

## ارزیابی اثر کاربرد ۱- متیل سیکلو پروپین بر خواص فیزیکوشیمیایی گوچه فرنگی رقم "راپسونا"

سمیه السادات مهرزاد<sup>a</sup>، علی محمدی ثانی<sup>b</sup>

<sup>a</sup> دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قوچان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، قوچان، ایران  
<sup>b</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۴/۲۴

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۲۴

### چکیده

**مقدمه:** گوچه فرنگی یکی از محصولات زراعی مهم است که ۳۰ درصد محصول تولیدی در فاصله برداشت تا مصرف آن از بین می‌رود و ظرفیت بالای تولید اتیلن گوچه فرنگی دلیل عمده این ضایعات است. در این تحقیق اثر غلظت‌های مختلف محلول ۱-متیل سیکلو پروپین به عنوان یک عامل مهار کننده اتیلن، بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی گوچه فرنگی بررسی شد.

**مواد و روش‌ها:** گوچه فرنگی رقم راپسونا از یک مزرعه در شهرستان اسدآباد انتخاب و در مرحله شکستگی رنگ برداشت شد. تیمار دهی با ۱-متیل سیکلو پروپین در غلظت‌های ۰، ۰/۳۵، ۰/۷، ۱ و ۱/۳۵ به مدت ۱۲ و ۲۴ ساعت روی نمونه‌های گوچه فرنگی اعمال گردید و طی مدت ۴ هفته نگهداری در انبار با دمای  $2 \pm 12$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰٪، نمونه برداری به صورت هفتگی از هر یک از تیمارها انجام و متغیرهای درصد مواد جامد محلول، اسیدیته کل، رنگ و اتیلن تجمعی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. داده‌ها توسط نرم افزار SPSS تحت آنالیز واریانس قرار گرفتند.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که استفاده از متیل سیکلو پروپین اثر معناداری ( $P < 0.05$ ) بر درصد مواد جامد محلول، اسیدیته، رنگ و اتیلن تجمعی داشت. محلول‌های ۱-متیل سیکلو پروپین در غلظت ۱ و ۱/۳۵ بیشتر از سایر تیمارها از افزایش بریکس نمونه‌های گوچه فرنگی طی دوره نگهداری جلوگیری کرد. کاهش اتیلن برای تیمارهای حاوی غلظت‌های ۰/۳۵، ۰/۷، ۱ و ۱/۳۵ نسبت به تیمار کنترل به ترتیب ۲۸، ۸۰، ۲۰۰ و ۴۲۰ درصد بود. همچنین تیماردهی با ۱-متیل سیکلو پروپین سبب کاهش اسیدیته و رنگ گردید، به طوریکه در سنجش رنگ، اختلاف میانگین مولفه R برای محلول‌های آزمایشی با غلظت ۰/۳۵، ۰/۷، ۱ و ۱/۳۵ نسبت به تغییرات این مولفه در نمونه کنترل، به ترتیب ۵، ۱۵، ۳۰ و ۳۴ درصد افزایش یافت.

**نتیجه گیری:** نتایج این تحقیق نشان داد که در تمام صفات اثر تیمار متیل سیکلو پروپین معنی دار ( $P < 0.05$ ) بوده است.

**واژه‌های کلیدی:** ۱- متیل سیکلو پروپین، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، ضایعات، گوچه فرنگی

## مقدمه

گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) از خانواده *Solanaceae*، بومی آمریکا می باشد که عمده مصرف آن مربوط به گونه (*Lycopersicon esculentum*) بوده و به انگلیسی *Tomato* نامیده می شود.

در حال حاضر، مقدار تقریبی ضایعات گوجه فرنگی در کشور ۱/۸ میلیون تن است (آمارنامه سازمان جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸) که این رقم نشان دهنده حجم قابل توجه ضایعات این محصول در کشور است.

فراز گرا<sup>۱</sup> بودن گوجه فرنگی از علل اصلی محدود بودن دوره نگهداری آن است. گاز اتیلن توسط اکثر میوه‌ها و سبزی‌های فرازگرا تولید می‌شود و در نقش یک هورمون گیاهی، کار تنظیم و یا تحریک برخی فرایندهای گیاهی مانند کنترل تنفس، باز شدن گل‌ها، رسیدن میوه‌ها و ریزش برگ‌ها را انجام می‌دهد (Alexander et al., 2002).

تجمع این گاز و دیگر مواد فرار مانند استاللدئید و اتانل در هوای انبار، یک مشکل عمده در مرحله انبارداری محصولات کشاورزی و خصوصاً انواع فرازگرای آنها است. وجود مقادیر کم اتیلن در محیط هوای انبارها سبب تسریع رسیدن میوه‌ها می‌شود و واکنش‌های ناخواسته‌ای مانند افزایش طعم تلخ، زرد شدن سبزی‌های برگی و افزایش قابلیت بیماری‌های انباری را به همراه دارد (2000 Akiyam et al.).

طی چند سال اخیر یافتن روش‌هایی برای به حداقل رساندن مصرف ترکیبات مضر و در عین حال حفظ میوه و سبزی جات در انبارهای نگهداری در شرایط مناسب مورد توجه قرار گرفته است که عبارتند از: تهویه هوای انبار، استفاده از پرمنگنات پتاسیم، اتمسفر هیپوبار، اکسندهای کاتالیتیک و اوزون که البته هر یک از این راه‌ها مشکلاتی به همراه دارند. کاربرد ۱- متیل سیکلو پروپن (1-MCP) هم یکی از آخرین روش‌ها در این زمینه است (Graham et al., 1998).

1-MCP یک آلکن حلقوی است که برای اولین بار به فرم گاز روی گل‌ها، موز و گوجه فرنگی به کار برده شد. تولید پودر آن که در واقع به صورت ترکیب شده با سیکلودکستین می‌باشد، جنبه تجاری پیدا کرده است.

مزایای این پودر پایداری آن بوده، در عین اینکه در هنگام تماس با آب 1-MCP به شکل گاز آزاد می‌شود. این ترکیب قادر است با اتصال به گیرنده‌های اتیلن، مانع متصل شدن اتیلن به جایگاه شده و به این طریق مانع اثرگذاری اتیلن شود. این عامل اولین بار تحت نام تجاری Ethyl-Block توسط کمپانی Floralife به منظور تیماردهی گیاهان زینتی تولید شد و در سال ۱۹۹۹ توسط سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا (EPA) مورد تأیید قرار گرفت. این ترکیب در حال حاضر به شکل‌های مختلف پودر، قرص، اسپری مایع عرضه می‌گردد. تلاش برای تولید اشکال دیگر از جمله ساخت‌هایی که به شکل کنترل شده 1-MCP را در بسته‌های محصول آزاد می‌کنند، ادامه دارد (Paliyath et al., 2008). هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد غلظت‌های مختلف محلول 1-MCP جهت بهبود خصوصیات فیزیوشیمیایی گوجه فرنگی رقم "راپسونا" که در مرحله شکستگی رنگ، برداشت شده بود، تعیین گردید.

## مواد و روش‌ها

### - نحوه برداشت میوه

گوجه فرنگی رقم راپسونا از یک مزرعه واقع در شهرستان اسدآباد انتخاب و برداشت شد. در ضمن برداشت نمونه‌های گوجه فرنگی در مرحله شکستگی رنگ صورت گرفت.

برای چیدن گوجه فرنگی بهتر است میوه را با دست راست گرفته و به طرف راست یا چپ چرخانده و با یک حرکت جزئی میوه از بوته جدا شود و سپس در جعبه‌های مناسب که در سایه واقع گردیده قرار داده شوند. نمونه‌های برداشتی در شرایط مناسب و بلافاصله توسط خودرو به سردخانه در دمای ۰/۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۰ درصد موجود در بخش تحقیقات مهندسی صنایع غذایی و فناوری‌های پس از برداشت، موسسه فنی و مهندسی کشاورزی همدان منتقل شدند.

### - روش تیماردهی با 1-MCP

قرص‌های یک گرمی 1-MCP مورد استفاده در پژوهش، ساخت آمریکا<sup>۲</sup> و بر اساس ادعای شرکت سازنده

<sup>1</sup> Climactric

<sup>2</sup> Ethylbloc (Rohm-Haas, Spring House, PA), USA

#### - درصد مواد جامد محلول (TSS)

با قرار دادن چند قطره از عصاره گوجه صاف شده بر سطح منشور رفاکتومتر دستی Atago مدل N-1E (ساخت ژاپن) با دامنه سنجش (Brix 0-32%) انجام شد (Hershkovitz et al. 2005).

#### - اندازه گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

اسیدیته کل از طریق تیتراسیون ۵ گرم عصاره نمونه با استفاده از سود ۰/۱ نرمال و با استفاده از فرمول زیر و بر حسب درصد اسید غالب اندازه گیری شد (Hershkovitz et al., 2005).

$$\% \text{ اسیدیته کل} = \frac{100 \times \text{حجم سودمصرفی در تیتراسیون} \times \text{نرمالیتت سود} \times \text{وزن اکی والان اسید (غالب)} \times 1}{\text{وزن نمونه} \times 10}$$

وزن اکی والان اسید غالب گوجه فرنگی (اسید سیتریک) و برابر ۱۰۰ می باشد.

