



ارزیابی تاثیر پوشش خوراکی نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکیوشیمیایی و حسی انگور سیاه طی انبارداری

آریو امامی فر*

استادیار، گروه صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا

(تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۱۳، تاریخ آخرین بازنگری: ۹۶/۱۲/۱۶، تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۰)

چکیده

کاهش ضایعات انگور به‌عنوان دومین محصول باغی کشور، اهمیت فراوانی بر اقتصاد ایران دارد. محلول‌های پوشش‌دهنده بر پایه نانو اکسید روی با حل کردن و توزیع یکنواخت نانو ذرات اکسید روی به کمک امواج فراصوت در آب مقطر در غلظت‌های متفاوت صفر، ۰/۲۵، ۰/۷۵ و ۱/۲۵ g/L تهیه شد. پوشش‌دهی خوشه‌های انگور با غوطه‌ور سازی آن‌ها به مدت ۵ min در دمای محیط در هریک از محلول‌ها انجام گرفت. پس از آبکشی، خوشه‌ها بسته‌بندی شده و در انبار سرد با دمای ۱ °C و رطوبت نسبی ۹۰±۵٪ قرار داده شدند. آلودگی میکروبی (تعداد کپک و مخمر و کل باکتری‌های مزوفیل هوازی)، ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی (کاهش وزن، سفتی، مقدار اسید آسکوربیک، محتوی آنتوسیانین، فنل و ظرفیت ضد اکسایشی، اسیدیته، pH و کل مواد جامد محلول) و خصوصیات حسی میوه‌های انگور پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی در مقایسه با شاهد، هر ۱۵ روز یک بار و در طی ۴۵ روز انبارداری بررسی گردید. نتایج نشان داد که پوشش‌های حاوی نانوذرات اکسید روی در نمونه‌های انگور علاوه بر ایجاد تاخیر در رشد میکروارگانیسم‌ها، موجب کاهش وزن، انهدام اسید آسکوربیک، ترکیبات فنلی و آنتوسیانین و حفظ سفتی نسبت به نمونه‌های شاهد تا ۴۵ روز پس از شروع انبار مانی شدند (p < ۰/۰۱). پوشش‌های حاوی ۰/۷۵ g/L نانوذرات اکسید روی ضمن حفظ خصوصیات کیفی میوه‌های انگور در مقایسه با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد، بیش‌ترین اثر ضد میکروبی را نشان دادند. همچنین میوه‌های انگور پوشش داده شده با ۰/۷۵ g/L نانوذرات اکسید روی بالاترین امتیاز ویژگی‌های حسی را نیز از ارزیاب‌ها دریافت نمودند.

واژه‌های کلیدی: انگور سیاه، نانو اکسید روی، فناوری نانو، پوشش‌دهی.

۱. مقدمه

نانوساختار به‌عنوان فناوری جایگزین روش‌های سنتی پوشش‌دهی در حفظ کیفیت محصول، افزایش ماندگاری و کاهش فساد میکروبی مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱۱]. این نوع پوشش‌ها که رقیب بسته‌بندی‌های فعال نیز قلمداد می‌شوند، به دو شیوه پوشش‌ها با ضخامت نانومتری و یا پوشش حاوی نانوذرات در دسترس می‌باشند [۱۲]. از این نوع کاربرد، می‌توان به استفاده از پوشش ژلاتینی حاوی نانو ذرات سلولز، پوشش کیتوزان حاوی نانوذرات سیلیکا و یا پوشش آلژیناتی حاوی نانوکپسول‌های لیزوزیم به‌ترتیب در جهت افزایش عمر نگهداری توت فرنگی، میوه لونگان و پنیر، اشاره کرد [۱۱]. زامبرانو زاراگوزا و همکاران نیز شاخص قهوه‌ای شدن را در تکه‌های سیب تازه برش داده شده با استفاده از نانو پوشش‌های خوراکی حاوی آلفا توکوفرول کاهش دادند [۱۳]. مدیروز و همکاران افزایش عمر انبارمانی تکه‌های برش داده شده هلو را با پوشش‌دهی تو سط نانو پوشش‌های لایه ای حاوی کاراجینان و لیزوزیم گزارش نمودند [۱۴]. سوزا و همکاران نیز با پوشش‌دهی لایه‌های انبه توسط نانو پوشش‌های خوراکی آلژینات سدیم و کیتوزان، افزایش عمر انبارمانی آن‌ها را در دمای ۸ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند [۱۵]. اکسید روی به‌عنوان یک ترکیب ایمن (GRAS) توسط اداره غذا و داروی آمریکا شناخته و کاربرد آن در صنایع غذایی و دارویی تایید شده است. [۱۶] با استفاده از فناوری نانو و با کاهش ابعاد ذرات در حد نانومتر قدرت فعالیت سطحی مواد و نسبت واکنش دهندگی آن‌ها با محیط اطراف به‌دلیل ازدیاد بخش‌های فعال سطحی افزایش می‌یابد [۱۷]. ایمنی در استفاده و همچنین خاصیت ضد میکروبی اکسید روی از یک سو و افزایش قدرت ضد میکروبی آن با کاهش ابعاد در حد نانومتر و لذا استفاده از غلظت‌های بسیار کم‌تر، از سوی دیگر نانوذرات اکسید روی را به‌عنوان گزینه‌ای مناسب جهت پوشش‌دهی میوه‌ها و به‌خصوص انگور مطرح می‌کند. هدف اصلی این تحقیق ارزیابی تاثیر نانوذرات اکسید روی به‌عنوان پوشش خوراکی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی انگور سیاه تازه طی ۴۵ روز انبارداری در دمای ۱ °C و رطوبت نسبی ۹۰٪ است.

امروزه مصرف میوه انگور و به‌خصوص انگور سیاه به‌دلیل خواص فراسودمندی آن مورد توجه بیش‌تری قرار گرفته است [۱]. انگور سیاه رقم رشا (*Vitis vinifera cv. Rasha*) که در بیش‌تر مناطق استان‌های کردستان و آذربایجان غربی کشت می‌گردد، رقمی قابل بررسی است. این رقم دیررس و دیم بوده و رنگ ظاهری آبی تا سیاه، طعمی شیرین و معطر و مواد جامد محلول بالایی دارد و به‌دلیل محتوی قابل توجه ترکیبات پلی فنلی و آنتوسیانینی، از آن به‌عنوان غذا-دارو یاد می‌شود [۲]. عواملی نظیر افت وزن، فساد میکروبی و نرم‌شدگی، کیفیت این میوه نافزا گرا^۱ را طی مراحل پس از برداشت، حمل و نقل و انبارداری تحت تاثیر جدی قرار داده و کاهش عمر نگهداری، افت کیفیت و بازارپسندی را به دنبال خواهند داشت [۳-۴]. گازدهی با گاز گوگرد، روشی سنتی و رایج در مبارزه با فساد میکروبی انگور با هدف افزایش عمر نگهداری آن در انبار است. لزوم استفاده مکرر از گاز گوگرد طی انبارداری از یک سو و وجود باقی‌مانده گوگرد در محصول (حداکثر مجاز ۱۰ ppm) که علاوه بر تاثیر منفی بر سلامت مصرف‌کننده، بر بازار پسندی، رنگ و کیفیت عطر و طعم آن نیز آسیب جدی وارد می‌کند، از سوی دیگر، میزان استقبال از این روش را با کاهش مواجه ساخته است [۳، ۵]. یکی از فناوری‌هایی که امروزه با هدف کنترل و یا کاهش ضایعات و افزایش عمر پس از برداشت انگور، توجه زیادی را به خود معطوف داشته، استفاده از پوشش‌های خوراکی و به‌ویژه پوشش‌هایی با خاصیت ضد میکروبی است. پوشش‌های خوراکی فساد محصولات تازه را با تشکیل یک لایه نیمه تراوا در اطراف محصول که منجر به کاهش نفوذپذیری به اکسیژن و دی‌اکسید کربن و رطوبت می‌گردد و در نتیجه کاهش تنفس، افت وزن و واکنش‌های اکسیداتیو را به دنبال دارد، کاهش می‌دهند [۶]. استفاده از پوشش‌های خوراکی ضد میکروبی نظیر ژل آلون^۲ و [۷] کیتوزان [۵]، اسانس‌های گیاهی [۸]، پلی ساکاریدهای ترکیبی [۹] و عصاره هسته گریب فروت [۱۰]، با هدف بهبود ایمنی و افزایش عمر پس از برداشت انگور مورد توجه قرار گرفته است. پوشش‌های خوراکی

۴.۲. بررسی توزیع پراکندگی نانوذرات اکسید روی بر سطح میوه انگور

اندازه و نحوه پراکندگی سوسپانسیون‌های نانو ذرات اکسید روی پوشش داده شده بر سطح نمونه‌های انگور با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل FESEM, TESCAN, Mira3 ساخت کشور چک با روش خلا کم و ولتاژ ۳۰ Kv مورد بررسی قرار گرفت. آماده‌سازی نمونه‌های به این ترتیب انجام گرفت که از هر تیمار سه حبه انگور به صورت تصادفی انتخاب و لایه‌های برش یافته بسیار نازک با ضخامت ۱ mm، طول ۸ و عرض ۸ mm از سطح آن‌ها تهیه گردید. نمونه‌ها بلافاصله با نیتروژن مایع منجمد و با قرار گرفتن روی پایه آلومینیومی و با استفاده از روش لایه نشانی پلاسما و تحت خلا، یک لایه نازک طلا با ضخامت تقریباً ۱۰ nm، بر سطح نمونه‌های منجمد پوشانده شد. طی این عمل و تحت فشار پایین نمونه‌ها خشک شده بر سطح لامل آزمایشگاهی، روی پایه ثابت تثبیت شدند. از نمونه‌های تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی تصویربرداری گردید.

۵.۲. بررسی خصوصیات میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی انگور پوشش داده شده در انبار

از بسته‌های حاوی خوشه‌های انگور پوشش داده شده و بدون پوشش قبل از انبارداری و در لحظه صفر و پس از ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز انبارداری در سه تکرار جهت انجام آزمون‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی نمونه برداری گردید.

۱.۵.۲. آزمون‌های میکروبی

برای شمارش کپک و مخمر از روش کشت سطحی و روش کشت آمیخته برای شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی استفاده شد. کلیه آزمایش‌ها در سه تکرار انجام و پس از شمارش کلنی‌ها به صورت چشمی در هر دو گروه از میکروارگانیسم‌ها شامل کپک و مخمر و باکتری‌های مزوفیل هوازی، نتایج به صورت $\log CFU/g$ که به معنی لگاریتم تعداد واحد کلنی میکروارگانیسم‌ها در هر گرم میوه می‌باشد، گزارش گردید [۱۹].

