرم) در روز آزمون (هر سه روز یک‌بار) است.

اندازه‌گیری تنفس

مقدار وزنی مشخصی (۲۰ ±۴۰۰ گرم) از میوه انجیر در داخل یک محفظه پلاستیکی غیرقابل نفوذ به هوا (۱۰×۲۰× ۲۰ cm) قرارگرفت. یک حسگر دی‌اکسیدکربن (Gas Alert Micro 5, Calgary, Canada) مجهز به کارت حافظه، درون محفظه قرار داده‌شد تا مقادیر غلظت دی‌اکسیدکربن را اندازه‌گیری نماید. دستگاه به‌نحوی برنامه‌ریزی‌شد که داده‌های مربوط به غلظت دی‌اکسیدکربن را در فواصل یک دقیقه‌ای به مدت ۳۰ دقیقه برای هر نمونه اندازه‌گیری نماید. تنفس براساس شیب رگرسیون غلظت دی‌اکسیدکربن در برابر زمان به‌دست‌آمد و به صورت میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن/کیلوگرم-ساعت گزارش‌گردید (Maftoonazad & Ramaswamy, 2019).

اندازه‌گیری رنگ

خصوصیات رنگ نمونه‌ها با استفاده از رنگ‌سنج (RT 500, Amusbury, Uk) بررسی شد و میزان L* (درخشندگی یا روشنی نمونه)، a* (قرمزی- سبزی) و b* (زردی یا آبی بودن) نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. دستگاه با استانداردهای سفید و سیاه کالیبره شد. با استفاده از مقادیر به‌دست آمده، کروما، زاویه فام و میزان تغییر رنگ نمونه‌ها با استفاده از روابط ۲ تا ۴ تعیین گردید (Maftoonazad & Ramaswamy, 2019):

$$Chroma = \sqrt{a^2 + b^2}$$ رابطه (۲)

$$hue\ angle = \tan^{-1}\frac{b^*}{a^*}$$ رابطه (۳)

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)}$$ رابطه (۴)

اندازه گیری سفتی نمونه‌ها

بافت نمونه ها توسط دستگاه بافت سنج (Instron, Surey, uk) اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها در معرض آزمون سوراخ کردن با سرعت ۵۰ mm/min قرار گرفتند. قطر پروب ۲ میلی‌متر با انتهای مسطح و عمق نفوذ ۳ میلی‌متر بود. منحنی نیرو-تغییر فرم رسم‌گردید و سفتی نمونه‌ها بر اساس شیب قسمت خطی منحنی نیرو-تغییر فرم (N/mm) به‌دست‌آمد. حداقل شش اندازه‌گیری در نقاط مختلف میوه انجام شد (Maftoonazad & Ramaswamy, 2019).

ارزیابی حسی نمونه‌ها

از افراد آموزش دیده برای ارزیابی حسی نمونه‌های بسته‌بندی شده با ترکیبات گازی متفاوت به‌همراه نمونه شاهد استفاده شد. بر اساس مقیاس هدونیک به هر صفت امتیازات ۱ تا ۹ بر اساس کمترین شدت (۱) و بیشترین شدت (۹) داده شد. صفات مورد بررسی شامل بوی نامطبوع، طعم شیرین، طعم ترش، رنگ قرمز-ارغوانی، چروکیدگی، بادکردگی و پذیرش کلی بود (Giannakourou *et al*., 2020).

تعیین تعداد و درصد میوه‌های آلوده

تیمار های مختلف آزمایش هر سه روز یک‌بار مورد بررسی قرار گرفته و میوه‌های آلوده به قارچ شمارش و جدا شدند. میزان آلودگی براساس نسبت میوه‌های آلوده به کل میوه‌ها محاسبه و به صورت درصد گزارش گردید.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

مطالعه سینتیک تغییرات کیفی

کاهش خصوصیات کیفی محصول در نتیجه نگهداری می‌تواند با واژه‌هایی نظیر ثابت سرعت (k) و وابستگی آن به دما به‌صورت انرژی فعال سازی (Ea) بیان‌گردد. بدین منظور بهترین تیمار حاصل از انجام آزمون‌های کیفی مشخص‌گردید و همراه با نمونه شاهد در سه دمای ۴، ۱۰ و ۱۵ درجه سلسیوس تا زمان از دست‌رفتن بازارپسندی نگهداری شد. تغییر شاخص کیفی A (d_A/d_t) با زمان را می‌توان با معادله سینتیک زیر (رابطه ۵) شرح داد:

$$\frac{d_A}{d_t} = -k\,(A^n) \qquad \text{(رابطه ۵)}$$

که در آن k ثابت سرعت، n مرتبه واکنش، و A مقدار کمّی پارامتر در زمان t است. اگر عوامل محیطی ثابت نگهداشته شوند، n شکل منحنی زوال یا فساد را نیز تعیین می‌کند. برای واکنش مرتبه صفر، n=0 و برای واکنش مرتبه یک، n=۱ است.

علاوه بر توصیف تغییر در یک ویژگی به‌عنوان تابعی از زمان در یک دمای ثابت، باید بتوان اثر دما بر آن ویژگی را نیز شرح‌داد زیرا نرخ افت کیفیت وابسته به‌دما می‌باشد. رابطه آرنیوس برای شرح وابستگی به‌دمای نرخ فساد استفاده می شود (رابطه ۶):

$$LN\ \frac{k}{k_0} = \frac{E_0}{RT} \qquad \text{(رابطه ۶)}$$

که در آن k_0 یک فاکتور پیش نمایی، Ea انرژی اکتیواسیون بر حسب کیلوژول/مول، R ثابت گازها ($8.314\ J/mol^{1o}K$) و T دمای مطلق (^ok) می‌باشد. بنابراین حاصل رسم ثابت سرعت در مقیاس نیمه لگاریتمی بصورت تابعی از معکوس دمای مطلق ($1/T$) یک خط مستقیم می باشد. انرژی فعال سازی از حاصلضرب شیب این خط در ثابت گازهای R به‌دست می‌آید. شیب بیشتر به‌معنای حساس بودن بیشتر واکنش به‌دما است (Maftoonazad & Ramaswamy, 2019).

طرح آماری

تاثیر شرایط بسته بندی بر کیفیت انجیر سیاه در ۵ تیمار گازی و در زمان‌های نگهداری با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار و ۱۵ مشاهده در هر تکرار و با نرم افزار SPSS 16 بدست آمد. رابطه ۷ برای این منظور مورد استفاده قرار گرفت:

$$Yij= \mu + \alpha i + \alpha j + \alpha ij \qquad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن، μ میانگین نمونه ها، αi اثر ترکیب گاز، αj اثر زمان و αij برهمکنش ترکیب گاز و زمان است.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکوشیمیایی (اسیدیته، مواد جامد محلول، ترکیبات زیست‌فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی)

اسیدهای آلی در ایجاد طعم و کیفیت تغذیه‌ای میوه دخالت دارند. در میوه انجیر، اسیدیته در ارتباط با غلظت‌های مختلفی از اسیدهای آلی مختلف نظیر اگزالیک، مالیک، سیتریک، اسکوربیک و سوکسینیک اسید می‌باشد که بسته به نوع رقم انجیر میزان آن‌ها متفاوت می‌باشد (Palmeira *et al*., 2019). با گذشت مدت زمان نگهداری اسیدیته قابل تیتراسیون کاهش یافت. تغییرات اسیدیته در تیمار G3 نسبت به سایر نمونه‌ها با سرعت کمتری صورت گرفت ولی تجزیه و تحلیل آماری هیچ تفاوت معنی‌داری را بین میانگین تیمارها و نیز مقادیر هر تیمار در روزهای مختلف نشان نداد (جدول ۱). مقادیر بالای اسیدیته در تیمار G1 نسبت به بقیه نمونه‌ها در طول دوره نگهداری می‌تواند بخاطر انجام واکنش‌های تخمیری (ایجاد طعم ترش در نتیجه تولید اسیدهای آلی و ترکیبات آلدهیدی) باشد. کاهش میزان اسیدیته میوه در طول زمان نگهداری مطابق با یافته‌های Islam و همکاران (۲۰۱۳) بود.

