Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Food Processing and Preservation Journal

Print ISSN: 2423-3544
Online ISSN: 2423-3803

Iranian Association of Food Scientists and Technologists

Effect of antimicrobial-releasing sachets on some quality characteristics of Mazafti dates during the storage period

Hamid Arjmand-Tajadini[1], Zahra Pakkish[2], Hamid-Reza Akhavan[3*], Reza Hajimohammadi-Farimani[4]

[1] MSc. Graduate., Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[2] Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[3] Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, E-mail: hr.akhavan@uk.ac.ir
[4] Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-11-28
Revised: 2024-02-22
Accepted: 2024-02-25

Keywords:
Date fruit
antimicrobial sachet
cinnamaldehyde
quality characteristics

ABSTRACT

Background and objectives: Dates, as a valuable and high-quality product, are the most important fruit in south of Iran. The quality of this fruit after harvesting and during the storage period, especially in the outside conditions of cold storage, may be changed due to biochemical and microbial interactions. The purpose of this research is to investigate the effect of cinnamaldehyde, sulfur dioxide, and ethanol in special multi-layer sachets on the quality characteristics of Mazafati during the storage period in cold and ambient temperatures.

Materials and methods: To conduct the experiment, cinnamaldehyde, and ethanol combined with bentonite and sodium metabisulfite alone were placed in special multi-layer sachets. Inside each package of Mazafati samples (~ 300 g) a sachet was placed in order to evaluate the quality characteristics (weight loss, pH, acidity, total soluble solids, peroxidase and catalase enzymes, microbial tests, and sensory evaluation) of stored samples in refrigerator and ambient temperatures. This research was studied using a factorial experiment based on randomized complete design with 5 treatments (cinnamaldehyde, sodium metabisulfite, and ethanol at 25°C and the control samples at 4 and 25°C) in 3 replicates.

Results: The changes related to weight loss, pH, acidity, and total soluble solids in the samples stored at 4°C were lower than the samples with releasing sachets; The highest changes were observed in control samples at 25°C ($p<0.05$). Among the samples treated with releasing sachets, the lowest pH and acidity changes were observed in the fruit samples treated with cinnamaldehyde and sulfur dioxide releasing sachets, respectively, also the lowest total soluble solids change was observed in the samples treated with sulfur dioxide releasing sachets and ethanol at the end of the storage period. peroxidase and catalase activity were higher in the samples stored at 4°C compared to other samples. Among the fruit treated with releasing sachets, the samples treated with sulfur dioxide and cinnamaldehyde releasing sachets respectively had more peroxidase and catalase activity than other samples. The counts of mesophilic bacteria and fungi of Mazafati samples stored at 4°C on the first day of storage were 2.8 and 3.4 log CFU g^{-1}, respectively, which were significantly higher than the microbial counts of the samples stored at was 25°C ($p<0.05$). In the treated samples with ethanol, sulfur dioxide, and cinnamaldehyde the microbial populations were less than the detection limit. The panelists gave a lower

score to the sample stored at 25°C due to the drier texture, sour taste and aroma at the end of the storage period, and the sample stored at 4°C received a higher sensory score. Among the samples treated with releasing sachets, the highest scores for aroma, taste, and overall acceptance were given to the sample treated with cinnamaldehyde releasing sachet.

Conclusion: Storage temperature is an important factor that can affect the quality characteristics of Mazafati fruit during the storage period. In this regard, the least change of these parameters or in other words better preservation of quality characteristics was observed at 4°C. In general, among the investigated treatments and considering the cold storage costs, the use of cinnamaldehyde and sulfur dioxide-releasing sachets at 25°C storage, can be suggested to prevent microbial growth, reduce physicochemical changes, maintain quality characteristics, and ultimately the increase of Mazafati fruit shelf life.

Cite this article: Arjmand-Tajadini, H., Pakkish, Z., Akhavan, H.R., Hajimohammadi-Farimani, R. 2023. Effect of antimicrobial-releasing sachets on some quality characteristics of Mazafti dates during the storage period. *Food Processing and Preservation Journal*, 15(3), 83-100.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/FPPJ.2024.21953.1789
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

فرآوری و نگهداری مواد غذایی
شاپا چاپی: ۳۵٤٤-۲٤۲۳
شاپا الکترونیکی: ۳۸۰۳-۲٤۲۳

تاثیر ساشه‌های آزادکننده ترکیبات ضدمیکروبی بر برخی ویژگی‌های کیفی خرمای مضافتی در طول دوره نگهداری

حمیدرضا ارجمند تاج‌الدینی[۱]، زهرا پاک‌کیش[۲]، حمیدرضا اخوان[۳]*، رضا حاجی‌محمدی فریمانی[٤]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۲] دانشیار بخش علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۳] دانشیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، رایانامه: hr.akhavan@uk.ac.ir
[٤] استادیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۹/۰۷
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۱۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۱۲/۰٦

واژه‌های کلیدی:
میوه خرما
ساشه ضدمیکروبی
سینامالدهید
ویژگی‌های کیفی

چکیده

سابقه و هدف: خرما به عنوان یک محصول باارزش و باکیفیت، مهمترین میوه مناطق جنوبی ایران است. کیفیت این میوه پس از برداشت و در طی دوره نگهداری و بویژه در شرایط خارج از سردخانه ممکن است در اثر فعل و انفعالات بیوشیمیایی و میکروبی دستخوش تغییر گردد. هدف از تحقیق حاضر بررسی تاثیر سینامالدهید، دی‌اکسید گوگرد و اتانول در ساشه‌های مخصوص چندلایه بر ویژگی‌های کیفی خرمای مضافتی در طی دوره نگهداری در شرایط یخچالی و دمای محیط می‌باشد.

مواد و روش‌ها: برای انجام آزمایش، سینامالدهید و اتانول در ترکیب با بنتونیت و متابی‌سولفیت سدیم به تنهایی در ساشه‌های مخصوص چندلایه قرار گرفتند. در داخل هر بسته خرما با وزن تقریبی ۳۰۰ گرم یک ساشه قرار گرفت تا در مرحله بعد ویژگی‌های کیفی آنها (افت وزن، pH، اسیدیته، مواد جامد محلول، فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز، آزمون‌های میکروبی، ارزیابی حسی) در طی دوره نگهداری در شرایط دمای یخچالی و دمای محیط ارزیابی گردد. پژوهش به صورت آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۵ تیمار (سینامالدهید، متابی‌سولفیت سدیم و اتانول در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و نمونه شاهد در دماهای نگهداری ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و در ۳ تکرار انجام شد.

یافته‌ها: تغییرات مرتبط با افت وزن، pH، اسیدیته و مواد جامد محلول در نمونه‌های نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد کمتر از نمونه‌های دارای ساشه‌های آزادکننده بود؛ بیشترین روند تغییرات در نمونه‌های شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). در بین نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده، کمترین تغییر pH و اسیدیته به ترتیب در نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه آزادکننده سینامالدهید و دی‌اکسید گوگرد و همچنین کمترین تغییر مواد جامد محلول در نمونه‌های تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده دی‌اکسید گوگرد و اتانول در انتهای دوره نگهداری مشاهده شد. فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و

کاتالاز در نمونه‌های نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نسبت به سایر نمونه‌ها بیشتر بود ($p<۰/۰۵$). در بین نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده، نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه آزادکننده دی‌اکسیدگوگرد و سینامالدهید به ترتیب نسبت به سایر نمونه‌ها فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز بیشتری داشتند. شمارش‌های باکتری‌های مزوفیل و کپک و مخمر نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در روز اول نگهداری به‌ترتیب برابر با ۲/۸ و ۳/٤ لگاریتم واحد تشکیل دهنده کلنی بر گرم محصول بود که به صورت معنی‌داری بیشتر از شمارش میکروبی نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بود ($p<۰/۰۵$). در نمونه‌های تیمار شده با اتانول، دی‌اکسید گوگرد و سینامالدهید نیز جمعیت میکروبی کمتر از حد تشخیص بود. ارزیاب‌ها در انتهای دوره نگهداری به نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به علت ایجاد بافت خشک‌تر، طعم و بوی ترشیدگی امتیاز کمتری دادند و نمونه خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد امتیازهای حسی بیشتری کسب کرد. در بین نمونه‌های تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده، بیشترین امتیاز ارزیابی حسی به نمونه تیمار شده با ساشه آزادکننده سینامالدهید تعلق گرفت.

