تاثیر بسته‌بندی پلی‌اتیلنی حاوی نانو ذرات اکسید روی بر ماندگاری خرمای مضافتی

ساجده صادقی‌پور[۱]، حمیدرضا اخوان[۲،۳*]، احمد شاکر اردکانی[۴]، فرشته‌السادات حسینی[۵]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی،موسسه آموزش عالی کار رفسنجان، کرمان، ایران
۲- پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳- استادیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
٤- دانشیار پژوهشکده پسته، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران
۵- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بخش مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۲۰)

چکیده

میوه خرما، سرشار از ترکیبات قندی، مواد فیبری، برخی ویتامین‌ها، املاح معدنی و ترکیبات فنولی با خاصیت ضداکسایشی است. تغییرات فیزیکوشیمیایی، بیوشیمیایی و میکروبی رخ داده در این میوه در طی نگهداری سبب کاهش ویژگی‌های کیفی آن می‌گردد. در پژوهش حاضر تاثیر فیلم پلی‌اتیلنی حاوی۱ و ۲ درصد نانوذرات اکسید روی به عنوان پوشش نانوکامپوزیتی و فیلم بدون نانو ذرات به عنوان نمونه شاهد در حفظ برخی ویژگی‌های کیفی میوه خرمای مضافتی در دو دمای نگهداری ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲۰ روزارزیابی گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان نگهداری بر شاخص‌های مورد بررسی نمونه‌های خرمای مضافتی معنی‌دار بود ($p<0.05$). کمترین تغییرات درشاخص‌های کیفی از قبیل افت وزن،pH، اسیدیته، مواد جامد محلول، محتوای فنول کل،محتوای قند کل و قندهای احیاء کننده در نمونه‌های خرمای قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیتی ۲ درصد و نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید. میزان این تغییرات در نمونه کنترل قرار گرفته در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد به صورت معنی‌داری بیشتر از سایر نمونه‌ها بود. به علاوه، استفاده از بسته‌بندی نانوکامپوزیتی موجب کاهش سرعت رشد میکروبی (باکتری‌های معتدل دوست هوازی و کپک و مخمر) در مقایسه با نمونه شاهد گردید. با افزایش دمای نگهداری از ٤ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد روند افزایشی در رشد میکروبی و تغییر شاخص‌های کیفی تمام نمونه‌ها مشاهده شد که بیانگر کاهش ویژگی‌های کیفی خرما بود. با در نظر گرفتن شاخص‌های مورد بررسی، بسته‌بندی نانوکامپوزیتی حاوی ۲ درصد اکسید روی عملکرد بهتری نسبت به بسته‌بندی نانوکامپوزیتی حاوی ۱ درصد اکسید روی داشت. به طور کلی می‌توان استفاده از فیلم نانوکامپوزیتی حاوی ۲ درصد نانو ذرات اکسید روی را برای حفظ ویژگی‌های کیفی خرمای مضافتی در دمای نگهداری ٤ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد داد.

کلید واژگان: بسته‌بندی نانوکامپوزیت،اکسید روی، خرمای مضافتی، زمان نگهداری

*مسئول مکاتبات: hr.akhavan@uk.ac.ir

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

۱- مقدمه

خرما، میوه نخل خرما (*Phoenixdactylifera*L.) از خانواده *پالماسه* است. ایران همواره یکی از کشورهای اصلی تولید کننده خرما بوده و با تولید ۱۰٤۲۲۷٦تن در سال۱۳۹۳ جایگاه ویژه‌ای در تولید خرمای جهان داشته است [۱]. خرما، میوه‌ای انرژی‌زا و سرشار از ویتامین‌ها (اسید آسکوربیک، تیامین، ریبوفلاوین و اسید فولیک)، ترکیبات ضداکساینده و املاح گوناگون (آهن، مس و پتاسیم) است [۲]. در سال‌های اخیر، توجه مصرف‌کنندگان محصولات کشاورزی در بیشتر کشورهای دنیا به کیفیت میوه‌ها (از نظر ظاهری و درونی) افزایش یافته است. کیفیت ظاهری شامل ویژگی‌های ظاهری و حسی از قبیل اندازه، شکل، رنگ، شادابی و طراوت میوه و عاری بودن از فساد، عطر و طعم و بافت نامطلوب می‌شود که در بازار پسندی محصولات کشاورزی نقش تعیین کننده‌ای دارند. کیفیت درونی نیز مرتبط با ترکیبات ریز مغذی موجود در آن‌ها می‌باشد که با استفاده از روش‌های مناسب نگهداری می‌توان کیفیت ظاهری و درونی را بهبود داد[۳].

خرمای مضافتی بعد از ارقام سعمران و شاهانی سومین رقم خرمای اقتصادی ایران است که در نقاط مختلف کشور کشت می‌گردد. البته زیستگاه اصلی این رقم منطقه بم کرمان می‌باشد. این رقم از گروه خرماهای نرم و نیمه خشک با رنگ قرمز تیره متمایل به سیاه بوده و بهترین نوع خرما از لحاظ بازار داخلی است که صادارت آن در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است [٤]. اما نگهداری آن به علت بالا بودن محتوای رطوبت (بیش از۲۰درصد) و فساد پذیری مشکل است. تراوش شیره، از دست دادن رطوبت، چسبنده شدن محصول و نیز تخمیر و ترشیدگی محصول به علت فعالیت باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها از عمده‌ترین مشکلات در طی نگهداری خرمای مضافتی می‌باشند [۵]. باید توجه داشت که در میوه‌های تازه رسیدگی فیزیولوژیک، تغییرات بیوشیمیایی و تنفس می‌تواند منجر به تغییر در رنگ ظاهری و بافت، توسعه بد طعمی، اسیدی شدن و فساد میکروبی گردد که به دلیل کاهش بازار پسندی موجب افزایش میزان ضایعات میوه‌های تازه می‌شود [٦]. میزان ضایعات محصولات کشاورزی در کشور ایران سالانه حدود۳۰ درصد می‌باشد که نزدیک به ۸ درصد از آن به علت بسته‌بندی نامناسب است[۷]. بر این اساس، روش‌های نگهداری پس از برداشت میوه‌ها از قبیل نگهداری در دمای پایین، کنترل اتمسفر بسته‌بندی، استفاده از متیل بروماید، گاز از نوپوشش‌دهی میوه‌ها با پوشش‌های خوراکی و سنتزی در پژوهش‌های مختلفی گزارش شده است [٦].

