

## اندازه گیری میزان اتیلن و تنفس در میوه نارنگی ساتسوما برای ارزیابی خسارت سرمازدگی<sup>۱</sup>

### MAESURING ETHYLEN AND RESPIRATION RATE IN 'SATSUMA' MANDARIN FOR EVALUATING CHILLING INJURY

محمود قاسم نژاد، مصباح بابالار، یونس مستوفی و کنت مارش<sup>۲</sup>

#### چکیده

حساسیت میوه نارنگی 'ساتسوما' به سرمازدگی در انبار قابلیت بازار رسانی طولانی مدت آن را محدود می‌کند. در این پژوهش تاثیر قرار گرفتن میوه در زیر جریان آب گرم و یا غوطه وری در آن بر افزایش تحمل سرمازدگی و دیگر تغییرهای فیزیولوژیکی در نارنگی 'ساتسوما' مورد بررسی قرار گرفته است. تیمارهای مختلف آب گرم خسارت سرمازدگی را به مقدار کم یا زیاد بسته به نوع تیمار کاهش داد ولی هیچکدام از آن‌ها نتوانستند از رخداد سرمازدگی جلوگیری کنند. بیشترین کاهش در میزان و شدت سرمازدگی در میوه‌هایی دیده شد که پیش از انبارکردن در زیر جریان آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه و یا غوطه ور کردن در آن به مدت ۲ دقیقه تیمار شدند. استفاده از آب گرم با دمای بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد نه تنها خسارت سرمازدگی را کاهش نداد بلکه سوختگی پوست میوه‌ها را زیاد نمود. از نظر اسیدیته و میزان قند محلول اختلاف معنی‌داری بین میوه‌های تیمار شده و شاهد در طی نگهداری طولانی مدت دیده نشد. به طور کلی میزان استالدهید و اتانول تجمع یافته در فضای بالای آب میوه و نیز مقدار اتیلن تولید شده و شدت تنفس پس از ۴ هفته نگهداری یعنی همزمان با پدیدار شدن نشانه‌های سرمازدگی زیاد بود ولی پس از آن تا پایان دوره انبارمانی با افزایش خسارت سرمازدگی کاهش یافت. در مجموع تیمارهایی که خسارت سرمازدگی را کاهش دادند به طور قابل ملاحظه‌ای از افزایش میزان تولید اتیلن و شدت تنفس نیز جلوگیری نمودند.

**واژه‌های کلیدی:** اتانول، اتیلن، استالدهید، تنفس، سرمازدگی، نارنگی، ساتسوما.

#### مقدمه

بیشتر نارنگی تولید شده در شمال ایران رقم 'ساتسوما' می‌باشد. برای عرضه طولانی مدت میوه‌های تازه به بازار و کنترل بازار به ویژه در سال‌هایی که میزان محصول به دلیل تناوب باردهی بالاست، محصول را انبار می‌نمایند. همانند دیگر ارقام مرکبات، عامل محدود کننده مصرف تازه خوری طولانی مدت میوه‌های نارنگی رقم 'ساتسوما' خسارت دمای پایین انبارمانی باشد (۱۴). با وجود این محدودیت، به دلیل هزینه پایین، استفاده از سردخانه می‌تواند روش مناسبی در نگهداری طولانی مدت محصول و تعادل عرضه آن‌ها در بازار گردد. برای استفاده از اثر

مفید دمای پایین، میوه های مرکبات پیش از انتقال به دمای پایین سردخانه می بایست مقاوم گردند. استفاده از تیمارهای گوناگون شامل استفاده از قارچکش های شیمیایی (۳۳)، تنظیم کننده های رشد گیاهی (۳۳) و انبار با اتمسفر کنترل شده (۳۴)، بالابردن متناوب دما در انبار (۱۱)، آماده سازی محصول با دمای بالا و پایین (۳۳) و تیمارهای آب گرم (۷) خسارت سرمازدگی را در میوه های مختلف کاهش می دهد. استفاده از آب گرم افزون بر کاهش سرمازدگی، روش امیدبخشی در کنترل بیماری های پوسیدگی محصول می باشد (۲۱). آگاهی از تغییرهای فیزیولوژیکی که در میوه ها همراه با قرار گرفتن در دمای پایین رخ می دهد اهمیت زیادی در کاهش خسارت های ناشی از سرمازدگی پس از برداشت محصول دارد. غوطه ور کردن میوه ها در آب گرم باعث افزایش سطح پلی آمین ها (۱۲) و کربوهیدرات ها (۹) در بافت پوست میوه مرکبات می شود که می تواند باعث انگیزش تحمل به سرمازدگی در میوه ها شود.

اگرچه میوه های مرکبات تغییرهای فیزیولوژی کمی را در مرحله پس از برداشت از خود نشان می دهند ولی فعالیت متابولیکی پایین این گونه میوه ها در طی انبارمانی طولانی می تواند منجر به تغییرهای زیادی در ویژگی های کیفی میوه گردد (۱۰). به طور معمول تغییرهای میزان اتیلن و شدت تنفس میوه ها با کاهش میزان قند و اسید همراه است (۲۷). اسیدیته موجود در آب میوه به همراه قند محلول اجزای اصلی تشکیل دهنده مزه میوه (۱۸) و تعیین کننده دستکم استاندارد بازار می باشد (۱۷، ۱۶). تجمع بالای اسیدهای آلی در طول نمو میوه می تواند پیش ماده مناسبی برای تعداد زیادی از فرایندهای متابولیکی در طی انبارمانی باشد (۳۲). کاربرد تیمارهای پس از برداشت می تواند میزان اسیدیته میوه ها را تحت تاثیر قرار دهد (۱۵). در این پژوهش تاثیر قرار گرفتن میوه در زیر جریان آب گرم و یا غوطه وری در آن بر افزایش تحمل سرمازدگی و دیگر تغییرهای فیزیولوژیکی در نارنگی رقم 'ساتسوما' مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش ها

