پاسخ مراحل مختلف رسیدن میوه گوجه فرنگی به شرایط انباری

Responses of tomato fruit to different storage conditions at different maturity stages

محسن حاتمی[۱]، سیامک کلانتری[۲*] و مجتبی دلشاد[۳]

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۳۰

چکیده

گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک میوه فرازگرا، می‌تواند فرآیند رسیدن را پس از برداشت کامل کند. با برداشت میوه‌های گوجه‌فرنگی در یک مرحله مشخص رسیدن و نگهداری آن در شرایط انباری متناسب با هر مرحله، می‌توان میوه‌هایی با کیفیت مناسب به بازار عرضه کرد. در این پژوهش اثر مرحله رسیدن و شرایط نگهداری بر عمر انباری میوه‌های گوجه‌فرنگی بررسی شد. بدین‌منظور، میوه‌ها در سه مرحله رسیدن شامل؛ رسیده سبز، نارنجی و قرمز برداشت و در سه شرایط دمایی مختلف شامل ۵ °C، ۱۳ °C و یک شرایط دمایی شبیه‌سازی شده (از زمان برداشت تا مصرف گوجه‌فرنگی توسط مصرف‌کننده)، نگهداری شدند. رنگ میوه، رنگیزه لیکوپن، سفتی، pH، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، مواد جامد محلول کل (TSS)، اسیدآسکوربیک، درصد کاهش وزن و خسارت سرمازدگی(CI) در مدت نگهداری، اندازه‌گیری و ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در پایان مدت انبارداری، رنگ میوه، محتوای لیکوپن، TA، TSS و سفتی میوه‌های رسیده سبز و نارنجی نگهداری شده در دمای ۱۳ °C به سطوح مشابه خود در میوه‌های قرمز رسید درحالی‌که در این میوه‌ها مقادیر اسید آسکوربیک از میوه‌های قرمز کمتر بود. میوه‌های انبار شده در دمای ۱۳ °C به‌صورت تقریباً طبیعی رسیدند، اما نگهداری میوه‌ها در دمای ۵ °C و شرایط دمایی شبیه‌سازی شده (SC) باعث اختلال در رسیدن طبیعی آن‌ها شد.

واژه‌های کلیدی: پس از برداشت، گوجه‌فرنگی، مرحله بلوغ، دمای نگهداری، رسیدن

۱. دانشجوی دکتری علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۲. استادیار گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
۳. دانشیار گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج
*: نویسنده مسئول Email: kalantaris@ut.ac.ir

مقدمه

در بسیاری از مناطق تولید گوجه‌فرنگی، میوه اغلب در مرحله رسیده کامل برداشت می‌شود. اگر چه میوه‌های رسیده به دلیل داشتن عطر و طعم خوراکی بهتر مورد توجه هستند ولی به‌دلیل حساسیت بیشتر این میوه‌ها به بیماری‌ها و خسارات فیزیکی در طی زمان برداشت و حمل و نقل پس از برداشت دچار ضایعات قابل‌توجهی می‌شوند.

گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک میوه فرازگرا می‌تواند در مراحل ابتدایی بلوغ برداشت شده (*کانتول و کاسمایر*[1]، 2002)، و در طی انبارداری یا حمل و نقل به بازارهای مورد نظر، رسیدن خود را کامل کند. این روش باعث افزایش عمر انباری و به حداقل رسیدن ضایعات شده، همچنین می‌تواند زمان عرضه به بازار را کنترل کند (*ویلز و کو*[2]، 2002). میوه رسیده سبز[3] به اندازه کافی سفت است و عمر پس از برداشت کافی برای تحمل استرس‌های ناشی از حمل به مسافت‌های موردنظر را دارد (*سالتویت*[4]، 2005).

رسیدن میوه شامل تغییرات اساسی از نظر فیزیولوژی و بیوشیمیایی است که رنگ، طعم، عطر، بافت و ارزش‌های غذایی میوه‌ها را تغییر می‌دهد (*گری‌یرسون و اسکوچ*[5]، 1993). پس از برداشت، رسیدن ادامه پیدا کرده و گوجه فرنگی می‌تواند بیش از اندازه رسیده شود. پیدا کردن بهترین شاخص برداشت و مناسب‌ترین مرحله برداشت، برای داشتن عمر قفسه‌ای کافی و کیفیت خوب در چنین میوه‌هایی بسیار حائز اهمیت است (*کانتول*[6] و همکاران، 1992).

مدیریت دما مهم‌ترین ابزار برای گسترش عمر انباری محصولات باغبانی است. میوه‌های گوجه‌فرنگی می‌توانند بطور موفقیت‌آمیزی برای چندین هفته انبار شوند، اما دماهای انباری مناسب بسته به مرحله بلوغ میوه فرق می‌کند. مدیریت دمایی نامناسب اولین علت برای توسعه بسیاری از بیماری‌ها و نابسامانی‌های پس از برداشت است (*اسنودان*[7]، 1992). میوه گوجه‌فرنگی به سرمازدگی حساس است و در دماهای زیر ۱۰°C متحمل خسارت فیزیولوژیکی می‌شود. خسارت سرمازدگی سبب رسیدن آهسته و غیرطبیعی، افزایش حساسیت به بیماری‌ها، شتاب در کاهش وزن و فرو رفتگی سطحی می‌شود. این علائم مخصوصاً زمانی ظاهر می‌شود که میوه‌ها به دماهای بالاتر منتقل می‌شوند (*پول*[8]، 1990). میوه‌های قرمز عمر قفسه‌ای کوتاهی دارند اما نسبت به میوه‌های رسیده سبز می‌توانند دماهای پایین‌تر انباری را تحمل کنند (*روباتزکی و یاماگوچی*[9]، 1997).

این آزمایش به‌منظور مطالعه تغییرات کیفی میوه‌های برداشت شده در مراحل مختلف رسیدن و نگهداری شده در دماهای مختلف انباری، از زمان برداشت تا مصرف طراحی شد.

مواد و روش‌ها

میوه‌های گوجه‌فرنگی رقم بنمی (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Banemi) در سه مرحله مختلف از رسیدن (رسیده سبز، نارنجی و قرمز) بر طبق، طبقه‌بندی USDA[10] (استاندارد ایالات متحده آمریکا برای درجه‌بندی گوجه‌فرنگی) در خرداد ماه سال ۱۳۸۸ از گلخانه‌ای واقع در شهرک گلخانه‌ای هشتگرد برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه تکنولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج منتقل شدند. انتخاب میوه‌ها با ارزیابی ظاهری صورت گرفت، ارزیابی درونی نیز به‌منظور اطمینان از انتخاب درست میوه‌ها با انتخاب تصادفی میوه‌ها و بریدن آنها صورت پذیرفت. پس از انتقال میوه‌ها به آزمایشگاه، میوه‌های نامناسب و آسیب‌دیده حذف و میوه‌های سالم با آب شسته و با پارچه نرم خشک شدند.