#### - سنجش رنگ

اندازه گیری رنگ توسط یک دستگاه رنگ سنج قابل حمل Color Analyser مدل ۵۱۰۰ ساخت تایوان انجام شد. بر روی هر گوجه فرنگی ۳ اندازه گیری انجام و میانگین آن به عنوان عدد رنگ بر حسب فاکتور R (قرمزی رنگ) گزارش شد (Horwits, 2000).

#### - اتیلن تجمی

برای سنجش اتیلن تجمی درون هر ظرف، از یک دستگاه اتیلن متر دستی Bioconservation ساخت کشور اسپانیا استفاده شد. ۳ عدد گوجه فرنگی پس از تعیین حجم و وزن در ظروف شیشه ای یک لیتری قرار داده شدند و پس از شانزده ساعت، نمونه گازی داخل ظرف با استفاده از دستگاه اتیلن سنج Bioconservation اندازه گیری شد، به این صورت که بخش مکنده دستگاه پس از سوراخ کردن پوشش پلاستیکی دهانه ظرف به داخل آنها وارد شده و پس از مکش هوای داخل بسته ها مقدار اتیلن موجود در هوای هر ظرف بر حسب ppm توسط دستگاه قرائت شد. این کار حدود ۲۰ ثانیه طول کشید، تا پمپ کاملاً هوای داخل بسته را به داخل دستگاه و بخش آنالیز وارد نماید.

دارای درجه خلوص ۰/۱۲۷ درصد بود. برای تهیه محلولی با غلظت مورد نظر، مقدار مشخصی از پودر 1-MCP را براساس دستورالعمل شرکت سازنده، با محلول ۱٪ (KOH:NaOH) ترکیب کرده و داخل ظروف تیمار قرار داده شد. در مدت زمانی کمتر از ۲۰ ثانیه درب ظرف مسدود گردید تا گاز متصاعد شده از واکنش، از ظرف خارج نشود. در این تحقیق تاثیر ۴ تیمار مختلف در مقایسه با نمونه کنترل بررسی شد.

تیمار اول: نمونه ها تحت تاثیر ۱- متیل سیکلو پروپین با غلظت ۰/۳۵  $\mu\text{L/L}$  درون یک جار دهان گشاد با ظرفیت ۵ لیتر و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. تیمار دوم: نمونه ها تحت تاثیر ۱- متیل سیکلو پروپین با غلظت ۰/۷  $\mu\text{L/L}$  قرار داده شدند. تیمار سوم: نمونه ها تحت تاثیر ۱- متیل سیکلو پروپین با غلظت ۱  $\mu\text{L/L}$  قرار گرفتند. تیمار چهارم: گوجه فرنگی ها تحت تاثیر ۱- متیل سیکلو پروپین با غلظت ۱/۳۵  $\mu\text{L/L}$  قرار داده شدند و در تیمار شاهد نمونه ها بدون اعمال تیمار درون یک جار قرار گرفته گرفتند. دهانه جارها پس از اعمال تیمار با یک لایه پوشش پلی پروپیلن به ضخامت ۰/۲ میلی متر مسدود و سپس درب بندی صورت گرفت و تیمارها برای مدت ۱۲ یا ۲۴ ساعت در دمای  $22 \pm 2$  درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از این مدت درب ظروف باز شده و هوای داخل ظروف در هوای آزاد تهویه شد. در ادامه نمونه ها تا مدت ۴ هفته در مکانی با دمای  $2 \pm 12$  درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰٪ نگهداری شدند. طی این مدت و هر هفته ۱۰ عدد میوه به صورت تصادفی از هر یک از تیمارها برداشت شده و در سه تکرار و پس از ۴ ساعت نگهداری در دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی گراد (شرایط آزمایشگاهی) متغیرهای زیر ارزیابی گردید:

#### - اندازه گیری ویژگی های شیمیایی

تکه های گوشت نمونه های گوجه فرنگی به وسیله دستگاه آبیگری مولینکس آبیگری شد. پس از آن آب گوجه به دست آمده توسط کاغذ صافی درشت، صاف شده و درون ارلن جمع آوری گردید. محلول حاصل توسط آزمون های شیمیایی شامل سنجش مقدار مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتر ارزیابی گردید.

## - تجزیه و تحلیل آماری

به منظور بررسی تاثیر 1-MCP بر خواص فیزیکی شیمیایی گوجه فرنگی رقم "راپسونا" آزمایش در غالب طرح آماری کاملاً تصادفی بر پایه آزمون فاکتوریل انجام شد. آنالیز واریانس (ANOVA) با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن در سه تکرار انجام شد.

## یافته‌ها

نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات اتیلن تجمعی، رنگ، درصد مواد جامد محلول و اسیدیته کل گوجه فرنگی مورد بررسی در طول مدت انبارمانی با استفاده از تیمار

۱- متیل سیکلو پروپین در جدول ۱ ارائه شده است.

## - تجمع گاز اتیلن

در جدول ۲ مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و زمان تماس بر اندازه گیری اتیلن گوجه فرنگی و در جدول ۳ مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و زمان انبارداری بر اندازه گیری اتیلن گوجه فرنگی ارائه شده است. میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان تجمع گاز اتیلن در ظروف مربوط به هر یک از تیمارهای مورد مطالعه در نمودار ۱ آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای مدت نگهداری، غلظت محلول و زمان اعمال تیمار، در سطح ۵٪ اثر معنی‌داری بر تجمع اتیلن داشته است.

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر پارامترهای مورد مطالعه در نمونه‌های گوجه فرنگی

میانگین مربعات			درجه آزادی	منابع تغییرات	
واد جامد محلول	اسیدیته	رنگ			
۱۵/۴*	۰/۰۹۵*	۲۵۰۲۸/۴*	۱۳۳۰۲۰*	۴	مدت انبارداری (A)
۰/۵۲۳*	۰/۰۰۱۶ <sup>n</sup>	۱۱۰۷/۴*	۲۰۵۷۰*	۱	زمان تماس (B)
۲/۵*	۰/۰۱۰۲*	۳۵۵۵/۹*	۸۶۷۰۶/۷*	۴	غلظت محلول (C)
۰/۰۸۳ <sup>n</sup>	۰/۰۰۵۵*	۳۱۰/۶*	۵۴۲۸/۷*	۴	A*B
۰/۷۴۹*	۰/۰۳۲*	۱۲۴۱/۳*	۲۸۲۸۹*	۱۶	A*C
۰/۱۵۲ <sup>sn</sup>	۰/۰۰۰۵ <sup>n</sup>	۳۴۳/۸*	۱۴۲۱۸/۷*	۴	B*C
۰/۱۴۹*	۰/۰۰۵۵*	۲۳۵/۱*	۴۸۷۸/۴*	۱۶	A*B*C
۴/۶۶	۰/۰۴۰۲	۸۴/۹	۱۹۱۰۵/۳	۱۴۹	اشتباه

\*\*\* و \*\* و SN به ترتیب معنی دارد سطح ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار

جدول ۲- اثر متقابل غلظت و زمان تماس بر اندازه‌گیری اتیلن گوجه فرنگی

میانگین	غلظت	زمان تماس
۶۵/۴۳ <sup>a</sup>	صفر	۱۲ ساعت
۵۰/۵۸ <sup>ab</sup>	۰/۳۵	
۳۱/۷۱ <sup>ac</sup>	۰/۷	
۱۹/۶۶ <sup>ad</sup>	۱	
۱۴/۳۲ <sup>ae</sup>	۱/۳۵	۲۴ ساعت
۶۵/۰۹ <sup>ab</sup>	صفر	
۴۲/۳۲ <sup>b</sup>	۰/۳۵	
۱۸/۷۸ <sup>bc</sup>	۰/۷	
۶/۵۳ <sup>bd</sup>	۱	۲۴ ساعت
۵/۵۴ <sup>be</sup>	۱/۳۵	

در هر ستون حروف یکسان نشانه عدم تفاوت آماری معنی دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

مطالعه اثر متقابل مدت نگهداری گوجه فرنگی‌های تیمار شده (زمان انبارداری) با غلظت‌های مختلف محلول 1-MCP نشان می‌دهد که با افزایش زمان نگهداری و غلظت محلول تیمار، تجمع اتیلن با شدت متفاوتی افزایش می‌یابد. به طوری که اختلاف میانگین اتیلن تجمع یافته در هفته نخست و چهارم نگهداری پس از برداشت، برای تیمار شاهد کمتر از ۱/۷ برابر محاسبه شد. این مقدار برای دیگر تیمارها به ترتیب برابر ۲/۵، ۳/۳، ۱/۸ و ۲/۱ برابر برآورد شد. این نتایج نشان می‌دهد که اثر کنترل‌کنندگی متیل سیکلو پروپن بر اتیلن عمدتاً طی ۲ یا ۳ هفته پس از مصرف به بیشترین مقدار خود می‌رسد (جدول ۳).