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. برداشت انگور تازه

نمونه‌های انگور تازه رقم رشه (Vitis vinifera cv. Rasha)، در اوایل صبح برداشت و حداکثر ۲ ساعت پس از آن، در ظروف کوچک با عمق ۲۰ cm به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از جداسازی میوه‌های لهیده، نارس و ترک خورده، میوه‌های سالم جهت پوشش‌دهی انتخاب شده و تا زمان اجرای تیمار پوشش‌دهی در سردخانه با دمای $1^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۹۰٪ نگهداری شدند.

۲.۲. تهیه و آماده سازی سوسپانسیون حاوی نانوذرات اکسیدروی

پودر نانوذرات اکسید روی با قطر متوسط 2 ± 70 nm از شرکت پیشگامان نانو مواد مشهد خریداری گردید. پس از تهیه سوسپانسیون نانوذرات اکسید روی در آب مقطر استریل، این محلول در دستگاه حمام فراصوت مدل الما ساخت آلمان با دمای $25^{\circ}C$ ، فرکانس ۲۵ KHz کیلوهرتز و به مدت ۴۵ min با هدف پراکنده شدن مناسب نانوذرات اکسید روی و تهیه سوسپانسیون پایدار قرار داده شد [۱۸].

۳.۲. پوشش‌دهی با سوسپانسیون حاوی نانوذرات اکسید روی

خوشه‌های انگور با اندازه و وزن تقریباً یکسان، در سوسپانسیون حاوی نانو ذرات اکسید روی در چهار مقدار صفر، ۰/۲۵، ۰/۷۵ و $1/25$ g/L به مدت ۵ min در دمای محیط $25^{\circ}C$ غوطه‌ور شدند. پس از پوشش‌دهی، خوشه‌ها آبکش و در حدود ۳۰ min با هدف خشک شدن پوشش در دمای محیط نگهداری شدند. خوشه‌های پوشش داده شده و شاهد به صورت تصادفی در ظروف یکبار مصرف پلی پروپیلنی درب‌دار با ابعاد $20 \times 20 \times 10$ cm بسته‌بندی (۴۸ بسته که هر بسته تقریباً حاوی $1 \pm 0/05$ Kg انگور تازه بود) و به انبار سرد با دمای $1^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۹۰٪ منتقل شدند.

۲.۵.۲. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

در این ارزیابی عدد ۵ خیلی خوب، عدد ۴ خوب، عدد ۳ متوسط، عدد ۲ ضعیف و عدد ۱ بسیار ضعیف را نشان داد. از ارزیاب‌ها خواسته شد تا نمونه‌های انگور را در چهار ویژگی رنگ، عطر و طعم، بافت و پذیرش کلی، پس از بسته‌بندی و هر ۱۵ روز یک بار طی ۴۵ روز ارزیابی نمایند.

۶.۲. روش آماری

این تحقیق در قالب آزمون فاکتوریل کاملاً تصادفی با دو فاکتور پوشش نانوذرات اکسیدروی در چهار غلظت متفاوت صفر، ۰/۲۵، ۰/۷۵ و ۱/۲۵ g/L و زمان انبارداری در چهار سطح ۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از برداشت و در سه تکرار انجام شد. نتایج آزمون‌های میکروبی و فیزیکوشیمیایی، بر اساس واریانس داده‌ها یک‌طرفه (ANOVA) تجزیه و تحلیل شده و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD استفاده شد. در ارزیابی ویژگی‌های حسی از آزمون کروسکال-والیس که یک آزمون غیرپارامتری استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

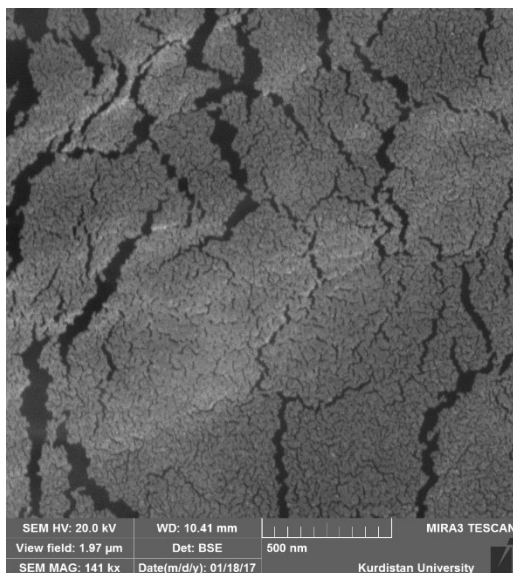
۱.۳. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح حبه‌های انگور غوطه ور شده در محلول حاوی نانوذرات اکسید روی به ترتیب در غلظت‌های متفاوت صفر، ۰/۲۵، ۰/۷۵ و ۱/۲۵ g/L به همراه سطح نمونه بدون پوشش در شکل (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، نحوه پراکندگی نانوذرات اکسید روی در غلظت ۰/۷۵ g/L مقایسه با سایر غلظت‌ها از توزیع یکنواخت‌تری برخوردار می‌باشد. با افزایش غلظت نانوذرات تا ۱/۲۵ g/L، میزان آگلومره و کلوخه شدن نانوذرات افزایش و پراکندگی و توزیع یکنواخت آن‌ها در سطح محصول به دلیل افزایش نیروی جاذبه واندروالسی بین نانوذرات کاهش می‌یابد که کاهش قدرت ضد میکروبی را به همراه خواهد داشت. کوچک بودن اندازه در نانوذرات با افزایش نسبت سطح به حجم افزایش کارایی نانوذرات را به دنبال دارد [۲۸].

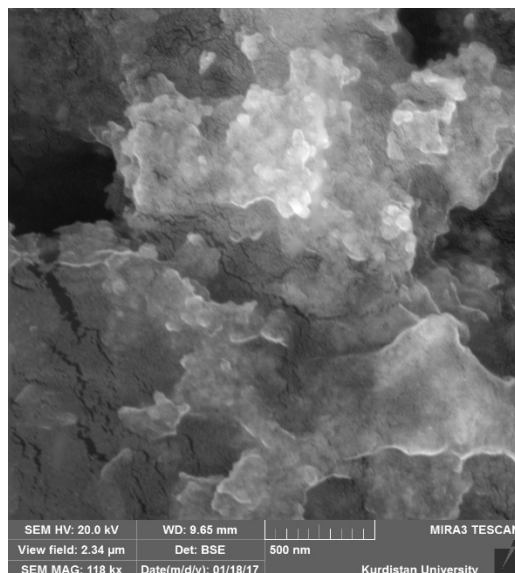
وزن میوه‌های شاهد و تیمار شده قبل از انتقال به سردخانه و در روزهای نمونه‌برداری با توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری و میزان کاهش وزن نمونه‌ها به صورت درصد کاهش وزن اولیه محاسبه گردید [۲۰]. سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه بافت سنج سنتام مدل STM-1 ساخت ایران با پروب ۲ mm و سرعت بارگذاری ۲۰ mm/min اندازه‌گیری و میانگین سفتی بر حسب واحد نیرو N گزارش گردید [۷]. از آب میوه برای تعیین اسیدیته قابل تیتراسیون، pH و درصد مواد جامد محلول استفاده شد. مقدار مواد جامد محلول با استفاده از رفاکومتر دیجیتالی و براساس درجه بریکس [۲۱] و مقدار pH با استفاده از pH متر دیجیتالی اندازه‌گیری و گزارش گردید [۲۲]. اندازه‌گیری اسیدیته به روش خنثی سازی آب میوه، با استفاده از سود ۰/۱ N تا رسیدن به pH معادل ۸/۱ با استفاده از pH متر انجام و میزان سود مصرفی در محاسبه مقدار اسید بر حسب درصد اسید تارتاریک استفاده شد [۲۳]. مقدار اسید آسکوربیک با استفاده از روش تیتراسیون آب میوه با معرف ۲و۶-دی کلروفنل ایندوفنول و بر اساس حجم ایندوفنول مصرفی اندازه‌گیری و به صورت میلی گرم بر صد گرم وزن تر میوه بیان گردید [۲۴]. محتوای کل آنتوسیانین نمونه‌ها با استفاده از روش اختلاف pH و بر حسب مالونینیدین تری گلیکوزید اندازه‌گیری و مقدار آن بر حسب میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر میوه گزارش گردید [۲۵]. محتوای فنل کل به روش فولین-سیکالتو اندازه‌گیری و با استفاده از منحنی استاندارد اسید گالیک، فنل کل به صورت میلی‌گرم اسید گالیک در یک کیلوگرم وزن تر محاسبه گردید [۲۶]. ظرفیت ضد اکسایشی با استفاده از روش اندازه‌گیری کاهش ظرفیت رادیکالی به کمک ۲،۲-دی فنیل-۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH) مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج به صورت درصد خنثی کردن رادیکال آزاد بیان گردید [۲۷].

۳.۵.۲. آزمون حسی

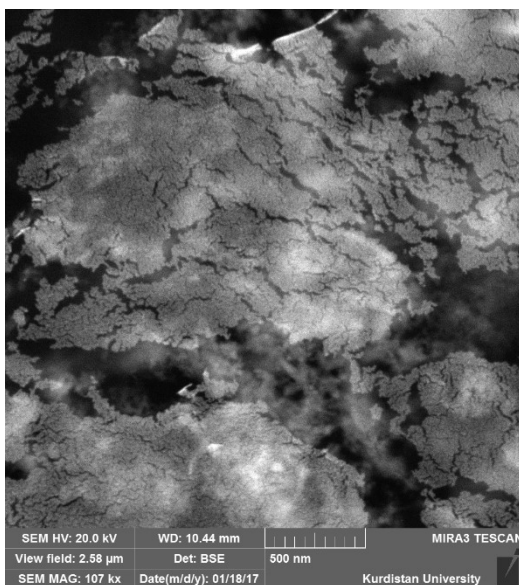
در این ارزیابی از ده نفر از دانشجویان و استادان دانشگاه به عنوان ارزیاب کمک گرفته شد. ارزیابی حسی با استفاده از روش آزمون لذت بخشی و با درجه بندی کیفی ۵ نقطه‌ای اجرا گردید.