میوه‌های هر مرحله رسیدن[11] به سه گروه تقسیم شده و هر گروه در یکی از سه شرایط دمایی شامل ۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۳ درجه سانتی‌گراد و یک شرایط شبیه‌سازی شده[12] از زمان بین برداشت میوه و مصرف به‌وسیله مصرف‌کننده، قرار گرفت. برای انجام این شبیه‌سازی، میوه‌ها پس از سه روز قرارگیری در دمای اتاق (شبیه‌سازی مدت زمان لازم برای رسیدن میوه از محل تولید به دست مصرف‌کننده) به سردخانه با دمای ۵ درجه سانتی‌گراد (شبیه‌سازی زمان قرارگیری میوه در یخچال منازل) منتقل شدند. شرایط شبیه‌سازی شده (SC)[13] تقریباً مشابه با آن چیزی است که معمولاً به‌صورت طبیعی پس از برداشت میوه اتفاق می‌افتد.

بررسی خصوصیات کیفی در آغاز آزمایش (روز برداشت) و سپس هر ۱۰ روز یک بار انجام شد. مدت نگهداری برای میوه

1. Cantwell and Kasmire
2. Wills and Ku
3. Mature green
4. Saltveit
5. Grierson and Schuch
6. Cantwell *et al.*
7. Snowdon
8. Paull
9. Rubatzky and Yamaguchi
10. United States Department of Agriculture
11. Maturity
12. Simulated condition (SC)
13. Simulated condition (SC)

های قرمز، نارنجی و رسیده سبز به‌ترتیب ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز در نظر گرفته شد. در آخرین ۱۰ روز آزمایش (پس از ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز) برای شبیه‌سازی عمر قفسه‌ای، میوه‌ها به‌مدت سه روز در دمای اتاق قرار گرفته و سپس در پایان این سه روز دوباره آزمایشات کیفی مورد نظر انجام شد. همه میوه‌ها در طی آزمایش در ظرف‌های پلاستیکی (۲۷ ظرف به عنوان واحدهای آزمایشی) نگهداری شده و هر ۱۰ روز یکبار دو میوه از هر ظرف به صورت تصادفی انتخاب و آزمایشات کیفی مورد نظر روی آن‌ها صورت گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و ۲ مشاهده در هر بار نمونه‌برداری (دو میوه از هر ظرف) به اجرا گذاشته شد.

رنگ میوه

رنگ میوه‌ها با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج مدل Minolta (CR-400) و در سه ناحیه مختلف از سطح میوه‌ها اندازه گیری شد. پس از ثبت مقادیر a^*، b^* و L^*، زاویه هیو و کروما (شاخص اشباع) طبق فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$h = \text{Arc tan}\,(b^*/a^*)$ ،$C = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

مقدار L^* بیانگر روشنی یا تیرگی (۰ = سیاه، ۱۰۰ = سفید) است. a^* بیانگر محوری است که یک طرف آن نشان‌دهنده رنگ سبز (-) و طرف دیگر نشان‌دهنده رنگ قرمز (+) است. مقدار b^* بیانگر محوری است که یک طرف آن نشان دهنده رنگ آبی (-) و طرف دیگر محور نشان‌دهنده رنگ زرد (+) است.

محتوای لیکوپن

محتوای لیکوپن با برخی تغییرات، با استفاده از روش *دیویس*[1] (1965) اندازه‌گیری شد. مقدار یک گرم از بافت میوه میوه با اضافه‌کردن ۴ میلی‌لیتر هگزان از پیش سرد شده هموژن شد. سوسپانسیون به‌وجود آمده در ۱۴۰۰ g (دور در دقیقه) به‌مدت ۶ دقیقه سانتریفیوژ شد. روشناور جمع شد و عمل استخراج بر روی ته مانده دوباره تکرار شد. مقدار جذب در طول موج ۴۷۳ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفوتومتر قرائت گردید، و غلظت لیکوپن ($\mu g.g^{-1}$ وزن بافت) با استفاده از ضریب مخصوص[2] ($\text{Є}^{1\%}$) ۳۴۵۰ محاسبه شد:

محتوای لیکوپن=$(A_{473} \times v \times 10^6)/(\text{Є}^{1\%} \times 100 \times m)$

که v حجم کل استخراج (۸ میلی‌لیتر)، m وزن نمونه (۱ گرم) و $A_{۴۷۳}$ مقدار جذب در طول موج ۴۷۳ است.

سفتی

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج دستی (Model FT 327, Italy) با قطر پیستون ۰/۸ سانتی‌متر و بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع محاسبه شد.

pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

اندازه‌گیری pH و TA نمونه‌ها با استفاده از دستگاه pH متر انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون ابتدا ۵ سی‌سی آب میوه را با آب مقطر به حجم ۵۰ سی‌سی رسانده، سپس عصاره رقیق شده حاصل با هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال عیار گردید. هنگامی که pH محلول به ۸/۱ رسید عمل تیتراسیون متوقف شده و میزان سود مصرفی ثبت گردید. درصد اسیدیته با استفاده از فرمول روبه‌رو محاسبه شد: $Z= ((V\times N\times meq)/Y) \times 100$

(Z = درصد اسیدیته، V = میلی‌لیتر سود مصرفی، N = نرمالیته سود، meq = میلی‌اکی‌والان اسید غالب، Y = میلی-لیتر حجم آب میوه). اسید کل به‌صورت اسید غالب میوه بیان می‌شود که اسید غالب برای گوجه‌فرنگی اسیدسیتریک می-باشد و میلی‌اکی‌والان آن ۰/۰۶۴ است (*سالتویت*[3]، 2005).

مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول کل توسط دستگاه قندسنج دستی((ATAGO (Brix = 0–32%) اندازه‌گیری شد. مقدار درصد مواد جامد محلول بر اساس درجه بریکس بیان می-شود.

اسیدآسکوربیک

محتوای اسید آسکوربیک با استفاده از روش تجزیه‌ای HPLC طرح شده به‌وسیله *لی و کوتس*[4] (1999) تعیین شد. ۵ گرم از از بافت میوه در ۵۰ میلی‌لیتر اسیدفسفریک با غلظت ۶ درصد هموژن شد. ۲۵ ml از عصاره فیلتر شده درون تیوب-های حاوی ۵ ml متافسفوریک اسید ۲/۵ درصد قرار گرفته و به‌مدت ۱۰ دقیقه در ۲۰۰۰ g و دمای ۴ °C سانتریفیوژ شدند. ۱۰ µl از نمونه‌های فیلتر شده (فیلترهای تزریقی PTFE با قطر ۰/۴۵ µm) درون یک ستون C۱۸ (طول ۱۵ cm، قطر بیرونی ۴/۶ cm، قطر داخلی ۵ µm) که به یک

1. Davies
2. Extinction coefficient
3. Saltveit
4. Lee and Coates

ستون محافظ Hyper ODS پیوست شده بود تزریق گردید. فاز متحرک شامل KH_2PO_4 ۲۵ mM با pH=۳ و سرعت جریان شستشو ۱ میلی‌لیتر/ دقیقه بود. یک تزریق ۱۰ µl برای استانداردها (۰/۱-۵۰ mg/۱۰۰ ml) و نمونه‌ها انجام شد. ارزیابی‌ها با تشخیص‌گر UV در طول موج ۲۴۵nm انجام شد. پیک‌های خروجی ثبت و آنالیز گردید و نتایج به‌صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بافت خشک میوه گزارش شد.

درصدکاهش وزن

درصد کاهش وزن میوه‌ها با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید (M_1= وزن اولیه، M_2= وزن ثانویه).

