مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

اثر جایگزینی دی‌اکسید گوگرد با نانو اکسیدروی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کشمش تولیدی

وحید جمالی[۱]، آریو امامی‌فر*[۲]،هادی بیگی نژاد[۳]، محمد مرادی[۳]، موسی رسولی[٤]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی علوم و صنایع غذایی- شیمی‌مواد غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده صنایع غذایی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران.

۳- دانشیار، گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

٤- دانشیار، گروه مهندسی علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۸/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۲۱

کلمات کلیدی:

پوشش دهی،

دی‌اکسید گوگرد،

کشمش،

نانو اکسیدروی.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.56.

* مسئول مکاتبات:

a.emamifar@basu.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر پوشش‌دهی انگور با افشاندن غلظت‌های متفاوت نانوذرات اکسیدروی (۰/۵ و ۱ گرم در لیتر) در دو مرحله قبل و پس از برداشت در مقایسه با روش گازدهی انگور تازه برداشت شده با دی‌اکسید گوگرد (۲/۵، ۳/۵ و ٤/۵ گرم گوگرد در هر کیلوگرم انگور) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی کشمش تولیدی بود. انگورها به روش آفتابی خشک شدند و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی درصد رطوبت، مقدار pH، مقدار aw، درصد اسیدیته، دی‌اکسید گوگرد آزاد، دی‌اکسید گوگرد کل و ویژگی‌های حسی کشمش تولیدی پس از یکنواخت شدن رطوبت با روش فاکتوریل و بر اساس طرح آماری کاملا تصادفی ارزیابی گردید. پوشش دهی انگور قبل و پس از برداشت با نانوذرات اکسیدروی در غلظت ۱ گرم در لیتر و گازدهی با دی اکسید گوگرد پس از برداشت، به ترتیب میزان رطوبت و aw کشمش تولیدی را در مقایسه با نمونه شاهد افزایش و کاهش داد ($p<۰/۰۵$). pH نمونه‌های پوشش داده شده با نانوذرات اکسیدروی قبل از برداشت به جز در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر (۳/٤۵)، در مقایسه با شاهد (۳/۷) تفاوت معنی‌داری نداشت. با افزایش غلظت دی‌اکسید گوگرد تا مقدار ۳/۵ و ٤/۵ گرم گوگرد در هر کیلوگرم انگور، pH نمونه‌های کشمش در مقایسه با شاهد (۳/۷) به ترتیب افزایش (۳/۸) و کاهش (۳/٤۵) یافت ($p<۰/۰۵$). اسیدیته نمونه‌های گازدهی شده با گاز گوگرد در مقایسه با نمونه شاهد (۰/۸۱۷ درصد) افزایش معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). غلظت دی‌اکسید گوگرد آزاد و دی‌اکسید گوگرد کل در نمونه‌های گازدهی شده در مقایسه با سایر نمونه‌ها و نمونه شاهد به شکل معنی داری بیشتر بود($p<۰/۰۵$). کشمش حاصل از انگورهای پوشش داده شده با نانواکسیدروی در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر در مرحله قبل از برداشت و کشمش حاصل از انگورهای گازدهی شده با گوگرد با غلظت ۲/۵ گرم در هر کیلوگرم انگور بیشترین امتیاز حسی پذیرش کلی را از ارزیاب‌ها دریافت نمودند($p<۰/۰۵$).

۱-مقدمه

انگور (*Vitis vinifera*) یکی از محصولات مهم باغی در دنیا است که اغلب به دلیل طعم مناسب و ویژگی فراسودمندی آن مصرف می‌شود [۱،۲]. مصرف فرآورده‌های انگور نظیر کشمش، شیره و آب انگور نیز همواره از استقبال گسترده‌ای در جهان برخوردار است [۱]. کشمش محصول خشک شده میوه رسیده ارقام مختلف انگور با دانه و بی‌دانه یکی از مغذی‌ترین میوه‌های خشک شده در جهان است. تولید جهانی کشمش در سال ۲۰۲۲ حدود ۱/٤ میلیون تن تخمین زده شده است. حدود ۷٦ درصد کل کشمش جهان در کشورهای ترکیه (۳۹۵ تن)، آمریکا (۳۱۳ تن)، چین (۱۷۰ تن)، ایران (۱۲۵ تن) وآفریقای جنوبی (۷۱ تن) تولید می‌شود [۳]. از دیدگاه تغذیه‌ای کشمش سرشار از ویتامین‌ها (ویتامین‌های گروه ب) و مواد معدنی مورد نیاز بدن شامل آهن، پتاسیم و کلسیم است. همچنین منبع مناسبی از فیبر و آنتی اکسیدان‌هاست [٤]. کشمش بر حسب نوع رقم، روش و شرایط خشک کردن اغلب به نام‌های کشمش آفتابی، تیزابی و گوگردی مشهور است. گاهی نام گذاری کشمش بر اساس نوع مصرف نظیر کشمش پلویی، کشمش سبز و کشمش درشت یا مویز که اغلب در بازار کشور ایران مرسوم هستند، انجام می‌شود [۵]. تدخین با گاز گوگرد، روشی سنتی و رایج در مبارزه با فساد میکروبی میوه‌ها و به ویژه انگور قبل از خشک کردن با هدف افزایش عمر نگهداری، حفظ رنگ و کاهش آلودگی میکروبی آن در انبار است. لزوم استفاده مکرر از گاز گوگرد طی انبارداری از یک سو و وجود باقیمانده گوگرد در محصول (حداکثر مجاز ۱۰ پی پی ام) که علاوه بر تاثیر منفی بر سلامت مصرف کننده، 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. افزودن دی‌اکسید گوگرد به انگور قبل از خشک کردن برای حفظ رنگ، کنترل قهوه ای شدن و اثر ضد میکروبی استفاده می‌شود. مصرف کشمش گوگردی به دلیل مخاطراتی که مصرف گوگرد برای مصرف کننده ایجاد می‌کند کمتر مورد استقبال است [٦]. پوشش‌های خوراکی با حفظ کیفیت و افزایش عمر انبار داری میوه‌های تازه به ویژه انگور سبب کاهش ضایعات این محصول می‌شوند لذا استفاده از پوشش‌های خوراکی و به ویژه پوشش‌هایی با خاصیت ضدمیکروبی با هدف کنترل و یا کاهش ضایعات و افزایش عمر پس از برداشت انگور، توجه زیادی را به خود معطوف نموده است. این نوع پوشش‌ها فساد محصولات غذایی را با تشکیل یک لایه نیمه تراوا در اطراف آن و در نتیجه کاهش نفوذپذیری به اکسیژن، دی‌اکسید کربن و رطوبت کاهش می‌دهند [۷و ٦]. اکسیدروی از جمله اکسیدهای فلزی است که در صنایع مختلف از جمله صنایع غذایی کاربرد دارد [۸]. 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 به دلیل ازدیاد بخش‌های فعال سطحی افزایش می‌یابد. نانوذرات اکسیدروی به عنوان یک ترکیب ایمن (GRAS) توسط اداره غذا و داروی آمریکا شناخته و کاربرد آن در صنایع غذایی و دارویی تایید شده است [٦،۸]. ایمنی در استفاده و همچنین خاصیت ضدمیکروبی اکسیدروی 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 به عنوان گزینه‌ای مناسب جهت پوشش دهی میوه‌ها و به خصوص انگور مطرح می‌کند [٦]. تا کنون پژوهش‌های گسترده‌ای در خصوص استفاده از فناوری پوشش دهی میوه‌ها به ویژه انواع ارقام انگور با فرمولاسیون‌های متفاوت از جمله نانوذرات اکسیدروی بر انگور سیاه [٦]، اسانس کارواکرول بر انگور، ترکیبات لیپیدی بر ویژگی‌های کشمش [۹]، موم کارنوبا و مونوگلیسرول استئارات بر ویژگی‌های کشمش [۱۰] پوشش‌های خوراکی بر پایه نشاسته و ژلاتین بر ویژگی‌های انگور قرمز [۱۱]، ترکیبات آلژینات با وانیلین بر ویژگی‌های