نتیجه‌گیری: دمای نگهداری عامل مهمی است که می‌تواند شاخص‌های کیفی را در طی دوره نگهداری خرما تحت تاثیر قرار دهد. بر این مبنا، کمترین تغییر این شاخص‌ها یا به عبارتی حفظ بهتر شاخص‌های کیفی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. به طور کلی از بین تیمارهای مورد بررسی و با در نظر گرفتن هزینه‌های سردخانه‌ای، استفاده از ساشه‌های آزادکننده سینامالدهید و دی‌اکسید گوگرد در دمای نگهداری ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند برای جلوگیری از رشد میکروبی، کاهش تغییرات فیزیکوشیمیایی و حفظ ویژگی‌های کیفی و در نهایت افزایش ماندگاری خرمای مضافتی پیشنهاد گردد.

استناد: ارجمند تاج‌الدینی، ح.ر.؛ پاک‌کیش، ز.؛ اخوان، ح.ر؛ حاجی‌محمدی فریمانی، ر. (۱٤۰۲).تاثیر ساشه‌های آزادکننده ترکیبات ضدمیکروبی بر برخی ویژگی‌های کیفی خرمای مضافتی در طول دوره نگهداری. *فرآوری و نگهداری مواد غذایی*، ۱۵(۳)، ۱۰۰-۸۳.

DOI: 10.22069/FPPJ.2024.21953.1789

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

خرما (*Phoenix dactylifera* L.) از محصولات مهم کشاورزی کشور است که با داشتن میزان قند بالا، مقادیر مناسبی از ویتامین‌ها و املاح معدنی، به عنوان غذای اصلی خانواده‌های کم درآمد به شمار می‌آید. همچنین در ایجاد اشتغال و درآمد برای مردم مناطق خرماخیز کشور نقش بسزایی ایفا می‌کند. ایران با تولید سالانه حدود ۱/۳ میلیون تن محصول خرما، به عنوان سومین

خرمای مضافتی با رنگ بنفش تیره متمایل به سیاه، گوشت‌دار، پر شهد و خوش طعم از ارقام خرمای تجاری کشور است که عمدتاً در استان کرمان و نوع مرغوب آن در شهرستان بم کشت می‌شود. خرمای مضافتی به دلیل رطوبت بالا باید به محض رسیدن، برداشت و در شرایط خاصی نگهداری شود. مقدار رطوبت رطب مضافتی در هنگام برداشت در محدوده ۲۸-۳۲ درصد است. میزان رطوبت بالا در فساد و ترشیدگی و میزان رطوبت پایین در خشکی محصول و عدم پذیرش آن توسط مصرف کننده نقش دارد. بنابراین، رطب مضافتی را باید بلافاصله پس از برداشت مصرف و یا اینکه با روش‌های مناسبی نگهداری کرد. زیرا در اثر فعالیت میکروب‌ها (مخصوصاً قارچ‌ها) دچار ترشیدگی می‌شود. ترشیدگی در اثر تبدیل قند موجود در رطب مضافتی به اسیدهای آلی صورت می‌گیرد. در حال حاضر رطب مضافتی را در سردخانه‌هایی با دمای ۵ تا ۵- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌کنند؛ ولی برای نگهداری طولانی مدت و حفظ بهتر کیفیت ارقام خرمای نرم مانند رطب مضافتی استفاده از دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نیز پیشنهاد شده است (۱-٤). بنابراین یک روش موثر و تجاری برای افزایش ماندگاری محصولات باغی از جمله خرما نگهداری در دمای پایین است. با این حال، تولید گونه‌های فعال اکسیژن[1] (ROS) در میوه‌ها و سبزیجات در طی نگهداری در دمای پایین افزایش می‌یابند و باعث آسیب اکسیداتیو از جمله تجزیه DNA، پراکسیداسیون لیپیدی و از دست رفتن یکپارچگی غشای بافت‌های گیاهی شده و در نهایت منجر به پیری میوه می‌شوند (۵). آنزیم‌های ضداکسایشی مانند کاتالاز (CAT)، پراکسیداز (POD)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، آسکوربات پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز گونه‌های ROS را در بافت میوه می‌توانند حذف نمایند. آنزیم SOD رادیکال‌های سوپراکسید را به H_2O_2 تبدیل می‌کند که توسط آنزیم‌های CAT و POD تجزیه می‌شود. در این راستا آنزیم CAT ترکیب H_2O_2 را به H_2O و O_2 تبدیل می‌کند، در حالی‌که POD ترکیب H_2O_2 را با اکسایش سوبستراهای مشترک مانند ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدان‌ها تجزیه می‌نماید. همچنین، POD در فرآیندهای ساخت دیواره سلولی[2]، فرایند تشکیل بافت چوب‌پنبه‌ای[3] و لیگنینی شدن[4] نقش دارد که می‌تواند منجر به تقویت دیواره سلولی و در نتیجه ایجاد مانع در برابر نفوذ میکروارگانیسم‌ها گردد (٦ و ۷).

به‌دلیل فسادپذیری میوه‌ها و سبزی‌ها، استفاده از فناوری‌های نوین برای کاهش ضایعات پس از برداشت این محصولات و حفظ کیفیت آنها بسیار ضروری به نظر می‌رسد. با به‌کارگیری مواد طبیعی که رسیدن و پیری میوه را به تأخیر می‌اندازد، می‌توان ماندگاری میوه‌ها را افزایش داد و ویژگی‌های کیفی را بهبود داد (۳ و ٤). راهکار عملیاتی اصلی برای کنترل آلودگی‌های میکروبی پس از برداشت محصولات باغی، استفاده از ترکیبات ضدمیکروبی ساختگی (به

[1] Reactive oxygen species
[2] Wall-building processes
[3] Suberization
[4] Lignification

عنوان مثال، SO_2) یا استفاده از اتمسفر اصلاح شده است. بسته‌بندی فعال مبتنی بر انتشار یا حذف ترکیبات به منظور حفظ یا بهبود ویژگی‌های کیفی و ایمنی مواد غذایی نیز مبتنی بر تغییر اتمسفر بسته‌بندی می‌باشد. ساشه‌ها و پدهای آزادکننده گاز دی اکسید گوگرد در حال حاضر یک روش پس از برداشت موثر برای جلوگیری از رشد قارچ در رقم‌های مختلف انگور هستند و ممکن است برای بهبود ماندگاری میوه‌های دیگر نیز استفاده شوند (۸). دی‌اکسید گوگرد برای ضدعفونی کردن و کنترل بیماری‌های پس از برداشت محصولات به صورت مستقیم یا به صورت ساشه‌های حاوی متابی‌سولفیت سدیم بکار برده می‌شود. بر اساس پژوهشی، متابی‌سولفیت سدیم نسبت به دی‌اکسید گوگرد اثر بخشی بیشتری دارد (۹). مطالعات نشان داده است که تنها ۵ ppm دی‌اکسید گوگرد برای جلوگیری از جوانه‌زنی اسپورهای قارچ *بوتریتیس سینرا* کافی است (۱۰).

لازم به ذکر است که ترکیبات ساختگی اثرات منفی بر سلامت مصرف کنندگان، حیوانات و محیط زیست دارند و باعث ایجاد مقاومت عوامل بیماری‌زای گیاهی و حساسیت در افراد مختلف شوند. چنین مواردی منجر به حذف تیمار SO_2 از لیست GRAS[1] سازمان غذا و داروی ایالات متحده شده است. بر مبنای این نگرانی‌ها، جستجو برای یافتن روش‌های جایگزین افزایش ماندگاری محصولات باغی افزایش یافته است (۸ و ۱۱). در این راستا، استفاده از اتانول به عنوان یک ترکیب GRAS در ساشه آزادکننده برای جلوگیری از فساد انگور (۱۱) و میوه برگ بو[2] (۱۲) گزارش شده است. ساشه آزادکننده بخار اتانول رشد بیماری‌های پس از برداشت میوه شاه‌توت را در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به طور قابل‌توجهی کاهش داد و ماندگاری آن را در مقایسه با نمونه کنترل از ۳ روز به ٦ روز افزایش داد (۱۳). همچنین کاربرد اتانول در غلظت‌های کم موجب آسیب در گیاهان و سبزیجات نمی‌شود (١٤). استفاده از بخار اتانول، غوطه‌وری در اتانول و ساشه‌های آزادکننده بخار اتانول برای ممانعت از پوسیدگی و کاهش رشد عوامل بیماری‌زای محصولات کشاورزی گزارش شده است (۱۳ و ۱۵). همچنین در سال‌های اخیر از عصاره‌ها و اسانس‌های مختلف گیاهی با خاصیت ضدمیکروبی و ضداکسایشی به عنوان مواد فعال در ساشه‌های آزادکننده استفاده شده است (١٦). دارچین و اسانس حاصل از آن دارای فعالیت ضداکسایشی و ضدمیکروبی بالایی است، به همین دلیل از آن به عنوان نگهدارنده در افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی مختلف استفاده می‌شود (۳ و ۱۷). سینامالدهید ماده اصلی اسانس دارچین می‌باشد و اثرات ضدقارچی آن برای کاربردهای مختلف گزارش شده است (۳ و ۱۸). در بررسی ساشه‌های بنتونیت حاوی ترکیبات ضدقارچ اسانس پونه کوهی، سینامالدئید و ۲-نونانون بر ماندگاری انگور فرنگی[3] مشخص شد که سینامالدئید دارای بالاترین ظرفیت ضد قارچی است و کیفیت این میوه را در طی دوره نگهداری به مدت ٤٢ روز در دمای ٦ درجه سانتی‌گراد حفظ کرد (١٦). ساشه‌های حاوی اسانس پونه کوهی نیز توانستند عوامل بیماری‌زای تلقیح شده به میوه آووکادو را بدون تأثیر منفی بر رنگ یا سفتی میوه در طی ۵ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مهار نمایند (۱۹).