درصد کاهش وزن = $(M_1-M_2/M_1)\times100$

خسارت سرمازدگی

خسارت سرمازدگی طبق روش *لو* و همکاران[1] (۲۰۱۰) و جینگ و همکاران[2](۲۰۰۹) به‌صورت ظاهری و در روز دهم آزمایش ارزیابی شد. ویژگی‌های مورد نظر به منظور این ارزیابی شامل موارد زیر بود: جراحت پوستی، رسیدن و رنگ‌گیری ناهمگون، فرورفتگی، پوسیدگی، همچنین نشانگرهای بیماری مثل ظهور کلونی‌های قارچی. خسارت سرمازدگی در چهار سطح جداگانه به صورت زیر ثبت شد: ۰= بدون علائم سرمازدگی، ۱= جزئی (کمتر از ۲۰٪ خسارت)، ۲= متوسط (بین ۲۰ تا ۵۰٪ خسارت)، ۳= شدید (بیش از ۵۰٪ خسارت). آنگاه شاخص خسارت سرمازدگی براساس فرمول زیر محاسبه گردید. که در آن N تعداد میوه‌ها متناسب با سطح خسارت است.

$$CI = (\sum (scale \times N))/Total\ fruit\ number$$

نتایج و بحث

رنگ میوه

در ابتدای آزمایش میزان a^* میوه‌های رسیده سبز، نارنجی و قرمز به ترتیب ۱۰/۶-، ۹ و ۲۰/۲ بود. در دمای ۱۳°C، میوه‌های رسیده سبز و نارنجی توانستند به a^* مشابه با میوه‌های قرمز برسند (شکل ۱). در شرایط شبیه‌سازی شده نیز، میوه‌های نارنجی برخلاف میوه‌های رسیده سبز به a^* مشابه با میوه‌های قرمز رسیدند. اما در ۵°C حتی در پایان مدت نگهداری، هیچ‌یک از دو مرحله برداشت رسیده سبز و نارنجی به a^* یکسان با میوه‌های قرمز نرسیدند. میوه‌های رسیده سبز نگهداری شده در ۵°C و SC، همچنین گوجه‌فرنگی‌های نارنجی انبار شده در۵°C قرمز نشدند. این میوه‌ها تنها یک رنگ پراکنده متمایل به نارنجی را در سطح خود توسعه دادند. بنابراین نگهداری در دمای ۵°C برای میوه‌های رسیده سبز و نارنجی قابل توصیه نیست. a^* یک پارامتر خوب برای توسعه رنگ قرمز و درجه رسیدگی در گوجه‌فرنگی است (*آرتز*[3]و همکاران، 1999). میزان توسعه رنگ گوجه‌فرنگی با افزایش بلوغ افزایش می‌یابد (*باتو*[4]، 2004).

هیوی اولیه برای میوه‌های رسیده سبز، نارنجی و قرمز به‌ترتیب ۶۶/۹، ۷۳/۶ و ۵۳ بود. تأخیر در توسعه رنگ که با میزان بالای هیو و میزان پایین a^* نشان داده می‌شود در گوجه‌فرنگی‌های نگهداری شده در ۵°C و SC در مقایسه با میوه‌های نگهداری‌شده در۱۳ °C مشاهده شد. گوجه فرنگی‌های رسیده سبز و نارنجی نگهداری شده در۵°C کاهش جزیی و یا هیچ کاهشی در هیو نداشتند درحالی‌که میزان هیو در میوه‌های نگهداری‌شده در۱۳ °C به‌شدت کاهش یافت که نشان‌دهنده‌ی تغییر رنگ از سبز به قرمز است. تغییرات کروما در طول زمان در بیشتر تیمارها نوسان خیلی معنی‌داری را دنبال نکرد. مطالعات نیز نشان می‌دهد که کروما تغییر پایداری با رسیدن نشان نمی‌دهد، در حالی‌که هیو کاهشی مهم، که نشان‌دهنده کاهش محتوای کلروفیل و افزایش محتوای لیکوپن است، نشان می‌دهد (*تیجکنز و اولو*[5]، 1994). مرحله برداشت، دمای نگهداری، زمان و تقابل آن‌ها اثرات معنی‌داری بر a^*، هیو و کروما (در سطح ۱ درصد یا ۵ درصد) داشت. تغییرات این مؤلفه‌های رنگی در سه روز پایانی نگهداری (ارزیابی عمر قفسه‌ای) می‌تواند به افزایش دما مرتبط باشد، که بر تنفس، کاهش وزن و متعاقب آن بر رنگ سطحی اثر می‌گذارد.

محتوای لیکوپن

محتوای لیکوپن ابتدایی میوه‌ها در آغاز آزمایش برای میوه‌های قرمز، نارنجی و رسیده سبز به‌ترتیب ۲۲/۱، ۶ و ۰/۳ میکروگرم بر گرم وزن بافت (µg/g) بود. در دمای ۱۳°C مقدار لیکوپن گوجه‌فرنگی‌های رسیده سبز یک افزایش معنی‌دار تا ۲۶/۹µg/g، که تقریباً مشابه با محتوای لیکوپن میوه‌های قرمز (۲۷/۶ µg/g) بود، نشان داد (شکل ۱). در این دما محتوای لیکوپن میوه‌های نارنجی به ۲۰/۵ افزایش یافت، اما در این میوه‌ها سنتز لیکوپن برای توسعه محتوای لیکوپنی مشابه با میوه‌های قرمز، احتمالاً به‌دلیل نیاز زمانی

1. Lu *et al.*
2. Jing *et al.*
3. Artes *et al.*
4. Batu
5. Tijskens and Evelo

بیشتر کامل نبود. در دمای ۵°C سنتز لیکوپن در میوه‌های هر سه مرحله برداشت بسیار ضعیف بود به‌طوری‌که در مدت نگهداری تغییر بسیار کمی در محتوای لیکوپن میوه‌ها مشاهده شد و رنگ‌گیری ضعیف بود. در شرایط دمایی شبیه‌سازی شده، افزایش مقدار لیکوپن میوه‌های نارنجی مشابه با دمای ۱۳ بود درحالی‌که در میوه‌های رسیده سبز سنتز لیکوپن ضعیف بود. در این شرایط، سه روز ابتدایی قرارگیری در دمای اتاق، بر سنتز لیکوپن میوه‌های نارنجی و رسیده سبز تأثیر گذاشته بود.این اثرات قبلاً توسط *تور و سویج*[1] (2006) نیز مشاهده شده است. آنها گزارش کردند که محتوای لیکوپن گوجه‌فرنگی‌های انبار شده در دمای ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۱/۸ برابر بیشتر از گوجه‌فرنگی‌های نگهداری‌شده در یخچال با دمای ۴°C بوده است.

نتایج مشابهی از اثر بازدارندگی دماهای کم بر سنتز لیکوپن در میوه گوجه‌فرنگی به‌وسیله دیگران گزارش شده است (*جوانمردی* و *کوبوتا*[2]، 2006؛ *تیجکنز* و *اولو*، 1994). به‌نظر می‌رسد که علاوه بر فاکتورهای دیگری نظیر مرحله بلوغ، رقم، شرایط رشدی و شدت نور، دما اثر شدیدی بر توسعه لیکوپن دارد (*اودریزولا سرانو*[3] و همکاران، 2008).

