تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد ۱۹/ شماره ۶۹/پاییز و زمستان ۱۳۹۹/ص ۱۵۸-۱۴۳
سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: علمی-پژوهشی

تأثیر تلفیقی اتمسفر تغییر یافته، دما و بسته‌بندی بر خصوصیات کیفی میوه خرمای رقم سایر

بهار راد[۱]، مسعود لطیفیان[۲*]، احمد مستعان[۳] و سارا احمدی زاده[۱]

۱، ۲ و ۳ به ترتیب: کارشناس ارشد؛ دانشیار؛ و استادیار موسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری، کرج، ایران

تاریخ دریافت:۹۸/۷/۱۳ ؛ تاریخ پذیرش:۹۹/۱۱/۱۳

چکیده

میوه خرما با گاز متیل بروماید ضدعفونی می‌شود که این کار از نظر قوانین بین‌المللی محدودیت دارد. در این پژوهش اثرهای تلفیقی اتمسفر تغییر یافته، حرارت و بسته‌بندی برای جایگزینی متیل بروماید با عاملی دیگر بررسی شد. تیمارهای اتمسفری با ترکیب ۷۰، ۸۰ و ۹۰ درصد دی اکسید کربن و ۹۰ درصد نیتروژن اجرا شد. بسته‌های تیمار دی اکسیدکربن در دمای ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس و تیمار نیتروژن در دمای ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت قرار داده شدند. صفات شامل pH، قند کل، رطوبت نسبی، درصد مواد جامد انحلال‌پذیر و آلودگی میوه اندازه‌گیری شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که بین تیمارها از نظر میانگین آلودگی در سطح احتمال (۱ درصد) و قند کل، pH و درصد کل مواد جامد انحلال‌پذیر در سطح (۵ درصد) تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بیشترین مقدار قند کل در شرایط حداقل اکسیژن یعنی غلظت ۹۰ درصد نیتروژن و دی اکسید کربن بود. بیشترین مقدار pH در بالاترین غلظت دی اکسید کربن و دما ثبت شد. در تیمارهای دی اکسید کربن با غلظت ۹۰ درصد و دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس، دی اکسید کربن با غلظت ۸۰ درصد و دمای ۴۵ درجه سلسیوس و نیتروژن با غلظت ۹۰ درصد و دمای ۴۵ درجه سلسیوس کنترل آفت ۱۰۰ درصد بود. این پژوهش نشان داد که بسته‌بندی میوه‌های خرما با پلی‌اتیلن و تیمارهای با ($۹۰CO_2$ درصد +O_2 ۵ درصد) و ($۹۰N_2$ درصد +O_2 ۵ درصد) در دمای ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت برای ضدعفونی کردن خرما مناسب است.

واژه‌های کلیدی

پس از برداشت، شپشه دندانه‌دار، ضدعفونی کردن خرما، کنترل آفات، متیل برماید

مقدمه

نخل خرما (*Phoenix dactylifera* L.) یکی از مناسب‌ترین درختان برای کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (Awad, 2007). میوه خرما منبع اصلی مواد غذایی در شمال آفریقا، کشورهای خاورمیانه و جنوب آسیاست. این محصول نقش مهمی در زندگی اقتصادی و اجتماعی مردم این مناطق دارد (Hasnaoui *et al.*, 2010). ایران با تولید ۱۲۰۴۱۵۸ تن خرما در سال دومین تولیدکننده بزرگ این محصول در جهان شناخته می‌شود (FAOSTAT, 2018).

بسته‌بندی با مواد مناسب از نظر داشتن توانایی حفظ ارزش غذایی، مقاومت در مقابل نفوذ آفات، سلامت مصرف‌کننده و پرهیز از آلودگی محیط

* نگارنده مسئول: Email: masoud_latifian@yahoo.com
http://doi: 10.22092/fooder.2021.342269.1261
© 2020,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

زیست یکی از روش‌هایی است که از آلودگی مجدد خرما به آفات جلوگیری و کیفیت میوه‌ها را حفظ می‌کند. کارایی بسته‌بندی به نوع موادی بسته‌بندی وابسته است (Behbahani,1997; Fasihian, 1996). موادی مانند پلی‌اتیلن و پلی پروپلین دارای کیفیت مشابهی در بسته‌بندی خرما هستند (Iranmanesh, 2000; Latifian, 2004).

یکی از روش‌های فیزیکی مؤثر در ضدعفونی کردن خرما استفاده از دمای بالاست (Denlinger & Yocum, 1998). از دمای بالا برای از بین بردن آفات انباری در خرماهای صادراتی به جای متیل بروماید استفاده می‌شود. برای استفاده درست از این روش، اطلاع از ارتباط بین زمان، دما و مرگ کامل تمام مراحل رشدی حشرات لازم خواهد بود. هر چه رطوبت بالاتر باشد به دلیل هدایت گرمایی مناسب‌تر، زمان لازم برای افزایش دما کمتر می‌شود (Campolo *et al.*, 2013). گزارش جهانی نشان دهنده نقش مؤثر اتمسفر کنترل شده در توسعه بازار جهانی محصولات کشاورزی است (Naphade, 2020).

روش بسته‌بندی همراه با اتمسفر تغییر یافته[1] شرایطی بهینه برای افزایش طول دوره ذخیره و حفظ کیفیت مواد غذایی انباری فراهم کند (Homayouni *et al.*, 2015). این روش در تلفیق با تیمارهای دمایی می‌تواند برای افزایش ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌های تازه استفاده شود (Martínez-Hernández *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2015). به طور کلی این سه روش اتمسفری در مبارزه با آفات انباری به کار رفته می‌شوند: جایگزینی نیتروژن، جایگزینی دی اکسیدکربن و کاهش فشار اتمسفری (Annis, 1987). در جایگزینی نیتروژن مقدار گاز اکسیژن را به حداقل ممکن می‌رسانند و به این طریق آفات انباری از بین می‌روند (Bailey & Banks, 1980). دی‌اکسید کربن با غلظت ۳۵ درصد یا بیشتر در مرگ و میر آفات انباری بسیار مؤثر است. مؤثرترین غلظت برای کنترل آفات انباری ۶۰ درصد ولی در مواردی از تیمارهای ۳۰ تا ۱۰۰ درصد نیز استفاده شده است (Corintn & Rau, 1990). به‌طور متوسط دوره زمانی ۹۰- ۷۲ ساعت برای رسیدن به حداکثر کنترل پیشنهاد شده است (Brigham, 1998). تحقیقات در این زمینه روی ارقام مختلف خرما نشان داده است که این روش به عنوان جایگزین غیر سمی برای متیل بروماید در حفظ ماندگاری خرما در مقیاس تجاری قابل اجراست (Bell, 2000; Navarro, 2006).

تعدادی اندک از محققان تأثیر اتمسفر تغییریافته و تیمارهای حرارتی را به صورت همزمان بر کیفیت میوه و کنترل آفات خرما بررسی کرده‌اند (Al- Redhaiman, 2005). در پژوهشی، تأثیر تیمارهای مختلف بسته‌بندی (اتمسفر تغییریافته، بسته‌بندی حاوی بالشتک‌های جاذب اتیلن و شاهد) و نیز دمای نگهداری (۵ و ۱۵ درجه سلسیوس) بر ماندگاری میوه خرمای رقم برحی در مرحله خارک بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد میوه‌ها در تیمار حاوی بالشتک جاذب اتیلن از کمترین میزان کاهش وزن (۰/۴۲ درصد)، کمترین میزان تبدیل به رطب (۳۵ درصد) و بیشترین سفتی بافت برخوردار بودند و از نظر دیگر صفات کیفی نیز کمترین کاهش را نشان دادند. همچنین، دمای ۵ درجه سلسیوس نسبت به ۱۵ درجه سلسیوس در حفظ خصوصیات کیفی میوه اثر بهتری داشته است (Karamijamoor *et al.*, 2012). در پژوهشی دیگر تأثیر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده حاوی درصد بالای دی اکسیدکربن بر کیفیت خرمای رقم سایر

1- MAP

بررسی و نشان داده شده است که افزایش غلظت دی اکسیدکربن، کاهش معنی‌دار درصد شکرک زدن را به دنبال دارد به طوری که کمترین درصد شکرک زدن با نمونه‌های بسته‌بندی شده با ۸۵ درصد دی اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن مشاهده شده است. بسته‌بندی تحت اتمسفر اصلاح شده حاوی ۸۵ درصد دی اکسیدکربن + ۳ درصد اکسیژن + ۱۲ درصد نیتروژن در ۴ درجه سلسیوس بهترین نتایج را از نظر حشره زدایی و نگهداری خرمای رقم سایر به دست داده است (Dehghan-Shoar *et al.*, 2009).