با توجه به اینکه خرمای مضافتی در شرایط سردخانه و خارج سردخانه در معرض فساد قرار می‌گیرد؛ به نظر می‌رسد دی‌اکسید گوگرد، سینامالدهید

[1] Generally Recognized as Safe
[2] Bayberry fruit
[3] Gooseberry

و اتانول قادر باشند در شرایط سردخانه و به‌ویژه خارج از سردخانه ویژگی‌های کیفی خرما را حفظ نمایند و میزان فساد اصلی خرما یعنی رشد میکروبی و به دنبال آن ترشیدگی را کاهش دهند. بنابراین، در این پژوهش تاثیر ترکیبات آزاد شونده سینامالدهید، دی‌اکسید گوگرد و اتانول از ساشه‌های قرار گرفته در بسته‌بندی خرمای مضافتی بر ویژگی‌های کیفی آن در طی دوره نگهداری ارزیابی گردید.

مواد و روش‌ها

مواد شیمیایی، میوه و مواد بسته‌بندی: مواد شیمیایی مورد استفاده شامل ترانس- سینامالدهید، متابی‌سولفیت سدیم و اتانول مطلق (مرک، آلمان) و همچنین محیط‌های کشت میکروبی شامل محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA)[1] (کیولب، کانادا) و محیط کشت عصاره مخمر گلوکز کلرامفنیکل آگار (YGC)[2] (کیولب، کانادا) بودند.

میوه‌های خرمای رقم مضافتی مورد استفاده در این تحقیق، از یک باغ تجاری واقع در شهرستان بم برداشت شد، سپس میوه‌های سالم، یکنواخت و عاری از هر نوع عامل بیماری‌زا جداسازی و بسته‌بندی شدند. ساشه‌های سه لایه (شرکت پیشگام پاک پارسیان پدید، ایران) در ابعاد ۵ در ۸ سانتی‌متر شامل دو لایه بیرونی از جنس کاغذ مدیکال به وزن ۷۰ گرم و لایه وسط از جنس پلی‌اتیلن ۷۰ الی ۹۰ میکرون بودند. جهت نگهداری نمونه‌های خرمای مضافتی از پاکت‌های زیپ‌کیپ پلی‌آمید ۵ لایه (پنگوئن پلاست، ایران) با ابعاد ۲۰ در ۲۵ سانتی‌متر در داخل کارتن تجاری خرما استفاده گردید.

روش آماده‌سازی ساشه‌ها و نمونه‌های خرما: برای آماده‌سازی ساشه‌ها، ابتدا، ترکیبات ضدمیکروبی سینامالدهید و اتانول با پودر بنتونیت (۱ گرم) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شدند تا اشباع گردد (نسبت حدود ۱:۱ وزنی/وزنی) تا یک توده جامد خمیری به دست آید، سپس درون ساشه‌های جداگانه قرار گرفتند. همچنین یک گرم متابی‌سولفیت سدیم نیز وزن شد و در داخل ساشه دیگری قرار گرفت. در نهایت، ساشه‌های بدون فضای خالی و حاوی مواد موثر ضدمیکروبی با روش دوخت حرارتی به شکل محکمی بسته شدند. بنابراین، تیمارها شامل تیمار کنترل (ساشه دارای بنتونیت اشباع با آب (CT))، تیمار سینامالدهید (ساشه حاوی بنتونیت اشباع با سینامالدهید (CA))، تیمار اتانول (ساشه حاوی بنتونیت اشباع با اتانول (EtOH)) و تیمار گوگرد (متابی‌سولفیت سدیم (SMB)) بودند. برای ارزیابی تاثیر ساشه‌ها بر ماندگاری خرمای مضافتی، در داخل هر بسته خرما به وزن تقریبی ۳۰۰ گرم، یک ساشه قرار گرفت. نمونه‌های کنترل در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سایر تیمارها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا در مرحله بعد ویژگی‌های کیفی و میکروبی آن‌ها در طی دوره نگهداری به مدت ۹۰ روز ارزیابی گردند.

افت وزن: در طی دوره انبارمانی، مقدار کاهش وزن ناشی از تعریق و تنفس در نمونه‌های خرمای بسته‌بندی شده، نسبت به روز اول آزمایش با استفاده از رابطه: "۱۰۰×(وزن اولیه/(وزن ثانویه- وزن اولیه)) = درصد کاهش وزن" تعیین گردید (۳).

اندازه‌گیری pH، اسیدیته و مواد جامد محلول: برای اندازه‌گیری pH، ابتدا ۵ گرم نمونه خرما در هاون به صورت خمیر درآمد و مقدار ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه با شیکر (KS 260 basic, IKA, Germany) با دور ۵۰ rpm هم زده شد. سپس pH نمونه‌های خرما در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دستگاه pH متر (Zag Chimi,

[1] Plate Count Agar
[2] Yeast Glucose Chloramphenicol (YGC) Agar

Iran) اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری اسیدیته از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد. برای این منظور، به ۵ گرم نمونه خرمای خمیری شده در هاون، ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه با شیکر با دور ۵۰ rpm هم زده شد. سپس با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH برابر با ۸/۲ تیتر گردید. همچنین مواد جامد محلول کل (درجه بریکس) نمونه‌های خرما با استفاده از دستگاه رفراکتومتر رومیزی (2WAJ, Italy) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد (۳).

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز: پس از آماده‌سازی عصاره آنزیمی، برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز از معرف‌های: ۲ میلی‌لیتر بافر تریس ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷/۵)، ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۵ میلی‌مولار و ۲۰۰ میکرولیتر پیروگالول ۱۰ میلی‌مولار استفاده گردید. این معرف‌ها در حمام یخ با هم مخلوط شدند و به آن ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی اضافه گردید و سپس منحنی تغییرات جذب در طول موج ۴۲۵ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج نوری (Cary 500, Varian, USA) خوانده شد (۲۰).

سنجش فعالیت کاتالاز بر اساس کاهش جذب آب اکسیژنه در طول موج ۲۴۰ نانومتر صورت گرفت (۲۰). بر اساس این روش، مخلوط واکنش (۳ میلی‌لیتر) شامل بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی‌مولار (pH=۷)، آب اکسیژنه ۱۵ میلی‌مولار و ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش، واکنش شروع شد و کاهش در جذب آب اکسیژنه در مدت ۳۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری اندازه‌گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیمی مقدار آنزیمی است که یک میلی‌مول آب اکسیژنه را در مدت یک دقیقه تجزیه کند. چون میزان فعالیت آنزیم بر اساس غلظت آب اکسیژنه تجزیه شده محاسبه می‌گردد؛ غلظت آب اکسیژنه مصرف شده با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه گردید.