میزان مواد جامد محلول در همه تیمارها با افزایش مدت زمان نگهداری کاهش یافت (جدول ۱). بیشترین کاهش میزان مواد جامد محلول در روز نهم در نمونه شاهد و پس از آن در تیمار G2 مشاهده شد. اگرچه میزان مواد جامد محلول در کلیه تیمارها در مقایسه با شروع آزمایش تفاوت معنی‌داری نشان دادند ولی نمونه‌های شاهد، G1، G2 و G4 از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند ولی با نمونه G3 متفاوت بودند ($P<0.05$). کاهش میزان مواد جامد محلول در نتیجه افزایش مصرف قندهای میوه در فرآیند تنفس می‌باشد (Mishra & Kar, 2014).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

ترکیبات فعال زیستی (پلی‌فنول کل، فلاوونوئید و آنتوسیانین) و نیز ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در کلیه تیمارها در حین نگهداری کاهش یافت. بیشترین کاهش مربوط به تیمار شاهد با ۵۴/۴، ۷۵/۱، ۵۸/۵ و ۳۹/۳ درصد به ترتیب برای پلی‌فنول کل، فلاوونوئید، آنتوسیانین و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بود و کمترین میزان تغییرات مربوط به تیمار G3 با ۳۸/۱، ۴۲/۶، ۳۲/۰ و ۲۴/۸ درصد برای صفات ذکر شده بود؛ اگرچه در اغلب موارد تفاوت معنی‌داری بین میانگین تیمارهای مختلف وجود نداشت. استفاده از اتمسفر تغییر یافته در بسته‌بندی میوه‌ها از جمله انجیر فرآیند پیری و کاهش ترکیبات زیست‌فعال را به تعویق می‌اندازد (Adiletta *et al*. 2022). روند کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز با کاربرد این فناوری کند می‌شود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها به عوامل متعددی نظیر روش نگهداری، فعالیت آنزیمی و غلظت ترکیبات زیست‌فعال بستگی دارد. کاهش مقادیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی در نتیجه کاهش ترکیبات زیست‌فعال در حین نگهداری می‌باشد (Adiletta *et al*. 2022).

جدول ۱- مقادیر اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، ترکیبات زیست فعال و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های انجیر بسته‌بندی شده با استفاده از تیمارهای مختلف گازی

Table 1. Titratable acidity, total soluble solids, bioactive compounds and antioxidant capacity

تیمار	زمان نگهداری (روز) Storage time (days)	
	اسیدیته Acidity (%)	
	مقدار اولیه (initial content)	مقدار نهایی (Final content)
شاهد	0.24 ± 0.03^{aA}	0.14 ± 0.05^{bB} (Day 9)
G1	0.24 ± 0.03^{aA}	0.20 ± 0.04^{bA} (Day 12)
G2	0.24 ± 0.03^{aA}	0.15 ± 0.04^{bB} (Day 9)
G3	0.24 ± 0.03^{aA}	0.16 ± 0.04^{bB} (Day 15)
G4	0.24 ± 0.03^{aA}	014 ± 0.05^{bB} (Day 12)
	کل مواد جامد محلول Total soluble solids (TSS)	
	مقدار اولیه (initial content)	مقدار نهایی (Final content)
شاهد	24.5 ± 1.7^{aA}	18.5 ± 1.2^{bB}
G1	24.5 ± 1.7^{aA}	20 ± 0.3^{bB}
G2	24.5 ± 1.7^{aA}	19.0 ± 0.8^{bB}
G3	24.5 ± 1.7^{aA}	21.5 ± 0.5^{cB}
G4	24.5 ± 1.7^{aA}	19.0 ± 1.8^{bB}
	پلی فنول کل (میلی‌گرم معادل اسید گالیک/۱۰۰ گرم میوه تازه) Total polyphenols (TPP) (mg GAE/100 g fresh fruit)	
	مقدار اولیه (initial content)	مقدار نهایی (Final content)
شاهد	57.2 ± 4.5^{aA}	26.1 ± 3.2^{bB}
G1	57.2 ± 4.5^{aA}	31.5 ± 1.7^{bB}
G2	57.2 ± 4.5^{aA}	27.9 ± 2.6^{bB}
G3	57.2 ± 4.5^{aA}	35.4 ± 2.1^{bB}
G4	57.2 ± 4.5^{aA}	30.8 ± 3.5^{bB}
	فلاوونوئیدها (میلی‌گرم کتچین/۱۰۰ گرم میوه تازه) Flavonoids (mg catechin/100 g fresh fruits)	
	مقدار اولیه (initial content)	مقدار نهایی (Final content)
شاهد	3.5 ± 0.09^{aA}	0.87 ± 0.02^{bB}
G1	3.5 ± 0.09^{aA}	1.78 ± 0.005^{cB}
G2	3.5 ± 0.09^{aA}	1.46 ± 0.036^{dB}
G3	3.5 ± 0.09^{aA}	2.01 ± 0.009^{eB}
G4	3.5 ± 0.09^{aA}	1.83 ± 0.02^{cB}

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

	آنتوسیانین (میلی‌گرم سیانیدین – ۳ - گلیکوزید Anthocyanin (mg of cyn-3-glu/100 g)	
	مقدار اولیه (initial content)	مقدار نهایی (Final content)
شاهد	5.7 ± 0.2^{aA}	2.36 ± 0.3^{bB}
G1	5.7 ± 0.2^{aA}	3.12 ± 0.2^{cB}
G2	5.7 ± 0.2^{aA}	2.98 ± 0.3^{bB}
G3	5.7 ± 0.2^{aA}	3.87 ± 0.4^{dB}
G4	5.7 ± 0.2^{aA}	3.21 ± 0.6^{dB}
	ظرفیت آنتی اکسیدان Antioxidant capacity (µmol of TE/100 g)	
	مقدار اولیه (initial content)	مقدار نهایی (Final content)
شاهد	115 ± 10.1^{aA}	69.8 ± 7.21^{bB}
G1	115 ± 10.1^{aA}	80.4 ± 8.46^{bB}
G2	115 ± 10.1^{aA}	67.0 ± 10.5^{bB}
G3	115 ± 10.1^{aA}	86.5 ± 7.31^{bB}
G4	115 ± 10.1^{aA}	78.1 ± 9.31^{bB}

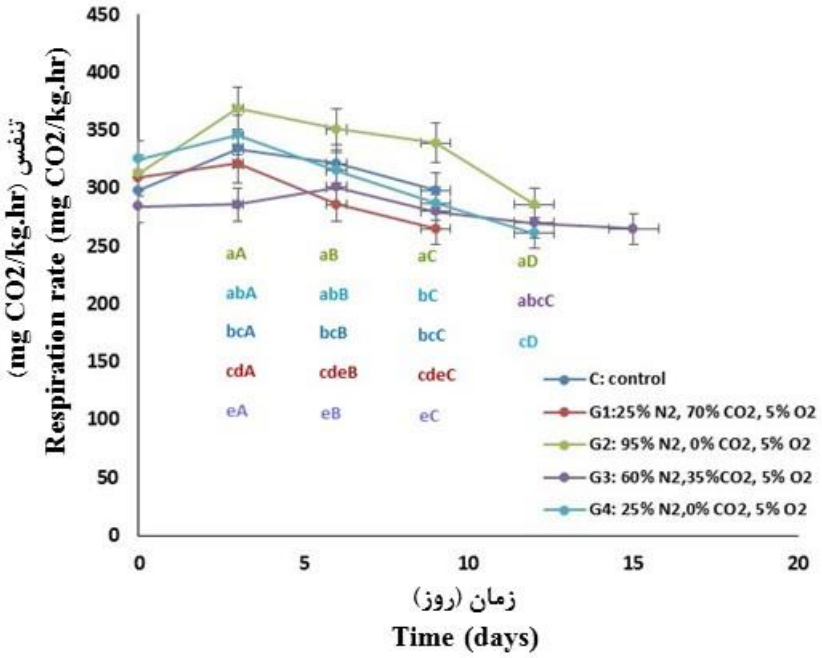
در هر سطر و ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشابه هستند در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. داده‌ها شامل میانگین ± انحراف معیار می‌باشند.

Means with the same letter(s) are not significantly different at 5% level of probability. Data include mean ± standard error.