دما، رطوبت، اکسیژن و میزان دی اکسید کربن در انبار از عوامل اصلی مؤثر بر روند فرآیندهای فیزیولوژیکی میوه‌ها و بروز تغییرات نامطلوب در هنگام ذخیره‌سازی هستند. میزان و ارتباط مناسب این عوامل در شکل‌گیری ویژگی‌های میوه‌های ذخیره شده تأثیر می‌گذارد (Dziedzica *et al.*, 2020) فناوری‌های مدرن ذخیره‌سازی مانند استفاده از اتمسفر تغییریافته با فرض تناسب با تغییرات بیوشیمیایی محصول و امکان ذخیره طولانی‌تر آن بدون از دست دادن ارزش غذایی قابل به‌کارگیری هستند (Bodbodak & Moshfeghifar, 2016).

اگرچه خرمای خشک و نیمه‌خشک، از میوه‌های مقاوم از نظر طول دوره نگهداری به حساب می‌آیند، اما به دلیل آلودگی حشرات و رشد قارچ‌های پس از برداشت، در معرض کاهش کیفیت قرار دارند (Jokar *et al.*, 2005). بنابراین، استفاده از یک روش حفاظت که باعث ضدعفونی و حفظ کیفیت میوه شود، برای این محصول بسیار مهم است. ارقام خشک و نیمه‌خشک خرما در حال حاضر با گاز متیل بروماید ضدعفونی می‌شوند. ولی به دلیل اثرهای تخریبی روی لایه ازن و بر اساس مقاوله نامه مونترآل مبنی بر منسوخ شدن کاربرد این گاز، جایگزینی آن ضروری است (UNEP, 1998). در این پژوهش اتمسفر تغییر یافته در تلفیق با تیمارهای حرارتی برای ضد عفونی کردن خرماهای بسته‌بندی شده به عنوان راهکاری مناسب به‌جای مصرف متیل بروماید بررسی شده است. از آنجا که اطلاعات کاربردی برای استفاده از این روش در مدیریت پس از برداشت خرما نیاز به تکمیل داشت، این پژوهش با هدف دستیابی به بخشی از یافته‌های پژوهشی مورد نیاز برای کاربرد این روش در رقم مهم تجاری سایر اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد آزمایش

تهیه و آماده‌سازی میوه خرما

خرمای سایر در مرحله تمار از نخلستان ایستگاه تحقیقات ام التمیر واقع در کیلومتر ۱۰ جاده ساحلی اهواز- خرمشهر جمع آوری شد. میوه‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه ابتدا جداسازی و با آب قابل شستشو شسته و پس از آن در دمای آزمایشگاه (۳±۲۵ درجه سلسیوس) به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند.

پرورش شپشه دندانه‌دار

شپشه دندانه‌دار در مراحل مختلف رشدی با نمونه‌برداری از خرماهای آلوده از انبارهای خرمای استان خوزستان جمع‌آوری و به آزمایشگاه پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری کشور انتقال داده شدند. این آفت در دمای ۵ ± ۲۷ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۶۰ درصد درون اتاقک رشد و درون ظرف‌های پلاستیکی دردار به ابعاد ۸/۵ × ۷/۵ سانتی‌متر روی خرمای سایر پرورش داده شد. در قسمت درپوش این ظرف‌ها سوراخی برای تهویه در نظر گرفته شد. سوراخ با پارچه توری پوشیده شد

و بدین ترتیب امکان عبور حشره از آن وجود نداشت. این آفت به عنوان گونه مهم و غالب در منطقه به منظور کاربرد در آزمایش‌های بررسی اثر تیمارها بر کنترل آفت پرورش داده شد. این آفت فراوان‌ترین و مخرب‌ترین آفت انباری خرمای خشک و نیمه‌خشک است (Latifian, 2004; 2017).

روش‌های آزمایش

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش مطابق جدول ۱ بودند.

جدول ۱- تیمارهای تلفیق اتمسفر کنترل شده و دما در ضدعفونی کردن میوه خرمای رقم سایر

تیمار	نوع گاز	درصد گاز	دما (سلسیوس)
۱			۳۵
۲		۷۰	۴۰
۳			۴۵
۴			۳۵
۵	دی اکسید کربن	۸۰	۴۰
۶			۴۵
۷			۳۵
۸		۹۰	۴۰
۹			۴۵
۱۰	نیتروژن	۹۰	۴۰
۱۱			۴۵
۱۲	شاهد	هوای معمولی	۲۵±۲

تفاوت میزان گاز تا ۱۰۰ درصد شامل هوای اتمسفر معمولی آزمایشگاه بود که بخش گازی هوا شامل ۷۸ درصد نیتروژن، ۲۱ درصد اکسیژن، ۱ درصد آرگون و ۰/۰۳ درصد دی اکسیدکربن و نیز مقادیر جزئی از سایر گازهاست که بی‌اثرند.

مقدار ۲۰۰ گرم میوه خرما با استفاده از دمای ۱۸- درجه سلسیوس به مدت پنج ساعت آفت زدایی و در کیسه‌های فریزری قرار داده شد. برای اطمینان از آفت زدایی کامل به صورت تصادفی از هر بسته ۲۰ گرم خرما برداشت شد و بود یا نبود آفت زنده با دقت و به کمک بینوکولَر بررسی شد. هر بسته با ۲۰ عدد از حشرات کامل شپشه دندانه‌دار آلوده گردید. بیست و چهار ساعت فرصت استقرار به آفت داده شد. سپس میوه‌ها با دستگاه بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته مارک تکنووک[1] مدل پی ۱۰۶ در بسته‌هایی از جنس پات (ظرف‌های پلاستیکی مقاوم در برابر سرما و گرما)[2] و فیلم سه لایه از جنس پی وی سی[3] قرار داده شدند. در این دستگاه از تکنیک تخلیه هوای داخل بسته و جایگزینی ترکیب گازی موردنظر استفاده شد. بسته‌ها قبل از تخلیه به صورت دستی داخل دستگاه قرار داده می‌شدند. آنگاه ترکیب گازی مورد نظر به داخل بسته تزریق می‌شد. این نوع دستگاه برای تولید در مقادیر کوچک و به صورت آزمایشگاهی مورداستفاده قرار می‌گیرد. برای صرفه‌جویی در هزینه، گازهای نیتروژن و دی اکسید کربن به‌صورت خالص تهیه و با دستگاه میکسر گاز با

1- Tecnovac
2- PAT
3- PVC

نسبت مورد نظر (جدول ۱) مخلوط شدند. در این روش، نیاز به ذخیره کردن اتمسفر اصلاح شده در مخزن جداگانه نیست و از گاز مخلوط به دست آمده به طور مستقیم در بسته‌بندهای خرمای تحت تیمار تزریق شد. با اصلاح اتمسفر توسط دستگاه میسکر گاز، هوا از درون بسته خارج شد و با گازهایی مورد نظر مجدداً پر و درِ آن را دوخته شد. دوخت بسته‌ها با دستگاه به صورت خودکار و در مدت ۲۰ ثانیه با ولتاژ ۲۲۰ و توان ۱۵۰ وات صورت گرفت.