انگور [۱۲] و محلول آلوئه ورا قبل از برداشت ارقام انگور [۱۳] انجام شده است. همچنین استفاده از اسید استیک به عنوان جایگزینی برای گوگرد در تولید کشمش مورد توجه قرار گرفته است [۱٤]. این پژوهش به بررسی تولید محصول کشمش سالم و عاری از افزودنی‌های ناایمن برای سلامتی مصرف کننده خواهد پرداخت. حفظ رنگ سبز با کاهش واکنش های قهوه ای شدن آنزیمی در کشمش همانند گاز گوگرد از اهداف پوشش دهی کشمش ها با نانوذرات اکسید روی است. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی استفاده از نانوذرات اکسیدروی در مقایسه با روش تدخین با گاز گوگرد بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، حسی و بازارپسندی کشمش تولیدی در ایران است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

این پژوهش در یکی از باغات انگور شهرستان ملایر بر روی تعدادی درخت انگور رقم سفید بیدانه (*Vitis vinifera L*) انجام شد. نانو ذرات اکسیدروی از شرکت نانو پیشگامان (Mashhad, Iran) و گوگرد از پژوهشکده توسعه صنایع شیمیایی (IRDCI, Iran) خریداری شد. کلیه مواد شیمیایی و معرف‌ها از شرکت شارلو (Shadow Company, Spain) تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

سوسپانسیون آبی نانو ذرات اکسیدروی در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ گرم در هر لیتر در آب مقطر استریل تهیه و به مدت ٤٥ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فرکانس ۲۵ کیلوهرتز به منظور پراکندگی یکنواخت نانوذرات در محلول در حمام فراصوت (TI-H-5, Elma GmbH, Germany) قرار گرفت. افشاندن محلول نانواکسیدروی بر درخت انگور طی سه مرحله رشد شامل مرحله گل‌دهی، مرحله نارس و مرحله رسیدن فیزیولوژیک انگور (۲۰ روز قبل از برداشت) انجام شد [۱۵]. در روش دیگر خوشه‌های انگور با اندازه و وزن یکسان در سوسپانسیون حاوی نانوذرات اکسیدروی در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ گرم در هر لیتر در آب مقطر استریل به مدت ۵ دقیقه غوطه ور شده و سپس آبکشی شدند. گاز دهی با دی‌اکسید گوگرد در غلظت‌های ۲/۵، ۳/۵، ٤/۵ گرم درهر کیلوگرم لنگور تازه با قرار دادن خوشه‌های تازه برداشت شده در محفظه تدخین با گاز گوگرد در دمای محیط که با استفاده از پرولنه موجود در پایین محفظه عمل جابه جایی گاز را انجام می‌داد طی ۳۰ دقیقه انجام شد. از نمونه‌های تازه برداشت شده انگور بدون پوشش دهی و بدون گاز دهی به عنوان نمونه شاهد استفاده شد. کلیه نمونه‌های انگور به روش آفتابی خشک شدند و پس از یکنواخت شدن رطوبت و جدا کردن دم و ساقه و ضایعات در کیسه‌های پلی اتیلنی بسته بندی شدند [١٤و ٦]. تیمارهای مختلف کد گذاری شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

Table 1. The description and code of different samples.

Treatment Number	Description	Code of raisin samples
1	Untreated raisin	R
2	Raisins by spraying ZnO NPs (0.5 L/g) on the bunch on the tree	R1
3	Raisins by spraying ZnO NPs (1 L/g) on the bunch on the tree	R2
4	Raisins by spraying ZnO NPs (0.5 L/g) after harvesting	R3
5	Raisins by spraying ZnO NPs (0.5 L/g) after harvesting	R4
6	Raisins carbonated with SO_2 (2.5 g/kg)	R5
7	Raisins carbonated with SO_2 (3.5 g/kg)	R6
8	Raisins carbonated with SO_2 (4.5 g/kg)	R7

۲-۳- آزمون‌ها

۲-۳-۱- بررسی نحوه توزیع و پراکندگی نانوذرات اکسیدروی تولید شده

اندازه و نحوه پراکندگی سوسپانسیون نانوذرات اکسید روی آماده برای توزیع بر سطح نمونه‌های کشمش با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل MIRA3 محصول شرکت TESCAN کشور جمهوری چک در ولتاژ ۳۰ کیلوولت اندازه‌گیری شد [٦].

۲-۳-۲- درصد رطوبت

حدود ۵ گرم از نمونه‌ها در یک بوته چینی در آون تحت خلأ در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵۰ میلی بار به مدت ۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن کامل، نمونه‌ها مجدداً توزین و اختلاف وزن نمونه‌ها نسبت به وزن اولیه به صورت درصد رطوبت بیان شد[۱٦].

