نشریه علمی «علوم و فنون بسته بندی»
سال دوازدهم، شماره ۴۸، زمستان ۱۴۰۰؛ ص ۱۰-۱

**علمی– پژوهشی**

# کاربرد بسته‌بندی حاوی نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بیوشیمیایی میوه‌ی انگور طی نگهداری در سردخانه

**لعیا رضازاد باری[۱]، صابر امیری[۲*]**

۱- دکتری تخصصی، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران ۲- استادیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی ، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(دریافت:۱۴۰۰/۰۷/۰۱ ، پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴)

## چکیده

در این پژوهش، اثر پوشش پلاستیکی آغشته به نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید بر کیفیت پس از برداشت ارقام میوه‌ی سفید بی‌دانه، قزل اوزوم و ریش‌بابا در طی نگهداری در سردخانه بررسی شد. برای این منظور خوشه‌های انگور سالم، یکنواخت و عاری از هرگونه آسیب فیزیکی و پوسیدگی میکروبی با استفاده از لفاف‌های پلی‌اتیلنی آغشته به نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید بسته‌بندی و به مدت ۸۰ روز در سردخانه با دمای ۱±۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵±۹۰ درصد نگهداری شد. ویژگی‌های مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون، ضریب رسیدگی، pH و محتوای فنول کل حبه‌های انگور در فواصل زمانی ۲۰ روزه اندازه‌گیری شد. آنالیز آماری نتایج نشان داد که تیمار نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید تاثیر معنی‌داری را در کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون، pH، محتوای فنول کل و ضریب رسیدگی نسبت به نمونه‌های کنترل داشتند. به طوری که نمونه‌های تیمارشده با نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید میزان مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون بالاتری را از خود نشان دادند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد هر سه رقم انگور بسته‌بندی شده با لفاف‌های پلی‌اتیلنی آغشته به نانو ذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید نسبت به نمونه‌های شاهد کیفیت بالاتری در پایان دوره‌ی انبارداری داشتند.

**کلید واژه‌ها: نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید، انگور، انبارمانی، ویژگی‌های پس از برداشت**

*نویسنده مسئول: sa.amiri@urmia.ac.ir

## ۱- مقدمه

انگور از جمله مهم‌ترین محصولات باغی است که در ایران سطح زیر کشت وسیعی دارد و بخش عمده‌ای از آن به‌صورت تازه خوری مصرف می‌شود. از دست‌دهی آب و به دنبال آن از دست دادن کیفیت تغذیه‌ای از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی عمر انبارمانی میوه‌ی انگور است. از دست‌دهی آب باعث نرم شدن و چروکیدگی حبه‌ها و به دنبال آن افزایش فعالیت آنزیمی باعث قهوه‌ای شدن چوب خوشه می‌شود که عامل مهمی در کاهش عمرانبارمانی خوشه‌های انگور تازه‌خوری است [۱]. از جمله بیماری‌های قارچی که در پس از برداشت انگور شایع است گونه‌های *پنی سیلیوم*، *بوتریتیس سینرا* و *ریزوپوس استولونیفر* هستند. کاربرد دی‌اکسید گوگرد روش معمول برای کنترل پوسیدگی‌های انگور طی انبارداری است. کاربرد این ماده علاوه‌بر ایجاد باقی‌مانده‌ی خطرناک برای انسان، در غلظت‌های بالا، باعث آسیب رساندن به حبه و خوشه می‌شود. آزمایش‌های مختلفی به منظور یافتن مواد سالم‌تر برای سلامتی انسان یا روش‌های جایگزین کاربرد مواد شیمیایی انجام گرفته است که به دلیل تأثیر نامطلوب بر کیفیت محصول یا به دلیل نیاز به تجهیزات ویژه انجام آن‌ها اقتصادی نیست. امروزه ترکیب گازی انبارهای با اتمسفرکنترل شده برای انگور شامل ۲ تا ۵ درصد اکسیژن و ۱ تا ۵ درصد دی‌اکسیدکربن است. برای حفظ کیفیت انگور بسته به ارقام مختلف، از ۱۵-۱۰ درصد دی‌اکسیدکربن به مدت ۴-۲ هفته استفاده می‌شود [۲]. استفاده از پوشش‌های خوراکی (واکس‌های خوراکی) برای محصولات تازه که باعث کاهش تغییرات متابولیکی می‌شود راهی برای افزایش عمر تازه‌خوری محصولات است. پوشش خوراکی که به عنوان مانعی در مقابل انتقال گازها و بخار آب عمل می‌کند، لایه‌ی نازکی از مواد خوراکی (قابل خوردن) برای مصرف‌کننده است که به‌صورت‌های مختلف استفاده می‌شود [۳]. حذف اکسیژن از بسته‌های مواد غذایی به‌وسیله‌ی جاذب‌های اکسیژن و آزادسازی دی‌اکسیدکربن به وسیله‌ی بالشتک‌های تعبیه‌شده، از جمله روش‌های مفید برای افزایش عمر انبارمانی انگورها است [۴].

بسته‌بندی مناسب یکی از راه‌های مهم جهت کاهش و کنترل ضایعات محصولات باغی به حساب می‌آید. امروزه استفاده از فناوری نانو در صنعت بسته‌بندی به‌عنوان یک روش جدید شناخته شده است. از مزیت‌های این فناوری می‌توان افزایش عمر انبارمانی، حفظ کیفیت محصول در طی حمل‌ونقل، افزایش کیفیت محصولات پس از برداشت و افزایش ضریب اطمینان مصرف‌کننده در زمان خرید را نام برد [۵]. دی اکسیدتیتانیوم ($TiO_2$) در باغبانی به‌عنوان عاملی برای از بین بردن اتیلن موجود در هوای انبارهای میوه استفاده می‌شود. گزارش شده که واکنش های فتوکاتالیکی $TiO_2$ جهت تجزیه‌ی اتیلن می‌تواند تحت شرایط رطوبت بالا (۹۰ تا ۹۵ درصد) و در هر دو دمای اتاق و دمای پایین مؤثر واقع شود. ظروف پلاستیکی پوشش داده شده با $TiO_2$ دارای قابلیت ضدمیکروبی بالا است. همچنین اثر ضدقارچی $TiO_2$ پوشش داده شده در سطح بسته‌بندی‌های پلاستیکی به اثبات رسیده و استفاده از این ترکیب جهت کنترل کیفیت محصول پس از برداشت محصولات باغی پیشنهاد شده است [۶]. همچنین گزارش‌ها نشان داده است که $TiO_2$ می‌تواند روش مناسبی برای حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ی کیوی باشد [۷]. استفاده از ترکیب ساختارهای نانوی $TiO_2$ با کاهش غلظت مصرفی و همچنین پوشش دادن مواد بسته‌بندی با نانو ذرات باعث بالا بردن امنیت غذایی و صرفه‌جویی در زمان و هزینه خواهد شد [۸]. $TiO_2$ به طور طبیعی به‌عنوان یک ماده‌ی معدنی شناخته شده است که به دلیل داشتن شفافیت و رنگ سفید در صنعت رنگ‌سازی و همچنین به‌عنوان ماده‌ی رنگی در صنعت غذا، در کرم‌های ضد آفتاب، لوازم آرایشی و سایر مصارف صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. علاوه بر این از آن به‌عنوان رنگدانه برای محصولات دارویی مانند کپسول ژلاتین، پوشش قرص و شربت استفاده می‌کنند. در صنعت آرایشی و بهداشتی، در خمیر دندان، رُژ لب، کرم، پماد و پودر مورد استفاده قرار می گیرد و می‌توان آن را به‌عنوان مات‌کننده برای ایجاد رنگدانه‌های مات استفاده کرد. شایان ذکر است که سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA)[1] استفاده از $TiO_2$ را به‌عنوان یک ماده‌ی افزودنی رنگی بی‌ضرر در مواد غذایی، دارویی و لوازم آرایشی، از جمله کرم‌های ضد آفتاب تأیید کرده است [۶].

