



اثر نانوکیتوزان و استیک اسید بر ویژگی‌های کیفی انگور رقم رشه طی نگهداری سرد

جمال سهرابی‌نیا^۱، فردین تمجیدی^{۲*}، ناصر قادری^۳

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
- ۲- استادیار گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.
- ۳- دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

چکیده	اطلاعات مقاله
	تاریخ‌های مقاله :
	تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۴
	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۹
	کلمات کلیدی:
	انگور رشه، نانوذرات کیتوزان، استیک اسید، پوسیدگی میکروبی، کیفیت پس از برداشت.
	DOI: 10.52547/fsct.19.123.133
	DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.23.8
	* مسئول مکاتبات: f.tamjidi@uok.ac.ir

میوه انگور حاوی بعضی اجزای مغذی و مقادیر زیادی مواد زیست‌فعال فنولی سلامتی‌بخش است، اما پوسیدگی قارچی و کاهش کیفیت از عوامل مهم محدود کننده عمر ماندگاری آن برای تازه‌خوری و صادرات می‌باشد. مو رشه (*Vitis vinifera cv. Rasheh*) به‌طور عمده در تاکستان‌های دیم نیمه غربی ایران کشت می‌شود و حبه‌های آن غنی از آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و مواد جامد محلول می‌باشد. در این مطالعه، اثر پوشش طبیعی نانوکیتوزان و استیک اسید بر ویژگی‌های کیفی پس از برداشت انگور رقم رشه بررسی شد. سوسپانسیون نانوکیتوزان با توزیع اندازه ذرات ۵-۳۰ نانومتر به روش رایج ژل شدن یونی در داخل محلول استیک اسید تهیه شد. میوه‌های انگور به مدت یک دقیقه با غوطه‌ور کردن در سوسپانسیون نانوکیتوزان (۰/۲ درصد)، محلول استیک اسید (۰/۵ درصد) یا آب مقطر (شاهد) پوشش‌دهی شدند و ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی آن‌ها در طول ۸ هفته نگهداری در دمای ۴°C و رطوبت نسبی ۹۰ درصد اندازه‌گیری شد. به‌طور کلی، میوه‌های پوشش‌دهی شده با نانوکیتوزان یا استیک اسید در مقایسه با شاهد، دارای تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی، تعداد کپک و مخمر و درصد پوسیدگی کمتر و سفتی، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین C بیشتر بودند و نیز خواص حسی بهتری داشتند. نانوکیتوزان در بهبود کیفیت پس از برداشت و ماندگاری میوه انگور موثرتر از استیک اسید بود. اختلاف معنی‌داری در درصد افت وزن و pH نمونه‌ها مشاهده نشد. بنابراین، سوسپانسیون نانوکیتوزان تهیه شده در محلول استیک اسید، به‌عنوان یک پوشش طبیعی و مشتری‌پسند برای بهبود ماندگاری و کیفیت پس از برداشت میوه انگور رقم رشه مناسب بوده ولی بخشی از اثرات مفید آن ناشی از استیک اسید است.

۱- مقدمه

انگور میوه‌ای نافرزاگرا با میزان تولید جهانی بالا از تاکستان‌های آبی و دیم بوده که منبع مهمی از ترکیبات مغذی و سلامتی‌بخش از جمله مواد معدنی، ویتامین ث، فیبر رژیمی، اسیدهای چرب و ترکیبات فنولی مثل آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها می‌باشد [۱]. انگور ارقام گوناگونی دارد و به‌عنوان یک میوه پرمصرف برای تازه‌خوری و به‌صورت فراوری شده مصرف می‌شود. مؤرق رقم "رشه" (*Vitis vinifera cv. Rasheh*) یکی از مهم‌ترین ارقام انگور دیم ایران است که در نیمه غربی کشور کشت می‌شود و سطح زیر کشت آن به‌طور مداوم افزایش می‌یابد. میوه انگور رقم رشه دارای حبه‌های دانه‌دار، سیاه‌رنگ و با پوست ضخیم غنی از آنتوسیانین می‌باشد که درصد مواد جامد محلول بالایی دارد [۲]. اتصال حبه به خوشه آن محکم است و در اوایل مهر می‌رسد.

با افزایش نیاز مصرف‌کنندگان به غذاهای حداقل فراوری شده و سلامتی‌بخش، تلاش‌های زیادی برای افزایش عمر ماندگاری و جلوگیری از کاهش کیفیت میوه‌ها و سبزیجات تازه توسط مواد ضد میکروبی، فیلم‌ها و پوشش‌های طبیعی با سمیت پایین انجام می‌گیرد؛ این تیمارهای پس از برداشت همراه با اسیدهای آلی موجود در خود محصول، نقش موثری در کاهش جمعیت میکروبی و سرعت فساد دارند. از طرف دیگر، به‌دلیل اثرات نامطلوب مواد ضد میکروب سنتزی بر سلامت انسان و اکوسیستم و مقاوم شدن میکروب‌ها به این مواد، نیاز روزافزونی به جایگزین‌های ایمن، طبیعی و مشتری‌پسند وجود دارد.

بعد از سلولز، کیتین فراوان‌ترین پلی‌ساکارید در طبیعت است. کیتوزان (پلی-β-(۱-۴)-N-استیل-D-گلوکزآمین) یک بیوپلیمر خوراکی حاصل از استیل‌زدایی (بیشتر از ۵۰٪) کیتین است که در pH اسیدی بار الکتریکی مثبت داشته و در آب حل می‌شود؛ کیتوزان در لیست GRAS بوده و برای بدن سمیت ندارد و حتی فلزات سنگین را از روده جذب و از مجرای گوارشی خارج کرده [۳] و نیز نقش فیبر رژیمی دارد [۴]. اثر ضد میکروبی کیتوزان بر بسیاری از باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها اثبات شده است. این اثر تابع شرایط محیطی مورد استفاده (pH، دما، حضور مواد واکنش‌دهنده)، درجه استیل‌زدایی و وزن مولکولی کیتوزان و نوع میکروب هدف است که این عوامل خود

بر حلالیت، بار الکتریکی، تحرک مولکولی (ناشی از اثر دما بر گرانشی محیط) و بلوکه شدن کیتوزان اثر دارند [۵]. به‌طور کلی، اثر ضدقارچی کیتوزان بیشتر از اثر ضدباکتریایی آن بوده و در بین باکتری‌ها، انواع گرم مثبت به آن حساس‌تر می‌باشند [۵]. کیتوزان با تحریک کیتیناز و مداخله با رشد قارچ، فعالیت ضدقارچی دارد [۶]. مستندات زیادی در رابطه با اثر مفید پوشش و فیلم کیتوزان بر افزایش ماندگاری و کیفیت پس از برداشت محصولات کشاورزی مختلف موجود است.