برای تیمارهای اتمسفری، ابتدا بسته‌ها از هوا تخلیه و پس از آن با چهار تیمار متفاوت ترکیب گازهای دی اکسید کربن مطابق جدول ۱ جایگزین شد. برای اعمال تیمارهای حرارتی بسته‌های تحت تیمار اتمسفری دی اکسید کربن در دمای ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس و بسته‌های تحت تیمار اتمسفری نیتروژن در دمای ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس درون آون قرار داده شدند. کلیه تیمارها به مدت ۲۴ و ۴۸ ساعت در دماهای مزبور نگهداری شدند. سپس میوه‌های درون بسته‌ها برای بررسی صفات کیفی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای این کار از هر بسته ۶۰ گرم خرما به صورت تصادفی نمونه‌برداری شد.

ارزیابی اثر تیمارها بر صفات کیفی میوه و آلودگی آفت

برای اندازه‌گیری صفات کیفی شامل اندازه‌گیری pH، قند کل، رطوبت میوه و درصد مواد جامد انحلال‌پذیر، در مرحله اول عصاره میوه از هر تکرار در هر تیمار تهیه شد. برای این کار، ۶۰ گرم خرمای بدون هسته هر رقم با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در مخلوط‌کن برقی خرد شد. مخلوط به دست آمده از کاغذ صافی عبور داده شد. درصد مواد انحلال‌پذیر جامد با استفاده از دستگاه رفرکتومتر (Model-ATA60)، قند کل به روش فهلینگ محاسبه شد. pH عصاره با استفاده از pH متر (مدل HM60) و میزان رطوبت میوه در نمونه‌ها با استفاده از ۳۰ گرم میوه توسط آون (Gallen Kamp-Model Sanyo OMT) و در دمای ۷۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد (Behbahani, 1997).

برای ارزیابی آلودگی میوه به آفت از نوعی قیف جداکننده خشک استفاده شد. قیف خشک نوعی قیف برلیز نُه خانه‌ای است که درون یک جعبه تیره قرار می‌گیرد. در این روش از نور برای جداسازی استفاده می‌شود.

منبع نور نوعی لامپ فلورسنت با قدرت نُه وات و توانایی تولید نور ۱۰۰ لوکس بود. نمونه‌ها ابتدا به مدت ۲۴ ساعت درون قیف خشک قرار داده شدند و مراحل متحرک درون ظرف‌های حاوی آب و مقدار کمی‌مواد شوینده که در زیر سوراخ‌های قیف قرار دارد جمع‌آوری شدند. به کمک بینوکولَر جمعیت حشرات کامل سوسک شپشه دندانه‌دار شمارش و آماربرداری شد. در این آزمایش بسته‌های شاهد از نظر وزن، روش ضدعفونی اولیه و آلوده سازی مصنوعی مشابه سایر تیمارها دیگر بود ولی تیمار حرارتی و تغییر اتمسفری روی آنها صورت نگرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با نرم‌افزار SPSS (IBM، نیویورک، ایالات‌متحده) با استفاده از تجزیه واریانس مدل خطی تک عامله (ANOVA) پردازش شدند. اختلاف تیمارها در سطح $P \leq 0.05$ بررسی شد. پس از تجزیه واریانس، میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (مقادیر میانگین مربعات و سطح معنی‌دار بودن تفاوت‌ها) اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات کیفی و آلودگی به آفت (جمعیت حشرات کامل سوسک شپشه دندانه‌دار) در میوه خرمای رقم سایر در تیمارهای شاهد و تلفیقی بسته‌بندی، تغییر اتمسفر و دما در جدول ۲ درج گردیده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس میانگین صفات کیفی میوه خرمای رقم سایر تحت تأثیر تیمارهای تلفیقی اتمسفری و حرارت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		درصد رطوبت		درصد قند کل		pH		درصد مواد جامد کل میوه		تعداد آفت	
		۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت	۲۴ ساعت	۴۸ ساعت
اثر تیمار	۱۱	۴/۲۷^{Ns}	۶/۰۵^{Ns}	۱۵۸/۴۱*	۷۹/۵۲*	۰/۰۳*	۰/۰۲*	۱۰/۰۸*	۱۶/۱۵*	۴/۴۴**	۱/۳۸**
خطا	۲۴	۱/۲۲	۱/۹۸	۴۰/۲۱	۲۷/۵۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۱/۰۳	۱/۶۹	۰/۶۷	۰/۲۵

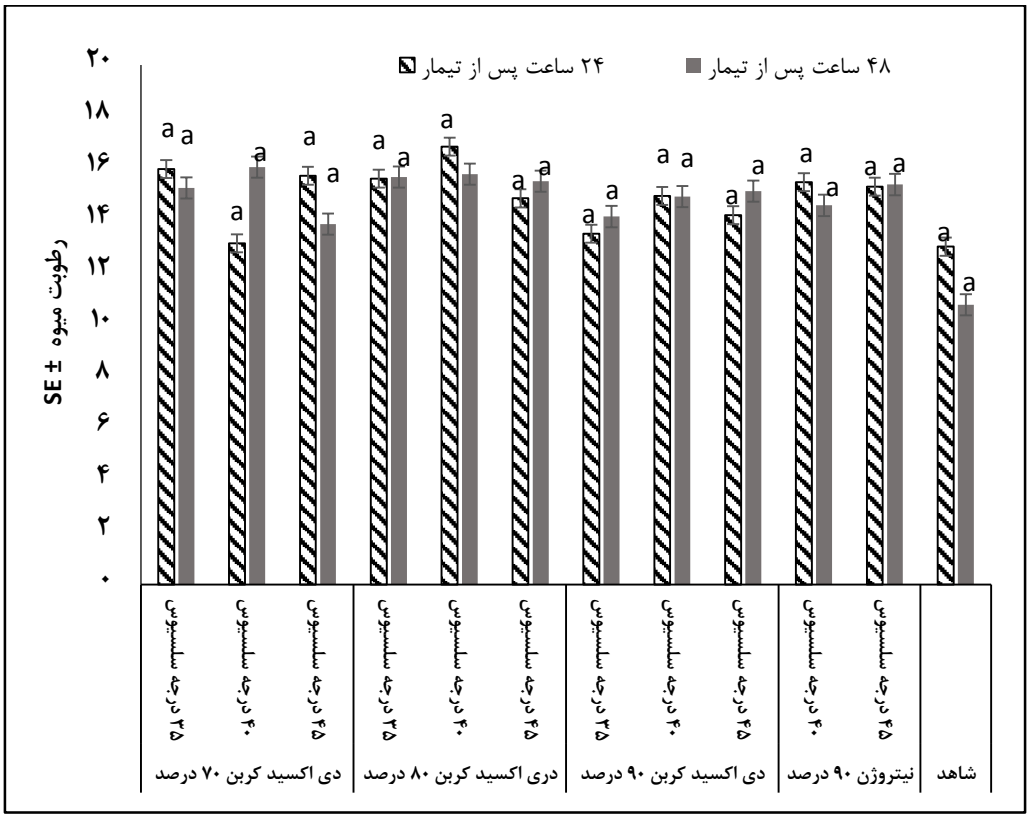
** وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، * وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، Ns نبود تفاوت معنی‌دار

همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود بین تیمارهای مختلف از نظر میانگین آلودگی به شپشه دندانه‌دار اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد. همچنین، از نظر قند کل، pH و درصد کل مواد جامد نیز تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده می‌شود. اما از نظر رطوبت میوه بین تیمارهای مختلف و شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد وجود ندارد.