فساد مواد غذایی به علت فقدان فن‌آوری مناسب بسته‌بندی، نگرانی اصلی جهانی است و انتظار می‌رود نانوتکنولوژی بتواند بسته‌بندی مواد غذایی را بهبود بخشد. در واقع، مواد جدید مورد استفاده در بسته‌بندی مواد غذاییبر پایه نانو دارای ویژگی‌های بی‌نظیری از جمله توانایی ضدمیکروبی و حذف اکسیژن وهمچنین ایجاد مانع در برابر گازهایا رطوبت و غیره هستند[۸]. نانو ذرات نقره، اکسید روی، دی‌اکسید تیتانیوماز جمله مهمترین نانو مواد تجاری هستند که در بسته‌بندی مواد غذایی استفاده می‌شوند [۸]. در این راستاتاثیر فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانو ذرات اکسید روی در ماندگاری بامیه[۹]، فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات نقره و اکسید روی در افرایش ماندگاری آب پرتقال[۱۰]و فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات نقره در افرایش ماندگاری زرشک[۱۱] و توت فرنگی[۱۲]گزارش شده است. بر اساس این پژوهش‌ها مشخص گردید که فیلم‌های نانوکامپوزیت پلی‌اتیلنی، ویژگی‌های کیفی فرآورده‌های مورد مطالعه را در مقایسه با نمونه‌های شاهد بهبود دادند.

با توجه به غنی بودن خرما از مواد مغذی، امکان آلودگی آن به برخی میکروارگانیسم‌ها عامل فساد و حتی بیماری‌زا وجود دارد. از طرفی تغییرخصوصیات کیفی خرما به علت شرایط نامناسب نگهداری و بسته‌بندی یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش میزان صادرات و قیمت این محصول در بازارهای جهانی می‌باشد. بنابراین، هدف پژوهش حاضر بررسی امکان استفاده از فیلم پلی‌اتیلنی حاوی نانوذرات اکسید روی به عنوان پوشش نانوکامپوزیتی در حفظ برخی ویژگی‌های کیفی میوه خرمای مضافتی است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-تهیه خرما، بسته‌بندی و نگهداری نمونه‌های خرما

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

خرمای مضافتی مورد نیاز در تابستان ۱۳۹٦ از باغات شهرستان ایرانشهر (سیستان و بلوچستان، ایران) جمع‌آوری و به آزمایشگاه صنایع غذایی دانشگاه شهید باهنر کرمان منتقل شد. فیلم‌های بسته‌بندی مورد استفاده از شرکت پارسا پلمیر شریف (تهران) و کارتن‌های بسته‌بندی نیز از فروشگاه‌های کارتن خرما در شهرستان ایرانشهر تهیه شدند. پس از آماده‌سازی، نمونه‌های خرما در سه نوع بسته‌بندی (بسته‌بندی پلی‌اتیلنی حاوی ۱ و ۲ درصد نانوذرات اکسید روی و بسته‌بندی فاقد نانو ذرات اکسید روی به عنوان شاهد) قرار گرفتند و عمل دوخت حرارتی بسته‌ها با دستگاه دوخت حرارتی رومیزی انجام گرفت.

نمونه‌ها در سه تکرار در کارتن‌های ۵۰۰ گرمی بسته‌بندی شدند، نگهداری نمونه‌ها در داخل یخچال ٤ درجه سانتی‌گراد و انکوباتور ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤ ماه انجام گرفت. شاخص‌های کیفی زیر در طی دوره نگهداری در فواصل زمانی ۲۰ روز بررسی گردید.

۲-۲- اندازه‌گیری 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: "درصد کاهش وزن = ((وزن اولیه – وزن ثانویه)/وزن اولیه) × ۱۰۰" تعیین گردید[۱۳].

۲-۳-اندازه‌گیری pH، اسیدیته و درجه بریکس

برای اندازه‌گیری pH، ابتدا ۵ گرم نمونه خرما در هاون به صورت خمیر در آمده و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه باشیکر(KS260basic,IKA,Germany) با دور ۵۰rpm هم زده شد. سپس pH نمونه‌های خرما در دمای۲۵ درجه سانتی‌گراد با دستگاه pH متر(Zag Chimi, Iran) اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری اسیدیته از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد. برای این منظور، ۵ گرم نمونه خرما در هاون به صورت خمیر درآمده و ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه با شیکر با دورrpm ۵۰ هم‌زده شد. سپس با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH برابر با ۸/۲ تیتر گردید [۱٤]. همچنین مواد جامد محلول کل (بریکس) نمونه‌های خرما با استفاده از دستگاه رفراکتومتر رومیزی(2WAJ, Italy) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد[۱۵].

۲-٤- اندازه‌گیری محتوای قند کل قبل و بعد از آبکافت

اندازه‌گیری محتوای قند به روش دینیتروسالیسیلیک اسید (DNS) انجام شد [۱٦]. برای اندازه‌گیری محتوای قند قبل از آب کافت ابتدا یک گرم نمونه خرما به کمک آب مقطر حل شد و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. سپس عمل صاف کردن محلول با استفاده از کاغذ صافی انجام گرفتتا از محلول صاف شده برای اندازه‌گیری قند قبل از آب کافت استفاده شود. برای اندازه‌گیری محتوای قند بعد از آبکافت، به ۱۰ میلی‌لیتر از محلول صاف شده، مقدار ۲ میلی‌لیتر اسید کلریدریک(۳+۱) اضافه شد و با استفاده از آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. نمونه به مدت۱۰دقیقه در حمام آب با دمای۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت، سپس محتوای قند بعد از آبکافت به روشDNS اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوای قند قبل و بعد از آبکافت، مقدار۱/۵میلی‌لیتر از محلول‌های قندی با۱/۵میلی‌لیتر واکنش‌گر DNS مخلوط شد و مخلوط واکنش به مدت۵ دقیقه جوشانده شد، سپس خنک شده و حجم نمونه با آب مقطر به ۱۰ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۷۰ نانومتر با طیف‌سنج نوری(SPUV-26,Germany) خوانده شد. برای تهیه منحنی استاندارد از محلول گلوکز با غلظت‌های مختلف (٤۰۰-۰ میکروگرم/میلی‌لیتر) استفاده شد. محتوای قند نمونه‌های خرما بر حسب گرم/۱۰۰ گرم میوه تازه خرما گزارش گردید.

۲-۵- اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنولی

برای این منظور،۵۰گرم نمونه خرما در هاون چینی هم گن گردید. برای استخراج ترکیبات فنولی،۵ میلی‌لیتر حلال متانول۸۰ درصد حاوی۱ درصد اسید کلریدریک به۰/۲گرم نمونه همگن‌شده در لوله آزمایش اضافه گردید و عمل هم زدن آن به مدت ۲ ساعت روی شیکر(KS260basic,IKA,Germany) با دور rpm ۱۰۰ انجام گرفت. سپس مخلوط به مدت ۱۰دقیقه با دور g ۳۰۰۰ سانتریفوژ گردید. سپس روماند[1] برای اندازه‌گیری

1. Supernatant

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

محتوای ترکیبات فنولی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار۱۰۰ میکرولیتر عصاره استخراج شده با ۰/۷۵ میلی‌لیتر واکنش‌گرفولینسیوکالتو (رقیق‌شده به میزان۱۰برابر با آب مقطر) مخلوط شد و به مدت۵ دقیقه در دمای اتاق قرارگرفت. سپس۰/۷۵ میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم (۶۰لیتر/گرم) به مخلوط اضافه شد و به مدت۹۰ دقیقه در دمای اتاق و در جای تاریک نگهداری گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج۷۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد[۱۷]. برای تهیه منحنی استاندارد از گالیک اسید در محدوده غلظت ۱۲/۵-۲۰۰ میلی‌گرم/لیتر استفاده شد. نتایج به صورت میلی‌گرم معادل گالیک اسید برگرم وزن میوه تازه بیان گردید.