۲-۳-۳- فعالیت آبی (a_w)

فعالیت آبی نمونه کشمش آسیاب شده که نشان دهنده نسبت فشار بخار آب ماده غذایی به فشار بخار اشباع آب خالص در همان دما است با استفاده از دستگاه سنجش فعالیت آبی (Novasina, Switzerland) پس از کالیبراسیون در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید [۱۷و ۱۸].

۲-۳-٤- اندازه‌گیری (pH)

مقدار (pH) نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (Metrohm, Switzerland) اندازه‌گیری شد. ۱۰ گرم نمونه آسیاب شده را با ۹۰ میلی لیتر آب مقطره به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده و کاملا به هم زده شد و پس از طی ۵ دقیقه الکترود دستگاه را در آن قرار داده و پس از ثابت شدن عدد نمایشگر، pH قرائت گردید [۱۹].

۲-۳-۵- اندازه‌گیری اسیدیته

اسیدیته نمونه‌ها بر اساس روش پتاسیومتری با کمک (pH متر) و طی خنثی سازی با محلول سود ۰/۱ مولار در حضور معرف فنل فتالئین تا رسیدن به (pH) معادل ۸/۱ اندازه‌گیری و مقدار آن به صورت درصد بر اساس گرم اسید تارتاریک در ۱۰۰ گرم نمونه محاسبه گردید [۱٦].

۲-۳-٦- اندازه‌گیری اکسید گوگرد آزاد و کل

دی اکسید گوگرد آزاد که همان میزان دی اکسید گوگردی که به صورت آزاد و باند نشده در سطح کشمش است و دی اکسید گوگرد کل که مجموع دی اکسید گوگرد آزاد و کل در کشمش می‌باشد به روش مهربان سنگ آتش و همکاران (۲۰۱٤) با استفاده از خنثی سازی با استفاده از تیوسولفات سدیم اندازه‌گیری شد [٤].

۲-٤- آزمون حسی

نمونه‌های کشمش پس از کدگذاری با کمک ۱۰ نفر آقا و خانم در محدوده سنی ۲۵ تا ٤۰ سال که آموزش لازم را دیده بودند در خصوص ویژگی‌های رنگ، عطر، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی با استفاده از آزمون لذت بخشی (Hedonic Scale) ۵ نقطه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این ارزیابی عدد ۵ خیلی خوب، عدد ٤ خوب، عدد ۳ متوسط،عدد ۲ ضعیف و عدد ۱ بسیار ضعیف را نشان داد [۲۰].

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش بر اساس روش فاکتوریل و در قالب طرح آماری کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام و تجزیه و تحلیل واریانس داده‌های حاصله با کمک نرم افزار (SPSS, 26) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی سوسپانسیون حاوی نانوذرات اکسیدروی با غلظت ۱ گرم در لیتر در شکل ۱ نشان داده شده است. در این تصویر نانوذرات به شکل یکنواخت با شکل ظاهری کروی و بدون منفذ مشاهده می‌شود. این نتایج با مشاهدات سورش و همکاران (۲۰۱۸) در خصوص تولید سوسپانسیون نانوذرات اکسید روی عاری از کلوخه و به هم پیوستگی در ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر مطابقت داشت [۲۱]. همچنین گزارش تیموسوک و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که نمونه نانوذرات اکسید روی با همگنی شکل و اندازه در محدوده ۲۰ تا ٦۰ نانومتر می‌باشد [۲۲]. البدیری و همکاران (۲۰۱۸) نیز گزارش دادند که ذرات نانوذرات اکسید روی به شکلی بسیار یکنواخت و اندازه ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر تشکیل می‌شوند [۲۳].

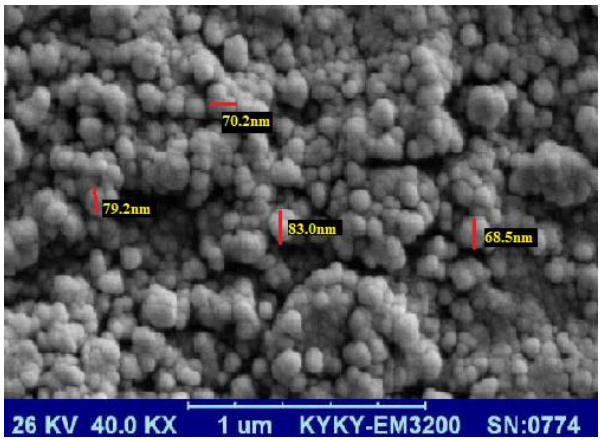

Fig. 1. SEM image of Nano zinc oxide suspension (1 g/L)

۳-۲- رطوبت و فعالیت آبی (a_w) نمونه‌های کشمش

میزان رطوبت در کشمش شاخص مهمی‌در قابلیت ذخیره سازی این محصول است. کاهش رطوبت در کشمش در افزایش ماندگاری آن تاثیر معنی داری دارد [٢٤ و ٢٥]. رطوبت نمونه‌های کشمش مورد مطالعه در محدوده ۱۲/۵۳ تا ۱۵/٦۳ درصد بود که با بیشینه محتوای رطوبت کشمش (١٦ درصد) بر طبق استاندارد ملی ایران شماره ۱۷ مطابقت داشت [٢٦]. مقایسه میانگین‌های درصد رطوبت و aw کشمش نمونه‌های مورد بررسی در شکل (۲) نشان داده شده است. در مقایسه با نمونه شاهد، بیشترین مقدار رطوبت در تیمارهای پوشش‌دهی شده با نانوذرات اکسیدروی و کمترین آن در تیمارهای گازدهی شده با دی‌اکسید گوگرد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که روش تدخین با گاز گوگرد بیشترین تاثیر را در کاهش میزان رطوبت نمونه‌های کشمش داشت به طوری که بیشترین درصد رطوبت در نمونه‌های تیمار R4 و کمترین آن در نمونه‌های تیمار R7 اندازه‌گیری شد ($p<۰/۰۵$). بر طبق نتایج شکل ۲ پاشش نانوذرات اکسیدروی بر نمونه‌ها قبل و یا پس از برداشت تاثیر معنی‌داری بر میزان رطوبت نمونه‌های کشمش تولیدی نداشت. از سوی دیگر افزایش غلظت گاز دی‌اکسید گوگرد سبب کاهش معنی دار رطوبت نمونه‌های تولیدی شد ($p<۰/۰۵$). به طور کلی پوشش‌دهی روند از دست دادن رطوبت کشمش را محدود می‌کند. بالاتر بودن درصد رطوبت تیمارهای پوشش دهی شده با نانوذرات اکسیدروی را می‌توان به ایجاد یک لایه نازک از نانوذرات اکسیدروی مرتبط دانست که مانع از کاهش سریع رطوبت محصول در مقایسه با نمونه شاهد می‌گردد [۲۵]. کاهش رطوبت نمونه‌های کشمش گاز دهی شده با دی‌اکسید گوگرد را نیز می‌توان به تسریع خروج رطوبت از محصول به دلیل ایجاد شکاف‌های ریز بر روی سطح پوسته انگور گاز دهی شده نسبت داد [٢٤]. قاسم زاده و همکاران (۲۰۰۸) نیز اعلام کردند که کشمش های پوشش داده شده