بیشترین تفاوت در خسارت آفت مورد بررسی ثبت شد که در گروه‌های تیماری به طور معنی‌داری ($p<0.01$) کمتر از گروه شاهد بود. به طور کلی پذیرفته شدن یک روش به عنوان جایگزین متیل بروماید در ضدعفونی کردن خرما به خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی میوه بستگی دارد. میوه‌های خرما رقم سایر در این آزمایش مقاومت مناسبی در برابر تغییر خصوصیات در اثر تیمارهای اعمال شده مورد بررسی نشان دادند. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که عملیات تلفیقی تغییر اتمسفر و دما نسبت به شاهد (هوای معمولی و دمای معمول انبار) اگر چه در اکثر موارد تفاوت معنی‌دار در خصوصیات میوه نشان نداده‌اند اما باعث بهبود آنها شده است. در مطالعات مشابه، افزایش تدریجی طی زمان ذخیره‌سازی بر اثر تیمارهای اتمسفری در تلفیق با دما گزارش شده است (Baloch *et al.*, 2006). همچنین اثر روش تلفیقی اتمسفر تغییر یافته با بسته‌بندی بر مقدار مواد جامد و رطوبت نسبی میوه خرما پس از برداشت بسیار مناسب است.

رطوبت میوه

مقدار رطوبت برای میوه خرما اهمیت زیادی دارد و مقدار آن در مراحل رشد میوه خرما به تدریج کاهش پیدا می‌کند. کاهش رطوبت میوه بیانگر کاهش آب آزاد بافت است. برای میوه خرمای برداشته شده هرچه مقدار آن کمتر شود تردی میوه که از صفات کیفی آن به شمار می‌رود، کاهش می‌یابد (Iranmanesh, 2000). بر اساس نتایج جدول ۲، تیمارها از نظر رطوبت بافت خرما تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. نتایج آزمون دانکن در سطح ۵ درصد برای اثرهای تیمارها در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مقایسه میانگین رطوبت میوه خرمای رقم سایر در تیمارهای تلفیقی اتمسفر تغییر یافته و دما با شاهد

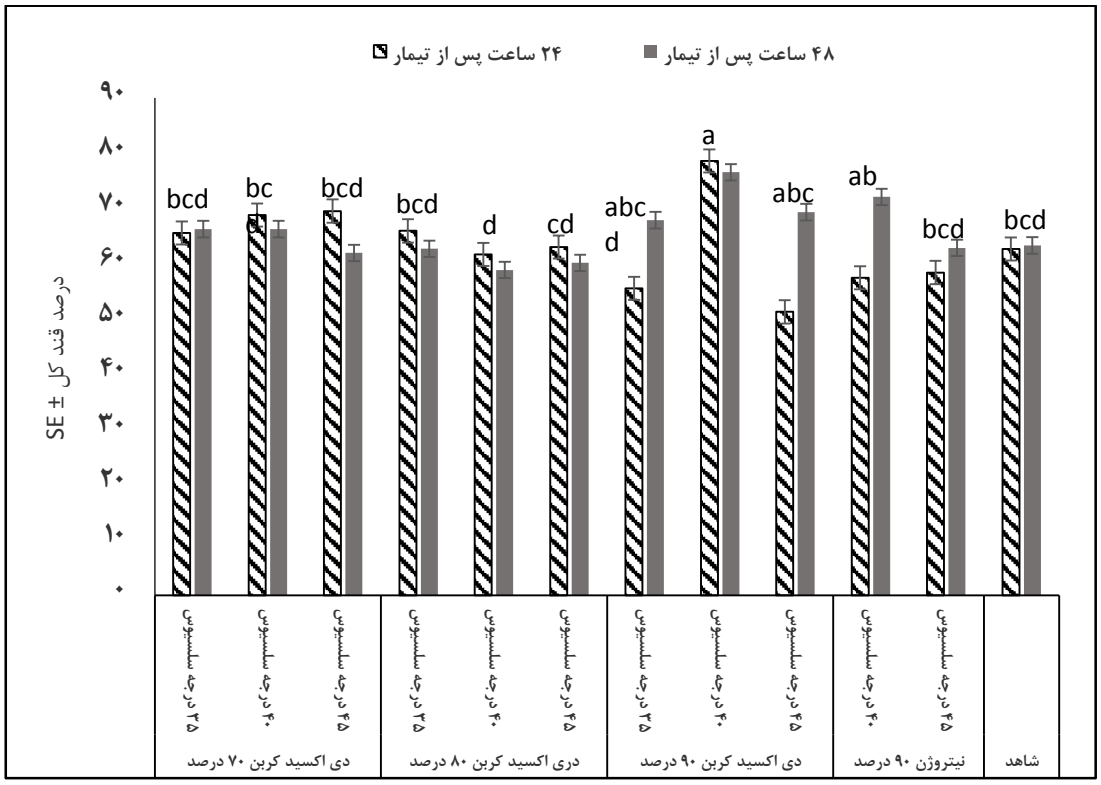
همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود، در کلیه تیمارها تفاوت معنی‌داری بین شاهد و نمونه آزمایشی از نظر رطوبت وجود ندارد. در مواردی تیمار باعث گردیده که کاهش رطوبت میوه و آب آزاد کمتر کاهش یابد و در نتیجه دارای اثر مثبت در کیفیت میوه بوده است. اما نوسان‌ها در حدی است که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود. بنابراین اثرهای منفی ناشی از اعمال تیمارهای اتمسفری و حرارتی در شرایط آزمایش بر رطوبت میوه مشاهده نمی‌شود. بین تیمار دی اکسید کربن و نیتروژن و همچنین بین سه دمای ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس نیز در تلفیق با تغییر اتمسفر تفاوتی از نظر میانگین رطوبت میوه مشاهده نمی‌شود. یکی از اثرهای کاهش رطوبت، از دست دادن وزن میوه است که در میوه خرما یک رابطه معکوس متناسب بین غلظت دی اکسید کربن در شرایط بسته‌بندی و درصد کاهش رطوبت میوه وجود دارد. بیشترین درصد کاهش رطوبت میوه هر چند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد در کمترین غلظت دی اکسید کربن دیده شده است. در مورد نیتروژن نیز نتایج مشابهی مشاهده شد.

مطالعات سایر پژوهشگران نشان داده است که غلظت‌های مختلف گاز تأثیر معنی‌داری بر فعالیت آبی میوه‌ها ندارد (Hashim, 2006). اما در برخی از مطالعات در طول ذخیره‌سازی، فعالیت آبی به دلیل نفوذپذیری فیلم به بخار آب کاهش یافته نشان داده است. در این پژوهش جنس بسته‌های مورد استفاده مانع از کاهش رطوبت میوه‌ها در اثر تیمارهای

تلفیقی اتمسفری و دما شده است.

قند کل میوه

میوه خرما علاوه بر ساکارز دارای انواع دیگری از قندها مانند گلوکز و فروکتوز نیز هست که حفظ مقادیر آنها در کیفیت میوه انباری با اهمیت است (Iranmanesh, 2000). نتایج آزمون دانکن در سطح ۵ درصد برای اثر تیمارها در شکل ۲ نشان داده شده است.