اندازه‌گیری شاخص‌های میکروبی: مقدار ۱۰ گرم خرمای مربوط به هر تیمار در ۹۰ میلی‌لیتر آب پپتونه (pH = ۷/۰±۰/۲) رقیق شد. عمل اختلاط با استفاده از یک شیکر (IKA مدل K5 260 basic) با شدت هم‌زدن ۲۰۰ دور بر دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. رقت‌سازی تا رقت 10^{-3} ادامه یافت. برای شمارش کل (باکتری‌های معتدل دوست هوازی) و شمارش قارچ‌ها (کپک و مخمر)، به ترتیب از دو محیط کشت پلیت کانت آگار (PCA) و عصاره مخمر گلوکز کلرامفنیکل آگار (YGC) استفاده شد. برای کشت باکتری‌های معتدل دوست هوازی، پلیت‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و برای رشد کپک و مخمر، پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ تا ۵ روز گرمخانه‌گذاری شدند (۳ و ۲۱). نتایج به صورت لگاریتم تعداد کلنی بر گرم خرمای تازه ($Log\ CFU\ g^{-1}$) بیان گردید.

ارزیابی حسی: اثر ترکیبی تیمار ساشه‌های آزادکننده و نگه‌داری بر ویژگی‌های حسی میوه خرما با استفاده از ۶ ارزیاب آموزش دیده (محدوده سنی ۲۰-۴۵ سال) از میان دانشجویان و اساتید رشته‌های باغبانی و صنایع‌غذایی انجام گرفت. ارزیاب‌ها شناخت کافی از میوه خرما و ویژگی‌های کیفی آن داشتند. سنجش ویژگی‌های حسی (رنگ، طعم، بو، بافت و پذیرش کلی) به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای از بسیار بد (۱) تا بسیار خوب (۵) انجام گرفت.

تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام گرفت و نتایج آزمایش‌ها به صورت میانگین±انحراف استاندارد بیان گردید. آنالیز واریانس با آزمون ANOVA و مقایسه میانگین

نمونه‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد (α =۰/۰۵) با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 M7 انجام گرفت. نمودارها توسط نرم افزار Excel 2016 ترسیم شد.

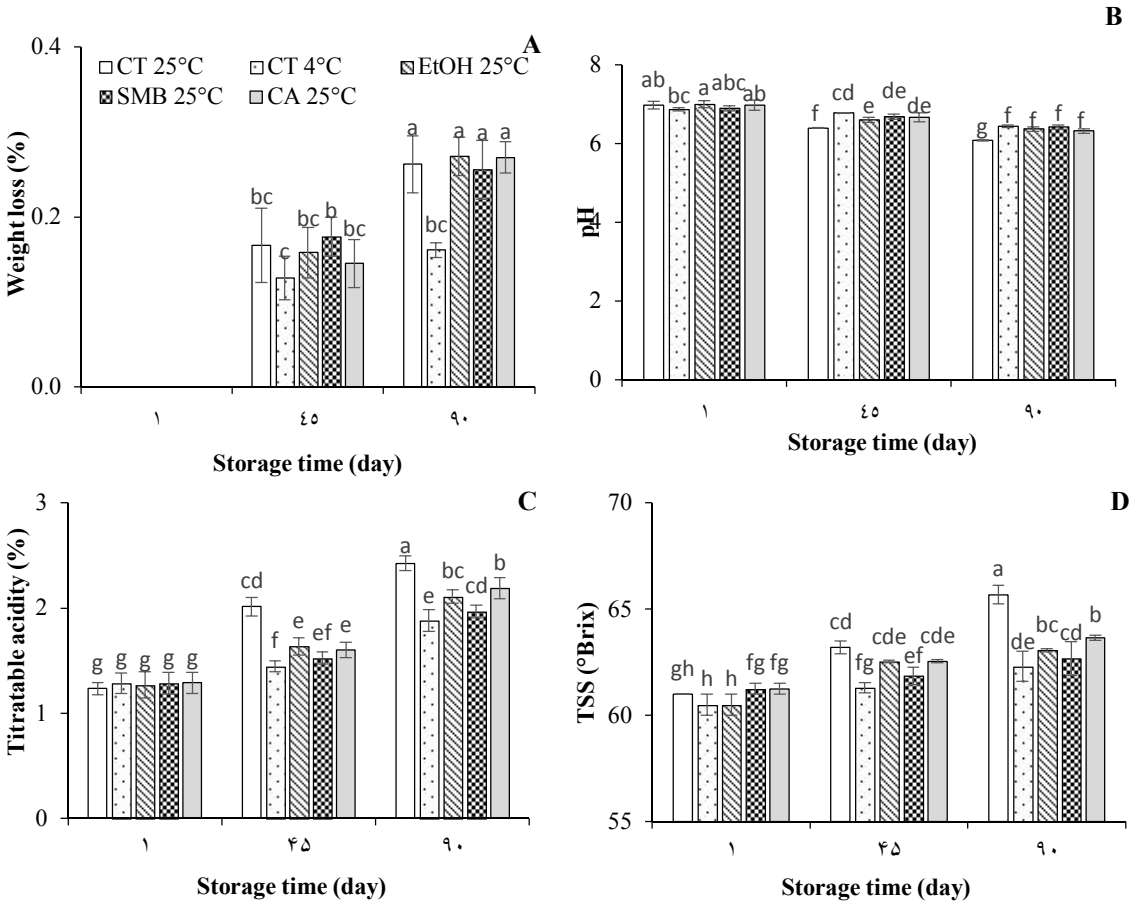
نتایج و بحث

افت وزن: مطابق با نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر عوامل اصلی (ساشه‌های آزادکننده اتانول، سینامالدهید و دی‌اکسید گوگرد، دما و زمان نگهداری) و اثرات متقابل آنها بر افت وزن نمونه‌ها معنی‌دار ($p<$۰/۰۵) بود. همانطور که در شکل ۱الف نشان داده شده است افت وزن در طی دوره نگهداری در تمامی نمونه‌ها به صورت معنی‌داری افزایش یافت. درصد افت وزن در نمونه‌های تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده و نمونه خرمای شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری ($p<$۰/۰۵) بیشتر از نمونه خرمای شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بود؛ به‌طوری‌که در انتهای دوره نگهداری کمترین افت وزن (۰/۱۳ درصد) مربوط به نمونه خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بود. میزان افت وزن در نمونه خرمای تیمار شده با ساشه آزادکننده دی‌اکسید گوگرد نسبت به نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حدود ۲/۳ درصد کمتر بود ولی این تفاوت غیرمعنی‌دار ($p>$۰/۰۵) بود.

بسته‌بندی مواد غذایی یکی از راه‌های جلوگیری از افت رطوبت محصولات کشاورزی تازه خوری و فرآوری شده است. افت وزن اساساً مرتبط با تبخیر رطوبت از سطح میوه‌ها می‌باشد. نرخ کاهش رطوبت تحت تاثیر اختلاف فشار بخار آب بین سطح میوه و هوای اطراف آن، دمای نگهداری، میزان تنفس، فعالیت‌های آنزیمی و رشد میکروبی قرار می‌گیرد (۳ و ۲۲). مطابق با یافته‌های پژوهش حاضر، استفاده از ورقه‌های تولید کننده دی‌اکسید گوگرد به صورت معنی‌داری از چروکیدگی حبه‌ها و کاهش وزن رقم سفید بی‌دانه انگور *کالمریا* جلوگیری کرد (۲۳). عواملی از جمله آلودگی قارچی، میزان تنفس، عدم سرد کردن اولیه، دمای بالا و رطوبت نسبی پایین‌سردخانه باعث تشدید از دست دادن رطوبت میوه‌ها می‌شود. در مقابل گاز دی‌اکسید گوگرد علاوه بر کنترل بیماری‌های قارچی از طریق کاهش میزان تنفس باعث کاهش از دست دادن رطوبت از میوه‌ها می‌شود (٢٤). حکیمی و همکاران (۲۵) بیان کردند که افت وزنی توت‌فرنگی‌های تیمار شده با ورقه‌های آزادکننده دی‌اکسید گوگرد در مقایسه با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت.

روند تغییرات pH، اسیدیته قابل‌تیتر و مواد جامد محلول: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر عوامل اصلی (ساشه‌های آزادکننده اتانول، سینامالدهید و دی‌اکسید گوگرد، دما و زمان نگهداری) و اثرات متقابل آنها بر pH، اسیدیته قابل‌تیتر و مواد جامد محلول نمونه‌ها معنی‌دار ($p<$۰/۰۵) بود. کمترین روند تغییرات pH (شکل ۱ب)، اسیدیته قابل‌تیتر (شکل ۱ج) و مواد جامد محلول (شکل ۱د) مربوط به نمونه خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و بعد از آن نمونه‌های تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده قرار گرفتند و بیشترین آن مربوط به نمونه‌های شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۱). در بین نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده، کمترین روند تغییرات pH در نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه آزادکننده سینامالدهید حاصل شد؛ در حالی‌که، کمترین روند تغییرات اسیدیته در نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه آزادکننده دی‌اکسید گوگرد در انتهای دوره نگهداری مشاهده شد. به علاوه، مواد جامد محلول نمونه‌های تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده دی‌اکسید

گوگرد و اتانول به صورت معنی‌داری کمتر از نمونه دارای سینامالدهید در انتهای دوره نگهداری بود ($p<۰/۰۵$).