تحقیقات زیادی روی ترکیبات فنلی انگور انجام شده است، به‌طوری که مطالعات اخیر سیستم‌های سنتز و تجزیه‌ی ترکیبات فنلی را در انواع بافت حبه‌ی انگور مشخص کرده است [۹، ۱۰]. ترکیبات فنلی به‌صورت بیولوژیکی و به عنوان باز دارندگان رشد در دیگر سیستم‌های زنده از گیاهان محافظت می‌کنند. به‌علاوه این ترکیبات در رنگ، عطر و طعم مواد غذایی شرکت می‌کنند. ازاین‌رو فعالیت آنتی‌اکسیدانی خیلی قوی دارند و نقش‌های مهمی را در سیستم‌های زنده ایفا می‌کنند [۱۱]. کاتشین[2]، تانین[3] و آنتوسیانین[4] از جمله ترکیبات فنلی با فعالیت آنتی‌اکسیدان هستند که به‌طور طبیعی در انگور قرمز وجود دارند [۱۲]. همچنین تأثیر اتمسفر کنترل شده با $CO_2$ بالا، روی فیزیولوژی و

1. Food and drug administration
2. Catechin
3. Tannin
4. Anthocyanin

کیفیت ارقام متعددی از انگور ارزیابی شده است. نتایج نشان داده که شرایط با اتمسفر کنترل شده پیری را بـه تـأخیر مـی‌انـدازد. تنفس ساقه و حبه را کند می‌کند. پوسیدگی را کاهش می‌دهـد و از نرم شدن حبه‌ها و کاهش وزن جلوگیری می‌کند [۵].

صدها سال است که کشت انگور در جهان انجام می‌شود و با به وجود آمدن و پیشرفت بازارها در گوشه و کنار جهان اقداماتی در جهت افزایش پتانسیل انبارداری این محصول جهت ارائه‌ی محصول با کیفیت عالی به بازارها انجام شده است. از نظر مصرف کننده محصول باکیفیت مناسب محصولی است که سالم و دارای ظاهر مناسب، ارزش غذایی بالا، طعم و مزه مناسب باشد [۱۳]. به همین جهت از روش‌های مختلفی برای حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری میوه‌های انگور استفاده می‌شود. ازاین رو هدف این پژوهش، بررسی اثرات کاربرد نانوذرات دی اکسیدتیتانیوم در به حداقل رساندن میزان ضایعات در طی انباری و حفظ حداکثر کیفیت محصول انگور تا رسیدن به دست مصرف کننده است.

## ۲- فعالیت تجربی

### ۲-۱- تهیه‌ی نمونه

میوه‌ی انگورهای رقم ریش‌بابا، سفیدبی‌دانه و قزل اوزوم از باغی تجاری واقع در استان آذربایجان غربی، شهرستان ارومیه در مرحله‌ی بلوغ تجاری برداشت شدند و بلافاصله برای انجام آزمایش به آزمایشگاه منتقل گردیدند. خوشه‌های یکنواخت و عاری از هرگونه بیماری و آسیب فیزیکی در بسته‌های پلی‌اتیلنی بدون پوشش نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم (شاهد) و دارای پوشش نانوذرات دی اکسیدتیانیوم بسته‌بندی شدند. در این تحقیق چهار آنالیز با فاصله زمانی هر ۲۰ روز یک بار انجام شد. در هر واحد آزمایشی یک کیسه حاوی دو خوشه مورد آزمایش قرار گرفت که در مجموع برای هر رقم در هر آنالیز تعداد ۴ کیسه برای نمونه های شاهد و ۴ کیسه برای نمونه‌های تیمارشده با نانوذرات دی اکسیدتیتانیوم استفاده شد. هریک از تکرارها به‌صورت جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌مترمربع و ظرفیت تبادل گازی ۲۹/۲ pmol/s/m2/Pa قرار داده شد. پس از انجام تیمارهای مختلف، میوه‌ها بلافاصله به سردخانه با دمای ۱ ± ۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۹۰ درصد انتقال داده شدند. در داخل سردخانه، کیسه‌های انگور در ردیف‌هایی با فاصله‌ی تقریبی ۱۵۰ سانتی‌متر و عمود بر جهت جریان هوای سرد قرار گرفتند [۱۳].

### ۲-۲- تهیه‌ی پوشش پلاستیکی

در این روش ۲ گرم از نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم را که از شرکت بازرگانی نانو پاسارگاد نـوین تهیـه شـده بـود، در ۲۱ میلـی‌لیتـر پارالوئید (رزین اکریلیکی) با ۲۲ میلی‌لیتر استون حل شد. سپس محلول تهیه شده از طریق پمپ بر روی سطح داخلی پوشش پلی اتیلن LDPE[1] اسپری گردید. بعد از بخار شدن استون، نـانو ذرات دی‌اکسیدتیتانیوم از طریق پارالوئید به سطح داخلی پوشش پلـی اتیلنی به‌صورت یکنواخت لایه‌گذاری گردیـد. در ایـن تحقیـق از لامپ UV-A با ولتاژ ۱۴ ولت و طول موج ۷۶۳ نانومتر به‌عنـوان کاتالیزور استفاده شد [۱۳].

### ۲-۳- اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل

برای این منظور چند قطره از آب میـوه در دمـای اتـاق روی رفراکتومتر دستی مدل ATAGO قرار گرفت و عدد مربوط از روی ستون مدرج قرائت شد. البته قبل از شروع انـدازه‌گیـری رفراکتـومتر کـالیبره گردیـد و سـپس اقـدام بـه خوانـدن رفراکتومتر شد و داده‌ها بر حسب بـریکس یادداشـت گردیـد [۱۴].