در این مطالعه اثر متقابل غلظت محلول MCP با طول مدت اعمال تیمار (زمان تماس با محلول MCP) معنی‌دار بود. با افزایش غلظت محلول MCP، اتیلن تجمع یافته در ظروف تیمارهای مختلف به شکل معنی‌داری کاهش یافت. این کاهش برای محلول‌های آزمایشی با غلظت ۰/۳۵، ۰/۷، ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲۸، ۸۰، ۲۰۰ و ۴۲۰ درصد کاهش اتیلن را نشان داد. طول مدت زمان اعمال تیمار نیز اثر معنی‌داری بر کنترل اتیلن داشت. به طوری که با افزایش زمان تماس گاز فعال و گوجه فرنگی اثر بازدارندگی 1-MCP به شکل معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲).

جدول ۳- اثر متقابل غلظت و زمان انبارداری بر اندازه گیری اتیلن گوجه فرنگی

زمان انبارداری	غلظت	میانگین
لحظه پس از برداشت	صفر	۱/۹۹ <sup>ae</sup>
	۰/۳۵	۱/۹۷ <sup>be</sup>
	۰/۷	۲/۰۴ <sup>ce</sup>
	۱	۱/۹۹ <sup>de</sup>
	۱/۳۵	۱/۹۷ <sup>e</sup>
یک هفته	صفر	۵۶/۵۳ <sup>ad</sup>
	۰/۳۵	۲۵/۶ <sup>bd</sup>
	۰/۷	۱۳/۷۶ <sup>cd</sup>
	۱	۱۰/۴۲ <sup>d</sup>
	۱/۳۵	۷/۶۶ <sup>de</sup>
۲ هفته	صفر	۸۰/۷۹ <sup>ac</sup>
	۰/۳۵	۴۶/۰۹ <sup>bc</sup>
	۰/۷	۲۶/۰۳ <sup>c</sup>
	۱	۱۲/۵۲ <sup>cd</sup>
	۱/۳۵	۸/۸۲ <sup>ce</sup>
۳ هفته	صفر	۹۲/۶ <sup>ab</sup>
	۰/۳۵	۷۷/۵۵ <sup>b</sup>
	۰/۷	۳۹/۸۶ <sup>bc</sup>
	۱	۱۹/۵۴ <sup>bd</sup>
	۱/۳۵	۱۴/۹۷ <sup>be</sup>
۴ هفته	صفر	۹۴/۳۷ <sup>a</sup>
	۰/۳۵	۸۱/۰۶ <sup>ab</sup>
	۰/۷	۷۷/۵۶ <sup>ac</sup>
	۱	۲۱/۰۴ <sup>ad</sup>
	۱/۳۵	۱۶/۲۳ <sup>ae</sup>

در هر ستون حروف یکسان نشانه عدم تفاوت آماری معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

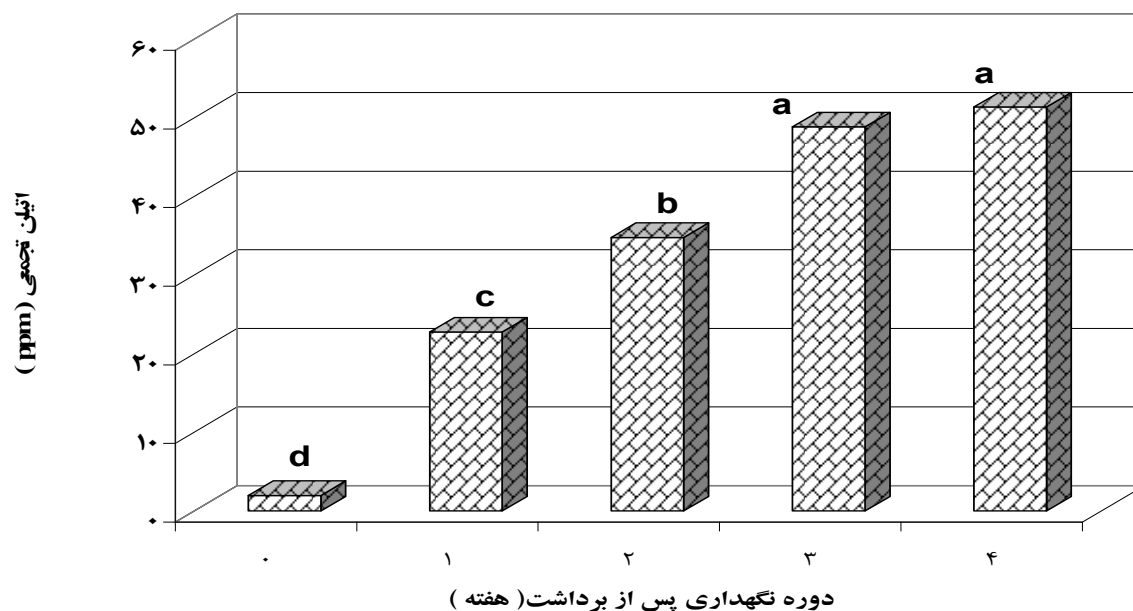
مطابق این نتایج، متغیرهای مدت نگهداری، غلظت محلول و زمان تماس با گاز تولیدی از محلول فعال شده، اثر معنی داری بر رنگ تیمارهای گوجه فرنگی داشته است. با افزایش زمان نگهداری و همزمان با پیشرفت مراحل رسیدگی میوه، رنگ سبز محصول توسط طیفی از رنگ‌های نارنجی تا قرمز جایگزین می‌شود. این تغییرات از طریق افزایش میزان عددی مولفه R و کاهش مولفه‌های B و G (به ترتیب معرف رنگ‌های آبی و سبز) که از سنجش رنگ نمونه‌ها توسط دستگاه رنگ سنج دستی حاصل شده است، نمایش داده می‌شود. این درحالی است که متوسط سه مولفه سبز، آبی و قرمز برای نمونه‌های سبز در هنگام برداشت به ترتیب برابر ۱۷۸، ۷۶۲ و ۱۹۴ اندازه گیری شد. کمترین مقدار قرمزی اندازه‌گیری شده به زمان برداشت مربوط می‌شود. در هفته‌های ۲، ۳ و ۴ نگهداری، میانگین مولفه رنگ قرمز (R)، در تیمارهای مختلف گوجه فرنگی به ترتیب به حدود ۱/۵، ۲/۳ و ۳ برابر مقدار اولیه رسید. به این ترتیب در هفته چهارم نگهداری، قرمزی رنگ در میوه به بیشترین مقدار خود رسید. طی این مدت مولفه‌های آبی به ۱۷ و سبز به ۲۹ کاهش یافت.

با افزایش زمان نگهداری، مقدار اتیلن تجمع یافته در ظروف تیمارهای مختلف افزایش می‌یابد. کمترین مقدار اتیلن به زمان برداشت مربوط می‌شود. با گذشت زمان و رسیدگی ظاهری گوجه فرنگی، تجمع اتیلن نیز افزایش می‌یابد. به طوری که پس از گذشت ۱، ۲، ۳ و ۴ هفته میانگین اتیلن تجمعی در ظروف تیمارهای مختلف به ترتیب حدود ۱۱، ۱۷، ۲۴ و ۲۵ برابر مقدار اولیه می‌رسد. اگرچه اختلاف معنی‌داری بین اتیلن تیمارها در هفته سوم و چهارم مشاهده نشد، با این حال، در هفته چهارم نگهداری، اتیلن تجمعی به بیشترین مقدار خود رسید. این نتایج موید این موضوع است که در فاصله هفته دوم تا سوم پس از برداشت، تولید اتیلن توسط محصول دارای بیشترین نرخ تولید است و پس از آن تولید اتیلن در گوجه فرنگی با شیب کمتری افزایش پیدا می‌کند (نمودار ۱).

#### رنگ میوه

در جدول ۴ مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و زمان انبارداری بر رنگ (مولفه R) گوجه فرنگی و در جدول ۵ مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و زمان تماس بر رنگ (مولفه R) گوجه فرنگی آورده شده است.

۹۰



نمودار ۱- اثر زمان نگهداری بر تولید و تجمع اتیلن توسط تیمارهای مختلف گوجه فرنگی

فعال شده با محلول قلیا نشان می‌دهد که میانگین مولفه قرمزی رنگ در نمونه‌هایی که به مدت ۱۲ ساعت در تماس با گاز فعال تیمار بوده‌اند، حدود ۱۰٪ بیشتر از آن‌هایی بود که زمان تماس برای آن‌ها ۲۴ ساعت به طول انجامیده است. همچنین اختلاف مولفه قرمزی برای دو سطح تماس ۱۲ و ۲۴ ساعت، در تیمارهای با غلظت ۰/۳۵، ۰/۷، ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر به ترتیب برابر ۲/۷، ۱۴، ۸/۱ و ۵/۵ درصد برآورد شد. این نتایج نشان می‌دهد که بیشترین اختلاف در تیمار با غلظت ۰/۷ ایجاد می‌شود و با افزایش و یا کاهش غلظت محلول تیمار، نقش زمان تماس کاهش می‌یابد (نمودار ۳).