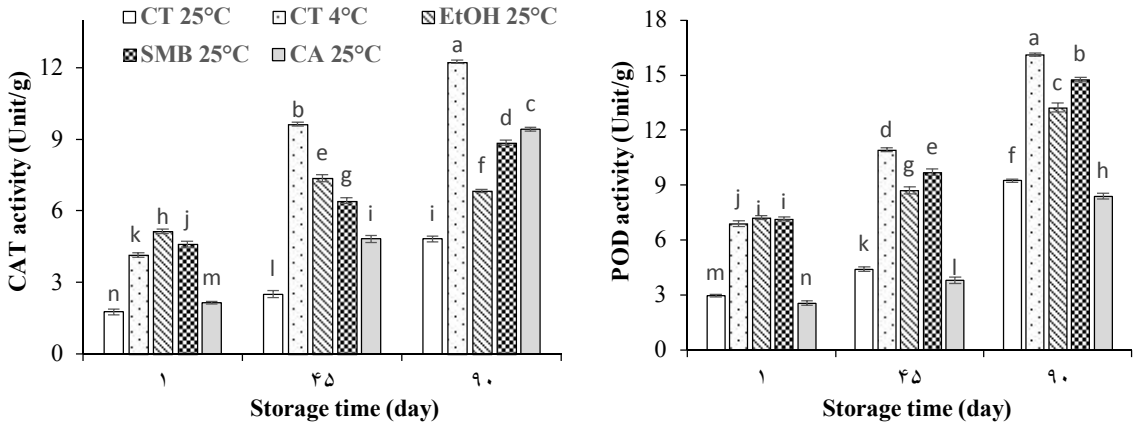
شکل ۱- تغییرات کاهش وزن، pH، مواد جامد محلول (TSS) و اسیدیته قابل‌تیتر (TA) خرمای مضافتی تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده اتانول (EtOH)، دی‌اکسید گوگرد (SMB) و سینامالدهید (CA) در طی نگهداری در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ روز

Figure 1. The variation of weight loss, pH, total soluble solids (TSS), and titratable acidity (TA) of treated Mazafati date with ethanol (EtOH), sulfur dioxide (SMB) and cinnamaldehyde (CA)-releasing sachet during storage at 4 and 25 °C for 90 days

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد، کمترین تغییرات را از نظر pH، اسیدیته و مواد جامد محلول در مقایسه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد داشتند. روند مشابهی در طی نگهداری نمونه‌های خرمای پوشش داده شده با فیلم خوراکی حاوی سینامالدهید و همچنین نمونه خرمای بسته‌بندی شده با فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات اکسید روی در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (۳ و ٤). کاهش مقادیر pH و افزایش اسیدیته در طول انبارمانی برخی رقم‌های میوه خرما گزارش شده است (۲٦ و ۲۷). با توجه به اینکه بیشتر میوه‌ها دارای اسیدهای آلی می‌باشند این شاخص در کیفیت این محصولات موثر می‌باشد. اسید مالیک و اسید سیتریک از مهمترین اسیدهای آلی موجود در میوه خرما می‌باشند (۳). ایجاد اسیدهای آلی به‌ویژه اسید لاکتیک در اثر فعالیت‌های تخمیری مخمرها و باکتری‌های تولید کننده اسید در طی نگهداری میوه خرما گزارش شده

است که منجر به افزایش اسیدیته و کاهش pH می‌گردد (۲۶). یکی از دلایل افزایش مواد جامد محلول خرما می‌تواند به واسطه افت وزن ناشی از تبخیر رطوبت در این نمونه‌ها باشد (۲۸). به علاوه، محتوای مواد جامد محلول تحت تاثیر محتوای قند میوه‌ها می‌باشد. در نتیجه، رشد میکروب‌هایی با توانایی تجزیه ترکیباتی از قبیل نشاسته، سلولز و پکتین همراه با آنزیم‌های طبیعی موجود در محصولات کشاورزی می‌توانند محتوای مواد جامد محلول میوه‌ها را به دلیل تجزیه و افزایش حلالیت ترکیباتی با وزن مولکولی بالا افزایش دهند (۲۹).

فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر عوامل اصلی (ساشه‌های آزادکننده اتانول، سینامالدهید و دی‌اکسید گوگرد، دما و زمان نگهداری) و اثرات متقابل آنها بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز نمونه‌ها معنی‌دار ($p<۰/۰۵$) بود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز طی مدت نگهداری افزایش پیدا کرد. در انتهای دوره نگهداری، نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نسبت به نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده فعالیت آنزیمی بیشتری نشان دادند. در بین خرماهای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز به ترتیب در نمونه‌های خرمای تیمار شده با سینامالدهید و دی اکسیدگوگرد نسبت به سایر نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیط بیشتر بود (شکل ۲).



شکل ۲- فعالیت آنزیم‌های کاتالاز (CAT) و پراکسیداز (POD) در خرمای مضافتی تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده اتانول (EtOH)، دی‌اکسید گوگرد (SMB) و سینامالدهید (CA) در طی نگهداری در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ روز

Figure 2. The activities of catalase (CAT) and peroxidase (POD) enzymes in treated Mazafati date with ethanol (EtOH), sulfur dioxide (SMB) and cinnamaldehyde (CA)-releasing sachet during storage at 4 and 25 °C for 90 days

در انتهای دوره نگهداری، عوامل دمای پائین و ساشه آزادکننده سینامالدهید تاثیر بیشتری بر فعالیت آنزیم کاتالاز داشتند. کاتالاز یکی از آنزیم‌های ضداکسایشی است که باعث تجزیه آب اکسیژنه در نتیجه فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به آب و اکسیژن می‌شود. قاسم نژاد و همکاران (۳۰) گزارش نمودند فعالیت کاتالاز در میوه‌های ساتسوما بعد از تیمار دمایی و در طی انبارداری (۲ درجه سانتی‌گراد برای ۸ هفته) افزایش یافت. همچنین با اعمال تیمار دمایی بر پرتقال ناولینا (۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ روز) میزان فعالیت کاتالاز، ۲/۵ برابر افزایش یافت (۳۱). تیمار اتانول در میوه توت‌فرنگی فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش داد و از تنش‌های اکسیداتیو ممانعت نمود و باعث افزایش عمر انبارمانی

و کیفیت تجاری این میوه شد (۳۲). سان و همکاران (۳۳) در مطالعه اثر دی‌اکسید گوگرد بر گندم، نشان دادند که دی‌اکسید گوگرد سبب حفظ فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز شده است. آنزیم پراکسیداز به عنوان یکی از پایدارترین آنزیم‌ها در برابر حرارت در گیاهان مشخص شده است. قهوه‌ای شدن میوه‌ها و سبزیجات در طی حمل و نقل پس از برداشت و فرآوری یکی از علل اصلی از دست دادن کیفیت محصولات است. این پدیده در اثر فعالیت برخی آنزیم‌ها مانند پلی‌فنل اکسیداز و پراکسیداز صورت می‌گیرد (۳٤). برخلاف بسیاری از میوه‌ها، قهوه‌ای شدن آنزیمی توسط آنزیم پراکسیداز یک ویژگی اساسی و مطلوب میوه خرما می‌باشد. در بین نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌ها، نمونه خرمای تیمار شده با ساشه آزادکننده دی اکسیدگوگرد نسبت به سایر نمونه‌ها فعالیت آنزیم پراکسیداز بیشتری داشتند.

به‌طورکلی، قرار گرفتن در درجه حرارت پایین سبب افزایش تولید گونه‌های فعال اکسیژن در گیاهان و تجمع متابولیت‌های ثانویه در بافت گیاه و همچنین از بین رفتن تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و سازوکارهای دفاعی می‌گردد؛ در نتیجه سبب القاء تنش‌های اکسیداتیو در بافت‌های گیاه می‌گردد. گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو ایجاد شده، دارای سیستم دفاعی آنزیمی می‌باشند که می‌توانند رادیکال‌های آزاد را از بین برده و یا خنثی کنند؛ این سیستم‌های دفاعی شامل آنزیم‌های مثل کاتالاز و پراکسیداز می‌باشند (۳۵ و ۳٦).