نانوذرات خوراکی کیتوزان-تری‌پلی‌فسفات با موفقیت از طریق ژل شدن یونی تولید شده‌اند [۷] و به عنوان حامل (انکپسولانت) یا جهت تولید نانوکامپوزیت‌های ضد میکروبی، کاربرد زیادی در داروسازی و صنایع غذایی دارند [۸]. اثر ضد میکروبی نانوکیتوزان بیشتر از محلول آن می‌باشد [۹] و در نتیجه مقدار موثر کیتوزان مورد استفاده برای پوشش‌دهی محصولات باغی کاهش می‌یابد زیرا نفوذ و جذب آن به شکل نانوذره افزایش می‌یابد [۱۰]. نانوکیتوزان باعث تخریب غشای سلولی و نشت سیتوپلاسم باکتری سالمونلا می‌شود [۹]. در مطالعات اخیر، اثر مفید نانوکیتوزان به‌تنهایی یا در ترکیب با مواد دیگر (مثل اسانس‌های گیاهی) بر افزایش ماندگاری و یا کیفیت پس از برداشت محصولاتی مانند توت‌فرنگی، سیب، خیار، هلو، فلفل دلمه‌ای، قارچ خوراکی، موز و گیلاس بررسی شده است. اما بنا به دانش ما، هیچ مطالعه‌ای در مورد اثر نانوکیتوزان بر خصوصیات کیفی و عمر ماندگاری انگور رقم رشه وجود ندارد. بنابراین این مطالعه اثر نانوذرات کیتوزان-تری‌پلی‌فسفات را بر ویژگی‌های کیفی انگور رقم رشه طی نگهداری بررسی می‌کند. با توجه به این‌که استیک اسید رایج‌ترین اسید مصرفی برای تولید نانوکیتوزان بوده و نیز اثر ضد میکروبی آن بخوبی اثبات شده است، در این مطالعه، به همراه نانوکیتوزان، اثر جداگانه استیک اسید بر کیفیت پس از برداشت میوه انگور نیز بررسی می‌شود؛ این نکته اغلب از کانون توجه محققین دور مانده و بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

میوه انگور رقم رشه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی از کُل

تاکستان دیمی به مساحت یک هکتار واقع در شهرستان مریوان (استان کردستان) برداشت شد (35.5211° N, 46.1757° E) و تا زمان اعمال تیمارها (در کمتر از ۲۴ ساعت) در سردخانه با دمای ۴°C نگهداری شد.

کیتوزان با وزن مولکولی پایین و سدیم تری پلی فسفات (TPP) از شرکت سیگما (آمریکا) و محیط های کشت PDA و PCA و نیز پیتون از شرکت Quelab (آمریکا) و بقیه مواد شیمیایی از شرکت مرک (آلمان) خریداری شد.

۲-۲- تهیه سوسپانسیون نانوکیتوزان

سوسپانسیون حاوی ۰/۲ درصد نانوذرات کیتوزان-تری پلی فسفات با pH=5، مطابق روش ژل شدن یونی کالوو و همکاران [۷] با کمی تغییر آماده شد. محلول ۰/۲۴۵ درصد کیتوزان در داخل محلول استیک اسید (۰/۵ درصد حجمی) و محلول ۰/۱۲۲ درصد TPP در داخل آب مقطر آماده شد و محلول ها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال نگهداری شدند. سپس روی همزننده مغناطیسی (۱۲۰۰ دور در دقیقه)، ۲۰ میلی لیتر محلول TPP قطره قطره به ۵۰ میلی لیتر محلول کیتوزان در مدت ۲۰ دقیقه اضافه شد. بعد از ۱۰ دقیقه همزدن اضافی، فرآیند تولید نانوذرات به اتمام رسید.

۳-۲- عکس برداری از نانوکیتوزان با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

یک لایه نازک از سوسپانسیون نانوکیتوزان در دمای اتاق خشک شد و پس از پوشش دهی با طلا توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (Mira3 LM Tescan, Brno, Czech Republic) در ولتاژ ۳۰kV از آن عکس برداری شد.

۴-۲- پوشش دهی میوه انگور با نانوکیتوزان یا استیک اسید

ابتدا جبه های معیوب خوشه ها حذف شدند و در آب مقطر شستشو داده شدند. بعد از خشک شدن میوه ها در هوای آزاد آزمایشگاه، بعضی ویژگی های کیفی آن ها اندازه گیری شد (داده های زمان صفر). سپس خوشه ها در دمای اتاق به مدت ۱ دقیقه در سوسپانسیون نانوکیتوزان (pH=5)، محلول استیک اسید (۰/۵ درصد حجمی؛ pH=5) یا آب مقطر استریل (شاهد)

غوطه ور شدند و پس از خشک شدن در دمای اتاق، در ظروف پلی استایرنی بسته بندی (۳۰۰ گرم در هر بسته) و به مدت ۸ هفته در سردخانه تاریک با دمای ۴°C و رطوبت نسبی ۹۰ درصد نگهداری شدند. روی درب بسته ها، ۳ سوراخ به قطر ۲ میلی متر جهت عبور هوا ایجاد گردید. شمارش میکروبی و ارزیابی ویژگی های کیفی در هفته های دوم، چهارم، ششم و هشتم انجام شد.

۲-۵- شمارش میکروبی و اندازه گیری ویژگی های فیزیکوشیمیایی

جهت شمارش میکروبی، ۱۰ گرم جبه انگور به نسبت ۱ به ۹ در آب پیتونه استریل (۱٪ وزنی-حجمی) خرد و همگن شد و رقت-های اعشاری آن نیز تهیه شد. تعداد باکتری های مزوفیل هوازی به روش کشت سطحی (۱ میلی لیتر) روی محیط کشت PCA و بعد از ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری در دمای ۳۲°C شمارش شد. تعداد کپک ها و مخمرها به روش کشت سطحی (۱ میلی لیتر) روی محیط کشت PDA و بعد از ۴۸ ساعت گرمخانه گذاری در دمای ۲۵°C شمارش شد. تعداد میکروب ها به صورت لگاریتم تعداد پرگنه بر گرم انگور (Log CFU/g) گزارش شد.

درصد پوسیدگی یا فساد میوه در هر بسته با شمارش تعداد جبه های دارای علائم عفونت قارچی و محاسبه درصد آن در کل جبه های آن بسته اندازه گیری شد [۱۱، ۱۲].

افت وزن نمونه ها، با اندازه گیری وزن خالص میوه ها در بسته های از پیش مشخص شده با ترازویی با دقت ۰/۰۰۱ گرم و محاسبه درصد کاهش وزن آن ها نسبت به زمان صفر اندازه گیری شد.