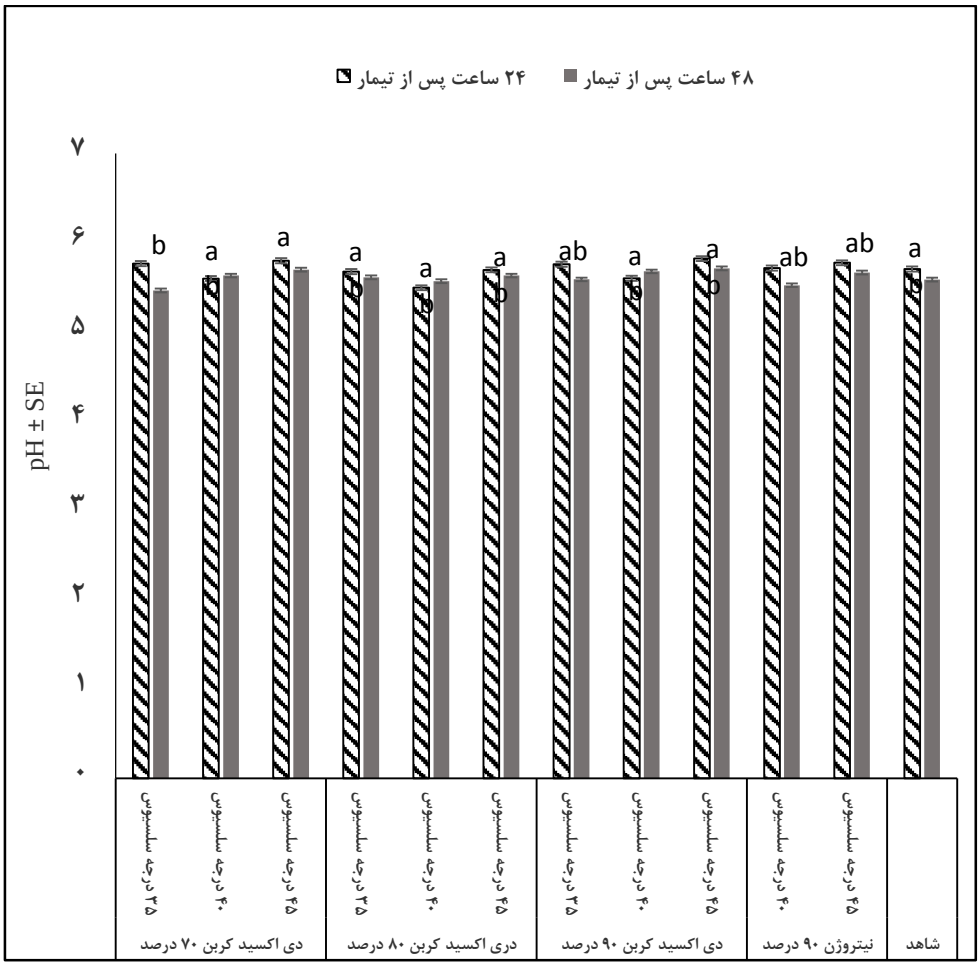


شکل ۲- مقایسه میانگین درصد قند کل میوه خرمای رقم سایر در تیمارهای تلفیقی اتمسفر تغییر یافته و دما با شاهد

همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود تفاوت معنی‌داری بین نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها از نظر میزان قند کل وجود ندارد. نتایج تحقیقات مشابه نشان داده است که در اکثر موارد این موضوع به دلیل کاهش فعالیت میکروبی در نمونه‌های تیمار شده است (Iranmanesh, 2000). در میان نمونه‌های مختلف، تلفیق ۹۰ درصد دی اکسید کربن با دمای ۴۰ درجه سلسیوس با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار دارد و بیشترین مقدار قند کل را نشان می‌دهد. سایر تیمارهای تغییر اتمسفر (دی اکسید کربن و نیتروژن) در تلفیق با دماهای ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس با هم و با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهند. بیشترین مقدار قند کل در شرایط حداقل مقدار اکسیژن یعنی غلظت ۹۰ درصد نیتروژن و دی اکسید کربن مشاهده می‌شود. دما نیز دارای رابطه عکس با درصد قند کل است. با افزایش دما به خصوص بیش از ۴۰ درجه سلسیوس مقدار قند کل کاهش نشان می‌دهد.

pH میوه خرما

بر اساس نتایج جدول ۲، تیمار خرما تفاوت معنی‌داری در میزان pH نشان می‌دهد. نتایج آزمون دانکن در سطح ۵ درصد برای اثر تیمارهای اتمسفر تغییر یافته و دما در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- مقایسه میانگین pH میوه خرمای رقم سایر در تیمارهای تلفیقی اتمسفر تغییر یافته و دما با شاهد

همان‌طور که در شکل ۳ دیده می‌شود تفاوت معنی‌داری بین شاهد و نمونه‌های تیمار شده از نظر میزان pH وجود ندارد. pH عصاره فقط بیانگر یون‌های H^+ است و متأثر از مجموعه اسیدهای قوی و ضعیف میوه تغییر می‌کند. اسیدهای آلی عمدتاً جزو اسیدهای ضعیف هستند و تأثیر زیادی بر pH ندارند. اسیدهای قوی که سبب تغییر سریع pH می‌شوند، معمولاً کمتر از ۱ درصد اسیدهای عصاره را شامل می‌شوند. pH بر مزه تأثیر ندارد و اهمیت آن بیشتر به دلیل تأثیر بر واکنش‌های آنزیمی و فعالیت میکروارگانیسم‌هاست. بنابراین در مقایسه با اسیدیته، به عنوان یک فاکتور کیفی مؤثر بر مزه، ارزش کمتری دارد (Iranmanesh, 2000). بیشترین مقدار pH مشاهده شده در بالاترین غلظت دی اکسید کربن در تلفیق با بالاترین دما ثبت شده است.

در مطالعات مشابه این پژوهش روی خرما، نشان داده شده که کاهش pH در اثر تیمارهای تغییر اتمسفر بیشتر مربوط به انحلال‌پذیری دی اکسید کربن در گوشت میوه‌هاست و می‌تواند فعالیت میکروارگانیسم‌ها و حشرات را تحت تأثیر قرار دهد (Sivertsvic *et al.*, 2002).

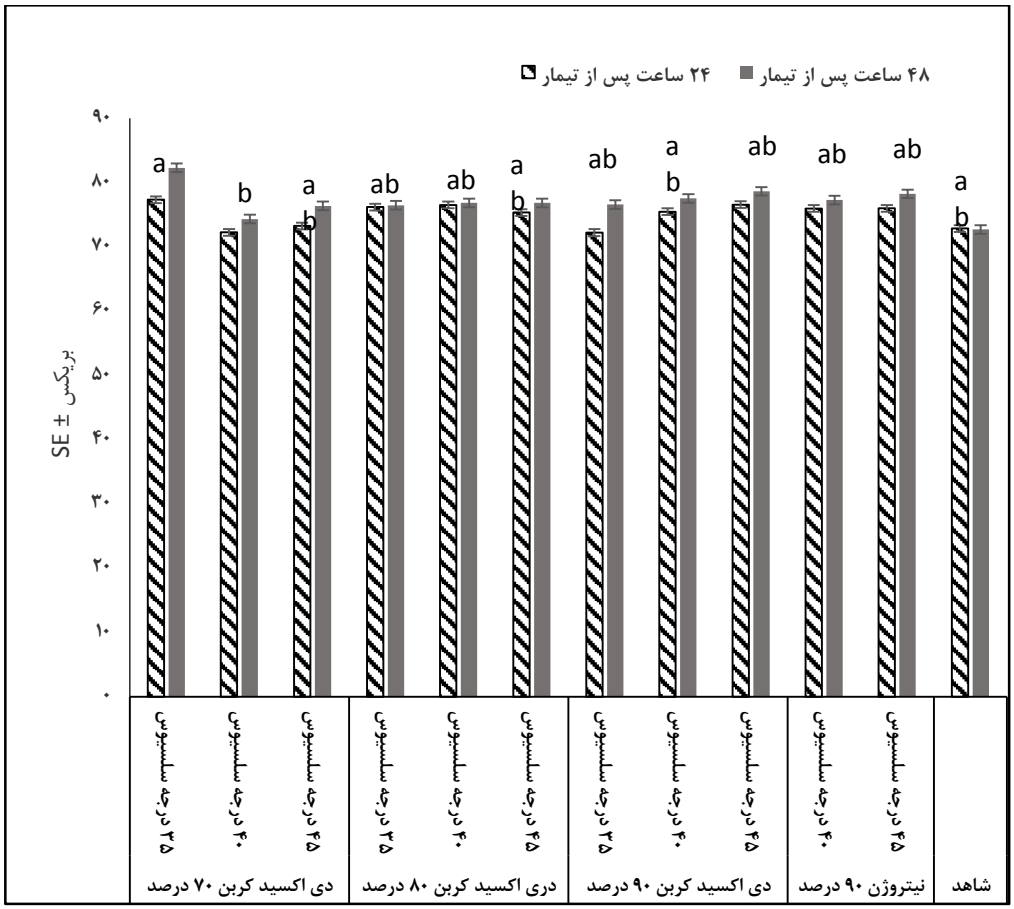
اسید سوکسینیک، اسید ایزوبوتیریک، اسید سیتریک، اسید اگزالیک و اسید فرمیک در میوه