تنفس

شکل ۱ میزان تنفس انجیر سیاه نگهداری شده در ترکیبات مختلف گازی را نشان‌می‌دهد. همه نمونه‌های برداشت‌شده در مرحله بلوغ تجاری خصوصیات میوه فرازگرا را که به صورت افزایش میزان تنفس در مقطع خاصی از زمان می باشد، از خود نشان دادند. این افزایش برای نمونه های کنترل، G1، G2 و G4 در حدود روز سوم و برای نمونه G3 در حدود روز ششم مشاهده شد. روند تغییرات پس از گذشت این زمان به‌صورت معکوس درآمد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گرفت که ترکیب گازی G3 در به‌تعویق انداختن وقوع بیشینه تنفسی هر دو رقم و افزایش ماندگاری آن موثر بوده‌است. مطالعات انجام‌شده بر روی انجیر (Saleh, 2013 & Song *et al*., 2017) و سبزیجات خرد شده (Conesa *et al*., 2007) نیز نشان‌دهنده کاهش میزان تنفس در محصولات نگهداری‌شده در بسته‌های با اتمسفر تغییریافته می‌باشد. میزان تنفس بین نمونه‌های مختلف در زمان‌های مختلف در سطح معنی‌داری متفاوت بود ($P<0.05$) (Conesa *et al*., 2007).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]



شکل ۱- میزان تنفس میوه‌های انجیر سیاه تحت تاثیر تیمارهای مختلف گازی در زمان‌های مختلف نگهداری (مقادیر میانگین حاصل سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری بین میانگین‌های تیمارهای مختلف و حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت میانگین نمونه‌ها در روزهای مختلف آزمایش می‌باشد ($P<0.05$)).

Fig. 1. Respiration rate of black fig fruit under the influence of different gas treatments in different storage times (Values represent the mean ± standard deviation; n = 3. Columns with different small letters and capital letters differ statistically in means of different treatments and means of samples in different days; respectively ($P<0.05$)).

تغییرات وزن

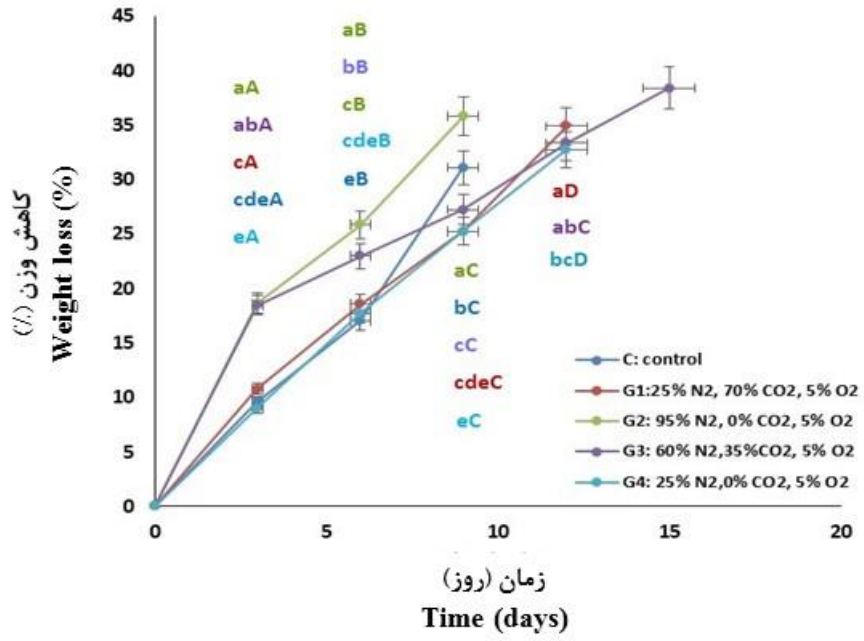
در حین نگهداری، میوه‌ها بسته به نوع اتمسفر موجود در درون بسته‌بندی و زمان نگهداری حدود ۳۸- ۹ درصد از وزن اولیه خود را در رقم انجیر سیاه از دست دادند. کاهش وزن به‌طور عمده به خاطر افت رطوبت از طریق تعرق (و تا حد بسیار کمی بخاطر کاهش میزان کربن به دلیل تبادلات گازی) می‌باشد (McGuire & Hallman, 1995).

شکل ۲ تغییرات وزن محصول را به صورت تابعی از زمان نگهداری در رقم انجیر سیاه نشان می‌دهد. در طول آزمایش درصد افت وزن در نمونه‌های کنترل و پس از آن ترکیب گازی G2 بیش ازسایر نمونه‌ها بود ($P<0.05$). نمونه‌های کنترل و ترکیب گازی G2 حدود ۳۱ و ۳۶ درصد از وزن اولیه خود را در مدت ۹ روز در رقم سیاه از دست‌دادند، در حالی‌که این میزان برای نمونه‌های ترکیب گازی G3 معادل ۱۶ درصد در این مدت زمان و ۳۲/۵ درصد به مدت ۱۵ روز بود. از روز سوم به بعد تفاوت بین میزان کاهش وزن در نمونه G3 با سایر نمونه‌ها افزایش یافت. تیمارهای G1 و G4 نیز به‌ترتیب پس از ۱۲ روز حدود ۳۲ و ۳۴ درصد وزن اولیه خود را از دست‌دادند. بروز آلودگی‌های قارچی سبب شد که انجام آزمایشات بیش از این مدت زمان امکان پذیر نباشد.

پوست میوه‌های انجیر بسیار نازک بوده که باعث می‌شود میوه‌ها نسبت به‌شرایط نگهداری حساس بوده و به سرعت دچار افت وزن می‌شوند. مکانیسم اولیه اتلاف رطوبت از میوه‌های تازه از طریق انتشار به‌واسطه گرادیان فشار بخار آب بین داخل و خارج میوه صورت می‌گیرد. تنفس میوه نیز سبب اتلاف وزن می‌شود زیرا قندها را تجزیه می‌کند و سبب از دست‌رفتن آب محصول می‌شود (Amal *et al*. 2010 & Kahramanoğlu, 2019). تغییر ترکیب گازی با تغییر میزان تنفس بر میزان افت وزن نمونه‌ها تاثیر می‌گذارد. دما و رطوبت نسبی محیط نیز فاکتورهای مهمی هستند زیرا نیروهای لازم را برای اتلاف رطوبت به‌صورت اختلاف فشار بخار آب بین میوه و اتمسفر ایجاد می‌کنند. مطالعه حاضر نشان‌داد که بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته شرایط بهتری را برای نگهداری میوه‌های انجیر سیاه فراهم کرده و افت وزن محصول را از طریق تنفس و تعرق کاهش می‌دهد. نتایج

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

فوق مطابق با مطالعات قبلی می‌باشد که نشان‌می‌دهند کاربرد اتمسفر تغییر یافته در نگهداری نارنگی (Del-Valle *et al*., 2009)، انار (Kahramanoğlu *et al*., 2018)، انجیر (Saleh, 2013) و بعضی دیگر از میوه‌ها و سبزی‌ها (Mangaraj & Goswami, 2009 & Sandhya, 2010) افت وزن محصول را در حین نگهداری کاهش‌می‌دهد.



شکل ۲- تغییرات وزن میوه‌های انجیر سیاه تحت تاثیر تیمارهای مختلف گازی در زمان‌های مختلف نگهداری (مقادیر میانگین حاصل سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری بین میانگین‌های تیمارهای مختلف و حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت میانگین نمونه‌ها در روزهای مختلف آزمایش می‌باشد ($P<0.05$)).

Fig. 2. Weight loss percentage of black fig fruit under the influence of different gas treatments in different storage times (Values represent the mean ± standard deviation; n = 3. Columns with different small letters and capital letters differ statistically in means of different treatments and means of samples in different days; respectively ($P<0.05$)).

اتلاف وزن میوه ها در حین نگهداری از یک مدل خطی و طبق رابطه های ۸ تا ۱۲ برای انجیر سیاه تبعیت می‌کند:

رابطه (۸) – نمونه شاهد	$R^2 = 0.983$	y=3.359x-0.659
رابطه (۹) – ترکیب‌گازیG1	$R^2 = 0.994$	y=2.809x+1.053
رابطه (۱۰) – ترکیب‌گازیG2	$R^2 = 0.958$	y=3.822x+2.870
رابطه (۱۱) – ترکیب‌گازیG3	$R^2 = 0.910$	y=2.2948x+6.2046
رابطه (۱۲) – ترکیب‌گازیG4	$R^2 = 0.910$	y=2.725x+0.601

افت وزن میوه ها در همه دماها از واکنش مرتبه صفر تبعیت کرد (۱۹). ثابت سرعت k، که از رگرسیون افت وزن در برابر زمان نگهداری بدست می‌آید در جدول ۱ نشان داده شده و در همه شرایط از برازش خوبی برخوردار بود. با افزایش دمای نگهداری مقدار k افزایش یافت که بیانگر افزایش سرعت تغییرات کیفی بود. مقادیر انرژی فعال‌سازی هر نمونه نیز در جدول ۲ نشان‌داده شده است. مقدار R^2 برای نمونه شاهد و تیمار گازی به‌ترتیب ۰/۹۷۴ و ۰/۹۸۰ برای نمونه‌های شاهد و تیمار گازی بوده است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

جدول ۲- پارامترهای سینتیک افت وزن برای نمونه‌های شاهد و تیمارگازی G3 رقم انجیر سیاه در دماهای مختلف.

