نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ص. ۴۹۴-۴۸۸
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 27, No. 4, Winter 2014, P. 488-494
ISSN: 2008 - 4730

تأثیر ۱-متیل‌سیکلوپروپن و کلرید کلسیم بر افزایش طول عمر انباری میوه رسیده سبز زیتون رقم "میشن"

مهدی مکوندی[۱]- سعادت شاهپوری[۲*]- علی اکبر رامین[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۵

چکیده

اثرات تیمارهای ۱-متیل‌سیکلوپروپن و کلرید کلسیم به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر بر تغییرات کیفیت پس از برداشت میوه رسیده سبز زیتون رقم "میشن" مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش بر پایه فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. در طول آزمایش تغییرات شاخص‌های کلروفیل (SPAD)، راندمان کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) و رنگ پوست و همچنین سفتی گوشت میوه مورد بررسی قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد میوه‌های تیمار نشده (شاهد) در مدت ۱۴ روز نرم شدند. این در حالی بود که تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپن از نرم شدن گوشت و توسعه رنگ پوست میوه زیتون جلوگیری کرد. همچنین تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپن اثر ناچیزی بر جلوگیری از کاهش راندمان کوانتومی فتوسیستم II پوست میوه نشان داد. تیمار میوه‌های زیتون به وسیله کلرید کلسیم نرم شدن بافت میوه را به تأخیر انداخت، امّا اثری بر شاخص‌های کلروفیل، راندمان کوانتومی فتوسیستم II و رنگ پوست میوه نداشت. میوه‌های تیمار شده با ترکیب ۱-متیل‌سیکلوپروپن و کلرید کلسیم اثر هم‌افزایی بر جلوگیری از نرم شدن گوشت میوه نشان دادند و با حداقل تغییر رنگ به مدت ۳۵ روز انبامانی، سفت باقی ماندند.

واژه‌های کلیدی: ۱-متیل‌سیکلوپروپن، کلرید کلسیم، زیتون، انبارمانی

مقدمه

درختان تجاری زیتون متعلق به گونه خوراکی زیتون (*Olea europaea* L.) و از خانواده زیتونیان[۴] می‌باشند (۱۵). زیتون از نظر رفتار تنفسی جزء گروه میوه‌های نافرازگرا[۵] است (۲۵). میوه زیتون پس از رسیدن تغییر رنگ داده و از سبز تیره به طرف زرد شدن و سپس به طرف سیاهی می‌رود که این عمل موجب کاهش ترکیبات فنولی مسئول تلخی (اُلئوروپین)، قند و سفتی میوه و به دنبال آن افزایش ترکیبات فنولی مسئول رنگ (آنتوسیانین و فلاونوئیدها) و محتوای روغن میوه می‌گردد. بنابراین زمان برداشت میوه زیتون بسته به نوع مصرف متفاوت است. بدین صورت که جهت مصارف کنسروی بایستی زمانیکه رنگ میوه از سبز تیره به زردی گرائید محصول را برداشت نمود. ولی به‌منظور تهیه روغن نیاز می‌باشد که رنگ میوه تیره و سیاه گردد (۲،۱۶، ۲۱ و ۳۲). در کشور ایران، تولید کنسرو زیتون سبز با فرآوری به روش اسپانیایی متداول می‌باشد. در این روش سفتی گوشت و رنگ سبز پوست میوه به عنوان دو شاخص کیفی مهم جهت فرآوری و تولید کنسرو زیتون در نظر گرفته می‌شود (۲۴). از سوی دیگر مصرف کنندگان زیتون تازه خوری و کارخانجات فرآوری میوه‌هایی با اندازه بزرگ، شکل مناسب، نسبت بالای گوشت به هسته، بافت و رنگ خوب و آسان جدا شدن هسته از گوشت را ترجیح می‌دهند (۲۳). بنابراین بهترین زمان برداشت برای تولید زیتون سبز با فرآوری به روش اسپانیایی، بلافاصله قبل از تغییر رنگ از سبز به قرمز (رسیده سبز) و مرحله‌ای از نمو میوه زیتون است که اندازه میوه، قند و نسبت گوشت به هسته به حداکثر میزان خود رسیده باشد (۲۱). در ایران میوه زیتون برداشت شده جهت فرآوری تا زمان ارسال به کارخانه به صورت توده‌های کوچک در حاشیه باغات نگهداری می‌شود. از سوی دیگر به علت محدودیت ظرفیت کارخانجات در پذیرش محصول، ممکن است میوه‌های ارسال شده به کارخانه مدتی در انبار به صورت توده‌های بزرگ در انتظار فرآوری بمانند که این امر