۲-۵-ارزیابی میکروبی

محیط کشت پلیتکانت آگار (PCA) و عصاره مخمر گلوکز کلرامفنیکل آگار (YGC) به ترتیب برای شمارش باکتری‌های معتدل دوست هوازی و قارچ‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. برای ارزیابی میکروبی،۱۰گرم خرما در شرایط استریل از بسته‌بندی خارج گردید و به ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژیک استریل اضافه شد و چندین رقت متوالی(۱میلی‌لیتر نمونه با ۹ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژیک) تهیه گردید. شمارش کلی کپک و مخمر و باکتری‌های مزوفیل هوازی به ترتیب با روش‌های کشت سطحی و کشت آمیخته[۲] انجام گرفت. برای شمارش باکتری‌های معتدل دوست هوازی، پلیت‌ها در دمای۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت و برای شمارش کپک و مخمر، پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت۳-۵ روز گرمخانه گذاری شدند [۱۳]. نتایج به صورت لگاریتم تعداد کلنی بر گرم خرمای تازه ($\log cfu g^{-1}$) بیان گردید. حد تشخیص کمتر از ۱سیکل لگاریتمی در نظرگرفته شد.

۲-٦-تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی انجام گرفت. آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین نمونه‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد (P=۰/۰۵) با استفاده از نرم افزارSAS 9.4 انجام شد. نمودارها با نرم افزار اکسل نسخه۲۰۱٦رسم گردید.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های کیفی خرما در جدول ۱ بیان شده است. بررسی هر کدام از شاخص‌ها به تفکیک در بخش‌های زیر بیان شده است.

۳-۱- درصد کاهش وزن

نتایج نشان داد که وزن نمونه‌های خرما در طی دور نگهداری کاهش یافت. نوع بسته‌بندی، دما و زمان اثر معنی‌داری ($p<0.01$) برافت وزن نمونه‌ها داشتند (جدول۱). کمترین کاهش وزن در نمونه‌های قرار گرفته در فیلم نانو کامپوزیتی ۲ درصد و نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان کاهش وزن در نمونه‌های کنترل نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (شکل ۱). از نظر شاخص افت وزن در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نیز تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) بین نمونه‌های خرمای بسته‌بندی شده در فیلم نانوکامپوزیتیو کنترل وجود داشت.

بسته‌بندی مواد غذایی یکی از راههای کاهش از دست دادن رطوبت 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 است[۱۳]. لازم به ذکر است که برای انجام فعالیت‌های آنزیمی و میکروبی نیاز به وجود و مصرف آب می‌باشد[۱۸]. کاهش رشد میکروبی در بسته‌بندی حاوی نانوذرات از تجزیه ترکیبات و از دست رفتن آنها جلوگیری می‌نماید که در نهایت منجر به افت وزن کمتر نمونه‌ها می‌گردد.

2. Pour-plate

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

Table 1 Analysis of variance of quality parameters of date fruit

Source of variation	df	Mean square								
		WL	pH	TA	TSS	RSC	TSC	TP	TMBC	TFC
PE/ZnO	2	1.49**	2.65**	0.009**	27.62**	11.64**	28.09**	0.004**	1.02**	1.66**
Temperature	1	51.36**	0.80**	0.004**	204.08**	27.69**	35.56**	0.0003**	0.029**	1.42*
Storage time	6	12.30**	5.55**	0.240**	129.02**	115.08**	217.93**	0.042**	8.32**	14.79**
PE/ZnO×Temperature	2	0.721**	0.003^{ns}	0.0007**	2.01*	0.06^{ns}	0.14^{ns}	0.001**	0.001**	0.00001^{ns}
PE/ZnO×Storage time	12	0.11**	0.17**	0.0006**	1.43*	2.18**	3.07**	0.0005**	0.0005**	0.007^{ns}
Temperature×Storage time	6	5.73**	0.03^{ns}	0.0002**	13.56**	1.84**	1.66**	0.0005**	0.0005**	0.004^{ns}
PE/ZnO×Temperature×Storage time	12	0.05**	0.013^{ns}	0.0003*	0.5^{ns}	0.47**	1.34*	0.0001**	0.0001**	0.07^{ns}
Error	84	0.008	0.02	0.0001	0.56	0.13	0.07	0.0005	0.004	0.22

†WL: Weight loss; TA: Titratable acidity; TSS: Total soluble solid; RSC: Reducing sugar content; TSC: Total sugar content; TMBC: Total mesophilic bacterial count; TFC: Total fungal count

* indicate significant difference at 5% probability level ($p < 0.05$); ** indicate significant difference at 1% probability level ($p < 0.01$); ^{ns} indicate no significant difference

