مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۲ شماره ۴ صفحه های ۴۲۵ تا ۴۳۶ (۱۴۰۰)
مقاله پژوهشی

تاثیر تیمار پس از برداشت سولفیدهیدروژن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه زغال‌اخته در طی انبارمانی سرد[1]

Impact of Postharvest Application of Hydrogen Sulfide on Physicochemical Attributes of *Cornus mas* Fruits during Cold Storage

سهیلا احمدخانی، علی سلیمانی*، فرهنگ رضوی و عزیزاله خیری[2]

چکیده

جهت بررسی اثر تیمار پس از برداشت سولفیدهیدروژن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه زغال‌اخته، آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح به‌طورکامل تصادفی در سه تکرار (هر تکرار شامل ۶۰ عدد میوه) انجام شد. تیمارها شامل سولفیدهیدروژن‌سدیم (NaHS) در چهار سطح صفر، ۰/۶، ۱/۲ و ۱/۸ میلی‌مولار و زمان‌های متفاوت انبارمانی (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) بود. میوه‌ها بی‌درنگ پس از تیمار، در سردخانه (دمای ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ درصد) قرار داده شدند. اندازه‌گیری متغیرهای فیزیولوژیکی به فاصله هر هفت روز یک‌بار صورت گرفت. براساس نتیجه‌ها بیشینه مقدار آنتوسیانین (۲/۲۷ $mg.g^{-1}$ FW) و اسکوربیک اسید (۲۶/۸ $mg.100g^{-1}$ FW) و کمترین مقدار H_2O_2 (۰/۴۱ $\mu mol.100g^{-1}$ FW) در تیمار ۰/۶ میلی‌مولار NaHS مشاهده شد. تیمار ۱/۲ میلی‌مولار NaHS در حفظ مقدار فنول کل (۴۱۴/۱۳ mg GA.$100g^{-1}$ FW) تاثیر بیشتری داشت. کاهش وزن در تیمار ۱/۸ میلی‌مولار NaHS به‌طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بود. همچنین، در این سطح تیماری بیشترین میزان فلاونوئید (۲۷/۹ mg QUE.$100g^{-1}$ FW) و پرولین (۰/۲۴ $mg.ml^{-1}$) به‌دست آمد. میوه‌های تیمار شده با NaHS نسبت به شاهد توانستند شاخص‌های فیزیکی و زیست‌شیمیایی را بهتر حفظ نمایند. با توجه به اهمیت نگهداری زغال‌اخته در سردخانه، حفظ سفتی، کیفیت ظاهری و ماندگاری طولانی مدت با کمترین درصد سرمازدگی، تیمار ۰/۶ میلی‌مولار NaHS می‌تواند مناسبت‌ترین تیمار باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، آنتی‌اکسیدان، شاخص سرمازدگی، پرولین.

مقدمه

زغال‌اخته با نام علمی *Cornus mas* از تیره Cornaceae و جزو جداگلبرگان است. بیشتر گونه‌های *Cornus* زینتی هستند و تنها چند گونه خوراکی دارد که مهم‌ترین آن‌ها با نام انگلیسی Cornelian cherry است. در ایران درختان زغال‌اخته بیشتر در مناطق شمال غرب کشور (شامل استان‌های آذربایجان‌شرقی و استان قزوین) گسترش یافته‌اند. درخت زغال‌اخته دمای پایین تا ۴۰- درجه سلسیوس را تحمل کرده و می‌تواند تا ۳۰۰ سال عمر کند (۳). میوه آن حاوی بیش از ۱۰ درصد تانن، قند، پکتین، اسیدهای آلی و رنگدانه بوده و دارای مقادیر زیادی هورمون ملاتونین است که خواب انسان را راحت و عمیق می‌کند. همچنین، در میوه آن افزون بر گلوکز، ساکارز و گلی‌اکسالیک اسید، ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی فراوانی نیز وجود دارد که موجب افزایش ارزش غذایی آن شده است. افزون بر ارزش غذایی بیان‌شده، اهمیت اقتصادی تولید این محصول در ایجاد منبع درآمد برای خانوارهای کشاورزان قابل چشم‌پوشی نیست. با این حال یکی از مسایل مهم که تولیدکنندگان این میوه با آن مواجه هستند، طول عمرانباری کم این محصول، به طور متوسط ۱۰ الی ۱۲ روز، و کاهش سریع کیفیت پس از برداشت آن می‌باشد. بنابراین،

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۶

۲- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، دانشیار و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (asoleimani@z nu.ac.ir).

نیاز به استفاده از روش‌های علمی برای افزایش ماندگاری و حفظ کیفیت آن در طول دوره پس از برداشت و انبارداری احساس می‌شود. یکی از روش‌های مهم در مورد افزایش عمر پس از برداشت و حفظ شاخص‌های کیفی محصول‌های باغی در طی انبارداری استفاده از تیمارهای مختلف میوه‌ها در مرحله بعد از برداشت با استفاده از ترکیب‌های سازگار با گیاه، طبیعت و انسان می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از ترکیب سولفیدهیدروژن‌سدیم در مباحث پس از برداشت محصول‌های باغی بیشتر مطرح شده است. این ترکیب در یک طبقه‌بندی جدید در گروه گازهای فعال زیستی مانند مونوکسیدکربن و نیتریک اکسید قرار گرفته است (۱۰). به‌دلیل توانایی این گاز در کنترل تعداد زیادی از پاسخ‌های فیزیولوژیکی، وجود آن در گیاهان و حیوان‌ها ضروری تشخیص داده شده است. همچنین به دلیل ویژگی ضد قارچی و تاثیر آن در افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، به‌عنوان یک ترکیب ضد فعالیت گونه‌های آزاد اکسیژنی مختلف مانند پراکسید، سوپراکسید، هیپوکلریت و پراکسی‌نیتریت، برای حفظ کیفیت پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها عمل می‌نماید. سولفیدهیدروژن یک گاز قابل اشتعال و بی‌رنگ می‌باشد که بویی شبیه تخم‌مرغ پخته می‌دهد. این ترکیب در فرآیندهای مختلف مانند کاهش تنش اکسیداتیو، مهار پیری، کنترل آلودگی‌های پس از برداشت و همچنین افزایش طول عمرانبارداری میوه‌ها و سبزی‌ها اثر دارد (۲۷). براساس مطالعه صورت گرفته در اسفناج کاربرد NaHS با حفظ سطوح ADP، ATP وAMP باعث تاخیر در از بین رفتن کلروفیل و حفظ رنگ سبز می‌شود. در پژوهش Sajid و همکاران (۲۷) تیمار با H_2S به طور قابل توجهی اتلاف انرژی در میوه موز را کاهش و عمر انبارمانی آن را افزایش داد. همچنین گزارش شده است که سطوح بالای ماده‌های غذایی مانند آسکوربیک اسید، پروتئین محلول و قند در طول انبارمانی کیوی توسط NaHS حفظ می‌شود (۱۸). براساس گزارش علمی موجود (۱۹) مصرف H_2S به صورت ۰/۵ میلی‌مولار NaHS می‌تواند با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای پرولین مانع سرمازدگی موز شود. گزارش شده است که کاربرد ۱/۵ میلی‌مولار NaHS می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در جهت کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید برای حفظ میوه زالزالک در برابر آسیب سرمای یک درجه سلسیوس تنظیم کند (۱). بر این اساس H_2S می‌تواند فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و به موازات آن محتوای پرولین را برای کاهش پراکسیداسیون چربی‌های غشاء افزایش دهد.