برای اندازه گیری سفتی بافت، میزان نیروی لازم جهت نفوذ یک میله محذب، با قطر ۸ میلی متر و با سرعت ۲۰ میلی متر بر ثانیه، به میزان ۸ میلی متر به داخل ۴ جبه از هر تکرار، جداگانه توسط دستگاه بافت سنج (Santam, STM-1, Iran) اندازه گیری شد و سپس سفتی بر حسب نیوتن محاسبه و میانگین گیری شد. قبل از آزمایش، پوست جبه در محل نفوذ میله با احتیاط جدا شد.

میزان ویتامین ث عصاره به روش تیتراسیون با محلول ۰/۰۰۲-دی-کلروفنل ایندوفنل، مطابق روش مرجع AOAC (۹۶۷، ۲۱) اندازه گیری شد و بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ گرم انگور گزارش شد. درصد مواد جامد محلول عصاره میوه با رفراکتومتر (Atago,

فسفات با اندازه کمتر از ۱۰۰ نانومتر تولید شده و برای پوشش دهی میوه استفاده شده‌اند [۱۲، ۱۳].

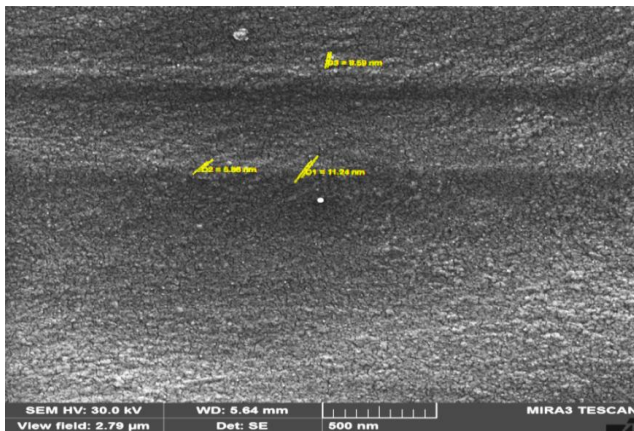


Fig 1 The SEM image of chitosan-tripolyphosphate nanoparticles prepared by ionic gelation method.

۳-۲- جمعیت میکروبی میوه انگور

اثر تیمار و زمان نگهداری بر تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی و تعداد کپک و مخمر میوه انگور معنی‌دار بود (شکل ۲). میانگین شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی و شمارش کپک و مخمر در زمان صفر به ترتیب ۱/۰۵ و ۱ Log CFU/g بود. شمارش میکروبی از زمان صفر تا هفته هشتم در همه نمونه‌ها افزایشی بود و جمعیت میکروبی در نمونه شاهد بیشتر از تیمارهای نانوکیتوزان و استیک اسید بود ($P < 0.05$). در هفته‌های چهارم و هشتم، تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی در تیمار نانوکیتوزان کمتر از تیمار استیک اسید بود؛ همچنین، تعداد کپک و مخمر در تیمار نانوکیتوزان در هفته‌های ششم و هشتم کمتر ولی در هفته دوم بیشتر از تیمار استیک اسید بود ($P < 0.05$). بنابراین بطور کلی، اثر نانوکیتوزان در کاهش جمعیت میکروبی قوی‌تر از استیک اسید است (شکل ۲). عمر ماندگاری میکروبیولوژیکی که برابر 5 Log CFU/g از باکتری‌های مزوفیل هوازی یا مجموع کپک و مخمر است [۱۴] برای نمونه شاهد قبل از هفته ششم به اتمام رسید، اما در مورد نمونه‌های پوشش‌دهی شده با نانوکیتوزان و استیک اسید حتی در هفته هشتم نگهداری هم به اتمام نرسید (شکل ۲). بطور مشابه گزارشاتی از تاثیر مثبت پوشش نانوکیتوزان در کاهش رشد *Phytophthora drechsleri* تلقیح شده روی میوه خیار [۱۵] و نیز کاهش تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی و یا تعداد کپک و مخمر بومی روی خیار [۱۱،

(ATC, 20 E, Japan) در دمای ۲۰°C اندازه‌گیری شد و بر حسب درجه بریکس (°Bx) گزارش شد.

عصاره نمونه‌ها به صورت مکانیکی استخراج شد و pH آن با اسیدیمتر قابل تیتراسیون ۳ میلی‌لیتر از آن با تیتراسیون با محلول NaOH pH-سنج (Metrohm, 827 pH lab, Switzerland) و (۰/۱ نرمال استاندارد) تا pH=۸/۲ اندازه‌گیری شد؛ اسیدیمتر عصاره بر حسب درصد تارتاریک اسید گزارش شد.

خواص حسی نمونه‌های انگور توسط ۳۰ نفر ارزیاب عادی (نسبت خانم به آقا: ۲ به ۱) با میانگین سن ۲۴ سال، بعد از ۶ هفته نگهداری بررسی شد. ارزیاب‌ها، عمدتاً دانشجویان کارشناسی و کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان بودند. یک ساعت قبل از ارزیابی، نمونه‌ها از یخچال به دمای اتاق منتقل شدند و در روشی غیرمستقیم آفتاب جداگانه در اختیار ارزیاب‌ها قرار داده شدند و از آن‌ها خواسته شد که مطلوبیت ظاهر، بو، طعم و پذیرش کلی را بر اساس آزمون هدونیک ۷- نقطه‌ای (دوست نداشتن: کم (۱)، متوسط (۲)، زیاد (۳)، نظری نداشتن (۴) و دوست داشتن: کم (۵)، متوسط (۶)، زیاد (۷)) مورد ارزیابی قرار دهند. ارزیاب‌ها برای شستشوی دهان در بین نمونه‌ها از آب استفاده کردند.

۲-۶- آنالیز آماری

آزمایشات در ۳ تکرار انجام شد و میانگین و انحراف معیار داده‌ها محاسبه شد. اختلاف آماری ($P < 0.05$) بین تیمارها با استفاده از شیوه مدل خطی تعمیم‌یافته بر اساس روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) فیشر با نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹) تعیین شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- عکس SEM از نانوکیتوزان

تصویر SEM (شکل ۱) نشان می‌دهد که نانوذرات به خوبی شکل گرفته و اندازه آن‌ها عمدتاً در محدوده ۵ - ۳۰ نانومتر است. اندازه نانوذرات کیتوزان شکل گرفته تابع عواملی مانند نوع، غلظت و خصوصیات مولکولی اجزا، سرعت افزودن TPP، pH و شرایط همزدن است. در مطالعات دیگر نانوذرات کیتوزان-پلی-

[۲۱] و میوه‌های دیگر مثل زردآلو و آلو موجود است. بنابراین بررسی اثر جداگانه استیک اسید بر کیفیت پس از برداشت محصولات باغی پوشش‌دهی شده با نانوکیتوزان توسط محققین بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۳-۳- درصد پوسیدگی میوه انگور