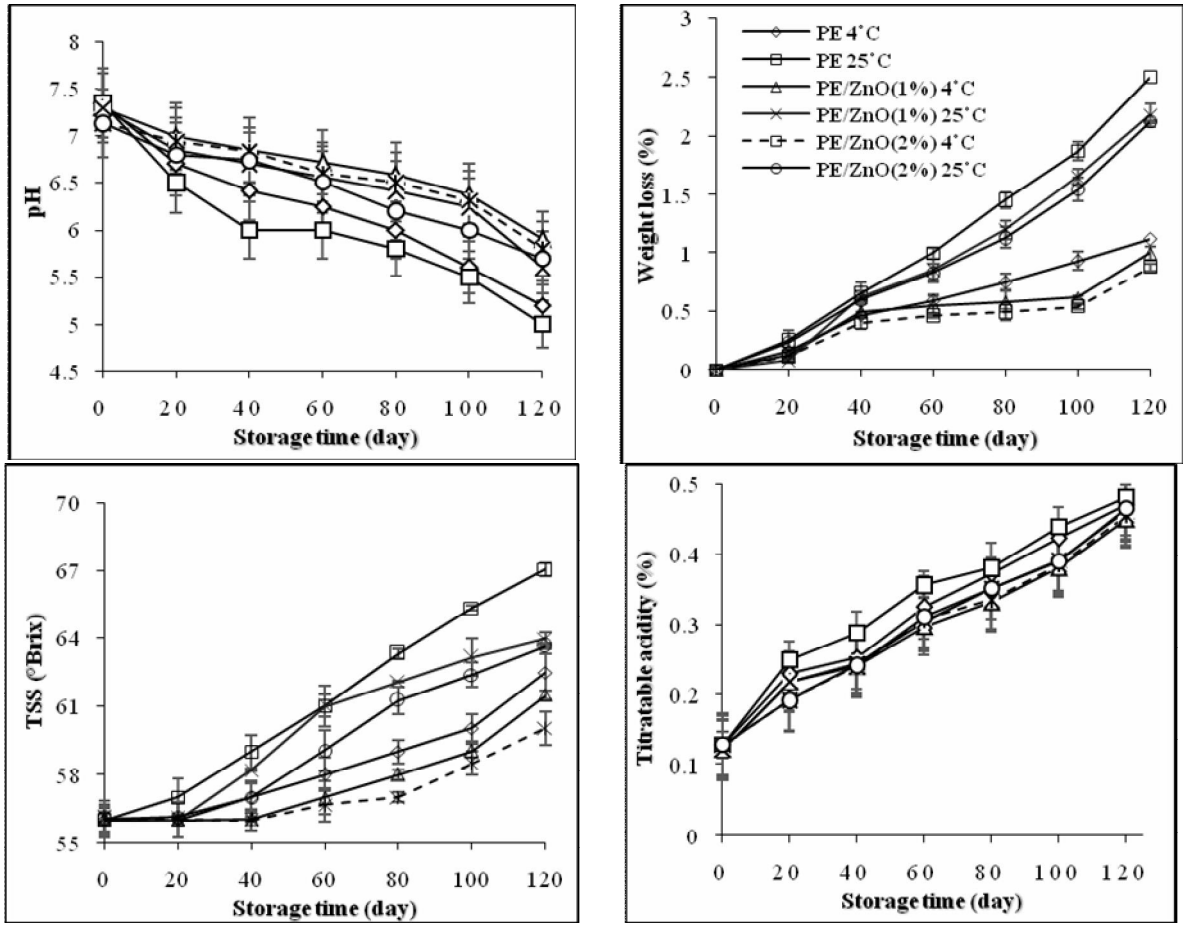


Fig 1 The variation of weight loss, pH, total soluble solids (TSS), and Titratable acidity (TA) of Mazafati dates in polyethylene packaging containing 1% and 2% zinc oxide nanoparticles during storage at 4 and 25 °C for 120 days. Data represents mean ± standard deviation.

۳-۲- تغییر pH، اسیدیته و مواد جامد محلول

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که تاثیر فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان بر pH نمونه‌ها معنی‌دار است ($p<0.05$). همچنین pH تمامی نمونه‌ها در طی دوره‌ی نگهداری به صورت معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱). کمترین

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

میزان pH در نمونه شاهد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) با نمونه‌های قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیتی داشت. به علاوه سطوح۱ و ۲ درصد نانوذرات اکسید روی تاثیر معنی‌داری ($p<0.05$) بر pH نمونه‌های خرما داشتند، به‌طوری‌که نمونه‌های قرار گرفته در فیلم پلی‌اتیلنی حاوی ۲ درصدنانوذرات اکسید روی، pH بالاتری نسبت به نمونه‌های قرار گرفته در بسته‌بندی حاوی ۱ درصد نانوذرات اکسید روی داشتند. دما نیز در این پژوهش تاثیر معنی‌داری ($p<0.01$) بر pH نمونه‌ها داشت، به‌طوری‌کهpH نمونه‌های نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نسبت به نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری ($p<0.05$)بالاتر بود.

همانطور که گفته شد pH تمامی نمونه‌ها در طی دوره‌ی نگهداری کاهش یافت. کاهش pH در نمونه‌ها در طی دوره نگهداری می‌تواند به دلیل افزایش شدت تنفس، فعالیت میکروبی و افزایش اسیدیته در نمونه‌ها باشد [۱۹].گزارش شده است که نگهداری سبب اسیدی شدن (کاهش pH و افزایش اسیدیته) میوه خرما می‌گردد که در اثر ایجاد اسیدهای آلی (به‌ویژه اسید لاکتیک) ناشی از فعالیت‌های تخمیری مخمرها و باکتری‌های تولید کننده اسید می‌باشد[۲۰]. مطابق پژوهش حاضر، با وجود کاهش pH در میوه‌های خرمای قرار گرفته در فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانو ذرات نقره، مقدارpH آنها بیشتر از نمونه شاهد بود [۲۱]. همچنین، کاهش معنی‌دار pH با افزایش دمای نگهداری در خرمای پوشش داده شده با فیلم خوراکی پلی‌ساکاریدی گزارش شده است[۱۵]. به علاوه، تاثیر سه دمای ۱۸-، ٤ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد برpH خرمای بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده در طی ۱۵۰ روز نگهداری نشان داد که مقدار pH با افزایش دما و زمان نگهداری کاهش می‌یابد[۲۲].

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 [۱۵]. در نتیجه، بررسی اسیدیته در میوه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان بر اسیدیته نمونه‌ها معنی‌دار ($p<0.05$) بود (جدول ۱). همچنین اسیدیته تمامی نمونه‌ها در طی دوره نگهداری افزایش یافت (شکل ۱). بیشترین میزان اسیدیته در نمونه شاهد مشاهده گردید که به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر از نمونه‌های قرار گرفته در فیلم پلی‌اتیلنی حاوی ۱ و ۲ درصد نانوذرات اکسید روی بود. گرچه نمونه‌های خرمای قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیتی اسیدیته کمتری داشتند، اما تفاوت معنی‌داری میان بسته‌بندی نانوکامپوزیتی حاوی ۱ و ۲ درصد نانوذرات اکسید روی مشاهده نشد. دما نیز اثر معنی‌داری بر اسیدیته نمونه‌ها داشت، به‌طوری‌که اسیدیته نمونه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) بیشتر از نمونه‌های نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بود.

با توجه به شکل ۱، اسیدیته تمامی نمونه‌ها در طی دوره نگهداری افزایش یافت و نمونه شاهد قرار گرفته در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد دارای بیشترین میزان اسیدیته (۰/٤۸۱) در انتهای دوره نگهداری بود. در این راستا، پیرو موسوی و همکاران[۲۱] گزارش کردند که اسیدیته رطب مضافتی در فیلم‌های حاوی نانوذرات نقره در طی دوره نگهداری افزایش یافت و نمونه‌های قرار گرفته در فیلم پلی‌اتیلنی حاوی ۵٪ نانوذرات نقره اسیدیته کمتری نسبت به نمونه‌های قرار گرفته در فیلم پلی‌اتیلنی حاوی ۳٪ نانوذرات نقره داشتند. از طرفی بیشترین میزان اسیدیته در نمونه‌های شاهد مشاهده شد [۲۱].

