

## بررسی اثر پوشش‌های خوراکی با عصاره روغن‌های گیاهی و گاز ازن بر ویتامین‌های B<sub>2</sub>، B<sub>3</sub> و ترکیبات فنلی خرماي مضافتي در دوره نگهداري در سردخانه

فرشته سلاجقه<sup>۱\*</sup>، فریبا زینالی<sup>۲</sup>، محمد علیزاده<sup>۳</sup> و ابوالفضل گلشن تفتی<sup>۴</sup>

\* پژوهشگر بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمان، ایران

<sup>۲</sup> به ترتیب دانشیار و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه

<sup>۴</sup> استادیار بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۶/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۲۳

### چکیده

هدف از تحقیق حاضر، حفظ ویژگی‌های کمی و کیفی از جمله ویتامین‌ها و ترکیبات فنلی رطب مضافتی در دوره نگهداری بود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اول (A) شامل پوشش در ۵ سطح (گاز ازن، کیتوزان همراه با عصاره روغنی آویشن با غلظت ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام، کیتوزان همراه با عصاره روغنی میخک با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و شاهد)، عامل دوم (B) شامل زمان در ۴ سطح (زمان صفر، دو ماه بعد، چهار ماه بعد و شش ماه بعد از نگهداری) در دمای صفر درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵-۷۰ درصد بود. نتایج بررسی پارامترهای ویتامین B<sub>2</sub> و B<sub>3</sub>، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که ویتامین B<sub>3</sub> در خرماي مضافتي بسیار پایین است. بیشترین میزان ویتامین B<sub>2</sub> مربوط به تیمار ازن (۶ ماه پس از نگهداری) و تیمار کیتوزان + آویشن ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام (۴ ماه پس از نگهداری) بود. زمان نگهداری تا حدی باعث افزایش میزان ویتامین B<sub>2</sub> در اکثر تیمارها شد. میزان ریبوفلاوین در انواع خرما بین ۱۳/۰ تا ۱۷/۵ میکروگرم بر گرم بود. پوشش‌های خوراکی و گاز ازن تأثیر مثبتی بر حفاظت از ترکیبات فنلی در دوره نگهداری داشت. تیمار کیتوزان + ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره روغنی آویشن و تیمار کیتوزان + ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام آویشن، شش ماه پس از نگهداری، دارای ترکیبات فنلی بالایی بودند.

### واژه‌های کلیدی: ترکیبات فنلی خرماي مضافتي، ویتامین‌های B<sub>2</sub> و B<sub>3</sub>

### مقدمه

مضافتی به دلیل داشتن رطوبت زیاد، نسبت به فساد میکروبی حساس است به همین دلیل برای نگهداری، کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها، شکرک‌زدگی و حفظ خواص کمی و کیفی (از جمله ویتامین‌ها و ترکیبات فنلی) آن از تیمارهایی مثل گاز ازن، پوشش‌های خوراکی و عصاره‌های روغن گیاهی می‌توان استفاده کرد. ویتامین‌ها ترکیباتی با

استان کرمان با ۱۵/۸ درصد از تولید کل کشور، پس از استان سیستان و بلوچستان، در رتبه دوم تولید خرما قرار دارد. ارقام غالب خرما در استان کرمان شامل مضافتی، کلوته، قصب، پرکو (شمسایی)، هلیله‌ای (بزمانی)، مرداسنگ و عبداللّهی هستند (Damankeshan et al., 2022). خرماي

سنجش میزان ویتامین در نمونه‌ها به هر یک از سه روش فوق باید توجه شود. از هر گونه تغییر شرایط محیطی مانند تغییر pH، وجود اکسیژن، نوع و شدت نور و حرارت که سبب تخریب و تغییر ترکیب ویتامین‌ها می‌شود، باید پرهیز شود. در اکثر روش‌های اندازه‌گیری، اولین مرحله عبارت است از استخراج ویتامین از ماتریکس بیولوژیک آن که برای این کار معمولاً از حلال‌ها، اسیدها، بازها، آنزیم و... استفاده می‌شود. به‌طور کلی، روش استخراج برای اندازه‌گیری هر ویتامین، اختصاصی است اما در برخی موارد از یک فرآیند به‌منظور استخراج مجموعه‌ای از ویتامین‌ها استفاده می‌شود (Fernando *et al.*, 2004).

ترکیبات فنلی از ترکیباتی هستند که در میوه‌ها، سبزی‌ها، غلات و غیره وجود دارند. این ترکیبات از متابولیت‌های ثانویه گیاهان هستند. به‌طور کلی، بیش از ۸۰۰۰ ترکیب فنلی مختلف با تاثیرهایی مانند دخالت در ساخت دیواره سلولی، دخالت در متابولیسم دفاعی گیاه و دخالت در ویژگی‌های میوه مانند رنگ، طعم و مزه وجود دارد. ترکیبات فنلی به عنوان شاخص‌هایی برای مراحل فیزیولوژیکی در خلال رشد میوه در نظر گرفته می‌شود. در مراحل اولیه رشد میوه، تانن‌ها به صورت محلول هستند ولی در مراحل نهایی به شکل دانه‌های غیر محلول در می‌آیند و میوه طعم گس خود را از دست می‌دهد (Saleem *et al.*, 2005). خرمای مضافتی در مرحله دارای مقدار بالایی از تانن است و قابل مصرف نیست. خرمای مضافتی با شروع مرحله رطب که در اصطلاح محلی "سرخال" گفته می‌شود، قابلیت مصرف را دارد. آنتی‌اکسیدان ماده‌ای است که بتواند از آسیب اکسیداتیو به مولکول هدف جلوگیری کند یا آن را به تاخیر اندازد. از بین رفتن رادیکال‌های آزاد و اکسیژن فعال شده توسط آنتی‌اکسیدان داخلی صورت می‌گیرد. به دلیل اینکه اجزای ترکیبات فنلیکی به رقم، مرحله بلوغ و شرایط انبارداری وابسته است، تعیین آن‌ها در میوه‌ها در مرحله بلوغ در ارقام مختلف می‌تواند به‌منظور استفاده از آن‌ها در صنایع