با کشمش با پوششی مرکب از نشاسته، پکتین، صمغ در مقایسه با نمونه های بدون پوشش رطوبت بیشتری داشتند [۲۵]. میزان (aw) نمونه های کشمش بسته به نوع تیمار در محدوده ۰/۴۱ تا ۰/۵۸ متغیر بود (شکل ۲). اغلب مواد غذایی با فعالیت آبی کمتر از ۰/۶ پایداری میکروبی مطلوبی دارند [۱۶]. معمولا میزان فعالیت آبی (aw) کشمش در نمونه هایی با رطوبت ۱۳ تا ۱۸ درصد، در محدوده ۰/۵۰ تا ۰/۶۵ متغیر است که البته بسته به نوع رقم انگور در برخی از انواع کشمش تا ۰/۸ نیز گزارش شده است [۲۴]. بر طبق نتایج شکل ۲ پوشش دهی انگور با نانوذرات اکسیدروی و گازدهی با دی‌اکسید گوگرد به ترتیب میزان a_w کشمش تولیدی را افزایش و کاهش داد. این نتایج با نتایج تغییرات میزان رطوبت کشمش تولیدی هماهنگ بود. بیشترین و کمترین a_w به ترتیب در کشمش های تیمار R4 و R7 اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری فعالیت آبی به عنوان یک فاکتور کلیدی و با هدف پیش بینی پایداری و ایمنی میکروبی و بیوشیمیایی کشمش توسط آکه و همکاران (۲۰۱۸) مورد بررسی و تاکید قرار گرفته است [۲۷].

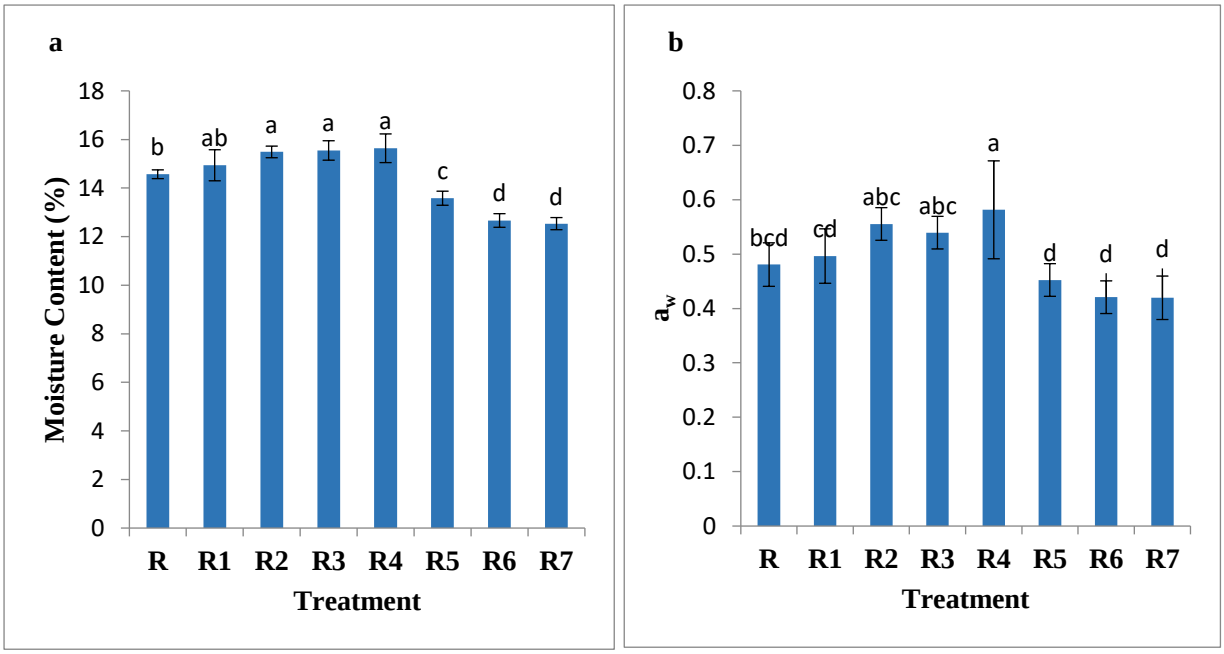

Fig. 2. Moisture content (a) and aw (b) of different samples. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Different letters are significantly different ($p < 0.05$).

۳-۲- تأثیر تیمارهای مختلف بر مقدار pH و اسیدیته نمونه‌های کشمش

از جمله عوامل موثر بر میزان pH و اسیدیته کشمش طی نگهداری میزان و ترکیبات قندها، اسیدهای آلی، شدت تنفس، واکنش‌های متابولیکی و مقدار رطوبت آن است [۲۸ و ۲۹]. pH نمونه‌های کشمش در محدوده از ۳/۴۵ تا ۳/۸ قرار داشت (شکل ۳). علی عسکری و همکاران (۲۰۱۲) نیز pH کشمش‌های محلی و وارداتی مراکش را در محدوده ۳/۵ تا ٤ اعلام نمودند [۲٤]. بیشترین مقدار pH متعلق به تیمار R3 و کمترین pH متعلق به تیمارهای R1 و R7 بود. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی انگور با نانوذرات اکسید روی در غلظت‌های زیاد (۱ گرم در لیتر) قبل و پس از برداشت میزان pH کشمش تولیدی را در مقایسه با نمونه شاهد (۳/۷۳) کاهش داد. pH کشمش حاصل از انگورهای تیمار شده با