در ارتباط با محتوای مواد جامد محلول کل (بریکس)، نتایج تجزیه واریانس نشان داد کهاثرات فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان در سطح ۱ درصد معنی‌دار ($p<0.05$) بود (جدول ۱). به طور کلی، بریکس نمونه‌های خرما در طی دوره نگهداری افزایش یافت که این افزایش در نمونه‌های کنترل بیشتر از نمونه‌های قرار گرفته در پوشش نانوکامپوزیتی بود (شکل ۱). همچنین بریکس نمونه‌های خرماینگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد بود. در پژوهشی گزارش شده است که مواد جامد محلول خرما با افزایش دما و زمان نگهداری افزایش می‌یابد [۲۳]. یکی از دلایل افزایش بریکس خرما می‌تواند به‌واسطه افت وزن ناشی از تبخیر رطوبت در این نمونه‌ها باشد. 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

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

میوه‌ها را به دلیل تجزیه و افزایش حلالیت ترکیباتی با وزن مولکولی بالا افزایش دهند[۱۳و۲٤].

۳-۳-تغییر محتوای قند کل و قند احیاء

اثر متقابل فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان نگهداری بر محتوای قند کل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). محتوای قند کل تمامی نمونه‌ها در طی دوره نگهداری روند کاهشی داشت (شکل۲) و زمان نگهداری اثر معنی‌داری ($p<0.01$) بر محتوای قند نمونه‌ها داشت. محتوای قند کل نمونه شاهد با نمونه‌های قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیتی ۱ و ۲ درصد اکسیدروی تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) نشان داد. بیشترین محتوای قند کل مربوط به نمونه‌های خرمای قرارگرفته در فیلم نانوکامپوزیتی حاوی۲ درصد اکسید روی و کمترین محتوای قند کل در نمونه‌های خرمای شاهد مشاهده شد. دما نیز اثر معنی‌داری بر محتوای قند کل نمونه‌ها داشت، به طوری که محتوای قند کل در نمونه‌های خرمای نگهداری شده دردمای۲۵درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری($p<0.05$) کمتر از نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای٤ درجه سانتی‌گراد بود.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که محتوای قند احیاء نیز تحت تاثیر اثرات فیلم نانو کامپوزیتی، دما و زمان نگهداری در سطح احتمال ۱درصد قرارگرفت. محتوای قند احیاء در طی دوره نگهداری روند افزایشی نشان داد (شکل۲). بیشترین محتوای قند احیاء به ترتیب در نمونه‌های قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیتی۲ درصد(٦۳/۵۰)، فیلم نانو کامپوزیتی ۱ درصد (٦۳/۲۸) و نمونه شاهد (٦۲/۵۰) مشاهده شد که در سطح احتمال۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگرداشتند. در ارتباط با تاثیر دما بر محتوای قند احیاء مشاهده شد که نمونه‌های خرمای نگهداری شده دردمای ٤ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری($p<0.05$) محتوای قند احیاء بیشتری نسبت به میوه‌های خرمای نگهداری شده در دمای۲۵ درجه سانتی‌گراد داشتند(جدول۱).

در این راستا، کاهش محتوای ساکاروز همراه با افزایش میزان گلوکز و فروکتوز در طی دوره نگهداری گزارش شده است. سازوکار این تغییر بر مبنای عمل آنزیم اینورتاز تولید شده توسط مخمرها قابل توجیه است، زیر این آنزیم ساکاروز را به گلوکز و فروکتور تبدیل می‌کند. همچنین کاهش قند کل با رشد میکروبی و مصرف قند توسط آنها در ارتباط می‌باشد[۲۰]. در بررسی تاثیر فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی نانو ذرات نقره بر محتوای قند احیاء رطب مضافتی بم مشخص شد که نمونه‌های شاهد مقادیر کمتری قند احیاء نسبت به نمونه‌های قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیت۳ و۵ درصد داشتند [۲۱]. مطابق با پژوهش حاضر، کاهش میزان قند کل در طی دوره نگهداری در نمونه‌های بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده و بسته‌بندی خلاء و افزایش میزان قند احیاء در طی ۳۰روز نگهداری نمونه‌ها گزارش شده است[۲۵].

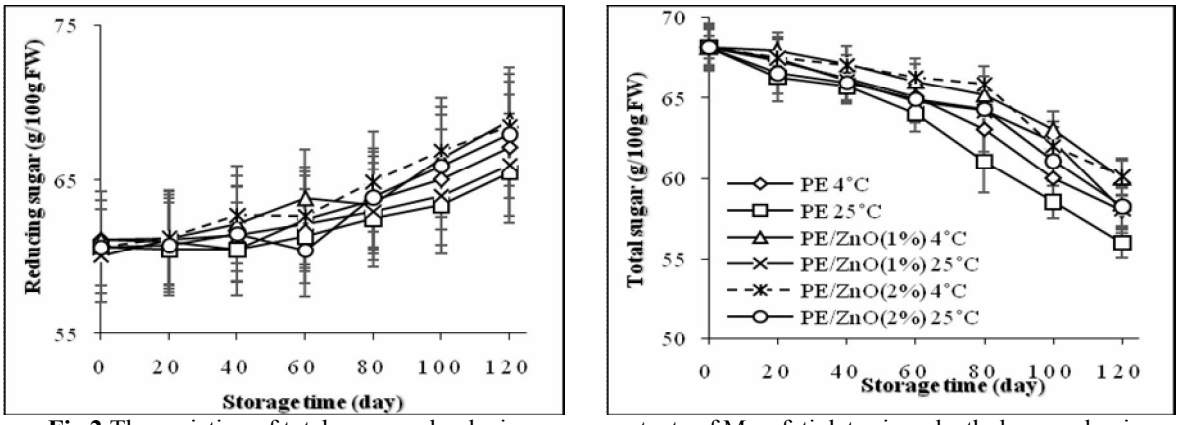


Fig 2 The variation of total sugar and reducing sugar contents of Mazafati dates in polyethylene packaging containing 1% and 2% zinc oxide nanoparticles during storage at 4 and 25 °C for 120 days. Data represents mean ± standard deviation.

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

۳-٤- تغییر محتوای ترکیبات فنولی کل

محتوای فنول کل نمونه‌های خرما به صورت معنی‌داری ($p<0.01$) تحت تاثیر اثرات فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان نگهداری قرار گرفت (جدول ۱). محتوای فنول کل نمونه‌های خرما در فیلم‌های نانوکامپوزیتی حاوی ۱ و ۲ درصد اکسید روی به صورت معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد بود. دمای نگهداری نیز تاثیر معنی‌داری بر محتوای فنول کل نمونه‌ها داشت، به‌طوری‌که محتوای فنول کل میوه‌های خرمای نگهداری شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری بیشتر از نمونه‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود.دما تاثیر قابل‌توجهی برفعالیت‌های میکروبی و آنزیمیمیوه‌ها و سبزی‌ها در طی نگهداری دارد، به‌طوری‌که نگهداری محصولات کشاورزی در دماهای بالاتر از دمای یخچالیسبب افزایش فعالیت‌های میکروبی و آنزیم‌های مربوطه می‌گردد[۲٦ و۲۷]. در این راستا، فعالیت برخی آنزیم‌های طبیعی موجود در میوه خرما مثل پلی‌فنول اکسیداز سبب تجزیه ترکیبات پلی‌فنولی و کاهش آنها می‌گردد[۲٤].