پوسیدگی میکروبی از عوامل اصلی محدود کننده عمر انباری محصولات باغی تازه بوده و زیان اقتصادی ناشی از آن بسیار حائز اهمیت است. اثر تیمار و زمان نگهداری بر پوسیدگی میوه انگور معنی‌دار بود (شکل ۳). درصد پوسیدگی حبه‌های میوه انگور در طول نگهداری در سردخانه روند افزایشی داشت. بطور کلی، کمترین و بیشترین درصد پوسیدگی به ترتیب در تیمار نانوکیتوزان و نمونه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$). در هفته‌های ششم و هشتم، درصد پوسیدگی در تیمار نانوکیتوزان کمتر از تیمار استیک اسید بود. در هفته ششم، اختلاف معنی‌داری بین درصد پوسیدگی در تیمار استیک اسید و نمونه شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$). در انتهای دوره نگهداری، میانگین درصد پوسیدگی برای تیمارهای نانوکیتوزان، استیک اسید و شاهد به ترتیب ۱۱/۶۷، ۱۷/۳۶ و ۲۵/۱۳ بود ($P < 0.05$). قبلاً نیز گزارش شده است که نانوکیتوزان به‌طور قابل توجهی باعث کاهش درصد پوسیدگی در انگور [۱۹]، توت‌فرنگی [۱۲] و خیار [۱۱، ۱۵] می‌شود. اثر ضد میکروبی پوشش کیتوزان و نیز اثر آن در کاهش تبادل گازها و سرعت تنفس میوه و در نتیجه کاهش تولید اتیلن، درصد فساد و ضایعات را کاهش می‌دهد.

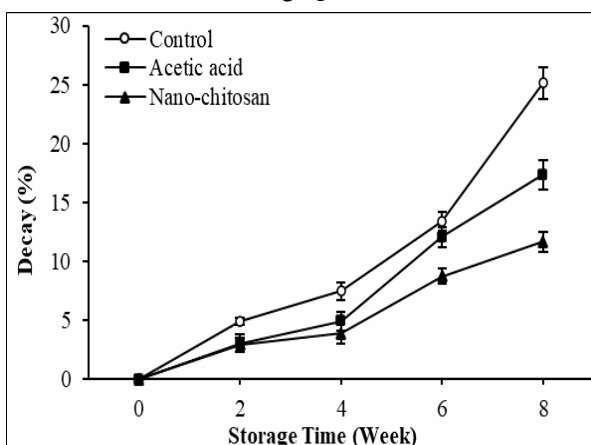


Fig 3 Decay percentage (Mean \pm SD) of grapes coated with nano-chitosan (0.2%) or acetic acid (0.5%), during 8 weeks storage at 4 °C and 90% RH.

[۱۵]، فلفل دلمه‌ای [۱۶] و گیلاس [۱۷] موجود است. آلودگی میکروبی، به‌ویژه پوسیدگی خاکستری ناشی از *Botrytis cinerea* از عوامل اصلی محدود کننده عمر ماندگاری انواع انگور تازه‌خوری می‌باشد. نانوکیتوزان علیه انواع قارچ از جمله *Botrytis cinerea* [۱۸] و نیز باکتری‌های بیماریزای مهم [۱۹] اثر ضد میکروبی دارد. بر اساس یک فرضیه، برهمکنش میان بارهای مثبت کیتوزان و بارهای منفی روی غشای سلول میکروب باعث تغییر در نفوذپذیری غشا و در نهایت نشت ترکیبات حیاتی درون سلولی و مرگ می‌شود [۲۰].

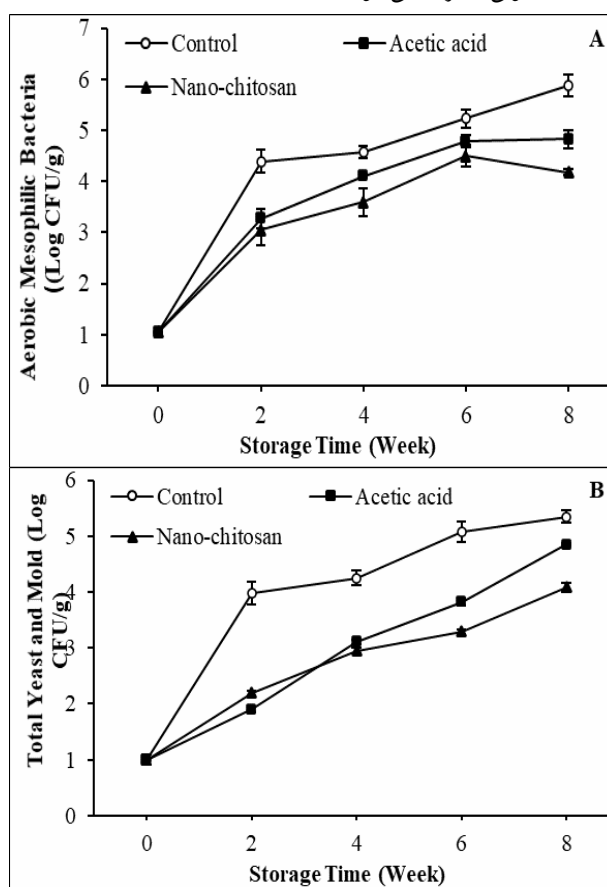


Fig 2 Aerobic mesophilic bacteria (A) and total yeast and mold (B) counts (Mean \pm SD) of grapes coated with nano-chitosan (0.2%) or acetic acid (0.5%), during 8 weeks storage at 4 °C and 90% RH.

نتایج این آزمایش نشان داد که استیک اسید به دلیل خاصیت ضد میکروبی باعث کاهش شمارش میکروبی بعد از ۸ هفته نگهداری می‌شود. استیک اسید یک ماده ضد میکروب طبیعی و ایمن برای سلامت انسان و محیط زیست است. مستندات زیادی در مورد اثر استیک اسید در جلوگیری از ضایعات قارچی انگور

۳-۴- افت وزن میوه انگور

اثر زمان نگهداری بر افت وزن میوه انگور معنی‌دار بود و میانگین افت وزن نمونه‌ها در طی نگهداری افزایش یافت و برای تیمارهای نانوکیتوزان، استیک اسید و شاهد بعد از ۸ هفته نگهداری، به ترتیب به ۱۴/۷۵، ۱۳/۲۲ و ۱۳/۰۰ درصد رسید اما تیمارها اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند (داده‌ها نشان داده نشده است). گزارشاتی وجود دارد که نمونه‌های انگور با و بدون پوشش نانوکیتوزان طی ۱۲ روز نگهداری در دمای ۱۲ یا ۲۵°C، کمتر از ۵ درصد افت وزن دارند (بدون ذکر رطوبت نسبی و رقم انگور) [۱۹] و نیز پوشش نانوکیتوزان طی ۶ روز نگهداری اثری بر افت وزن میوه توت‌فرنگی ندارد [۲۲]. اما، گزارش شده است که پوشش نانوکیتوزان با مسدود نمودن منافذ موجود در میوه باعث کاهش افت وزن و کنترل سرعت تنفس می‌شود [۱۹] و در کاهش افت وزن توت‌فرنگی [۱۲]، خیار [۱۱، ۱۵]، سیب [۱۳]، فلفل دلمه‌ای [۱۶] و گیلاس [۱۷] موثر است. افت وزن محصولات باغی ناشی از تعرق و فرایند تنفس است که تحت تاثیر عوامل خارجی (مانند دما، رطوبت نسبی انبار و شرایط بسته‌بندی، تیمار پس از برداشت) نیز قرار می‌گیرد.