گاز دی‌اکسید گوگرد تا غلظت ۳/۵ گرم بر کیلوگرم انگور در مقایسه با نمونه شاهد تفاوت معنی داری نداشت ولی با افزایش غلظت گاز گوگرد تا ٤/٥ گرم بر کیلوگرم انگور، روند کاهشی داشت (p<۰/۰۵). نتایج مقایسه میانگین‌های اسیدیته نمونه‌های کشمش(شکل ۳) نشان داد که پوشش دهی انگور قبل و پس از برداشت با استفاده از نانوذرات اکسید روی تغییر معنی داری بر میزان اسیدیته کشمش تولیدی در مقایسه با نمونه شاهد (۰/۸۱۷ درصد) ایجاد نکرد در حالی که گاز دهی نمونه‌های انگور پس از برداشت با استفاده از غلظت‌های مختلف دی اکسید گوگرد اسیدیته کشمش تولیدی را به صورت معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش داد(p<۰/۰۵). اثر غلظت‌های کم و زیاد نانوذرات اکسید روی و همچنین مرحله پاشش دهی بر انگور اثر معنی داری بر اسیدیته کشمش تولیدی نداشت. بکارگیری غلظت-های مختلف گاز دی اکسید گوگرد اثر معنی‌داری بر اسیدیته کشمش تولیدی نداشت. بیشترین اسیدیته در نمونه‌های کشمش گازدهی شده با دی اکسید گوگرد در غلظت ٤/٥ گرم بر کیلوگرم انگور و کمترین اسیدیته در نمونه‌های کشمش پوشش دهی شده با نانوذرات اکسید روی در غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر در مرحله قبل از برداشت اندازه‌گیری شد.

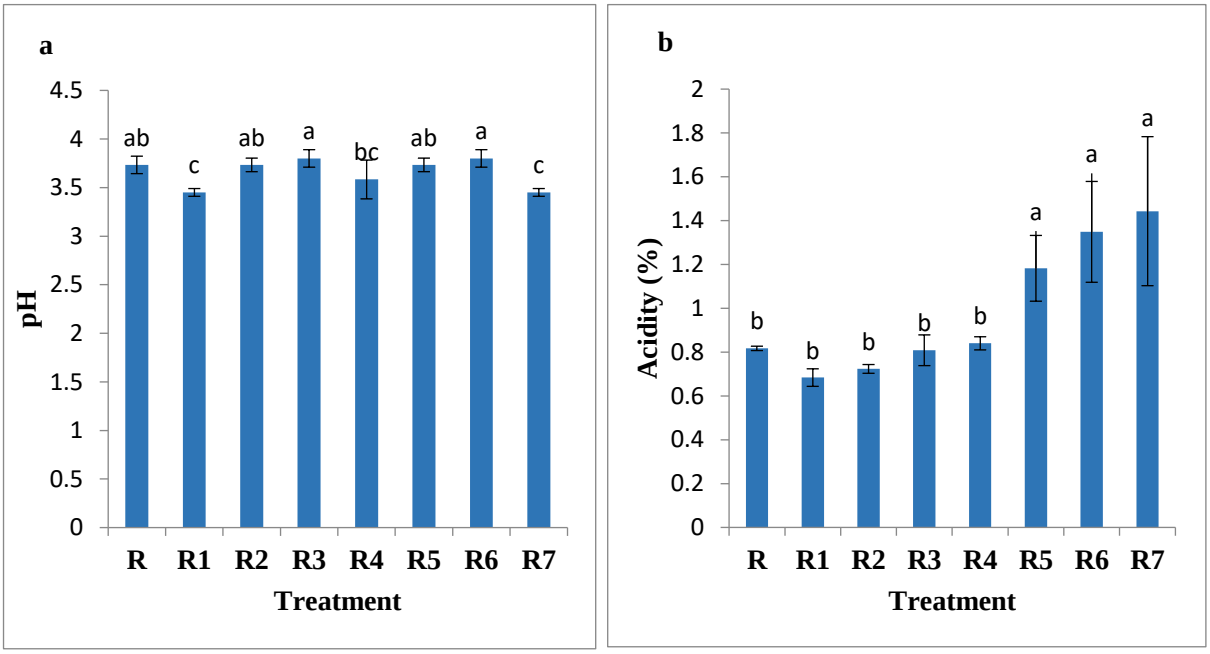

Fig. 3. pH (a) and acidity (b) of different samples. Vertical bars represent the standard deviation (n = 3). Different letters are significantly different (p <0.05)

۳-۳- دی اکسید گوگرد آزاد و کل نمونه‌های کشمش

به میزان دی اکسید گوگرد جذب شده در دانه‌های کشمش، دی اکسید گوگرد باقی‌مانده اطلاق می گردد [٢٤]. این مقدار شامل میزان دی اکسید گوگرد آزاد و کل است که در آن دی اکسید گوگرد آزاد به میزان دی اکسید گوگردی که به صورت آزاد و باند نشده در سطح کشمش وجود دارد. میزان دی اکسید گوگرد کل نیز به مجموع دی اکسید گوگرد آزاد و باند شده اطلاق می‌گردد [٤]. نتایج مقایسه میانگین دی‌اکسید گوگرد آزاد و کل متعلق به نمونه‌های حاصل از تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. دی‌اکسید گوگرد آزاد و کل قابل در نمونه‌های کشمش شاهد و نمونه های پوشش داده شده با نانواکسید روی تشخیص داده نشد. نتایج جدول ۲ نشان دهنده روند افزایشی مقادیر دی‌اکسید گوگرد آزاد و

کل در نمونه های کشمش‌های تیمار شده با دی‌اکسید گوگرد همزمان با افزایش غلظت گاز دی اکسید گوگرد بود($p<0/05$). میزان دی‌اکسید گوگرد آزاد برای کشمش گاز دهی شده با ۲/۵، ۳/۵ و ٤/۵ گرم بر کیلوگرم دی‌اکسید گوگرد به ترتیب ٦۷، ۱٤۱ و ۲٤۳ میلی‌گرم در هر کیلوگرم کشمش و میزان دی‌اکسید گوگرد کل ۳۵۲، ٦٤۳ و ۹۱۸ میلی‌گرم در هر کیلوگرم کشمش بود. بر طبق نتایج سایر پژوهش‌ها، افزایش مدت زمان تماس کشمش و یا انگور با گاز دی‌اکسید گوگرد باعث افزایش میزان مقادیر گاز دی اکسید گوگرد باقیمانده در محصول می گردد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت [۳۰]. همچنین میزان جذب گوگرد در کشمش تولیدی در مرحله خشک کردن انگور تدخینی با گاز گوگرد وابستگی مستقیمی به زمان گاز دهی و غلظت گوگرد مورد استفاده دارد [۳۱]. نتایج این پژوهش با نتایج لیداکیس و همکاران (۲۰۰۳) بر کشمش [۳۱] و سونگ و همکاران (۲۰۰۰) بر موز سبز [۳۲] مطابقت دارد.