سفتی

در ابتدای آزمایش، سفتی میوه‌های رسیده سبز، نارنجی و قرمز به‌ترتیب ۹/۶، ۷/۳ و ۵/۳ ($Kg\ cm^{-2}$) بود. در دمای ۱۳°C و SC، تا پایان مدت نگهداری میوه‌های رسیده سبز و نارنجی به سفتی مشابه با میوه‌های قرمز رسیدند (شکل ۱).

درحالی‌که در ۱۳ درجه سانتی‌گراد الگوی تغییرات سفتی میوه‌های هر سه مرحله برداشت روندی مشابه نشان داد، در ۵ درجه سانتی‌گراد و SC، میوه‌های نارنجی بعد از ۱۰ روز به سفتی مشابهی با میوه‌های قرمز رسیدند. میوه‌های رسیده سبز نگهداری‌شده در ۵ درجه سانتی‌گراد هیچ‌گاه سفتی‌ای مشابه با میوه‌های نارنجی و قرمز نداشته و سفت‌تر باقی ماندند.

به‌نظر می‌رسد که دمای کم بسته به مرحله برداشت، به‌طور متفاوتی بر نرم‌شدن میوه‌های گوجه‌فرنگی اثر می‌گذارد. نرم‌شدن بافت به‌دلیل تغییراتی است که در دیواره سلولی در طی رسیدگی اتفاق می‌افتد و این تغییرات نتیجه فعالیت آنزیم‌های مختلفی است که بر دیواره سلولی اثر می‌گذارند (راگکونگ[4] و همکاران، 2010). گزارش شده است که دمای کم فعالیت آنزیم‌های اثرگذار بر دیواره سلولی را تغییر می‌دهد(*واو و ابوت*[5]، (2002).

نرم‌شدن قابل توجه بافت میوه که در مدت ارزیابی عمر قفسه‌ای مشاهده شد احتمالاً ناشی از درصد بالای کاهش وزن و فعالیت مجدد آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره سلولی در زمان انتقال میوه‌ها به دمای اتاق بوده است. کاهش تورژسانس در نتیجه کاهش وزن به‌عنوان یکی از دلایل نرمی بافت پیشنهاد شده است (*بیولی* و *گورنی*[6]، 2001). همچنین مقداری از نرمی تسریع شده که در میوه‌های رسیده سبز و نارنجی انبار شده در SC مشاهده شد می‌تواند ناشی از خسارت سرمازدگی باشد.

pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

pH میوه‌های رسیده سبز در مدت نگهداری‌شان در هر سه شرایط نگهداری کاهش یافت. pH اولیه آنها در ابتدای انبارداری ۴/۴۵ بود که بعد از ۴۰ روز نگهداری در دماهای ۵°C، ۱۳°C و شرایط شبیه‌سازی شده به‌ترتیب به ۳/۹۶، ۴/۱۸ و ۴/۰۷ رسید. همان‌گونه که از این اعداد مشخص است میزان کاهش pH در دمای ۵ °C نسبت به دو شرایط دمایی دیگر بالاتر بوده است. در طول دوره انبارداری میوه‌های رسیده سبز ابتدا یک افزایش و سپس یک کاهش تدریجی در مقدار TA وجود داشت به‌طوری‌که شروع این روند کاهشی در دمای ۱۳ °C و SC به‌ترتیب از روز ۲۰ و ۳۰ بود (شکل ۲).

مقدار pH برای میوه‌های نارنجی در آغاز انبارداری ۴/۴ و در انتهای انبارداری (روز ۳۰) در دماهای ۵ °C، ۱۳ °C و SC به‌ترتیب ۴/۲، ۴/۳۵ و ۴/۳۲ بود. در حقیقت یک نوسان جزیی در تغییرات pH میوه‌های نارنجی در مدت انبارداری وجود داشت. TA میوه‌های نارنجی در هر ۳ شرایط نگهداری تا روز ۲۰ انبارداری افزایش یافته و سپس با یک روند کاهشی دنبال شد.

برای میوه‌های قرمز، pH اولیه ۴/۵۵ و پس از آن روند تغییرات در هر سه شرایط نگهداری تقریباً مشابه بود، به گونه‌ای که در انتهای مدت انبارداری، میوه‌های قرمز pH تقریباً یکسانی داشتند. اسیدیته قابل تیتراسیون برای میوه‌های قرمز دارای روند افزایشی کمی در طول دوره انبارداری بود به گونه‌ای که این افزایش در دمای ۵ °C مشهودتر بود. افزایش تدریجی ابتدایی مشاهده شده در این آزمایش نتیجه

1.Toor and Savage
2. Javanmardi and Kubota
3.Odriozola.Serrano *et al.*
4.Rugkong*et al.*
5. Wu and Abbott
6. Beaulieu and Gorny

سنتز اسیدهای آلی نظیر اسیدسیتریک و مالیک است (*دیویس* و *هابسون*[1]، 1981) و کاهش متعاقب آن می‌تواند با افزایش تنفس و میزان رسیدگی که اسیدهای آلی می‌تواند به عنوان پیش ماده در فرآیند تنفس استفاده و یا به قندها تبدیل شوند، مرتبط باشد (*شهیدالاسلام*[2] و همکاران، 1996). چندین محقق (*کنی* و *فینگر*[3]، 1992؛ *استوارت* و *اتو ور*[4]، 1988) گزارش کرده‌اند که به هنگام رسیدن میوه گوجه-فرنگی، بالاترین میزان اسید در مرحله نارنجی سنتز می‌شود و با رسیدن بیشتر غلظت اسید کمتر می‌شود. بالاترین میزان کاهش TA، بدون توجه به مرحله بلوغ میوه یا شرایط نگهداری در طی گرم‌شدن مجدد میوه‌ها در دمای ۲۵ °C، بعد از نگهداری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد یا ۱۳ درجه سانتی‌گراد اتفاق افتاد که می‌تواند به افزایش میزان تنفس در شرایط دمایی اتاق مرتبط باشد. به‌دلیل ویژگی فرازگرا بودن میوه گوجه‌فرنگی و سنتز اسیدهای آلی در طی رسیدن میوه، میوه‌های هر سه مرحله برداشت هنگامی‌که تا انتهای دوره انبارداری (روزهای ۲۰، ۳۰ و ۴۰) رسیدند، pH کمتر و TA بیشتری نسبت به ابتدای آزمایش داشتند. میوه‌های رسیده سبز و نارنجی در پایان انبارداری به pH و TA مشابهی با میوه‌های قرمز نرسیدند. این پدیده‌ها نشان داد که برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی در میوه، هنگام اتصال و یا جدا بودن از گیاه تغییر می‌کند. به‌طورکلی میوه‌های رسیده سبز به رسیدن مصنوعی پاسخ می‌دهند اما به‌دلیل داشتن سطوح کم قند و اسید، کیفیت خوراکی کمی دارند (*کانتول* و *کاسمایر*، 2002). مکرراً مشاهده شده است که میوه رسیده سبز به‌طور مصنوعی رسانده شده عطر و طعم میوه‌های رسیده بر روی گیاه را ندارد (*روباتزکی* و *یاماگوچی*، 1997).