### ۲-۴- اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون

بـرای انـدازه‌گیـری اسـیدهای آلـی ابتـدا ۲۰ میلـی‌لیتـر از عصـاره‌ی میـوه در داخـل ارلـن‌مـایر ریختـه شـد و سـپس ۴۰ میلـی‌لیتـر آب مقطـر بـه آن اضـافه شـد. در ادامـه بـا قـرار دادن الکتـرود pH متـر دیجیتـالی (مـدل pH-Meter CG 824) عمـل تیتراسـیون بـا هیدروکسـید سـدیم ۰/۱ نرمـال (۴ گـرم در لیتـر) تـا pH=۸/۲ صـورت گرفـت [۱۵]. اسـیدیته قابـل تیتراسـیون بـر اسـاس مقـدار هیدروکسـید سـدیم مصـرفی برحسـب معـادل تارتاریـک اسـید (اسـید غالب انگور) طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$T.A = \left(\frac{S \times N \times F \times E}{C}\right) \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن TA= مقدار اسیدهای آلی موجود در عصـاره‌ی میـوه (g/۱۰۰ml)، S= مقدار NaOH مصرف شده (ml)، N= نرمالیتـه NaOH، F= فـاکتور NaOH، C= مقـدار عصـاره‌ی میـوه (ml)، E= اکی والان اسید مورد نظر (اسید تارتاریک) است [۱۴].

[1] Low-density polyethylene

## ۲-۵- اندازه‌گیری ضریب رسیدگی میوه یا شاخص طعم

برای اندازه‌گیری ضریب رسیدگی یا شاخص طعم میوه از نسبت TSS/ TA استفاده شد [۱۴].

$$\text{نسبت قند به اسید} = \frac{\text{مواد جامد محلول}}{\text{اسیدیته قابل تیتراسیون}} \quad (۲)$$

## ۲-۶- اندازه‌گیری pH آب میوه

میزان pH آب میوه با دستگاه pH متر دیجیتالی مدل (pH-Meter CG 824) که با استفاده از بافرهای ۴ و ۷ کالیبره شده بود اندازه‌گیری شد [۱۴].

## ۲-۷- محتوای فنل کل

اندازه‌گیری میزان فنل کل میوه‌ها با استفاده از روش فولین- سیوکالچو[1] انجام گرفت [۱۵]. برای این منظور ۱ گرم نمونه در هاون چینی در حضور نیتروژن مایع آسیاب گردید، سپس ۱۰ میلی‌لیتر اتانول اسیدی ۱درصد برای استخراج ترکیبات فنلی به آن اضافه گردید. آنگاه عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی صاف شدند. برای قرائت میزان جذب فنل کل، ۲۰۰ میکرولیتر عصاره‌ی میوه را با آب مقطر به حجم ۵۰۰ میکرولیتر رساندند و به آن مقدار ۲۵۰۰ میکرولیتر فولین (۵ میلی‌لیتر فولین را با آب مقطر به حجم۵۰ میلی‌لیتر) اضافه شد. پس از ۵ دقیقه از افزودن فولین رقیق‌شده با آب مقطر، مقدار ۲۰۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد (افزودن ۱/۵ گرم کربنات سدیم در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر) اضافه گردید و نمونه‌ها در شرایط تاریکی قرار داده شد. پس از ۱/۵ ساعت نگهداری در دمای اتاق و شرایط تاریکی میزان جذب عصاره در طول موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر VIS-UV مدلT80 + PG Instruments قرائت گردید. [۱۴].

برای تهیه‌ی محلول‌های استاندارد، مقدار ۰/۱ گرم گالیک اسید با متانول خالص به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. سپس از این محلول استاندارد به‌ترتیب مقادیر حجمی ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و۵۰ میکرولیتر برداشته و داخل ظروف کوچک شیشه‌ای ریخته شد. به هر کدام از آن‌ها مقدار ۲۵۰۰ میکرولیتر فولین رقیق‌شده با آب مقطر افزوده شد. پس از ۱۰ تا ۱۵ دقیقه، ۲۰۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم اضافه گردید. میزان جذب محلول‌های استاندارد پس از ۱/۵ تا ۲ ساعت قرائت گردید. سپس منحنی استاندارد از روی الگوی جذب ترسیم گردید. میزان فنل کل از روی میزان جذب نمونه و مقایسه آن با منحنی استاندارد، بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم بافت میوه بیان گردید [۱۶].

## ۲-۸-طرح آزمایشی و آنالیز آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه‌ی کاملاً تصادفی در ۴ تکرار (هر تکرار شامل ۲ خوشه) اجرا شد. فاکتورهای شامل رقم در سه سطح (بی‌دانه‌ی سفید، قزل‌اوزوم و ریش‌بابا)، نوع بسته‌بندی (حاوی پوشش نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم و بدون آن) و زمان نمونه برداری در چهار سطح با فاصله ی ۲۰ روز یک‌بار انجام شد. تجزیه و تحلیل واریانس در سطح احتمال ٪۵ (P≤۰/۰۵) برای بررسی تأثیر متغیرها با استفاده از نرم افزار آماری Design-Expert 11 انجام گرفت.

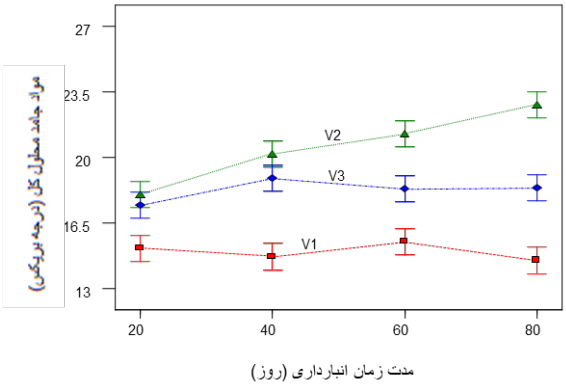
# ۳- نتایج و بحث

## ۳-۱- بررسی تغییرات مواد جامد محلول کل

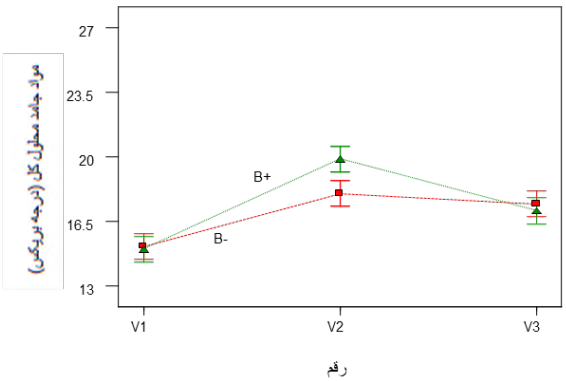
بررسی نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده رقم، تیمار و مدت انبارداری و نیز اثر متقابل رقم و مدت انبارداری بر میزان مواد جامد محلول کل در سطح احتمال ۵درصد با $R^2$=۰/۸۷، معنی‌دار است. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که با گذشت زمان انبارداری میزان مواد جامد محلول کل حبه‌ها در رقم قزل‌اوزوم کاهش یافته، در رقم ریش‌بابا تغییری نکرده و در رقم سفیدبی‌دانه افزایش یافته است (شکل ۱ و ۲). خوشه‌هایی که در کیسه‌های پلاستیکی آغشته به نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم قرار داشتند، میزان مواد جامد محلول کل بیشتری در مقایسه با شاهد نشان دادند. تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد (نمونه‌های بدون نانوذرات تیتانیوم‌دی اکسید) رقم سفیدبی‌دانه و نمونه‌های تیمارشده از طریق نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید از لحاظ مواد جامد محلول کل در طی دوره انبارداری وجود داشت. اما در رقم ریش‌بابا انگورهای تیمارشده از طریق نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید به خصوص در پایان دوره‌ی انبارداری هیچ‌گونه اختلافی با نمونه های شاهد از خود نشان ندادند. همچنین تیمار نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید در رقم قزل اوزوم از خود، اثر منفی به جای گذاشت و موجب کاهش میزان مواد جامد محلول کل حبه‌ها در طی انبارداری شد. افزایش مواد جامد محلول در نتیجه‌ی کاهش آب میوه، تجزیه قندهای مرکب (تبدیل قندهای مرکب به قندهای ساده) و هضم شدن دیواره‌های سلولی اتفاق می‌افتد. بیشترین تغییراتی که هنگام رسیدن میوه صورت می‌گیرد به شکسته شدن کربوهیدرات‌های