در این مطالعه اثر غلظت محلول‌های MCP بر قرمزی رنگ میوه‌ها معنی‌دار بود. با افزایش غلظت محلول‌های متیل سیکلوپروپین، اختلاف قرمزی رنگ تیمارهای مختلف گوجه فرنگی نسبت به رنگ گوجه فرنگی در زمان برداشت به شکل معنی‌داری کاهش یافت؛ به طوری که طی دوره نگهداری، اختلاف میانگین مولفه R برای محلول‌های آزمایشی با غلظت ۰/۳۵، ۰/۷، ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر نسبت به تغییرات این مولفه در نمونه شاهد، به ترتیب ۵، ۱۵، ۳۰ و ۳۴ درصد افزایش یافت که به معنی کاهش رنگ قرمز در تیمارهای با غلظت بالاتر است (نمودار ۲).  
مطالعه اثر متقابل مدت تماس گوجه فرنگی‌های تیمار، با گاز حاصل از غلظت‌های مختلف محلول‌های MCP-1

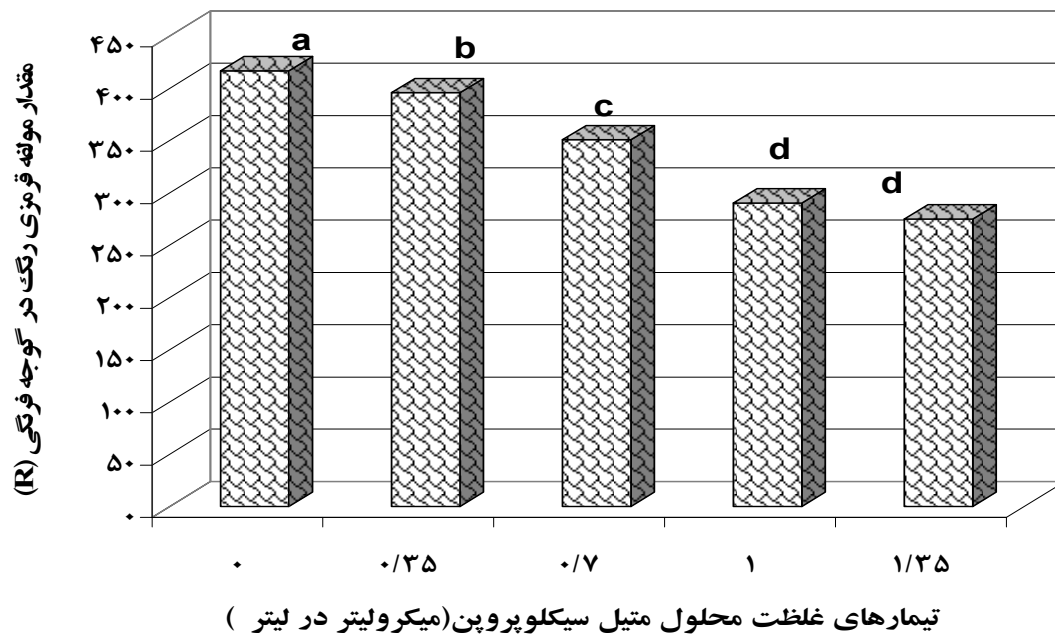
جدول ۴- اثر متقابل غلظت و زمان انبارداری بر رنگ (مولفه R) گوجه فرنگی

زمان انبارداری	غلظت	میانگین
لحظه پس از برداشت	صفر	۱۹۴/۷۴ <sup>ae</sup>
	۰/۳۵	۱۹۵/۷۴ <sup>be</sup>
	۰/۷	۱۹۵/۲۳ <sup>ce</sup>
	۱	۱۹۴/۲۴ <sup>de</sup>
یک هفته	۱/۳۵	۱۹۳/۷۴ <sup>e</sup>
	صفر	۲۵۹/۱۳ <sup>ad</sup>
	۰/۳۵	۲۴۵/۶۳ <sup>bd</sup>
	۰/۷	۲۲۷/۱۳ <sup>cd</sup>
۲ هفته	۱	۱۹۵/۶ <sup>d</sup>
	۱/۳۵	۱۹۴/۶ <sup>ed</sup>
	صفر	۳۷۹/۶۸ <sup>ac</sup>
	۰/۳۵	۳۵۰/۲ <sup>bc</sup>
۳ هفته	۰/۷	۳۰۸/۲۴ <sup>c</sup>
	۱	۲۴۸/۶۹ <sup>cd</sup>
	۱/۳۵	۲۳۹/۱۸ <sup>ce</sup>
	صفر	۶۲۵/۳۲ <sup>ab</sup>
۴ هفته	۰/۳۵	۵۴۳/۲۸ <sup>b</sup>
	۰/۷	۴۴۰/۲۷ <sup>bc</sup>
	۱	۳۱۲/۷۳ <sup>bd</sup>
	۱/۳۵	۲۹۱/۶۹ <sup>be</sup>
	صفر	۶۹۲/۳۳ <sup>a</sup>
	۰/۳۵	۶۴۵/۸۴ <sup>ab</sup>
	۰/۷	۵۷۶/۳۵ <sup>ac</sup>
	۱	۴۸۶/۲۸ <sup>ad</sup>
	۱/۳۵	۴۶۷/۷۶ <sup>ae</sup>

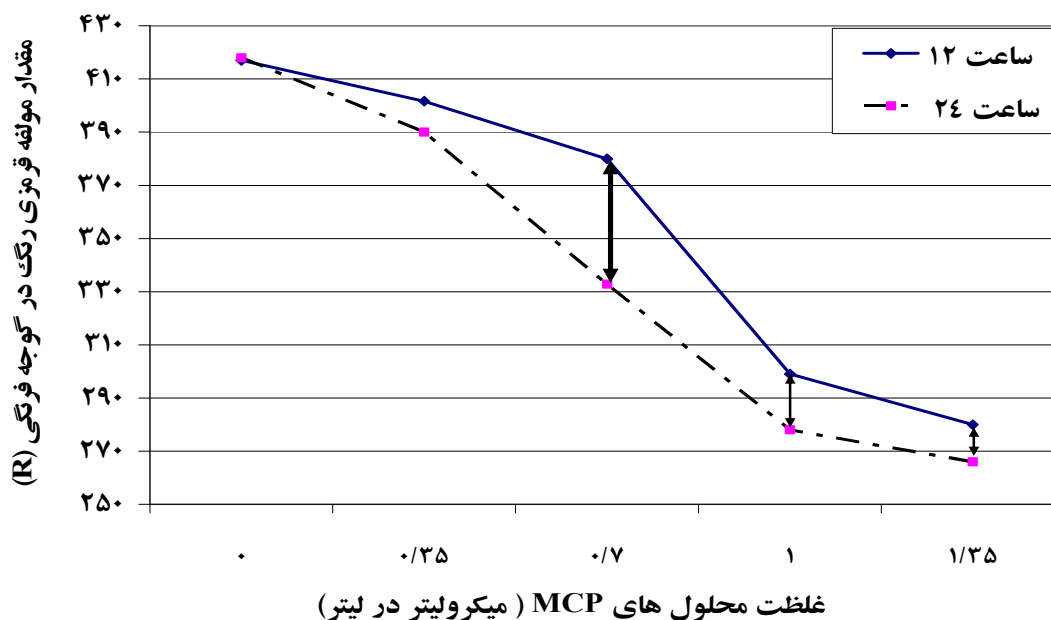
در هر ستون حروف یکسان نشانه عدم تفاوت آماری معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

رنگ بین تیمارها بیشتر و در تیمارهای شاهد، ۰/۳۵، ۰/۷، ۰/۳۵ و ۱ به ترتیب به ۵۵، ۳۰، ۱۸، ۱۰ درصد افزایش یافت (نمودار ۴). با توجه به نتایج به دست آمده تیمارهای ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر به شکل مناسبی قرمز شدن و تکمیل دوره رسیدگی میوه گوجه فرنگی را با تاخیر مواجه کرد.

طی دوره نگهداری تغییرات قرمزی رنگ تیمارهایی که تحت تاثیر مقادیر مختلف متیل سیکلو پروپین قرار داشته‌اند، روند یکسانی نداشت. این وضعیت ناشی از معنی دار بودن اثر متقابل مدت نگهداری و غلظت تیمارهای مختلف MCP است. با افزایش زمان نگهداری و غلظت محلول تیمار، طی هفته‌های سوم و چهارم نگهداری، اختلاف میزان قرمزی



نمودار ۲- اثر غلظت محلول‌های MCP بر میانگین قرمزی رنگ گوجه فرنگی‌های تیمار شده



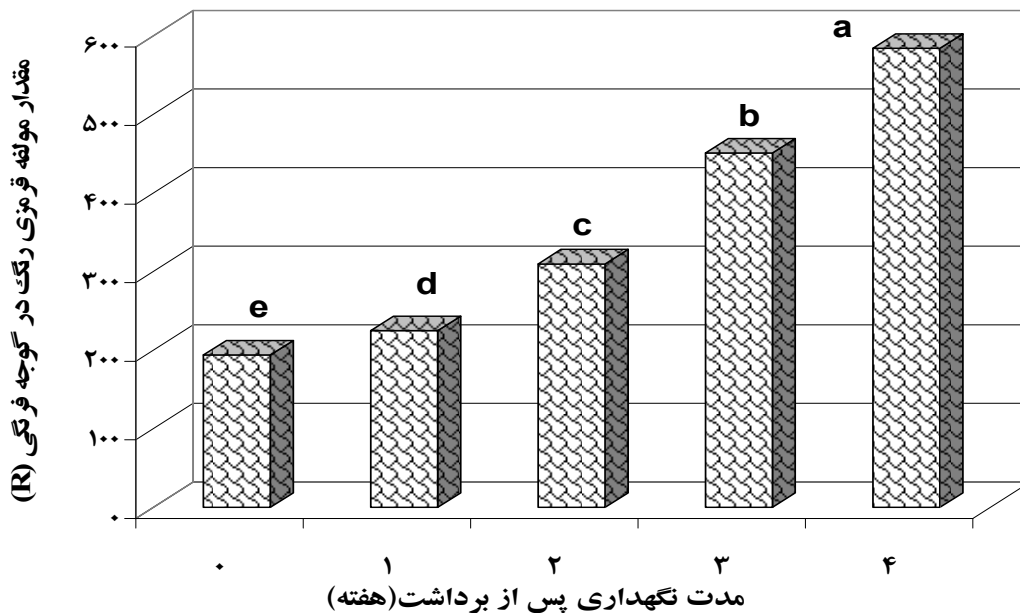
نمودار ۳- اثر غلظت‌های مختلف محلول‌های MCP بر میانگین قرمزی رنگ گوجه فرنگی‌های تیمار شده