با توجه به عمر کم میوه زغال‌اخته و علی‌رغم این که سولفیدهیدروژن توانایی بالایی در حفظ کیفیت و افزایش عمر انباری میوه‌ها دارد، تاکنون گزارش علمی در مورد کاربرد این ترکیب و اثرهای آن در فیزیولوژی پس از برداشت میوه زغال‌اخته ارائه نشده است. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرهای فیزیکوشیمیایی رخ داده در طی نگهداری پس از برداشت میوه زغال‌اخته، زیر تاثیر تیمار NaHS در دمای سردخانه بود.

مواد و روش‌ها

تهیه ماده‌های گیاهی

جهت اجرای پژوهش از میوه‌های رقم‌های محلی زغال‌اخته در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی، بر اساس آسانی جدا شدن میوه از شاخه و شاخص رنگ معمول میوه (مرحله قرمزی رنگ) استفاده شد. برای این منظور میوه‌های مورد نظر در شهریور ماه ۱۳۹۷ از باغ واقع در روستای یوزباشچای منطقه طارم سفلی از توابع استان قزوین شهر سیردان برداشت شدند. میوه‌های سالم و یکدست به طور تصادفی توسط دست از یک درخت جدا و در جعبه‌های مخصوص به آزمایشگاه منتقل شدند. تیمارها شامل NaHS در سه سطح (۰/۶، ۱/۲، ۱/۸ میلی‌مولار) به همراه شاهد (آب مقطر) بود. ابتدا میوه‌ها شسته شده و روی پارچه‌ی تمیزی پهن شدند و پس از خشک شدن، نمونه‌های شاهد به مدت ده دقیقه در آب مقطر و مابقی میوه‌ها به‌طور جداگانه به مدت ۱۰ دقیقه در محلول‌های تهیه شده از NaHS نگه داشته شدند. پس از تیمار، تمام میوه‌ها به مدت یک ساعت در دمای اتاق خشک شدند و پس از بسته‌بندی در ظرف‌های پلاستیکی شفاف و درب‌دار یک‌بار مصرف، به سردخانه با دمای ۲ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۵ درصد منتقل شدند و در طی سه مرحله با فاصله هر هفت روز یک‌بار در یک دوره ۲۱ روزه از سردخانه خارج و متغیرهای فیزیولوژیکی و زیست‌شیمیایی به شرح زیر مورد بررسی قرار گرفتند.

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی

درصد سرمازدگی میوه بر اساس میزان قهوه‌ای شدن سطح میوه، که مهمترین نشانه سرمازدگی است، مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس سطح میوه قهوه‌ای نشده (امتیاز صفر)، سطح قهوه‌ای کمتر از ۲۵٪ (امتیاز ۱)، سطح قهوه‌ای ۵۰ -۲۶٪ (امتیاز ۲) و سطح قهوه‌ای شده بیش از ۵۰٪ (امتیاز ۳) نمره‌دهی و شاخص سرمازدگی با فرمول زیر محاسبه شد (۳۳).

(تعداد کل میوه × بالاترین سطح سرمازدگی) / (تعداد میوه دارای علامت سرمازدگی × سطح سرمازدگی) = شاخص سرمازدگی

برای اندازه‌گیری درصد کاهش وزن، میوه‌های هر واحد آزمایشی به طور جداگانه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم در ابتدای آزمایش و پیش از انبارمانی وزن شدند. در ادامه وزن تر در طول انبارمانی اندازه‌گیری شد و تغییرهای آن به صورت درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۲۱).

۱۰۰ × [وزن میوه قبل از انبارمانی/ (وزن میوه پس از انبارمانی- وزن میوه قبل از انبارمانی)]= درصد کاهش وزن

سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پنترومتر مدل OSK با پروب به قطر ۲ میلی‌متر روی ده عدد میوه انجام گرفت و نتیجه‌ها بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع بیان شد (۱۱).

ارزیابی ویژگی‌های شیمیایی

میزان ماده‌های جامد محلول با دستگاه قندسنج مدل ATC اندازه‌گیری شد و نتیجه‌ها برحسب درجه بریکس تعیین گردید (۱۱). برای اندزه‌گیری مقدار اسکوربیک اسید میوه‌ها از روش تیتراسیون عصاره میوه با ۲ و ۶ – دی‌کلروفنول‌ایندوفنول استفاده شد و مقدار ویتامین ث براساس فرمول زیر و بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه شد (۲۲).

وزن نمونه میوه / (حجم رنگ مصرفی × اکی والان رنگ × درجه رقت × ۱۰۰) = (mg/100gr) میزان اسکوربیک‌اسید

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی از ویژگی خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (دی فنیل پیکریل هیدرازیل) استفاده شد و میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و درصد DPPH از رابطه زیر محاسبه گردید (۴).

$$DPPH\ (\%) = [(A_{cont} - A_{samp})/ A_{cont}\ ] \times 100$$

DPPH% درصد بازدارندگی، A_{cont} میزان جذب DPPH و A_{samp} میزان جذب مخلوط (نمونه و DPPH) می‌باشد.

محتوای فنول کل (TPC)[۱] با استفاده از معرف فولین سیوکالتو[۲] اندازه‌گیری شد (۳۱). میزان جذب در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد و نتیجه‌ها برحسب میلی‌گرم معادل گالیک اسید در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه بیان شد. برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از گالیک اسید به‌عنوان استاندارد استفاده شد.

محتوای فلاونوئید کل (TFC) عصاره‌ها با روش ارائه شده توسط kaijv و همکاران (۱۲) اندازه‌گیری شد. مقدار ۰/۲۵ میلی‌لیتر از نمونه عصاره‌گیری شده با متانول ۸۰٪ با ۷۵ میکرولیتر $NaNO_2$ (۵٪ W/V) و ۱۵۰ میکرولیتر $AlCL_3$ (۱۰٪ W/V) و ۵۰۰ میکرولیتر NaOH (یک مولار) مخلوط شد و با افزودن آب مقطر به حجم ۲/۵ میلی‌لیتر رسانده شد. جذب محلول پس از ۵ دقیقه در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین[۳] به‌عنوان استاندارد استفاده شد.

۱- Total phenol content ۲- Folin–Ciocalteu reagent ۳- Quercetin

برای اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین از روش اختلاف pH (بافر کلراید پتاسیم ۰/۲ نرمال با pH=۱ و بافر استات‌سدیم با ۴/۵ =pH) استفاده شد و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید (۲۸).

$$A = (A_{510} - A_{700})\ pH\ 1 - (A_{510} - A_{700})\ pH\ 4.5$$

و غلظت آنتوسیانین کل (mg/100 gr) برابر است با:

$$TA = (A \times MW \times DF \times 100) / \varepsilon \times 1$$

MW= ۴۴۹/۲ وزن مولکولی سیانیدین ۳-گلوکوزید، ε = ۲۶۹۰۰ برابر با جذب مولی آنتوسیانین و DF فاکتور رقیق‌سازی می‌باشند.

سنجش پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء با اندازه‌گیری میزان مالون‌دی‌آلدئید به عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدی انجام شد (۸) و جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده شد و در نهایت غلظت مالون‌دی‌آلدئید نمونه‌ها برحسب نانومتر بر گرم وزن تر بیان شد.

$$MDA = [\ (A_{532} - A_{600}) \times W \times V / 155\ ] \times 100$$

(A میزان جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر، W حجم نمونه عصاره‌گیری شده، V حجم محلول مورد استفاده در عصاره‌گیری)

برای اندازه‌گیری پرولین از روش نین‌هیدرین استفاده شد (۲). میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و غلظت پرولین برحسب $mg.ml^{-1}$ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

(۲ × وزن تر گیاهی) / (حجم اولیه × عدد حاصل از قرائت × ۰/۰۰۱) = غلظت پرولین

میزان پراکسیدهیدروژن (H_2O_2) با استفاده از بافر فسفات ۱۰ میلی‌مولار و یدیدپتاسیم یک مولار اندازه‌گیری شد و میزان جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۹۰ نانومتر خوانده شد (۹).