Table 2. Kinetic parameters of weight loss for control and G3 gas treatment of black fig fruits at different temperatures.

دمای نگهداری (°C) Storage temperature (°C)	تیمار treatment	مقدار k (۱/روز) K value (1/day)	R^2
4	شاهد (control)	3.35	0.985
	تیمار گازی G3	2.29	0.910
10	شاهد (control)	6.38	0.983
	تیمار گازی G3	4.27	0.887
15	شاهد (control)	7.11	0.994
	تیمار گازی G3	6.02	0.860
انرژی فعال سازی (کیلوژول/مول) Activation Energy (kJ/mole)	شاهد: control	181.2	تیمار گازی G3: G3 170.4

تغییرات رنگ

پارامترهای رنگ کلیه نمونه‌ها در حین زمان نگهداری تغییر کرد (اشکال ۳ الف- د). با گذشت زمان تفاوت در تاثیر تیمارها بر روی رنگ میوه‌ها افزایش یافت. تیمارهای G3 و G4 کمترین میزان تغییر در پارامترهای رنگ را نشان دادند.

شکل ۳ -الف کاهش میزان روشنایی یا L* را در انجیر رقم سیاه در طول زمان نگهداری نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود کمترین تغییرات L* مربوط به تیمار گازی G3 است که با نمونه کنترل و سایر تیمارها دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد ($P<0.05$). از آن‌جایی که مقدار L* بیانگر اندازه رنگ در محور روشنایی-تاریکی می‌باشد،کاهش مقدار آن نشانه کاهش روشنایی نمونه در حین نگهداری است. تغییرات L* در حین نگهداری از مدل لگاریتمی طبق رابطه های ۳۰ تا ۱۷ تبعیت‌کرد:

رابطه (۱۳) – نمونه شاهد	$R^2 = 0.970$	$y=34.524e^{-0.054x}$
رابطه (۱۴) – ترکیب‌گازیG1	$R^2 = 0.997$	$y=33.201e^{-0.034x}$
رابطه (۱۵) – ترکیب‌گازیG2	$R^2 = 0.951$	$y=33.359e^{-0.041x}$
رابطه (۱۶) – ترکیب‌گازیG3	$R^2 = 0.990$	$y=34.093e^{-0.032x}$
رابطه (۱۷) – ترکیب‌گازیG4	$R^2 = 0.914$	$y=32.393e^{-0.033x}$

شکل ۳-ب نشان‌دهنده تغییرات شدت رنگ (کروما) در نمونه‌های مختلف انجیر سیاه می‌باشد. همان‌طوری‌که در این شکل دیده می‌شود مقدار کروما در رقم انجیر سیاه با افزایش زمان نگهداری کاهش یافته است که بیانگر کم‌رنگ شدن و کاهش شدت رنگ میوه نسبت به روز اول بود. مقدار کروما نمونه‌های نگهداری شده در تیمار گازی G3 با سرعت کمتری نسبت به سایر نمونه‌ها تغییر کرد ($P<0.05$) هر چند که بین این نمونه و تیمار گازی G4 تغییر معنی داری مشاهده نشد. مقادیر به‌دست آمده مشابه با داده‌های Solomon و همکاران (۲۰۰۶) بود.

تغییرات a* در حین نگهداری از مدل خطی و طبق رابطه های ۱۸ تا ۲۲ تبعیت‌کرد:

رابطه (۱۸) – نمونه شاهد	$R^2 = 0.970$	$y=- 11.551e^{-0.09x}$
رابطه (۱۹) – ترکیب‌گازیG1	$R^2 = 0.868$	$y==- 9.8802e^{-0.044x}$
رابطه (۲۰) – ترکیب‌گازیG2	$R^2 = 0.966$	$y=- 9.9426e^{-0.063x}$
رابطه (۲۱) – ترکیب‌گازیG3	$R^2 = 0.887$	$y=- 10.735e^{-0.035x}$
رابطه (۲۲) – ترکیب‌گازیG4	$R^2 = 0.842$	$y=- 11.217e^{-0.039x}$

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

شکل ۳- ج نشان دهنده تغییرات مقدار زاویه فام در نمونه‌های مختلف انجیر رقم سیاه می‌باشد. همان‌طوری که در این شکل مشاهده می‌شود مقدار زاویه فام در رقم انجیر سیاه با افزایش زمان نگهداری افزایش یافت. نتایج نشان داد که زاویه فام نمونه‌های نگهداری شده در تیمار گازی G3 با سرعت کمتری نسبت به نمونه‌های شاهد، G1 و G2 تغییر کرد ($P<0.01$)، اما با نمونه G4 اختلاف کمتری داشت ($P<0.05$).

تغییرات *b در حین نگهداری طبق رابطه‌های ۲۳ تا ۲۷ از مدل لگاریتمی تبعیت‌کرد:

رابطه (۲۳) – نمونه شاهد	$R^2 = 0.987$	$y= 0.2524e^{0.1457x}$
رابطه (۲۴) – ترکیب‌گازیG1	$R^2 = 0.970$	$y= 0.3066e^{0.0962x}$
رابطه (۲۵) – ترکیب‌گازیG2	$R^2 = 0.932$	$y= 0.2373e^{0.1422x}$
رابطه (۲۶) – ترکیب‌گازیG3	$R^2 = 0.958$	$y=0.2266e^{0.0924x}$
رابطه (۲۷) – ترکیب‌گازیG4	$R^2 = 0.922$	$y= 0.1818e^{0.0978x}$

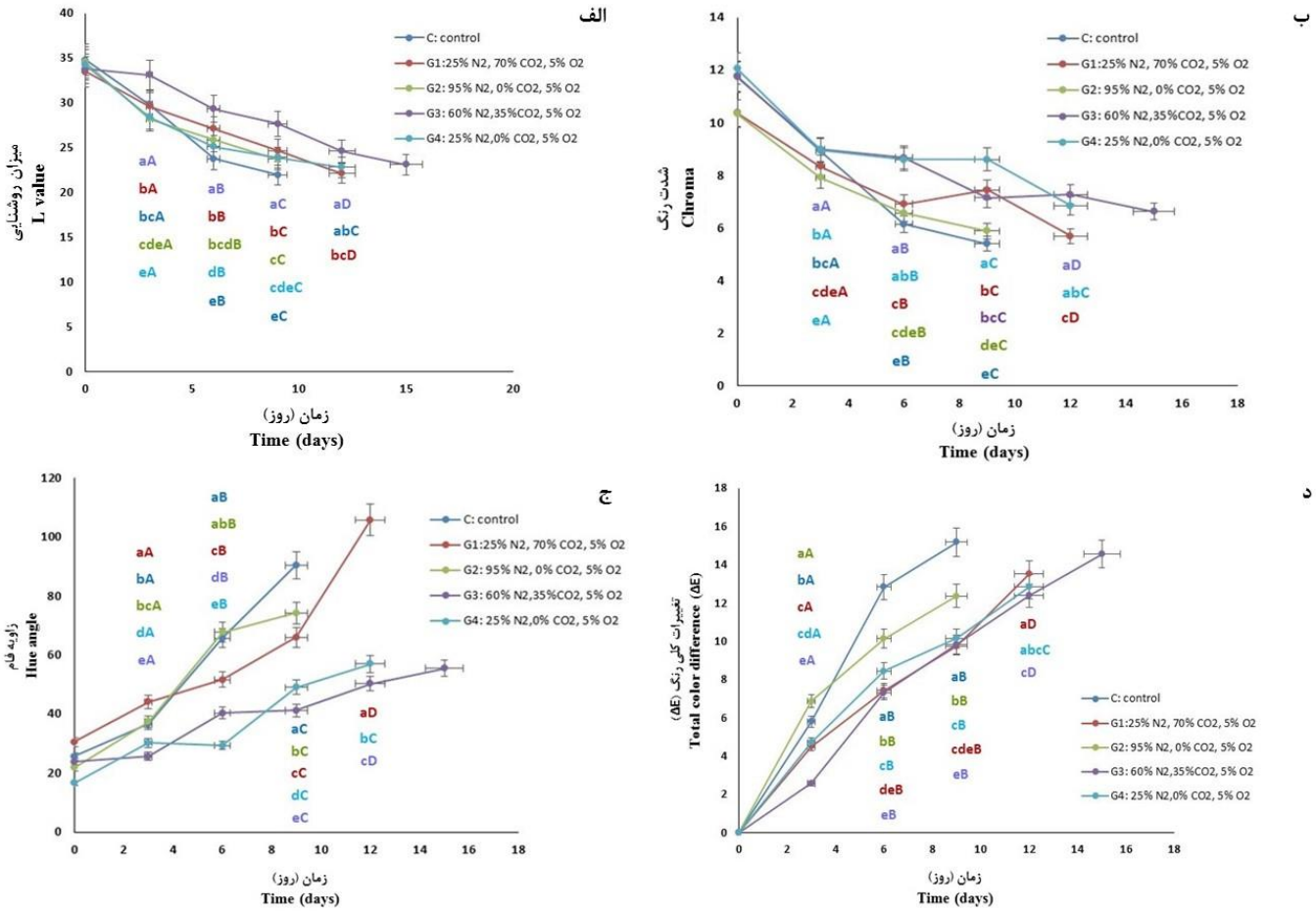
شکل ۳-د افزایش میزان تغییرات کلی رنگ را در همه تیمارهای رقم انجیر سیاه در مدت نگهداری نشان می‌دهد. این پارامتر که تلفیقی از مقادیر *L، *a و *b می باشد به‌صورت متداول برای تعیین خصوصیات حسی رنگ یک محصول استفاده می‌شود. بطوریکه در این شکل مشاهده می‌شود نمونه بسته‌بندی‌شده در ترکیب گازی G3 کمترین سرعت را از لحاظ تغییر رنگ نشان داده است که تفاوت این تیمار با تیمارهای کنترل و G2 معنی‌دار بوده ($P<0.05$) ولی با تیمار G1 و G4 اختلاف معنی‌داری ندارد.