جدول ۵- اثر متقابل غلظت و زمان تماس بر رنگ (مولفه R) گوجه فرنگی

میانگین	غلظت	زمان تماس
۴۳۱/۰۹ <sup>a</sup>	صفر	۱۲ ساعت
۴۰۳/۱۹ <sup>ab</sup>	۰/۳۵	
۳۶۶/۸۷ <sup>ac</sup>	۰/۷	
۳۰۲/۲۶ <sup>ad</sup>	۱	
۲۸۹/۴۱ <sup>ae</sup>	۱/۳۵	
۴۲۹/۳۹ <sup>ab</sup>	صفر	۲۴ ساعت
۳۸۹/۰۹ <sup>b</sup>	۰/۳۵	
۳۳۲/۰۲ <sup>bc</sup>	۰/۷	
۲۷۲/۷۶ <sup>bd</sup>	۱	
۲۶۵/۳۷ <sup>be</sup>	۱/۳۵	

در هر ستون حروف یکسان نشانه عدم تفاوت آماری معنی دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.



نمودار ۴- اثر زمان نگهداری بر میانگین قرمزی رنگ تیمارهای مختلف گوجه فرنگی.

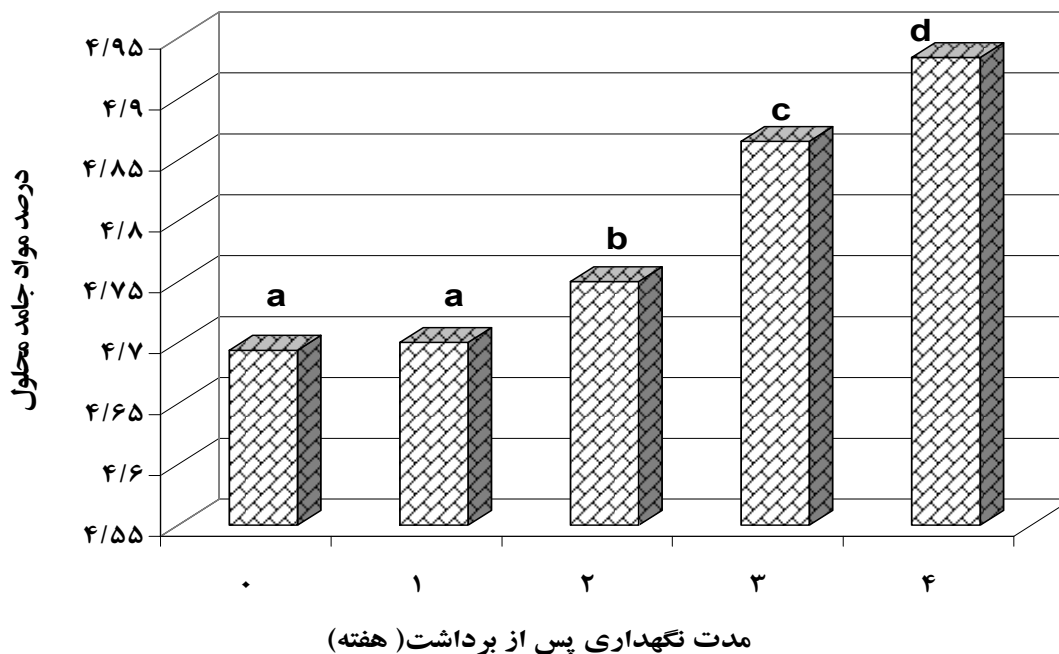
مواد جامد محلول گوجه فرنگی نمایش داده شده است. مطابق نتایج حاصل، متغیرهای مدت نگهداری، غلظت محلول تیمار و زمان تماس اثر معنی داری بر درصد مواد جامد محلول نمونه‌های گوجه فرنگی طی دوره ۱ ماهه نگهداری داشته است. کمترین و بیشترین بریکس گوجه فرنگی‌ها به ترتیب به زمان برداشت و هفته چهارم پس از برداشت تعلق داشت. شدیدترین نرخ افزایش به فاصله زمانی هفته دوم تا سوم و کمترین آنها به فاصله زمانی هفته اول و دوم اختصاص داشت (نمودار ۵).

در کاربرد محلول متیل سیکلو پروپین ذکر این نکته ضرورت دارد که مصرف مقادیر بالای این محلول به عدم یکنواختی در رنگ محصول پس از برداشت منجر می‌شود (Sisler et al., 2003).

#### - درصد مواد جامد محلول

در جدول ۶ مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و زمان تماس بر درصد مواد جامد محلول گوجه فرنگی و در جدول ۷ مقایسه میانگین غلظت و زمان انبارداری بر درصد

ارزیابی اثر کاربرد ۱- متیل سیکلو پروپین بر خواص فیزیکوشیمیایی گوجه فرنگی



نمودار ۵ - اثر زمان نگهداری بر میانگین درصد مواد جامد محلول تیمارهای مختلف گوجه فرنگی

در حقیقت در صورت به کارگیری غلظت کمتر محلول تیمار افزایش زمان تماس، ضرورت دارد.

اثر متقابل غلظت محلول‌های متیل سیکلو پروپین و زمان نگهداری بر تغییرات بریکس گوجه فرنگی معنی دار بود. متوسط بریکس نمونه‌ها، برای محلول‌های آزمایشی با غلظت ۰/۳۵، ۰/۷، ۱/۰، ۱/۳۵ میکرولیتر نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب با ۰/۲۶، ۱/۵، ۲/۰ و ۲/۰۵ درصد کاهش همراه بود. این نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تفاوت بین تیمار ۰/۳۵ و ۰/۷ میکرولیتر در لیتر دیده می‌شود. غلظت‌های بالاتر محلول تیمار به دلیل عدم توانایی در حفظ سفتی بافت (مطابق با توسعه رنگ و رسیدگی گوجه فرنگی)، نتوانست مقدار بریکس گوجه فرنگی را در حد مورد انتظار پایین نگاه دارد. به همین دلیل در غلظت ۱/۳۵ و ۱ و در هفته چهارم نگهداری، روند کاهش بریکس گوجه فرنگی‌های تیمار شده یک‌باره کاهش می‌یابد و اختلاف بین بریکس تیمارهای ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر محلول‌های آزمایشی معنی دار نشد. تیمارهای شاهد و ۰/۳۵ میکرولیتر در لیتر نیز شرایط مشابهی داشتند. نتایج حاصل از سنجش بریکس نمونه‌ها با آنچه در مورد اندازه‌گیری اتیلن و کاهش سرعت رسیدگی گوجه‌ها به دست آمد، همخوانی دارد. با توجه به نتایج به دست آمده محلول‌های ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر MCP

جدول ۶- اثر متقابل غلظت و زمان تماس بر درصد مواد جامد محلول گوجه فرنگی

زمان تماس	غلظت	میانگین
۱۲ ساعت	صفر	۴/۸۷ <sup>a</sup>
	۰/۳۵	۴/۸۶ <sup>a</sup>
	۰/۷	۴/۸۲ <sup>ab</sup>
	۱	۴/۷۹ <sup>ac</sup>
۲۴ ساعت	۱/۳۵	۴/۷۹ <sup>ac</sup>
	صفر	۴/۸۳ <sup>ab</sup>
	۰/۳۵	۴/۸۱ <sup>ab</sup>
	۰/۷	۴/۷۶ <sup>b</sup>
	۱	۴/۷۴ <sup>bc</sup>
	۱/۳۵	۴/۷۵ <sup>bc</sup>

در هر ستون حروف یکسان نشانه عدم تفاوت آماری معنی دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

اثر متقابل غلظت محلول‌های متیل سیکلو پروپین و زمان تماس با گاز متیل سیکلو پروپین بر تغییرات بریکس گوجه فرنگی‌ها معنی دار بود. به شکلی که مقدار بریکس گوجه فرنگی‌هایی که ۱۲ ساعت در معرض تماس با گاز مورد کاربرد بوده‌اند، بیش از نمونه‌های تماس داده شده به مدت ۲۴ ساعت بود. در غلظت‌های کمتر از ۱ میکرولیتر در لیتر، اثر زمان تماس بر بریکس گوجه فرنگی‌ها، به شکل معنی داری بیش از غلظت‌های مساوی و یا بالاتر از ۱ بود.