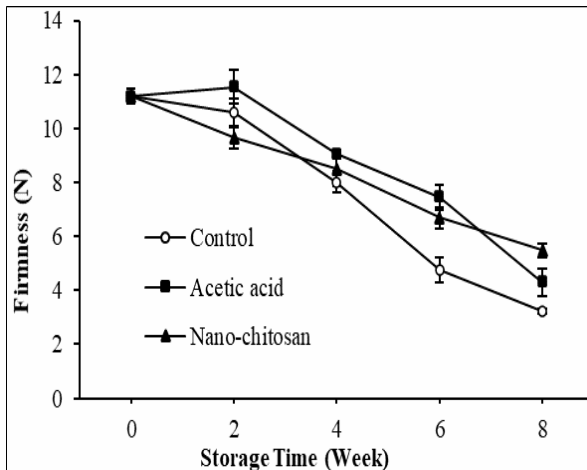


Fig 4 Firmness (Mean ± SD) of grapes coated with nano-chitosan (0.2%) or acetic acid (0.5%), during 8 weeks storage at 4 °C and 90% RH.

۳-۶- مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل

تیتراسیون و pH میوه انگور

میزان قندها و اسیدهای آلی عوامل مهمی در تعیین مزه میوه گوشتی رسیده بوده و محتوای نسبی این ترکیبات بستگی به متابولیسم قند و اسید دارد. اثر تیمار و زمان نگهداری بر مواد جامد محلول کل میوه انگور معنی‌دار بود (شکل ۵A). به‌طور کلی، تغییرات مواد جامد محلول نمونه‌های انگور تا هفته دوم افزایشی و از آن به بعد تا هفته هشتم کاهش می‌یابد. سانچز-گونزالس و همکاران [۲۴] نیز از پوشش کیتوزان برای میوه انگور استفاده کردند و گزارش کردند که مواد جامد محلول در ۸ روز اول نگهداری افزایش و سپس کاهش می‌یابد؛ به نظر می‌رسد که این رفتار منعکس‌کننده رشد تصاعدی انگور در طول دوره نگهداری اولیه است. کمترین افت مواد جامد محلول در تیمار نانوکیتوزان و بیشترین افت در نمونه شاهد مشاهده گردید ($P < 0.05$) و به‌غیر از هفته چهارم، در بقیه زمان‌ها بین تیمار استیک اسید و شاهد اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.05$).

۳-۵- سفتی میوه انگور

استحکام بافت یک ویژگی کیفی مطلوب برای اغلب محصولات باغبانی بوده که به آماس سلولی و ساختار و ترکیبات پلی‌ساکاریدی دیواره سلولی بستگی دارد. اثر تیمار و زمان نگهداری بر سفتی میوه انگور معنی‌دار بود (شکل ۴). میزان سفتی همه نمونه‌ها در طول نگهداری کاهش یافت ($P < 0.05$). در هفته دوم سفتی در تیمار نانوکیتوزان کمتر از تیمار استیک اسید و شاهد بود ($P < 0.05$) ولی در هفته چهارم این اختلاف معنی‌دار نشد. در هفته چهارم، سفتی نمونه شاهد کمتر از تیمار استیک اسید بود ($P < 0.05$)؛ همچنین در هفته ششم سفتی تیمارهای نانوکیتوزان و استیک اسید با هم اختلاف معنی‌دار نداشت و از نمونه شاهد بیشتر بود. در هفته هشتم نگهداری، سفتی تیمار نانوکیتوزان بیشتر از تیمار استیک اسید و این به نوبه خود بیشتر از شاهد بود ($P < 0.05$). پوشش نانوکیتوزان نرم شدن میوه‌هایی مانند سیب [۱۳]، خیار [۱۱، ۱۵]، گیلاس [۱۷] و توت‌فرنگی [۱۲]، را در طی نگهداری کاهش داده است. کیتوزان باعث کاهش

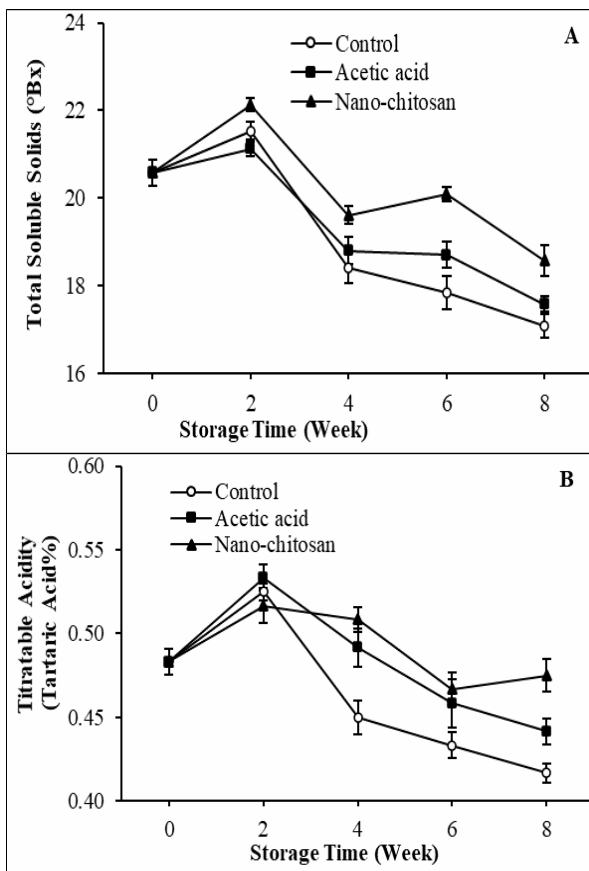


Fig 5 Total soluble solids (A) and titratable acidity (B) values (Mean \pm SD) of juice of grapes coated with nano-chitosan (0.2%) or acetic acid (0.5%), during 8 weeks storage at 4 °C and 90% RH.