میوه های رقم زودرس نارنگی 'ساتسوما' از یک باغ تجارتي واقع در شهر کری کری<sup>۱</sup> نیوزیلند تهیه و سپس برای انجام آزمایش به موسسه تحقیقات باغبانی<sup>۲</sup> واقع در شهر آکلند<sup>۳</sup> منتقل گردید. میوه ها بر اساس یکنواختی در اندازه، رنگ و عاری بودن از عوامل بیماری زا گزیده و درگروه های ۲۰ تایی برای انجام تیمار توزیع گردیدند. هر یک از تیمارها در سه تکرار در قالب طرح به طور کامل تصادفی به مرحله آزمایش گذاشته شدند. برای انجام تیمار دمای با جریان آب گرم میوه ها پس از چیده شدن درون سبدهای فلزی با روکش پلاستیکی در زیر جریان آب با دماهای مختلف قرار گفتند. این سیستم از یک چارچوب فلزی که درون وان آب ۹۰ لیتری که با سه المنت حرارتی با ولتاژ ۲/۱ کیلو ولتی روی دمای مورد نظر تنظیم شده بود، کنترل می گردید. آب گرم از مخزن زیرین به کمک پمپ ۲۴۵ ولتی (مدل Hiflo Pumps, Penrose) به قسمت بالای دستگاه پمپاژ می شد. دمای جریان آب گرم ۴۸، ۵۰، ۵۲/۵ و ۵۵ درجه سانتی گراد بوده و میوه ها در زیر آن به مدت ۳۰ ثانیه قرار گرفتند.

میوه‌ها همچنین برای تیمار غوطه‌وری درون آب گرم با دمای ۴۵، ۴۷/۵، ۵۰، ۵۲/۵ و ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ و ۵ دقیقه برابر روش ولف و لای<sup>۱</sup> (۳۶) فرو برده شدند. میوه‌های تیمار شاهد در واقع در سه سبب اضافی با ۲۰ عدد میوه در هر یک از آن‌ها بدون هیچ‌گونه تیماری به طور مستقیم به سردخانه با دمای ۲ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. پس از کاربرد تیمار، میوه‌ها خشک شده و در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ هفته انبار شدند. ارزیابی ظاهری خسارت سرمازدگی پس از ۴ و ۸ هفته نگهداری در دمای پایین صورت گرفت. وجود لکه‌های فرورفته بی‌نظم در سطح میوه که در مراحل بعدی قهوه‌ای و سوخته می‌شوند از نشانه‌های سرمازدگی نارنگی 'ساتسوما' می‌باشند. میوه‌ها بر اساس شدت خسارت در سطح پوست آن‌ها به صورت ارزیابی ظاهری به ۴ گروه زیر دسته‌بندی شدند. (۱) بدون نشانه‌های سرمازدگی، (۲) ۱ تا ۲۵٪ خسارت، (۳) ۵۰-۲۶٪ خسارت، (۴) با بیش از ۵۰٪ علائم سرمازدگی. میزان سرمازدگی با تعداد میوه‌هایی که علائم سرمازدگی نشان می‌دهند، به صورت درصدی از کل میوه‌ها بیان می‌شود. اما شدت سرمازدگی در واقع میوه‌هایی با بیش از ۲۵٪ خسارت در سطح پوست می‌باشند که از لحاظ مصرف‌کننده غیر قابل قبول است (۳۵).

تمامی شاخص‌های کیفی روی ۱۰ عدد میوه به طور جداگانه اندازه‌گیری شدند. میزان قند موجود در عصاره میوه به طور جداگانه با قندسنج<sup>۲</sup> دیجیتالی (مدل Atago, Japan) پس از ۴ و ۸ هفته انبارمانی میوه‌ها در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد. میزان اسیدیته قابل‌تیتراسیون با سود یک دهم نرمال تا  $\text{pH} = 8/3$  با دستگاه اتوتیتراور<sup>۳</sup> (مدل Autotitrator 716, Metrohm, Switzerland) تعیین شد. میزان اتانول و استالدهید موجود در فضای بالای آب میوه با کمک دستگاه فام‌نگارگازی (مدل PU 4500, Philip) برابر روش شیرا<sup>۴</sup> (۲۸) صورت گرفت. بدین منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه درون شیشه‌های ۲۵ میلی‌لیتری ریخته و پس از قرار دادن آن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه میزان اتانول و استالدهید تولید شده در یک میلی‌لیتر هوای فضای بالای آب میوه پس از تزریق در دستگاه فام‌نگارگازی تعیین شد. اندازه‌گیری میزان اتیلین و شدت تنفس پس از انتقال میوه‌ها به دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت دو ساعت با دستگاه فام‌نگارگازی (مدل PU 4500, Philip) تعیین شد (۲۸). هر یک از تیمارها شامل سه سبب با ۲۰ عدد میوه بوده که هر سبب به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد که در قالب طرح به طور کامل تصادفی اجرا شد.

## نتایج

انبارکردن طولانی مدت میوه‌های نارنگی رقم 'ساتسوما' در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد سرمازدگی را تحریک می‌کند. پیدایش نشانه‌های سرمازدگی به تقریب پس از ۴ هفته نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد و نگهداری طولانی‌تر در دمای پایین میزان و شدت سرمازدگی را زیاد می‌کند (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر تیمار آب گرم بر میزان و شدت سرمازدگی میوه‌ها نشان داد که کمترین آن‌ها با آب گرم ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه به دست آمد (شکل ۱). در بین دماهای مختلف غوطه‌وری بیشترین اثر بازدارندگی بر میزان و شدت سرمازدگی با دمای ۴۷/۵ و ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه و دمایی ۴۷/۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه

در مقایسه با سایر تیمارها به دست آمد (شکل های ۲ و ۳). اگرچه غوطه ور کردن در دمای بالا (بیش از ۵۰ و ۴۷/۵ درجه سانتی گراد به ترتیب به مدت ۲ و ۵ دقیقه) نشانه های سرمازدگی کمتری را نشان دادند ولی با بیشترین نشانه های سوختگی همراه بود (شکل ۴).