گوجه فرنگی ارائه گردیده است. مطابق نتایج حاصل، متغیرهای مدت نگهداری، غلظت محلول‌های تیمار، و زمان تماس با گاز تولیدی از محلول تیمار اثری محدود اما معنی‌دار بر تغییرات اسیدیته نمونه‌های گوجه فرنگی طی ۱ ماه نگهداری داشته است. با افزایش زمان نگهداری، اسیدیته گوجه فرنگی‌های تیمارهای مختلف افزایش داشت. اگر چه در هفته چهارم دوره نگهداری کاهش مختصری در مقدار اسیدیته محصول مشاهده شد، اما این تغییر، به اندازه‌ای نبود که سطح اسیدیته نمونه‌ها را با کاهش قابل توجه و معنی‌داری مواجه نماید. تغییرات مقدار اسیدیته در گوجه‌فرنگی‌های تیمار شده با MCP طی هفته اول تا چهارم نگهداری نسبت به زمان برداشت به ترتیب ۰/۵، ۲/۷، ۷/۷ و ۷/۴ درصد افزایش نشان داد.

بر این اساس میانگین اسیدیته گوجه فرنگی‌ها در هفته چهارم و سوم نگهداری پس از برداشت از نظر آماری فاقد تفاوت معنی‌دار بود. کمترین و بیشترین اسیدیته گوجه فرنگی‌ها به زمان برداشت و هفته سوم پس از برداشت مربوط بود. شدیدترین افزایش اسیدیته به فاصله زمانی هفته دوم و سوم اختصاص داشت (نمودار ۶).

اثر متقابل غلظت محلول‌های متیل سیکلوپروپین و زمان نگهداری بر تغییرات اسیدیته نمونه‌های گوجه فرنگی معنی‌دار بود. نحوه تغییرات متأثر از تاخیر ایجاد شده در پیشرفت روند رسیدگی گوجه است که به دنبال بلوکه شدن گیرنده‌های اتیلن در میوه ایجاد شده است (Nakajima *et al.*, 2001). متوسط تغییرات اسیدیته نمونه‌ها، در فاصله هفته دوم و سوم برای محلول‌های آزمایشی با غلظت ۰، ۰/۳۵، ۰/۷، ۱/۰ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر به ترتیب برابر ۶، ۵، ۳ و ۳ درصد محاسبه شد.

اثر غلظت محلول MCP بر تغییرات اسیدیته گوجه‌فرنگی‌ها معنی‌دار بود. با افزایش غلظت محلول‌های تیمار، اسیدیته نمونه‌های گوجه‌فرنگی کاهش یافت. متوسط اسیدیته گوجه فرنگی‌ها، برای محلول‌های آزمایشی با غلظت ۰/۳۵ میکرولیتر در لیتر تفاوت معنی‌داری با اسیدیته تیمار شاهد نشان نداد. تیمارهای ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر نیز شرایط مشابهی داشتند (نمودار ۷).

بهتر از سایر تیمارها از افزایش بریکس نمونه‌های گوجه فرنگی طی دوره نگهداری جلوگیری کرد (Guillen *et al.*, 2007).

جدول ۷- اثر متقابل غلظت و زمان انبارداری بر درصد مواد جامد محلول گوجه فرنگی

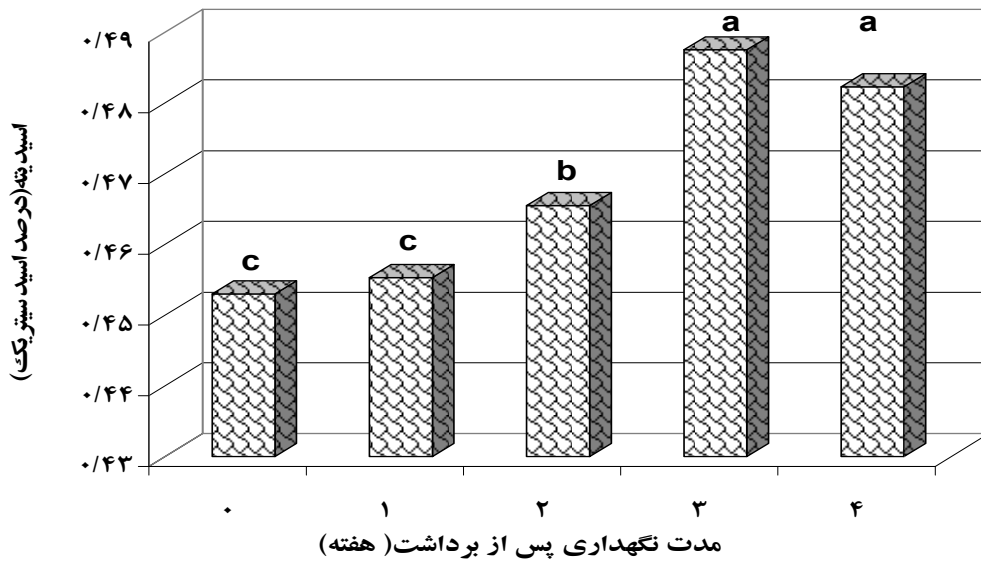
زمان انبارداری	غلظت	میانگین
لحظه پس از برداشت	صفر	۴/۷۲ <sup>ad</sup>
	۰/۳۵	۴/۷۲ <sup>ad</sup>
	۰/۷	۴/۷ <sup>bd</sup>
	۱	۴/۶۸ <sup>cd</sup>
یک هفته	۱/۳۵	۴/۷۳ <sup>cd</sup>
	صفر	۴/۷۷ <sup>ad</sup>
	۰/۳۵	۴/۷۱ <sup>ad</sup>
	۰/۷	۴/۷۱ <sup>bd</sup>
دو هفته	۱	۴/۶۹ <sup>cd</sup>
	۱/۳۵	۴/۶۹ <sup>cd</sup>
	صفر	۴/۸۵ <sup>ac</sup>
	۰/۳۵	۴/۸ <sup>ac</sup>
سه هفته	۰/۷	۴/۷۷ <sup>bc</sup>
	۱	۴/۷۵ <sup>c</sup>
	۱/۳۵	۴/۷۴ <sup>c</sup>
	صفر	۴/۹ <sup>ab</sup>
چهار هفته	۰/۳۵	۴/۹۴ <sup>ab</sup>
	۰/۷	۴/۸۵ <sup>b</sup>
	۱	۴/۸۲ <sup>bc</sup>
	۱/۳۵	۴/۸۲ <sup>bc</sup>
پنج هفته	صفر	۵ <sup>a</sup>
	۰/۳۵	۴/۹۹ <sup>a</sup>
	۰/۷	۴/۹۳ <sup>ab</sup>
	۱	۴/۸۸ <sup>ac</sup>
شش هفته	۱/۳۵	۴/۸۶ <sup>ac</sup>

در هر ستون حروف یکسان نشانه عدم تفاوت آماری معنی‌دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

#### اسیدیته -

در جدول ۸ مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و زمان انبارداری بر اسیدیته گوجه فرنگی و در جدول ۹ مقایسه میانگین اثرات متقابل غلظت و زمان تماس بر اسیدیته