[1] Folin-Ciocalteu

پلیمری (پلی‌ساکاریدها) مربوطه است که با رسیدن میوه باعث افزایش مواد جامد قابل حل میوه می‌گردد [۱۷]. به همین دلیل میزان مواد جامد محلول میوه با رسیدن میوه افزایش می‌یابد [۱۴]. این نتایج با یافته‌های ژیانگ و لی[1] [۱۸] در میوه‌ی لونگا، پن و ژیانگ[2] [۱۸] و ژیانگ و همکاران [۲۰] در لیچی که نشان دادند پوشش چیتوزان و پوترسین باعث کاهش تنفس و درنتیجه حفظ مواد ذخیره‌ای میوه می‌شود، مطابقت دارد. همچنین افزایش مقدار مواد جامد محلول در اثر محلول‌پاشی با اتفن با گزارش‌های سایر محققان نیز مطابقت دارد [۲۱-۲۳].




**شکل (۱):** درصد مواد جامد محلول کل در خوشه‌های انگور در طی انبارداری رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفیدبی‌دانه (V2) و رقم ریش بابا (V3).



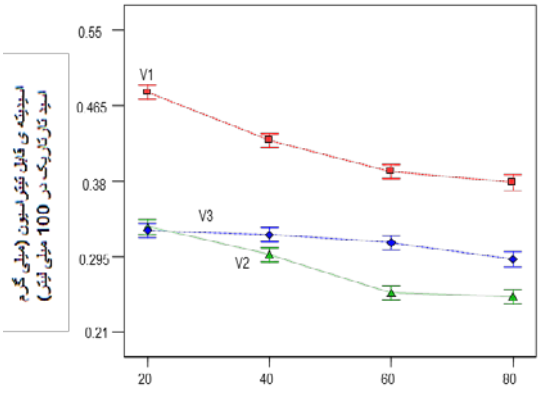

**شکل (۲):** نمودارهای مقایسه‌ی اثر تیتانیوم‌دی‌اکسید بر روی درصد مواد جامد محلول کل در خوشه‌های انگور رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفیدبی‌دانه (V2) و رقم ریش‌بابا (V3) نمونه‌های تیمار شده با نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم (B+) و نمونه‌های شاهد (B-).

## ۳-۲- بررسی تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون

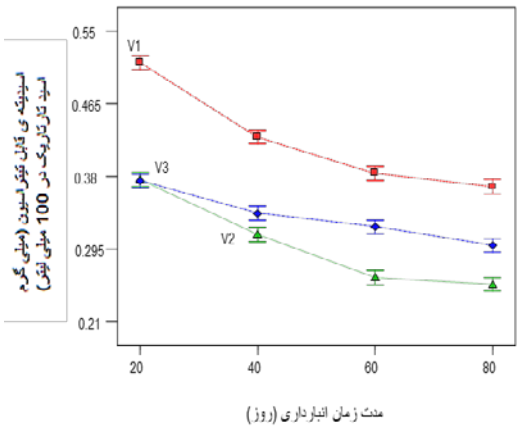
بررسی نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده رقم، تیمار و مدت انبارداری و نیز اثر متقابل رقم و مدت انبارداری بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال ۵ درصد با $R^2$=۰/۹۷، معنی‌دار است. مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان می دهد که با گذشت زمان انبارداری میزان اسیدیته‌ی قابل تیتراسیون در حبه‌های شاهد و حبه‌های تیمارشده با نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید کاهش یافته است، که این روند کاهشی در حبه‌های شاهد در سراسر دوره انبارداری نسبت به نمونه‌های تیمار شده با نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید بیشتر بوده است. همچنین اختلاف معنی‌داری بین ارقام مختلف از لحاظ میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در طی انبارداری در میوه‌های شاهد و حبه‌های تیمارشده با نانوذرات دی اکسیدتیتانیوم وجود داشت که بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در رقم سفیدبی‌دانه مشاهده شده است. اما هیچ اختلافی بین قزل‌اوزوم و ریش‌بابا دیده نشده است (شکل ۳ و ۴). معمولاً اسیدهای آلی به هنگام رسیدن در اثر تنفس و یا تبدیل به قندها کاهش می‌یابند و کاهش آن‌ها رابطه‌ی مستقیم با فعالیت‌های متابولیسمی دارد. در واقع اسیدها به عنوان یک منبع اندوخته‌ی انرژی میوه هستند که در هنگام رسیدن با افزایش سوخت و ساز مصرف می‌شوند [۱۴، ۱۷، ۲۱]. تارتاریک اسید، اسید غالب در حبه‌ی انگور است که ۸۰-۴۰ درصد اسیدهای آلی آن را تشکیل می‌دهد. تجزیه‌ی اسیدهای آلی در دوره‌ی رسیدن محصول به سرعت تنفس وابسته است و حجم اسیدهای آلی در میوه‌های انگور با رسیدن کاهش می‌یابد [۱۴]. طبق مطالعات انجام شده میوه هایی که دارای ترکیبات اسید و قند هستند، اسیدیته قابل تیتراسیون در طی انبارداری در این میوه‌ها کاهش می‌یابد و منجر به شکستن اسیدها به قند در طول تنفس می‌شود [۲۵]. کاهش اسیدیته قابل تیتر در طی انبارداری مربوط به مصرف اسیدهای آلی به‌عنوان پیش‌ماده‌ی تنفسی در طی فرآیند تنفس مرتبط است [۲۶]. در این بررسی میزان اسیدهای آلی در میوه‌های تیمار شده با نانوذرات تیتانیوم‌دی اکسید کاهش معنی‌داری را نسبت به شاهد در زمان برداشت و در طول مدت نگهداری نشان داد. با توجه به اینکه اسیدهای آلی از جمله ترکیبات مهم در چرخه‌ی کربس هستند، در نتیجه به نظر می‌رسد که در نمونه‌های تیمار شده با نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید میزان تنفس افزایش می‌یابد و در نتیجه منجر به مصرف اسیدهای آلی به‌عنوان سوبسترای تنفسی می‌شود. همچنین با توجه به اینکه میزان اسیدهای آلی موجود در محصولات بیشتر از مقدار مورد نیاز در

1. Jiang and Li
2. Pen and Jiang

چرخه‌ی کربس است می‌تواند موارد مصرف دیگری را برای اسیدهای آلی در نظر گرفت. برای مثال می‌توان به مصرف شدن آن‌ها در ساختمان برخی از مواد فرار و معطر اشاره کرد. با توجه به اینکه در طول دوره‌ی نگهداری پیش‌ماده‌های اصلی تنفس یعنی قندها و اسیدها کاهش پیدا می‌کنند. این امر باعث تغییرات متفاوتی در مواد جامد محلول و اسیدهای آلی کل در طول مدت نگهداری میوه‌ها می‌شود [۲۷].