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموختگان کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(*- نویسنده مسئول: Email: shahpory.2012@yahoo.com)

4- Oleaceae
5- Non-climacteric

موجب افزایش ضایعات و کاهش کیفیت محصول فرآوری شده می‌گردد (۲۹). تحت این شرایط، کاهش اکسیژن ناشی از تنفس میوه‌ها در قسمت درونی توده می‌تواند منجر به تنفس بی‌هوازی و افزایش دما شده که این امر فعالیت آنزیم‌هایی از قبیل سلولاز و گالاکتروناز که مسئول نرمی بافت میوه یا کلروفیلاز که در تغییر رنگ میوه دخالت دارند را تسریع می‌کند (۷). استفاده از انبار سرد در نگهداری میوه زیتون به منظور کاهش فعالیت تنفسی و افزایش عمر انبارمانی با محدودیت‌هایی همراه است زیرا میوه زیتون به دمای پایین‌تر از ۵ درجه سانتیگراد (۴۱ درجه فارنهایت) حساسیت نشان می‌دهد و دچار سرمازدگی می‌گردد (۱۱). یکی از مواد شیمیایی جدیدی که به فهرست گزینه‌های فناوری پس از برداشت در گسترش عمر انبارمانی و حفظ مواد گیاهی افزوده شده، ۱-متیل‌سیکلوپروپن است (۴). مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که ۱-متیل‌سیکلوپروپن در کنار تکنولوژی‌های قدیمی مثل دمای پایین می‌تواند بر کیفیت پس از برداشت میوه‌های نافرازگرا تأثیر بگذارد (۱۳، ۳۱ و ۳۶). مکانیسم عمل ۱-متیل‌سیکلوپروپن در میوه‌های نافرازگرا مبتنی بر کاهش تأثیر اتیلن خارجی و جلوگیری از افزایش تنفس و به تأخیر انداختن آن است. میزان حساسیت بافت میوه به اتیلن خارجی بستگی به تعداد و نوع گیرنده‌های موجود در بافت دارد. هر چه تعداد گیرنده‌های اتیلن کمتر و سرعت باززایی آنها بیشتر باشد، حساسیت بافت میوه به اتیلن موجود در محیط افزایش و در نتیجه میزان تأثیر کاربرد ۱-متیل‌سیکلوپروپن به عنوان تیمار پس از برداشت بیشتر می‌شود. البتّه باید توجه نمود که میزان نفوذ پذیر بودن بافت میوه نیز میزان تأثیر تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴، ۵ و ۲۸). رویکردی که اخیراً بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است، استفاده از ۱-متیل‌سیکلوپروپن به عنوان تیمار ترکیبی با تیمارهایی است که جنبه‌هایی از تغییر کیفیت در زمان رسیدن میوه‌های نافرازگرا را کنترل می‌کنند. تعدادی از مطالعات نشان دادند که ۱-متیل‌سیکلوپروپن زمانی که با دیگر تیمارهای پس از برداشت ترکیب شود اثر هم‌افزایی[1] بر حفظ کیفیت و کنترل زوال دارد (۲۸). آگوآیو و همکاران (۱) بیان نمودند که تیمار ترکیبی ۱-متیل‌سیکلوپروپن ($1\ \mu l\ l^{-1}$) به مدت ۲۴ ساعت در دمای $5\ ^{o}C$)، غوطه‌وری در کلرید کلسیم (۱٪ به مدت ۲ دقیقه) و اتمسفر تغییر یافته اثر هم‌افزایی بر کاهش نرمی بافت و حفظ کیفیت بصری میوه توت‌فرنگی داشت. مائو و همکاران (۱۸) هندوانه‌های بدون بذر سالم را در ۱۰ میکرولیتر در لیتر، ۱-متیل‌سیکلوپروپن نگهداری کرده و قطعات استوانه‌ای بدست آمده را با کلرید کلسیم ۲ درصد آبکشی نمودند. آنها متوجه شدند که ترکیب ۱-متیل‌سیکلوپروپن (1-MCP) و کلرید کلسیم ($CaCl_2$) فرآیند رسیدن را کند می‌کند، که به وسیله سفتی بالاتر بافت و فعالیت کمتر آنزیم‌های لیپولایتیک نسبت به شاهد نشان داده شد.