طرح آزمایش و واکاوی آماری

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح به طورکامل تصادفی با سه تکرار و تعداد ۲۰ میوه در هر تکرار انجام شد. فاکتور اول تیمار NaHS در چهار سطح صفر، ۰/۶، ۱/۲ و ۱/۸ میلی‌مولار و فاکتور دوم زمان انبارمانی در سه سطح ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بود. واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی و فیزیولوژیکی میوه

نتیجه‌های حاصل از مطالعه حاضر نشان داد، با افزایش مدت زمان انبارمانی میزان سفتی بافت در تمام میوه‌های شاهد و تیمار شده کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین سفتی بافت در هفته اول و کمترین سفتی در هفته سوم مشاهده شد (شکل ۱- الف). از جمله تغییرهایی که در هنگام رسیدن میوه رخ می‌دهد، می‌توان به پدیده فیزیولوژیکی نرم‌شدگی اشاره داشت. بخش خوراکی بیشتر میوه‌ها از ترکیب‌های مختلفی تشکیل شده که مهمترین آن‌ها سلولز، همی‌سلولز، لیگنین و ترکیب‌های پکتینی است. رسیدن میوه باعث تجزیه دیواره یاخته‌ای شده، آن را نرم و قابل خوردن می‌کند. عامل مهم در تغییر بافت و نرم شدن میوه، تجزیه پلی‌ساکاریدهای ساختمانی به ویژه ترکیب‌های پکتیکی و تا حدی سلولز است که در نتیجه آن دیواره یاخته‌ای ضعیف شده و اتصال‌های بین آن‌ها سست می‌شود (۷). در پژوهش محمودی و همکاران (۲۰) در مورد تیمار میوه سرخ ولیک با غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۸ میلی‌مولار NaHS مشاهده شد که با گذشت زمان انبارمانی سفتی تمام نمونه‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافت و این کاهش در شاهد بیشتر بود.

نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد درصد کاهش وزن در شاهد بیشترین مقدار و در تیمار ۱/۸ میلی‌مولار NaHS کمترین مقدار بود، اما تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف NaHS وجود نداشت (شکل ۱-ج) که با نتیجه‌های حاصل از پژوهش زینالی‌راد و همکاران (۳۵) در مورد تیمار میوه‌های زغال‌اخته با کلرایدکلسیم همخوانی دارد. از نظر زمان، با گذشت مدت زمان انبارمانی از هفته اول تا سوم کاهش وزن افزایش داشت (شکل ۱- ب). میوه‌ها پس از برداشت زنده‌اند و کاهش وزن آن‌ها ناشی از فرآیندهای تنفس، تعرق و فعالیت‌های متابولیکی داخلی می‌باشد که طی دوره پس از برداشت نیز ادامه دارد. کاهش وزن طی دهیدراته شدن میوه به خاطر تغییرهایی است که در مقاومت به انتقال فشار بخار آب از سطح میوه در هنگام تنفس روی می‌دهد (۱۶). مکانیسم اولیه کاهش وزن میوه‌های تازه، انتشار بخار بین فاز داخل و خارج توسط یک شیب فشار بخار آب میوه است که در نهایت منجر به افزایش تعرق، تنفس و کاهش وزن میوه می‌شود. به نظر می‌رسد سولفیدهیدروژن از راه کاهش تولید اتیلن با دخالت در بیان ژن‌های سازنده اتیلن و همچنین کاهش تنفس، از کاهش بیشتر وزن میوه‌ها جلوگیری می‌کند (۱۸).

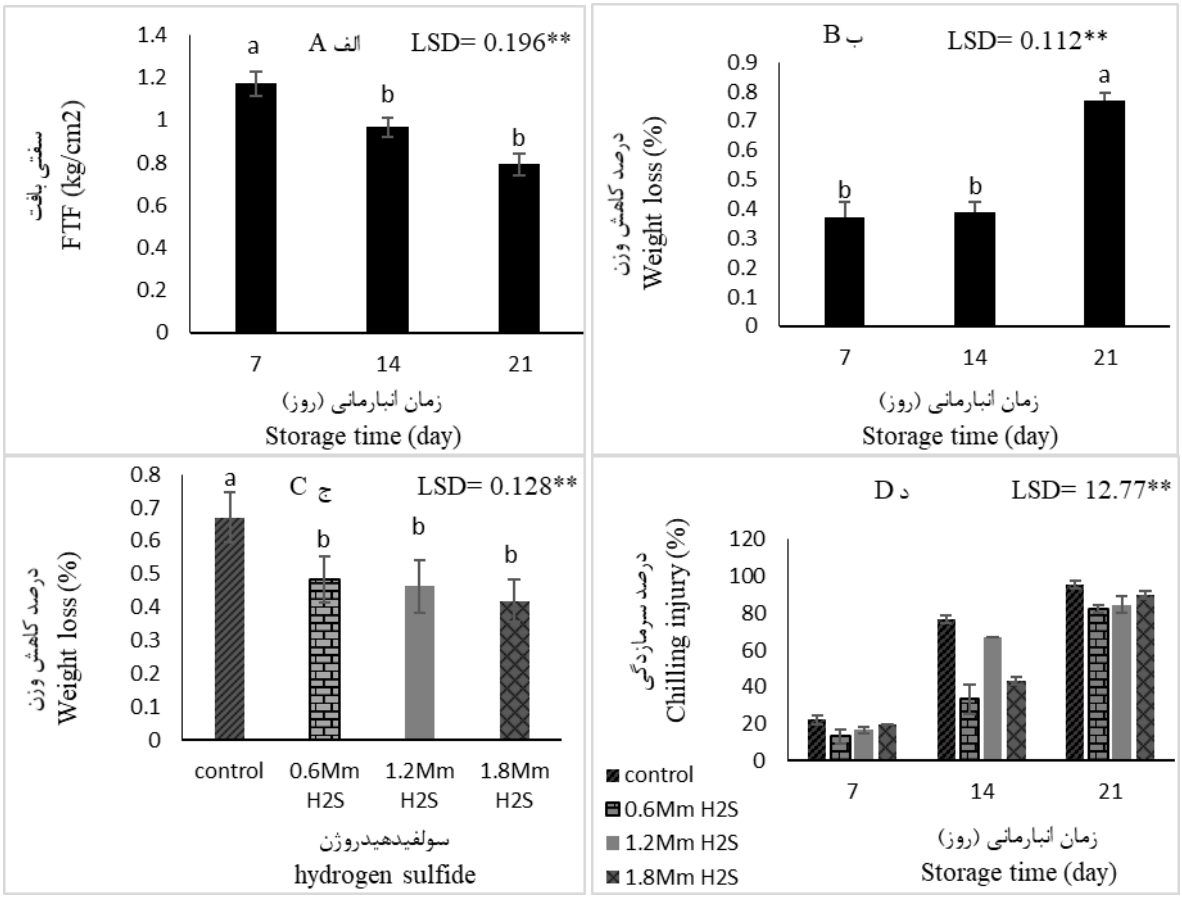

Fig. 1. The impact of NaHS treatment on fruit tissue firmness (FTF) (A), percentage of weight loss (B and C), and percentage of chilling injury (D) in cornelian cherry fruits during storage at 2 ºC for 21 days. ** showing significant level at $P \leq 0.01$. Values are the mean ±SE.