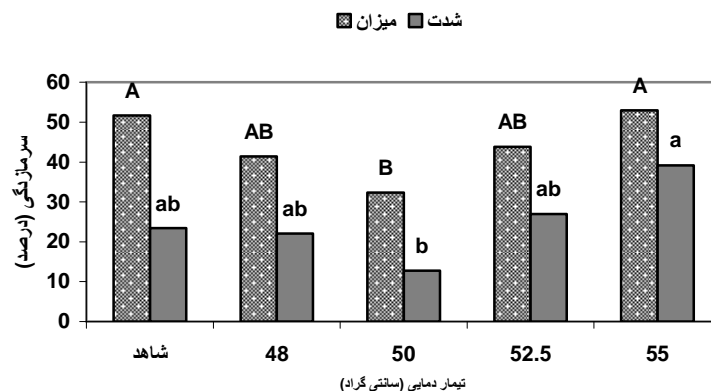


Fig. 1. Chilling injury incidence and severity in 'Satsuma' mandarin fruits exposed to hot water drenching for 30 s

شکل ۱- میزان و شدت سرمازدگی میوه های نارنگی 'ساتسوما' که در زیر جریان آب گرم به مدت ۳۰ ثانیه قرار گرفتند.

† Means with the same letter are not significant at the 1% level of probability using DMRT.

† ستون های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ آزمون دانکن ندارند.

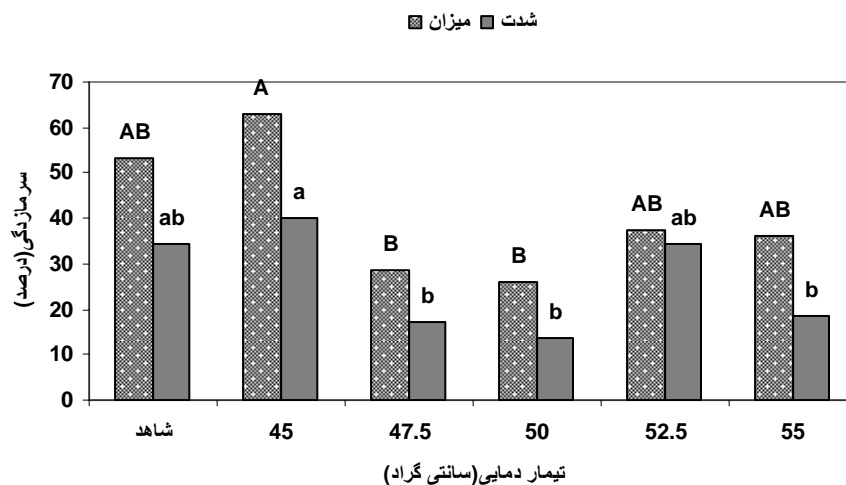


Fig. 2. Chilling injury incidence and severity in 'Satsuma' mandarin fruits immersed in hot water for 2 min

شکل ۲. میزان و شدت سرمازدگی میوه های نارنگی 'ساتسوما' غوطه ور شده در آب گرم به مدت ۲ دقیقه.

† Means with the same letter are not significant at the 1% level of probability using DMRT.

† ستون های با حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ آزمون دانکن ندارند.

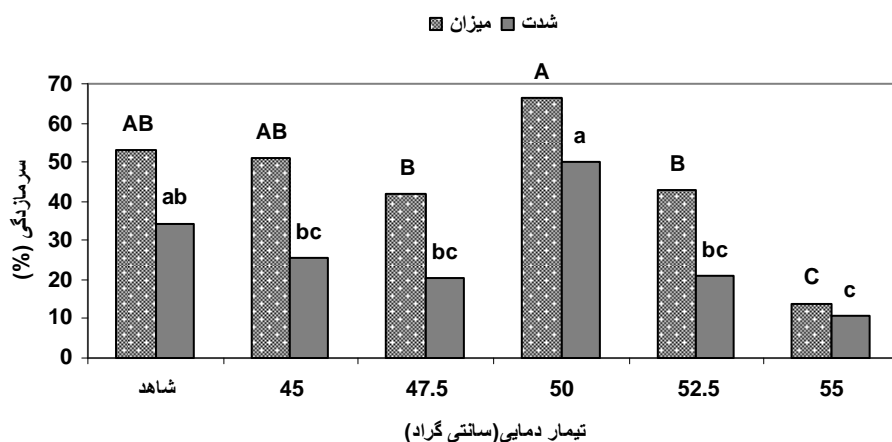


Fig. 3. Chilling injury incidence and severity in 'Satsuma' mandarin fruits immersed in hot water for 5 min.

شکل ۳. میزان و شدت سرمازدگی میوه نارنگی 'ساتسوما' غوطه‌ور شده در آب گرم به مدت ۵ دقیقه.

† Values labelled with the same letter are not significant at the 1% level using DMRT.

‡ ستون‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ آزمون دانکن ندارند.



Fig. 4. Visual assessment of Satsuma' mandarin fruits treated in different hot water immersion treatments after 8 weeks at 2 °C.

شکل ۴. ارزیابی ظاهری میوه نارنگی 'ساتسوما' تیمار شده با دمای مختلف غوطه‌وری در آب گرم پس از ۸ هفته در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد.