با توجه به اینکه ظرفیت و تعداد کارخانه‌جات فرآوری محصول زیتون در ایران محدود است و برداشت زیتون جهت تولید کنسرو زیتون سبز با هزینه گارگری بالا و در زمانی کوتاه صورت می‌گیرد، لذا مطالعه حاضر با هدف کاهش ضایعات محصول انبار شده و نگهداری آن به صورتیکه از کیفیت محصول تا زمان ارسال به کارخانه کاسته نشود، بر روی یکی از ارقام تجاری زیتون کنسروی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور جلوگیری از افزایش ضایعات و کاهش کیفیت پس از برداشت میوه زیتون رسیده سبز در طول مدت نگهداری میوه‌ها در انبار تا زمان فرآوری محصول در کارخانه، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار شامل ۳ بسته ۲۰ تایی زیتون) در آزمایشگاه پس از برداشت گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان بر روی میوه زیتون رقم "میشن" انجام پذیرفت. در این آزمایش فاکتور اوّل: تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپن در دو سطح (صفر و ۲ میکرولیتر در لیتر)، فاکتور دوّم: تیمار کلرید کلسیم در سه سطح (صفر، ۱/۵ و ۳ درصد) و فاکتور سوّم: زمان نمونه‌برداری در پنج سطح (هر هفته یکبار) بود. در سال قبل از انجام آزمایش با بررسی اندازه و خصوصیات بصری میوه‌ها در باغ سازگاری دانشکده، زمان رسیدن میوه به حداکثر اندازه و بافت مناسب مشخص گردید. در سال انجام آزمایش میوه‌های زیتون در زمان مقرر و در مرحله‌ی نموی سبز مایل به زرد و اوایل شروع تغییر رنگ (رسیده سبز) به دقت و به طور یکنواخت از سرتاسر تاج درختانی که قبلاً انتخاب شده بودند، برداشت گردیدند. میوه‌های برداشت شده را به دو قسمت تقسیم کرده و نیمی از آنها در دسیکاتورهای مجهز به فن به مدت ۲۴ ساعت در معرض تیمار با ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن و نیم دیگر تحت جریان هوا قرار گرفتند. پس از تیمار با ۱-متیل‌سیکلوپروپن، هر دو گروه به سه دسته تقسیم شدند و در محلول کلرید کلسیم (به مدت ۶ دقیقه) با غلظت‌های مختلف غوطه‌ور گردیدند. سپس تمامی تیمارها را به اتاقی با دمای ۲±۲۰ و رطوبت نسبی ۷۵-۷۰ درصد منتقل کرده و تا پایان آزمایش در آنجا نگهداری شدند. در طول آزمایش، به طور هفتگی صفات مورد مطالعه در این پژوهش شامل: شاخص‌های کلروفیل (SPAD)، راندمان کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)، رنگ پوست میوه و سفتی گوشت میوه‌ها اندازه‌گیری می‌گردید. در هر نوبت تعداد ۳ عدد میوه از هر بسته خارج می‌شد که در نتیجه برای هر صفت در هر اندازه‌گیری ۱۶۲ میوه مورد ارزیابی قرار می‌گرفت. سنجش شاخص کلروفیل پوست میوه‌ها توسط دستگاه کلروفیل‌سنج دستی [مدل CL-01] و راندمان کوانتومی فتوسیستم II به وسیله دستگاه فلورسانس کلروفیل