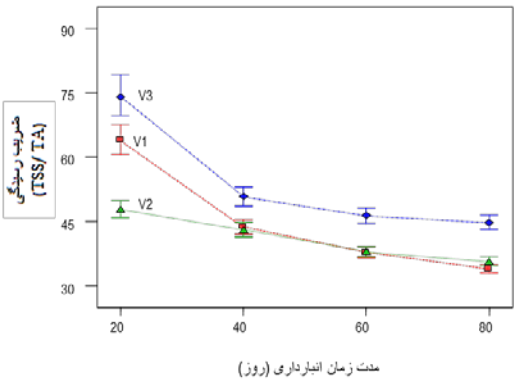

**شکل (۳):** میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در خوشه‌های انگور شاهد بدون تیمار نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم رقم قزل اوزوم (V1)، سفید بی‌دانه (V2) و رقم ریش بابا (V3).



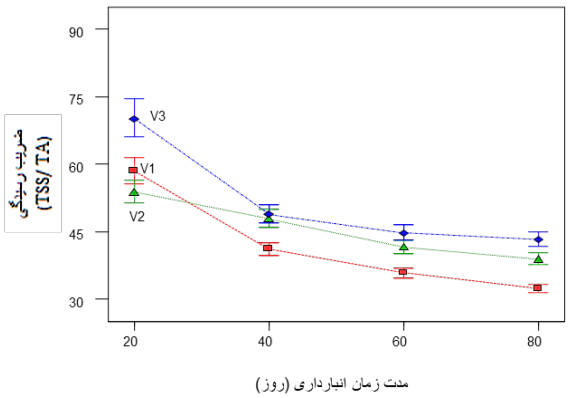

**شکل (۴):** میزان اسیدیته‌ی قابل تیتراسیون در خوشه‌های انگور تیمار شده با نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم رقم قزل اوزوم (V1)، سفید بی‌دانه (V2) و رقم ریش بابا (V3).

## ۳-۳- بررسی تغییرات ضریب رسیدگی میوه یا شاخص طعم

بررسی نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده رقم، تیمار، مدت انبارداری و همچنین اثر متقابل رقم، تیمار و مدت انبارداری بر ضریب رسیدگی میوه یا شاخص طعم در سطح احتمال ۵ درصد و $R^2$= ۰/۹۱، معنی‌دار است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با طولانی شدن مدت انبارداری میزان ضریب رسیدگی کل در حبه‌های تیمارشده با نانوذرات دی اکسیدتیتانیوم و شاهد کاهش پیدا کرده است. مقایسه‌ی دو شکل ۵ و ۶ نشان می‌دهد که ضریب رسیدگی میوه یا شاخص طعم در هر سه رقم در میوه‌های که در بسته‌های پلاستیکی آغشته به دی‌اکسیدتیتانیوم تیمار شده بودند کمتر از شاهد بوده است. بهترین ضریب رسیدگی میوه‌ی انگور عبارت از برقراری تعادل بین مواد جامد محلول و اسیدها است [۲۸]. شاخص طعم یا ضریب رسیدگی شامل نسبت مواد جامد قابل حل به اسیدهای آلی محصول است که در طعم محصول تأثیر بسزایی دارد. اسیدهای آلی همراه قندها در طعم میوه تأثیر دارند و نسبت‌های مختلف اسید و قند موجب طعم ترش و یا شیرین شدن میوه‌ها می‌شود. ضریب رسیدگی در انگور شاخص درجه‌ی اول برای برداشت محصول به شمار می‌آید [۱۴]. ضریب رسیدگی با نوع مصرف مورد نظر یعنی برای تازه‌خوری، آب میوه و یا خشک کردن به منظور تهیه‌ی کشمش متفاوت است [۲۸].



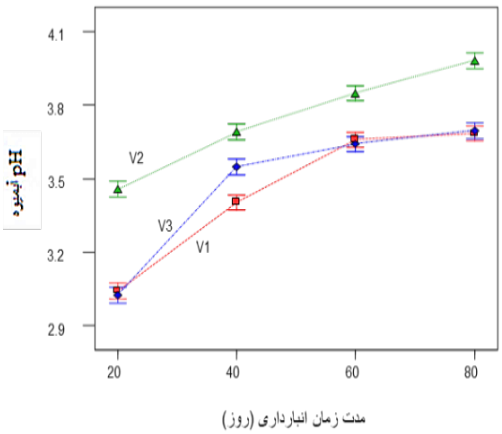

**شکل (۵):** میزان ضریب رسیدگی در خوشه‌های انگور شاهد بدون تیمار نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفیدبی‌دانه (V2) و رقم ریش‌بابا (V3).



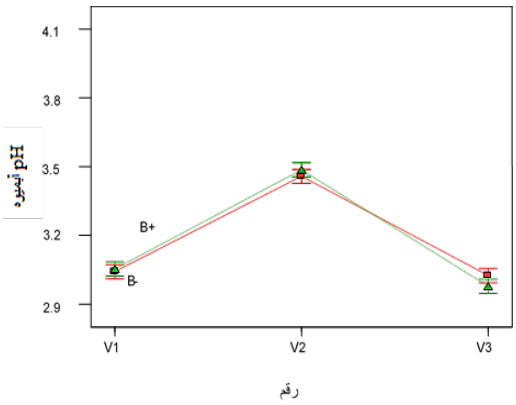

**شکل (۶) :** میزان ضریب رسیدگی در خوشه‌های انگور تیمار شده با نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفیدبی‌دانه (V2) و رقم ریش‌بابا (V3).