جدول ۱- تاثیر شستشو و غوطه وری در آب گرم بر میزان سرمازدگی و دیگر ویژگی های کیفی نارنگی 'ساتسوما' پس از ۴ و ۸ هفته نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی گراد.

Table 1. Influence of hot water drenching and immersion treatments on chilling injury and other fruits quality in 'Satsuma' mandarin fruits after 4 and 8 weeks storage at 2 °C.

| زمان برداشت<br>Harvest time | شستشو<br>Drenching |                   | غوطه وری<br>Immersion |                   |                                                                                                   |
|-----------------------------|--------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ۱ روز<br>One Day            | ۴ هفته<br>4 Weeks  | ۸ هفته<br>8 Weeks | ۴ هفته<br>4 Weeks     | ۸ هفته<br>8 Weeks |                                                                                                   |
|                             | 23.5b              | 65.5a             | 32.71b                | 48.75a            | میزان سرمازدگی (%)<br>Chilling incidence (%)                                                      |
|                             | b 5                | 44.7a             | 17.75b                | 32.53a            | شدت سرمازدگی<br>Chilling Severity (%)                                                             |
| 11.21                       | 11.8a              | 11a               | 11.1a                 | 10.6b             | قند (%)<br>Sugar (%)                                                                              |
| 2.25                        | 1.52a              | 1.31b             | 1.53a                 | 1.36b             | اسید (%)<br>Acidity (%)                                                                           |
| 4.98                        | 7.85b              | 8.7a              | 7.52a                 | 7.73a             | قند به اسید<br>Sugar/acid                                                                         |
| -                           | 3.71a              | 2.88b             | 3.59a                 | 1.82b             | استالدهید (قسمت در میلیون)<br>Acetaldehyde (ppm)                                                  |
| -                           | 5.11a              | 2.2b              | 6.33a                 | 1.86b             | اتانول (قسمت در میلیون)<br>Ethanol (ppm)                                                          |
| -                           | 5.42a              | 2.66b             | 8.98a                 | 5.74b             |                                                                                                   |
|                             | 7.04a              | 6.79a             | 7.51a                 | 7.36a             | اتیلن (nl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )<br>Ethylene (nl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )   |
|                             |                    |                   |                       |                   | تنفس (μl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )<br>Respiration (μl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ) |

† Means with the same letter are not significant at the 1% level of probability using DMRT.

‡ در هر ردیف میانگین ها با حروف یکسان تفاوت معنی داری در (P<1%) آزمون دانکن ندارند.

با ارزیابی ویژگی های اسیدیته آب میوه، هیچگونه تفاوت معنی داری در بین تیمارهای مختلف به کار رفته پس از ۴ و ۸ هفته نگهداری میوه در دمای ۲ درجه سانتی گراد دیده نشد (جدول ۱). طول دوری انبارمانی بر میزان اسیدیته و نسبت قند به اسید تاثیر معنی داری داشت در صورتی که میزان قند میوه هایی که در زیر جریان آب گرم قرار گرفتند اختلاف معنی داری را پس از ۴ و ۸ هفته انبارداری نشان ندادند (جدول ۱). افزایش در نسبت قند به اسید پس از ۸ هفته انبارمانی می تواند به دلیل کاهش میزان اسید میوه ها و تغییر جزئی در میزان قند باشد. قرار گرفتن

میوه‌ها در زیر جریان آب گرم (۴۸-۵۵°C) به مدت ۳۰ ثانیه بر میزان قند، اسید و نسبت قند به اسید تاثیر معنی داری را نشان نداد (جدول ۲). به طور کلی بالا بودن نسبت قند به اسید می‌تواند کیفیت خوراکی میوه‌ها را بهبود بخشد. همانطور که نتایج در جدول ۳ نشان می‌دهند غوطه‌ور کردن میوه‌ها در آب گرم در جلوگیری از کاهش میزان قند در طی انبارداری در مقایسه با میوه‌های تیمار نشده موثر بوده. میوه‌هایی که در آب ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ دقیقه غوطه‌ور شدند در مقایسه با سایر تیمارها در جلوگیری از کاهش قند موثرتر بوده‌اند و به دنبال آن بالاترین نسبت قند به اسید را داشته‌اند درحالی‌که کمترین میزان قند را پس از ۸ هفته انبارمانی میوه‌های شاهد داشته‌اند. در مقابل اسیددیده به طور جزئی تحت تاثیر تیمار غوطه‌وری قرار گرفت.

جدول ۲- تاثیر شستشوی میوه با آب گرم (۳۰ ثانیه) بر کیفیت و سطوح مختلف متابولیت‌ها در میوه نارنگی 'ساتسوما' پس از ۸ هفته نگهداری میوه در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد.

Table 2. Influence of hot water drenching treatments on fruit quality and metabolite levels in 'Satsuma' mandarin fruits after 8 weeks storage at 2 °C.

| 55     | 52.5   | 50     | 48     | Control             | دما (درجه سانتی‌گراد)<br>Temperature (°C)                                                         |
|--------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11.47a | 11.66a | 11.40a | 11.30a | 11.43a <sup>†</sup> | قند (%)<br>Sugar (%)                                                                              |
| 1.37a  | 1.43a  | 1.33a  | 1.40a  | 1.52a               | اسید (%)<br>Acid (%)                                                                              |
| 8.43a  | 8.28a  | 8.79a  | 8.01a  | 7.89a               | قند به اسید<br>Sugar/Acid                                                                         |
| 3.82a  | 3.82a  | 2.49b  | 3.23a  | 3.30a               | استالدهید (قسمت در میلیون)<br>Acetaldehyde (ppm)                                                  |
| 3.62b  | 4.93a  | 2.72c  | 3.05c  | 3.80ab              | اتانول (قسمت در میلیون)<br>Ethanol (ppm)                                                          |
| 4.09b  | 2.89c  | 2.42d  | 6.15a  | 4.54b               | اتیلن (nl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )<br>Ethylene (nl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )   |
| 7.96a  | 6.71bc | 6.03c  | 6.75bc | 7.14ab              | تنفس (μl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )<br>Respiration (μl kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> ) |

<sup>†</sup> Mean separation within each row is by DMRT at P=0.01.