کاهش محسوس pH در دو هفته اول به دلیل افزایش اسیدهای آلی است که در نمودار اسیدیته نیز واضح است. گزارش شده است که مقادیر pH میوه‌های انگور پوشش‌دهی شده و نشده با نانوکیتوزان طی ۲۴ روز نگهداری سرد تغییر قابل ملاحظه و نیز اختلاف چندانی با هم ندارند [۱۹]. عشقی و همکاران گزارش کردند که pH میوه توت‌فرنگی در طی نگهداری افزایش می‌یابد و پوشش‌دهی آن با نانوکیتوزان بر تغییرات pH طی ۸ روز نگهداری اثر ندارد [۱۲]. در مطالعه دیگری، گزارش شد که pH نمونه‌های سیب با و بدون پوشش نانوکیتوزان (۰/۲ یا ۰/۵ درصد) طی ۹ هفته نگهداری افزایش می‌یابد ولی این افزایش برای نمونه شاهد بیشتر است [۱۳]. نگون و همکاران گزارش کردند که pH توت‌فرنگی پوشش‌دهی شده با ۰/۲ درصد نانوکیتوزان، بعد از ۶ روز نگهداری کاهش می‌یابد [۲۲]. نتایج مختلفی از تاثیر پوشش‌های خوراکی بر مواد جامد محلول،

گزارش شده است که پوشش‌دهی انگور با کربوکسی‌متیل سلولز یا نانوکیتوزان باعث جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول یا تثبیت آن می‌شود [۲، ۱۹]. در رابطه با اثر نانوکیتوزان بر تغییرات مواد جامد محلول توت‌فرنگی گزارشات متناقضی موجود است [۱۲، ۲۲] و نیز مشاهده شده است که پوشش نانوکیتوزان اثری بر مواد جامد محلول سیب ندارد [۱۳]. بنابراین اثرات پوشش‌دهی بر مواد جامد محلول میوه‌ها متفاوت است و تابع شدت و نوع تغییرات متابولیکی میوه (مثل تنفس و انحلال پلی-آرئیندها و همی‌سلولز موجود در دیواره سلولی) و افت وزن است.

اثر تیمار و زمان نگهداری نیز بر اسیدیته میوه انگور معنی‌دار بود (شکل ۵B). تغییرات اسیدیته نمونه‌های انگور تا هفته دوم افزایشی بود و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ولی از آن به بعد کاهش شد و کمترین و بیشترین کاهش به ترتیب در تیمارهای نانوکیتوزان و شاهد مشاهده گردید و فقط در هفته هشتم بین تیمارهای نانوکیتوزان و استیک اسید اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.05$). در رابطه با روند تغییرات اسیدیته توت‌فرنگی و اثر نانوکیتوزان بر آن گزارشات متناقضی موجود است [۱۲، ۲۲]. همچنین، گزارش شده است که اسیدیته میوه انگور پوشش‌دهی شده و نشده با نانوکیتوزان طی ۲۴ روز نگهداری سرد تغییر قابل ملاحظه‌ای ندارد و نیز تیمارها اختلاف چندانی با هم ندارند [۱۹]. در مطالعه دیگری، مشاهده شد که اسیدیته نمونه‌های سیب با و بدون پوشش نانوکیتوزان (۰/۲ یا ۰/۵ درصد) طی ۹ هفته نگهداری کاهش می‌یابد ولی این کاهش برای نمونه‌های پوشش‌دهی شده کمتر است [۱۳]. به‌خوبی اثبات شده است که پوشش‌ها در کاهش فرایند تنفس در طی نگهداری محصولات باغی نقش دارند. فرایند تنفس نیز در مصرف اسیدهای آلی و کاهش اسیدیته نقش دارد [۲۳].

اثر تیمار بر pH عصاره انگور غیرمعنی‌دار ولی اثر زمان نگهداری بر آن معنی‌دار بود. مقدار pH از زمان صفر تا هفته دوم کاهش زیادی داشت (از ۴/۴ به ۳/۴) و از آن به بعد تا انتهای دوره نگهداری ثابت ماند و بین تیمارها و شاهد اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (داده‌ها نشان داده نشده است).

صدمات فیزیکی، باعث جلوگیری از مصرف ویتامین ث برای رفع تنش و ترمیم سلولی گردیده، که نتیجه آن تجمع ویتامین ث در سلول گیاهی است.

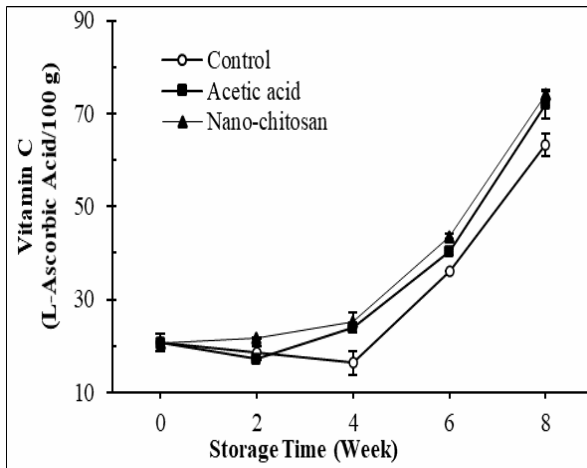


Fig 6 Vitamin C content (Mean ± SD) of grapes coated with nano-chitosan (0.2%) or acetic acid (0.5%), during 8 weeks storage at 4 °C and 90% RH.

۳-۸- ارزیابی حسی

نتایج مربوط به ارزیابی حسی نمونه‌های انگور بعد از ۶ هفته نگهداری نشان داد که از نظر ارزیاب‌ها میوه‌های پوشش‌دهی شده با نانوکیتوزان یا استیک اسید عطر، طعم و پذیرش کلی بهتری نسبت به شاهد دارند ($P < 0.05$). ظاهر نمونه‌های شاهد و پوشش‌دهی شده با استیک اسید با هم اختلاف معنی‌دار نداشت ولی تیمار نانوکیتوزان از آن‌ها بهتر بود (شکل ۷). گزارش شده است که پوشش نانوکیتوزان باعث بهبود خواص حسی (طعم، ظاهر و پذیرش کلی) توت‌فرنگی می‌شود [۱۲]؛ همچنین، پوشش‌دهی انگور با نانوکیتوزان پس از ۳ روز نگهداری، باعث بهبود کم ولی معنی‌دار ظاهر و نیز کاهش کم ولی معنی‌دار طعم می‌شود ولی بر مزه و پذیرش کلی تاثیر معنی‌دار ندارد [۱۹]. بعضی گزارشات منفی در رابطه با اثر پوشش بر خواص حسی محصولات باغی وجود دارد [۲۷]. در این مطالعه تاثیر بهتر نانوکیتوزان و استیک اسید در خواص حسی می‌تواند به دلیل کاهش رشد ریزاندامگان و پوسیدگی و نیز حفظ سفتی و ترکیبات عامل عطر و طعم باشد.

اسیدیته و pH میوه‌ها ارائه شده است که دلیل آن به تفاوت در فرایندهای متابولیکی ارقام و گونه‌های مختلف میوه و تغییرات افت وزن در طی نگهداری برمی‌گردد که باعث تغییر در غلظت اجزا (قند، اسید آلی و ...) می‌شوند. باید اشاره کرد که مقادیر اسیدیته و pH تحت تاثیر ظرفیت بافری و pK اجزا نیز قرار می‌گیرد.