Table 2. The free SO_2 and total SO_2 of different samples.

Treatment	R	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Free SO_2	ND	ND	ND	ND	ND	67 ± 9^{c}	141 ± 8^{b}	243 ± 40^{a}
Total SO_2	ND	ND	ND	ND	ND	352 ± 111^{c}	643 ± 71^{b}	918 ± 67^{a}

Different letters are significantly different ($p < 0.05$)

۳-٤- ارزیابی حسی نمونه‌های کشمش

تأثیر پوشش دهی انگور با نانوذرات اکسیدروی و تدخین با گاز دی‌اکسید گوگرد به صورت معنی داری ویژگی‌های حسی کشمش های تولیدی را تغییر داد($p<0/05$). میانگین امتیازهای حسی رنگ، بو، طعم و مزه، ظاهر و پذیرش کلی کشمش‌های تولیدی حاصل از افزودن نانوذرات اکسیدروی و دی‌اکسید گوگرد در شکل٤ نشان داده شده است. کشمش‌های تولیدی حاصل از روش تدخین با گاز دی اکسید گوگرد در مقایسه با نمونه‌های پوشش دهی شده با نانواکسید روی و نمونه شاهد امتیاز رنگ بیشتری را از ارزیاب ها دریافت نمودند. بیشترین امتیاز حسی رنگ در نمونه‌های کشمش گاز دهی شده با ۲/۵ گرم دی اکسید گوگرد به ازای هر کیلوگرم انگور و کمترین امتیاز رنگ در نمونه های کشمش پوشش داده شده با نانواکسید روی (۱ گرم در هر لیتر) در مرحله قبل از برداشت تشخیص داده شد. کشمش های تولیدی حاصل از روش تدخین با گاز دی اکسید گوگرد در مقایسه با نمونه های پوشش دهی با نانواکسید روی و نمونه شاهد از امتیاز بوی کمتری برخوردار بودند. کمترین امتیاز حسی بو در نمونه های کشمش گاز دهی شده با ٤/۵ گرم دی اکسید گوگرد به ازای هر کیلوگرم انگور و بیشترین امتیاز بو در نمونه های کشمش پوشش داده شده با نانواکسید روی (۰/۵ گرم در هر لیتر) در مرحله قبل از برداشت تشخیص داده شد($p<0/05$). در خصوص امتیازهای حسی طعم و مزه، بافت و پذیرش کلی کشمش‌های تولیدی با هر دو روش تدخین با گاز گوگرد (۲/۵ گرم دی اکسید گوگرد به ازای هر کیلوگرم انگور) و پوشش دهی با نانوذرات اکسید روی (۰/۵ گرم در هر لیتر) در غلظت‌های کمتر در مقایسه با نمونه شاهد و سایر نمونه ها، بیشترین امتیاز را از ارزیاب ها دریافت نمودند ($p<0/05$). این نتایج نشان دهنده اثر نامطلوب به کارگیری غلظت‌های زیاد گاز گوگرد و نانوذرات اکسید روی در تولید کشمش است که تاثیر نامطلوبی بر پذیرش حسی محصول نهایی توسط مصرف کننده دارد. اقبال و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که افزایش مدت زمان گازدهی انگور با گاز گوگرد طی خشک کردن سبب کاهش ویژگی های حسی کشمش تولیدی از نظر بافت، رنگ، عطر و طعم می‌گردد [۳۰].