ارزیابی میکروبی: نتیجه آزمون میکروبی نمونه‌های خرما شامل آزمون‌های میکروبی شمارش کل (باکتری‌های هوازی معتدل‌دوست) و قارچ‌ها (کپک و مخمر) در جدول ۱ به نمایش درآمده است. بطور کلی، شمارش کل و کپک و مخمر نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سایر تیمارها بود. در نمونه‌های خرمای نگهداری شده در کنار ساشه‌های حاوی اتانول، دی‌اکسید گوگرد و سینامالدهید، در هیچ یک از زمان‌های نگهداری، کلنی میکروبی مشاهده نشد. لگاریتم جمعیت کپک و مخمر در نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در طی دوره نگهداری ۹۰ روزه در محدوده ۲ تا ۳ سیکل لگاریتمی در نوسان بود. این در حالی بود که لگاریتم جمعیت کل باکتری‌های هوازی در نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در فاصله بین زمان صفر (روز اول) تا ٦۰ روز در محدوده ۱ تا ۲ و اندکی پایین‌تر از جمعیت کپک و مخمر نمونه‌های خرمای نگهداری شده در این دما بود.

نکته جالب این بود که در نتایج آزمون‌های میکروبی، نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بار میکروبی بیشتری در طی دوره نگهداری داشتند اما این تفاوت در روز اول نگهداری معنی‌دار نبود. به عبارتی، بار میکروبی بالاتر در نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نسبت به نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، نشان‌دهنده حفظ بهتر میکروب‌ها در شرایط یخچالی می‌باشد. بطور کلی شرایط یخچالی، یکی از راههای افزایش زنده‌مانی میکروب‌ها نسبت به شرایط محیطی (دمای حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (۳۷).

جدول ۱- شمارش کلی میکروبی (Log CFU g^{-1}) باکتری‌های معتدل‌دوست هوازی (TBC) و کپک و مخمر (TFC) خرمای مضافتی تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده اتانول (EtOH)، دی‌اکسید گوگرد (SMB) و سینامالدهید (CA) در طی نگهداری در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ روز

Table 1. The counts (Log CFU g^{-1}) of total bacterial (TBC) and total fungal (TFC) in treated Mazafati dates with ethanol (EtOH), sulfur dioxide (SMB) and cinnamaldehyde (CA)-releasing sachet during storage at 4 and 25 °C for 90 days.

Count شمارش	Treatment تیمار	Storage time (day) زمان نگهداری (روز)			
		1	30	60	90
TBC	CT 4°C	2.81±0.21	1.18±0.15	2.30±0.26	ND
	CT 25°C	2.87±0.24	ND	ND	ND
	EtOH 25°C	ND	ND	ND	ND
	SMB 25°C	ND	ND	ND	ND
	CA 25°C	ND	ND	ND	ND
TFC	CT 4°C	3.36±0.33	2.20±0.37	2.90±0.41	3.16±0.38
	CT 25°C	3.23±0.36	0	2±0.45	2±0.34
	EtOH 25°C	ND	ND	ND	ND
	SMB 25°C	ND	ND	ND	ND
	CA 25°C	ND	ND	ND	ND

ND: not detected, below detection limits of < 1 log $CFUg^{-1}$.

برخی از میکروارگانیسم‌ها از جمله باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها می‌توانند در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد رشد کرده یا زنده بمانند. گونه‌های *سودوموناس* و *آئروموناس*، *لیستریا مونوسیتوژنز*، *یرسینیا انتروکولیتیکا*، *پنی‌سیلیوم* و گونه‌های *کلادوسپوریوم* ممکن است در نمونه‌های غذایی قرار گرفته در شرایط یخچالی رشد نمایند. شرایط درونی یخچال یا عملکرد دمایی نامناسب آن نیز ممکن است به آلودگی نمونه‌های غذایی منجر شود (۳۸). افت وزنی نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (شاهد به همراه تیمارهای حاوی اتانول، متابی‌سولفیت و سینامالدهید) حاصل از تبخیر رطوبت و افزایش مواد جامد محلول نمونه‌ها موجب می‌شود فعالیت آبی کاهش یافته و به میکروب‌ها تنش وارد شود. این موضوع در کنار اثر ضدمیکروبی ترکیبات آزاد شونده، موجب می‌شود برخی میکروب‌ها به حالت زنده اما غیرقابل کشت[1] درآیند و نتیجه غیرواقعی از بار میکروبی حاصل شود. این حالت، یکی از راهبردهای بقاء برای بسیاری از میکروب‌ها در شرایط سخت محیطی می‌باشد. چنین میکروب‌هایی تنها در صورت رفع تنش و در صورت بهبود شرایط رشد، قابلیت تکثیر خواهند یافت (۳۹). تفاوت بار میکروبی در محدوده یک سیکل لگاریتمی می‌تواند به علت ماهیت توزیع غیریکنواخت میکروب‌ها روی نمونه‌های خرما و نوسان ذاتی درون نمونه باشد. بنابراین نباید چنین تفاوت‌هایی را معنی‌دار تلقی کرد. بالاتر بودن جمعیت کپک‌ها نسبت به باکتری‌ها در حد یک سیکل لگاریتمی را باید در مقاومت بالاتر قارچ‌ها نسبت به شرایط محیطی تفسیر کرد.

براساس نتایج آزمون‌های میکروبی، در نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده اتانول، دی‌اکسید گوگرد و سینامالدهید، بار میکروبی مشاهده نشد. این موضوع نه به معنای استریل بودن نمونه، بلکه ممکن است به دلیل نقش ضدمیکروبی این ترکیبات و اثر مهارگر میکروب[2] یا میکروب‌کشی[3] احتمالی آنها بر کاهش جمعیت یا ممانعت از رشد باشد. سینامالدهید یک نگهدارنده ضدمیکروبی طبیعی غذایی است که با غشای سلول برهمکنش دارد. این