۳-۷- ویتامین ث میوه انگور

ویتامین ث یا L-آسکوربیک اسید خواص ضداکسایشی داشته و از تخریب بافت‌ها توسط رادیکال‌های آزاد و گونه‌های اکسیژن فعال و در نتیجه اختلالات فیزیولوژیکی مختلف جلوگیری می‌کند. در این مطالعه، اثر تیمار و زمان نگهداری بر میزان ویتامین ث میوه انگور معنی‌دار بود (شکل ۶). مقدار ویتامین ث در طی نگهداری در همه نمونه‌ها افزایش یافت و در تیمار نانوکیتوزان بیشتر از شاهد بود ($P < 0.05$). بعد از هفته دوم، مقدار ویتامین ث در تیمار استیک اسید نیز بیشتر از شاهد بود. در هفته‌های دوم و ششم نگهداری مقدار ویتامین ث در تیمار نانوکیتوزان بیشتر از تیمار استیک اسید بود ($P < 0.05$ ، ولی در بقیه زمان‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. گزارشات دیگری از افزایش ویتامین ث در طول دوره نگهداری توت‌فرنگی وجود دارد که به افزایش سنتز مونوساکاریدها نسبت داده شده است [۲۵]. نگوین و همکاران گزارش کردند که ویتامین ث توت‌فرنگی پوشش‌دهی شده با ۰/۲ درصد نانوکیتوزان، بعد از ۶ روز نگهداری افزایش می‌یابد [۲۲]؛ در حالی که، عشقی و همکاران گزارش کردند که ویتامین ث توت‌فرنگی طی نگهداری سرد کاهش می‌یابد ولی پوشش‌دهی آن با نانوکیتوزان نقش بسیار موثری در کاهش سرعت افت ویتامین ث دارد [۱۲]. در حین انبارداری محصولات گیاهی، آسکوربیک اسید در نتیجه فعالیت بعضی آنزیم‌ها (مانند پراکسیداز، فنولاز و آسکوربیک اسید اکسیداز) و نیز در مقابله با انواع گونه‌های اکسیژن فعال، معمولاً به مرور زمان کاهش می‌یابد. کاهش رطوبت نیز ممکن است باعث افزایش اکسایش اسکوربیک اسید شود [۱۲]. گزارش شده است که پوشش کیتوزان با کم کردن عبور O_2 باعث حفظ بهتر ویتامین ث در مرکبات می‌شود [۲۶]. پوشش‌ها همچنین، با بهبود بافت میوه و حفظ سفتی آن و در نتیجه کاهش زخم و سایر

- [2] Ghaderi, N., Shokri, B., Javadi, T. 2017. The effect of carboxymethyl cellulose and pistachio (*Pistacia atlantica* L.) essential oil coating on fruit quality of cold-stored grape cv. Rasheh. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 48 (Special Issue), 63-78.
- [3] Agnihotri, S.A., Mallikarjuna, N.N., Aminabhavi, T.M. 2004. Recent advances on chitosan-based micro-and nanoparticles in drug delivery. *Journal of Controlled Release*, 100 (1), 5-28.
- [4] Ataye-Salehi, E., Sheikhzadeh, M. 2019. The application of chitosan, alginate and carrageenan gums as apple edible coating (In Persian). *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 15 (85), 317-326.
- [5] Aider, M. 2010. Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry. *LWT*, 43 (6), 837-842.
- [6] Bautista-Baños, S., Hernandez-Lauzardo, A.N., Velazquez-Del Valle, M.G., Hernández-López, M., Barka, E.A., Bosquez-Molina, E., Wilson, C. 2006. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. *Crop Protection*, 25 (2), 108-118.
- [7] Calvo, P., Remunan-Lopez, C., Vila-Jato, J.L., Alonso, M. 1997. Novel hydrophilic chitosan-polyethylene oxide nanoparticles as protein carriers. *Journal of Applied Polymer Science*, 63 (1), 125-132.
- [8] De Moura, M.R., Aouada, F.A., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H., Krochta, J.M., Mattoso, L.H. 2009. Improved barrier and mechanical properties of novel hydroxypropyl methylcellulose edible films with chitosan/tripolyphosphate nanoparticles. *Journal of Food Engineering*, 92 (4), 448-453.
- [9] Qi, L., Xu, Z., Jiang, X., Hu, C., Zou, X. 2004. Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. *Carbohydrate Research*, 339 (16), 2693-2700.
- [10] Zahid, N., Ali, A., Manickam, S., Siddiqui, Y., Maqbool, M. 2012. Potential of chitosan-loaded nanoemulsions to control different *Colletotrichum* spp. and maintain quality of tropical fruits during cold storage. *Journal of Applied Microbiology*, 113 (4), 925-939.
- [11] Mohammadi, A., Hashemi, M., Hosseini, S.M. 2016. Postharvest treatment of nanochitosan-based coating loaded with *Zataria multiflora* essential oil improves antioxidant

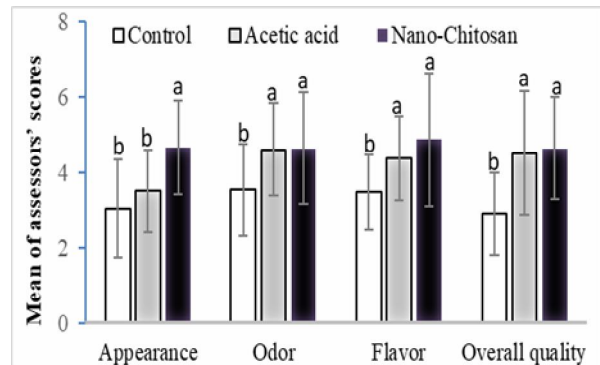


Fig 7 The panelists' scores (Mean \pm SD) for the sensory characteristics of grapes (coated with nano-chitosan (0.2%) or acetic acid (0.5%)) on a 7-point hedonic scale, after 6 weeks storage at 4 °C and 90% RH. For each characteristic, means with different letters are significantly different according to the LSD test ($P < 0.05$).

۴- نتیجه گیری کلی

استفاده از سوسپانسیون نانوکیتوزان تهیه شده در محلول استیک اسید به عنوان یک پوشش طبیعی و مشتری پسند برای میوه انگور رقم رشه کردستان، باعث کاهش جمعیت میکروبی و درصد پوسیدگی و نیز افزایش سفتی، مواد جامد محلول، ویتامین ث و مقبولیت خواص حسی آن طی نگهداری سرد شد. بخشی از اثرات مفید سوسپانسیون نانوکیتوزان ناشی از استیک اسید مصرفی در تولید آن است که از کانون توجه محققین دور مانده است. نانوکیتوزان باعث افزایش ماندگاری و کیفیت پس از برداشت میوه انگور رقم رشه شد که برای تازه خوری و صادرات حائز اهمیت است.