## ۳-۴- بررسی تغییرات pH

بررسی نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده رقم، تیمار، مدت انبارداری و نیز اثر متقابل رقم، تیمار و مدت انبارداری بر میزان pH در سطح احتمال ۵درصد و $R^2$= ۰/۹۷، معنی‌دار نیست. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با طولانی شدن مدت انبارداری میزان pH در میوه‌های تیمارشده و شاهد افزایش (pH قلیایی) یافته است (شکل ۷ و ۸). اما هیچ اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین میوه‌های تیمارشده و شاهد در طی انبارداری وجود نداشته است. بین ارقام مختلف انگور تفاوت زیادی از لحاظ میزان pH وجود داشته است. کمترین میزان pH در قزل‌اوزم و بیشترین میزان pH در بی‌دانه‌ی سفید مشاهده شده است. میزان pH معرف اسیدی و یا قلیایی بودن محصولات باغبانی است. اما میزان pH میوه همیشه با مقدار اسیدهای آلی محصول رابطه‌ی مستقیم ندارد [۱۴]. اسیدهای آلی عمدتاً جزء اسیدهای ضعیف هستند و تأثیر زیادی بر روی pH میوه ندارد و اسیدهای قوی سبب تغییر سریع pH می شوند. pH یا غلظت یون‌های $H^+$ ، بر روی مزه تأثیر ندارد و اهمیت آن بیشتر به‌خاطر تأثیر بر واکنش‌های آنزیمی و فعالیت میکروارگانیسم‌ها (مخمرها و باکتری‌ها)، است. بنابراین در مقایسه با اسیدیته قابل تیتراسیون، تغییرات pH از ارزش کمتری به‌عنوان یک فاکتور کیفی مؤثر بر مزه برخوردار است. در بیشتر میوه‌ها در طول انبارداری pH میوه‌ها افزایش می‌یابد و این به دلیل کاهش اسیدهای آلی است و کاهش اسیدها در طول انبارداری در برخی از میوه‌ها منجر به افزایش pH می شود؛ ولی این افزایش در اکثر میوه‌ها متفاوت است، چون علاوه‌بر اسیدها سایر مواد موجود در میوه نظیر قندها نیز امکان تأثیر بر pH را دارند [۲۹].




**شکل (۷):** میزان pH آب میوه در خوشه‌های انگور شاهد بدون‌تیمار نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفید بی‌دانه (V2) و رقم ریش‌بابا (V3).

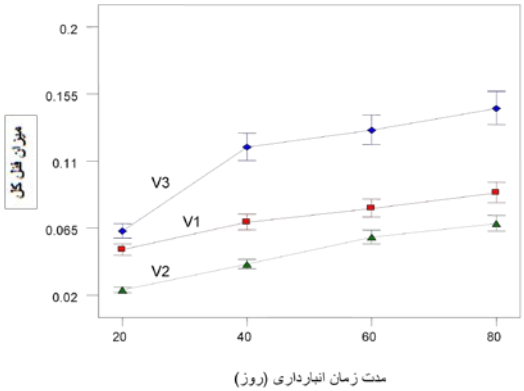



**شکل (۸)** : نمودارهای مقایسه ی pH آب میوه در خوشه های انگور رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفید بی‌دانه (V2) و رقم ریش‌بابا (V3) نمونه های تیمار شده با نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم (B+) و نمونه‌های شاهد (B-).

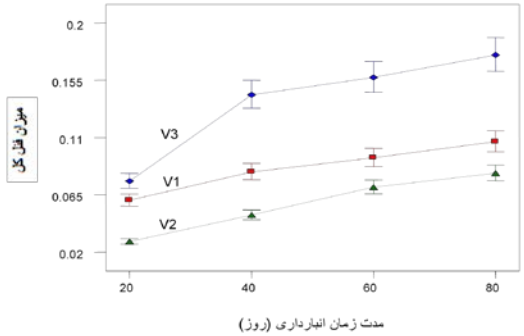
## ۳-۵- محتوای فنل کل

بررسی نتایج نشان می‌دهد که اثرات ساده رقم، تیمار، مدت انبارداری و همچنین اثر متقابل رقم و مدت انبارداری بر میزان فنل در سطح احتمال ۵درصد و $R^2$= ۰/۹۳، معنی‌دار است. نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که با طولانی شدن مدت انبارداری میزان فنل در تمامی تیمارها افزایش یافته است. همان طور که از مقایسه‌ی دو شکل ۹ و ۱۰ قابل مشاهده است بیشترین میزان تغییرات فنل در طی دوره‌ی انبارداری در هر سه رقم، مربوط به خوشه‌های تیمار شده با نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید است که اختلاف معنی‌داری با انگورهای شاهد داشت. مطابق شکل ۹ و ۱۰ تیمار تیتانیوم دی‌اکسید به ترتیب بیشترین تأثیر را بر روی رقم ریش‌بابا سپس رقم قزل اوزوم و کمترین تأثیر را بر روی رقم سفید بی دانه داشته است. ترکیبات فنلی متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که از مسیرهای پنتوز فسفات و فنیل پروپانوئید در

گیاهان مشتق می‌شوند. این ترکیبات نقش مهمی را در ویژگی‌های رنگ و حساسیت میوه‌ها و سبزی‌ها دارند [۳۰]. گزارش شده است که اتیلن باعث افزایش متابولیسم فنیل پروپانوئید می‌شود. فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز آنزیم قاطع در متابولیسم فنیل پروپانوئید است. متابولیسم فنیل پروپانوئید به‌وسیله‌ی اتیلن افزایش می‌یابد و برخی ترکیبات فنلی با تغییراتی در برخی بیماری‌ها شرکت می‌کنند [۳۱، ۳۲]. مشخص شده است که اتفن فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز را در انگورهای رومیزی افزایش می‌دهد که در نتیجه‌ی آن رنگ میوه افزایش می‌یابد [۳۳]. ترکیبات فنلی عمده موجود در گیاهان بخش قابل توجهی از رژیم غذایی انسان هستند و به‌خاطر جنبه‌های آنتی‌اکسیدانی توجه قابل ملاحضه‌ای به آن‌ها شده است [۳۰]. در بین میوه‌ها و سبزی ها، انگورها دارای بیشترین منابع ترکیبات فنلی هستند که ممکن است با توجه به گونه، واریته، مرحله‌ی رسیدگی، شرایط آب و هوایی و رقم متفاوت باشد [۳۴]. فنل‌های انگور در کیفیت میوه از جمله رنگ، عطر و طعم، سفتی و پیری دخالت دارند. این ترکیبات همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند؛ زیرا رادیکال‌های آزاد را به دام می‌اندازند [۳۵]. ترکیبات فنلی تنوع شیمیایی زیادی دارند؛ از جمله، فنل‌های ساده مثل اسید کلروژنیک (میزان آن در پوست میوه انگور بیشتر است) فلاونوئیدها (که آنتوسیانین‌ها از جمله‌ی آن‌ها هستند) را شامل می‌شوند. تغییرات ترکیبات فنلی در محصولات باغبانی متفاوت است. اکثر ترکیبات فنلی در آغاز رشد و نمو میوه‌ها و سبزی‌ها افزایش اما در خلال رسیدن محصول مقدار آن‌ها کاهش می‌یابد؛ زیرا این مواد در فعالیت های متابولیکی شرکت می‌کنند. آنتوسیانین‌ها بر عکس دیگر ترکیبات فنلی در حین رسیدن میوه افزایش می‌یابند و بعد از رسیدن به یک میزان معین (مقدار آن‌ها ثابت باقی می‌ماند) می‌رسند. ترکیبات فنلی در حضور اکسیژن، آنزیم فنلاز تجزیه می‌شود و به ملانین قهوه‌ای‌رنگ تبدیل می‌شود [۱۴]. فنل‌ها در دوره‌ی بعد از برداشت اثرات متعددی دارند و مهم ترین نقش آن‌ها در رنگ و طعم محصول است [۱۷]. افزایش مجدد میزان فنل کل در پایان انبارداری یعنی زمانی که میوه ها به دمای بالا منتقل گردیدند را می‌توان با قرار گرفتن در معرض نوعی تنش (خارج کردن محصول از سردخانه و قرار دادن آن در دمای اتاق) توجیه کرد. زمانی که سلول‌های گیاهی در معرض تنش قرار می‌گیرند، آنزیم‌های مسیر پنتوز فسفات[1] فعال می‌گردند و پیش‌ماده‌ی لازم برای سنتز ترکیبات فنل را تولید می‌کنند [۳۶]. مسیر فنیل پروپانوئید منجر به بیوسنتز فلاونوئیدها و ترکیباتی نظیر لیگنین[2] و ترکیبات فنلی دیگر می‌گردد [۳۷]. این نتایج با یافته‌های لیو[3] و همکاران [۳۸] و بنهامو و تری‌آلت[4] [۳۹] نیز مطابقت دارد. خان[5] و همکاران [۴۰] گزارش کردند که چیتوزان می تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز[6] و تیروزین آمونیالیاز[7] گردد. این مسئله منجر به تولید متابولیت های ثانویه‌ی تولید شده از طریق مسیر فنیل پروپانوئید نیز می‌شود که اغلب این ترکیبات نقش حفاظتی دارند.