وزن مولکولی نسبتاً کم هستند که هر موجود زنده‌ای برای داشتن متابولیسم نرمال به مقادیر کمی از آن‌ها نیازمند است. رژیم‌های غذایی که مقادیر کافی از ویتامین‌های انحلال‌پذیر در آب نداشته باشند، بسته به کمبود ویتامین خاص، بیماری‌هایی از جمله کوری و عقب‌ماندگی ذهنی ایجاد می‌کنند (Salajegheh *et al.*, 2017). ویتامین‌ها همچنین نقش موثری در کاهش آسیب توسط رادیکال‌های آزاد و کنترل بیماری‌ها دارند. علاوه بر این، مکمل‌های ویتامینی اثر نیروزایی و عملکرد بالایی را نشان دادند. مطالعه روی گروه‌های مختلف بزرگسالان در فرانسه نشان داد که میزان دریافت ویتامین‌های ریوفلاوین، تیامین و فولیک اسید در اکثر این افراد کمتر از مقدار توصیه‌شده است. همچنین مطالعه ۵۰ درصد دیگر نشان داد که افراد مسن در حدود ۵۰-۸۰ درصد تیامین، ریوفلاوین، نیاسین و ویتامین‌های C، D و A مورد نیاز را دریافت می‌کنند (Jackson *et al.*, 2006). استفاده از پوشش‌های خوراکی به همراه عصاره روغن‌های خوراکی تاثیر مثبتی در حفظ ویتامین B2 و ترکیبات فلاونوئیدی دارد. پوشش خرما با پوشش‌های خوراکی به همراه عصاره روغن‌های خوراکی باعث ایجاد اتمسفر تغییریافته در اطراف میوه و حفظ CO<sub>2</sub> در سطحی بالاتر از حالت طبیعی می‌شود و در نهایت سبب کاهش تنفس و میزان واکنش‌های اکسیداسیونی فنل‌ها با کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز خواهد شد (Salajegheh *et al.*, 2017).

روش‌های سنجش میزان ویتامین در ترکیبات غذایی مختلف در سه گروه سنجش زیستی (استفاده از جانوران و انسان)، سنجش میکروبیولوژیک (استفاده از پروتوزوا، باکتری‌ها و قارچ‌ها) و سنجش فیزیکوشیمیایی (روش‌های اسپکتروفتومتری، فلورومتری، کروماتوگرافی، آنزیمی، ایمنولوژی و رادیومتری) تقسیم‌بندی می‌شوند. انتخاب روش اندازه‌گیری، تحت تاثیر فاکتورهای صحت، دقت، سهولت، سرعت، قابلیت کاربرد و هزینه است. در حین

بررسی اثر پوشش‌های خوراکی با عصاره روغن‌های گیاهی و گاز ازن بر ویتامین‌های B2، B3 و ..

### مواد و روش‌ها

میوه خرماي رقم مضافتي در مرحله رطب از ايستگاه تحقيقات كشاورزي عزيزآباد بم تهيه شد. ده خوشه خرما به صورت تصادفي از ۱۰ درخت خرماي مضافتي برداشت گرديد. براي جلوگيري از آلودگي، ميوه‌ها داخل سبدهاي مخصوص قرار گرفتند و به سرعت به آزمايشگاه مركز تحقيقات و آموزش كشاورزي و منابع طبيعي کرمان منتقل و قبل از تيماردهي در سردخانه نگهداري شدند. پس از جداسازي ميوه‌هاي سالم از ناسالم و معيوب، ميوه‌ها به ۵ قسمت مساوي تقسيم شدند و تيمارهاي مختلف به شرح جدول (۱) روي آن‌ها اعمال شد.

غذايي مهم باشد. درباره ميزان فنل، تركيبات آنتي‌اکسيداني و اسيدهاي فنلي و اندازه‌گيري ویتامين B2 و B3 میوه خرماي پوشش داده شده با پوشش خوراکی به همراه روغن‌های گیاهی به منظور کنترل شکرزدن و حفظ خواص کمی و کیفی میوه خرماي مضافتي در مرحله انبارداری تاکنون مطالعات اندکی گزارش شده است. نظر به اهميت موضوع، پژوهش حاضر با هدف استفاده از پوشش‌های خوراکی به همراه عصاره روغن‌های گیاهی آویشن در غلظت‌های ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام میخک در غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام بر میزان ویتامين‌های B2، B3 و تركيبات فنلي، فلاوونويدها و خواص آنتي‌اکسيداني خرماي مضافتي طی شش ماه نگهداري اجرا شده است.

جدول ۱- تیمارهای مورد بررسی برای خرماي مضافتي

Table 1- The studied treatments for Mazafati date fruit

تیمارها Treatments	شاهد Control	گاز ازن (۵ پی‌پی‌ام) Ozonation (5 ppm)	کیتوزان با عصاره آویشن (۴۰۰۰ پی‌پی‌ام) Chitosan with thyme extract (4000 ppm)	زئین با عصاره میخک (۱۰۰۰ پی‌پی‌ام) Zein with clove extract (1000 ppm)	کیتوزان با عصاره آویشن (۶۰۰۰ پی‌پی‌ام) Chitosan with thyme extract (6000 ppm)
A	-	+	-	-	-
B	-	-	+	-	-
C	-	-	-	+	-
D	-	-	-	-	+
E	+	-	-	-	-

میزان ۵ پی‌پی‌ام به مدت یک ساعت قرار گرفت (Habibi & Haddad Khodaparast, 2009).

تهیه محلول‌های کیتوزان و زئین برای تهیه محلول کیتوزان، از روش کیم و همکاران (Kim et al., 2006) استفاده شد. محلول کیتوزان ۲ درصد با استفاده از استیک اسید ۱ درصد و قراردادن در بن‌ماری با دمای ۵۵ درجه سلسیوس به مدت ۲/۵ ساعت همراه با هم‌زدن به منظور یکنواخت شدن و حل شدن کامل کیتوزان

تیمار با گاز ازن

از دستگاه ازن‌ساز (ساخت شرکت آب مدل AS-1200M برای ازن‌دهی خرماي مضافتي استفاده شد. برای تعیین گاز ازن به میزان صفر تا ده قسمت در میلیون، ایندیکیتور قابل حمل مدل OZO21Zx به کار گرفته شد. در این دستگاه برای تولید گاز ازن از اکسیژن خالص استفاده شد. ظرفیت دستگاه ۸ گرم بر ساعت گاز ازن بود. میزان تولید گاز ازن از طریق صفحه نمایش قابل کنترل بود. خرما در کیسه مخصوص قرار داده شد و در معرض گاز ازن به

آلوکسازین و نیاسین به آمید نیکوتینیک اسید تبدیل و اندازه‌گیری شدند (Yazdanpanah, & Salajegheh, 2018).

#### مواد / واکنشگرها

در مراحل اندازه‌گیری، از واکنشگرهای تجزیه‌ای خالص آزمایشگاهی استفاده شد. مواد شیمیایی و محلول‌های مورد نیاز عبارت بودند از: متانول با درجه  $\geq 99.8\%$  (CH<sub>3</sub>OH) HPLC، استیک اسید  $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0.02 \text{ mol/l}$  ایزوبوتانول  $w(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}) \geq 98\%$ ، هیدروکلریک اسید،  $c(\text{HCl}) = 0.1 \text{ mol/l}$ ، سدیم دی‌هیدروژن فسفات  $99.8\%$  (NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)، محلول سدیم هیدروکسید،  $(\text{NaOH}) = 150 \text{ g/l}$  محلول پتاسیم هگزا سیانوفرات  $p\{\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]\} = 10$  محلول سدیم استات  $c(\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 2.5 \text{ mol/l}$ ، تیامین کلرید هیدروکلرید  $99\%$  درصد  $(\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{ClN}_4\text{O}_8 \cdot \text{HCl})$  و آنزیم تاکادیاستاز (2 آنزیم دفسفریلاسیون).