شکل ۱- اثر تیمار NaHS بر سفتی بافت میوه (الف)، درصد کاهش وزن (ب و ج) و درصد سرمازدگی (د) میوه زغال‌اخته در طول انبارمانی در دمای ۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۱ روز. **بیانگر تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است. خط‌های عمودی بیانگر خطای استاندارد می‌باشند.

بیشینه درصد سرمازدگی در هر سه هفته در میوه‌های شاهد و کمترین میزان آن در میوه‌های تیمار شده با ۰/۶ میلی‌مولار NaHS مشاهده شد (شکل ۱- د). از نظر زمانی نیز درصد سرمازدگی از هفته اول تا سوم انبارمانی افزایش نشان داد. نتیجه‌های پژوهش حاضر با نتیجه‌های به دست آمده توسط Wang و همکاران (۳۴) در رابطه با کاربرد NaHS در انگور که نشان داد

سولفیدهیدروژن از راه افزایش سیستم آنتی‌اکسیدانی و مقدار کل ترکیب‌های فنولی سرمازدگی را در میوه‌های انگور کاهش می‌دهد، همخوانی دارد. یکی از تغییرهای مخربی که در هنگام انبارمانی محصول باید از بروز آن جلوگیری کرد، سرمازدگی است. سرمازدگی در اصل به معنی کاهش بیش از حد دمای نگهداری محصول است، به نحوی که آنزیم‌های تنفسی در میوه یا سبزی دچار توقف فعالیت شود. اختلال‌های این چنینی منجر به انباشت ماده‌های سمی ناشی از تنفس ناقص و بروز واکنش‌های زیست‌شیمیایی ناخواسته شده و طعم، بافت و رنگ محصول را دچار تغییرهای نامطلوب می‌نماید (۲۶). اگرچه تغییر الگوی بیان ژن‌ها هدف مطالعه حاضر نبوده است، لیکن در بررسی منابع علمی افزایش سطح تولید H_2S و بیان ژن‌های موجود در ساخت آن مانند سولفیدهیدروژن سینتتاز در پاسخ به تنش دمای پایین در دوره انبارمانی انگور گزارش شده است. سولفیدهیدروژن با تعدیل بیان ژن‌های *VvCBF3* و *VvICE1* نقش مهمی در پاسخ انگور به تنش سرما دارد (۶). همچنین، کاربرد تیمار NaHS با منشاء تولید H_2S باعث کاهش آسیب تنش سرمازدگی در گیاه چمن برمودا[1]از راه افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و تجمع ترکیب‌های اسمولیتی مثل پرولین و قندهای محلول شده است (۳۰). به نظر می‌رسد در مطالعه حاضر روی میوه زغال اخته نیز کاربرد تیمار NaHS از طریق سازوکارهای ملکولی و زیست‌شیمیایی مشابه باعث کاهش آسیب تنش دمای پایین در دوره انبارمانی شده است.

ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی میوه

براساس نتیجه‌های به‌دست آمده از پژوهش حاضر، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به زمان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و از هفته اول تا سوم انبارمانی افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در هفته سوم انبارمانی مشاهده شد (شکل ۲- الف) که با نتیجه‌های پژوهشگران دیگر در مورد تیمار زغال‌اخته با سالسیلیک اسید همسو می‌باشد (۵). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا در مراحل انتهایی انبارمانی که با رسیدگی میوه همراه است ممکن است ناشی از افزایش غلظت ماده‌های آنتی‌اکسیدانی مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها باشد. یکی از آسیب‌های مهم بافتی که در اثر قرار گرفتن گیاهان در معرض تنش‌ها رخ می‌دهد، افزایش تولید گونه‌های اکسیژن فعال[2] (ROS) مانند سوپراکسید، پراکسیدهیدروژن و رادیکال هیدروکسیل و ایجاد تنش اکسیداتیو است. برای مقابله با تنش اکسیداتیو ایجاد شده یک سری ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی غیرآنزیمی مانند فلاونوئیدها در یاخته‌های گیاهی وجود دارد که می‌توانند رادیکال‌های آزاد را از بین برده، خنثی یا جاروب کنند (۲۹). در پژوهش حاضر میزان فلاونوئید کل میوه در طول مدت نگهداری طی هفته اول تا سوم افزایش پیدا کرد. اثر برهمکنش تیمار و طول مدت انبارمانی نشان داد که بیشترین میزان فلاونوئید در طی هفته اول و سوم در تیمار ۱/۸ میلی‌مولار NaHS و کمترین مقدار در شاهد مشاهده شد (شکل ۲- ب). نتیجه‌های حاصل از تاثیر تیمار NaHS در پژوهش حاضر با نتیجه‌های حاصل از تاثیر ۱ میلی‌مولار NaHS بر افزایش فلاونوئیدکل انگور در آزمایش Ni و همکاران (۲۳) همخوانی دارد. افزایش میزان فلاونوئید کل در میوه‌های تیمار شده با NaHS در تحقیق حاضر می‌تواند به احتمال به دلیل تحریک فعالیت فنیل‌آلانین آمونیالیاز و مسیر فنیل پروپانوئید که مسیر ساخت ترکیب‌های فنولی است، باشد. فلاونوئیدها بازدارنده‌های قوی رادیکال‌های هیدروکسیل و پراکسید بوده و وجود گروهای هیدروکسیل در موقعیت‌های ۳ و ۵ و گروه‌های اورتو دی فنول در ساختار آن‌ها امکان مهار رادیکال‌های آزاد را فراهم می‌سازد (۱۴).

نتیجه‌ها نشان داد که در انتهای دوره انبارمانی میزان فنول کل میوه‌های تیمار شده با ۱/۲ میلی‌مولار NaHS از ۲۵۲/۷۳ به ۴۱۴/۱۳ ($mg\ GA.100g^{-1}\ FW$) افزایش یافت. در رابطه با اثر متقابل تیمار و زمان نگهداری بیشینه میزان فنول کل طی هفته سوم در تیمار ۱/۲ میلی‌مولار NaHS و کمترین مقدار در شاهد مشاهده شد (شکل ۲-ج). نتیجه‌های به‌دست آمده با نتیجه‌های حاصل از تاثیر تیمار سولفیدهیدروژن بر افزایش مقدار فنول کل در میوه‌های موز طی هفت روز انبارمانی هماهنگی دارد (۱۷). تیمار سولفیدهیدروژن با کاهش اکسیداسیون ترکیب‌های فنولی توسط فنول اکسیداز از کاهش فنول کل طی انبارمانی جلوگیری می‌کند. یکی از راهکارهای حفاظتی غیرآنزیمی تحریک شده در تنش‌های غیرزیستی، زیست‌ساخت ترکیب‌های فنولی است که در شرایط مطلوب محیطی نیز در یاخته‌های گیاهی سنتز می‌شوند، اما تنش‌های محیطی مقدار آن‌ها را در یاخته تغییر می‌دهند (۱۳). فنول‌ها در راهکارهای دفاعی گیاه در مقابله با گونه‌های فعال اکسیژن به منظور بقاء و جلوگیری از

۱- Bermudagrass

۲- Reactive oxygen species

صدمه‌های مولکولی و صدمه‌های ریزانداموارهها، حشره‌ها و گیاه‌خواران نقش دارند. در آزمایش حاضر، تیمار NaHS میزان آنتوسیانین میوه را در طی دوران انبارمانی حفظ کرده و از کاهش بیش از حد آن نسبت به شاهد جلوگیری کرد. بیشترین میزان آنتوسیانین در طی هفته سوم در تیمار ۰/۶ و ۱/۲ میلی‌مولار NaHS و کمترین میزان آن در شاهد مشاهده شد (شکل۲- د). در انتهای دوره انبارمانی میزان آنتوسیانین میوه افزایش پیدا کرد که یکی از دلایل احتمالی آن می‌تواند افزایش فعالیت آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز[۱](PAL) و محتوای کربوهیدرات‌های بیشتر (به عنوان پیش‌سازهای آنتوسیانین) در میوه‌های تیمارشده باشد. آنتوسیانین‌ها یکی از بزرگترین و مهمترین گروه رنگدانه‌های محلول در آب در بیشتر گونه‌های گیاهی هستند که فعالیت آنزیم PAL و بالا بودن میزان کربوهیدرات یاخته در افزایش سنتز آن‌ها نقش دارد. این رنگیزه‌ها در واکوئل‌ها انباشته شده و مسئول رنگ نارنجی، قرمز، بنفش و آبی در برگ، ساقه، دانه، گل‌ها و میوه‌ها مانند تمشک قرمز و سیاه، زغال‌اخته، گیلاس، پیاز قرمز، انگور، تربچه، کلم قرمز و غیره هستند.