1- Synergistic

[مدل RS 232]، (هر دو ساخت شرکت Hansatech instruments Ltd، کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. رنگ پوست میوه زیتون به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر انعکاسی-انتقالی و در سیستم CIE ارزیابی گردید. در این سیستم مقادیر منفی (a^*) نشان دهنده سبزی رنگ و مقادیر مثبت نشان‌دهنده قرمزی رنگ و به همین ترتیب مقادیر منفی شاخص (b) نشان دهنده رنگ آبی و مقادیر مثبت شاخص (b) بیانگر زردی رنگ است. مقدار عددی شاخص L^* رنگ برای تعیین روشنی و تیرگی رنگ به کار می‌رود. برای ثبت سفتی گوشت میوه از فشارسنج دستی [مدل Mc Cormic-FT 327] با قطر ۵ میلیمتر، ساخت کشور ایتالیا استفاده شد. در پایان پژوهش داده‌ها توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل پوست میوه

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار در این پژوهش مشخص گردید که ۱-متیل‌سیکلوپروپن به تنهایی یا در ترکیب با غلظت‌های مختلف کلرید کلسیم (۱/۵ و ۳ درصد) به طور معنی‌داری نسبت به شاهد از کاهش شاخص کلروفیل پوست میوه زیتون جلوگیری کرده است. آنچنان که سه تیمار ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن، ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن + ۱/۵ درصد کلرید کلسیم و ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن + ۳ درصد کلرید کلسیم بالاترین میانگین شاخص کلروفیل پوست میوه را در طول آزمایش دارا بودند و بین این تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد یافت نشد (جدول ۱).

در این آزمایش بین میانگین شاخص کلروفیل پوست میوه‌های تیمار شده با ۱-متیل‌سیکلوپروپن و آنهایی که تیمار نشده بودند اختلاف معنی‌داری یافت شد و مشخص گردید کاربرد ۱-متیل‌سیکلوپروپن کلروفیل را به میزان بالاتری نسبت به شاهد حفظ کرده بود، که این بدین معنی می‌باشد که ماده ۱-متیل‌سیکلوپروپن سبب شده است که از تجزیه کلروفیل پوست میوه جلوگیری شود (جدول۲). ماسولو و همکاران (۱۹) بیان نمودند که کاربرد ۱-متیل‌سیکلوپروپن (۱ میکرولیتر در لیتر به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۲۰ ^oC) موجب حفظ محتوای کلروفیل و به تأخیر افتادن فرآیند تجزیه کلروفیل و در نتیجه سبزتر ماندن کاسبرگ میوه نافرازگرای بادمجان به مدت طولانی‌تری نسبت به شاهد می‌شود. در پژوهش دیگری بر روی لیمو مشخص گردید که ۱-متیل‌سیکلوپروپن با به تأخیر انداختن فعالیت آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیدازهای تجزیه کننده کلروفیل پوست موجب حفظ سبزی پوست میوه می‌گردد (۳۵).

بررسی تأثیر کاربرد کلرید کلسیم بر حفظ کلروفیل پوست میوه زیتون بیانگر این است که به طور کلی کلسیم اثری بر شاخص کلروفیل پوست میوه‌ها ندارد (جدول ۳). نتیجه بدست آمده در این آزمایش با یافته‌های قبلی مطابقت داشت. نتایج نشان داده که اسپری کلرید کلسیم بر روی برگ‌ها و میوه زیتون رقم "کنسروالیا" اثری بر میزان کلروفیل ندارد (۳۳).