[1] Viable but non culturable (VBNC) state

[2] Microbiostatic

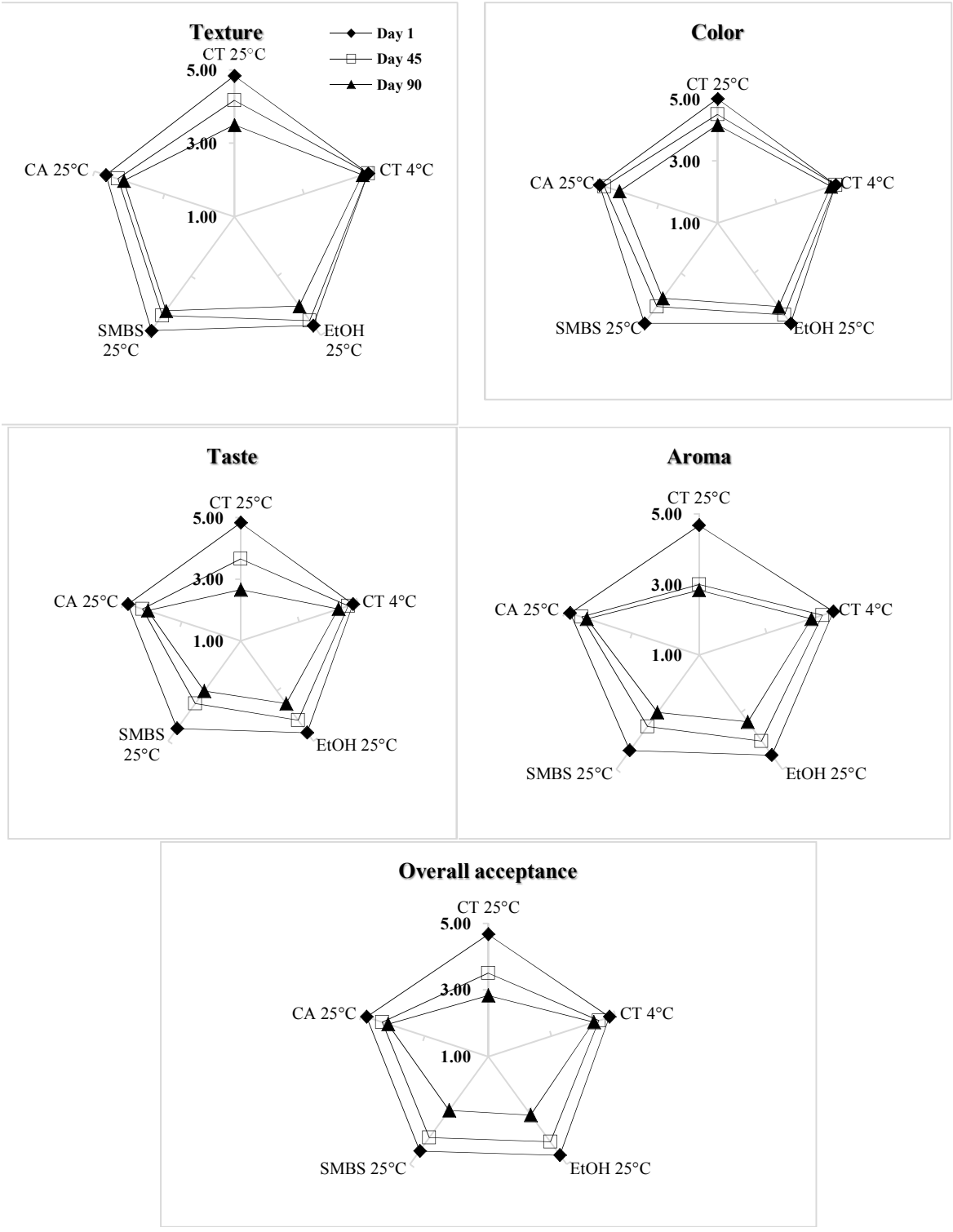
[3] Microbiocide

ترکیب زیست‌فعال، در پوشش‌های مواد غذایی استفاده می‌شود (٤٠). از دی‌اکسید گوگرد به عنوان قارچ‌کش[1] در حفظ و نگهداری میوه‌ها حین فروش استفاده می‌شود (٤١).

ارزیابی حسی: در بررسی ویژگی‌های حسی، یک روند کاهشی در تمامی ویژگی‌های حسی از قبیل رنگ، بو، طعم ، بافت و پذیرش کلی در طی دوره نگهداری در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (شکل ۳). نتایج نشان داد که نوع ساشه آزادکننده، دما و زمان نگهداری تاثیر معنی‌داری بر ویژگی‌های حسی نمونه‌های خرما داشت ($p<۰/۰۵$). نمونه‌های تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده اتانول، دی‌اکسید گوگرد و سینامالدهید تفاوت معنی‌داری با نمونه شاهد (دمای ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد) نشان دادند. از نظر رنگ، نمونه‌های نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد، امتیاز بالاتری در انتهای دوره نگهداری کسب کردند. بیشترین امتیاز عطر و بو در نمونه‌های تیمار شده با ساشه آزادکننده سینامالدهید و نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. کمترین امتیاز طعم مربوط به نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و بیشترین امتیاز مربوط به نمونه‌های تیمار شده با ساشه آزادکننده سینامالدهید و همچنین نمونه نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بود. کمترین امتیاز بافت به نمونه نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعلق گرفت؛ امتیاز کمتر به علت سفت شدن بافت خرما بود که می‌توان به افت بالاتر رطوبت در این نمونه نسبت داد. در مقابل، نمونه خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد امتیاز بافت بیشتری را کسب کرد. از نظر پذیرش کلی، نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد امتیاز پذیرش کلی بالاتری داشت و در بین نمونه‌های تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده، نمونه حاوی سینامالدهید امتیاز بالاتری را کسب کرد و تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده شد.

ویژگی حسی هر ماده غذایی به طور قابل‌توجهی در ارتباط با پذیرش یا عدم پذیرش مصرف کننده است. بنابراین ارزیابی حسی غذا با استفاده از ارزیاب‌های آموزش دیده یا آموزش ندیده برای هر محصول غذایی جدید انجام می‌پذیرد. قابل انتظار است که ویژگی‌های کیفی یک محصول از قبیل طعم، عطر، رنگ و بافت در طی دوره انبارمانی کاهش می‌یابد و در تصمیم به خرید مشتری‌ها تاثیرگذار می‌باشند. شرایط انبارمانی (زمان انبارمانی، درجه حرارت و درصد رطوبت) پارامترهای بسیار مهمی جهت حفظ خصوصیات حسی کیفی می‌باشند (٤٢). به خصوص، رنگ تیره میوه خرما پس از انبارمانی، به دلیل فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و اکسایش ترکیبات مونوفنلی و پلی‌فنلی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. منظور از بافت خرما، میزان تردی و شکنندگی آن هنگام جویدن می‌باشد که به مقدار قابل توجهی تحت تأثیر میزان رطوبت خرما است. تغییر بافت به دلیل تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره سلولی در اثر فعالیت آنزیم‌های آبکافت‌کننده (پکتین متیل استراز، پلی‌گالاکتوروناز و سلولاز) و تبدیل پروتوپکتین نامحلول به پکتین محلول و کاهش همی‌سلولز می‌باشد (٤٣).

[1] Fungicide



شکل ۳- ارزیابی حسی خرما مضافتی تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده اتانول (EtOH)، دی‌اکسید گوگرد (SMB) و سینامالدهید (CA) در طی نگهداری در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ روز

Figure 3. Sensory evaluation of the Mazafati date treated with ethanol (EtOH), sulfur dioxide (SMB) and cinnamaldehyde (CA)-releasing sachet during storage at 4 and 25 °C for 90 days

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در انتهای دوره نگهداری، خصوصیات کیفی میوه خرما تغییر کرد. نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده اتانول، سینامالدهید و دی‌اکسید گوگرد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد افت وزن بیشتری نسبت به نمونه‌های خرمای شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد داشتند. کمترین میزان مواد جامد محلول در نمونه خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در انتهای دوره نگهداری، نمونه خرمای شاهد نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه آزادکننده دی‌اکسیدگوگرد و سینامالدهید به ترتیب نسبت به سایر نمونه‌ها فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز بیشتری داشتند. قرار گیری ساشه‌های آزادکننده در بسته بندی خرما در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بار میکروبی نمونه را به طور موثری کاهش داد. از نظر پذیرش کلی، نمونه‌های خرمای تیمار شده با ساشه‌های آزادکننده سینامالدهید، به صورت معنی‌داری امتیاز حسی بالاتری نسبت به نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کسب کردند. به طورکلی، بر اساس نتایج پژوهش حاضر و با توجه به گرایش مصرف‌کنندگان به سمت استفاده از افزودنی‌های طبیعی می‌توان ترکیب سینامالدهید را به عنوان یک ترکیب GRAS برای افزایش ماندگاری خرمای مضافتی در شرایط خارج از سردخانه پیشنهاد داد.

منابع

1. Radfar, R. 2022. Pathology value chain of date fruit in Iran and providing policy solutions. The Islamic Parliament Research Center of Iran (IPRC), Iran. 18513(250): 1-51.
2. Kader, A.A. & Hussein, A.M. 2009. Harvesting and postharvest handling of dates. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria. 1-15.
3. Akhavan, H.R., Hosseini, F.S., Amiri, S., & Radi, M. 2021. Cinnamaldehyde-loaded nanostructured lipid carriers extend the shelf life of date palm fruit. Food and Bioprocess Technology. 14: 1478-1489.
4. Hosseini, H.-S., Akhavan, H., Balvardi, M., Bagheri, P., & Pakzad-Moghadam, M. 2019. Effect of Aloe vera gel coating containing green tea extract and salicylic acid on the shelf life of Mazafati date. Journal of Food Science and Technology (Iran). 16(88): 47-60.
5. Zeng, K., Deng, Y., Ming, J., & Deng, L. 2010. Induction of disease resistance and ROS metabolism in navel oranges by chitosan. Scientia horticulturae. 126(2): 223-228.
6. Molamohammadi, H ,.Pakkish, Z., Akhavan, H.R., & Saffari, V.R. 2020. Effect of salicylic acid incorporated chitosan coating on shelf life extension of fresh in-hull pistachio fruit. Food and Bioprocess Technology. 13: 121-131.
7. Cao, J., Yan, J., Zhao, Y., & Jiang, W. 2013. Effects of postharvest salicylic acid dipping on *Alternaria* rot and disease resistance of jujube fruit during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture. 93(13): 3252-3258.
8. Ulloa, P.A., Valencia, A.L., Olivares, D., Poblete-Morales, M ,.Silva-Moreno, E., & Defilippi, B.G. 2023. Antifungal effect of volatile organic compounds (VOCs) release from Antarctic bacteria under postharvest conditions. Food Packaging and Shelf Life. 39: 1-10.
9. Jiang, Y., Zhang, Z., Joyce, D.C., & Ketsa, S. 2002 .Postharvest biology and handling of longan fruit (*Dimocarpus longan* Lour.). Postharvest Biology and technology. 26(3): 241-252.