فاز متحرک، مخلوطی از متانول و بافر فسفات با (pH=7) و سرعت عبور جریان یک میلی‌لیتر بر دقیقه بود. ویتامین‌ها با دستگاه HPLC مجهز به یک پمپ، وسیله تزریق‌کننده نمونه، آشکارساز فلورسانس با طول موج‌های تهیجی و نشری تنظیم‌شده اندازه‌گیری شدند.

برای تهیه محلول ذخیره ریبوفلاوین، ۲۵/۴ میلی‌گرم ریبوفلاوین مرک در ۲۵ میلی‌لیتر محلول تشکیل شده از سود ۰/۰۲ مولار حل گردید. برای تهیه محلول ذخیره نیاسین، ۲۴/۸ میلی‌گرم نیکوتینیک آمید در ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر دیونیزه حل شد. این محلول در دمای ۲ درجه سلسیوس به مدت یک هفته و در دمای ۱۳- درجه سلسیوس به مدت ۹ ماه پایدار است. B2 در طول موج ۲۶۱ نیک پیک آن ظاهر و دارای پیک شارپ است و B3 در ۲۶۷ نانومتر و دارای پیک پهن است. برای هر دو طول موج ۲۶۵ در نظر گرفته شد.

تهیه شد. برای هر یک از غلظت‌ها، عصاره روغنی آویشن با ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام و ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام استفاده و گلیسرول خوراکی ۲ درصد به عنوان نرم‌کننده به کار گرفته شد. نمونه‌های خرما به مدت دو دقیقه در محلول کیتوزان غوطه‌ور شدند (No *et al.*, 2007). نمونه‌ها سپس از درون محلول بیرون آورده و در هوای آزمایشگاه به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند.

برای تهیه محلول زئین ۱۰ درصد از روش چینز و همکاران (Janes *et al.*, 2002) استفاده شد. محلول زئین با عصاره روغنی میخک با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام و با گلیسرول خوراکی ۲ درصد به عنوان نرم‌کننده استفاده شد.

#### بسته‌بندی و نگهداری نمونه‌ها در شرایط سرد یخچال

نمونه‌های خرما تیمار شده، پس از گذشت ۳۰ دقیقه درون کیسه پلی‌اتیلنی به ضخامت ۱۹ میکرون با طول ۳۵ و عرض ۲۲ سانتی‌متر، به وزن  $250 \pm 5$  گرم بسته‌بندی و به سردخانه با دمای  $1 \pm 3$  درجه سلسیوس و رطوبت نسبی  $5 \pm 60$  درصد منتقل و به مدت شش ماه نگهداری شدند. نمونه‌های خرما در زمان‌های صفر، دو، چهار و شش ماه از سردخانه خارج شده و تحت آزمون‌های شیمیایی (اندازه‌گیری ویتامین‌های B2 و B3، ترکیبات فنلی، فلاونوئیدها، ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی) قرار گرفتند.

#### اندازه‌گیری ویتامین‌های B2 و B3 به روش کروماتوگرافی با کارایی بالا اصول آزمون

ریبوفلاوین و نیاسین موجود در میوه خرما با استفاده از هیدرولیز اسیدی و سپس واکنش دفسفوریل‌اسیون طول فرآیند آنزیمی استخراج و با دستگاه HPLC از طریق مشتق‌سازی (قبل و/ یا بعد از ستون) ریبوفلاوین به ایزو

پارامترهای جداسازی با شرایط مورد استفاده تطبیق داده شد. معیار کارایی برای ستون تجزیه مناسب، تفکیک آنالیت-های مورد نظر در خط پایه بود.

#### شرایط HPLC

ستون LC-18، شدت جریان ۱/۵ ml/min، حجم تزریق ۱ میکرولیتر تا ۵۰ میکرومول

#### - تزریق نمونه‌ها به HPLC

مقدار ۱ میلی‌لیتر از نمونه حاصل از فرآیند آنزیمی و ۱ میلی‌لیتر از محلول‌های استاندارد نیاسین و ریوفلاوین را به ۳ ویال ۱۰ میلی‌لیتر منتقل کرده و محلول نمونه آنزیم برای مدت زمان ۲۰ ثانیه با ورتکس کاملاً همگن و پس از یک دقیقه به دستگاه HPLC فاز معکوس تزریق شد. پس از آن، محلول اکسید شده را میتوان در ۱/۵ میلی‌لیتر ایزوبوتانول استخراج و سپس عصاره استخراجی را تزریق کرد. زمان آزمایش سی دقیقه تنظیم گردید. پیک ویتامین B2 در زمان ۱۳/۱۰ و پیک B3 در زمان ۵/۱۰ جدا گردید (Aslam et al., 2013).

نیاسین در آب قابل حل است. برای تهیه محلول استاندارد آن، ۵۰ میلی‌گرم با استفاده از ترازوی یک ده هزارم در ۵۰ سی سی آب مقطر دیونیزه حل گردید. این محلول به مدت یک ماه قابل نگهداری است.

#### - روش محاسبه

برای اندازه‌گیری به روش کالیبراسیون خارجی، سطح زیر منحنی حاصل از نمونه با انتگرال‌گیری اندازه‌گیری و مقادیر متناظر با نتایج پیک مشابه حاصل از ماده استاندارد مقایسه شد.

برای محاسبه میلی‌گرم ویتامین B2 در صد گرم نمونه از فرمول زیر استفاده شد (شکل ۱).

$$w = \frac{A_{ts} \times \rho \times V_e}{A_{st} \times m_s} \times \frac{100}{1000} \quad (1)$$

که در آن:

حجم‌های مشابهی از محلول استاندارد و محلول آزمایش به دستگاه HPLC تزریق شد. برای اندازه‌گیری به روش کالیبراسیون خارجی، سطح زیر منحنی حاصل از نمونه انتگرال‌گیری با ارتفاع پیک حاصل از نمونه اندازه‌گیری شد و مقادیر متناظر با نتایج پیک مشابه حاصل از ماده استاندارد، مقایسه گردید که در این کار سطح زیر منحنی محاسبه شد.

#### آماده‌سازی محلول نمونه آنزیم

آزمایه یا نمونه آزمایشگاهی همگن شد. مواد زبر و خشن با آسیاب مناسب خرد و مجدداً مخلوط شد. کارهای احتیاطی مانند سرد کردن ابتدایی نمونه‌ها برای اجتناب از قرار گرفتن در معرض دمای بالا به مدت طولانی صورت گرفت (Aslam et al., 2013).

مقدار ۲ گرم از پودر خرما (نمونه‌های سه تکرار خشک شده در دمای ۴۰ درجه سلیسیوس پس از مخلوط و یکنواخت شدن) به یک ارلن مایر منتقل شد. پس از آن ۶۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید ۰/۱ مولار اضافه گردید. pH آن با pH متر روی ۴/۵ تنظیم شد. دهانه ارلن با شیشه ساعت پوشیده و پس از آن به مدت ۶۹ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه سلیسیوس قرار داده شد.