تغییرات ΔE در حین نگهداری به‌صورت خطی و طبق رابطه‌های ۲۸ تا ۳۲ می‌باشد:

رابطه (۲۸) – نمونه شاهد	$R^2 = 0.967$	$y=1.75x+0.573$
رابطه (۲۹) – ترکیب‌گازیG1	$R^2 = 0.988$	$y=1.07x+0.584$
رابطه (۳۰) – ترکیب‌گازیG2	$R^2 = 0.934$	$y=1.35x+1.29$
رابطه (۳۱) – ترکیب‌گازیG3	$R^2 = 0.984$	$y=0.997x+0.306$
رابطه (۳۲) – ترکیب‌گازیG4	$R^2 = 0.899$	$y=1.028x+2.01$

احتمال دارد فعالیت آنزیمی گیاه در جهت کاهش کلروفیل بر اثر کلروفیلاز و افزایش فعالیت پلی‌فنول‌اکسیداز در تغییر رنگ محصول سهم عمده‌ای داشته و افزایش فعالیت آنزیمی با میزان اکسیژن و دی اکسید کربن موجود در بسته‌ها مرتبط باشد (Fakhrian *et al*., 2010). تغییرات کمتر رنگ در بعضی نمونه‌ها به‌ویژه میوه های بسته بندی شده در تیمار گازی G3، احتمالا به‌دلیل تاثیر تغییر اتمسفر گازی بسته می‌باشد. وجود CO_2 در اتمسفر اطراف محصول فاکتور مهمی در ممانعت از تجزیه کلروفیل و سایر رنگدانه‌ها می‌باشد. تجزیه کمتر کلروفیل در کلم بروکلی، زردآلو و هلو به‌واسطه افزایش مقدار CO_2 و کاهش مقدار O_2 گزارش شده است (Salunkhe *et al*., 1991).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]



شکل ۳- تغییرات پارامترهای رنگ در نمونه های انجیر سیاه تحت تاثیر تیمارهای مختلف گازی در زمان‌های مختلف نگهداری: الف) میزان روشنایی، ب) میزان شدت رنگ (کروما)، ج) میزان زاویه فام و د) تغییرات کلی رنگ (ΔE) (مقادیر میانگین حاصل سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری بین میانگین‌های تیمارهای مختلف و حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت میانگین نمونه‌ها در روزهای مختلف آزمایش می‌باشد).

Fig. 3. Changes in color parameters of black fig fruits under the influence of different gas treatments at different storage times: a) L* value, b) chroma value, c) hue anlge value, and d) Total color difference (ΔE) (Values represent the mean ± standard deviation; n = 3. Columns with different small letters and capital letters differ statistically in means of different treatments and means of samples in different days; respectively)

مدل‌های مرتبه صفر و یک برای کلیه پارامترهای رنگ آزموده شد. مشخص‌گردید که مدل مرتبه صفر برای مقدار ΔE و مدل مرتبه یک برای کروما و زاویه فام مناسب بوده و برازش خوبی با داده‌های بدست آمده دارد. جدول ۳ پارامترهای سینتیک مربوط به تغییرات رنگ انجیر را برای هر دو نمونه شاهد و تیمار گازی G3 نشان‌می‌دهد. مدل سینتیک درجه یک برای مقادیر L* ، کروما و زاویه فام و مدل مرتبه صفر برای داده های ΔE در محصولات مختلف تاییدشده است (Pereira *et al*., 2015; Demiray & Tulek, 2015; Mirmajidi *et al*., 2016; ; Kahramanoğlu *et al*., 2018; Chikpah *et al*., 2022)

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

جدول ۳- پارامترهای سینتیک تغییرات رنگ برای نمونه‌های شاهد و تیمارگازی G3 انجیر رقم سیاه در دماهای مختلف.

Table 3. Kinetic parameters of color changes for control and G3 gas treatment of black fig fruits at different temperatures.

L*			
دمای نگهداری (°C) Storage temperature (°C)	تیمار treatment	مقدار k (۱/روز) K value (1/day)	R^2
4	شاهد (control)	-0.0232	0.970
	تیمار گازی G3	-0.0139	0.989
10	شاهد (control)	-0.0387	0.885
	تیمار گازی G3	-0.0204	0.919
15	شاهد (control)	-0.072	0.898
	تیمار گازی G3	-0.0417	0.792
انرژی فعال سازی (کیلوژول/مول) Activation Energy (kJ/mole)		شاهد: 73.28 control	تیمار گازی G3: 65.26 G3
کروما (Chroma)			
دمای نگهداری (°C) Storage temperature (°C)	تیمار treatment	مقدار k (۱/روز) K value (1/day)	R^2
4	شاهد (control)	0.0392	0.927
	تیمار گازی G3	0.0152	0.887
10	شاهد (control)	0.0472	0.979
	تیمار گازی G3	0.0227	0.994
15	شاهد (control)	0.0729	0.986
	تیمار گازی G3	0.0323	0.937
انرژی فعال سازی (کیلوژول/مول) Activation Energy (kJ/mole)		شاهد: 1.98 control	تیمار گازی G3: 1.02 G3
زاویه فام (hue angle)			
دمای نگهداری (°C) Storage temperature (°C)	تیمار treatment	مقدار k (۱/روز) K value (1/day)	R^2
4	شاهد (control)	0.0746	0.997
	تیمار گازی G3	0.0430	0.977
10	شاهد (control)	0.110	0.980
	تیمار گازی G3	0.0537	0.957
15	شاهد (control)	0.145	0.973
	تیمار گازی G3	0.0667	0.970
انرژی فعال سازی (کیلوژول/مول) Activation Energy (kJ/mole)		شاهد: 0.0521 control	تیمار گازی G3: 0.0388 G3
ΔE			
دمای نگهداری (°C) Storage temperature (°C)	تیمار treatment	مقدار k (۱/روز) K value (1/day)	R^2
4	شاهد (control)	2.11	0.979
	تیمار گازی G3	1.34	0.980
10	شاهد (control)	2.74	0.980
	تیمار گازی G3		
15	شاهد (control)		
	تیمار گازی G3		
انرژی فعال سازی (کیلوژول/مول)		شاهد: 76.8	تیمار گازی G3: 50.8

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

Activation Energy (kJ/mole)	control	G3

تغییرات سفتی بافت

سفتی بافت میوه یک ویژگی مهم برای تعیین کیفیت بسیاری از میوه‌هاست. پس از برداشت تیمارهای اعمال‌شده بر روی میوه می‌تواند به شدت بر استحکام و بافت میوه تاثیر گذارد (Kahramanoğlu, 2019).

سفتی بافت کلیه تیمارها با گذشت زمان کاهش یافت (شکل ۴)، ولی کاربرد اتمسفر تغییریافته در حفظ سفتی بافت موثر بود. روند تغییرات بافت نشان‌داد که موثرترین تیمار در ممانعت از کاهش سفتی بافت ارقام انجیر تیمار گازی G3 بوده است و این تیمار علیرغم وجود بعضی نوسانات در داده‌های مربوط به سفتی تفاوت معنی‌دار (P <0.05) و بسیار معنی‌داری (P <0.01) در روزهای مختلف آزمایش با سایر تیمارها نشان‌داد. کمترین تاثیر در حفظ بافت مربوط به تیمار گازی G2 بود (P<0.01).