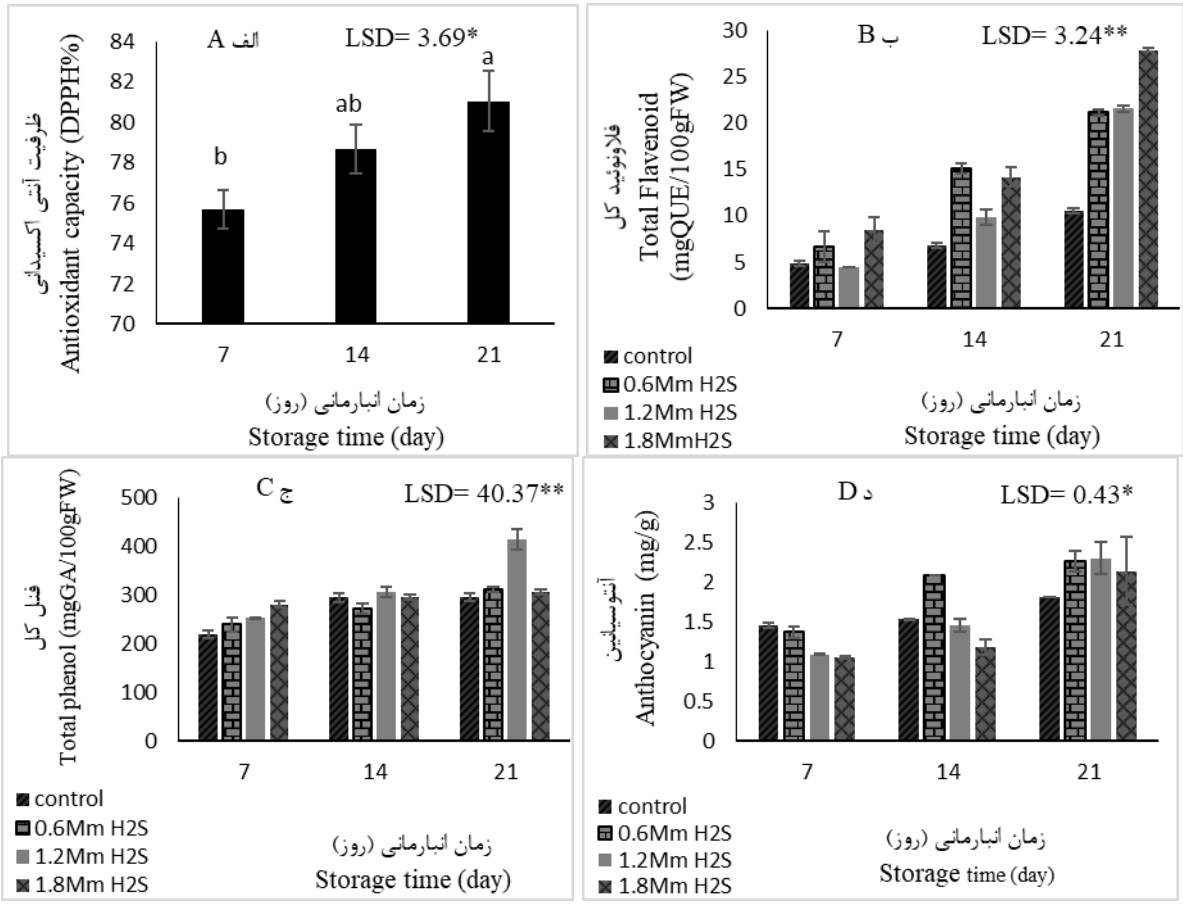

Fig. 2. The impact of hydrogen sulfide treatment on antioxidant capacity (A), total flavonoid (B), total phenol (C), and anthocyanin (D) in cornelian cherry fruits during storage at 2 ºC for 21 days.* and** showing significant level at P ≤0.05 and p ≤0.01, respectively. Values are the mean ±SE.

شکل ۲- اثر تیمار سولفیدهیدروژن بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (الف)، فلاونوئید کل (ب)، فنول کل (ج) و آنتوسیانین (د) میوه زغال‌اخته در طول انبارمانی در دمای ۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۱ روز. * و ** به ترتیب بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ می‌باشند. خطوط عمودی بیانگر خطای استاندارد می‌باشند.

۱- Phenylalanine Ammonia-Lyase (PAL)

ماده‌های جامد محلول (TSS) و آسکوربیک اسید

در طی زمان انبارمانی درصد ماده‌های جامد محلول تغییر معنی‌داری داشت، به‌طوریکه مقدار آن از هفته اول تا هفته سوم انبارمانی افزایش نشان داد (شکل ۳- الف) که با نتیجه‌های حاصل از آزمایش محمودی و همکاران (۲۰) در مورد تاثیر تیمار NaHS بر انبارمانی میوه ولیک همخوانی دارد. بیشترین تغییری که هنگام رسیدن میوه صورت می‌گیرد، شکسته شدن کربوهیدرات‌های پلیمری به ویژه قندهای دیواره یاخته‌ای است که موجب تغییر مزه و بافت محصول می‌شود و به همین دلیل میزان ماده‌های جامد محلول با رسیدن میوه افزایش می‌یابد. در مجموع افزایش ماده‌های جامد محلول در طول مدت نگهداری، در نتیجه کاهش آب میوه به واسطه فرآیند تعرق و تجزیه قندهای مرکب به قندهای ساده اتفاق می‌افتد (۲۵). نتیجه‌ها نشان داد که بیشترین میزان اسکوربیک اسید در میوه‌ها در هفته اول و کمترین مقدار آن در هفته سوم بود (شکل ۳- ب). براساس نتیجه‌های به‌دست آمده از مقایسه میانگین، میوه‌های شاهد و میوه‌های تیمار شده با ۱/۲ میلی‌مولار NaHS کمترین میزان اسکوربیک اسید و میوه‌های تیمار شده با ۰/۶ میلی‌مولار NaHS بیشترین میزان را در هفته سوم دارا بود (شکل ۳- ج). آنزیم آسکوربات پراکسیداز برای واکنش کاتالیزی خود از اسکوربیک اسید به‌عنوان کوفاکتور استفاده می‌کند. در طول دوره انبارمانی که میوه‌ها با تنش‌های پس از برداشت مواجه هستند، این آنزیم با مصرف اسکوربیک اسید به عنوان دهنده الکترون سبب کاهش متابولیسم اکسیداتیو می‌شود که در نتیجه منجر به تبدیل اسکوربیک اسید به دی‌هیدروآسکوربیک‌اسید می‌شود (۱۵).