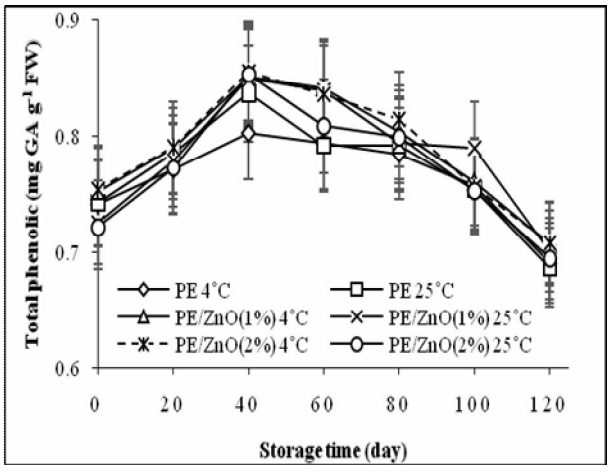


Fig 3 The variation of total phenolic content of Mazafati dates in polyethylene packaging containing 1% and 2% zinc oxide nanoparticles during storage at 4 and 25 °C for 120 days. Data represents mean ± standard deviation.

با توجه به شکل ۳، محتوای ترکیبات فنولی تمام نمونه‌ها در انتهای دوره نگهداری به صورت معنی‌داری کمتر از نمونه‌های اولیه بود. لازم به ذکر است که ترکیباتفنولیاز جمله مواد تغذیه‌ای مهم در میوه‌ها و سبزی‌ها هستند[۲۸]. این ترکیبات در گیاهان به عنوان ضداکسایندە و ضد میکروب فعال می‌باشند و همچنین اثرات مفیدی در حذف رادیکال های آزاد در انسان دارند [۲۹].

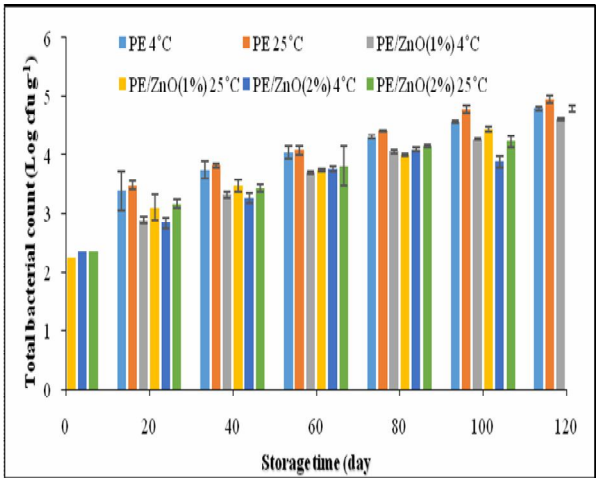
۳-۵-ارزیابی میکروبی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان نگهداری بر شمارش کلی باکتری‌های معتدل دوست هوازی در سطح احتمال۵ درصد معنی‌دار بود (جدول۱). بر اساس نتایج به دست آمده، جمعیت باکتری‌های معتدل دوست هوازی در نمونه‌های شاهد به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) بالاتر از نمونه‌های قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیتی حاوی اکسید روی بود. کمترین میزان رشد میکروبی در نمونه‌های خرمای قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیتی حاوی۱ درصد اکسید روی مشاهده شد. در ارتباط با تاثیر دما بر رشد باکتری‌های معتدل دوست هوازی، نتایج نشان داد که شمارش میکروبی نمونه‌های خرما در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری($p<0.05$) بیشتر از نمونه‌های قرار گرفته در دمای یخچالی بود.

همانطور که گفته شد شمارش کلی باکتری‌های معتدل دوست هوازی در طی دوره‌ی نگهداری روند افزایشی داشت. نمونه شاهد قرارگرفته در دمای۲۵درجه سانتی‌گراد در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارای بالاترین جمعیت میکروبی در انتهای دوره نگهداری بود (شکل٤). رشد میکروبی کمتر در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای نگهداری ۳۰ درجه سانتی‌گراد در خرماهای بسته‌بندی شده با اتمسفر اصلاح شده گزارش شده است [۲۲]. در بررسی تاثیر استفاده از نانو ذرات نقره و اکسید تیتانیوم در فیلم پی‌اتیلنی، نتایج نشان داد که سرعت رشد میکروبی خرمای مضافتی شامل کپک و مخمر، باکتری‌های معتدل دوست هوازی و کلروفرم در طی دوره نگهداری در دمای محیط و دمای یخچالی به صورت معنی‌داری در خرماهای قرارگرفته در نانو فیلم کمتر بود، دلیل کاهش بار میکروبی توانایی نانو ذرات نقره در نابودی میکروارگانیسم‌ها و جلوگیری از تغییرات شیمیایی شدید بیان شد [۳۰]. نانو ذرات ضد میکروبی (مواد فلزی و اکسیدهای فلزی) می‌توانند به طور مستقیم بر سلول میکروبی اثر گذاشته و باعث توقف انتقال بین غشایی الکترون شوند یا اجزای سلولی را اکسید کرده و یا به فضای سلولی نفوذ کنند و یا با

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

تولیدگونه‌های فعال اکسیژن یا یون‌های فلزی سنگین محلول سبب آسیب به میکروارگانیسم شوند [۸]. در پژوهشی ساز و کار اثر نانو ذرات در کاهش بار میکروبی مواد غذایی به ایجاد استرساکسیداتیو نسبت داده شده است که با تماس سطحی یا آزادسازی از ساختار بسته‌بندی این اثر اعمال می‌گردد[۳۱].



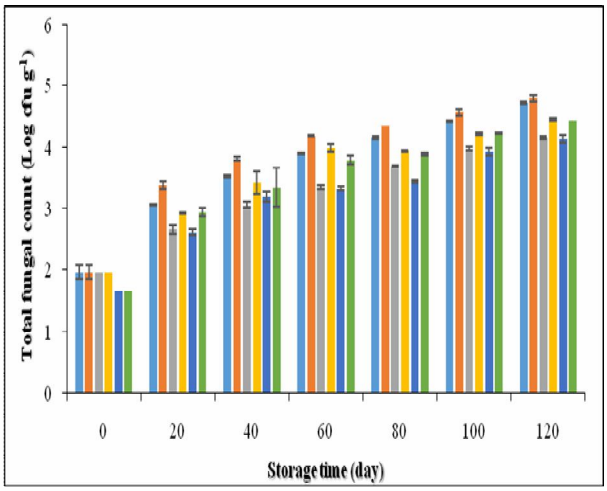


Fig 4 The variations of total aerobic mesophilic bacteria count and yeast and mold count of Mazafati dates in polyethylene packaging containing 1% and 2% zinc oxide nanoparticles during storage at 4 and 25 °C for 120 days. Data represents mean ± standard deviation.