پس از خنک کردن تا دمای اتاق، pH عصاره به منظور فعالیت آنزیمی، با استفاده از محلول سدیم استات نیم مولار و افزودن مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم آنزیم تاکادیاستاز در هر گرم نمونه (2 آنزیم دفسفریلاسیون) روی ۴ تنظیم شد. مخلوط حاصل در دمای ۳۰ درجه سلیسیوس، به مدت ۲۴ ساعت برای کامل شدن فعالیت آنزیم، گرمخانه‌گذاری شد. پس از خنک کردن تا دمای محیط و صاف کردن توسط کاغذ صافی واتمن (۰/۴۵ میکرومول)، محلول به یک بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری تیره منتقل گردید و با آب مقطر دیونیزه به حجم مورد نظر رسانده شد.

ستون‌های HPLC: از ستون‌های با اندازه ذرات یا ابعاد متفاوت استفاده شد. به منظور تضمین حصول نتایج یکسان،

سیوکالتیو با اندکی اصلاح استفاده شد. به این صورت که ابتدا ۳۰ میکرولیتر از عصاره به ۲۷۰ میکرولیتر آب دوبار تقطیر اضافه و پس از آن، ۱۵۰ میکرولیتر از معرف فولین سیوکالتیو به آن افزوده و بعد در اسپکتروفتومتر با طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد. در اندازه‌گیری فنل کل از اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد و مقدار ترکیبات فنلی کل بر اساس معادل میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن خشک بیان گردید (Jaramillo- Flores *et al.*, 2003).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش دام لنداختن رادیکال DPPH

توانایی عصاره‌ها برای جذب رادیکال‌های DPPH طبق روش ویلیامز و همکاران (Williams *et al.*, 1995) تعیین شد. ابتدا از عصاره‌های تهیه شده، ۱ میلی‌لیتر از محلول متانولی یک میلی مولار DPPH با ۳ میلی‌لیتر محلول عصاره در متانول در غلظت‌های مورد استفاده مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگهداری و در نهایت جذب آن‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. فعالیت بر حسب درصد نسبی DPPH طبق معادله زیر محاسبه شد. آزمایش در سه تکرار اجرا شد. فعالیت مهار رادیکال از فرمول زیر محاسبه شد. از این عصاره غلظت‌های ۰/۵، ۰/۲، ۰/۱، ۰/۰۱ و ۰/۰۲ با استفاده از رابطه N1-N2 تهیه شد. سپس برای هر غلظت، سه لوله آزمایش استفاده شد و ۴ میلی‌لیتر از عصاره و ۲۰۰ میکرولیتر محلول ۰/۰۶ میلی‌مولار از DPPH به لوله‌ها اضافه گردید. درصد مهار رادیکال‌های آزاد رابطه زیر محاسبه گردید.

$$RSC = \frac{A_{\text{شاهد}} - A_{\text{شاهد}}}{A_{\text{شاهد}}} \times 100 \quad (2)$$

در این فرمول، A نشان‌دهنده میزان جذب است. منحنی درصد بازدارندگی در مقابل غلظت‌های مختلف عصاره

Ats: سطح زیر منحنی ریو فلاوین محلول نمونه آزمون در واحدهای سطح که به روش انتگرال‌گیری محاسبه شد.

Ast: سطح زیر منحنی محلول ریو فلاوین استاندارد در واحدهای سطح

Ve: حجم محلول نمونه آزمون به میلی‌لیتر

سطح زیر منحنی محلول ریوفلاوین در محلول استاندارد به میکروگرم در میلی‌لیتر

Ms: وزن نمونه به گرم

۱۰۰: فاکتور محاسبه در ۱۰۰ گرم

۱۰۰۰: فاکتور تبدیل میکروگرم در ۱۰۰ گرم به میلی‌گرم

آماده‌سازی عصاره و اندازه‌گیری فنولیک اسیدها

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنلی، میوه‌های خرما پس از جدا شدن هسته در شرایط دور از نور و رطوبت (در دمای اتاق) تا رسیدن به وزن ثابت، خشک و تا زمان استفاده در تاریکی نگهداری شدند. به منظور عصاره‌گیری از روش تغییر یافته (Chen *et al.*, 2002) استفاده شد. خرما خشک شده با استفاده از آسیاب خرد گردید و نمونه‌های آسیاب شده الک شدند. نمونه‌های مورد استفاده برای آزمایش‌های مرحله‌ای استخراج دارای اندازه ذرات بین ۰/۵ تا ۲ میلی‌متر بودند. به منظور استخراج عصاره، به ده گرم نمونه آسیاب شده خرما مضافتی، ۳۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد اضافه شد، بعد از اینکه نمونه با همزن مغناطیسی به مدت ۲ تا ۳ دقیقه خوب مخلوط گردید، در دمای ۲۰ °C در جای تاریک به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد، پس از صاف شدن برای اندازه‌گیری ترکیبات فنولی، مقدار فلاوونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مورد آزمایش قرار گرفت. میزان ترکیبات فنولی، فلاوونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره به روش اسپکتروفتومتری تعیین گردید.

برای اندازه‌گیری مقدار فنول کل، از روش Singleton (Singleton & Lamuela-Raventos, 1999) با استفاده از معرف فولین

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های کیفی خرما در جدول ۲ نشان داده شده است. اثر زمان نگهداری بر فلاوونوئیدها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی در تیمارهای مختلف (پوشش‌های خوراکی و گاز ازن) در سطح احتمال ۱ درصد و بر ویتامین B2 در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشت. اثر تیمارهای مختلف بر ویتامین B2، فلاوونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سطح ۱ درصد و بر ترکیبات فنلی در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار داشت.

#### اثر تیمارهای اعمال شده بر ویتامین B2

اثر تیمارها و نیز زمان نگهداری بر میزان ویتامین B2 در خرما رقم مضافتی معنی‌دار شد ( $p \leq 0/05$ ). با توجه به نتایج مشاهده شده در شکل ۱ و جدول ۲، میزان ویتامین B2 در نمونه‌های خرما رقم مضافتی پوشش داده شده با کیتوزان + آویشن با غلظت ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام و بعد از آن نمونه‌های شاهد بیشتر از دیگر تیمارها بود (شکل ۳). زمان نگهداری بر افزایش میزان ویتامین B2 تاثیر مثبت داشته است (جدول ۳). به عبارت دیگر، بیشترین میزان ویتامین B2 در چهار ماه بعد از نگهداری مشاهده گردید. در میوه موز نیز با افزایش زمان نگهداری در مراحل رسیدگی، میزان قند و ویتامین‌های انحلال‌پذیر در آب افزایش پیدا کرد (Sinanoglou et al., 2023) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. میزان ویتامین B2 در بین تیمارهای مختلف ۰/۱-۵۲/۲۶ میلی‌گرم در صد گرم نمونه وجود داشت. میزان ویتامین B2 در شش ماه نگهداری و در بین تیمارهای مختلف ۰/۵۳-۱/۲۵ میلی‌گرم در صد گرم نمونه بود. میزان ریبوفلاوین در ارقام مختلف خرما ۰/۱۳-۱۷/۵ میلی‌گرم در صد گرم نمونه گزارش شده، این موضوع با نتیجه پژوهش‌های محققان دیگر (Izadi & Aslmoshtaghi., 2015 همخوانی دارد. در تحقیقی روی غلات و میوه‌ها، بیشترین میزان ریبوفلاوین (ویتامین B2) با میزان ۰/۲

رسم گردید و بر اساس IC50 عصاره (غلظتی که باعث حذف رادیکال‌های آزاد به میزان ۵۰ درصد می‌شود) و با مقایسه IC50 آسکوربیک اسید داده‌ها براساس فعالیت آنتی‌اکسیدانی معادل آسکوربیک اسید<sup>۱</sup> (AEAC) گزارش گردیدند (Taghvaei & Jafri, 2015).