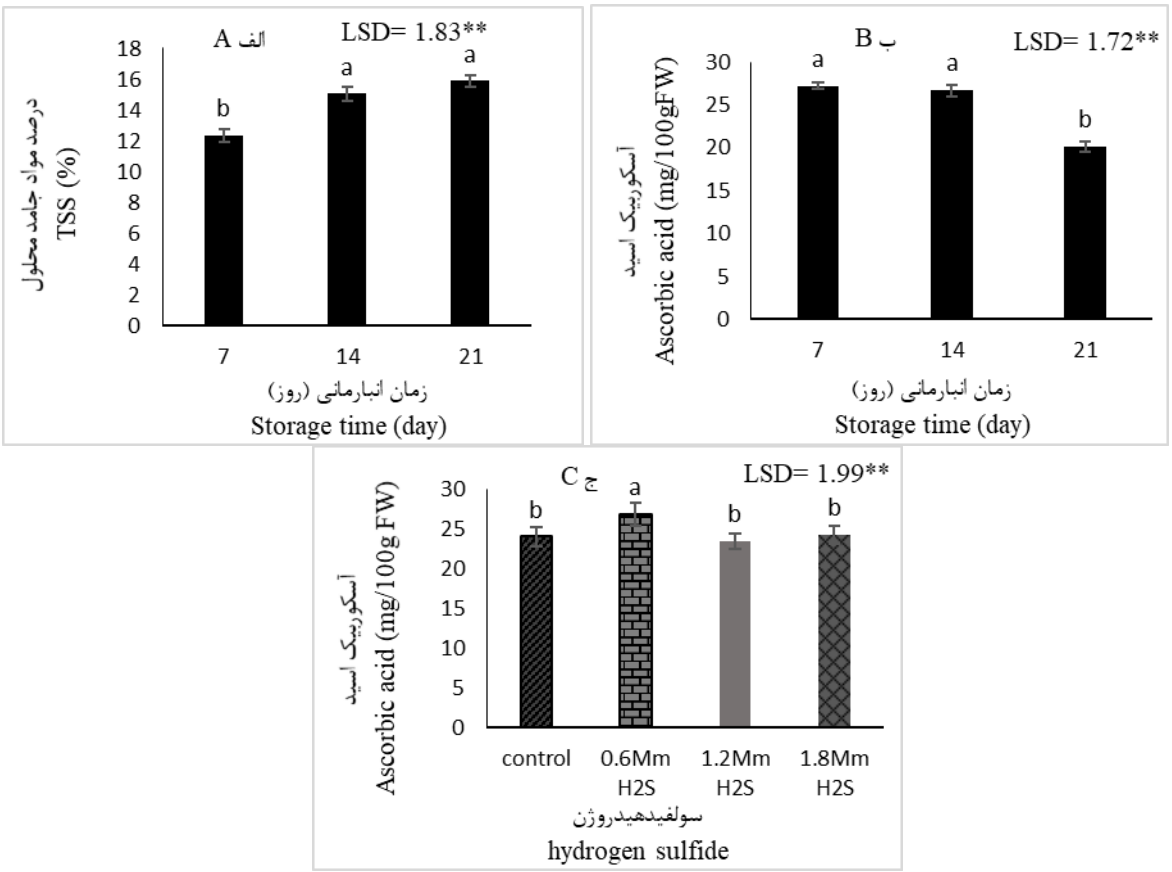

Fig. 3. The impact of NaHS treatment on the total soluble solids (TSS) (A) and ascorbic acid (B and C) in cornelian cherry fruits during storage at 2 ºC for 21 days. **showing significant level at P ≤0.01. Values are the mean ±SE

شکل ۳- اثر تیمار NaHS بر میزان ماده‌های جامد محلول (الف) و اسید آسکوربیک (ب و ج) میوه زغال‌اخته در طول انبارمانی در دمای ۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۱ روز. ** بیانگر وجود تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است. خط‌های عمودی بیانگر خطای استاندارد می‌باشند.

تیمار میوه‌های زغال‌اخته با NaHS با به کمینه رساندن اثر تنش سرمایی و کاهش تنفس میوه این روند را کند نموده و در نتیجه میزان کاهش اسکوربیک اسید در میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد کمتر می‌باشد. اسکوربیک اسید در سیتوسول، دیواره یاخته‌ای، کلروپلاست، میتوکندری، واکوئل و آپوپلاست وجود داشته و می‌تواند در واکنش مستقیم با گونه‌های فعال اکسیژن مانند سوپراکسید، یا هیدروکسیل، اکسید شود. همچنین، این ترکیب به عنوان عامل احیاء کننده در بازسازی مجدد آلفاتوکوفرول به کار گرفته شده و در برابر تنش اکسیداتیو موجب حفاظت از مولکول‌های غشای یاخته‌ای می‌شود. بنابراین اسکوربیک اسید یکی از فاکتورهای مهم در سنجش کیفیت و ارزش غذایی بسیاری از محصول‌های کشاورزی به شمار می‌آید (۲۴).

مالون‌دی‌آلدئید، پرولین و پراکسیدهیدروژن

بر اساس نتیجه‌های به‌دست آمده از پژوهش حاضر، میزان مالون‌دی‌آلدئید نسبت به اثرهای ساده زمان و تیمار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و در پایان دوره انبارمانی میزان مالون‌دی‌آلدئید افزایش یافت (شکل ۴- الف). بیشترین مقدار مالون‌دی‌آلدئید در شاهد و تیمار ۰/۶ میلی‌مولار NaHS و کمترین مقدار آن در تیمار ۱/۲ میلی‌مولار NaHS مشاهده شد. به‌عبارت دیگر غلظت ۱/۲ میلی‌مولار NaHS در حفظ کیفیت میوه زغال‌اخته تاثیر بیشتری داشته است (شکل ۴- ب).