حفظ بافت میوه در نتیجه به‌تعویق‌افتادن تجزیه پروتوپکتین‌های نامحلول به اسید پکتیک و پکتین محلول می‌باشد. در حین رسیدن میوه به‌واسطه افزایش فعالیت پکتین استراز و پلی‌گالاکتوروناز، دی‌پلیمریزه‌شدن یا کوتاه‌شدن زنجیره‌های پکتین اتفاق‌می‌افتد. غلظت کم اکسیژن و غلظت بالای دی‌اکسیدکربن فعالیت این آنزیم‌ها را کاهش داده و باعث حفظ سفتی بافت میوه در حین نگهداری می‌شود (Salunkhe *et al*., 1991). مشابه با نتایج به‌دست آمده، تغییرات بافت محصولات مختلف در حین نگهداری با اتمسفر تغییریافته در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (Pereira *et al*., 2015 & Maftoonazad & Ramaswamy, 2019).

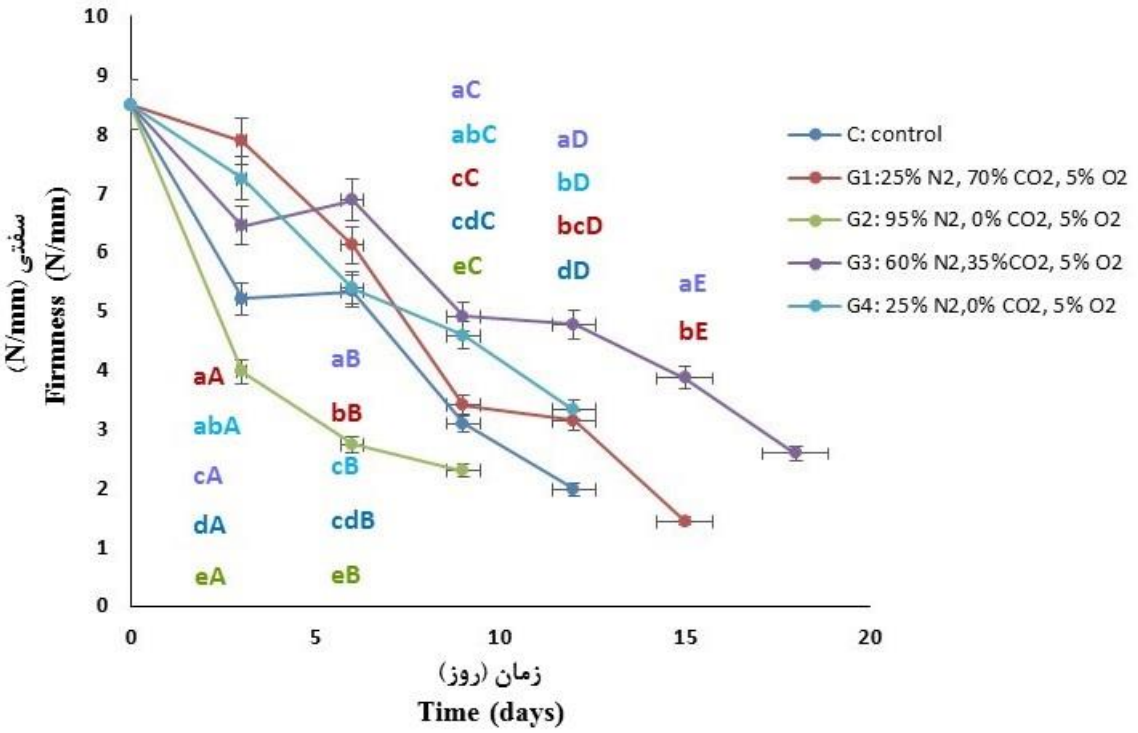
نرم شدن بافت نمونه‌های مختلف انجیر در حین نگهداری از مدل لگاریتمی و طبق رابطه‌های ۳۳ تا ۳۷ تغییر کرد:

رابطه (۳۳) – نمونه شاهد	$R^2 = 0.964$	$y=10.308e^{-0.128x}$
رابطه (۳۴) – ترکیب‌گازیG1	$R^2 = 0.937$	$y=8.6882e^{-0.094x}$
رابطه (۳۵) – ترکیب‌گازیG2	$R^2 = 0.894$	$y=10.049e^{-0.123x}$
رابطه (۳۶) – ترکیب‌گازیG3	$R^2 = 0.873$	$y=9.2332e^{-0.081x}$
رابطه (۳۷) – ترکیب‌گازیG4	$R^2 = 0.990$	$y=9.9499e^{-0.1x}$

در همه دماها تیمار گازی G3 سبب حفظ بیشتر بافت محصول نسبت به نمونه کنترل شد (P <0.01). نگهداری محصول در دماهای پایین تر تغییرات بافت را به تعویق انداخت.

مقادیر k محاسبه شده از رگرسیون لگاریتم سفتی بافت در برابر زمان نگهداری و نیز مقادیر انرژی فعال‌سازی در جدول ۴ خلاصه شده است. با افزایش دمای نگهداری مقادیر k در همه نمونه ها افزایش یافت. مقدار R^2 برای نمونه شاهد و تیمار گازی به‌ترتیب ۰/۹۹۹ و ۰/۹۷۵ برای نمونه های شاهد و تیمارگازی رقم انجیرسیاه بوده است.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]



شکل ۴- تغییرات سفتی بافت در نمونه‌های انجیر سیاه تحت تاثیر تیمارهای مختلف گازی در زمان‌های مختلف نگهداری (مقادیر میانگین حاصل سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری بین میانگین‌های تیمارهای مختلف و حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت میانگین نمونه‌ها در روزهای مختلف آزمایش می‌باشد).

Fig. 4. Changes in firmness of black fig samples under the influence of different gas treatments at different storage times (Values represent the mean ± standard deviation; n = 3. Columns with different small letters and capital letters differ statistically in means of different treatments and means of samples in different days; respectively)

جدول ۴- پارامترهای سینتیک تغییرات بافت برای نمونه‌های شاهد و تیمارگازی G3 رقم انجیر سیاه در دماهای مختلف.

Table 4. Kinetic parameters of firmness changes for control and G3 gas treatment of black fig fruits at different temperatures.

دمای نگهداری (°C) Storage temperature (°C)	تیمار Treatment	مقدار k (۱/روز) K value (1/day)	R^2
4	شاهد (Control)	-0.0555	0.965
	تیمار گازی G3	-0.0397	0.993
10	شاهد (Control)	-0.0777	0.968
	تیمار گازی G3	-0.0470	0.984
15	شاهد (Control)	-0.100	0.896
	تیمار گازی G3	-0.0595	0.938
انرژی فعال سازی (کیلوژول/مول) Activation Energy (kJ/mole)		شاهد: 35.58 Control	تیمار گازی G3: 24.11 G3

بررسی میزان آلودگی نمونه‌ها

جدول ۴ تعداد و درصد میوه‌های آلوده به قارچ را برای نمونه‌های مختلف انجیر سیاه در طول مدت نگهداری نشان‌می‌دهد. آلودگی میکروبی نمونه‌های انجیر با گذشت زمان افزایش یافت. تا روز سوم نگهداری تفاوت معنی‌داری بین تیمارها و نمونه شاهد مشاهده نشد، ولی پس از آن در نمونه شاهد و تیمار G2 افزایش یافت. همان‌طور که مشاهده می‌شود، کمترین درصد آلودگی

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

در طول زمان مربوط به‌تیمار گازی G3 بود و نمونه‌های بسته‌بندی شده با این ترکیب گازی تا روز پانزدهم نگهدای وضعیت قابل پذیرشی داشتند. نتایج مربوط به کارآیی بالاتر بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته در کاهش آلودگی میکروبی محصولات در مطالعات قبلی نیز تایید شده است (Garcia *et al*., 2012; Ibrahim *et al*., 2017 & Kahramanoğlu, 2019).

جدول ۵- درصد آلودگی به قارچ میوه‌ها در طول دوره آزمایش

Table 5. Percentage of fruits infected with fungus during the test period.