#### - ارزیابی مقدار تام ترکیبات فلاوونوئیدی

برای ارزیابی مقدار تام ترکیبات فلاوونوئیدی از روش طیف‌سنجی با رنگ کلرید آلومینیم استفاده شد و معادل میلی‌گرم کورستین در گرم ماده خشک بیان شد. جذب مخلوط واکنش در ۴۳۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر UV مرئی مشاهده و در سه تکرار قرائت شد. منحنی کالیبراسیون توسط حل کردن کورستین در غلظت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه گردید. (Huang et al., 2004). میزان ترکیبات فلاوونوئیدی مطابق فرمول زیر محاسبه شد.

$$(3) \quad (y = 14/603x - 0/004 \quad r^2 = 0/999)$$

#### تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها در ۲ سطح مورد بررسی قرار گرفتند. سطح یک شامل پوشش (گاز ازن، کیتوزان همراه با عصاره روغنی آویشن با غلظت ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام، زئین همراه با عصاره روغنی میخک با غلظت ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام، کیتوزان همراه با عصاره روغنی آویشن با غلظت ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام، شاهد) و سطح دو شامل زمان (زمان صفر، دو ماه بعد نگهداری، چهار ماه بعد از نگهداری، شش ماه بعد نگهداری) بود. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 تجزیه و تحلیل شدند و برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

<sup>1</sup>7- Antioxidant Equivalent Ascorbic Acid

میلی گرم در صد گرم نمونه در میوه‌ها مشاهده شد و کمترین میزان در گواوا با میزان ۰/۰۱۶ میلی گرم در صد گرم نمونه مشاهده شد (Cooksey *et al.*, 1990). بیشترین میزان ویتامین‌های B1, B3, B5 و B6 در میوه خرما در مرحله خارک وجود دارد (Aslam & Haque Khan, 2014). در تحقیقی دیگر توسط سلیم و همکاران (Saleem, *et al.* 2005) در مورد تغییرات درصد مواد جامد انحلال پذیر خرما (بریکس خرما) در مراحل رسیدن، مشخص شد هنگام رسیدن افزایش پیدا کرده است که به نظر میرسد دلیل اصلی آن از دست دادن رطوبت طی رسیدن و تبدیل مواد جامد انحلال‌ناپذیر به ترکیبات انحلال‌پذیر باشد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد، علت این تغییرات فعالیت آنزیم‌هایی مانند اینورتاز، پلی گالاکتورناز سلولاز، پکتین استراز و پلی فنل اکسیداز است (Fatima *et al.*, 2013).

جدول ۲ - نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های اندازه‌گیری شده در میوه خرما مضافتی در دوره نگهداری  
2-The results of variance analysis of the measured indices in Mazafati date fruit during storage

میانگین مربعات					منابع تغییر
فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میلی گرم در صد گرم) Antioxidant activity (mg/100 g)	فلاونوئیدها (میلی گرم در صد گرم) Flavonoids (mg/100 g)	فنل کل (میلی گرم در صد گرم) Total Phenolic (mg/100 g)	ویتامین B2 (میلی گرم در صد گرم) Vitamin B2 (mg 100 g)	درجه آزادی df	Source
۰/۸۷**	۱/۳۸**	۰/۰۱۰۷*	۱۴۲۲۰۷۷۳**	۴	تیمار Treatment
۱۹/۱۷**	۱۴/۶۵**	۰/۲۰۳۵**	۲۳۷۶۳۳۴۱*	۳	زمان Time
۲/۴۸*	۱/۹۹ <sup>n.s</sup>	۰/۰۰۱ <sup>n.s</sup>	۱۲۰۹۸۶۳۱ <sup>n.s</sup>	۱۲	تیمار در زمان treatment & Time
۰/۰۰	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۱۳	۱۸	خطای کل Total error

n.s \* و \*\* به ترتیب بدون اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان ۵٪ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین مقدار ویتامین B2، فنل کل، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی خرما مضافتی در دوره نگهداری  
Table 3- Mean Comparison of vitamin B2, total phenol, flavonoids and antioxidant activity in Mazafati date fruit during storage

فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میلی گرم در صد گرم) Antioxidant activity (mg/100 g)	فلاونوئیدها (میلی گرم در صد گرم) Flavonoids (mg/100 g)	فنل کل (میلی گرم در صد گرم) Total Phenolic (mg/100 g)	ویتامین B2 (میلی گرم در صد گرم) Vitamin B2 (mg 100 g)	تیمارها Treatment
۳/۷۱a	۱/۷۶c	۲/۵b	۰/۵۳c	زمان صفر zero time
۳/۶۸a	۱/۷۰c	۲/۲ b	۰/۵۴c	دو ماه بعد از نگهداری Two months after storage
۳/۶۸a	۱/۷c	۲/۳b	۱/۲۴a	چهار ماه بعد از نگهداری Four months after storage
۳/۶۷a	۲/۶a	۱/۷a	۰/۷۲b	شش ماه بعد از نگهداری Six months after storage

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بنا بر آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد ندارند.

بررسی اثر پوشش‌های خوراکی با عصاره روغن‌های گیاهی و گاز ازن بر ویتامین‌های B2، B3 و ..

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر میزان ویتامین B2 و فنل کل، فلاونوئیدها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی خرماي رقم مضافتی

Table 4- Mean Comparison of effect of different treatments on vitamin B2 , total phenol, flavonoids and antioxidant activity of Mazafati date fruit

تیمارها Treatment	ویتامین B2 (میلی‌گرم در صد گرم) Vitamin B2 (mg/ 100 g)	فنل کل (میلی‌گرم در صد گرم) Total Phenolic ( mg/100 g)	فلاونوئیدها (میلی‌گرم در صد گرم) Flavonoids (mg/100 g)	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (میلی‌گرم در صد گرم) Antioxidant activity (mg/100 g)
گاز ازن Ozone gas	۰/۵۴c	۲ b	۱/۷۶ c	۳/۷۱ a
پوشش زئین + میخک ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام Zein coating + cloves 1000 ppm	۰/۵۲c	۲ b	۱/۶۲ c	۳/۶۸ a
پوشش کیتوزان + آویشن ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام Chitosan Coating+Thyme 4000 ppm	۱/۲۶a	۲/۲ b	۳/۱ b	۳/۴۳ a
پوشش کیتوزان + آویشن ۶۰۰۰ پی‌پی‌ام Chitosan Coating+Thyme 6000 ppm	۰/۷۱b	۲/۵ b	۱/۷ c	۳/۶۸ a
شاهد	۰/۸۶b	۱/۷ a	۳/۶ a	۳/۶۷ a

\*در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بنا بر آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد ندارند.