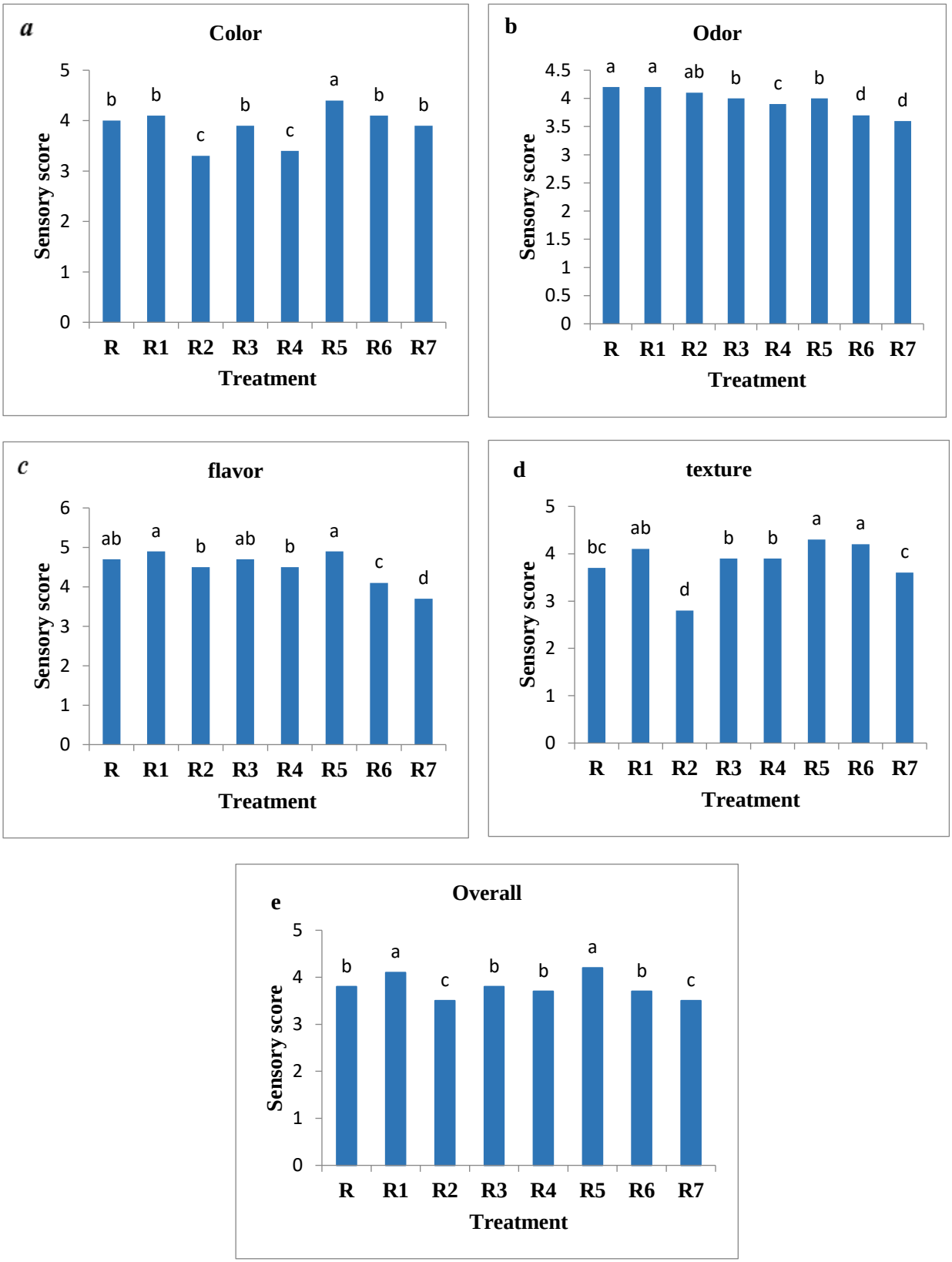

Fig. 4. Sensory score of raisin samples: Color (a), Odor (b), flavor (c), texture (d), Overall (e)

٤- نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که میزان رطوبت و a_w کشمش تولیدی با افزایش غلظت پوشش نانوذرات اکسیدروی بر محصول کشمش قبل و یا پس از برداشت انگور تازه افزایش و با افزایش غلظت دی‌اکسید گوگرد طی مرحله خشک کردن انگور تازه کاهش می‌یابد. میزان pH کشمش تولیدی نیز به ترتیب با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدروی پاشیده شده بر روی درخت، افزایش وبا افزایش غلظت نانوذرات اکسیدروی پاشیده شده روی میوه انگور پس از برداشت کاهش یافت. همچنین میزان pH کشمش با افزایش غلظت دی‌اکسید گوگرد تا سطح ۳/۵ (گرم در هر کیلوگرم انگور تازه) افزایش یافت. اسیدیته کشمش تولیدی با افزایش غلظت نانوذرات اکسیدروی پاشیده شده بر روی درخت و پس از برداشت و غلظت دی‌اکسید گوگرد افزایش یافت. افزایش غلظت گاز گوگرد اثر مستقیمی بر میزان گوگرد در محصول نهایی داشت. کشمش‌های تولیدی با هر دو روش تدخین با گاز گوگرد (۲/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم انگور) و پوشش دهی با نانوذرات اکسید روی (۰/۵ گرم در هر لیتر) در غلظت های کمتر در مقایسه با نمونه شاهد و سایر نمونه‌ها، بیشترین امتیاز را از ارزیاب‌ها از نظر ویزگی حسی پذیرش کلی دریافت نمودند ($p<۰/۰۵$). بطور کلی استفاده از نانوذرات اکسید روی با غلظت ۰/۵ گرم در هر لیتر جهت پوشش‌دهی کشمش به عنوان یک افزودنی ایمن معرفی می‌شود. نتایج این پژوهش تاکیدی بر لزوم استفاده از فناوری‌های نوین از قبیل نانوپوشش‌هایی نظیر نانو اکسید روی در فرآوری کشمش و تولید محصول سالم و عاری از افزودنی‌های ناایمن به ویژه گوگرد بود. این مهم نه تنها در سلامتی مصرف کننده نقش تعیین کننده‌ای دارد بلکه با کاهش ضایعات این محصول و با افزایش ارزش افزوده آن، بهبود صادرات این محصول ارزشمند را نیز به دنبال خواهد داشت.

٥-منابع

[۱]Tang, G. Y., Zhao, C. N., Liu, Q., Feng, X. L., Xu, X. Y., Cao, S. Y., ... & Li, H. B. (2018). Potential of grape wastes as a natural source of bioactive compounds. Molecules, 23(10), 2598.

[۲]Helvacıoğlu, S., Charehsaz, M., Güzelmeriç, E., Türköz, A. E., Yeşilada, E., & Aydın, A. (2018). Comparatively investigation of grape molasses produced by conventional and industrial techniques. Marmara pharmaceutical journal, 22(1), 44-51.

[۳]Anonymous, Annual Assessment of the World Vine and Wine Sector in 2022. 2023.

[٤]Mehraban Sange Atash, M. Mahmoudi, Z. Pour Azrang, H. Amir Saleh, V. Nowzari Aval, Yasin. (2014). Determining the amount of residual sulfur dioxide and some physicochemical properties of raisins produced in Razavi Khorasan Province. JOURNAL OF FOOD HYGIENE, 5(19): 49-58.

[٥]Ayubi, A., Investigating the effect of drying conditions, food coating and storage conditions on the quality characteristics and shelf life of green raisins. Doctoral thesis of food science and industry, Ferdowsi University of Mashhad, 2012.

[٦]Emamifar, A. (2018). Evaluation of zinc oxide nanoparticles edible coating effect on microbial, physicochemical and sensorial characteristics of black table grape during storage. Innovative Food Technologies (IFT) ,. 5(4): 663-680.

[۷] Ghasemzadeh, R., Karbassi, A., & Ghoddousi, H. B. (2008). Application of edible coating for improvement of quality and shelf-life of raisins. World applied sciences journal, 3(1), 82-87.

[۸] Nasiri, A. Malakootian, M . Tamaddon, F . Synthesis Nano ZnO Assisted by Ultrasound Irradiation and Evaluation of Antimicrobial Properties. 2013.

[۹]Ayoubi, A. Sedaghat, N. Kashaninejad, M. Mohebbi, M. Nassiri Mahalati, M.(2015). Effect of lipid based edible coatings on physicochemical and microbial properties of raisin. Iranian Food Science and Technology Research Journal Vol. 11, No. 5, 496-507

[۱۰]Youseftabar,N. Sedaghat, N. Mohebbat, M. Investigating the effect of vacuum packaging and monoglycerol stearate and carnauba wax edible coatings on the physicochemical and microbial characteristics of exported raisins. 2012.

[۱۱]Fakhouri, F. M., Martelli, S. M., Caon, T., Velasco, J. I., & Mei, L. H. I. (2015). Edible films and

coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. Postharvest Biology and Technology, 109, 57-64.

[۱۲]Takma, D. K., & 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 chemistry, 221, 187-195.

[۱۳]Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P. J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., & Martínez-Romero, D. (2010). Antifungal efficacy of Aloe vera in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. Postharvest Biology and technology, 57(3), 183-188.

[۱٤]Shuakhi, F. Madani, S. The use of acetic acid as a substitute for sulfur in the production of raisins. The first national grape festival of Qazvin-Takestan province, 2013: 252-261.