<sup>‡</sup> در هر ردیف میانگین‌ها با حروف یکسان تفاوت معنی داری در (P<1%) آزمون دانکن ندارند.

جدول ۱ نشان می دهد که میزان استالدئید و اتانول تصعید شده از سطح آزاد آب میوه پس از ۴ هفته انبارمانی همزمان با افزایش سرمازدگی افزایش می یابد ولی با طولانی شدن دوره نگهداری و افزایش خسارت دیدگی پوستی میزان آن در میوه ها کاهش می یابد. مقایسه میانگین اثر تیمار آب گرم بر میزان استالدئید و اتانول نشان داده است که قرار گرفتن میوه ها در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ ثانیه بیشترین اثر بازدارندگی را بر میزان استالدئید و اتانول تولید شده از سطح آب میوه را داشته است. ولی هیچ گونه تفاوت معنی داری بین میوه هایی که با آب گرم ۴۸ و ۵۰ درجه سانتی گراد تیمار شدند بر میزان اتانول وجود نداشت (جدول ۲).

کمترین میزان اتانول و استالدئید با تیمار آب گرم ۴۷/۵ درجه سانتی گراد به مدت ۵ دقیقه به دست آمد (جدول ۳). میزان اتیلن و شدت تنفس میوه های تیمار شده به مقدار زیادی تحت تاثیر طول دوره انبارمانی قرار می گیرد. همان طور که نتایج نشان می دهد (جدول ۱) پس از ۴ هفته نگهداری در دمای پایین میزان تولید اتیلن و شدت تنفس همزمان با پیدایش نشانه های سرمازدگی در پوست میوه بالا بوده در حالیکه پس از آن میزان اتیلن و شدت تنفس با افزایش خسارت دیدگی پوستی کاهش یافته است. میوه هایی که با آب گرم ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ ثانیه تیمار شدند کمترین میزان اتیلن و شدت تنفس را در طی دوره نگهداری نشان دادند. بالاترین میزان تولید اتیلن و شدت تنفس به ترتیب مربوط به میوه هایی بود که با آب گرم ۴۸ و ۵۵ درجه سانتی گراد تیمار شدند (جدول ۲). همانطور که نتایج نشان می دهد میزان اتیلن تولید شده و شدت تنفس میوه هایی که در آب گرم غوطه ور شدند به طور معنی داری تحت تاثیر دمای آب گرم قرار گرفت (جدول ۳). میوه هایی که در آب گرم ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ دقیقه غوطه ور شدند از افزایش میزان اتیلن و شدت تنفس آنها کاسته شد.

جدول ۳- تاثیر غوطه وری میوه در آب گرم به مدت ۲ و ۵ دقیقه بر کیفیت و سطح متابولیت های میوه نارنگی ساتسوما<sup>۱</sup> پس از ۸ هفته نگهداری میوه در دمای ۲ درجه سانتی گراد در مقایسه با میوه های شاهد.

Table3. Influence of hot water immersion treatments on fruit quality and metabolite levels in 'Satsuma' mandarin fruits after 8 weeks storage at 2 °C compared with the control.

| زمان غوطه وری<br>Dipping Time | تیمار<br>Treatments | قند (%)<br>Sugar (%) | اسید (%)<br>Acid (%) | قند به اسید<br>Suagr/<br>Acid | استالدئید<br>(قسمت در<br>میلیون)<br>Acetaldehyde<br>(ppm) | اتانول<br>(قسمت در<br>میلیون)<br>Ethanol<br>(ppm) | تنفس<br>( $\mu\text{l.Kg}^{-1}.\text{S}^{-1}$ )<br>Respiration | اتیلن<br>( $\text{nl.Kg}^{-1}.\text{S}^{-1}$ )<br>Ethylene |
|-------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| شاهد                          | شاهد                | 10.14 c              | 1.42 a               | 7.30 b                        | 3.26 ab                                                   | 5.08 b                                            | 7.5 ab                                                         | 7.85 abc                                                   |
| 2 min                         | 45                  | 10.83 cb             | 1.44 a               | 7.51 b                        | 3.12 ab                                                   | 5.07 b                                            | 7.6 ab                                                         | 10.4 a                                                     |
|                               | 47.5                | 10.51 cb             | 1.50 a               | 7.08 b                        | 3.75 a                                                    | 7.58 a                                            | 7.26 ab                                                        | 5.14 cd                                                    |
|                               | 50                  | 12.52 a              | 1.44 a               | 8.60 a                        | 2.68 bc                                                   | 3.59 cd                                           | 6.69 b                                                         | 2.99 d                                                     |
|                               | 52.5                | 10.75 cb             | 1.39 a               | 7.76 ab                       | 2.93 ab                                                   | 4.63 cb                                           | 8.33 a                                                         | 4.93 cd                                                    |
|                               | 55                  | 10.40 cb             | 1.34 a               | 7.74 ab                       | 2.31 bc                                                   | 3.39 cd                                           | 6.49 b                                                         | 5.36 bcd                                                   |
| 5 min                         | 45                  | 10.55 cb             | 1.49 a               | 7.12 b                        | 2.65 bc                                                   | 3.71 bcd                                          | 7.55 ab                                                        | 7.89 abc                                                   |
|                               | 47.5                | 10.89 cb             | 1.43 a               | 7.72ab                        | 1.78 c                                                    | 2.61 d                                            | 7.98 a                                                         | 10.39 a                                                    |
|                               | 50                  | 10.98 b              | 1.47a                | 7.67 b                        | 2.51 bc                                                   | 3.71 bcd                                          | 8.37 a                                                         | 9.31 a                                                     |
|                               | 52.5                | 10.79 cb             | 1.43 a               | 7.56 b                        | 2.52 bc                                                   | 3.16 cd                                           | 7.33ab                                                         | 8.43 ab                                                    |
|                               | 55                  | 10.24 cb             | 1.39 a               | 7.42 b                        | 2.40 bc                                                   | 3.22 cd                                           | 6.69 b                                                         | 8.93 a                                                     |

† در هر ردیف میانگین ها با حروف یکسان تفاوت معنی داری در ( $P < 1\%$ ) آزمون دانکن ندارند.