و اختلاف آن با شاهد و سایر تیمارها معنی‌دار است. این نتیجه‌گیری با نتایج پژوهش‌های دیگر محققان (Sedeghipour *et al.*, 2019) مطابقت دارد. رابطه بین مقدار فنل کل و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی، موضوع مطالعات زیادی در گذشته بوده است. اعتقاد بر این است که میوه‌ها و سبزی‌ها حاوی مقادیر قابل توجهی از ترکیبات فنلی هستند که به ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها کمک می‌کند. کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دوره نگهداری ممکن است به دلیل تخریب ساختار سلول همزمان با پیری میوه باشد (Mansouri, *et al.*, 2005). تخریب دیواره سلولی باعث آزاد شدن آنزیم‌های اکسیداتیو و هیدرولیتیک میشود که ممکن است آنتی‌اکسیدانهای موجود در میوه‌ها و سبزی‌ها را تخریب کنند (Taghvaei & Jafri, 2015). پوشش‌های خوراکی با ایجاد سد

ترکیبات فنلی و اثر زمان و تیمارهای اعمال شده بر آن‌ها اثر زمان نگهداری بر ترکیبات فنلی در تیمارهای مختلف (پوشش‌های خوراکی و گاز ازن) در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌دار دارد (جدول ۲). نمونه‌ها بیشترین میزان فنل کل را چهار ماه بعد از نگهداری نشان دادند و پس از چهار ماه روند کاهشی در آن‌ها مشاهده شد. در این راستا، فعالیت برخی آنزیم‌های طبیعی موجود در میوه خرما مثل پلی فنل اکسیداز سبب تجزیه ترکیبات پلی فنلی و کاهش آن‌ها می‌گردد (Zarbaksh & Rastegar, 2019). کاهش مقدار فنل نیز می‌تواند به دلیل اتصال فنل به پروتئین، تغییرات در ساختار شیمیایی، یا ناممکن بودن استخراج توسط روش حاضر باشد (Torshizi *et al.*, 2022). بیشترین میزان ترکیبات فنلی را پوشش کیتوزان + آویشن ۴۰۰۰ پی پی ام دارد (جدول ۳ و ۴)

روی سطح میوه در برابر تبادل گازها از جمله با کاهش نفوذ اکسیژن و مصرف سلول منجر به کاهش پروسه‌های اکسیداتیو میشوند (Salagegheh *et al.*, 2017).

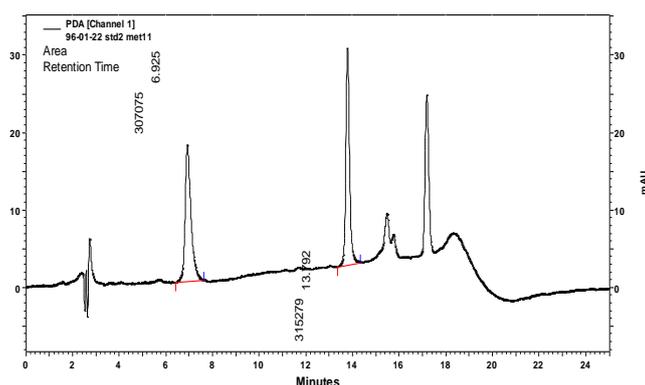
می‌کنند (Fernando *et al.*, 2004).

#### فلاونوئیدها و اثر زمان و تیمارهای اعمال شده بر آنها

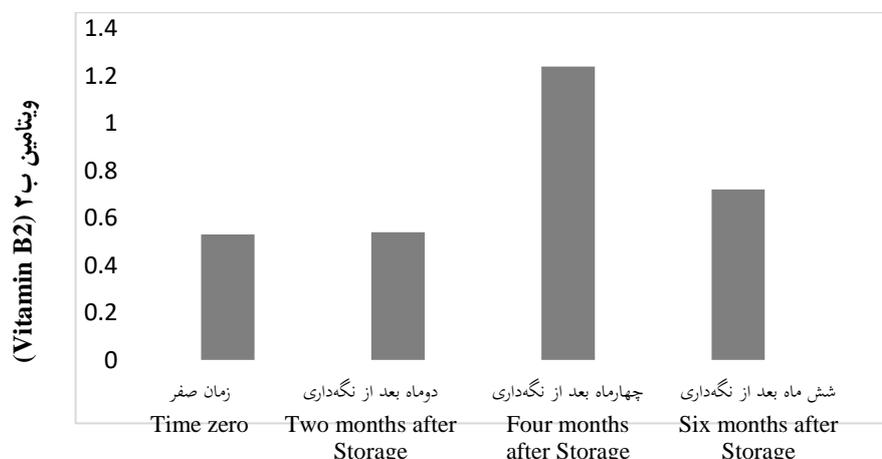
ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و اثر زمان نگهداری و تیمارهای اعمال شده بر آنها

تغییر نکردن فعالیت آنتی‌اکسیدانی با افزایش زمان نگهداری و کاربرد تیمارها نشان‌دهنده آن است که ترکیبات آنتی‌اکسیدانی میوه خرما در دمای مناسب حفظ می‌شود. فعالیت آنتی‌اکسیدانی یکی از فاکتورهای مهم کیفی وابسته به میوه‌ها و سبزی‌ها برای حفظ سلامتی انسان است (Einbond *et al.*, 2004).

تغییرات میزان فلاونوئیدها در دوره نگهداری اندک است. ولی پس از شش ماه نگهداری روند صعودی قابل توجهی در میزان آنها مشاهده گردید. فلاونوئیدها یکی از گسترده‌ترین و متنوع‌ترین ترکیبات طبیعی هستند که مانند دیگر ترکیبات فنلی توانایی جذب رادیکالهای آزاد را دارند. در تنشهای اکسیداتیو، ترکیبات فنلی به ویژه فلاونوئیدها میتوانند با فسفولیپیدهای غشا از طریق پیوند هیدروژنی با سرهای قطبی فسفولیپیدها ارتباط برقرار کنند. در نتیجه، این