[۱٥]Jamali, V., Emamifar, A., Beiginejad, H., Moradi, M., & Rasouli, M. (2024). Enhancing grape freshness and quality with nano zinc oxide coating: a study on post-harvest preservation and grape molasses. Journal of Food Measurement and Characterization, 1-12.

[۱٦]Gholami Parshkohi, M., Mirmoradi M., Abdulali Zadeh. E,. Salimi Bani. M., (2020). The effect of two-stage drying of red willow grapes on the quality of raisins. Journal of Innovation in Food Science and Technology. Page: 105 - 113

[۱۷]Nikjoo, R., Peighambardoust, S. H., & Olad Ghaffari, A. (2020). Effect of different concentrations of Arabic gum and different drying temperatures on physiccal properties of spray dried peppermint extract powder. Food Processing and Preservation Journal, 12(1), 113-128.

[۱۸]Güleç, H., Kundakçi, A., & Ergönül, B. (2009). Changes in quality attributes of intermediate-moisture raisins during storage. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 60(3), 210-223.

[۱۹]Derradji-Benmeziane, F., Djamai, R., & Cadot, Y. (2014). Antioxidant capacity, total phenolic, carotenoid, and vitamin C contents of five table grape varieties from Algeria and their correlations. OENO One, 48(2), 153-162.

[۲۰] Kadi, R. H. (2023). Development of zinc oxide nanoparticles as safe coating for the shelf life extension of grapes (Vitisvinifera L., Red Globe) fruits. Materials Express, 13(1), 182-188.

[۲۱]Suresh, J., Pradheesh, G., Alexramani, V., Sundrarajan, M., Hong, S.I. (2018). Green synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticle using insulin plant (Costus pictus D. Don) and investigation of its antimicrobial as well as anticancer activities, Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology 9(1) 015008.

[۲۲]Tymoszuk, A., & Wojnarowicz, J. (2020). Zinc oxide and zinc oxide nanoparticles impact on in vitro germination and seedling growth in Allium cepa L. Materials, 13(12), 2784.

[۲۳]Al-Bedairy, M. A., & Alshamsi, H. A. H. (2018). Environmentally friendly preparation of zinc oxide, study catalytic performance of photodegradation by sunlight for rhodamine B dye. Eurasian Journal of Analytical Chemistry, 13(6), 1-9.

[۲٤] AlAskari, G., Kahouadji, A., Khedid, K., Charof, R., & Mennane, Z. (2012). Physicochemical and microbiological study of “raisin”, local and imported (Morocco). Middle-East Journal of Scientific Research, 11(1), 1-6.

[۲٥]Ghasemzadeh, R., Karbassi, A., & Ghoddousi, H. B. (2008). Application of edible coating for improvement of quality and shelf-life of raisins. World applied sciences journal, 3(1), 82-87. [26] Anonymous.(2012). Iranian National Standardization Organization. Seedless raisin-Specification and test

Methods. 7th.Revision.

[۲۷]Akev, K., Koyuncu, M. A., & Erbaş, D. (2018). Quality of raisins under different packaging and storage conditions. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 93(1), 107

[۲۸] Alikhani, M., & Daraei Garmakhany, A. (2012). Effect of microencapsulated essential oils on storage life and quality of strawberry (F ragaria ananassa cv. C amarosa). Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, 4(2), 106-112.

[۲۹]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 Science and Technology, 58. 10-1.(۱) ,

[۳۰]Iqbal, M., Khan, A. R., Iqbal, M., & Ahmed, J. (2020). Quality and sulfur residues of raisin made after sulfur fumigation at different time intervals. Journal of Postharvest Technology, 8(2), 22-25 .

[۳۱] Lydakis, D., Fysarakis, I., Papadimitriou, M., & Kolioradakis, G. (2003). Optimization study of sulfur dioxide application in processing of sultana raisins. International Journal of food properties, 6(3), 393-403 .

[۳۲] Song, G., Rahman, M., & Perera, C. (2000). Diffusivity of sulphur dioxide in green banana as a function of temperature and concentration. International Journal of food properties, 3(2), 317-322

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of Sulphur dioxide replacement with Nano zinc oxide on physicochemical and sensory properties of raisin

Vahid Jamali[1], Aryou Emamifar[2*], Hadi Beiginejad[3], Mohammad Moradi[3], Mousa Rasouli[4]

1-PhD Student of Food Science and Technology, Research Institute for Grapes and Raisin, Malayer University, Malayer, Iran.
2- Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Food Industry, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.
3- Associate Professor, Grape Processing and Preservation Department, Research Institute for Grapes and Raisin, Malayer University, Malayer, Iran.
4- Associate Professor, Horticultural Sciences Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/10/30

Accepted:2024/12/11

Keywords:

Coating,
Sulfur Dioxide,
Raisin Nano Zinc Oxide.

DOI: 10.22034/FSCT.22.161.56.

*Corresponding Author E-

a.emamifar@basu.ac.ir

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effect of coating grapes by spraying with different concentrations of zinc oxide nanoparticles (0.5 and 1 g/L) both before and after harvest compared to postharvest fumigation of grapes with sulfur dioxide (2.5, 3.5, and 4.5 g sulfur per kg of grapes) on the physicochemical and sensory properties of raisins. The grapes were sun-dried and the resulting physicochemical properties of raisins, such as moisture content, pH, water activity (aw), acidity, free sulfur dioxide, total sulfur dioxide and sensory properties, were evaluated using a factorial design based on a completely randomized statistical model. The results showed that coating with zinc oxide at a concentration of 1 g/L before and after harvest and fumigation with sulfur dioxide after harvest affected the moisture and aw levels of the raisins, with moisture content increasing and aw decreasing compared to the control ($p<0.05$). No significant differnces was observed in pH of all the raisins coated with zinc oxide as compared to control (3.7) except for the sample coated with 0.5 g/L nano zinc oxide before harvest (3.45). By increasing the sulfur concentrations up to 3.5 and 4.5 g/kg grape, the pH of all the raisins compared to control (3.7), increased (3.8), and decreased (3.45), respectively ($p<0.05$). Acidity of the all the sulfur-treated samples increased ($p<0.05$), compared to the control (0.817 %). The concentration of free and total sulfur dioxide was significantly higher in the sulfur-treated samples compared to other treatments and the control ($p<0.05$). Raisins from grapes coated with 0.5 g/L zinc oxide prior to harvest and raisins treated with 2.5 g/kg sulfur dioxide received the highest overall sensory acceptability ratings from panelists ($p<0.05$).