تیمار Treatment / روز Day	نمونه شاهد	تیمارگازی G1	تیمارگازی G2	تیمارگازی G3	تیمارگازی G4
صفر (۰)	0^{aA}	0^{aA}	0^{aA}	0^{aA}	0^{aA}
سوم (۳)	13 ± 5.5^{bB}	13 ± 2.0^{bB}	20 ± 3.5^{bC}	6 ± 0^{bD}	20 ± 2.5^{bC}
ششم (۶)	38 ± 4.6^{cA}	23 ± 5.7^{cB}	38 ± 8^{cAC}	7 ± 1.5^{bcD}	23 ± 4.9^{bcBE}
نهم (۹)	75 ± 9.2^{dA}	40 ± 8.8^{dB}	75 ± 7.5^{dAC}	15 ± 3.3^{dD}	44 ± 7.5^{dBF}
دوازدهم (۱۲)		50 ± 6.1^{defB}		18 ± 5.2^{deD}	28 ± 3.6^{beE}
پانزدهم (۱۵)		60 ± 4.0^{fB}		22 ± 3.5^{efD}	

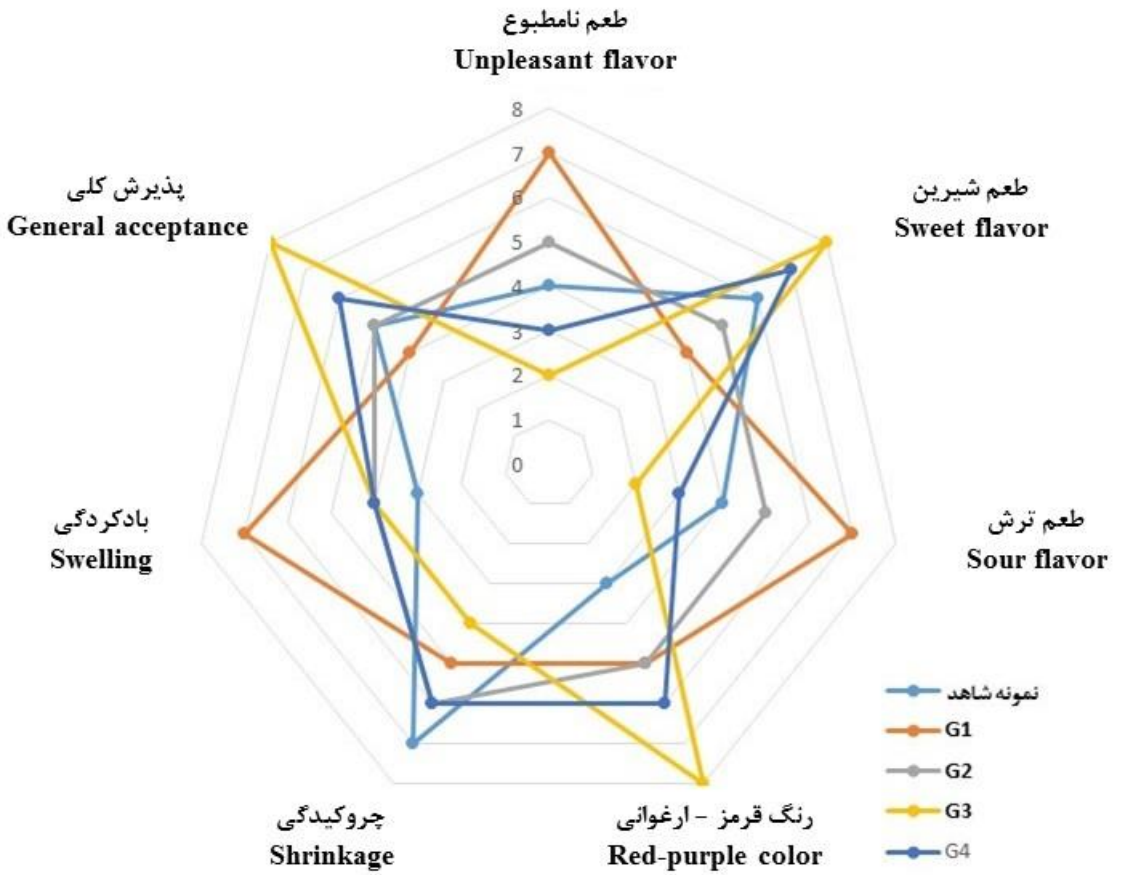
مقادیر میانگین حاصل سه تکرار ± انحراف معیار به‌صورت تجمعی می‌باشد. حروف کوچک بیانگر تفاوت آماری بین میانگین‌های هر تیمار در روزهای مختلف (ستون‌های مختلف) و حروف بزرگ نشان‌دهنده تفاوت میانگین نمونه‌ها در روزهای مختلف آزمایش (سطر جدول) می‌باشد.

Values represent the mean ± standard deviation; n = 3. Columns with different small letters and capital letters differ statistically in means of different treatments and means of samples in different days; respectively

ارزیابی حسی

نتایج ارزیابی حسی نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود دارد (شکل ۵). بعد از روز چهارم نگهاری نمونه G1 که در معرض غلظت بالای دی‌اکسید کربن بودند به‌دلیل بوی نامطبوع و طعم ترش از لحاظ حسی مردود اعلام شدند. بوی نامطبوع در نمونه‌های G2 و G4 چندان قابل تشخیص نبود؛ ولی طعم ترش در نمونه G2 در روز ششم تشخیص داده شد. نمونه G3 از لحاظ بوی نامطبوع و طعم ترش پایین‌ترین نمره را به خود اختصاص داد. بررسی پذیرش کلی نمونه‌ها نشان داد که میانگین امتیازات داده شده در همه تیمارها در طول زمان نگهداری کاهش یافت. بیشترین تغییر رنگ و جروکیدگی مربوط به نمونه شاهد بود. از لحاظ میزان شیرینی نمونه شاهد در رتبه سوم پس از تیمارهای G3 و G4 قرار داشت.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]



شکل ۵- امتیازات داده شده به نمونه‌های مختلف بر اساس مقیاس هدونیک میانگین امتیازات (۱ تا ۹) برای بوی نامطبوع (محور ۱)، طعم شیرین (محور ۲)، طعم ترش (محور ۳)، رنگ قرمز – ارغوانی (محور ۴)، چروکیدگی (محور ۵)، بادکردگی (محور ۶) و پذیرش کلی (محور ۷) می‌باشد.

Fig. 5. Sensory scores for the attributes on the hedonic scale. Average scores (scale 1-9) for off-flavor (axis 1), sweetness (axis 2), sourness (axis 3), red-purple color (axis 4), shrinkage (axis 5), swelling (axis 6) and overall acceptability (axis 7).

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان‌داد که تغییر خصوصیات کیفی میوه‌های انجیر نگهداری‌شده در اتمسفر تغییر یافته بستگی به ترکیب گازی دارد. ترکیب گازی G3 (۵ درصد اکسیژن، ۳۵ درصد دی اکسید کربن و ۶۰ درصد نیتروژن) به‌خوبی توانست فساد میوه‌ها و همه پارامترهای مربوطه یعنی کاهش وزن، کاهش سفتی و تغییرات رنگ را به‌تعویق اندازد. ترکیب گازی G3 شرایط بهتری را نسبت به هوای معمولی در هنگام نگهداری در بسته ایجاد نمود. دماهای بالاتر به‌ویژه در زمان های طولانی تر اثر معکوسی بر خصوصیات کیفی میوه داشتند. کلیه تغییرات در دماهای بالاتر با سرعت بیشتری انجام شد و در این میان ترکیب گازی G3 شرایط بهتری را نسبت به هوای معمولی در هرکدام از دماها در هنگام نگهداری در بسته ایجاد نمود. بعضی تغییرات کیفی در طول زمان با مدل مرتبه اول (لگاریتمی) و بعضی دیگر با مدل مرتبه صفر (خطی) به‌خوبی برازش‌یافتند. ارتباط ثابت سرعت واکنش با استفاده از رابطه آرنیوس با دما به‌دست‌آمد و مقادیر ثابت سرعت و انرژی فعال‌سازی برای تسهیل استفاده از مدل‌های بدست‌آمده گزارش‌شدند.

منابع

References

Adiletta, G., Petriccione, M., & Di Matteo, M. (2022). Effects of Passive Modified Atmosphere Packaging on Physico-Chemical Traits and Antioxidant Systems of ‘Dottato’ Fresh Fig. *Horticulturae, 8*(8), 709.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

Agricultural statistics, 3th volume: Horticultural products. 2021. Ministry of Jihad and Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center (In Persian).

Amal, S. A., El-Mogy, M., Aboul-Anean, H., & Alsanius, B. (2010). Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants, 2*(3), 88-97.

Bahar, A., & Lichter, A. (2018). Effect of controlled atmosphere on the storage potential of Ottomanit fig fruit. *Scientia Horticulturae, 227*, 196-201.