† Means with the same letter are not significant at the 1% level of probability using DMRT



## بحث

ایجاد لکه های قهوه ای رنگ و فرورفته در ناحیه دم میوه از نشانه های سرمازدگی در میوه مرکبات می باشد (۸). به طور کلی نشانه های سرمازدگی پس از انتقال میوه ها از سردخانه به مکان گرمتر پدیدار می شود (۲۹) ولی در پژوهش حاضر میوه ها پس از ۴ هفته نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی گراد نشانه های سرمازدگی را نشان دادند که به تدریج تا پایان دوره نگهداری میزان آن افزایش یافت (جدول ۱). میوه هایی که در زیر جریان آب گرم با دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ ثانیه قرار گرفتند در مقایسه با سایر تیمارها باعث انگیزش مقاومت به سرمازدگی بیشتری شد (شکل ۱). این روش همچنین روش سریع و امید بخشی در کنترل آفات و بیماری های میوه های برداشت شده می باشد و همزمان می تواند باعث انگیزش مقاومت به سرمازدگی در میوه ها شود (۲۰). همانطور که نتایج نشان می دهد غوطه ور کردن میوه ها در آب گرم با دمای ۴۷/۵ و ۵۰ درجه سانتی گراد به ترتیب ۵ و ۲ دقیقه از میزان و شدت سرمازدگی پس از ۸ هفته نگهداری در دمای پایین می کاهد (شکل های ۱ و ۲). این نتایج می تواند نتایج قبلی شیرا و دی هالوین<sup>۱</sup> (۲۷) را که نشان دادند آب گرم ۵۰ تا ۵۲ درجه سانتی گراد در میوه های مرکبات اثر کنترل کنندگی موثری بر میزان سرمازدگی دارد، تایید کند. میوه هایی که در آب گرم با دمای بیشتر از ۵۰ درجه سانتی گراد غوطه ور شدند میزان و شدت سرمازدگی کمتری را نشان دادند که می تواند به آسیب دیدگی شدید پوستی در اثر دمای بالا نسبت داده شود و از نظر نشانه های ظاهری به طور کامل متفاوت با نشانه های سرمازدگی بوده است (شکل ۴). تاثیر پذیری تیمار دمایی به دما و طول دوره ای که در برابر تیمار قرار می گیرد و نیز زمان برداشت میوه ها بستگی دارد (۲۹). در این پژوهش ثابت شد که تنها محدوده کوچک دمایی می تواند میزان و شدت سرمازدگی را در میوه های نارنگی رقم 'ساتسوما' کاهش دهد و دمای بالاتر از آن سبب آسیب به بافت پوست می شود. تیمارهای شوک دمایی می توانند انگیزش تحمل به سرمازدگی را از راه سازگاری متقابل در گیاهان ایجاد کنند یعنی وقتی بافتی در برابر تنش ملایم محیطی قرار گیرد انگیزش مقاومت به تنش های محیطی قوی تر که ممکن است سپس رخ دهد در آن بافت صورت گیرد (۲۵). افزون بر این، ساللا و لافونته<sup>۲</sup> (۲۶) گزارش کردند که قرار گرفتن میوه های ارقام حساس نارنگی 'فورچون'<sup>۳</sup> در دمای بالا پیش از نگهداری در سردخانه تحمل به سرمازدگی را از راه تقویت سیستم آنتی اکسیداسیونی افزایش می دهد.

تجمع مواد بی هوازی مثل اتانول و استالدئید در طی نگهداری طولانی مدت (۳) با تغییر در میزان قند و اسید میوه ها همراه می باشد. اگرچه میزان اسیدیته تجمع یافته در میوه های نارنگی رقم 'ساتسوما' به شرایط محیطی وابسته است (۲) ولی میزان آن به واسطه ویژگی تبدیل بالای سیتریک اسید به مواد دیگر در طی انبارداری کاهش می یابد (۱۹). میزان قند محلول میوه ها ممکن است در طی انبارداری اندکی افزایش یابد (۲۳) ولی در پژوهش حاضر افزایش در طول دوره انبارداری با کاهش در میزان قند و اسیدیته میوه ها همراه بود (جدول ۱). نسبت این کاهش در میزان اسیدیته بیشتر از قند بوده در نتیجه باعث افزایش نسبت قند به اسید به ویژه در مقایسه با زمان برداشت گردیده است. اگرچه کاربرد بعضی تیمارها در مرحله پس از برداشت میزان قند و اسید میوه را ممکن است تحت تاثیر قرار گیرد (۵ و ۶).

در این پژوهش هیچگونه تفاوت معنی داری بین میوه های تیمارشده و تیمار شاهد در میزان اسیدیته دیده نشد (جدول های ۲ و ۳).