خرما شناسایی شده است (Hamad *et al.*, 2015). نتایج تحقیقات مشابه تفاوت معنی‌داری بین pH ارقام میوه خرمای ذخیره شده در بسته پلی‌پروپیلن نشان نداده‌اند (Morgan & Benkeblia, 2017). اما افزایش دما بیشتر از ۱۰ درجه سلسیوس به خصوص همراه با کاهش اکسیژن باعث کاهش pH می‌شود زیرا میزان اسید آلی در اثر تخمیر میوه خرمای بسته‌بندی شده نیمه‌خشک (رقم سایر مورد آزمایش) افزایش می‌یابد. نتایج این پژوهش با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت.

مواد جامد کل میوه خرما

از دیگر صفات کیفی مهم و مؤثر در تعیین طعم و مزه میوه‌ها مواد جامد کل است که به صورت درصد تی اس اس یا درجه بریکس نشان داده می‌شود (Iranmanesh, 2000). بر اساس نتایج جدول ۲ تیمارها تفاوت معنی‌داری در میزان مواد جامد کل نشان نمی‌دهند.

نتایج آزمون دانکن در سطح ۵ درصد برای تیمارهای اتمسفر و دما در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ٤- مقایسه میانگین درصد مواد جامد میوه خرمای رقم سایر در تیمارهای تلفیقی اتمسفر تغییر یافته و دما با شاهد

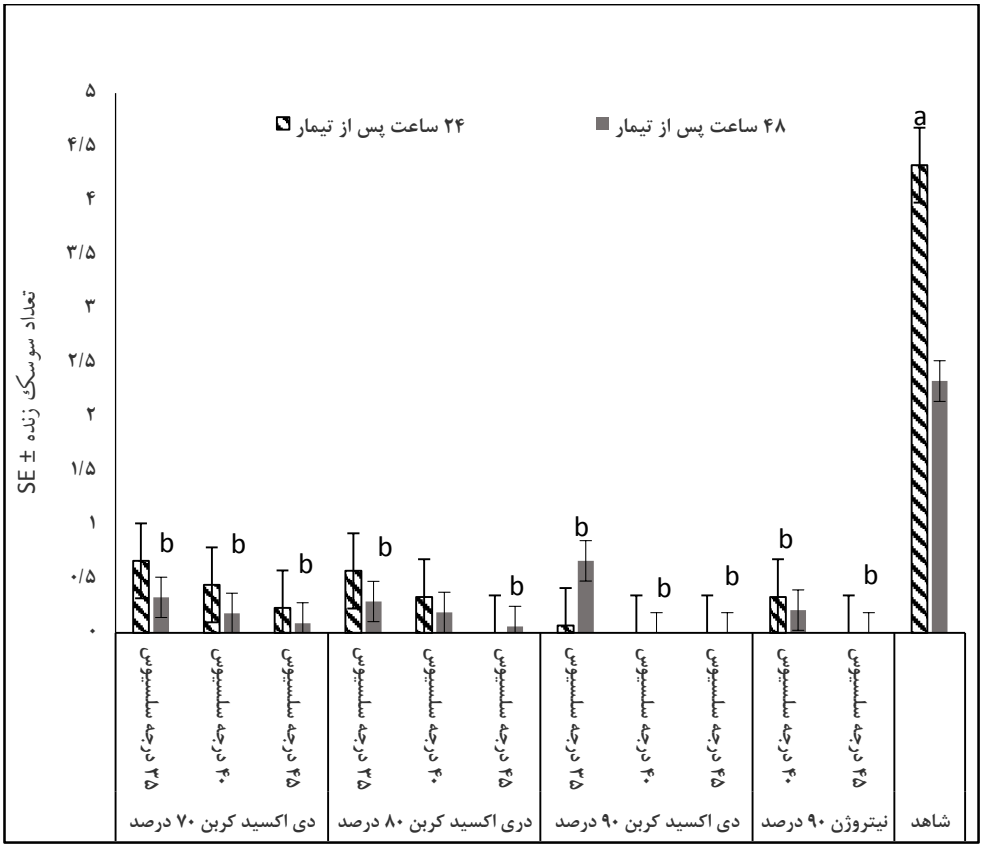
همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، از نظر میزان مواد جامد کل تفاوت معنی‌داری بین شاهد و نمونه‌های تیمار شده وجود ندارد. کمترین مقدار درصد مواد جامد در تیمار تلفیقی کمترین دی اکسید کربن با کمترین دما (دی اکسید کربن ۷۰ درصد و دمای ۳۵ درجه سلسیوس) ثبت شده است

که دارای تفاوت معنی‌داری با تیمار بیشترین دی اکسیدکربن و بیشترین دما (دی اکسید کربن ۹۰ درصد و دمای ۴۵ درجه سلسیوس) است.

افزایش درصد مواد جامد با گذشت زمان از طریق تغییر در ساختار دیواره سلولی خرما و تجزیه کربوهیدرات‌های پیچیده به قندهای ساده در حین انبارداری به وجود می‌آید. این روند تغییرات در تیمارهای اتمسفر تغییر یافته نسبت به تیمار هوای معمولی (شاهد) تغییر معنی‌داری ندارد (Kays & Paull, 2004; Kittur *et al.*, 2001). استحکام میوه ویژگی کیفی فیزیکی است که باعث مقاومت آن در برابر خسارت آفات انباری می‌گردد. آفات در میوه‌های سخت، نسبت به میوه‌های نرم، عمیق‌تر فرو می‌روند. مقادیر آلودگی پایین نشانگر سختی بیشتر گوشت خرماست (Aleid *et al.*, 2011).

آلودگی میوه به آفت

نتایج مقایسه میانگین تراکم جمعیت شپشه دندانه‌دار در تیمارهای مختلف در دو فاصله زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت در شکل ۵ درج گردیده است.



شکل ۵- مقایسه میانگین آلودگی به شپشه دندانه‌دار در میوه خرمای رقم سایر در تیمارهای تلفیقی اتمسفر تغییر یافته و دما با شاهد

همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود تمام تیمارها در یک گروه و دارای درجه تأثیر مناسب هستند و با شاهد اختلاف معنی‌دار نشان می‌دهند. البته تنها در تیمارهای تلفیقی دی اکسید کربن با غلظت ۹۰ درصد و دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه سلسیوس، دی اکسید کربن با غلظت ۸۰ درصد و دمای ۴۵ درجه سلسیوس و نیتروژن با غلظت ۹۰ درصد و دمای ۴۵ درجه سلسیوس کنترل کامل

است و با وجود نداشتن اختلاف معنی‌دار بر اساس استانداردهای بقای آفت در بسته‌بندی مواد غذایی توصیه می‌گردند.