به علاوه، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات فیلم نانوکامپوزیتی، دما و زمان نگهداری بر رشد کپک و مخمر در میوه خرما معنی‌دار($p<0.05$)بود(جدول۱). جمعیت کپک و مخمر در نمونه‌های مورد ارزیابی در طی دوره نگهداری در دمای٤ و۲۵ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری($p<0.05$) افزایش یافت.

بیشترین رشد کپک و مخمر در نمونه شاهد نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد(شکل٤) که تفاوت معنی‌داری ($p<0.05$) با میوه‌های خرمای قرار گرفته در فیلم نانو کامپوزیتی با سطوح مختلف نانو ذرات اکسید روی داشت. در این راستا رشد کپک و مخمر در نمونه‌های قرار گرفته در فیلم نانوکامپوزیت یک متر بود و لی تفاوت معنی‌داری بین فیلم‌ها با سطوح مختلف۱و۲ درصد نانو ذرات اکسید روی بر رشد میکروبی مشاهده نشد. به علاوه، رشد قارچی در نمونه‌های خرمای نگهداری شده در دمای٤ درجه سانتی‌گراد به صورت معنی‌داری ($p<0.05$) کمتر از نمونه‌های خرما در دمای۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. عسگری و همکاران [۷] گزارش کردند که فیلم‌های نانوکامپوزیتی قادرند جمعیت میکروبی را به صورت معنی‌دار کاهش دهند، بدون آنکه تاثیر نامطلوبی بر ویژگی‌های حسی خرما داشته باشند[۷]. در پژوهشی دیگر بررسی آلودگی میکروبی خرما در دو دمایی یخچالی و محیط نشان داد که دمای یخچالی اثر بازدارندگی بر رشد میکروب‌ها داشت و روند رشد کپک و مخمر در دمای محیط در طی ٦ ماه نگهداری افزایشی بود و در دمای یخچال روند کاهشی داشت، همچنین در مورد شمارش کلی باکتری‌ها و کلیفرم‌ها در دو دمای یخچالی و محیط روند مشخصی مشاهده نشد[۳۲].

۵- نتیجه‌گیری کلی

توسعه فیلم‌ها با خاصیت ضد میکروبی‌در صنعت بسته‌بندی مواد غذایی موضوعی بسیار مهم و جذاب می‌باشد. در چنین فیلم‌هایی از فلزات (نقره، مس و روی) و اکسیدهای فلزی با خاصیت ضد میکروبی استفاده می‌گردد. یکی از مهمترین نانو ذرات، اکسید روی است‌که سازوکار ضدمیکروبی آن مشابه سایر نانوذارت و بیشتر از طریق تخریب دیواره میکروب‌ها می‌باشد. نتایج نشان داد

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

که فیلم نانوکامپوزیتی حاوی ۲ درصد اکسید روی به صورت موثری سبب کاهش افت وزن، حفظ محتوای مواد جامد محلول، اسیدیته و pH، حفظ بهتر محتوای ترکیبات فنولی و محتوای قند گردید. همچنین این پوشش در کاهش سرعت رشد باکتری‌های معتدل‌دوست هوازی و کپک و مخمر موثر بود، اما کاهش جمعیت میکروبی کمتر از یک سیکل لگاریتمی بود. بر اساس نتایج پژوهش حاضر، با افزایش دمای نگهداری از ٤ به ٢٥ درجه‌سانتی‌گراد روند تغییرات شاخص‌های مورد بررسی افزایش یافت که بیانگر کاهش ویژگی‌های کیفی خرما بود. به طور کلی می‌توان استفاده از فیلم نانوکامپوزیتی را برای حفظ ویژگی‌های کیفی خرمای مضافتی در دمای نگهداری ٤ درجه سانتی‌گراد پیشنهاد داد. به علاوه، با توجه به اثرات مثبت این نوع بسته‌بندی بر حفظ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کاهش جمعیت میکروبی پیشنهاد می‌گردد برای کاربرداین نوع نانوکامپوزیت‌هابرای بسته‌بندی خرمادر مقیاس وسیع ارزیابی اقتصادی نیز انجام گیرد.

٦- تشکر و قدردانی

این پژوهش با استفاده از اعتبارات پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شده است و حقوق مادی و معنوی این طرح (به شماره ۹۰۰/۱۰٦/پ) متعلق به پژوهشکده فناوری تولیدات گیاهی می‌باشد. همچنین لازم است از شرکت پارسا پلیمر شریف به جهت تامین رایگان فیلم‌های بسته‌بندی صمیمانه قدردانی گردد.

۷- منابع

[1] Anonymous. 1393. Iran Statistical Year Book 1393. http://eamar.sci.org.ir/index e.aspx.

[2] Homayouni Rad, A., Teymori, R., Khodavirdivand Keshtiban, A., Amini, A., and Lotfollahi, N. 2015. Evaluation of physicochemical, rheological, microbial and sensory properties of canned date. Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology, 10(2): 95-102.

[3] Kader, A.A. 2001. Quality assurance of harvested horticultural perishables, in IV International Conference on Postharvest Science. Acta Hort. 553, ISHS 2001.

[4] Afshari Jouybari, H. and Farahnaky, A. 2011. Accelerated ripening of mazafati date by hot water, acetic acid and sodium chloride solutions. Iranian Journal of Food Science and Technology, 8(30): 45-52.

[5] Afshari Jooybari, H., Farahnaky, A., Majzoobi, M., Mesbahi, G.R., and Niakousari, M. 2012. Study of color changes of Mazafati date during drying for selecting optimum air temperature of drier. Iranian Journal of Food Science and Technology, 36(9): 1-10.

[6] Moreira, R.G. and Castell-Perez, E.M. 2012. Irradiation applications in fruit and other fresh produce processing. In: S Rodrigues, FAN Fernandes (Eds.) Advances in Fruit Processing Technologies,pp. 203-217.CRC Press, New York.

[7] Asgari, P., Moradi, O., and Tajeddin, B. 2014. The effect of carbon nanotube and zinc oxide nanoparticle composite films on sensory properties and microbial contamination of Mazafati date. Food Technology and Nutrition, 12(1): 41-48.

[8] Rai, M., Ingle, A.P., Gupta, I., Pandit, R., Paralikar, P., Gade, A., Chaud, M.V., and dos Santos, C.A. 2018. Smart nanopackaging for the enhancement of food shelf life. Environmental Chemistry Letters: 1-14.

[9] Al-Naamani, L., Dutta, J., and Dobretsov, S. 2018. Nanocomposite zinc oxide-chitosan coatings on polyethylene films for extending storage life of okra (*Abelmoschus esculentus*). Nanomaterials, 8: 1-14.

[10] Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., and Soleimanian-Zad, S. 2010. Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. Innovative Food Science &Emerging Technologies, 11(4): 742-748.