ارزیابی اثر کاربرد ۱- متیل سیکلو پروپین بر خواص فیزیکوشیمیایی گوجه فرنگی

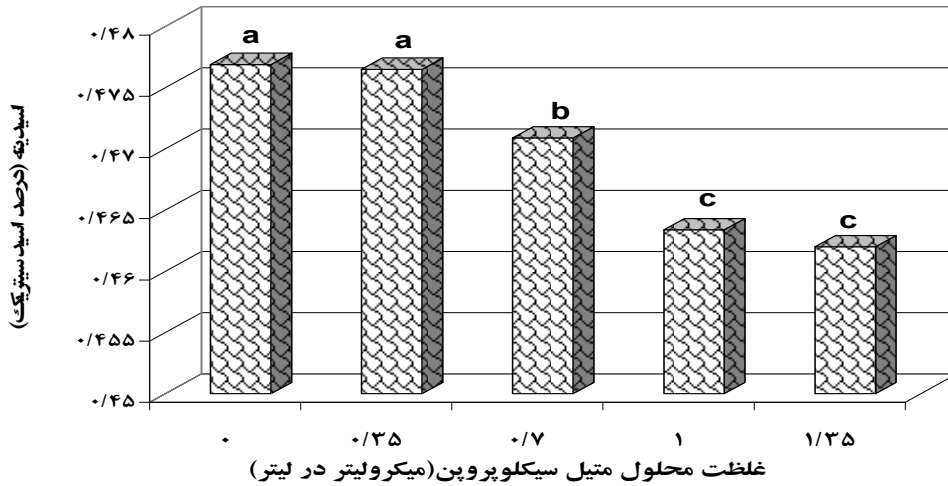


نمودار ۶- اثر زمان نگهداری بر میانگین اسیدیتته تیمارهای مختلف گوجه فرنگی

جدول ۸- اثر متقابل غلظت و زمان انبارداری بر اسیدیتته گوجه فرنگی

میانگین	غلظت	زمان انبارداری
۰/۴۵۴ <sup>ac</sup>	صفر	لحظه پس از برداشت
۰/۴۵۴ <sup>ac</sup>	۰/۳۵	
۰/۴۵۵ <sup>abc</sup>	۰/۷	
۰/۴۵۴ <sup>bc</sup>	۱	
۰/۴۵۴ <sup>bc</sup>	۱/۳۵	
۰/۴۵۶ <sup>abc</sup>	صفر	یک هفته
۰/۴۵۶ <sup>abc</sup>	۰/۳۵	
۰/۴۵۴ <sup>abc</sup>	۰/۷	
۰/۴۵۳ <sup>bc</sup>	۱	
۰/۴۶۹ <sup>bc</sup>	۱/۳۵	
۰/۴۷۳ <sup>ab</sup>	صفر	دو هفته
۰/۴۷۳ <sup>ab</sup>	۰/۳۵	
۰/۴۶۷ <sup>ab</sup>	۰/۷	
۰/۴۵۸ <sup>b</sup>	۱	
۰/۴۶ <sup>b</sup>	۱/۳۵	
۰/۵۰۳ <sup>a</sup>	صفر	سه هفته
۰/۵۰۲ <sup>a</sup>	۰/۳۵	
۰/۴۹ <sup>ab</sup>	۰/۷	
۰/۴۷۵ <sup>ab</sup>	۱	
۰/۴۷ <sup>ab</sup>	۱/۳۵	
۰/۴۹۸ <sup>a</sup>	صفر	چهار هفته
۰/۴۹۹ <sup>a</sup>	۰/۳۵	
۰/۴۸۸ <sup>ab</sup>	۰/۷	
۰/۴۶۵ <sup>ab</sup>	۱	
۰/۴۶ <sup>ab</sup>	۱/۳۵	

در هر ستون حروف یکسان نشانه عدم تفاوت آماری معنی دار در آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد است.

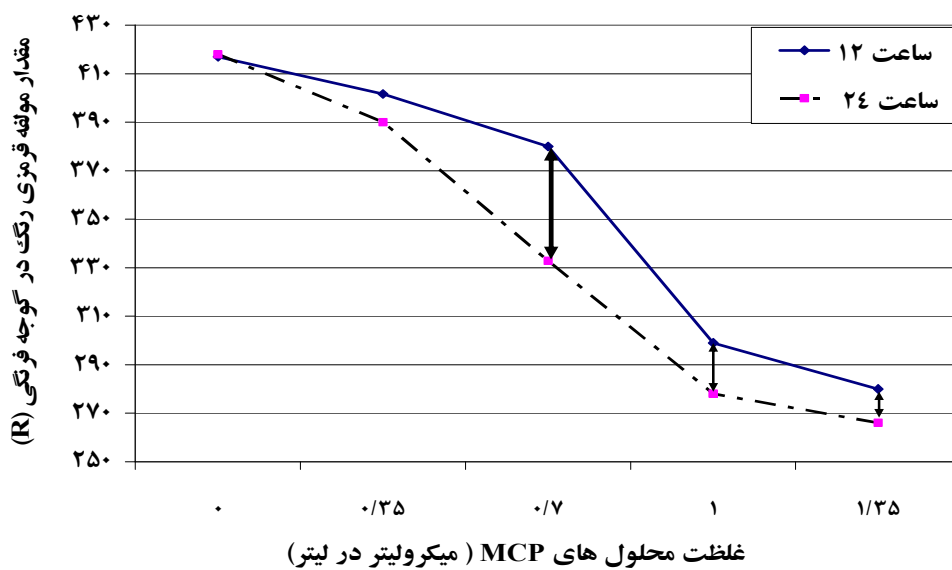


نمودار ۷- اثر غلظت محلول متیل سیکلوپروپین بر اسیدیته تیمارهای مختلف گوجه فرنگی

جدول ۹- اثر متقابل غلظت و زمان تماس بر اسیدیته گوجه فرنگی

میانگین	غلظت	زمان تماس
0.478a	صفر	۱۲ ساعت
0.478a	0.35	
0.485ab	0.7	
0.467ab	1	
0.463ab	1.35	
0.475ab	صفر	۲۴ ساعت
0.475ab	0.35	
0.480ab	0.7	
0.455b	1	
0.462b	1.35	

۹۷



نمودار ۸- اثر غلظت های مختلف محلول های MCP بر میانگین قرمزی رنگ گوجه فرنگی های تیمار شده

زمان تماس گاز فعال شده از محلول تیمار با غلظت‌های مختلف مورد آزمایش، اثر متقابل معنی‌داری را نشان داد. تیمار ۰/۷ میکرولیتر بالاترین حساسیت را به زمان تماس نشان داد. با افزایش یا کاهش غلظت محلول‌ها از سطح ۰/۷ میکرولیتر در لیتر، اختلاف اسیدیته نمونه‌های دو تیمار ۱۲ و ۲۴ ساعت کاهش یافت.

### بحث

Sisler و همکاران (۲۰۰۹) به دنبال بررسی اثر مشتقات مختلف آمینی بر پاسخ میوه موز به اتیلن گزارش کردند که ترکیب 1-MCP قوی‌ترین اثر را در بلوک کردن گیرنده‌های اتیلن نشان می‌دهد. ضمن آنکه درجه واکنش به بازدارنده‌های اتیلنی مورد آزمایش، تقریباً یکسان بود. مقدار ترکیبات سیکلو پروپن پودری مورد نیاز برای ممانعت از عمل اتیلن در شرایط یکسان بیش از مقدار ترکیب مورد نیاز به حالت گازی است.

به نظر می‌رسد 1-MCP از اتصال اتیلن تولیدی در گیاه به گیرنده‌های اختصاصی خود ممانعت کرده و از بیان برخی ژن‌های تنظیم کننده مراحل رسیدگی مانند ACS2، tACS4 و tACO ممانعت می‌کند (Batu, 2004). به این ترتیب رسیدن میوه به تاخیر می‌افتد. توقف بیان همگی این ژن‌ها دائمی نیست و پس از مدتی دوباره فعال می‌شوند. مدت خاموشی این ژن‌ها به غلظت متیل سیکلو پروپن مصرف شده بستگی (Nakajima *et al.*, 2001). کاهش شدت بازدارندگی تجمع اتیلن در هفته پایانی مدت نگهداری می‌تواند به از سرگیری فعالیت این ژن‌ها نسبت داده شود. بر این اساس، تیمار ۱ و ۱/۳۵ میکرولیتر در لیتر متیل سیکلو پروپن قادر است تجمع گاز اتیلن در ظروف نگهداری نمونه‌های گوجه فرنگی را تا مدت ۳ هفته کاملاً کنترل کند. برای تیمارهای با غلظت کمتر این زمان به ۲ هفته تقلیل پیدا می‌کند (Guillen *et al.*, 2007).

دونگ و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای زردآلوی رقم "کانینو" را به مدت ۲۰ ساعت دمای ۲۳ درجه با محلول 1-MCP به غلظت ۰/۰۱، ۰/۱ و ۱ (μL/L) تماس داده و سپس به انبار سرد با دمای صفر تا ۱ درجه سلسیوس منتقل کردند. در گروهی از نمونه‌ها ابتدا اعمال تیمار صورت گرفته و و پس از ۵، ۱۰ و ۳۰ روز نگهداری در انبار سرد خارج شدند. نمونه‌هایی نیز پس از نگهداری در انبار

سرد با MCP تیمار شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که کاهش میزان تولید اتیلن و نرخ تنفس و حفظ کیفیت و رنگ میوه‌ها تحت تاثیر تیمارهای اعمال شده قرار گرفته است. دوز ۱ μL/L بیشترین تاثیر را داشته است. در میوه‌هایی که قبل از انبارداری تیمار شده بودند، رنگ بافت میوه تیره‌تر شده بود؛ اما در نمونه‌های تیمار شده پس از انبارداری این ویژگی صرف نظر از غلظت تیمار، کاهش یافته بود. در نهایت آن‌ها زمان مناسب اعمال تیمار را پس از انبارداری و هنگام عرضه میوه به بازار اعلام کردند.

Mostofi و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیق خود گوجه‌فرنگی را پس از برداشت در مرحله رسیدگی سبز، به مدت ۲۴ ساعت، در دمای ۲۰ درجه با MCP به غلظت ۲۵۰ nL/L تماس داده و به مدت ۲۴ روز در دماهای ۱۵، ۲۰، یا ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵٪ نگهداری کردند. نمونه‌ها در فواصل زمانی ۰، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ روز پس از اعمال تیمار آزمایش شدند. آن‌ها گزارش کردند که کاربرد MCP باعث تاخیر در رسیدن گوجه‌ها شد. میزان تاخیر وابسته به دمای نگهداری بود؛ به طوری که گوجه‌های نگهداری شده در ۲۵ و ۱۵ درجه به ترتیب با ۶ و ۱۸ روز تاخیر مواجه شدند؛ اما پس از رسیدن، اختلاف رنگ و سفتی بافتی بین نمونه‌های شاهد و تیمار دیده نشد. در مجموع 1-MCP بیشترین اثر خود را بر گوجه فرنگی در دمای ۱۲ تا ۱۵ درجه اعمال می‌کند.