۵- تقدیر و تشکر

از دانشگاه کردستان و سازمان جهاد کشاورزی استان کردستان جهت حمایت مالی این مطالعه سپاس گذاری می شود.

۶- منابع

- [1] Riazi, F., Zeynali, F., Hoseni, E., Behmadi, H., Khani, M., Poorvatandoost, S. 2017. The effect of gamma irradiation on some physicochemical, microbial properties and antioxidant activity of dried grape marc (*Vitis vinifera* L. Var. Siahe sardasht) (In Persian). *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 14 (66), 247-239.

- da Costa Tavares-Filho, J.H., Galembeck, A., Stamford, T.L.M., Stamford-Arnaud, T.M. 2018. Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 139, 56-66.
- [20] No, H., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., Xu, Z. 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. *Journal of Food Science*, 72 (5), R87-R100.
- [21] Venditti, T., Ladu, G., Cubaiu, L., Myronycheva, O., D'hallewin, G. 2017. Repeated treatments with acetic acid vapors during storage preserve table grapes fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 125, 91-98.
- [22] Nguyen, V.T., Nguyen, D.H., Nguyen, H.V. 2020. Combination effects of calcium chloride and nano-chitosan on the postharvest quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 162, 111103.
- [23] Valero, D., Díaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M. 2013. Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 77, 1-6.
- [24] Sánchez-González, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., González-Martínez, C., Cháfer, M. 2011. Effect of hydroxypropylmethylcellulose and chitosan coatings with and without bergamot essential oil on quality and safety of cold-stored grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 60 (1), 57-63.
- [25] Goulas, V., Manganaris, G.A. 2011. The effect of postharvest ripening on strawberry bioactive composition and antioxidant potential. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91 (10), 1907-1914.
- [26] Chien, P.-J., Sheu, F., Lin, H.-R. 2007. Coating citrus (Murcott tangor) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. *Food Chemistry*, 100 (3), 1160-1164.
- [27] Perdonés, A., Sánchez-González, L., Chiralt, A., Vargas, M. 2012. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. *Postharvest Biology and Technology*, 70, 32-41.
- activity and extends shelf-life of cucumber. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 580-588.
- [12] Eshghi, S., Hashemi, M., Mohammadi, A., Badii, F., Mohammadhoseini, Z., Ahmadi, K. 2014. Effect of nanochitosan-based coating with and without copper loaded on physicochemical and bioactive components of fresh strawberry fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne) during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 7 (8), 2397-2409.
- [13] Gardesh, A.S.K., Badii, F., Hashemi, M., Ardakani, A.Y., Maftoonazad, N., Gorji, A.M. 2016. Effect of nanochitosan based coating on climacteric behavior and postharvest shelf-life extension of apple cv. Golab Kohanz. *LWT*, 70, 33-40.
- [14] Pao, S., Petracek, P.D., Brown, G.E. 1996. Effect of infusion method on peel removal and storage quality of citrus. *HortTechnology*, 6 (4), 409-413.
- [15] Mohammadi, A., Hashemi, M., Hosseini, S.M. 2015. Chitosan nanoparticles loaded with *Cinnamomum zeylanicum* essential oil enhance the shelf life of cucumber during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 110, 203-213.
- [16] González-Saucedo, A., Barrera-Necha, L.L., Ventura-Aguilar, R.I., Correa-Pacheco, Z.N., Bautista-Baños, S., Hernández-López, M. 2019. Extension of the postharvest quality of bell pepper by applying nanostructured coatings of chitosan with *Byrsonima crassifolia* extract (L.) Kunth. *Postharvest Biology and Technology*, 149, 74-82.
- [17] Arabpoor, B., Yousefi, S., Weisany, W., Ghasemlou, M. 2021. Multifunctional coating composed of *Eryngium campestre* L. essential oil encapsulated in nano-chitosan to prolong the shelf-life of fresh cherry fruits. *Food Hydrocolloids*, 111, 106394.
- [18] Melo, N.F.C.B., de Lima, M.A.B., Stamford, T.L.M., Galembeck, A., Flores, M.A., de Campos Takaki, G.M., da Costa Medeiros, J.A., Stamford-Arnaud, T.M., Montenegro Stamford, T.C. 2020. In vivo and in vitro antifungal effect of fungal chitosan nanocomposite edible coating against strawberry phytopathogenic fungi. *International Journal of Food Science & Technology*, 55 (11), 3381-3391.
- [19] Melo, N.F.C.B., de MendonçaSoares, B.L., Diniz, K.M., Leal, C.F., Canto, D., Flores, M.A.,



Effect of nano-chitosan and acetic acid on quality characteristics of cold-stored grape cv. Rasheh

Sohrabi-Nia, J.¹, Tamjidi, F.^{2*}, Ghaderi, N.³

1. Master Graduate, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Food Science & Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.
3. Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2021/ 11/ 15
Accepted 2021/ 12/ 20

Keywords:

Rasheh Grape,
Chitosan Nanoparticles,
Acetic Acid,
Microbial Decay,
Post-Harvest Quality.

DOI: 10.52547/fsct.19.123.133

DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.123.23.8

*Corresponding Author E-Mail:
f.tamjidi@uok.ac.ir

ABSTRACT

Grape fruit contains some nutrients and high amounts of biologically active phenolic substances, but fungal decay and quality loss are important factors limiting its shelf-life for fresh-consuming and export. Rasheh vine (*Vitis vinifera* cv. Rasheh) is mainly grown in rainfed vineyards in the western half of Iran, and its berries are rich in anthocyanins, flavonoids and soluble solids. In this study, the effect of natural coatings of nano-chitosan and acetic acid on the post-harvest quality characteristics of Rasheh grape fruit was investigated. Nano-chitosan suspension with a particle size distribution of 5-30 nm was prepared in acetic acid solution by the conventional ionic gelation method. Grape fruits were coated by immersion in the nano-chitosan suspension (0.2%), acetic acid solution (0.5%) or distilled water (control) for 1 min and their microbial, physicochemical and sensory properties were measured during 8 weeks storage at 4 °C and 90% relative humidity. In general, the fruits coated with nano-chitosan or acetic acid had lower aerobic mesophilic bacteria count, mold and yeast count and decay percentage, and higher firmness, soluble solids, titratable acidity and vitamin C, as well as, better sensory properties, compared to the control. The nano-chitosan was more effective than acetic acid in improving the post-harvest quality and shelf life of grape fruit. No significant difference was observed in the weight loss percentage and pH values of the samples. Therefore, the nano-chitosan suspension prepared in acetic acid solution, as a natural and customer-friendly coating, is suitable for improving the shelf-life and post-harvest quality of grape fruit, but some of its beneficial effects are due to acetic acid.