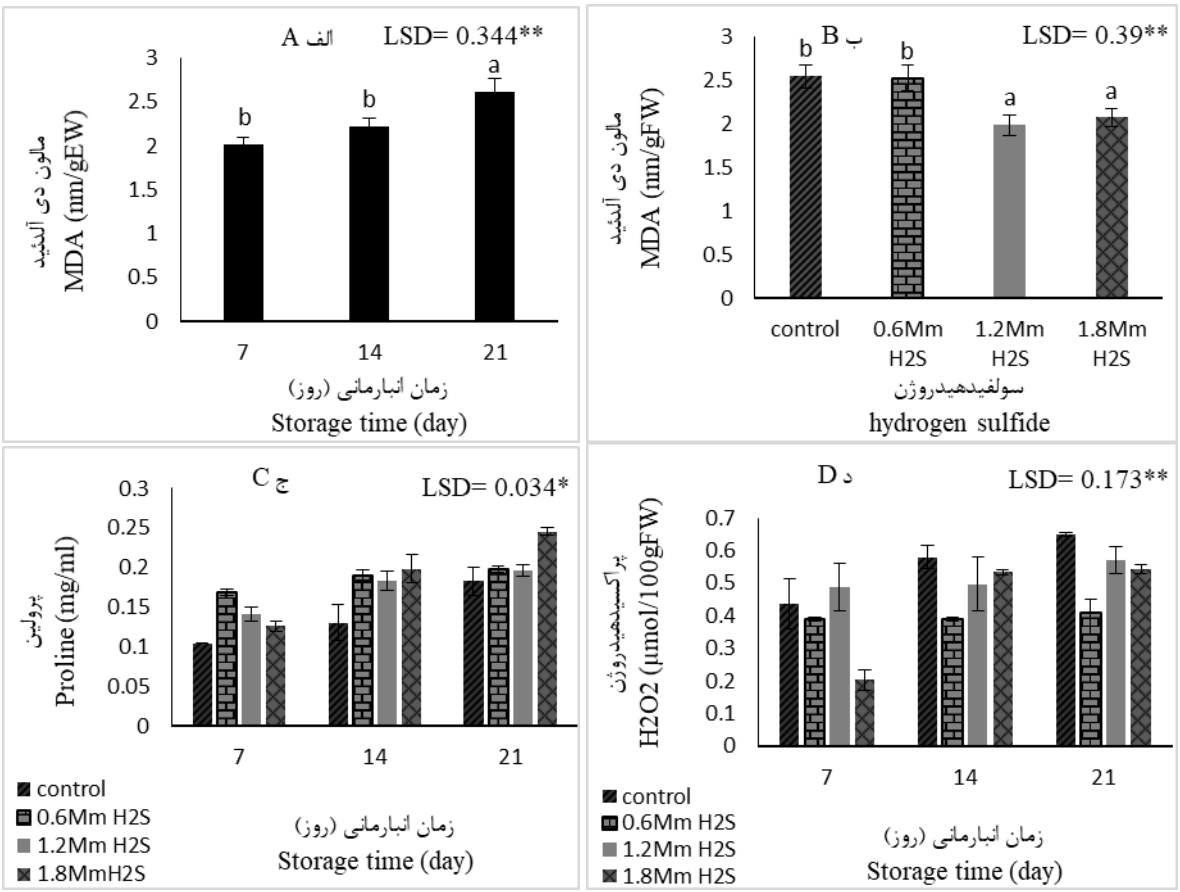

Fig. 4. The impact of NaHS treatment on the amount of malondialdehyde (MDA) (A) and (B), proline (C), hydrogen peroxide (H_2O_2) (D) in Cornelian cherry fruits during storage at 2 ºC for 21 days. * and** showing significant level at P ≤*0.05* and p ≤*0.01* respectively. Values are the mean ±SE.

شکل ۴- اثر تیمار NaHS بر میزان مالون‌دی‌آلدئید (الف) و (ب)، پرولین (ج)، پراکسیدهیدروژن (د) میوه زغال‌اخته در طول انبارمانی در دمای ۲ درجه سلسیوس به مدت ۲۱ روز. * و ** به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ . خطوط عمودی بیانگر خطای استاندارد می باشند.

در پژوهشی که Aghdam و همکاران (۱) انجام دادند، کاربرد ۱/۵ میلی‌مولار سولفیدهیدروژن به‌صورت NaHS باعث کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید و حفظ میوه زالزالک در برابر آسیب سرمای یک درجه سلسیوس شد. با توجه به نتیجه‌های به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها، به کار بردن سولفیدهیدروژن میزان پرولین میوه را حفظ کرد، به طوری که بیشترین مقدار پرولین طی هفته سوم در تیمار ۱/۸ میلی‌مولار NaHS و کمترین مقدار در شاهد مشاهده شد (شکل ۴- ج). علت افزایش میزان پرولین در اثر تیمار NaHS در این پژوهش به احتمال بدلیل تغییر مسیرهای متابولیسمی مرتبط با نیتروژن در راستای افزایش ساخت ترکیب‌هایی مانند پرولین می‌باشد. کاهش سنتز پرولین در اثر کاهش غلظت سولفیدهیدروژن داخلی در گیاه ارزن گزارش شده است (۳۲). از نظر زمانی، بیشینه مقدار پرولین در هفته سوم انبارمانی به دست آمد. بر اساس نتیجه‌های پژوهش، بیشترین مقدار پراکسیدهیدروژن در شاهد و کمترین میزان آن در هفته اول در تیمار ۱/۸ میلی‌مولار NaHSو در هفته دوم و سوم در تیمار ۰/۶ میلی‌مولار NaHS مشاهده شد به‌عبارت دیگر، این تیمار نقش بیشتری در رابطه با حفظ کیفیت میوه زغال‌اخته دارد (شکل ۴- د) که با نتیجه‌های حاصل از پژوهش در مورد تاثیر سولفیدهیدروژن بر توت‌فرنگی همخوانی دارد (۱۰). با افزایش مدت انبارمانی و تنش سرمایی ساختار غشا تغییر یافته و میزان پراکسیدهیدروژن و مالون‌دی‌آلدئید افزایش می‌یابد، اما تیمار سولفیدهیدروژن با حفظ یکپارچگی غشا نقش کنترلی بسیار زیادی در این زمینه نشان داد و سبب کاهش سطح پراکسیدهیدروژن شد.

نتیجه‌گیری

میوه‌های تیمار شده با ۰/۶ میلی‌مولار NaHS مقادیر اسکوربیک اسید بیشتری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند. همچنین میوه‌های تیمار شده با این غلظت با داشتن بیشینه مقدار آنتوسیانین (۲/۲۷ $mg.g^{-1}$ FW) و کمترین مقدار H_2O_2 (۰/۴۱ $\mu mol.100g^{-1}$ FW)، کاهش ۴۳ درصدی نشانه‌های سرمازدگی را در طی هفته دوم انبارمانی نسبت به میوه‌های شاهد نشان دادند. با اینحال در مورد ترکیب‌های فنولی میوه، سطوح دیگر تیمار NaHS تاثیر بیشتری داشتند؛ به طوریکه بیشترین مقادیر فنول و فلاونوئید به ترتیب در تیمارهای ۱/۲ و ۱/۸ میلی‌مولار NaHS در مقایسه با شاهد مشاهد شد. در کل، نتیجه‌های پژوهش حاضر نشان داد که در انتهای دوره انبارمانی، تیمار NaHS با بهبود شاخص‌های مرتبط با ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و همچنین شاخص‌های مرتبط با ترکیب‌های فنولی در حفظ ویژگی‌های فیزیکی میوه زغال‌اخته کمک کننده بوده و از این راه باعث کاهش سرمازدگی در طول نگهداری در شرایط سردخانه شد.

منابع References

1. Aghdam, M. S., R. Mahmoudi, F. Razavi, V. Rabiei and A. Soleimani. 2018. Hydrogen sulfide treatment confers chilling tolerance in hawthorn fruit during cold storage by triggering endogenous H_2S accumulation, enhancing antioxidant enzymes activity and promoting phenols accumulation. Sci. Hort. 238: 264-271.
2. Bates, I. S., R. P. Waldern and I. D. Teare. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil. 39: 205-207.
3. Brindza, P., J. Brindza, D. Tóth, S. V. Klimenko and O. Grigorieva. 2007. Slovakian Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) potential for cultivation. Acta Hort. 760: 433-437.
4. Dehghan, G. and Z. Khoshkam. 2012. Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chem. 131(2): 422-427.
5. Dokhanieh, A.Y., S.M. Aghdam, J. Rezapour Fard and H. Hassanpour. 2013. Postharvest salicylic acid treatment enhances antioxidant potential of cornelian cherry fruit. Sci. Hort. 154: 31-36.
6. Fu, P., W. Wang, L. Hou and X. Liu. 2013. Hydrogen sulfide is involved in the chilling stress response in *Vitis vinifera* L. Acta. Soc. Bot. Pol. 82 (4): 295–302.
7. Hajiboland, R., R. Asghari, A. Ahmadi Moghaddam, M. Habibi Rezaii, M. Peyvandi, P. Abrishanchi and R. Hadadchi. 2007. *Plant Physiology*. Tehran Biology House. 752 P. (In Persian).
8. Heath, R. L and L. Packer. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch. Biochem. Biophys. 125(1): 189-198.
9. Hosseini, P. 2007. *Physiological study of the effect of cold stress on seedling stage of different rice genotypes*. Ph.d.Thesis. Chamran Martyr of Ahwaz University. (In persian)