Chikpah, S. K., Korese, J. K., Sturm, B., & Hensel, O. (2022). Colour change kinetics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) slices during convective air drying and bioactive compounds of the dried products. *Journal of Agriculture and Food Research, 10*, 100409.

Colelli, G., Mitchell, F. G., & Kader, A. A. (1991). Extension of Postharvest Life ofMission'Figs by CO2-enriched Atmospheres. *HortScience, 26*(9), 1193-1195.

Conesa, A., Verlinden, B. E., Artés-Hernández, F., Nicolaï, B., & Artés, F. (2007). Respiration rates of fresh-cut bell peppers under supertamospheric and low oxygen with or without high carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology, 45*(1), 81-88.

Crisosto, H., Ferguson, L., Bremer, V., Stover, E., & Colelli, G. (2011). Fig (*Ficus carica* L.). In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 134-160e): Elsevier.

Del-Valle, V., Hernández-Muñoz, P., Catalá, R., & Gavara, R. (2009). Optimization of an equilibrium modified atmosphere packaging (EMAP) for minimally processed mandarin segments. *Journal of Food Engineering, 91*(3), 474-481.

del Carmen Villalobos, M., Serradilla, M. J., Martin, A., Ruiz-Moyano, S., Pereira, C., & de Guía Córdoba, M. (2014). Use of equilibrium modified atmosphere packaging for preservation of ‘San Antonio’and ‘Banane’breba crops (*Ficus carica* L.). *Postharvest Biology and Technology, 98*, 14-22.

Demiray, E., & Tulek, Y. (2015). Color degradation kinetics of carrot (*Daucus carota* L.) slices during hot air drying. *Journal of Food Processing and Preservation, 39*(6), 800-805.

Fakharian, N., M. Hasanpour Asil, and M. Askari. 2010. The influence of modified atmosphere packaging and cold storage on quality and quantity characteristics of two varieties of lettuce. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 5: 37-50 (In Persian).

Garcia, L. C., Pereira, L. M., de Luca Sarantópoulos, C. I., & Hubinger, M. D. (2012). Effect of antimicrobial starch edible coating on shelf-life of fresh strawberries. *Packaging Technology and Science, 25*(7), 413-425.

Giannakourou, M. C., Lazou, A. E., & Dermesonlouoglou, E. K. (2020). Optimization of osmotic dehydration of tomatoes in solutions of non-conventional sweeteners by response surface methodology and desirability approach. *Foods, 9*(10), 1393.

Hernández Méndez, T., Gervasini Rodriguez, C., & Bernalte García, J. (2001). *Sensory quality of cv. Tiberio breba.* Paper presented at the II International Symposium on Fig 605.

Ibrahim, M., Sharoba, A., El Waseif, K., El Mansy, H., & El Tanahy, H. (2017). Effect of edible coating by chitosan with lemongrass and thyme oils on strawberry quality and shelf life during storage. *Journal of Food Technology and Nutriton Sciences, 3*(1), 1-11.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

Islam, M. K., Khan, M., Sarkar, M., Absar, N., & Sarkar, S. (2013). Changes in acidity, TSS, and sugar content at different storage periods of the postharvest mango (*Mangifera indica* L.) influenced by Bavistin DF. *International Journal of Food Science,* 8p . https://doi.org/10.1155/2013/939385

Kahramanoğlu, İ. (2019). Effects of lemongrass oil application and modified atmosphere packaging on the postharvest life and quality of strawberry fruits. *Scientia Horticulturae, 256*, 108527.

Kahramanoğlu, İ., Aktaş, M., & Gündüz, Ş. (2018). Effects of fludioxonil, propolis and black seed oil application on the postharvest quality of "Wonderful" pomegranate. *Plos One, 13*(5), e0198411.

Maftoonazad, N., & Ramaswamy, H. S. (2019). Application and evaluation of a pectin-based edible coating process for quality change kinetics and shelf-life extension of lime fruit (*Citrus aurantifolium*). *Coatings, 9*(5), 285.

Mangaraj, S., & Goswami, T. K. (2009). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables for extending shelf-life-A review. *Fresh Produce, 3*(1), 1-31.

McGuire, R. G., & Hallman, G. J. (1995). Coating guavas with cellulose-or carnauba-based emulsions interferes with postharvest ripening. *HortScience, 30*(2), 294-295.

Mirmajidi, A., R. Famil momen, and F. Goudarzi. 2016. Reducing agricultural products loss and waste, the main strategy in improving food security. No. 50875, Agricultural Engineering Institute, Karaj, Iran (In Persian).

Mishra, R., & Kar, A. (2014). Effect of storage on the physicochemical and flavour attributes of two cultivars of strawberry cultivated in Northern India. *The Scientific World Journal, 2014*.

Palmeira, L., Pereira, C., Dias, M. I., Abreu, R. M., Corrêa, R. C., Pires, T. C., . . . Ferreira, I. C. (2019). Nutritional, chemical and bioactive profiles of different parts of a Portuguese common fig (*Ficus carica* L.) variety. *Food Research International, 126*, 108572.

Pereira, C., Serradilla, M. J., Martín, A., del Carmen Villalobos, M., Pérez-Gragera, F., & López-Corrales, M. (2015). Agronomic behaviour and quality of six fig cultivars for fresh consumption. *Scientia Horticulturae, 185*, 121-128.

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

Salunkhe, D. K., Bolin, H. R., & Reddy, N. R. (1991). *Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables. Volume I. Fresh fruits and vegetables*: CRC press.

Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT-Food Science and Technology, 43*(3), 381-392.

Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H. E., . . . Flaishman, M. A. (2006). Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*(20), 7717-7723.

Song, C., Li, A., Chai, Y., Li, Q., Lin, Q., & Duan, Y. (2019). Effects of 1-Methylcyclopropene combined with modified atmosphere on quality of fig (*Ficus carica* L.) during postharvest storage. *Journal of Food Quality, 2019*, 1-9.

Song, J., Wang, X., Li, D., & Liu, C. (2017). Degradation kinetics of carotenoids and visual colour in pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) slices during microwave-vacuum drying. *International Journal of Food Properties, 20*(sup1), S632-S643.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

Tsantili, E., & Rodov, V. (2022). Harvest and Postharvest Physiology and Technology of Fresh Fig Fruit. In *Advances in Fig Research and Sustainable Production* (pp. 193-232): CABI GB.

Villalobos, M. d. C., Serradilla, M. J., Martín, A., Lopez Corrales, M., Pereira, C., & Córdoba, M. d. G. (2016). 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.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 24 (4): 449-468 (2023)
Research article

The Effect of Modified Atmosphere Packaging on the Shelf Life of Estahban Black Fig

Neda Maftoonazad [1*], Hamid Zare [2] and Maryam Shahamirian[1]

1. Agricultural Engineering Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Fars Province, Iran

2. Estahban Fig Research Station, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Fars, Shiraz, Iran.

*Corresponding Author, Email: (n.maftoon@areeo.ac.ir)

The objective of this study was to examine the influence of different gaseous composition inside the packaging atmosphere of black fig variety of Estahban region. Different percentages of oxygen, carbon dioxide and nitrogen (N_2) were used as treatments G1 (5% oxygen, 70% carbon dioxide and 25% nitrogen), G2 (5% oxygen, 0% carbon dioxide and 95% nitrogen), G3 (5 percent oxygen, 35% carbon dioxide and 60% nitrogen), G4 (5% oxygen, 0% carbon dioxide and 25% nitrogen, partial vacuum) and control (normal air). Fig fruits were packed and samples were stored at 4°C until the fruit quality and marketability were lost. At the beginning of the experiment and at the end, the amount of acidity, soluble solids, bioactive compounds and antioxidant capacity were determined. Respiration rate, color, firmness and weight changes were measured every three days. Results revealed that the physicochemical characteristics of all treatments decreased with time and fruits became softer and color changed by passage of time. During storage, fruits depending on the package atmosphere and storage time, lost their initial weight as 9-38%. The G3 (60% N_2, 35% CO_2 and 5% O_2) gaseous composition was effective in delaying the occurrence of the respiratory climacteric peak and extending fruits shelf life. After determining the best treatment, the fruits packed in modified atmosphere with G3 treatment and control samples were stored at 4, 10 and 15°C until losing marketability and their weight loss, color and firmness were simultaneously evaluated. This was done to study the kinetics of quality changes during storage. All changes were accelerated at higher temperatures. This trend was observed at higher rates in control samples compared to G3 treatment. Examining the overall acceptance of the samples showed that the average scores given in all treatments decreased during the storage time.

Keywords: Fig (*Ficus carica* L.), modified atmosphere packaging, weight loss, respiratory peak, texture, color

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2026-09-11]