**شکل (۹):** میزان فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن تر) در خوشه‌های انگور شاهد بدون تیمار نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفید بی‌دانه (V2) و رقم ریش‌بابا (V3).




**شکل(۱۰):** میزان فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن تر) در خوشه‌های انگور تیمارشده با نانوذرات دی‌اکسیدتیتانیوم رقم قزل‌اوزوم (V1)، سفید بی‌دانه (V2) و رقم ریش‌بابا (V3).

1. Pentose Phosphate Pathway (PPP)
2. Lignin
3. Liu
4. Benhamou and Theriault
5. Khan
6. Phenylalanine ammonia-lyase
7. Tyrosine ammonia-lyase

## ۴- نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از پلاستیک‌های حاوی پوشش نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید در نگهداری و انبارمانی سه رقم میوه‌ی انگور (رقم‌های سفید بی‌دانه، ریش‌بابا و قزل اوزوم) تأثیر معنی‌داری در مقایسه با نمونه‌های شاهد داشت. نتایج حاکی از تأثیر پوشش نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید در کاهش میزان ویژگی‌ها و صفاتی مانند کاهش وزن حبه‌ها، آلودگی قارچی، میزان ریزش حبه‌ها و همچنین افزایش صفاتی مانند مقدار pH آب میوه، مقدار فنل کل، رنگ حبه‌ها و میزان مواد جامد محلول کل نسبت به نمونه‌های شاهد در طول دوره انبارمانی است. استفاده از پوشش‌های خوراکی برای محصولات تازه که باعث کاهش تغییرات متابولیکی می‌شود راهی برای افزایش عمر تازه محصول است. ساختارهای نانوذرات $TiO_2$ با کاهش غلظت مصرفی و همچنین پوشش دادن مواد بسته‌بندی با نانوذرات باعث بالا بردن امنیت غذایی و صرفه‌جویی در زمان و هزینه خواهد شد.

## ۵- مراجع


[1] F. Artés-Hernández, E. Aguayo, and F. Artés, “Alternative atmosphere treatments for keeping quality of ‘Autumn seedless’ table grapes during long-term cold storage,” Postharvest Biology and Technology, vol. 31, pp. 59-67, 2004.

[2] C. H. Crisosto and J. L. Smilanick, “Table grapes postharvest quality maintenance guidelines,” The University of California Davis, 2007.

[3] Y. Wu, C. L. Weller, F. Hamouz, S. L. Cuppett, and M. Schnepf, “Development and application of multicomponent edible coatings and films” a review. Advances in food and nutrition research, vol. 44, pp. 347-394, 2002.

[4] L. Vermeiren, F. Devlieghere, M. Van Beest, N.de Kruijf J. Debevere, “Developments in the active packaging of foods” 1999.

[5] S. Dodangeh, S. Amiri, L. Rezazad Bari, “A Review of Different Types of Active Packages, Mechanism and their Application in Food Industry.” Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology, vol. 11, pp. 80-90, 2021. (In Persian)

[6] C. Maneerat, and Y. Hayata, “Antifungal activity of $TiO_2$ photocatalysis against Penicillium expansum in vitro and in fruit tests” International journal of food microbiology, vol. 107, pp. 99-103, 2006.

[7] J. S. Hur, S. O. Oh, K. M. Lim, J. S. Jung, J. W. Kim, and Y. J. Koh, “Novel effects of TiO2 photocatalytic ozonation on control of postharvest fungal spoilage of kiwifruit” Postharvest biology and technology, vol. 35, pp. 109-113, 2005.

[8] N. G. Chorianopoulos, D. S. Tsoukleris, E. Z. Panagou, P. Falaras, and G. J. Nychas, “Use of titanium dioxide ($TiO_2$) photocatalysts as alternative means for *Listeria monocytogenes* biofilm disinfection in food processing” Food microbiology, vol. 28, pp. 164-170, 2011.

[9] D. O. Adams, “Phenolics and ripening in grape berries” American Journal of Enology and Viticulture, vol. 57, pp. 249-256, 2006.

[10] J. A. Kennedy, C. Saucier, and Y. Glories, “Grape and wine phenolics: history and perspective” American Journal of Enology and Viticulture, vol. 57, pp. 239-248, 2006.

[11] S. Amiri, M. Rezazadehbari, L. Rezazad Bari, "The effect of milk-pectin protein concentrate composite edible coating reinforced by calcium chloride and *Nigella Sativa* L. essential oil on the physicochemical, antioxidant and microbial characteristics of strawberries during storage" vol. 46, pp. 19-31, 2021.

[12] F. Mattivi, C. Zulian, G. Nicolini, and L. Valenti, “Wine, biodiversity, technology, and antioxidants” Annals of the New York academy of sciences, vol. 957, pp. 37-56, 2002.

[13] L. Rezazad Bari, M. Rezazad Bari, M. Ghasemnejad, M. Alizadeh Khaledabad, “Effect of titanium dioxide nanoparticles on three varieties of table grapes (BidaneSefid, Gezel Ozom and Rish Baba) shelf life and controlling postharvest decay properties.” Journal of Food Industry Research, vol. 24, pp. 315-324, 2014. (In Persian)

[14] F. Hoseiniyan, S. Amiri, M. Rezazadeh Bari, L. Rezazad Bari, S. Dodangeh, “Effect of soy protein isolate and $TiO_2$ edible coating on quality and shelf-life of grapes varieties Hosseini and Ghezel Ozom.” Food Science and Technology, vol. 17, pp. 29-41, 2020. (In Persian)

[15] J. F. Ayala-Zavala, S. Y. Wang, C. Y. Wang, and G. A. González-Aguilar, “Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit” LWT-Food Science and Technology, vol. 37, pp. 687-695, 2004.

[16] V. L. Singleton, R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventos, “Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent” Methods in enzymology, vol. 299, pp. 152-178, 1999.

[17] L. R. Bari, A. Ghanbari, R. Darvishzadeh, M. T. Giglou, and H. D. Baneh, “Discernment of grape rootstocks base on their response to salt stress using selected characteristics in combination with chemometric tools” Food Chemistry, vol. 365, p. 130408, 2021.