10. Hu, L.Y., S. L. Hu, J. Wu, Y. H. Li, J. L. Zheng, Zh. J. Wei, J. Liu, H. L. Wang, Y. S. Liu and H. Zhang. 2012. Hydrogen sulfide prolongs postharvest shelf life of strawberry and plays an antioxidative role in fruits. J. Agric. Food Chem. 60 (35): 8684-8693.
11. Jalili Marandi, R. 2013. *Postharvest Physiology (handling and storage of fruits, vegetables, ornamental plants and medicinal plants.* 4 nd Ed., Jihad University Press, West Azerbaijan Branch, 624 P. (In persian).
12. Kaijv, M., L. Shen and C. Chao. 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Sci. 27: 110-115.
13. Kliebenstein, D. J. 2004. Secondary metabolites and Plant/environment interactions: a view through Arabidopsis thaliana tinged glasses. Plant Cell Environ. 27: 675-684.
14. Koda, T., Y. Kuroda, H. Imai. 2008. Protective effect of rutin against spatial memory impairment induced by trimethyltin in rast. Nutr. Res. 28: 629-634.
15. Lee, S. K and A. A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol. Technol. 20 (3): 207-220.
16. Lester, G. E and M. A. Grusak. 1999. Postharvest application of calcium magnesium to Honeydew and netted Muskmelons: effects on tissue concentrations, quality and senescence. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124 (5): 545-552.
17. Li, D., Z. Luo, R. Du and W. Mou. 2015. Hydrogen sulfide alleviates chilling injury of banana fruit by enhanced antioxidant system and proline content. Sci. Hort. 183: 144-151.
18. Li, T.T., Z. R. Li, K. D. Hu, L. Y. Hu, X. Y. Chen and Y. H. Li. 2017. Hydrogen sulfide alleviates Kiwifruit ripening and senescence by antagonizing effect of ethylene. Hort. Sci. 52 (11): 1556-1562.
19. Luo, Z., D. Li, R. Du and W. Mou, 2015. Hydrogen sulfide alleviates chilling injury of banana fruit by enhanced antioxidant system and proline content. Sci. Hort.183: 144-151.
20. Mahmoudi., R. F. Razavi, and V. Rabiei. 2017. Effect of postharvest glycine betaine and hydrogen sulfide treatments on quality and antioxidant properties of hawthorn (*Cratagus monogyna* Jacq.) fruit. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture. University of Zanjan. (In Persian).
21. Meng, X., B. Li, J. Liu and S. Tina. 2007. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. Food Chem. 106 (2): 501-508.
22. Mostofi, Y and F.Najafi. 2005. *Analytical laboratory methods in horticultural sciences*. 1nd Ed., University of Tehran.136 P. (In persian).
23. Ni, Z.J., K. D. Hu, G. B. Song, R.H. Ma, Z.R. Li, J.L. Zheng, L.H. Fu, Z.J. Wei and H. Zhang. 2016. Hydrogen sulfide alleviates postharvest senescence of grape by modulating the antioxidant defenses. Oxid. Med. Cell. Longevity. 1-14.
24. Parida, A. K and A. B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Eco. Environ Safety. 60 (3): 324-349.
25. Rahemi, M. 2005. *Postharvest physiology (Introduction to the physiology and movement of fruits, vegetables and ornamental plants)*. The winter: Wills, R. McGlasson, B. Graham, D and Joyce, D. Shiraz University Press. 3nd Ed. 437 P. (In Persian).
26. Safari, M. 1999. *Basics of physicochemistry (food preservation).* Publication University of Tehran. 464 P. (In Persian).
27. Sajid, A., A. Nawaz, S. Ejaz, S. Tul-Ain Haider, M. Wagar Alam and H. Umer Javed. 2018. Effect of hydrogen sulfide on postharvest physiology of fruits and vegetables: An overview. Sci. Hort. 243: 290-299.
28. Sandra, M., R. G. Branislava, I. N. T. Jelena, B. C. Slobodan and M. P. Boris. 2011. Physicochemical fruit characteristics of cornelian Cherry (*Cornus mas* L.) genotypes from Serbia. Hort. Sci. 46 (6): 849-85.
29. Shahid, M., B. Pourrut, C. Dumat, M. Nadeem, M. Aslam and E. Pinelli. 2014. Heavy-metal induced reactive oxygen species: Phytotoxicity and Physicochemical changes in plants. Rev. Environ. Contam Toxicol. 232: 1-44.
30. Shi, H., T. Ye and Z. Chan. 2013. Exogenous application of hydrogen sulfide donor sodium hydrosulfide enhanced multiple abiotic stress tolerance in Bermuda grass (*Cynodon dactylon* L.). Plant Physiol. Biochem. 71: 226-234.
31. Singleton, V. L. and J. A. Rossi.1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Amer. J. Enol. Vitic. 16: 144-158.
32. Tian, B., Z. Qiao, L. Zhang, H. Li and Y. Pei. 2016. Hydrogen sulfide and proline cooperate to alleviate cadmium stress in foxtail millet seedlings. Plant Physiol. Biochem.109: 293-299.

33. Wang, L. J., S. Chen, W. Kong, S. Li and D. D. Archbold. 2006. Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affect the antioxidant system and shock proteins of peach during cold storage. Postharvest Biol. Technol. 91: 244-251.
34. Wang, W., Y. G. Shen, L. Q. Zhu, W. Zhang, S. F. Wu and H. Y. Du. 2014. Effects of exogenous H_2S on preservation of peaches and reactive oxygen metabolism. J. Fruit Sci. 31 (2): 302-307.
35. Zeinali Rad., S. Gh. Dehghan and J. Haghilou. 2012. *Physiologycal and biochemical changes of cornelian cherry fruits during storage*. M.Sc. Thesis. Faculty of Natural Sciences. University of Tabriz. 88 P. (In Persian).

Iranian Horticultural Science and Technology 22 (4): 425-436 (2021)
Research article

Hydrogen Sulfide Postharvest Application Impacts on Physicochemical Attributes of *Cornus mas* Fruits during Cold Storage

S. Ahmadkhani, A. Soleimani*, F. Razavi, A. Kheyri[1]

In order to investigate the effects of postharvest application of hydrogen sulfide (H_2S) on physicochemical attributes of cornelian cherry fruit, a factorial experiment was performed based on completely randomized design with three replications (each replication including 60 fruits). Treatments included NaHS (0, 0.6, 1.2, and 1.8 mmol) and different storage times (7, 14, and 21 days). The fruits were placed in the refrigerator (at 2°C and relative humidity of 85%) immediately after treatment. Physical and biochemical variables were measured within an interval of seven days. According to the results, the maximum amount of anthocyanin (2.27 mg/g FW) and ascorbic acid (26.8 mg/100g FW) and the minimum amount of H_2O_2 (0.41 µm/100g FW) were obtained by 0.6 mmol of H_2S. Also, H_2S (1.2 mmol) was more effective in terms of maintaining the total phenol (414.13 mg GA/100g FW). Weight loss with H_2S 1.8 mmol was significantly less than other treatments and accompanied with the highest amount of flavonoids (27. 9 mg QUE/100g FW) and proline (0.24 mg/ml). Fruits treated with H_2S were able to maintain better physical and biochemical attributes in comparison with control fruits. Referring to the important of cornelian cherry storing at cold storage conditions in terms of maintenance of the firmness, appearance quality and long shelf life with low frost damage, H_2S 0.6 mmol should consider as the favorite treatment level.

Keywords: Anthocyanin, Antioxidant, Frostbite index, Proline.

1. Former M.Sc. Student, Associate Professor, Associate Professor and Assistance Professors, respectively. Department of Horticultural Science, College of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan-Iran.
*Corresponding Author; Email: (asoleimani@znu.ac.ir.)