اثر بخشی دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ دقیقه در حفظ میزان قند بیشتر از سایر تیمارها بوده است (جدول ۲) که با افزایش نسبت قند به اسید باعث بهبود کیفیت خوراکی میوه ها شده است. افزون بر این دیده شد که این تیمارها در کنترل سرمازدگی موثرتر می باشند. ایز و همکاران<sup>(۶)</sup> ثابت کردند که بالا بودن میزان قند در میوه های گریپ فروت تیمار دمایی شده با کاهش سرمازدگی ارتباط دارد. اسیدهای آلی و مواد قندی ممکن است از گوشت به پوست میوه انتقال پیدا کرده و به عنوان پیش ماده برای ساخت آنزیم های از نو<sup>۲</sup> سنتز شده به کار رود و از این راه سبب نگهداری بافت ها در برابر خسارت های ناشی از تنش های محیطی گردد (۳، ۴). تولید اتانول و استالدئید بیانگر اختلال در تنفس هوازی و شروع تنفس بی هوازی است (۵) و این حالت ممکن است در دمای نامناسب پایین در میوه ها رخ دهد. میزان استالدئید و اتانول همزمان با پیدایش نشانه های سرمازدگی در اکثر تیمارها افزایش می یابد (۲۲، ۲۹). پس از ۴ هفته نگهداری میوه در دمای پایین تر از حد بهینه و همزمان با پیدایش نشانه های سرمازدگی در سطح پوست میوه میزان مواد تخمیری افزایش پیدا کرده ولی این مواد در پایان دوره انبارمانی کاهش می یابد که همسو با یافته شیرا (۲۸) نیز می باشد (جدول ۱).

میزان اتیلن و شدت تنفس میوه ها تحت تاثیر دوره انبارمانی قرار گرفت. پس از ۴ هفته نگهداری در دمای ۲ درجه سانتی گراد، تولید اتیلن و شدت تنفس همزمان با پیدایش نشانه های سرمازدگی در پوست به بالاترین میزان خود می رسند، ولی پس از آن با افزایش آسیب دیدگی پوستی در پایان دوره انبارمانی کاهش می یابد (جدول ۱). افزایش در تولید اتیلن و شدت تنفس می تواند شاخص مناسبی برای تعیین آسیب سرمازدگی در میوه های به ظاهر سالم باشد (۱۳، ۲۸). رن و همکاران (۲۴) ثابت کردند که آسیب دیدگی در پوست میوه ممکن است خیلی زودتر از پیدایش نشانه های سرمازدگی رخ دهد که ممکن است با افزایش در شدت تنفس و میزان اتیلن همراه باشد. بنابراین با اندازه گیری شدت تنفس و میزان تولید اتیلن در میوه ها می توان زمان دقیق رخ دادن سرمازدگی را پیش از پیدایش نشانه های سرمازدگی مشخص نمود.

در این پژوهش معلوم گردید که دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ ثانیه یا ۲ دقیقه با کاهش آسیب سرمازدگی و پیشگیری از افزایش تولید اتیلن و شدت تنفس همراه بوده است (جدول ۲). کاهش در شدت تنفس در میوه هایی که در آب گرم ۵۵ درجه سانتی گراد تیمار شدند می تواند به از بین رفتن تعداد زیادی از یاخته های زنده در این دما ارتباط داشته باشد (جدول ۳).

در اصل میوه های خسارت دیده در اثر سرمازدگی یا سوختگی فعالیت متابولیکی بالاتری به منظور ترمیم یاخته های خسارت دیده دارا می باشند (۲۴). میزان اتیلن و شدت تنفس در پایان دوره نگهداری همزمان با افزایش آسیب دیدگی پوستی کاهش یافته که همسو با نتایج کانسو و همکاران<sup>(۱)</sup> می باشد. بنابراین کاهش میزان اتیلن و شدت تنفس در پایان دوره انبارمانی ممکن است به دلیل از بین رفتن تعداد زیادی از یاخته های زنده و پیر شدن بافت

## سپاسگزاری

نگارندگان از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران برای تامین بودجه لازم و نیز از موسسه تحقیقات باغبانی HortResearch نیوزیلند برای تامین امکانات مورد نیاز برای انجام پژوهش تشکر و قدردانی می نمایند.

## REFERANCE

## منابع

1. Concello, A., C. Maria and A.R. Chaves. 2005. Effect of chilling on ethylene production in eggplant fruit. Food Chem. 92: 63-69.
2. Ebel, R.C., W.A. Dozier, B. Hockema, F.M.Woods., R.Thomas and B.S.Welkins. 2004. Fruit quality of Satsuma mandarin grown on the northern coast of Gulf, Mexico. HortScience 39: 979-983.
3. Echeveria, E.D. and J.Valich. 1988. Carbohydrate and enzyme distribution in protoplasts from Valencia orange juice sac. Photochemistry 27: 73-76.
4. Echeverria, E., P.C. Gonzalez and A. Brune. 1997. Characterization of proton and sugar transport at the tonoplast of sweet lime (*Citrus Limmetioides*) juice cells. Physiol. Plant. 101: 291-300.
5. Erkan, M., M. Pekmezci1 and C.Y. Wang. 2005. Hot water and curing treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest quality of 'Valencia' oranges. Inter. J. Food. Sci and Tech. 40: 91-96.
6. Ezz, T.M., M.A. Ritenour and J.K. Brecht. 2004. Hot water and elevated CO<sub>2</sub> effects on proline and other compositional changes in relation to postharvest chilling injury of Marsh Grapefruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci.129:575-582.
7. Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). Postharvest Biol. Tech. 32: 125-134.
8. Hanriods, R.E., M.R. Gibberds and M.T. Treeb. 2005. Storage temperature effects on moisture loss and the developments of chilling injury in lanes late navel orange. Aust. J. Exp. Bot. 45: 453-458.
9. Holland, N., H.C. Menezes and M.T. Lafuente. 2002. Carbohydrates as related to the heat-induced chilling tolerance and respiratory rate of 'Fortune' mandarin fruit harvested at different maturity stages, Postharvest Biol. Tech. 25:181-191.
10. Kader, A.A and M.L. Arpaia. 1992. Postharvest Handling Systems: Subtropical Fruit. Postharvest Technology of Horticultural Crops. Regents Univ. of Cal. Division Agr. Natural Resour. Oakland, CA. 233-240.
11. Kluge, R.A., M. Luiza, L. Jomori, A.P. Jacomino, M. Carolina, D. Vitti and M. Padula. 2003. Intermittent warming in 'Tahiti' lime treated with an ethylene inhibitor. Postharvest Biol. Tech. 29: 195-203.
12. Lafuente, M.T., L. Zacarias, M.A. Martinez-Tellez, M.T. Sanchez-Ballesta A. Granell. 2003. Phenylalanine ammonia-lyase and ethylene in relation to chilling injury as affected by fruit age in citrus. Postharvest Biol. Tech. 29: 308-317.
13. Lederman, I.E., G. Zauberman, A.Weksle, I. Rot and Y. Fuchs. 1997. Ethylene-forming capacity during cold storage and chilling injury development in 'Keitt' mango fruit. Postharvest Biol. Tech. 10:107-112.
14. Lepedu. H.M., I. Jozi, N. Stolfal, B.K. Hackenberger and V. Cesa. 2005. Changes in Peroxidase activity in the peel of unshiu mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with different