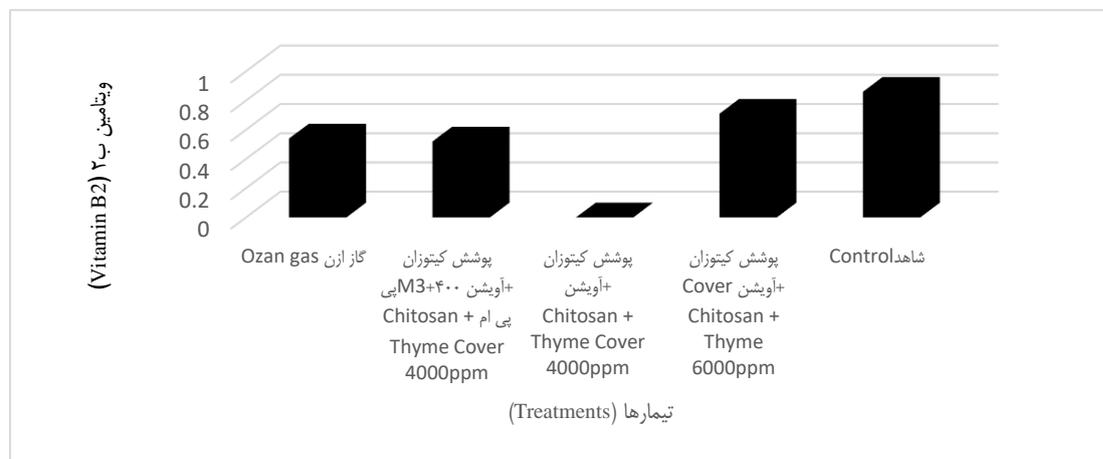


شکل ۱- منحنی استاندارد به دست آمده از HPLC. دقیقه ۶ مربوط به ریبوفلاوین (B2) و دقیقه ۱۳/۶ مربوط به نیاسین (B3)  
Fig. 1- Standard curve obtained from HPLC. Minute 6 related to riboflavin (B2) and minute 13.6 related to niacin B3)



شکل ۲- میانگین مقدار ویتامین B2 (میلی گرم در صد گرم) در خرمای مضافتی طی ۶ ماه نگهداری  
Fig. 2- Mean of vitamin B2 content in Mazafati date (mg/ 100 g) during 6 months of storage

بررسی اثر پوشش‌های خوراکی با عصاره روغن‌های گیاهی و گاز ازن بر ویتامین‌های B2، B3 و ..



شکل ۳- اثر تیمارهای مختلف بر میزان ویتامین B2 در خرماي مضافتی در طی نگهداری

Fig. 3 – The effect of different treatments on vitamin B2 content in Mazafati date during storage

و بالا بودن فعالیت آنتی اکسیدانی منجر به کاهش ROS ها شده که در نهایت سبب حفظ ساختار دیواره سلولی و کیفیت تغذیه‌ای می‌گردد. نتایج به دست آمده در این مطالعه با نتایج مطالعات مختلف (Araghi *et al.*, 2021) در مورد اثر تیمارهای پس از برداشت مانند کیتوزان به اضافه سوربات پتاسیم و آرژنین بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه انار طی دوره انبارمانی مطابقت دارد.

### نتیجه‌گیری

تیمار کیتوزان + آویشن با غلظت ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام در حفظ میزان ویتامین B2 و ترکیبات فنلی، تیمار موثری شناخته شده است. این تیمار تا ۴ ماه بعد از نگهداری بدون کوچکترین تغییری در حفظ خواص کمی و کیفی موثر است، به‌طوری‌که خرماي آن با خرماي تازه برداشت شده از درخت از لحاظ خواص کمی و کیفی قابل تمایز نیست. میزان ویتامین B2 خرما در حد نیاز بدن است به گونه‌ای که با مصرف روزانه ۳ عدد (۵۰ گرم) خرما، ویتامین B2 مورد نیاز انسان تامین می‌شود. تیمار کیتوزان + آویشن با غلظت ۴۰۰۰ پی‌پی‌ام در حفظ ترکیبات فنلی، فلاوونوئیدها و خواص آنتی‌اکسیدانی خرماي مضافتی طی زمان نگهداری نقش مثبتی دارد و قابل توصیه است.

اثر آنتی‌اکسیدانی برخی ترکیبات موجود در اسانس نیز ممکن است به حفظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه کمک کند (Kulshreshtha *et al.*, 2011). ترکیبات آنتی اکسیدانی موجود در اسانس آویشن و میخک کمک می‌کنند تا توانایی آنتی‌اکسیدانی را برای حذف رادیکال‌های آزاد افزایش دهند. تیمول و کارواکرول مهم‌ترین و بیشترین اجزای تشکیل‌دهنده اسانس آویشن هستند که متعلق به گروه فنل‌ها هستند (Salagegheh, *et al.*, 2017). پوشش‌های خوراکی همراه با اسانس‌های آویشن و میخک موجود در ترکیبات گیاهی آن‌ها سبب ارتقای سلامت بدن، حفظ و نگهداری از مواد درون سلول‌ها، بافت‌ها و یا کل بدن انسان شناخته شده است. ترکیبات گیاهی که اغلب با سلامت انسان در ارتباط هستند مثل پلیفنل‌ها، گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانوی هستند که خاصیت مهار رادیکال‌های آزاد توسط آن‌ها در بسیاری از گیاهان گزارش شده است. (Zarbakhsh & Rastegar, 2019). سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان مسئول حذف ROS ها است که نقش حیاتی در مقابله گیاه با تنش‌های اکسیداتیو دارد. سیستم آنتی‌اکسیدانی دارای اجزای آنزیمی و غیرآنزیمی به‌منظور حذف ROS هاست. سیستم غیرآنزیمی شامل برخی مولکول‌ها مانند فالونوئیدها و ... است که مسئول دریافت الکترون هستند. بنابراین، بر اساس نتایج به‌دست آمده در مطالعه اخیر افزایش فعالیت آنزیم‌های موجود در خرما در اثر اعمال تیمارها

## تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار یا جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه پرهیز کرده‌اند و منافع تجاری در این راستا وجود ندارد.