مواد جامد محلول (TSS)

برای میوه‌های قرمز، نارنجی و رسیده سبز TSS اولیه به‌ترتیب ۲/۷، ۲/۳ و ۲/۱ بود. در دمای ۱۳ °C، میوه‌های هر سه مرحله بلوغ به TSS مشابهی در پایان مدت نگهداری‌شان یعنی ۲۰، ۳۰ و ۴۰ روز رسیدند (شکل ۲). در هر سه شرایط نگهداری، محتوای TSS میوه‌های نارنجی و قرمز با شیب‌های متفاوتی کاهش یافت اما گوجه‌فرنگی‌های رسیده سبز نوسان مهمی نشان نداده و تغییرات TSS آنها اندک بود.

1. Davies and Hobson
2. Shahidul Islam *et al.*
3. Knee and Finger
4. Stuart and Ethtvwevwere

نگهداری میوه‌های برداشت شده در دماهای بالا نه فقط رسیدن را شتاب می‌دهد بلکه همچنین تنفس، کربوهیدرات-های ذخیره را کاهش می‌دهد (*سالتویت*، 2005). نشان داده شده است که تغییرات TSS به مرحله رسیدگی در زمان برداشت و دمای انبارداری بستگی دارد (*گتینت* و همکاران[5]، 2008). تفاوت معنی‌داری از لحاظ TSS بین دمای ۵ °C و شرایط دمایی شبیه‌سازی شده مشاهده نشد، نتایج مشابهی از نبود تغییرات معنی‌دار برای دو هفته متوالی انبارداری در ۱۲ و ۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با ۷ روز نگهداری در دمای اتاق به‌عنوان شاهد گزارش شده است (*جوانمردی* و *کوبوتا*، 2006).

اسیدآسکوربیک

اگرچه در آغاز آزمایش محتوای اسیدآسکوربیک میوه‌های رسیده سبز، نارنجی و قرمز تقریباً نزدیک و در گستره ۱۲۷ تا ۱۳۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک بود، اما با ادامه انبارداری، شمای تغییرات در طول زمان برای هر یک از مراحل بلوغ از هم فاصله گرفته و متفاوت بود. به‌درستی که میوه‌های رسیده سبز در مدت انبارداری حتی در شرایط دمایی ۱۳ درجه سانتی‌گراد محتوای اسیدآسکوربیک خود را آن‌چنان توسعه ندادند. نتایج مشابهی نیز به‌وسیله *گتینت* و همکارانش (2008) گزارش شده است.

محتوای اسیدآسکوربیک میوه‌های قرمز بعد از ۲۰ روز نگهداری در ۱۳ °C تا ۲۷۶mg/100g افزایش یافت در حالی-که مقدار آن برای میوه‌های نارنجی بعد از ۳۰ روز به ۲۱۷ mg/100g رسید. افزایش‌هایی مشابه البته با بزرگی کمتر برای این میوه‌ها در دو شرایط دمایی دیگر نیز مشاهده شد. تجمع اندک اسیدآسکوربیک به‌وسیله *تور و سویج* (2006) در طی انبارداری گوجه‌فرنگی‌های قرمز روشن برای یک دوره ۱۰ روزه در سه شرایط دمایی مختلف (۷، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شده است. در پایان مدت نگهداری در ۱۳ °C، محتوای اسیدآسکوربیک میوه‌های قرمز به‌ترتیب حدود ۲۱/۴ و ۴۵/۷ درصد نسبت به میوه‌های نارنجی و رسیده سبز بیشتر بود. همان‌گونه که به‌وسیله سایر پژوهشگران (*بتانکورت*[6] و همکاران، 1977؛ *لی* و *کیدر*[7]، 2000) 2000) نیز اشاره شده است، به‌نظر می‌رسد که در طی رسیدن میوه گوجه‌فرنگی اسیدآسکوربیک در میوه تجمع پیدا می-کند، اما میزان افزایش در میوه‌هایی که روی گیاه باقی می-

5. Getinet*et al.*
6. Betancourt *et al.*
7. Lee and Kader

مانند نسبت به میوه‌های برداشت‌شده در مرحله رسیده سبز یا نارنجی بسیار بیشتر است.

اسیدیته قابل تیتراسیون بالا عامل پایداری اسیدآسکوربیک در میوه‌هاست، و گوجه‌فرنگی به‌عنوان یک میوه با اسیدیته بالا، یک محتوای اسیدآسکوربیک نسبتاً پایدار در طی انبارداری پس از برداشت نشان داده است (*تور و سویچ*، 2006).

درصد کاهش وزن

درصد کاهش وزن میوه‌های رسیده سبز به‌طور معنی‌داری ($p < 0.01$) نسبت به دو مرحله بلوغ دیگر در مدت نگهداری بالاتر بود (شکل ۲). میزان کاهش وزن برای میوه‌های رسیده سبز پس از ۴۰ روز انبارداری در ۵ درجه سانتی‌گراد، ۱۳ درجه سانتی‌گراد و SC به‌ترتیب ۹/۱، ۱۰/۳ و ۱۰/۹ درصد بود. این مقدارها برای میوه‌های نارنجی (پس از ۳۰ روز) ۵/۵، ۷/۳ و ۷/۹ درصد و برای میوه‌های قرمز (پس از ۲۰ روز) ۳/۷، ۴/۱ و ۵/۸ درصد بود. در مقایسه با میوه‌های نارنجی و قرمز، به‌صورت روزانه مقادیر بالاتری از کاهش وزن برای میوه‌های رسیده سبز وجود داشت. کاهش وزن برای گوجه‌فرنگی‌های رسیده سبز در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد به‌ازای هر روز ۰/۲۳ درصد بود، این مقدار برای دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد، ۰/۲۶ درصد و برای شرایط شبیه‌سازی شده ۰/۲۷ درصد بود. درصد بالای کاهش وزن مشاهده شده در میوه‌های رسیده سبز می‌تواند مرتبط با توسعه ضعیف‌تر اپیدرم و لایه کوتیکول واکسی نسبت به میوه‌های رسیده باشد (*سالتویت*، 2005). کاهش وزن بیشتر ناشی از برداشت در مراحل ابتدایی بلوغ می‌تواند با مزیت بیشتر عرضه دیر هنگام محصول به بازار جبران شود. از طرفی تیمارهای پس از برداشت کارآمد نظیر رطوبت نسبی بالاتر و کاربرد پوشش‌های خوراکی می‌تواند بدین‌منظور استفاده شود.

شرایط دمایی شبیه‌سازی شده (SC) در بین سه شرایط نگهداری بالاترین درصد کاهش وزن را به‌خود اختصاص داد. کاهش وزن میوه‌ها در طی ۱۰ روز اول نگهداری در شرایط SC، به دلیل سه روز قرارگیری در دمای اتاق و افزایش تنفس به‌طور معنی‌داری نسبت به ۵ °C و ۱۳ °C بیشتر بود.