- storage treatments Food Technol. Biotechnol. 43: 71–77.
15. Marsh, K.B., Y. Erner., P.G. Gonzalez and E. Echeverria. 2000. The H<sup>+</sup> thranlocating vacuolar pyrophosphatase in acidless citrus cultivars. Proc Inter Soc Citri. IX. 672-673.
  16. Marsh, K.B., A.C. Richardson and E.A. MacRae. 1999. Effect of early and late season temperature on carbohydrate metabolism in Satsuma mandarins. J. Hort. Sci. Biotech 74: 443– 451.
  17. Marsh, K.B., A.C. Richardson and Y. Erner. 2000. Effect of environmental conditions and horticulture practices on citric acid content. Proc. Inter. Soc. Citri. IX. 672-673.
  18. Monselise, S.P. 1986. Handbook of Fruit Set and development. p521–537.
  19. Murata, T. 1977. Studies on the postharvest physiology and storage of citrus fruit. VII. Acid metabolism in Satsuma mandarin fruit during storage. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 46: 283-287.
  20. Porat, R. D. Pavoncello, G. Ben-Hayyim and S. Lurie. 2002. A heat treatment induced the expression of a Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiport gene (cNHX1) in citrus fruit. Plant Sci. 162: 957–963.
  21. Porat, R., D. Pavoncello, J. Peretz, S. Ben-Yehoshua and S. Lurie. 2000. Effects of various heat treatments on the induction of cold tolerance and on the postharvest qualities of ‘Star Ruby’ grapefruit. Postharvest Biol. Tech. 18: 159–165.
  22. Porat, R., B. Weiss, L. Cohen, A. Daus and E. Cohen. 2003. Effect of intermittent warming and temperature conditioning on the postharvest quality of oroblanco citrus fruits following long term cold storage. Hort. Technol. 13: 70-74.
  23. Rapisarda, P., S. Elisabetta Bellomo and S. Intelisano. 2000. Storage temperature effects on blood orange fruit quality. J. Agr. Food. Chem. 49: 3230-3235.
  24. Ren, H.X., Z.L. Wang, X. Chen and Y.L. Zhu. 1999. Antioxidative responses to different altitudes in *Plantago major*. Environ. Exp. Bot. 42: 51–59.
  25. Sabehat, A., D. Weiss, and S. Lurie. 1998. Heat shock proteins and cross tolerance in plants. Physiol. Plant. 103: 437-441.
  26. Sala, J.M and M.T. Lafuente. 1999. Catalase in the heat-induced chilling tolerance of cold-stored hybrid fortune mandarin fruits. J. Agr. Food Chem. 47: 2410–2414.
  27. Schirra, M. and G. D’hallewin. 1997. Storage performance of Fortune mandarins following hot water dips. Postharvest Biol. Tech. 10: 229-238.
  28. Schirra, M. 1992. Behaviour of ‘Star Ruby’ grapefruits under chilling and non-chilling storage temperature. Postharvest Biol. Tech. 2: 315-327.
  29. Schirra, M. and E. Cohen. 1999. Long-term storage of ‘Olinda’ oranges under chilling and intermittent warming temperatures. Postharvest Biol. Tech. 16: 63–69.
  30. Schirra, M., G. D’hallewin, P. Cabras, A. Angioni and V. Luigi Garau. 1998 Seasonal susceptibility of tarocco oranges to chilling injury as affected by hot water and thiabendazole postharvest dip treatments. J. Agr. Food Chem. 46: 1177-1180.
  3. Suni, M., M. Nyman, N.A. Eriksson and L. Bjork. 2000. Carbohydrate composition and content of organic acids in fresh and stored apples. J. Sci. Food. Agr. 80:1538-1544.
  32. Tucker, G.A. 1993. Introduction in Biochemistry of Ripening. Chapman and Hall, London, pp 3- 43.
  33. Wang, C.Y. 1995. Chilling injury in tropical horticultural commodity. HortScience 29: 986-988.
  34. Wang, C.Y. and L. Qi. 1997. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. Postharvest Biol. Tech.10: 195-200.
  35. Woolf, A.B., K.A. Cox, A. Whit and I.B. Ferguson. 2003. Low temperature conditioning treatments reduced external chilling injury of Hass avocado. Postharvest. Biol.Tech. 28: 123-133.

36. 1997. Pretreatments at 38°C of 'Hass' avocado confer thermotolerance to 50 °C hot water treatments. HortScience 32: 705-708.

Archive of SID