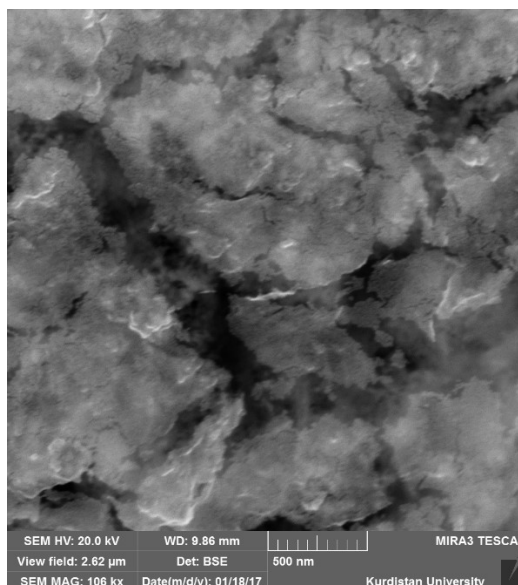
(a)



(b)



(c)



(d)

شکل (۱) تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سطح حبه های انگور پوشش داده شده با غلظت های مختلف نانو اکسید روی شامل (a) شاهد، (b) ۰/۲۵ g/L، (c) ۰/۷۵ g/L و (d) ۱/۲۵ g/L.

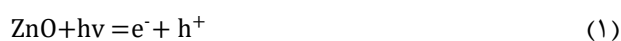
Fig. 1. SEM micrographs of the grape surface with different nano ZnO concentrations including, a) Control, b) 0.25 g/L, c) 0.75 g/L and d) 1.25 g/L.

آلودگی میکروبی آن طی انبارداری بسیار موثر است. متوسط تعداد کپک ها و مخمرها و باکتری های مزوفیل هواری در نمونه های انگور بسته بندی شده قبل از انبارداری و در

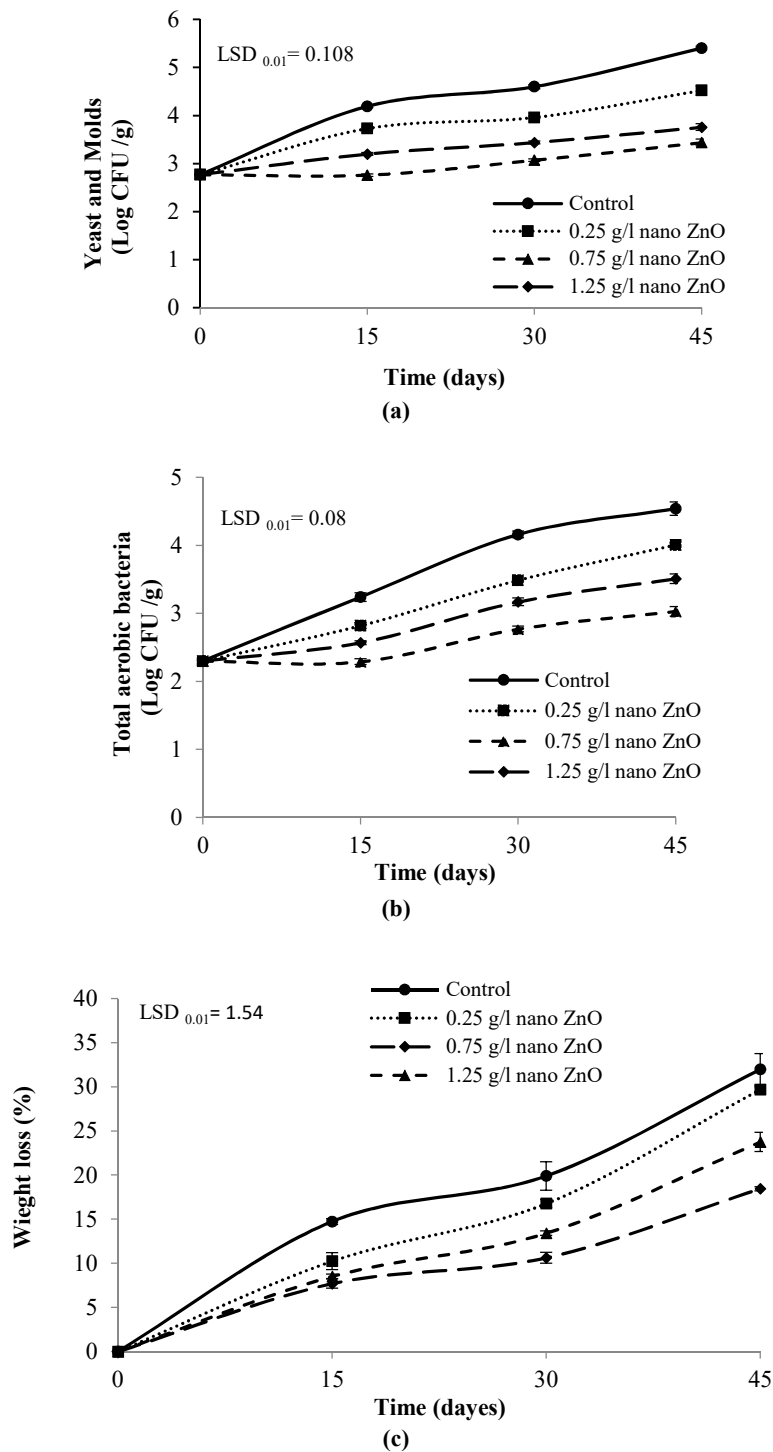
۲.۲. آزمون های میکروبی

آلودگی میکروبی اولیه میوه انگور، بر میزان موفقیت استفاده از پوشش دهی با نانوذرات اکسید روی در ممانعت از افزایش

عدم پراکندگی یکنواخت و تا حدی کلوخه شدن نانوذرات اکسید روی در آب در غلظت‌های بالاتر مرتبط دانست، شکل (a-1). این نتیجه با یافته‌های جونز و همکاران نیز هماهنگی دارد [۳۶]. خاصیت ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی را می‌توان به عواملی نظیر، القای تنش اکسیداتیو به دلیل آزاد سازی گونه‌های اکسیژن فعال حاصل از نانوذرات در سطح غشاء سلول میکروبی و از هم گسیختن آن، انهدام غشاء سلولی میکروارگانیسم‌ها به دلیل تجمع نانوذرات و یا اتصال کاتیون‌های روی بر سطح غشاء مرتبط دانست [۳۷]. ساوای و یوشیکاوا نیز با بررسی پودر اکسیدهای روی، مس و منیزیم خاصیت ضد میکروبی این سه اکسید فلزی را در برابر طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها تایید کردند [۳۸]. بوی و همکاران مهم‌ترین دلیل نقش ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی را بهره‌گیری از پدیده فتوکاتالیستی و تولید گونه‌های اکسیژن فعال موثر در انهدام میکروارگانیسم‌ها بیان داشتند. تابش نور و دریافت انرژی توسط اکسید روی که یک ترکیب نیمه هادی و دارای دو باند ظرفیت (پر از الکترون) و باند هدایت (خالی از الکترون) است، منجر به تشکیل الکترون‌های برانگیخته (e^-) و انتقال آن‌ها از باند ظرفیت به باند هدایت و در نتیجه تشکیل حفره‌های پرنرژی (h^+) در باند ظرفیت خواهد شد. الکترون‌های و حفره‌های ایجاد شده در تماس با مولکول‌های آب و اکسیژن محیط محصولاتی نظیر رادیکال آنیون سوپراکسید اکسیژن ($O_2^{\cdot-}$)، رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل (OH^{\cdot}) و مولکول‌های پر اکسید هیدروژن (H_2O_2) را تولید می‌کنند که نقش گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) را بازی می‌کنند. این ترکیبات، فعالیت ضد میکروبی خود را با نفوذ در غشاء سلولی میکروارگانیسم‌ها و از هم گسیختگی آن و از طرفی انهدام ساختار پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک سلول میکروارگانیسم‌ها انجام می‌دهند. مکانیسم پدیده فتوکاتالیستی در روابط (۱) الی (۵) نشان داده شده است [۳۹].



لحظه صفر $2/77$ و $2/30 \log CFU/g$ شمارش شد. آلودگی میکروبی در تمامی انگورهای انبار شده با افزایش زمان انبارداری تا ۴۵ روز، به صورت معنی‌داری ($p < 0/01$) روند افزایشی داشت (شکل ۲). افزایش بار میکروبی در میوه‌های انگور سردخانه گذاری شده با نتایج سایر محققان نیز همخوانی دارد [۲۹]. القراشی و آواد نیز روند افزایشی آلودگی میکروبی را در انگورهای تازه، طی ۳۰ روز انبارداری و در دمای صفر درجه سانتی‌گراد گزارش دادند [۳۰]. رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های فاسدکننده بر سطح میوه با تولید فراوان آنزیم‌های مترشحه خارج سلولی نظیر پکتیناز و سلولاز، از هم گسیخته کردن دیواره سلولی بافت گیاهی، تشدید فساد همراه شده و کاهش کیفیت محصول را به دنبال خواهد داشت [۳۱]. شکل (۲) نشان می‌دهد که پوشش نانو ذرات اکسید روی در انگورهای تازه به صورت معنی‌داری ($p < 0/01$) از رشد کپک‌ها و مخمرها و همچنین باکتری‌های مزوفیل هوازی در مقایسه با نمونه شاهد طی دوره انبارداری ممانعت کرده‌اند، به طوری که در پایان ۴۵ روز انبارداری تعداد کپک‌ها و مخمرها در خوشه‌های انگور شاهد بدون پوشش به $5/4 \log CFU/g$ و به ترتیب در نمونه‌های پوشش داده شده با غلظت $0/25$ ، $0/75$ و $1/25 g/L$ نانوذرات اکسید روی به $4/52$ ، $3/76$ و $3/44 \log CFU/g$ رسیده است. همچنین تعداد کل باکتری‌های مزوفیل هوازی در میوه‌های بدون پوشش ($4/54 \log CFU/g$) در مقایسه با نمونه‌های پوشش داده شده با $0/25$ ، $0/75$ و $1/25 g/L$ نانوذرات اکسید روی به $4/01$ ، $3/51$ و $3/03 \log CFU/g$ رسیده که کاهش معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد را نشان می‌دهد. اثر ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی به صورت ترکیب با مواد بسته‌بندی در کاهش بار میکروبی محصولاتی نظیر آب پرتقال [۳۲] و برش‌های سیب [۳۳، ۳۴] و یا به صورت پوشش روی محصول، در توت فرنگی [۳۵] گزارش شده است. در حالی که شدت آلودگی میکروبی انگورهای پوشش داده شده طی انبارداری با افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی از روند تقریباً کاهشی پیروی می‌کند، اما با افزایش غلظت نانو ذرات اکسید روی در پوشش‌ها از $0/75$ به $1/25 g/L$ قدرت ضد میکروبی پوشش، کاهش معنی‌داری ($p < 0/01$) را نشان می‌دهد. این پدیده را می‌توان به



شکل (۲) مقایسه میانگین (a) تعداد کپک‌ها و مخمرها، (b) باکتری‌های مزوفیل هوازی، (c) کاهش وزن و (d) سفتی حبه‌های انگور پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی و نمونه شاهد طی انبارداری در دمای ۱ °C و رطوبت نسبی ۹۰٪.