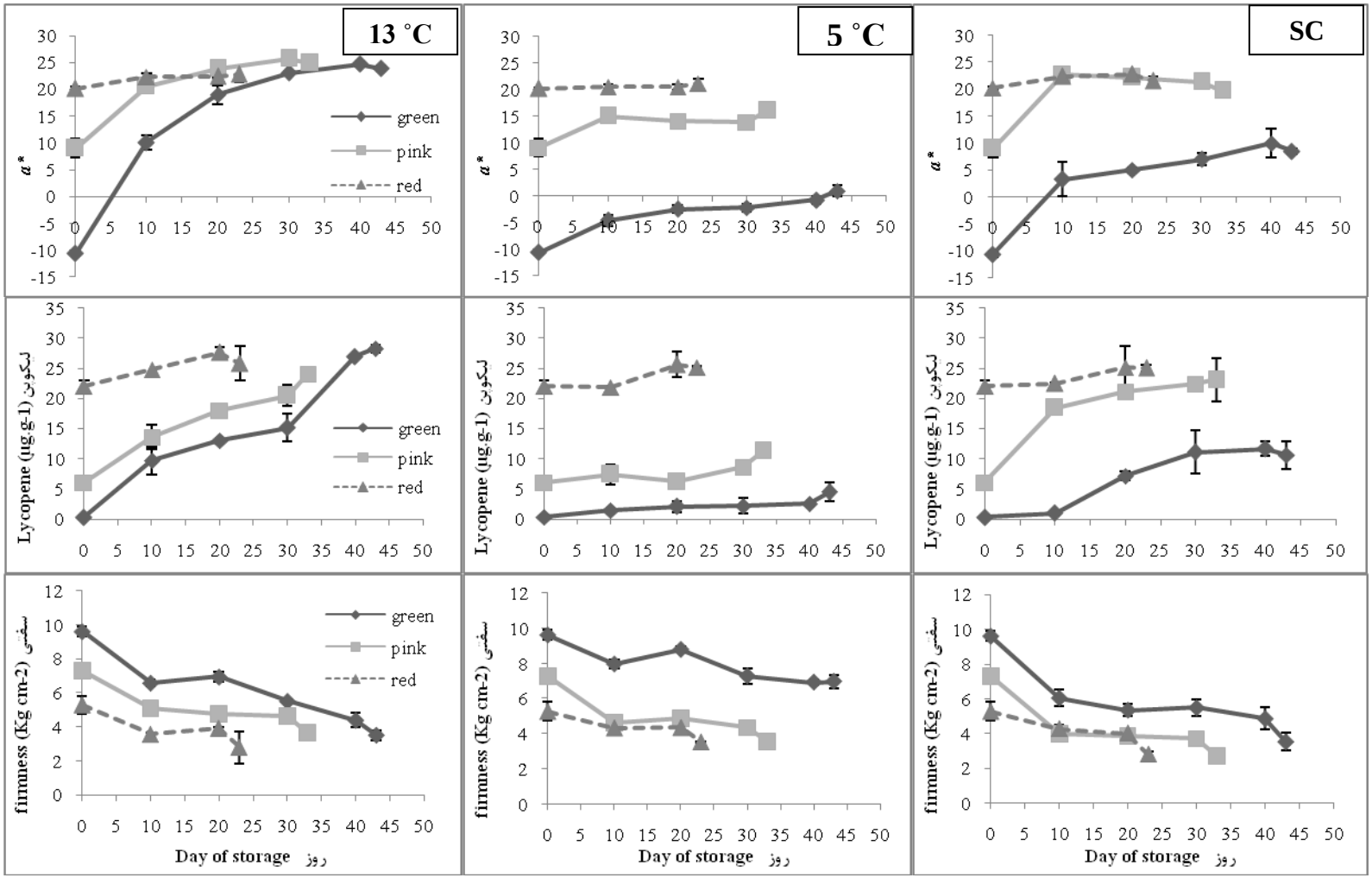
خسارت سرمازدگی

علائم خسارت سرمازدگی گوجه‌فرنگی‌های انبار شده در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط شبیه‌سازی به‌طور معنی‌داری نسبت به ۱۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود (شکل ۳). در واقع علائم کمی در میوه‌های نگهداری‌شده در ۱۳ درجه سانتی‌گراد هم بعد از ۱۰ روز از انبارداری، هم در پایان مدت نگهداری (۴۳ روز) مشاهده شد. بین میوه‌های رسیده سبز، نارنجی و قرمز نگهداری‌شده در این دما تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. پس از ۱۰ روز انبارداری، علائم خسارت سرمازدگی در میوه‌های نگهداری‌شده در ۵ درجه سانتی‌گراد و SC به‌ترتیب برای میوه‌های رسیده سبز، نارنجی و قرمز جدی‌تر بود. الگوی مشابهی از سرمازدگی برای این میوه‌ها در پایان مدت نگهداری‌شان نیز مشاهده شد. میوه‌های قرمز به‌طور معنی‌داری مقاومت بیشتری به خسارت سرمازدگی نسبت به دو مرحله دیگر نشان دادند.

مرحله بلوغ یک عامل تعیین‌کننده مهم در حساسیت به سرمازدگی است، و برای گوجه‌فرنگی، همچنین دیگر میوه‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری گزارش شده که رسیدگی حساسیت به سرمازدگی را کاهش می‌دهد (*ویتیکر*[1]، 1994). میوه‌های رسیده تر از نارنجی نسبت به میوه‌های رسیده سبز به‌عنوان میوه‌های مقاوم‌تر به سرمازدگی تعریف می‌شوند و می‌توانند در دماهای کمتر، نزدیک به سرمازدگی انبار شوند (*سالتویت*، 2005).