## منابع

- Araghi, H., Rastegar, S., Tajeddin, B., Nikcha, M.J., & Sarcheshmeh, M.A. (2021). Preserving antioxidant activity and microbial contamination of pomegranate aril (cv. Malas Saveh) using films containing chitosan and carvacrol. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 16 (2): 121-130.
- Aslam., J., Haque Khan, S., & Ahmad Khan, S. (2013). Quantification of water soluble vitamins in six date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivar's fruits growing in Dubai, United Arab Emirates, through high performance liquid chromatography. *Journal of Saudi Chemical Society*, 17 (1): 9-16.
- Chen, J., Zhu, Z., Hu, T., & Zhu, Y. (2002). Structure activity relationship of natural flavonoids in hydroxyl radical scavenging effects. *Acta Pharmacol Sin*, 23 (7): 667-672.
- Cooksey, K., Klein, B.P., & Mckeith, F.K. (1990). Thiamin retention and other characteristics of cooked beef Loin roasts. *Journal of Food Science*, 55: 863-864.
- Damankeshan, B., Marashi, S.S., & Asaadi, M. (2022). Comparison of reproductive and physicochemical characteristics of fruit in the four date palm cultivars 'Qasb, Zahidi', 'Piyarom' and 'Medjool' in Kerman province. *Plant Productions*, 45 (2): 193-204.
- Einbond, L.S., Reynertson, K.A., Luo, X.D., Basile, M.J., & Kennelly, E.J. (2004). Anthocyanin antioxidants from edible fruits. *Food Chemistry*, 84 (1): 23-28.
- Fatima, I., Talpur, F.N., & Memon, A.N. (2013). Determination of Water Soluble vitamin in fruits and vegetables marketed in Sindh Pakista. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12 (2): 197-199.
- Fernando Ayala Zavala, J., Wang, S.Y., Wang, C.Y., & Gonzales-Aguilar, G.A. (2004). Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 37 (7): 687-695.
- Habibi Najafi, M.B., & Haddad Khodaparast, M.H. (2009). Efficacy of ozone to reduce microbial populations in date fruits. *Food control*, 20 (1): 27-30.
- Huang, D.J., Chun-Der, L.I.N., Hsien-Jung, C.H.E.N., & Yaw-Huei, L.I.N. (2004). Antioxidant and antiproliferative activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam Tainong 57' constituents. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 45: 179-186.
- Izadi, M., & Aslmoshtaghi., E. (2015). Orchard management for decreasing date palm bunch fading disorder. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 2 (1): 27-32.
- Jackson, R.D., LaCroix, A.Z., Gass, M., Wallace, R.B., Robbins, J., Lewis, C.E., Bassford, T., Beresford, S.A.A., Black, H.R., Blanchette, P., & Bonds, D.E. (2006). Calcium plus vitamin D supplementation and the risk of fractures. *New England Journal of Medicine*, 354 (7): 669-683.
- Janes, M.E., Kooshesh, S., & Johnon, M.G. (2002). Control of *Listeria monocytogenes* on the surface of refrigerated, ready- to- eat chicken coated with edible zein film coatings containing nisin and/or calcium propionate. *Journal of Food Science*, 67: 2754-2757.
- Jaramillo-Flores, M.E., González-Cruz, L., Cornejo-Mazón, M., Dorantes-álvarez, L., GutiérrezLópez, G.F., & Hernández-Sánchez, H. (2003). Effect of thermal treatment on the antioxidant activity and content of arotenoids and phenolic compounds of cactus pear cladodes (*Opuntia Ficus-Indica*). *Food Science and Technology International*. 9 (4): 271-278.
- Kim, S.H., No, H.K., Kim, S.D., & Prinyawiwatkul, W. (2006). Effect of plasticizer concentration and solvent types on shelf- life of eggs coated with chitosan. *Journal of Food Science*, 71(4): S349-S353.
- Kulshreshtha, M., Goswami, M., Rao, C.V., Ashwlayan, V.D., & Yadav, S. (2011). Estimation of antioxidant potential of aqueous extract of *Ficus bengalensis* leaf on gastric ulcer. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 9 (1):122-126.

- Mansouri, A., Embarek, G., Kokkalou, E., & Kefalas, P. (2005). Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera*). *Food Chemistry*, 89 (3): 411-420.
- No, H.K., Meyers, S.P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). Applications of chitosan for improvement of quality and shelf of foods: A review. *Journal of Food Science*, 72 (5): 87-100.
- Sadeghipour, S., Akhavan, H.R., Shaker-Ardekani, A., & Hosseini, H.S. (2019). Effect of polyethylene packaging containing zinc oxide nanoparticles on the shelf life of Mazafati date, *Journal of Food Science and Technology*, 16 (87): 141-152.
- Salajegheh, F., Zaynali, F., Alizadeh, M., & Golshan Tafti, A. (2017). Studying the effect of ozone gas and edible films on microbial features and qualitative properties of Mazafati date fruit during storage period. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 11 (4): 240-250.
- Saleem, S.A., Baloch, A.K., Baloch, M.K., Baloch, W.A., & Ghaffoor, A. (2005). Accelerated ripening of Dhakki dates by artificial means: Ripening by acetic acid and sodium chloride". *Journal of Food Engineering*, 70 (1): 61-66.
- Sinanoglou, V.J., Tsiaka, T., Aouant, K., Mouka, E., Ladika, G., Kritsi, E., Konteles, S.J., Ioannou, A.G., Zoumpoulakis, P., Strati, I.F., & Cavouras, D. (2023). Quality assessment of banana ripening stages by combining analytical methods and image analysis. *Applied Sciences*, 13: 1-21.
- Singleton, V.L., & Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.
- Taghvaei, M., & Jafri, S.M. (2015). Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *Journal of Food Science and Technology*, 52: 1272-1282.
- Torshizi, M.V., Azadbakht, M., & Kashaninejad, M. (2022). Investigation of changes in the qualitative properties of sour orange juice during the ohmic heating process. *Food Engineering Research*, 21 (73): 1-14.
- Williams, W.R., Cuvelier, M.E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28: 25-30.
- Yazdanpanah, P., & Salajegheh, F. (2018). Vitamins sources, diseases and their measurement method, Tehran, Sokhnoran Publishing House.
- Zarbaksh, S., & Rastegar, S. (2019). Influence of postharvest gamma irradiation on the antioxidant system, microbial and shelf life quality of three cultivars of date fruits (*Phoenix dactylifera* L.). *Scientia Horticulturae*, 247: 275- 286.

Original Research

## Investigating the effect of treating edible coatings with edible oil extract along with ozone gas on vitamins B2 and B3 and phenolic compounds of Mazafati date during cold storage.

F. Salajeghe\*, F. Zeynali, M. Alizade Khaled Abadi, A. Golshan Tafti

**\*Corresponding Author:** Agricultural Engineering Research Department, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kerman, Iran.

**Email:** fereshteh683@yahoo.com

**Received:** 24 August 2022 **Accepted:** 12 May 2024

**http://doi:** 10.22092/FOODER.2024.359773.1341

### Abstract

The aim of the present research was to maintain quantitative and qualitative properties, including vitamins and phenolic compounds of Mazafati date during storage. The experiment was carried out as a factorial in the form of a completely randomized design in three replications. The first factor (A) included coverage at 5 levels (ozone gas, chitosan with thyme oil extract with a concentration of 4000 ppm, chitosan with thyme oil extract with a concentration of 6000 ppm, zein with clove oil extract with a concentration of 1000 ppm and control). The second factor (B) included time in 4 levels (zero time, two months, four months and six months after storage) at zero degree Celsius temperature and relative humidity of 65-70%. Results showed very low level of vitamin B3 in Mazafati dates. The highest amount of vitamin B2 in the treated samples, was related to ozone treatment after 6 months storage and chitosan + thyme 4000 ppm after 4 months storage. In most treatments, the storage time partially increased the amount of vitamin B2. The amount of riboflavin in different date varieties was between 0.13 and 17.5. During the storage period, the edible layers and ozone gas had a positive effect on the protection of phenolic compounds. Chitosan + 4000 ppm thyme oil extract treatment and chitosan + 6000 ppm thyme treatment had high phenolic compounds six months after storage .

**Keywords:** phenolic compounds of Mazafati dates, vitamins B2 and B3