Fig. 2 The mean comparison of a) yeasts and molds populations, b) total aerobic bacteria populations, c) weight loss and d) firmness between control and nano ZnO coated grapes during storage at 1°C and RH= 90%.

اکسیدروی بر سطح میوه انگور و در نتیجه تولید پوششی ناهمگن نسبت داد، شکل (۱-d). دو دلیل اصلی تبخیر سطحی و یا افزایش تنفس و از دست دادن اتم‌های کربن به صورت دی اکسیدکربن را می‌توان از جمله دلایل اصلی افت وزن محصولات کشاورزی و به خصوص میوه‌ها برشمرد [۴۳]. چن و همکاران بیان داشتند که بسته‌بندی انگور تازه پس از برداشت در بسته‌هایی با نفوذپذیری کم به گازها از افزایش افت وزنی محصول طی انبارداری در دمای صفر درجه سانتی‌گراد می‌کاهد [۴۴]. آواد و همکاران نیز دو عامل افت وزن و فساد میکروبی را از اصلی‌ترین دلایل کاهش عمر انبارداری انگور تازه بیان نمودند [۴۵]. بررسی شکل (۲-c) و (۲-d) نشان دهنده رابطه معکوس بین افت وزن و سفتی انگورهای پوشش داده و یا شاهد طی انبارداری است که با نتایج چامپا و همکاران مطابقت دارد [۴۶].

۲.۳.۳. سفتی

میزان سفتی در نمونه‌های انگور بسته‌بندی شده قبل از انبارداری ۷/۷ N اندازه‌گیری شد. اثر پوشش نانوذرات اکسیدروی بر سفتی انگور رقم رشه طی مدت ۴۵ روز انبارداری و در دمای ۱ °C در شکل (۲-d) نشان داده شده است، که روند کاهش سفتی را در تمامی نمونه‌های انگور انبار شده با افزایش زمان انبارداری نشان می‌دهد ($p < 0/01$) سرعت نرم شدن در نمونه‌های شاهد به مراتب بیش‌تر از نمونه ای پوشش داده شده است. در پایان ۴۵ روز انبارداری، سفتی در نمونه‌های شاهد به ۳/۱۲ و در نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۷۵، ۱/۲۵ g/L، نانوذرات اکسید روی به ترتیب ۴/۶۷، ۵/۹۳، ۵/۳۰ N رسیده است شکل (۲-d) پدیده نرم‌شدگی در میوه‌ها طی انبارداری، با تجزیه اجزای اصلی سازنده دیواره سلولی و تیغه میان سلولی میوه در نتیجه فعالیت آنزیم‌هایی نظیر پلی‌گالاکتوروناز، پکتیناز و همی سلولاز شروع می‌شود. این پدیده در انگور با بیش‌ترین کاهش در همی سلولوز و سلولوز و تا حدی پکتین همراه است [۴۷]. فساد ناشی از میکروارگانیزم‌ها و به خصوص کپک‌ها در میوه‌ها از جمله انگور نیز ارتباط مستقیمی با افزایش پدیده نرم‌شدگی میوه دارد که با تولید آنزیم‌های شکننده پکتین همراه است [۴۸]. با توجه به شکل (۲-d) می‌توان دریافت که حضور ترکیبات ضد میکروبی



ترکیبات حاوی اکسیژن فعال می‌توانند به‌عنوان پیام‌های ثانویه در فعال شدن سیستم دفاعی سلول در برابر آلودگی‌ها و شرایط نامساعد محیطی نیز عمل می‌کنند [۴۰]. بنابراین می‌توان کاهش وقوع فساد میکروبی در انگورهای پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی را به این پدیده نیز مرتبط دانست.

۱.۳.۳. کاهش وزن

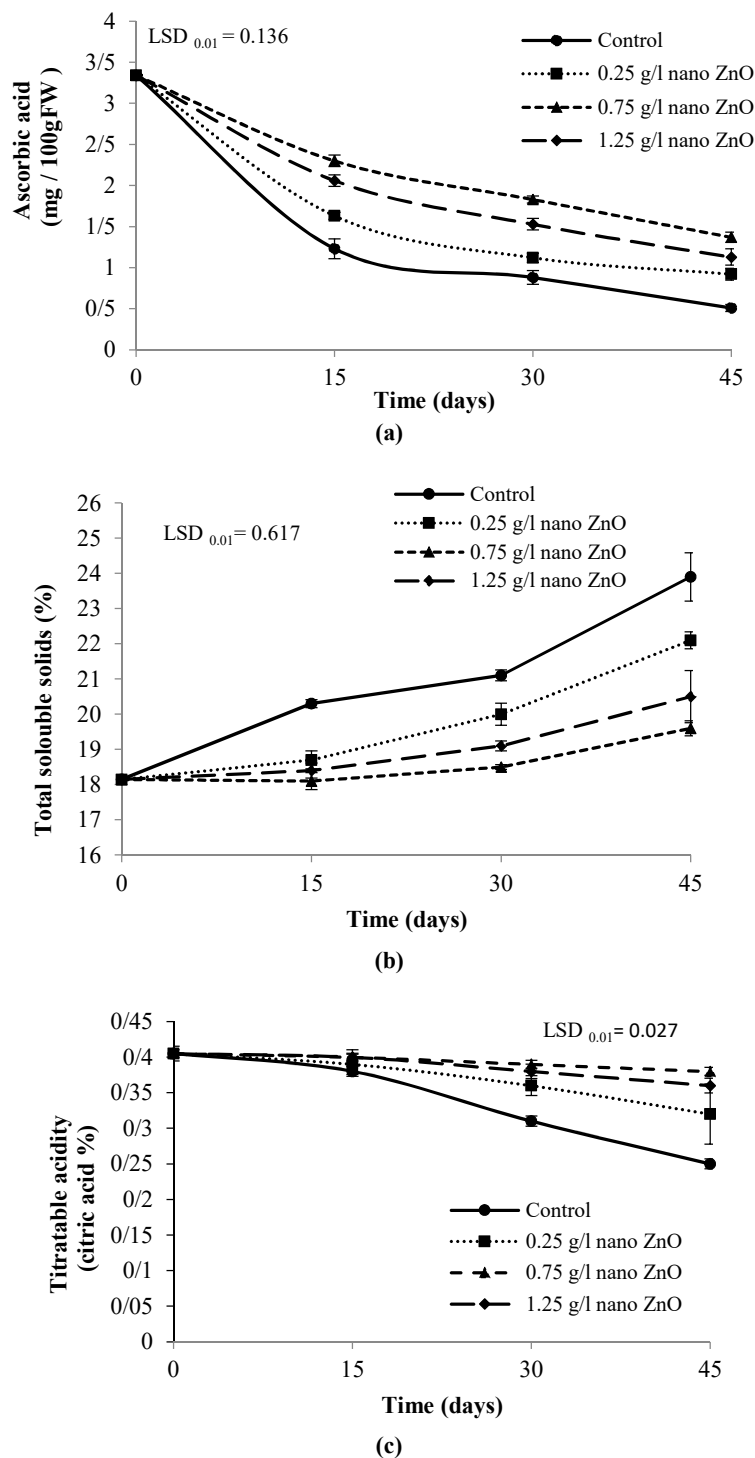
مطابق با شکل (۲-c)، میزان کاهش وزن در تمامی نمونه‌های انگور انبار شده با افزایش زمان انبارداری، روند افزایشی ($p < 0/01$) را نشان می‌دهد هر چند حضور نانوذرات اکسید روی به شکل معنی‌داری ($p < 0/01$) بر کاهش افت وزنی میوه انگور در انبار موثر است، به طوری که در پایان ۴۵ روز انبارداری در نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۷۵، ۱/۲۵ g/L و ۱۸/۴۵ و ۲۹/۶۹، ۲۳/۷۶٪ و در اکسیدروی، مقدار کاهش وزن به ۱۸/۴۵، ۲۹/۶۹، ۳۱/۹۷٪ می‌رسد. شدت تغییرات وزنی در انگورهای پوشش داده شده به مراتب کم‌تر از نمونه‌های شاهد می‌باشد. حضور پوشش نانو ذرات اکسید روی می‌تواند به‌عنوان مانعی در اطراف میوه عمل نموده و تبخیر سطحی و هم‌چنین ورود و خروج گازها به محصول را کاهش داده دهد. نتایج این بخش از تحقیق در خصوص تاثیر مثبت پوشش نانو ذرات اکسید روی بر کاهش افت وزنی میوه انگور طی انبارداری با نتایج ژائو و همکاران در خصوص زردآلو [۴۱]، منگ و همکاران در خصوص برش‌های کیوی [۴۲] و سوگوار و همکاران در خصوص توت فرنگی مطابقت دارد [۳۵]. با افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی تا ۰/۷۵ g/L، مقدارافت وزنی در انگورهای پوشش داده شده کاهش می‌یابد و این در حالی است که در انگورهای پوشش داده شده با ۱/۲۵ g/L نانوذرات اکسید روی پوشش‌های اگرچه افت وزنی نسبت به نمونه‌های شاهد بسیار کم‌تر ($p < 0/01$) است اما در مقایسه با نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۷۵ g/L نانوذرات اکسید روی، افت وزنی روند افزایش معنی‌داری ($p < 0/01$) را نشان می‌دهد. این نتیجه را می‌توان با عدم یکنواختی نانوذرات

دی اکسید تیتانیم بر گاز اتیلن در دمای 3°C گزارش نمودند که این نانوذرات در محیط مایع با جذب اتیلن و با استفاده از پدیده فتوکاتالیستی اتیلن را به دی اکسید کربن و آب تبدیل می‌کنند [۵۲]. تاثیر مثبت نانوذرات اکسید روی در ممانعت از نرم‌شدگی میوه توت فرنگی [۳۵]، زردآلو [۴۱] و کیوی [۴۲] نیز گزارش شده است. منگ و همکاران نیز رابطه مستقیم بین افت وزن و کاهش سفتی میوه‌ها را گزارش داده‌اند [۴۲]. این نتیجه با نتایج ارائه شده در شکل (۲-c و ۲-d) مطابقت دارد.