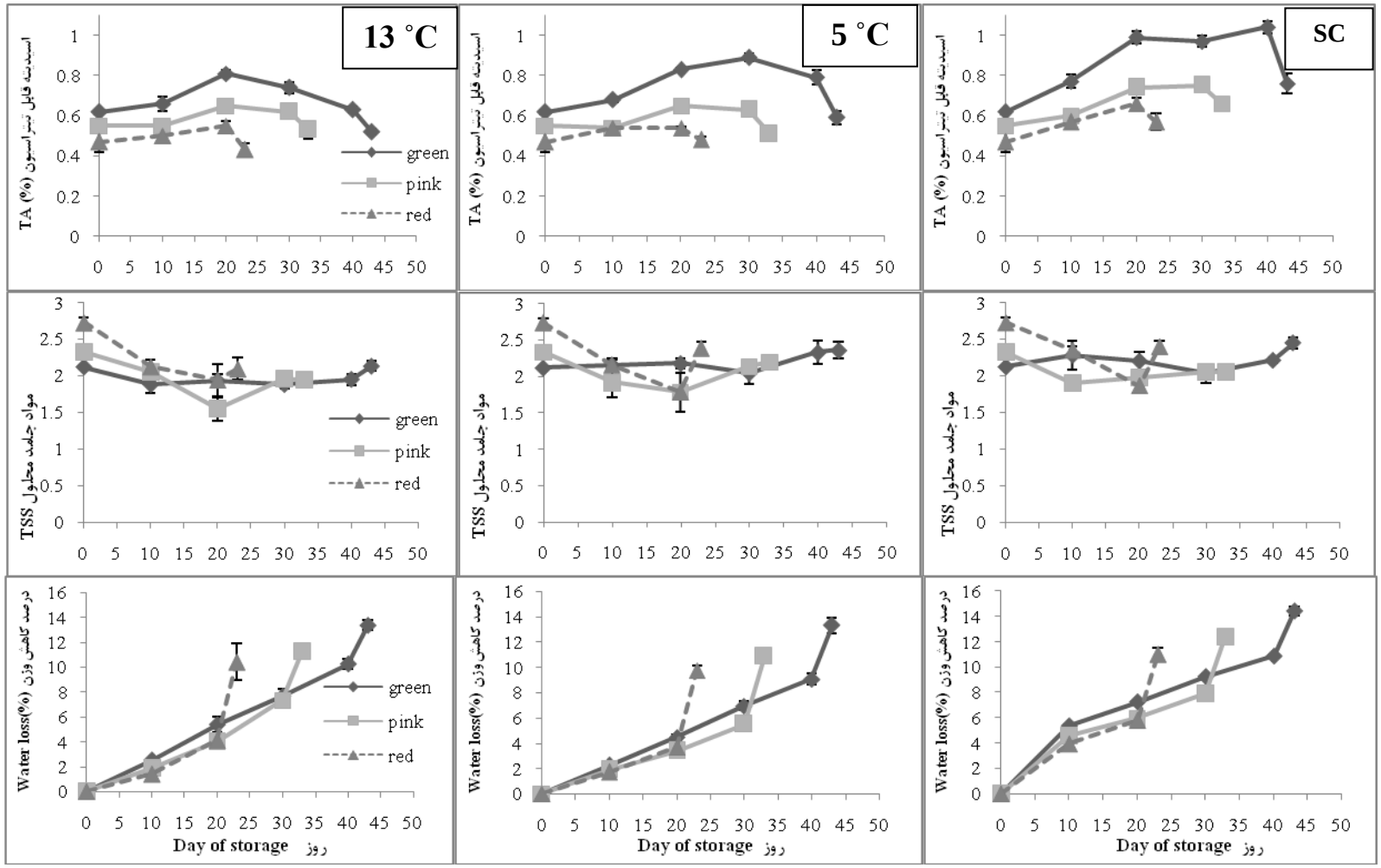
از آنجایی‌که خسارت سرمازدگی در درجه اول بر فرآیند رسیدن و رنگ‌گیری اثر می‌گذارد، میوه‌های رسیده سبز انبار شده در ۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور معنی‌داری علائم ظاهر شده بیشتری نسبت به بقیه تیمارها مخصوصاً به لحاظ فرورفتگی، عدم‌رنگ‌گیری، و حساسیت به بیماری‌ها نشان دادند. بنابراین دمای ۵ درجه سانتی‌گراد یک دمای نامناسب برای نگهداری گوجه‌فرنگی‌های رسیده سبز است. این نتایج همچنین به‌وسیله گزارش *ویتیکر* (1994) مبنی بر کاهش حساسیت به سرمازدگی با رسیدگی میوه تأیید می‌شود.

1. Whitaker



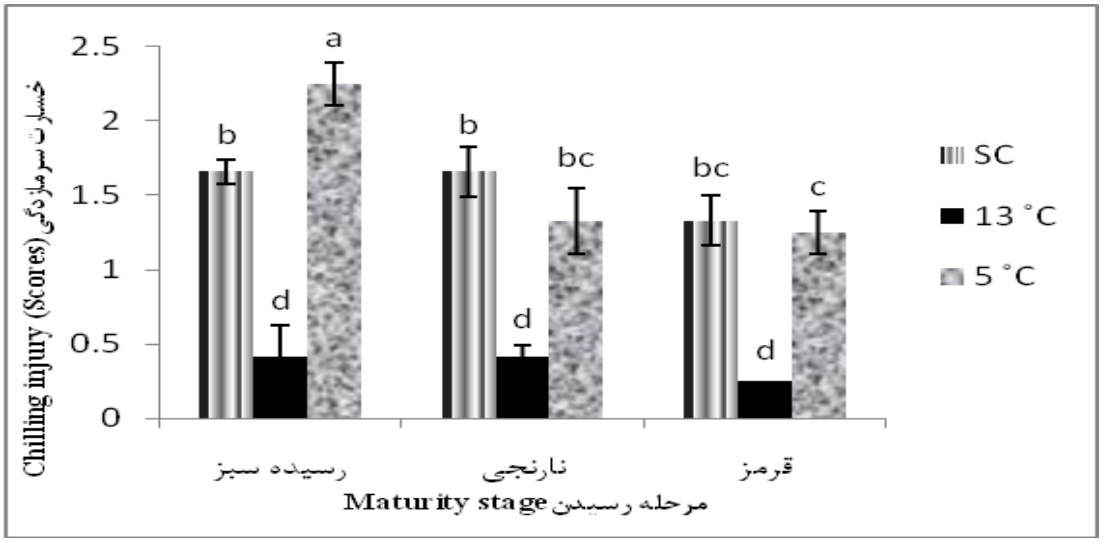
شکل ۱: تغییرات a^* (بالا)، لیکوپن (وسط) و سفتی (پایین) میوه‌های گوجه‌فرنگی در سه شرایط دمایی مختلف در مدت ۴۳، ۳۳ و ۲۳ روز نگهداری به‌ترتیب برای میوه‌های سبز بالغ، نارنجی و قرمز هر نقطه نشان‌دهنده میانگین سه تکرار می‌باشد

Fig. 1: Changes in a^* value, lycopene content and firmness when tomatoes held at three storage conditions during 43, 33 and 23 days for mature green, pink and red fruits, respectively. Each point represents the mean of three replicates



شکل ۲: تغییرات TA(بالا)، TSS(وسط) ودرصدکاهش وزن (پایین) میوه‌های گوجه‌فرنگی در سه شرایط دمایی مختلف در مدت ۴۳، ۳۳ و ۲۳ روز نگهداری به‌ترتیب برای میوه‌های رسیده سبز، نارنجی و قرمز.

Fig. 2: Changes in TA, TSS and percent of water loss when tomatoes held at three storage conditions during 43, 33 and 23 days for mature green, pink and red fruits, respectively



شکل ۳: اثر متقابل مرحله برداشت و شرایط دمایی نگهداری بر بروز خسارت سرمازدگی در میوه‌های گوجه‌فرنگی، پس از ۱۰ روز انبارمانی و به‌دنبال آن سه روز نگهداری در دمای اتاق

Fig. 3: Severity of chilling injury (CI) in three ripening stages at three storage conditions after 10 days storage followed by 3 days shelf life (room temperature)

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی این مطالعه نشان داد که مرحله برداشت و دمای انبارداری اثر مهمی بر رفتار پس از برداشت میوه‌های گوجه‌فرنگی دارد. برداشت میوه‌ها در مرحله بلوغ مناسب و نگهداری در شرایط دمایی مناسب، مدیریت بهتری از عرضه محصول به بازار را ممکن می‌سازد. در پایان انبارداری در دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد در حالی‌که رسیدن طبیعی میوه‌ها اتفاق افتاد و میوه‌های رسیده سبز سطوحی مشابه از رنگ، محتوای لیکوپن، قند، سفتی و کیفیت بازارپسندی را در مقایسه با میوه‌های قرمز داشتند اما محتوای اسیدآسکوربیک آنها به‌طور معنی‌داری کمتر بود. اگر میوه‌هایی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا مدنظر باشد این می‌تواند یک ضعف بزرگ باشد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، شرایط دمایی شبیه‌سازی شده (SC) تنها برای میوه‌های قرمز قابل توصیه است.