در آزمایشات ما، با افزایش غلظت محلول MCP، اتیلن تجمع‌ی در ظروف تیمارهای مختلف به شکل معنی‌داری کاهش یافت. کو و ویلز (۲۰۰۲) هم در بررسی‌های خود، اثر کاربرد 1-MCP بر افزایش زمان رسیدن گوجه فرنگی در تیمارهای ۵ تا ۲۰ μL/L MCP را آزمایش کردند و مطالعه آن‌ها نشان داد که ۱ ساعت قرارگرفتن گوجه فرنگی در مجاورت محلول MCP با غلظت ۵ μL/L، زمان لازم برای رسیدن کامل آن را ۷۰٪ افزایش می‌دهد حال آنکه محلول ۲ μL/L زمان ماندگاری گوجه فرنگی را ۲۵٪ افزایش داد.

در این تحقیق، با افزایش غلظت محلول‌های متیل سیکلو پروپن، اختلاف قرمزی رنگ تیمارهای مختلف گوجه فرنگی نسبت به رنگ آنها در زمان برداشت به شکل معنی‌داری کاهش یافت. این نتایج با آنچه در مورد میزان تجمع اتیلن در ظروف مختلف نمونه‌های تیمارها ارائه شد دارای

طبق آنچه مشاهده کردیم، با افزایش غلظت محلول‌های تیمار، اسیدیته نمونه‌های گوجه‌فرنگی کاهش یافت (نمودار ۷). که این امر را میتوان ناشی از تاخیر ایجاد شده در روند رسیدگی میوه دانست. زیرا طی دوره رسیدن گوجه‌فرنگی و خصوصاً تا اواسط این دوره، تولید اسید اسکوربیک و گلوتامیک با افزایش معنی‌داری مواجه شده؛ اما در زمان تکامل مراحل رسیدگی و قرمز شدن رنگ گوجه‌فرنگی، بخشی از محتوای اسید سیتریک کاسته شده، به این ترتیب مجموع این تغییرات، به کاهش محدودتر اسیدیته گوجه‌فرنگی در انتهای هفته چهارم منتهی می‌شود (قادری و همکاران، ۱۳۸۹).

در بررسی‌های انجام شده اثر متقابل غلظت محلول‌های متیل‌سیکلوپروپن و زمان نگهداری بر تغییرات اسیدیته نمونه‌های گوجه‌فرنگی معنی‌دار بود. نحوه تغییرات متأثر از تاخیر ایجاد شده در پیشرفت روند رسیدگی میوه است که به دنبال بلوکه شدن گیرنده‌های اتیلن در میوه ایجاد شده است (Nakajima *et al.*, 2001).

### نتیجه‌گیری

مطابق مجموعه نتایج به دست آمده اجرای این مطالعه، تیمار ۱ و پس از آن ۰/۷ میکرولیتر در لیتر محلول متیل‌سیکلوپروپن به شکل مناسبی اثر اتیلن موجود در محیط محصول گوجه‌فرنگی را کنترل و در نتیجه سبب حفظ خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و نیز تاخیری ۱۲ تا ۱۸ روزه در روند رسیدگی این محصول می‌گردد. این تاخیر برای طولانی کردن دوره رسیدگی و تنظیم بازار مصرف محصول حائز اهمیت بوده و فرصت جلوگیری از اتلاف بخشی از محصول را فراهم می‌کند.

### سپاسگزاری

در پایان از همکاری بخش تحقیقات فنی مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی استان همدان و زحمات جناب آقای مهندس گودرزی کمال تشکر را دارم.

### منابع

بی‌نام. (۱۳۸۸). آمارنامه کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، انتشارات روابط عمومی سازمان جهاد کشاورزی استان همدان.

ارتباط منطقی بوده و یکدیگر را تایید می‌کنند. چرا که توسعه رنگ قرمز گوجه‌فرنگی از نتایج اثر اتیلن موجود در محیط نگهداری گوجه‌فرنگی و پیشرفت مراحل رسیدگی محصول است (Daly, 2001). به عبارت دیگر هر تیماری که قادر به حذف بیشتر اثر اتیلن محیط باشد، توانایی به تعویق انداختن قرمز شدن رنگ گوجه‌فرنگی را نیز به شکل موثرتری نشان می‌دهد (Pesis, 2005).

با افزایش زمان نگهداری، درصد مواد جامد محلول (بریکس) گوجه‌فرنگی‌های تیمارهای مختلف افزایش یافت که این وضعیت با توسعه فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتورناز و انحلال پکتین موجود در بافت گوجه‌فرنگی همراه است. با افزایش غلظت محلول‌های تیمار، بریکس نمونه‌های گوجه‌فرنگی تیمارهای مختلف به شکل معنی‌داری کاهش یافت. این کاهش ناشی از تاخیر ایجاد شده در پیشرفت روند رسیدگی است که به دنبال بلوکه شدن گیرنده‌های اتیلن در نمونه‌های گوجه‌فرنگی ایجاد شده است (Mostofi *et al.*, 2003).

با توجه به نتایجی که از جدول ۶ حاصل شد، اثر متقابل غلظت محلول‌های متیل‌سیکلوپروپن و زمان تماس گاز متیل‌سیکلوپروپن و گوجه‌فرنگی‌ها بر تغییرات بریکس معنی‌دار بود. به شکلی که مقدار بریکس نمونه‌هایی که ۱۲ ساعت در معرض تماس با گاز مورد کاربرد بوده‌اند، بیش از نمونه‌های تماس داده شده به مدت ۲۴ ساعت بود. در غلظت‌های کمتر از ۱ میکرولیتر در لیتر، اثر زمان تماس بر بریکس، به شکل معنی‌داری بیش از غلظت‌های مساوی و یا بالاتر از ۱ بود. در حقیقت در صورت به کارگیری غلظت کمتر محلول تیمار افزایش زمان تماس، ضرورت دارد. همانطور که طبق مطالعه گوئیلن و همکاران (۲۰۰۷) گوجه‌فرنگی رقم "راف" در مرحله رسیدگی سبز برداشت و تحت تاثیر تیمار 1-MCP با غلظت ۰/۵  $\mu\text{L/L}$  برای مدت ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ ساعت و دوز ۱  $\mu\text{L/L}$  به مدت ۳ و ۶ ساعت قرار گرفتند. میوه‌ها سپس به مدت ۷ روز در دمای ۱۰ درجه و سپس ۴ روز در ۲۰ درجه نگهداری شدند. همه تیمارها با شدت و ضعف مختلف تولید اتیلن و نیز افزایش درصد مواد جامد محلول را به تاخیر انداخته و سفتی بافت گوجه‌ها و رنگ سبز آنها را به مدت بیشتری حفظ کردند اما وقتی که تیمار با غلظت ۰/۸  $\mu\text{L/L}$  به مدت ۲۴ ساعت به کار گرفته شد، این اثرات به شکل معنی‌داری بالاتر بود.

postharvest ripening. *Postharvest Biol. Technol.*, 43(1): 23-27.

HersHKovitz, V., Saguy, S. I. & Pesis, E. (2005). Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado. *Postharvest Biol. Technol*, 37(3): 252-264.

Horwits, W. (2000). Association of Official Analytical Chemists International (AOAC). Gaithersburg, USA.

Mostofi, Y., Toivonen, P. M., Lessani, A., Mesbah Babalar, H. & Changwen, L. (2003). Effects of methylcyclo-propene on ripening of greenhouse tomatoes at three storage temperatures. *Postharvest Biol. Technol.*, 27(3):285-292.

Nakajima, N., Ito, T., Tamaoki, M., Aono, M., Kubo, A. & Saji, H. (2001). Generation of ozone-resistant plants with an anti-sense DNA for ACC Synthase. Available at: [www.nies.go.jp/kenko/biotech/ito/ito.html](http://www.nies.go.jp/kenko/biotech/ito/ito.html). Accessed on 10 July 2002.

Pesis, E. (2005). The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde, and ethanol in fruit ripening enhancement of fruit quality and fruit deterioration. *Postharvest Biol. Tech*, 37(1):1-19.

Sisler, E. C. & Serek, M. (2003). Compounds interacting with the ethylene receptor in plants. *Plant Biol*, 5: 473-80.

قادری، ر. و رضایی، ر. (۱۳۸۹). راهنمای جامع کشت و پرورش گوجه فرنگی. چاپ اول، انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، صفحات ۴۵-۳۰.

Abeles, F. B. & Morgan, P. W. (1992). *Ethylene in Plant Biology*. 2<sup>nd</sup> Ed. San Diego, Cal. Academic Press, 307-314.

Akiyama, S. & Togeda, H. (2000). *Hikari Shokobaito Kanrengijutsu: seikikigyo on technology (in Japanese)*. Tokyo, Japan: Nikkanogyo shimbunsha, 21, 112-124.

Alexander, L. & Grierson, D. (2002). Ethylene biosynthesis and action in tomato. *J. Exp. Bot.* 53, 2039-2055.

Batu, A. (2004). Determination of acceptable firmness and color values of tomatoes. *Journal of food Engineering*, 61(3): 471-475

Daly, J. & Schluter, A. (2001). EthylBloc: An Industry Perspective. *Perishables Handling Quarterly*, 108 (5): 95-234.

Graham, T. K., Venestra, J. N. & Armstrong, P. P. (1998). Ethylene removal for long-term conservation of fruits vegetables. *Food Quality*, 4(3): 126-199.

Guillen, F., Castillo, S. P., Zapata, J., Martinez-Romero, D., Serrano, M. & Valero, D. (2007). Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit: 1. Duration and concentration of 1-MCP to gain an effective delay of