۳.۳.۳. اسید آسکوربیک

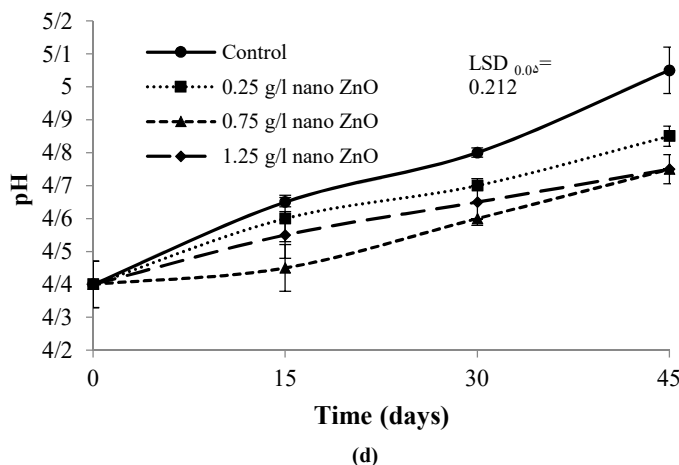
میزان اسید آسکوربیک در نمونه‌های انگور بسته‌بندی شده قبل از انبارداری $3/34 \text{ mg}/100\text{g}$ میوه اندازه‌گیری شد. اثر به‌کارگیری پوشش نانوذرات اکسید روی بر مقدار اسید آسکوربیک انگور طی مدت ۴۵ روز انبارداری و در دمای 1°C در شکل (۳-a) نشان داده شده است. با مشاهده این نمودار می‌توان دریافت که با افزایش زمان انبارداری، مقدار اسید آسکوربیک در تمامی نمونه‌های انگور انبار شده به‌صورت معنی‌داری ($p < 0/01$) کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق با نتایج ینژس و شائوینگ در خصوص کاهش مقدار اسید آسکوربیک انگور با افزایش زمان سردخانه گذاری مطابقت دارد [۹]. مطابق با شکل (۳-a) پوشش‌دهی به شکل معنی‌داری ($p < 0/01$) بر کاهش تخریب اسید آسکوربیک موجود در انگور طی انبارداری موثر می‌باشد، به طوری که در پایان ۴۵ روز انبارداری، مقدار اسید آسکوربیک در نمونه‌های شاهد به $0/51 \text{ mg}/100\text{g}$ و در نمونه‌های پوشش داده شده با $0/25$ ، $0/75$ و $1/25 \text{ g}/\text{L}$ نانوذرات اکسید روی، به‌ترتیب به $0/92$ ، $1/37$ و $1/13 \text{ mg}/100\text{g}$ میوه تر می‌رسد. نوع رقم و خصوصیات شیمیایی اولیه و شرایط قبل از برداشت میوه و همچنین عوامل پس از برداشت نظیر رطوبت، تغییر در گازهای اتمسفری محیط و دمای نگهداری بر ممانعت از تخریب اسید آسکوربیک آن طی انبارداری موثر است [۵۳]. با توجه به شکل (۳-a) می‌توان چنین دریافت که در انگورهای پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی در مقایسه با نمونه‌های شاهد، تخریب اسید آسکوربیک طی انبارداری به‌صورت معنی‌داری ($p < 0/01$)

نانواکسید روی به‌عنوان پوشش، در حفظ سفتی میوه انگور طی انبارداری به‌صورت معنی‌داری ($p < 0/01$) موثر است و با افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی پوشش تا حد مشخص $0/75 \text{ g}/\text{L}$ ، میزان سفتی حبه‌های انگور طی انبارداری ($p < 0/01$) حفظ می‌گردد. حفظ سفتی بافت انگورهای پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی را می‌توان به نقش ممانعت‌کنندگی نانوذرات اکسید روی از فعالیت آنزیم‌های مرتبط با نرم‌شدگی بافت میوه نسبت داد. از طرف دیگر پوشش‌های نانوذرات اکسید روی به‌صورت لایه ای نازک ورود و خروج گازها به بافت میوه را تا حدی کند می‌کنند. بر طبق گزارش مفتون آزاد و همکاران، کاهش غلظت اکسیژن و افزایش غلظت دی اکسید کربن منجر به کاهش فعالیت آنزیم‌های پکتین استراز و پلی گالاتکتوروناز و کاهش نرم‌شدگی بافت میوه‌ها است [۴۹] که با نتایج کاهش نرم‌شدگی بافت انگورهای پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی مطابقت دارد. از طرف دیگر با توجه به این که بسیاری از آنزیم‌های شکننده اجزای دیواره سلولی و لایه میانی، منشاء میکروبی نیز دارند [۵۰]، لذا کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها مولد فساد در اثر حضور ترکیبات ضد میکروب نانوذرات اکسید روی به‌عنوان پوشش در سطح حبه‌های انگور، در کاهش فعالیت این قبیل آنزیم‌ها موثر خواهد بود. همخوانی نمودارهای (۲-b و ۲-a) با (۲-d) هماهنگی بین کاهش فساد میکروبی و حفظ سفتی بافت را نشان می‌دهد. یوان و همکاران با انبارداری خوشه‌های انگور در دمای 2°C و رطوبت نسبی ۹۰٪ بیان داشتند که با افزایش زمان انبارداری طی ۵۰ روز، سفتی بافت کاهش می‌یابد. ایشان دلیل کاهش سفتی را ادامه یافتن فرایند رسیدگی میوه‌ها در انبار سرد اعلام کردند [۵۱]. به هر ترتیب انگور میوه‌ای نافرنازگرا است اما ساقه‌های آن نافرنازگرا هستند و تنفس زیاد و در نتیجه اتیلن فراوانی تولید می‌کنند [۴۷]. جذب و تجزیه اتیلن تولیدی از شاخه‌ها و تا حدی خود محصول توسط نانوذرات اکسید روی پوشش داده بر سطح میوه سبب کاهش شدت تنفس و در نتیجه حفظ سفتی بافت محصول خواهد گردید. این نتایج با گزارش لی و همکاران در خصوص کاهش تولید اتیلن توسط برش‌های سیب بسته‌بندی شده در بسته‌های حاوی نانوذرات اکسید روی هماهنگی دارد [۳۳]. حسین و همکاران با بررسی تاثیر نانوذرات



شکل (۳) مقایسه میانگین (a) اسید آسکوربیک، (b) مواد جامد محلول، (c) اسیدیته و (d) مقدار pH حبه‌های انگور پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی و نمونه شاهد طی انبارداری در دمای ۱ °C و رطوبت نسبی ۹۰٪.

Fig. 3 The mean comparison of a) ascorbic acid, b) total soluble solids, c) acidity and d) pH between control and nano ZnO coated grapes during storage at 1°C and RH=90%.



ادامه شکل (۳) مقایسه میانگین (a) اسید آسکوربیک، (b) مواد جامد محلول، (c) اسیدیته و (d) مقدار pH حبه‌های انگور پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی و نمونه شاهد طی انبارداری در دمای ۱ °C و رطوبت نسبی ۹۰٪.

Fig. 3 The mean comparison of a) ascorbic acid, b) total soluble solids, c) acidity and d) pH between control and nano ZnO coated grapes during storage at 1°C and RH= 90%.

توجه به این که حضور اسید آسکوربیک در میوه انگور به‌عنوان یک عامل ضد اکسایش عمل می‌کند لذا تغییر در مقادیر اسید آسکوربیک با تغییر در ظرفیت ضد اکسایشی انگورهای پوشش داده شده و شاهد طی انبارداری همخوانی مناسب دارد، شکل (۳-۴). این نتیجه با نتایج محمدرضا خانی و پاکیش هماهنگی دارد [۵۵]. یکی از دلایل افزایش مقاومت در برابر رشد کپک‌ها را کاهش میزان نابودی اسید آسکوربیک در انگورهای پوشش داده شده نسبت به روش شاهد است که این کاهش در پوشش‌های حاوی ۰/۷۵ گرم بر لیتر نانو اکسید روی معنی‌دار تر (p < ۰/۰۱) می‌باشد، شکل (۲-۳) و (۲-۴).

۴.۳.۳ مواد جامد محلول، اسیدیته و pH

مواد جامد محلول، اسیدیته و pH در نمونه‌های انگور بسته‌بندی شده قبل از انبارداری به ترتیب ۱۸/۱۵، ۰/۴۰ و ۰/۴۴ اندازه‌گیری شد. دراجی بنمزیانی و همکاران با بررسی خصوصیات فیزیکی شیمیایی چند رقم انگور الجزایر مقدار اسیدیته را برای انگورها در محدوده ۰/۲۱۷ تا ۰/۵۱۸٪ و مقدار مواد جامد محلول را در محدوده ۱۷ تا ۲۱٪ و مقدار pH را در محدوده ۳/۳۸ تا ۳/۸۱ اعلام داشتند که با نتایج این تحقیق هماهنگی دارد [۵۶]. مقایسه میانگین‌های اثر به‌کارگیری پوشش نانوذرات اکسید روی