10. Zutahy, Y., Lichter, A., Kaplunov, T., & Lurie, S. 2008. Extended storage of 'Red Globe'grapes in modified SO_2 generating pads. Postharvest Biology and Technology. 50(1): 12-17.
11. Candir, E., Ozdemir, A.E., Kamiloglu, O., Soylu, E.M., Dilbaz, R., & Ustun, D. 2012. Modified atmosphere packaging and ethanol vapor to control decay of 'Red Globe'table grapes during storage. Postharvest Biology and Technology. 63(1): 98-106.
12. Mu, H., Gao, H., Chen, H., Fang, X., & Han, Q. 2017. A novel controlled release ethanol emitter: preparation and effect on some postharvest quality parameters of Chinese bayberry during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture. 97(14): 4929-4936.
13. Choosung, P., Utto, W., Boonyaritthongchai, P., Wasusri, T., & Wongs-Aree, C. 2019. Ethanol vapor releasing sachet reduces decay and improves aroma attributes in mulberry fruit. Food Packaging and Shelf Life. 22: 1-8.
14. Hu, W., Jiang, A., Tian, M., Liu, C., & Wang, Y. 2010. Effect of ethanol treatment on physiological and quality attributes of fresh□cut eggplant. Journal of the Science of Food and Agriculture. 90(8): 1323-1326.
15. Chervin, C., Lavigne, D., & Westercamp, P. 2009. Reduction of gray mold development in table grapes by preharvest sprays with ethanol and calcium chloride. Postharvest Biology and Technology. 54(2): 115-117.
16. Cortés, L.A., Moncayo, D.C., & Castellanos, D.A. 2023. Development of an antimicrobial packaging system for fresh cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits. Food Packaging and Shelf Life. 38: 1-9.
17. Özcan, M.M. & Arslan, D. 2011. Antioxidant effect of essential oils of rosemary, clove and cinnamon on hazelnut and poppy oils. Food Chemistry. 129(1): 171-174.
18. Xing, Y., Li, X., Xu, Q., Yun, J., Lu, Y., & Tang, Y. 2011. Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry. 124(4): 1443-1450.
19. Colín-Chávez, C., Virgen-Ortiz, J.J., Miranda-Ackerman, M.A., Hernández-Cristóbal, O., Martínez-Téllez, M.Á., Esquivel-Chávez, F., & Gallegos-Santoyo, N.L. 2022. Induction of defense mechanisms in avocado using Mexican oregano oil-based antifungal sachet. Future Foods. 6: 1-9.
20. Pakkish, Z. & Tabatabaienia, M.S. 2016. The use and mechanism of NO to prevent frost damage to flower of apricot. Scientia Horticulturae. 198: 318-325.
21. Iran National Standards Organization (INSO). 2023. Packed soft dates and Rotab - Microbiological specifications and test methods. National Standard No. 16217. https://standard.inso.gov.ir/. Accessed 20 February 2024.
22. Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., & Amiri, S. 2017. Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. Journal of Food Quality. 2017: 1-10.
23. Nelson, K. 1982. Retarding deterioration of table grapes with in-package sulfur dioxide generators with and without refrigeration. Postharvest Physiology and Storage, XXI IHC 138. 121-130.
24. Doulati Baneh, H., Jalili, R., Samet, K., & Amani, A. 2011. Effect of polyethylene cover and sulfer pad on storage life of grapvine (*Vitis vinifera*) cv. Rasha (Siah-e-Sardasht). Seed and Plant Production Journal. 26(4): 457-47.
25. Hakimi, S.S., Sreenivas, K., Shankarappa, T., Krishna, H., & Sadananda, G. 2017. Effect of sulphur dioxide pads on enhancement of shelf life of strawberry (*Fragaria ananassa*) under ambient condition. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6(7): 2371-2377.
26. Jemni, M., Gómez, P.A., Souza, M., Chaira, N., Ferchichi, A., Otón, M., & Artés, F. 2014. Combined effect of UV-C, ozone and electrolyzed water for keeping overall quality of date palm. LWT-Food Science and Technology. 59(2): 649-655.

27. Baloch, M.K., Saleem, S.A., Baloch, A.K., & Baloch, W.A. 2006. Impact of controlled atmosphere on the stability of Dhakki dates. LWT- Food Science and Technology. 39(6): 671-676.
27. Sadeghipour, S., Akhavan, H., & Hosseini, H.-S. 2019. Effect of polyethylene packaging containing zinc oxide nanoparticles on the shelf life of Mazafati date. Journal of Food Science and Technology (Iran). 16(87): 141-152.
29. Zarbakhsh, S. & Rastegar, S. 2019. Influence of postharvest gamma irradiation on the antioxidant system, microbial and shelf life quality of three cultivars of date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). Scientia Horticulturae. 247: 275-286.
30. Ghasemnezhad, M., Marsh, K., Shilton, R., Babalar, M., & Woolf, A. 2008. Effect of hot water treatments on chilling injury and heat damage in 'satsuma'mandarins: Antioxidant enzymes and vacuolar ATPase, and pyrophosphatase. Postharvest Biology and Technology. 48(3): 364-371.
31. Sala, J.M. & Lafuente ,M.a.T. 2004. Antioxidant enzymes activities and rindstaining in 'Navelina'oranges as affected by storage relative humidity and ethylene conditioning. Postharvest Biology and Technology. 31(3): 277-285.
32. Sarbani, A., Arshad, M., & Nazarideljou, M.J. 2021. Effect of ethanol on some physiological and biochemical traits of 'Chamarosa' strawberry during postharvest time. Research in Pomology. 6(1): 169-183.
33. Sun, K.-K., Zhu, D.-B., Yao, G.F., Hu, K.D., & Zhang, H. 2018. Sulfur dioxide acts as an antioxidant and delays programmed cell death in wheat aleurone layers upstream of H_2S and NO signaling pathways. Biologia Plantarum. 62(4): 809-816.
34. Zangooei, E., Bazgir, E., Gholamnejad, J., & Darvishnia, M. 2018. Investigation of the peroxidase and catalase enzymes activity and expression level of it's encoding genes in pathogen stress (*Penicillium expansum*) and Walnut green skin extract condition in apple fruits. Cell and Tissue Journal. 9(2): 159-175.
35. Rosalie, R., Léchaudel, M., Dhuique-Mayer, C ,.Dufossé, L., & Joas, J. 2018. Antioxidant and enzymatic responses to oxidative stress induced by cold temperature storage and ripening in mango (*Mangifera indica* L. cv.'Cogshall') in relation to carotenoid content. Journal of Plant Physiology. 224: 75-85.
36. Hosseini, F.S., Akhavan, H.R., Maghsoudi, H., Hajimohammadi□Farimani, R., & Balvardi, M. 2019. Effects of a rotational UV□C irradiation system and packaging on the shelf life of fresh pistachio. Journal of the Science of Food and Agriculture. 99(11): 5229-5238.
37. Wang, Y.-C., Yu, R.-C., & Chou, C.-C. 2004. Viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria in fermented soymilk after drying, subsequent rehydration and storage. International Journal of Food Microbiology. 93(2): 209-217.
38. Ye, K ,.Wang, J., Han, Y., Wang, C., Qi, C., & Ge, X. 2019. Investigation on microbial contamination in the cold storage room of domestic refrigerators. Food Control. 99: 64-67.
39. Fakruddin, M., Mannan, K.S.B., & Andrews, S. 2013. Viable but nonculturable bacteria: food safety and public health perspective. International Scholarly Research Notices. 2013: 1-6.
40. Sun, J., Leng, X., Zang, J., & Zhao, G. 2022. Bio-based antibacterial food packaging films and coatings containing cinnamaldehyde: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 1-13.
41. Martínez-Blay, V., Taberner, V., Pérez-Gago, M.B., & Palou, L. 2021. Postharvest treatments with sulfur-containing food additives to control major fungal pathogens of stone fruits. Foods. 10(9): 1-16.
42. Ismail, B., Haffar, I., Baalbaki, R., & Henry, J. 2008. Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions. LWT-Food Science and Technology. 41(5): 896-904.
43. Ashraf, Z. & Hamidi-Esfahani, Z. 2011. Date and date processing: a review. Food Reviews International. 27(2): 101-133.