کاهش آلودگی به آفت انباری مورد مطالعه برای کلیه تیمارها در این آزمایش نسبت به شاهد مشاهده شد. دما اثرهای مثبتی در کاهش حساسیت خرمای تحت تیمارهای مورد آزمایش دارد، به طوری که در تمام موارد با افزایش دما افزایش مرگ و میر آفت مشاهده شده است. نتایج تحقیقات مشابه نشان می‌دهد که دمای بالا باعث افزایش تنفس و شدت متابولیسم بدن آفات انباری می‌شود. در چنین شرایطی نیاز آفات انباری به اکسیژن افزایش می‌یابد و این موضوع باعث می‌شود که اثرهای ناشی از کمبود اکسیژن در تیمارهای با کاهش فشار اتمسفری با سرعت بالاتری نمود پیدا کند و زمان اجرای تیمارها کاهش یابد. دماهای بین ۳۷ تا ۴۰ درجه سلسیوس به عنوان دماهای شوک برای بسیاری از آفات انباری است. به‌کارگیری این دماها در حین اجرای تیمارهای کاهش فشار نقش مهمی درافزایش شدت تأثیر آنها دارد (Denlinger & Yocum, 1998). بر اساس نتایج تحقیقات مشابه، هرچه میوه خرما رسیده‌تر می‌شود، آب بیشتری از درون میوه به مناطق بیرونی آن می‌رود. در دماهای پایین‌تر، آب مولکول‌های قند را در حین حرکت به سمت سطح میوه حمل می‌کند. با تبخیر آب، قند به شکل بلور در سطح میوه باقی می‌ماند. بنابراین، هرگونه تیماری که تبخیر را کاهش دهد، تبلور قندهای میوه خرما را هم کاهش می‌دهد و به حفظ کیفیت میوه کمک می‌کند. این حالت در تیمارهای با غلظت بالاتر دی اکسید کربن مشاهده شده است(Dehghan-Shoar *et al*., 2009).

در این پژوهش چنانچه از دما به‌تنهایی برای ضد عفونی کردن و مهار آفات انباری استفاده می‌گردید به دمایی حدود ۵۰ درجه سلسیوس نیاز بود که در چنین شرایطی به خرمای بسته‌بندی شده آسیب‌های جدی وارد می‌شد. ولی با تلفیق روش کاهش فشار اتمسفری با دماهای ۳۵ تا ۴۵ درجه سلسیوس، می‌توان بدون هرگونه آسیبی به محصول خرمای بسته‌بندی شده حشرات آفت انباری را مهار کرد.

افزایش غلظت دی اکسید کربن نیز باعث کاهش بقای آفت انباری شده است. از طرفی، کاهش فشار با از دست دادن آب بدن نیز باعث مرگ آفات انباری می‌شود. بنابراین، افزایش رطوبت در خرماهای بسته‌بندی شده نقش منفی در اثر روش اتمسفری دارد. در مطالعات مشابه، سوسک *Lassioderna serriconae* White کاهش فشار ۴۸ میلی‌متر جیوه و در دمای ۲۷ درجه سلسیوس را به مدت ۱۲ هفته تحمل می‌کند. در میان آفات انباری خرما، سوسک *Rhyzopertha dominica* (F.)مقاوم‌ترین گونه است (Aulicky *et al*., 2016; Jian *et al*., 2016). مقدار کم اکسیژن نسبت تنفس و تخریب کلروفیل را کاهش می‌دهد و رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد (Liamnimitr *et al*., 2018). علاوه بر این، کاهش اکسیژن باعث کاهش تولید اتیلن می‌شود و فرآیند رسیدن از طریق آنزیم‌های درگیر در تجزیه مولکول‌های پکتین و نشاسته را متوقف می‌کند و بنابراین باعث حفظ کیفیت میوه خرمای تیمار شده می‌شود (Almeida *et al*., 2018).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بسته‌بندی

میوه‌های خرمای رقم سایر در مرحله تمار در بسته‌بندی پلی‌اتیلن با استفاده از MAPa ($90CO_2$ درصد $+O_2$ ۵ درصد) و MAPb ($90N_2$ درصد $+O_2$ ۵ درصد) و تیمار در دمای ۴۵ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت برای ضدعفونی کردن خرما مناسب است و هیچ یک از روش‌های MAP نتوانست در خصوصیات فیزیولوژیکی میوه خرمای رقم سایر، در مقایسه با بسته‌بندی با هوای طبیعی، تغییر منفی ایجاد کند. اگرچه کلیه تیمارها در کاهش خسارت آفت انباری مورد مطالعه مؤثر بودند اما این دو تیمار بیشترین تأثیر را داشتند و با شرایط استاندارد بین‌المللی همگام بودند. تأثیر تکنیک‌های مورد بررسی بر حذف حشرات و حفظ کیفیت میوه‌های خرما نشان می‌دهد که میوه‌های خرمای مورد بررسی در برابر غلظت گازهای مورد استفاده به احتمال زیاد به دلیل میزان تنفس کم آنها مقاوم هستند. هر دو روش MAP مانع از رشد آفت، کاهش تجمع قند و کاهش pH می‌شوند و بنابراین برای حفظ کیفیت خرمای بسته‌بندی شده رقم سایر مناسب هستند.

مراجع

Annis, P. C. 1987. Towards rational controlled atmosphere dosage schedules: a review of current knowledge. In Proc. 4th Int. Work. Conf. Stored Prod. Prot., ed. E Donahaye, S Navarro, pp. 128–48. Jerusalem: Maor-Wallach 4. Annis PC, van S.

Aleid, S. M., Dolan, K. D., Siddi, M., Jeong, S. and Marks, B. P. 2011. Effect of low-energy X-ray irradiation on physical, chemical, textural and sensory properties of dates. The International Journal of Food Science Technolog. 48(7): 1453-459.

Almeida Teixeira, G. H., Santos, L. O., Cunha Ju´nior, L. C. and Durigan, J. F. 2018. Effect of carbon dioxide (CO_2) and oxygen (O_2) levels on quality of 'Palmer' mangoes under controlled atmosphere storage. Journal of Food Science and Technology. 55(1): 145-156.

Al-Redhaiman, K.N. 2005. Modified atmosphere extends storage period and maintains quality of Barhi date fruits. Acta Horticulture, 682, 979–986.

Awad, M. A. 2007. Increasing the rate of ripening of date palm fruit (*phoenix dactylifera* L.) cv. helali by preharvest and postharvest treatments. Postharvest Biology and Technology. 43 (1): 121-127.

Aulicky, R., Kolar, V., Plachy, J. and Stejskal, V. 2016. Preliminary report on controlled nitrogen atmosphere in metal silo bin in the Czech Republic. pp. 329–332. In: NAVARRO S, JAYAS DS, ALAGUSUNDARAM K, (Eds.) Proceedings of the 10th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF2016), CAF Permanent Committee Secretariat, Winnipeg, Canada

Bailey, S.W. and Banks, H.J., 1980. A review of recent studies of the effects of controlled atmospheres on stored product pests. Developments in Agricultural Engineering. 1,101-118.

Baloch, M, K. Saleem, S. A. Baloch, A. K. and Baloch, W. A. 2006. Impact of controlled atmosphere on the stability of Dhakki dates. LWT. Journal of Food Science and Technology. 39, 671-676.

Behbahani, L. 1997. Investigation and Determination of the Best Coating Layer for Packing Date of Kabkab and Sayer. Final Research Project Report. Agricultural Engineering Research Institute Publications. 34 pages.

Bell, C.H. 2000. Fumigation in the 21st century. Crop Protection. 19, 563–569.

Bodbodak, S. and Moshfeghifar, M. 2016. Advances in Controlled Atmosphere Storage of Fruits and Vegetables. Elsevier Inc.https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804313-4. 00002-5.

Brigham, R. J. 1998. Corrosive effect of phosphine, carbon dioxide, heat, and humidity on electronic equipment. Phase I. AAFC, Environ. Can. USDA: Ottawa, Ont.

Campolo, O., Verdone, M., Laudani, F., Malacrinò, A., Chiera, E. and Palmeri, V. 2013. Response of fours stored products insects to a structural heat treatment in a flour mill. Journal of Stored Products Research. 54, 54–58.

Corintn, H. G. and Rau, G. 1990. Protection of stored grain by means of carbon dioxide. Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz. 63(7), 121- 123.