[11] Valipoor Motlagh, N., Hamed Mosavian, M.T., and Mortazavi, S.A. 2013. Effect of polyethylene packaging modified with silver particles on the microbial, sensory and appearance of dried barberry. Packaging Technology and Science, 26(1): 39-49.

[12] Yang, F., Li, H., Li, F., Xin, Z., Zhao, L., Zheng, Y., and Hu, Q. 2010. Effect of nano-packing on preservation quality of fresh strawberry (*Fragaria ananassa* Duch. cv Fengxiang) during storage at 4 °C. Journal of Food Chemistry, 75(3): 236-240.

[13] Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., and Amiri, S. 2017. Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with *Aloe vera* and black

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. Journal of Food Quality, 2017:1-10.
[14] 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-Food Science and Technology, 39(6): 671-676.
[15] Ayoubi, A. 2017. Effect of polysaccharide-based edible coating (starch and pectin) on quality of Mazafati date fruit. Journal of Food Research, 26(4): 667-680.
[16] Miller, G. 1959. Modified DNS method for reducing sugars. Analytical Chemistry, 31(3): 426-428.
[17] Nadernejad, N., Ahmadimoghadam, A., Hossyinifard, J., and Poorseyedi, S. 2013. Effect of different rootstocks on PAL activity and phenolic compounds in flowers, leaves, hulls and kernels of three pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. Trees, 27(6): 1681-1689.
[18] Radi, M., Akhavan-Darabi, S., Akhavan, H.R., and Amiri, S. 2018. The use of orange peel essential oil microemulsion and nanoemulsion in pectin-based coating to extend the shelf life of fresh-cut orange. Journal of Food Processing and Preservation, 42(2): 1-9.
[19] Ismail, B., Haffar, I., Baalbaki, R., and 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.
[20] Jemni, M., Gómez, P.A., Souza, M., Chaira, N., Ferchichi, A., Otón, M., and 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.
[21] Peyro-Mousavi, S.F., Heidari Nasab, A., Hashemipour Rafsanjani, H., and Rajabalipour, A.A. 2013. Investigation the effect of films containing silver nanoparticles on the shelf-life of Mazafati date. Food Technology and Nutrition, 10(4): 65-72.
[22] Dehghan-Shoar, Z., Hamidi-Esfahani, Z., and Abbasi, S. 2010. Effect of temperature and modified atmosphere on quality preservation of sayer date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). Journal of Food Processing and Preservation, 34(2): 323-334.
[23] Cheraghi Dehdezi, S. and Hamdami, N. 2014. The effect of storage types and conditions on the texture properties of dates (Kabkab variety) during storage. Journal of Food Science & Technology, 12(46): 95-103.
[24] Zarbakhsh, S. and 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.
[25] Jemni, M., Chniti, S., Harbaoui, K., Ferchichi, A., and Artés, F. 2016. Partial vacuum and active modified atmosphere packaging for keeping overall quality of dates. Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology, 29(1): 1656-1665
[26] Mohapatra, D., Frias, J., Oliveira, F., Bira, Z., and Kerry, J. 2008. Development and validation of a model to predict enzymatic activity during storage of cultivated mushrooms (*Agaricus bisporus* spp.). Journal of food engineering, 86(1): 39-48.
[27] Huis in't Veld, J.H.J. 1996. Microbial and biochemical spoilage of foods: an overview. International Journal of Food Microbiology, 33(1): 1-18.
[28] Iwashina, T. 2003. Flavonoid function and activity to plants and other organisms. Biological Sciences in Space, 17(1): 24-44.
[29] Erkan, M., Wang, S.Y., and Wang, C.Y. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology, 48(2): 163-171.
[30] Moradi, A. and Binesh, M. 2010. Investigating the effect of nanoparticles of silver and titanium dioxide in polyethylene packaging used to preserve Mazafati date on microbial changes in 6 months. Microbial Biotechnology, 2(4): 45-51.
[31] Esmailzadeh, H., Khaksar, R., Sangpour, P., Khanlarkhani, A., and Karimi, N. 2013. New generation of food packaging based on nanoparticles: a review on mechanism and antimicrobial properties of silver nanoparticles. Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology, 7(5): 837-844.
[32] Edalatian, M.R. and Fazlara, A. 2008. Evaluation of microbial characteristics of Stamaran cultivar dates during storage in 1384. Iranian Food Science and Technology, 5(3): 45-52.

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]

Effect of polyethylene packaging containing zinc oxide nanoparticles on the shelf life of Mazafati date

Sadeghipour, S.[1], Akhavan, H.R.[2,3*], Shaker-Ardekani, A.[4] Hosseini, F.S.[5]

[1]MSc. Student, Department of Food Science and Technology, Kar Higher Education Institute of Rafsanjan, Kerman, Iran
[2]Research and Technology Institute of Plant Production (RTIPP), Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
[3]Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid BahonarUniversity of Kerman, Kerman, Iran
[4]Associate Professor, Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran
[5] Graduate MSc. student, Department of Mechanical Engineering of Bio-systems, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

(Received: 2019/02/05 Accepted:2019/04/09)

Date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) is a rich source of sugar, fiber, some vitamins, minerals and antioxidant phenolic compounds.The physico-chemical, biochemical and microbial changes occurring in this fruit reduce its quality propertiesduring storage time. In the present study, the effectsof polyethylene film containing 1 and 2% zinc oxide nanoparticles as nanocomposite packaging and film without nanoparticles as a control were evaluated in order to maintain some quality characteristics of Mazafati date fruit in two storage temperatures of 4 and 25 °C for 120 days. The results of analysis of variance showed that the effects of nanocomposite film, temperature and storage time on the studied parameters of Mazafati date were significant ($p < 0.05$). The least changes in quality parameters of weight loss, pH, titratable acidity, total soluble solids, total phenolic content and total and reducing sugar contents were observed in date samples packed in 2% nanocomposite film stored at 4 °C. The change in control sample stored at 25 °C was significantly higher than other samples.In addition, the use of nanocomposite packaging reduced the microbial growth rate (total aerobic mesophilic bacteria, and mold and yeast) compared to the control sample.With increasing storage temperature from 4 to 25 °C, an increasing trend was observed in microbial growth and changes in the quality parameters of all samples, which indicated a decrease in the quality characteristics of the date fruit. Considering the studied parameters, nanocomposite packaging containing 2% zinc oxide had better performance than nanocomposite packaging containing 1% zinc oxide. In general, the use of nanocomposite film containing 2% zinc oxide nanoparticles is suggested to maintain the quality characteristics of Mazatifi dates at a temperature of 4 °C.

Keywords: Nanocomposite packaging, Zinc oxide, Mazafati date, Shelf life

* Corresponding Author E-mail address: hr.akhavan@uk.ac.ir

Downloaded from fsct.modares.ac.ir at 9:56 IRDT on Tuesday May 7th 2019
[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-12-12]