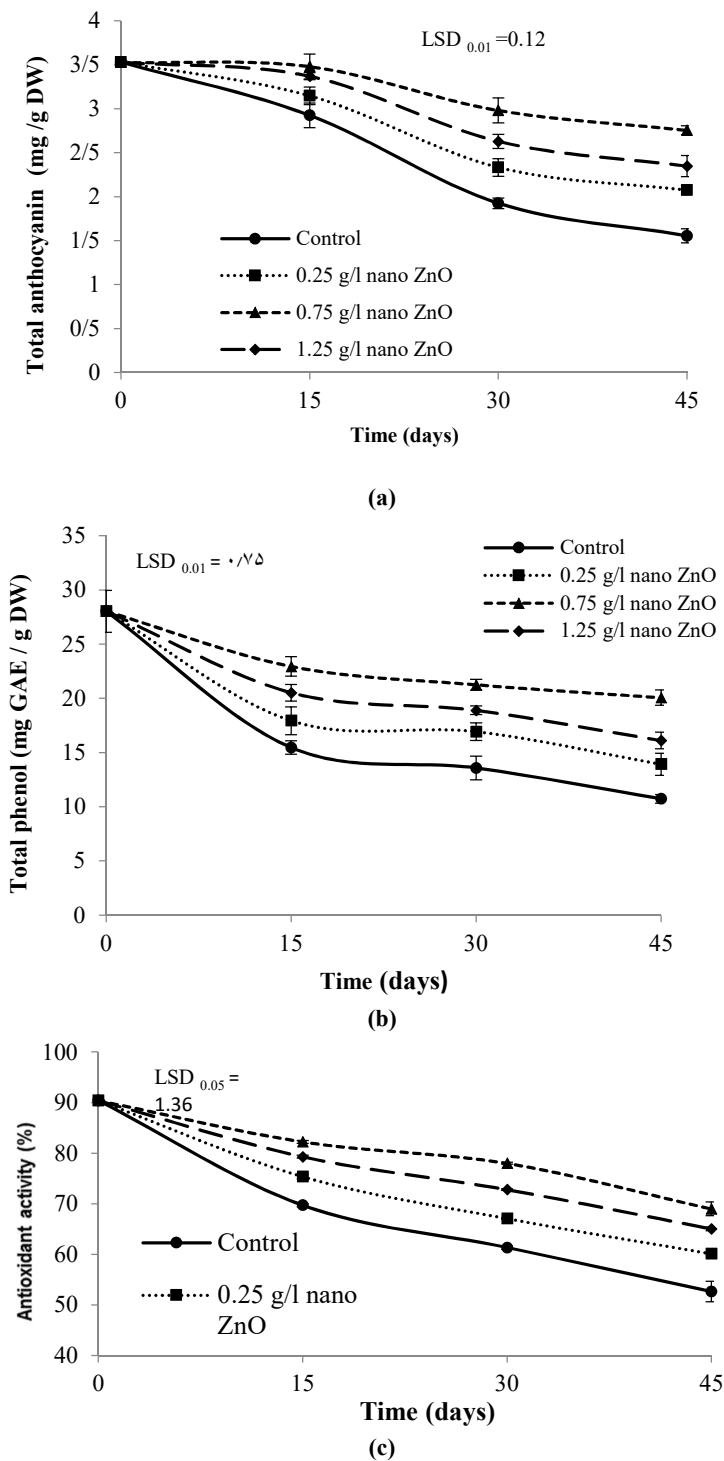
کاهش یافته است. علی‌رغم این که هماهنگی مطلوبی بین افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی تا ۰/۷۵ g/L با حفظ اسید آسکوربیک حبه‌های انگور مشاهده می‌گردد، اما با افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی تا ۱/۲۵ g/L شدت تخریب اسید آسکوربیک حبه‌های انگور نسبت به حبه‌های انگور پوشش داده با ۰/۷۵ g/L نانوذرات اکسید روی طی انبارداری افزایش (p < ۰/۰۱) یافته است، شکل (۳-۳). یامان و بایوندیرلی دلیل اصلی تخریب اسید آسکوربیک در بافت میوه را اکسید شدن توسط آنزیم‌های اکسید کننده از جمله آسکوربیک اسید اکسیداز گزارش نمودند [۴۳]. بنابراین می‌توان چنین پیشنهاد کرد که کاهش نفوذپذیری به اکسیژن در میوه انگور به دلیل حضور پوشش نانو اکسید روی، می‌تواند با کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسید کننده آسکوربیک همراه باشد. افت وزن و تنش از دست دادن آب در بافت میوه از یک سو تسریع در انهدام و اکسید شدن اسکوربیک اسید و از سوی دیگر صدمه به بافت و آزاد شدن اسکوربیک اسید اکسیداز متصل به دیواره سلولی را در پی خواهد داشت که در نتیجه تاثیر نامطلوب و معنی‌داری بر پایداری اسید آسکوربیک دارد [۵۴]. این نتیجه هماهنگی مطلوبی با نتایج افت وزن، سفتی و اسید آسکوربیک انگورهای پوشش داده با نانوذرات اکسید روی در مقایسه با نمونه‌های شاهد دارد، شکل (۲-۳) و (۲-۴) و (۳-۳) از طرف دیگر با

مطلوبی در کاهش شدت رشد میکروارگانیسم‌ها در انگورهای پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی و کاهش سرعت انهدام مواد اسیدی در حبه‌های انگور را نشان می‌دهد. خاصیت فتوکاتالستی نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده بر سطح میوه‌های انگور تازه ممکن است با حذف اتیلن تولیدی از میوه، در کاهش تنفس و لذا جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته و هم‌چنین کاهش وزن میوه طی انبارداری موثر واقع شود [۳۳]. افزایش قندها و کاهش اسیدهای آلی طی نگهداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می‌گردد [۵۷]. از طرف دیگر کاهش میزان حضور اکسیژن در اطراف محصول به دلیل حضور پوشش نانو ذرات اکسید روی را می‌توان دلیلی بر کاهش شدت تنفس و در نتیجه جلوگیری از افزایش بیش از اندازه مواد جامد محلول در انگورهای پوشش داده شده قلمداد نمود [۴]. نتایج این بخش از تحقیق در خصوص جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول و کاهش اسیدیته میوه انگور در حضور نانوذرات اکسید روی با نتایج امامی فر و محمدی‌زاده [۲۸] در خصوص توت فرنگی مطابقت دارد.

۴.۳.۳ خصوصیات حسی

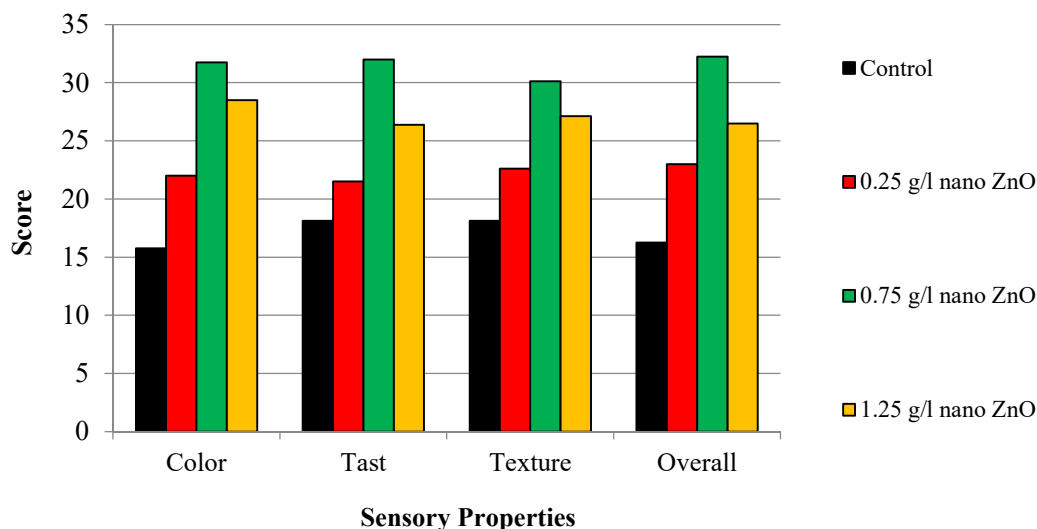
نتایج آزمون کروسکال والیس نشان داد که در پایان ۴۵ روز انبارداری، تفاوت آماری معنی‌داری ($p < 0.05$) بین میوه‌های انگور پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی در مقایسه نمونه شاهد، در امتیاز حسی رنگ و پذیرش کلی وجود دارد، اما ارزیاب‌ها تفاوت معنی‌داری در دو ویژگی حسی عطر و طعم و بافت انگورهای پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی و نمونه شاهد اعلام نکردند (شکل ۵). طی ۴۵ روز انبارداری در دمای 1°C ، به ترتیب انگورهای پوشش داده شده با 0.75 ، $1/25$ و 0.25 g/L نانو اکسید روی در مقایسه با شاهد بیش‌ترین امتیاز حسی رنگ، بافت، عطر و طعم و پذیرش کلی را از ارزیاب‌ها دریافت کردند. نتایج در این بخش هم نشان دهنده تاثیر مثبت و معنی‌دار ($p < 0.05$) افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی تا حد مشخص 0.75 g/L بر برخی خصوصیات حسی انگور پوشش داده شده نظیر رنگ و پذیرش کلی، طی انبارداری در مقایسه با نمونه شاهد است. خصوصیات ظاهری و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی

بر مقدار کل مواد جامد محلول، اسیدیته و pH رقم انگور رشه طی مدت ۴۵ روز انبارداری در دمای 1°C در شکل (b-۳، c-۳ و d-۳) نشان داده شده است. در پایان ۴۵ روز انبارداری، مقدار مواد جامد محلول در نمونه‌های شاهد به 23.90 ٪ و در نمونه‌های پوشش داده شده با 0.25 ، 0.75 و $1/25$ g/L نانوذرات اکسید روی، به ترتیب به 22.1 ، 19.60 و 20.50 ٪ رسید، شکل (b-۳). مقدار اسیدیته در تمامی نمونه‌ها، از ابتدا تا پایان ۴۵ روز انبارداری روند کاهشی داشته که در نمونه‌های شاهد به 0.25 و در نمونه‌های پوشش داده شده با 0.25 ، 0.75 و $1/25$ گرم بر لیتر نانوذرات اکسید روی، به ترتیب به 0.32 ، 0.38 و 0.36 ٪ رسید، شکل (c-۳). مقدار pH انگورهای پوشش داده شده و شاهد نیز از ابتدا تا پایان ۴۵ روز انبارداری روند افزایشی نشان می‌دهد، شکل (d-۳). نمودارهای شکل (۴). نشان دهنده روند افزایش معنی‌دار ($p < 0.01$) مواد جامد محلول، مقدار pH و کاهش درصد اسیدیته تمامی نمونه‌های انگور پوشش داده شده و شاهد، با افزایش زمان انبارداری است. با توجه به نمودارهای مذکور می‌توان چنین دریافت که به‌کارگیری پوشش‌های نانوذرات اکسید روی در انگور تازه رقم رشه در مقایسه با نمونه شاهد در ممانعت از افزایش مواد جامد محلول، کاهش اسیدیته و به تبع آن افزایش pH انگور تازه طی انبارداری تاثیر معنی‌داری ($p < 0.01$) دارد. نتایج این بخش هم نشان دهنده تاثیر مثبت و معنی‌دار ($p < 0.01$) افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی تا حد مشخص 0.75 g/L بر مواد جامد محلول، اسیدیته و pH انگور پوشش داده شده طی انبارداری در مقایسه با نمونه شاهد است. به‌طور کلی افزایش مواد جامد محلول را در حبه‌های انگور طی انبارداری می‌توان به سه عامل تبخیر سطحی و از دست دادن رطوبت و به طبع آن کاهش وزن [۸]، واکنش‌های متابولیکی و فرایند تنفس و تبدیل ترکیبات اسیدی به قندهای ساده [۲۹] و یا افزایش فساد میوه‌ها طی انبارداری [۴] و به طبع آن شکسته شدن ترکیبات سازنده دیواره سلولی به ترکیبات سازنده ساده تر نظیر کربوهیدرات‌های محلول نسبت داد [۴۷]. یوان و همکاران بیان داشتند که مقدار مواد جامد محلول انگورهای تازه برداشت شده طی ۵۰ روز پس از برداشت در انبار سرد، روند افزایشی را نشان می‌دهد [۵۱]. مقایسه شکل (a-۲، b-۲ و c-۳)، هماهنگی



شکل (۴) مقایسه میانگین (a) آنتوسیانین، (b) فنل کل و (c) ظرفیت ضد اکسیداسیونی حبه‌های انگور پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی و نمونه شاهد طی انبارداری در دمای ۱ °C و رطوبت نسبی ۹۰٪.