[18] Y. Jiang and Y. Li. “Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of longa fruit” Food Chemistry, vol. 73, pp. 139-143, 2001.

[19] L. T. Pen and Y. M. Jiang, “Effect of chitosan coating on shelf life and quality of fresh-cut Chinese water chestnut” Lebensm-Wiss Technology, vol. 36, pp. 359-364, 2003.

[20] Y. Jiang, J. Li and W. Jiang, “Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature” LWT-Food Science and Technology, vol. 38 pp. 757–761, 2005.

[21] E. Szyjewicz, N. Rosner, M. W. Kliewer, “Influence of timing of ethephon application on yield and fruit composition of Chenin Blanc grapevine” American Journal of Enology and Viticulture, vol. 34, pp. 53-56, 1983.

[22] S. Pasuwitayakool, “Effect of ethephon on fruit guality of PP-BR-SN win grapes” Agris record press, 1998.

[23] N. Nicolaou, D. Stavraka, E. Zieziou, A. Patakas, “Effects of ethephon, methanol, ethanol and girdiling treatment on berry maturity and color development in cardinal table grapes” Australia jurnal Grape and win Research, vol. 9, pp. 12-14, 2003.

[24] H. Bakeshlou, M. K. Pirouzifard, M. Alizadeh, and S. Amiri, “Investigation of non-enzymatic browning characteristics of Sardasht black grape juice concentrate using Response Surface Methodology” Food Science and Technology, vol. 16, pp. 127-136, 2020.

[25] S. Amiri, L. Rezazad Bari, S. Malekzadeh, S. Amiri, P. Mostashari, P. Ahmadi Gheshlagh, "Effect of Aloe vera gel-based active coating incorporated with catechin nanoemulsion and calcium chloride on postharvest quality of fresh strawberry fruit". Journal of Food Processing and Preservation, 2021.

[26] P. S. Tanada-Palmu and C. R. F. Grosso, "Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (Fragaria × ananassa) quality" Postharvest Biology and Technology, vol. 36, pp. 199-208, 2005.

[27] Y. Zheng, Z. Yang, X. Chen, "Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries" Food Control, vol. 19, pp. 470-474, 2008.

[28] C. H. Crisosto, D. Garner, and G. Crisosto, "High carbon dioxide atmospheres affect stored 'Thompson seedless' table grapes" Hort Science, vol. 37, pp. 1074-1078, 2002.

[29] P. Perkins-Veazie, JK. Collins, AR. Davis, W. Roberts, "Carotenoid content of Watermelon cultivars" J. Agriculture, Food Chemicals, vol. 54 pp. 2593-2597, 2006.

[30] N. Balasundram, K. Sundram, and S. Samman, "Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses" Food chemistry, vol. 99 pp. 191-203, 2006.

[31] M. G. Hertog, P. C. Hollman, and M. B. Katan, "Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands" Journal of Agricultural and Food Chemistry, vol. 40, pp. 2379-2383, 1992.

[32] E. N. Frankel, A. L. Waterhouse, and P. L. Teissedre, "Principal phenolic phytochemicals in selected Californiawines and their antioxidant activity in inhibiting oxidation of human low-density lipoproteins" Journal of Agricultural and Food chemistry, vol. 43, pp. 890-894, 1995.

[33] M. N. Zadeh, S. Pirsa, S. Amiri, L. R. Bari, "Application of the Edible Coating of Carboxy Methyl Cellulose/Pectin Composite Containing Humulus lupulus Extract on the Shelf Life of Fresh Cute Oranges at Cold Conditions." Iraninan Journal of Biosystem engeeniering, vol. 51, pp. 471-484, 2020. (In Persian)

[34] EN. Frankel, AS.Meyer, "Antioxidants in grapes and grape juices and their potential health effects" Journal of Pharmaceutical Biology, vol. 36, pp. 14-20, 1998.

[35] P. M. Alfred, M. B. Sheikh, M. Mitwe, "Changes in phenolics and antioxidant activity of Muscadine grape genotypes during berry development and ripening" Center for Viticulture and small fruit Research and Food Science Program, College of Engineering Sciences, Technology and Agriculture, Florida A&M University, Tallahassee, FL 32307, 2004.

[36] L. Rezazad Bari, A. Ghanbari, R. Darvishzadeh, M. Torabi Giglou, H. Doulati Baneh, "Comparison of phenolic compounds and antioxidant activity of two grapvine root cultivars Rasha and Qzel Ozum," FSCT, 18 (111), pp. 1-12, 2021.

[37] W. T. Xu, K. L. Huang, F. Guo, W. Qu, J. J. Yang, Z. H. Liang, and Y. B. Luo, "Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control Botrytis cinereal" Postharvest Biology and Technology, vol. 46, pp. 86-94, 2007.

[38] J.H. Liu, H. Kitashiba, J. Wang, Y. Ban and T. Moriguchi, "Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants" Plant Biotechnology, vol. 24, pp. 114-126, 2007.

[39] N. Benhamou, and G. Theriault. "Treatment with chitosan enhances resistance of tomato plants to the crown and root pathogen Fusarium oxysporum f. sp. Radicis-lycopersici" Physiological and Molecular Plant Pathology, vol. 41, pp. 34-52, 1992.

[40] A.S. Khan, S. Zora and N.A. Abbasi, "Pre-storage putrescine application suppresses ethylene biosynthesis and retards fruit softening during low temperature storage in Angelino plum" Postharvest Biology and Technology, vol. 46, pp. 36-46, 2007.

*Journal of Packaging Science and Technology*

Vol. 12, No. 4, 2022 

# The Application of Packaging Containing Titanium Dioxide Nanoparticles on the Physicochemical and Biochemical Characteristics of Grape Fruit During Cold Storage

**Laya Rezazad Bari, Saber Amiri***

*Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: 23/09/2021; Accepted: 15/03/2022)

## Abstract

*In this research, the effect of plastic coating impregnated with titanium dioxide nanoparticles on the post-harvest quality of seedless white fruit cultivars, Qezel Ozum and RishBaba during cold storage was investigated. For this purpose, healthy, uniform and free from any physical damage and microbial decay grape bunches were packed using polyethylene wrappers impregnated with titanium dioxide nanoparticles and stored for 80 days in a cold store with a temperature of 0±1°C and a relative humidity of 90±5%. The characteristics of total soluble solids, titratable acidity, ripening factor, pH and total phenolic content of grapes were measured at 20-day intervals. The statistical analysis of the results showed that the treatment of titanium dioxide nanoparticles had a significant effect in reducing the titratable acidity, pH, total phenol content and ripening coefficient compared to the control samples. The samples treated with titanium dioxide nanoparticles showed higher soluble solids and titratable acidity. The results showed that all three grape cultivars packed with polyethylene wrappers impregnated with titanium dioxide nanoparticles had higher quality than the control samples at the end of the storage period.*

.

**Keywords:** Titanium Dioxide Nanoparticles, Grapes, Storage, Post-Harvest Properties

*Corresponding Author E-mail: sa.amiri@urmia.ac.ir