میوه‌های قرمز عمر انباری کوتاهی داشته اما در عین حال مقاومت بیشتری به خسارت سرمازدگی نشان می‌دهند، از این رو می‌توانند به‌طور موفقیت‌آمیزی در یخچال‌های خانگی نگهداری شوند. در مورد گوجه‌فرنگی‌های رسیده سبز، به‌دلیل حساسیت‌شان به خسارت سرمازدگی و همچنین اثر بازدارندگی این شرایط بر فرآیند رنگ‌گیری، این روش عملی نخواهد بود.

این مطالعه تأیید کرد که دمای ۱۳ درجه سانتی‌گراد یک دمای بهینه برای نگهداری میوه‌های گوجه‌فرنگی رقم بنمی است و به‌طورکلی می‌تواند به‌عنوان روشی کارآمد، برای حمل و نقل و نگهداری میوه‌های برداشت شده در مراحل مختلف بلوغ استفاده شود.

منابع

Artes, F., Conesa, M. A., Hernandez, S. and Gil, M. I. 1999. Keeping quality of fresh-cut tomato. Postharvest Biology and Technology, 17: 153-162.

Batu, A. 2004. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoesJournal of Food Engineering, 61: 471-475.

Beaulieu, J. C. and Gorny, J. R. 2001. Fresh-Cut Fruits. In: Gross, K. C., Saltveit, M. E., Wang, C. Y. (Eds.), The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Handbook 66, USDA, Washington, D. C., pp. 1-49.

Betancourt, L. A., Stevens, M. A. and Kader, A. A. 1977. Accumulation and loss of sugars and reduced ascorbic acid in attached and detached tomato fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science, 102: 721-723.

Cantwell, M. I., Flores-Minutti, J. and Trejo-Gonzalez, A. 1992. Developmental changes and postharvest physiology of tomatillo fruit (*Physalisixo carpa*Brot.). Scientia Horticulturae, 50: 59-70.

Cantwell, M. I. and Kasmire, R. F. 2002. Postharvest Handling Systems: Fruit Vegetables, In: Kader, A. A. (Ed.), Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Agriculture and Nature Resources, Davis, pp, 407-423.

Davies, B. H. 1965. Analysis of carotenoid pigments, In: Goodwin, T. W. (Ed.), Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments. Academic Press., New York, 530.

Davies, J. N. and Hobson, G. E. 1981. The constituents of tomato fruit. The influence of environment, nutrition and genotype. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 15: 205-279.

Getinet, H., Seyoum, T. and Woldetsadik, K. 2008. The effect of cultivar, maturity stage and storage environment on quality of tomatoes. Journal of Food Engineering, 87: 467-478.

Grierson, D. and Schuch, W. 1993. Control of ripening. philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 342: 241-250.

Javanmardi, J. and Kubota, C. 2006. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, 41: 151-155.

Jing, Y., Mao-run, F., Yu-ying, Z. and Lin-chun, M. 2009. Reduction of chilling injury and ultra structural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment. Agricultural Sciences in China. 8: 304-310.

Knee, M. and Finger, F. L. 1992. $NADP^+$-malic enzyme and organic acid levels in developing tomato fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117: 799-801.

Lee, H. S. and Coates, G. A. 1999. Vitamin C in frozen fresh squeezed unpasteurized polyethylene-bottled orange juice: A storage study. Food Chemistry, 65: 165-168.

Lee, S. K. and Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20: 207-220.

Lu, J., Charles, M. T., Vigneault, C., Goyette, B. and Raghavan, G. S. V. 2010. Effect of heat treatment uniformity on tomato ripening and chilling injury. Postharvest Biology and Technology, 56: 155-162.

Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R. and Martin-Belloso, O. 2008. Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomatoes. LWT-Food Science and Technology, 41: 217-226.

Paull, R.E. 1990. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin, In: Wang, C. Y. (Ed.), Chilling Injury of Horticultural Crops. CRC Press, Boca Raton, FL, pp, 17-36.

Rubatzky, V. E. and Yamaguchi, M. 1997. World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values. Chapman&Hall, New York, USA.

Rugkong, A., Rose, J. K. C., Lee, S. J., Giovannoni, J. J., O' Neill, M. A. and Watkins, C. B. 2010. Cell wall metabolism in cold-stored tomato fruit. Postharvest Biology and Technology, 57: 106-113.

Saltveit, M. E. 2005. Postharvest biology and handling, In: Heuvelink, E. (Ed.), Tomatoes. CAB International, Wallingford, pp, 305-324.

Shahidul Islam, M., Matsui, T. and Yoshida, Y. 1996. Effect of carbon dioxide enrichment on physico-chemical and enzymatic changes in tomato fruits at various stages of maturity. Scientia Horticulturae, 65: 137-149.

Snowdon, A. L. 1992. Color atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables, Vol. 2. Vegetables. CRC Press, Boca Raton, Florida, 416 pp.

Stuart, N. T. and Ethtvwevwere, B. J. O. 1988. Changes in organic acids in chilled tomato fruit (Lycopersiconesculentum Mill.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 44: 309-319.

Tijskens, L. M. M. and Evelo, R. G. 1994. Modeling colour of tomatoes during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology, 4: 85-98.

Toor, R. K. and Savage, G. P. 2006. Changes in major antioxidant components of tomatoes during post-harvest storage. Food Chemistry, 99: 724-727.

USDA. 1991. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. United States Department of Agriculture, Agricultural Marketing Service, p. 13.

Whitaker, B. D. 1994. A reassessment of heat treatment as a means of reducing. Postharvest Biology and Technology, 4: 75-83.

Wills, R. B. H. and Ku, V. V. V. 2002. Use of 1- MCP to extend the time to ripen of green tomatoes and postharvest life of ripe tomatoes. Postharvest Biology and Technology, 26: 85-90.

Wu, T. and Abbott, J. A. 2002. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices. Postharvest Biology and Technology, 24: 59-68.

Responses of tomato fruit to different storage conditions at maturity stages

Hatami[1], M., Kalantari[2*], S. and Delshad[3], M.

Abstract

Tomato is a climacteric fruit and its ripening can be completed after harvest. Provided that appropriate storage condition for a given harvesting stage is implemented, fruits are endowed with proper quality for the market. In order to study the effects of maturity stage on fruit storage life, tomato fruits were harvested at three ripening stages. They were stored at three storage conditions i.e. 5 ˚C, 13 ˚C, and a simulated condition (SC) of the interval between harvest and consumption by the consumer. Fruit color, lycopene, firmness, pH, titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS), ascorbic acid, weight loss, and chilling injury (CI) were measured and evaluated during the experiment. Results showed that at the end of the storage at 13 ˚C, mature green fruits had relatively similar values of color, lycopene content, TA, TSS, and firmness compared to the red ones, with the exception of their ascorbic acid. While storage of different maturity stages of tomatoes at 13 ˚C developed normal ripening, storage at 5 ˚C and SC disturbed the normal ripening process.

Keywords: Postharvest, Tomato, Maturity stage, Storage temperature, Ripenin

1. Post gradute Student, Department of Horticulture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj

2. Assistant Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj

3. Associate Professor, Department of Horticulture, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj

*: Corresponding author Email: kalantaris@ut.ac.ir