Fig. 4 The mean comparison of a) anthocyanins, b) total phenols and c) antioxidant activity between control and nanZnO coated grapes during storage at 1°C and RH=90%.



شکل (۵) اثر پوشش دهی با نانوذرات اکسید روی بر ویژگی‌های حسی (رنگ، بو، مزه و پذیرش کلی) حبه‌های انگور پوشش داده شده طی انبارداری در دمای ۱ °C و رطوبت نسبی ۹۰٪.

Fig. 5 Effect of edible coating based on nanoZnO on sensory attributes (Color, Odor, Taste and Overall) of coated grape during storage at 1°C and RH=90%.

در شکل (۵) مشاهده می‌شود با افزایش غلظت نانوذرات اکسید روی از ۰/۷۵ به ۱/۲۵ g/L کلیه ویژگی‌های حسی انگور پوشش داده شده از نظر مصرف‌کننده کاهش معنی‌داری می‌یابد که در نتیجه سبب کاهش امتیاز پذیرش کلی مصرف‌کننده شده است. کاهش پذیرش کلی توسط مصرف‌کننده را می‌توان به احساس طعم غیر طبیعی و یا رنگ غیرطبیعی در انگورهای پوشش داده شده با غلظت بالای نانوذرات اکسید روی مرتبط دانست. سوگوار و همکاران نیز گزارش کردند که استفاده از غلظت بالای نانوذرات اکسید روی به‌عنوان پوشش سبب کاهش درخشندگی و در نهایت تمایل به خرید توت فرنگی‌های پوشش داده شده توسط مصرف‌کننده می‌گردد [۳۵]. از دلایل افزایش مقبولیت و پذیرش کلی میوه‌های انگور پوشش داده شده با نانوذرات اکسید روی در مقایسه با نمونه شاهد را علاوه بر افت بار میکروبی، اثر فتوکاتالیتیستی نانوذرات اکسیدروی می‌باشد که با حذف اتیلن اضافی در محیط در حفظ مشتری پسندی و به‌خصوص پذیرش کلی توسط مصرف‌کننده موثر بوده‌اند [۳۳] کاهش وزن در حبه‌های انگور به‌عنوان یک تنش در طی نگهداری عمل نموده و رابطه مستقیمی با خصوصیات بیوشیمیایی، کیفی و حسی آن‌ها

انگور تازه در بازارپسندی و میزان پذیرش مصرف‌کننده نقش مهمی دارند. میزان ترکیبات فنلی و اسیدهای آلی موجود در انگور نیز دو عامل شیمیایی تاثیر گذار در ویژگی‌های حسی آن از جمله عطر و طعم انگور هستند [۶۰]. ما و همکاران اعلام کردند که میزان رضایت کلی مصرف‌کننده از مصرف انگور همبستگی خوبی با شاخص حسی پذیرش کلی داشته و شاخص بسیار مناسبی در تشخیص کیفیت انگور در مراحل پس از برداشت و در طی انبارداری است [۶۱]. با کاهش سفتی در شکل (۲-d) و وزن محصول در شکل (۲-c) میزان پذیرش کلی همان طور که در شکل (۵) مشاهده می‌گردد، توسط مصرف‌کننده نیز کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده هماهنگی معنی‌داری بین سفتی محصول و پذیرش کلی توسط مصرف‌کننده است. این نتیجه با گزارش رول و همکاران در خصوص ارتباط بین بافت انگور و خصوصیات حسی آن مطابقت دارد [۶۲]. اگرچه برخی خصوصیات شیمیایی نظیر مواد جامد محلول و یا درصد اسیدیته، از نظر کیفی در پذیرش حسی میوه انگور از نظر مصرف‌کننده دخالت دارند اما با توجه به ذائقه مردم هر منطقه نمی‌توان یک چهارچوب مشخص و فراگیر با اعداد و ارقام برای آن تعیین نمود [۶۲]. همان طور که

نامطلوبی بر سلامت مصرف‌کننده دارد و از طرف دیگر کاهش کیفیت ظاهری محصول با ایجاد لکه‌های سفید رنگ بر سطح آن از جمله معایب این روش پر مصرف می‌باشد. در این تحقیق با به خدمت گیری فناوری نانو از ویژگی ضد میکروبی و فتوکاتالیستی نانوذرات اکسید روی به‌عنوان پوشش خوراکی در افزایش عمر نگهداری انگور سیاه رقم رشه در انبار استفاده شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که پوشش‌دهی انگورهای رشه تازه برداشت شده با محلول حاوی نانوذرات اکسید روی با غلظت ۰/۷۵ گرم در لیتر، در طول انبارداری (دمای ۱ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰ درصد) روشی جدید در نگهداری و افزایش طول عمر انگور تازه برداشت شده می‌باشد که نه تنها کیفیت میکروبی آن را با کاهش بار آلودگی باکتریایی و کپکی بهبود می‌بخشد بلکه از میزان افت وزن و نرم‌شدگی انگور نیز می‌کاهد.

دارد [۶۳]. با توجه به شکل (۵) نیز می‌توان دریافت که نمونه‌های انگور پوشش داده شده با غلظت ۰/۷۵ g/L نانو ذرات اکسید روی از نظر مصرف‌کنندگان نیز بالاترین امتیاز پذیرش کلی را دریافت نموده‌اند.

۴. نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که انگور سیاه رقم رشه به‌عنوان یک محصول فراسودمند توجه زیادی را به خود جلب نموده، لذا نگهداری این نوع انگور طی مراحل پس از برداشت با هدف عرضه خارج از فصل تولید مورد توجه می‌باشد. تاکنون روش‌های متعددی با هدف افزایش عمر انبارداری انگور توصیه شده است که از مهم‌ترین آن‌ها، می‌توان به کاربرد روش‌های متفاوت دی‌اکسید گوگرد اشاره کرد. باقی‌مانده دی‌اکسید گوگرد در محصول که تاثیر

منابع

- [7] Valverde, J. M., Valero, D., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S. Serrano, M. (2005). Novel coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 7807–7813.
- [8] Kim, I.H., Oh, Y.A., Lee, H., Song, K.B., Min, S.C. (2014). Grape berry coatings of lemongrass oil-incorporating nanoemulsion. *LWT., Food Sci. Technol.*, 58, 1-10.
- [9] Yinzhe, R., Shaoying, Z. (2013). Effect of carboxymethyl cellulose and alginate coating combined with brewer yeast on postharvest grape preservation. *ISRN Agron.*, 2013, 1–7.
- [10] Aloui, H., Khwaldia, K., Sánchez-González, L., Muneret, L., Jeandel, C., Hamdi, M. Desobry, S. (2014). Alginate coatings containing grapefruit essential oil or grapefruit seed extract for grapes preservation. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49, 952–959.
- [11] He, X., Hwang, H.M. (2016). Nanotechnology in food science: Functionality, applicability, and safety assessment. *J. Food Drug Anal.* 24, 671–681.
- [12] Sekhon, B.S. (2010). Food nanotechnology - an overview. *Nanotechnol. Sci. Appl.* 3, 1–15.
- [13] Zambrano-Zaragoza, M.L. Mercado-Silva, E., Del Real L., A., Gutiérrez-Cortez, E., Cornejo-Villegas, M.A., Quintanar-Guerrero, D. (2014). The effect of nano-coatings with α -tocopherol and xanthan gum on
- [1] Fabani, M. P. et al. (2017). Changes in the phenolic profile of Argentinean fresh grapes during production of sun-dried raisins. *J. Food Compos. Anal.*, 58, 23-32.
- [۲] کرمی، م.ج. (۱۳۸۴). معرفی و تشریح خصوصیات مهم ارقام انگور دیم در استان کردستان. *نهال و بذر*، جلد ۲۱، شماره ۴، ص ۵۷۷–۵۹۶.
- [3] Palou, L. Serrano, M., Martínez-Romero, D., Valero, D. (2010). New approaches for postharvest quality retention of table grapes. *Fresh Prod.*, 4, 103–110.
- [4] Oh, Y.A., Oh, Y.J., Song, A.U., Won, J.S., Song, K.B., Min, S.C. (2017). Comparison of effectiveness of edible coatings using emulsions containing lemongrass oil of different size droplets on grape berry safety and preservation. *LWT., Food Sci. Technol.*, 75, 742-750.
- [5] Shiri, M.A., Bakhshi, D., Ghasemnezhad, O., Dadi, M., Papachatzis, A., Kalorizou, H. (2013). Chitosan coating improves the shelf life and postharvest quality of table grape (*Vitis vinifera*) cultivar Shahroudi. *Turkish J. Agric. For.* 37, 148–156.
- [6] Bifani, V., Ramirez, C., Ihl, M., Rubilar, M., García, A., Zaritzky, N. (2007). Effects of murta (*Ugni molinae* Turcz) extract on gas and water vapor permeability of carboxymethylcellulose-based edible films. *LWT - Food Sci. Technol.*, 40, 1473-1481.