Dehghan-Shoar, Z., Hamaidi-Esfahani, Z. and Abbasi, S. 2009. Effect of temperature and modified atmosohere on quality preservation of Sayer date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). Journal of Food Processing and Preservation. 34(2): 323-334

Denlinger, D. L. and Yocum, G. D. 1998. Physiology of heat sensitivity. In Temperature Sensitivity 610 in Insects and Application in Integrated Pest Management. Edited by Hallman, G.J& . 611 Denlinger, D.L. Oxford, Westview Press, Oxford, UK. Pp. 7-57

Dziadek, K., Kopeæ, A. and Czaplicki, S. 2018. The petioles and leaves of sweet cherry (Prunus avium L.) as a potential source of natural bioactive compounds. European Food Research and Technology. 244(8): 1415–1426.

Dziedzica, E., Błaszczyka, J. Bieniasza, M., Dziadekb, K. and Kopeć, A. 2020. Effect of modified (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality and bioactive compounds of blue honeysuckle fruits (*Lonicera caerulea* L.). Scientia Horticulturae, 265, p. 109226

FAOSTAT. 2018. Food and agricultural commodities production. Available at: http://faostat.fao. org/site/567/default.aspx#ancor. Accessed on 29 Apr 2019.

Fasihian, N. 1996. Investigation of appropriate time and temperature to reduce humidity of kings for packing and storage. Final Research Project Report. Institute of Agricultural Engineering Research Publications. 124 pages.

Hamad, I., AbdElgawad, H., Al Jaouni, S., Zinta, G., Asard, H., Hassan, S., Hegab, M., Hagagy, N. and Selim, S. 2015. Metabolic analysis of various date palm fruit (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars from Saudi Arabia to assess their nutritional quality. Molecules. 20(8):13620-13641.

Hashim, B.I. 2006. Effect of cooling temperature and defrosting time on date quality during cold storage. In Proceeding of the Seventh Annual U.A.E. University Research Conference, pp. 1–10, Dubai, U.A.E.

Hasnaoui, A., Elhoumaizi, M., Asehraou, A., Sindic, M., Deroanne, C. and Hakkou, A. 2010. Chemical composition and microbial quality of dates grown in guig oasis of morocco. International Journal of Agriculture and Biology, 12(2): 311-314.

Homayouni, A., Azizi, A., Keshtiban, A.K., Amini, A. and Eslami, A. 2015. Date canning: a new approach for the long time preservation of date. Journal of Food Science and Technology. 52 (4): 1872-1880.

Iranmanesh, C. M. 2000. The first compact book, Introduction to Applied Technology of Date Production, Storage, Processing, Packaging and Export. First Edition. Aida Publishing. 274 pages.

Jokar, M.M., Mohammadpour, H., Farshadfar, Z. and Jokar, A. 2005. A look at postharvest in Iran. Acta Horticulture. 682, 2177–2182.

Jian, Y., Pengcheng, F., Haojie, L., Xiaoping, Y., Yue, L. and Jianwu, Q. S. 2016. Application and development of controlled atmosphere with nitrogen in Chinese grain storage. Pp. 310–315. In: Navarro S, Jayas DS, Alagusundaram K, (Eds.) Proceedings of the 10th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products (CAF2016), CAF Permanent Committee Secretariat, Winnipeg, Canada.

Karamijamoor, Z., Mortazavi, S.M.H. and Mostaan, A. 2012. Effect of ethylene scavenger sachets in modified atmosphere packaging on the shelf life of date fruit cv. Barhee. Iranian Journal of Horticultural Science. 43(2): 231-241.

Kays, S. J. and Paull, R. E. 2004. Postharvest biology. Exon Press, Athens, GA, USA, 568.

Kittur, F. S., Saroja, N., Habibunnisa, M. S. and Tharanathan, R. N. 2001. Polysaccharide-based composite coating formulations for shelf-life extension of fresh banana and mango. Journal European Food Research and Technology. 213(5): 306-311.

Latifian, M. 2017. Integrated pest management of date palm fruit pests: A review. Journal of Entomology, 14, 112-121.

Latifian, M. 2004. Dated Pest Control Technology. Mashhad, Ghalam Publishing House. 100 pages.

Liamnimitr, N., Thammawong, M., Techavuthiporn, C., Fahmy, K., Suzuki, T. and Nakano, K. 2018. Optimization of bulk modified atmosphere packaging for long-term storage of 'Fuyu' persimmon fruit. Postharvest Biology and Technology. 135, 1-7.

Martínez-Hernández, G.B., Artés-Hernández. F., Gómez, P., Formica, A. C. and Artés, F. 2013. Combination of electrolysed water, UV-C and superatmospheric O_2 packaging for improving fresh-cut broccoli quality. Postharvest Biology and Technology. 76, 125-134.

Mitcham, E.J. 2003. Controlled atmospheres for insect and mite control in perishable commodities. Acta Horticulture. 600, 137–142.

Morgan, K. and Benkeblia, N. 2017. Effects of modified atmosphere packaging (MAP) on microbiological and sensory quality of ackee fruit arils (Blighia sapida Koenig) stored under refrigerated regimes. Packaging Research 2(1): 12-21.

Naphade, A. 2020. Trends of Modified Atmosphere Packaging Market Reviewed for 2020 with Industry Outlook to 2025. http://itresearchbrief.com/business.

Navarro, S. 2006. Postharvest treatment of dates. Stewart Postharvest Review. 2(2): 1–9.

Oliveira, M., Abadias, M., Usall, J., Torres, R., Teixid, N.and Vinas, I. 2015. Application of modified atmosphere packaging as a safety approach tofresh-cut fruits and vegetables: A review. Trends in Food Science & Technology. 46(1): 13-26.

Sivertsvic, M., Rosnes, J.T. and Bergslien, H. 2002. Modified atmosphere packaging. In Minimal Processing Technologies in Food Industry (T. Ohlsson and N. Bingtsson, Eds.) pp. 61–87, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.

UNEP. 1998. Assessment of alternatives to methyl bromide. In Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi, Kenya.

Food Engineering Research/Vol.19/No.69/Autumn and Winter 2020/P: 143-158
Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Impact of Modified Atmosphere, Temperature and Packaging on the Quality of Date palm Fruit, Sayer cultivar

B. Rad, M. Latifian*, A. Mostaan and S. Ahmadizadeh

* Corresponding Author: Associate Professor, Horticultural sciences research institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. Email: masoud_latifian@yahoo.com
Received: 5 October 2019, Accepted: 1 February 2021
http://doi: 10.22092/fooder.2021.342269.1261

Abstract:
Disinfection of dry and semi-dry date palm cultivars are carried out with methyl bromide gas, but applying of this gas is restricted by international protocols. In this study, the combined effects of modified atmosphere, heat and packaging as a substitute for methyl bromide were investigated. The fruits were packed by vacuum packing machine. Atmospheric treatments were replaced with four combinations: 70%, 80% and 90% carbon dioxide and 90% nitrogen. The carbon dioxide treated packages were incubated at 35°C, 40°C and 45°C and the Nitrogen treated packages at 40°C and 45 °C for 24 and 48 hours, respectively. Traits including sugar content, relative humidity, soluble solids content and fruit pest infestation were measured. The results showed that there were significant differences between samples in terms of mean infestation by saw- toothed beetle at 1% probability level and for total sugar and total solids content at 5% probability level. The highest pH values were observed at the highest CO_2 concentration in combination with the highest temperature. The pest control was completely done in samples treated with 90% carbon dioxide at temperature of 40°C and 45°C, 80% carbon dioxide at temperature of 45°C, and 90% nitrogen at temperature of 45°C. The results revealed that the placing of date fruits in polyethylene packages using ($5\%O_2+90\%CO_2$) and ($5\%O_2+90\%N_2$) treating at 45°C for 24 hours were suitable for disinfection of dates fruits.

Keywords: Disinfection of date palm, Methyl bromide, Pest control, Postharvest, Saw- toothed beetle