- [25] Wrolstad, R.E. (1993). Color and pigment analyses in fruit products. Agricultural Experiment Station, Oregon State University, Station Bulletin (1993), pp 624.
- [26] Singleton, V L. Orthofer, R. Lamuela-Raventos, R. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods Enzymol.*, 299, 152–178.
- [27] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci. Technol.*, 28(1), 25–30.
- [28] Emamifar, A., Mohammadzadeh, M. (2015). Preparation and application of LDPE/ZnO nanocomposites for extending shelf life of fresh strawberries. *Food Technol. Biotechnol.* 53 (4) 488–495.
- [29] Konuk Takma, D., Korel, F. (2017). Impact of preharvest and postharvest alginate treatments enriched with vanillin on postharvest decay, biochemical properties, quality and sensory attributes of table grapes. *Food Chem.*, 221, 187–195.
- [30] Al-Qurashi, A.D., Awad, M.A. (2015). Postharvest chitosan treatment affects quality, antioxidant capacity, antioxidant compounds and enzymes activities of “El-Bayadi” table grapes after storage. *Sci. Hort.*, 197, 392–398.
- [31] Miedes, E., Lorences, E.P. (2004). Apple (*Malus domestica*) and tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits cell-wall hemicelluloses and xyloglucan degradation during *Penicillium expansum* infection. *J. Agric. Food Chem.*, 52(26), 7957–7963.
- [32] Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimanian-Zad, S. (2010). Evaluation of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on shelf life of fresh orange juice. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 11(4), 742–748.
- [33] Li, X., Li, W., Jiang, Y., Ding, Y., Yun, J., Tang, Y., Zhang, P. (2011). Effect of nano-ZnO-coated active packaging on quality of fresh-cut “Fuji” apple. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 46(9), 1947–1955.
- [34] Naknaen, P. (2014). Utilization possibilities of antimicrobial biodegradable packaging produced by poly(butylene succinate) modified with zinc oxide nanoparticles in fresh-cut apple slices. *Int. Food Res. J.*, 21(6), 2413–2420.
- [35] Sogvar, O.B., Koushesh Saba, M., Emamifar, A., Hallaj, R. (2016). Influence of nano-ZnO on microbial growth, bioactive content and postharvest quality of strawberries during storage. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 35, 168–176.
- [36] Jones, N., Ray, B., Ranjit, K.T., Manna, A.C. (2008). Antibacterial activity of ZnO nanoparticle suspensions on a broad spectrum of microorganisms. *FEMS Microbiol. Lett.*, 279(1), 71–76.
- shelf-life and browning index of fresh-cut ‘red Delicious’ apples. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 22, 188–196.
- [14] Medeiros, B.G.S., Pinheiro, A.C., Teixeira, J.A., Vicente, A.A., Carneiro-da-Cunha, M.G. (2012). Polysaccharide/protein nanomultilayer coatings: construction, characterization and evaluation of their effect on ‘rocha’ pear (*pyrus communis* L.) shelf-life. *Food Bioprocess Technol.* 5, 2435–2445.
- [15] Souza, M.P., Vaz, A.F.M., Cerqueira, M.A., Texeira, J.A. Vicente, A.A., Carneiro-da-Cunha, M.G. (2014). Effect of an Edible Nanomultilayer Coating by Electrostatic Self-Assembly on the Shelf Life of Fresh-Cut Mangoes. *Food Bioprocess Technol.*, 8, 647–654.
- [16] Xie, Y., He, Y., Irwin, P. L., Jin, T., Shi, X. (2011). Antibacterial activity and mechanism of action of zinc oxide nanoparticles against *Campylobacter jejuni*. *Appl. Environ. Microbiol.*, 77, 2325–2331.
- [17] Chen, C., Weiss, J. Shahdidi, F. (2006). Nanotechnology in nutraceutical and functional foods. *Food Technol.*, 18, 30-37.
- [18] Prasad, T.N.V.K.V. et al. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *J. Plant Nutr.*, 35, 905–927.
- [۱۹] امامی فر، آ. (۱۳۹۳). ارزیابی تاثیر ژل آلونته ورا به عنوان پوشش خوراکی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکی و شیمیایی و حساسیت توت فرنگی تازه طی انبارداری. *علوم و فناوری‌های نوین غذایی*، جلد ۲، شماره ۶، ص ۱۵–۲۹.
- [20] Fisk, C.L., Silver, A.M., Strik, B.C., Zhao, Y. (2008). Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* ‘Ananasnaya’) associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biol. Technol.* 47, 338–345.
- [21] AOAC. (2002). Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Product: Refractometer Method. Gaithersburg, MD: Official Methods of Analysis of AOAC International, Official Method 932.12.
- [22] AOAC. (1990). Vegetables/Acidified Foods. Association of Official Analytical Chemists, Washington, USA. Official Methods 981.12, 15th Edition
- [23] AOAC. (2002). Acidity (Titratable) of Fruit Products. Gaithersburg, MD: Official Methods of Analysis of AOAC International, Official Method 942.15.
- [24] AOAC. (2002). Vitamin C (ascorbic acid) in vitamin preparations and juices: 2, 6 dichloroindophenol titrimetric method final action. Gaithersburg, MD: Official Methods of Analysis of AOAC International, 2002. Official Method 967.21.

- [50] Ahmad, Y., Hameed, A., Ghaffar, A. (2006). Enzymatic activity of fungal pathogens in corn. *Pakistan J. Bot.*, 38, 1305–1316.
- [51] Yuan, X., Wu, Z., Li, H., Wang, Y., Liu, F., Cai, H., Newlove, A.A., Wang, Y. (2014). Biochemical and proteomic analysis of 'Kyoho' grape (*Vitis labruscana*) berries during cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 88, 79–87.
- [52] Hussain, M., Russo, N., Fino, D., Geobaldo, F., Saracco, G. (2010). Photocatalytic degradation of ethylene in fruits by new TiO₂ nanoparticles. *Mater. Sci.*, 29–30.
- [53] Lee, S.K., Kader, A.A. (2000) Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* 20, 207–220.
- [54] Nunes, M.C.N., Brecht, J.K., Morais, A.M.M.B., Sargent, S.A. (1998). Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. *J. Food Sci.*, 63, 1033–1036.
- [55] Mohammadrezakhani, S., Pakkish, Z. (2015). Reduction of chilling injury and peroxide hydrogen accumulation in thompson grape (*Vitis vinifera* L.) fruit by proline and ascorbic acid during storage. *J. Plant Physiol. Breed.*, 5, 1–12.
- [56] Derradji-benmeziane, F., Djamaï, R., Cadot, Y. (2014). Antioxidant capacity, total phenolic, carotenoid, and vitamin C contents of five table grape varieties from Algeria and their correlations. *J. Int. Sci. Vigne Vin.*, 48, 153–162.
- [57] Raskin, I. (1992). Salicylate, A New Plant Hormone. *Plant Physiol.*, 99, 799–803.
- [58] Orak, H.H. (2007). Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. *Sci. Hortic.*, 111, 235–241.
- [59] Shi, S., Wang, W., Liu, L., Wu, S., Wei, Y. Li, W. (2013). Effect of chitosan/nano-silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature. *J. Food Eng.*, 118, 125–131.
- [60] Farhadi, K., Esmailzadeh, F., Hatami, M., Forough, M., Molaie, R. (2015). Determination of phenolic compounds content and antioxidant activity in skin, pulp, seed, cane and leaf of five native grape cultivars in West Azarbaijan province, Iran. *Food Chem.*, 199, 847–855.
- [61] Ma, C., Fu, Z., Xu, M., Trebar, M., Zhang, X. (2016). Evaluation on home storage performance of table grape based on sensory quality and consumers satisfaction. *J. Food Sci. Technol.* 53, 1363–1370.
- [62] Rolle, L., Giacosa, S., Gerbi, V., Novello, V. (2010). Comparative study of texture properties, color characteristics, and chemical composition of ten white table-grape varieties. *Am. J. Enol. Vitic.* 62, 49–56.
- [37] Emamifar, A., Kadivar, M., Shahedi, M., Soleimani-Zad, S. (2011). Effect of nanocomposite packaging containing Ag and ZnO on inactivation of *Lactobacillus plantarum* in orange juice. *Food Control.*, 22, 408–413.
- [38] Sawai, J., Yoshikawa, T. (2004). Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powders (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductimetric assay. *J. Appl. Microbiol.*, 96(4), 803–809.
- [39] Bui, H., Park, D., Lee, Y. (2017). Nanoparticles for antimicrobial wound healing applications: a mini review of the research trends. *Polym.*, 9(21), 1–24.
- [40] Zhu, S., Sun, L., Liu, M., Zhou, J. (2008). Effect of nitric oxide on reactive oxygen species and antioxidant enzymes in kiwifruit during storage. *J. Sci. Food Agric.*, 88, 2324–2331.
- [41] Zhao, L., Liu, L., Ma, Y. (2009). Preservation of apricot by chitosan nano-ZnO film. *Food Res. Dev.*, 30(2), 126–128.
- [42] Meng, X., Zhang, M., Adhikari, B. (2014). The effects of ultrasound treatment and nano-zinc oxide coating on the physiological activities of fresh-cut kiwifruit. *Food Bioprocess Technol.* 7, 126–132.
- [43] Yaman, Ö., Bayındırlı, L. (2002). Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT - Food Sci. Technol.* 35, 146–150.
- [44] Chen, S., Zhang, M., Wang, S. (2011). Effect of initial hermetic sealing on quality of 'Kyoho' grapes during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 59, 194–199.
- [45] Awad, M.A., Al-Qurashi, A.D., Mohamed, S.A. (2015). Postharvest trans-resveratrol and glycine betaine treatments affect quality, antioxidant capacity, antioxidant compounds and enzymes activities of 'El-Bayadi' table grapes after storage and shelf life. *Sci. Hortic.*, 197, 350–356.
- [46] Champa, W.A H., Gill, M.I.S., Mahajan, B.V.C., Arora, N.K. (2015). Preharvest salicylic acid treatments to improve quality and postharvest life of table grapes (*Vitis vinifera* L.) cv. Flame Seedless. *J. Food Sci. Technol.*, 52, 3607–16.
- [47] Deng, Y., Wu, Y., Li, Y. (2005). Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres. *Food Res. Int.*, 38, 769–776.
- [48] Tournas, V.H., Katsoudas, E. (2005). Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *Int. J. Food Microbiol.*, 105, 11–17.
- [49] Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S. (2005). Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. *LWT - Food Sci. Technol.*, 38, 617–624.



[63] Chkaiban, L., Botondi, R., Bellincontro, A. , De Santis, D., Kefalas, P., Mencarelli, F. (2007). Influence of postharvest water stress on lipoxygenase and alcohol dehydrogenase activities and on the composition of some volatile compounds of Gewurztraminer grapes dehydrated under controlled and uncontrolled thermo hygrometric conditions. *Aust. J. Grape Wine Res.* 13, 142–149.