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر تیمارهای ۱-متیل‌سیکلوپروپن و کلرید کلسیم به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر بر تغییرات کیفیت پس از برداشت میوه زیتون رقم "میشن"

تیمار	شاخص‌های پوست					گوشت
	کلروفیل (SPAD)	راندمان کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)	رنگ			سفتی (Kg/cm^{-2})
			L^*	a^*	b	
شاهد	۱۲/۰۱ b†	۰/۶۴۷ c	۵۲/۱۶ bc	-۲/۴۸ a	۳۴/۲۱ c	۱/۱۱ f
٪ ۱/۵ $CaCl_2$	۱۲/۵۵ b	۰/۶۵۷ c	۵۱/۶۷ bc	-۲/۸۴ a	۳۴/۹۲ bc	۱/۶۸ d
٪ ۳ $CaCl_2$	۱۲/۹۲ b	۰/۶۶۲ bc	۵۱/۲۴ c	-۳/۲۴ a	۳۶/۲۷ abc	۲/۰۱ b
۲ µl l^{-1} 1-MCP	۱۶/۶۵ a	۰/۶۷۷ abc	۵۴/۰۷ a	-۶/۴۷ b	۳۶/۳۵ abc	۱/۳۶ e
٪ ۱/۵ $CaCl_2$ + ۲ µl l^{-1} 1-MCP	۱۷/۳۳ a	۰/۷۰۱ a	۵۳/۸۳ a	-۶/۶۳ b	۳۷/۰۵ ab	۱/۸۰ c
٪ ۳ $CaCl_2$ + ۲ µl l^{-1} 1-MCP	۱۷/۱۰ a	۰/۶۹۲ ab	۵۳/۲۷ ab	-۶/۶۸ b	۳۷/۸۱ a	۲/۲۰ a
LSD (P< % ۵)	۱/۰۳	۰/۰۳	۱/۶۲	۱/۳۶	۲/۲۲	۰/۰۶

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپن بر خصوصیات کیفی میوه زیتون رقم "میشن" در طول انبارمانی

1-MCP	شاخص‌های پوست					گوشت
	کلروفیل (SPAD)	راندمان کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)	رنگ			سفتی
			L^*	a^*	b	(Kg/cm^{-2})
صفر	۱۲/۴۹ b†	۰/۶۵۶ b	۵۱/۶۹ b	−۲/۸۵ a	۳۵/۱۳ b	۱/۶۰ b
۲ µl l^{-1}	۱۷/۰۳ a	۰/۶۹۰ a	۵۳/۷۲ a	−۶/۵۹ b	۳۷/۰۷ a	۱/۷۹ a
LSD (P< % ۵)	۰/۵۸	۰/۰۱	۰/۹۰	۰/۷۵	۱/۲۳	۰/۰۴

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمار با کلرید کلسیم بر خصوصیات کیفی میوه زیتون رقم "میشن" در طول انبارمانی

$CaCl_2$	شاخص‌های پوست					گوشت
	کلروفیل (SPAD)	راندمان کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)	رنگ			سفتی
			L^*	a^*	b	(Kg/cm^{-2})
صفر	۱۴/۳۳ a†	۰/۶۶۲ a	۵۳/۱۲ a	−۴/۴۷ a	۳۵/۲۸ b	۱/۲۳ c
٪ ۱/۵	۱۴/۹۴ a	۰/۶۷۹ a	۵۲/۷۵ a	−۴/۷۳ a	۳۵/۹۹ ab	۱/۷۴ b
٪ ۳	۱۵/۰۱ a	۰/۶۷۷ a	۵۲/۲۵ a	−۴/۹۶ a	۳۷/۰۴ a	۲/۱۰ a
LSD (P< % ۵)	۰/۷۱	۰/۰۲	۱/۱۰	۰/۹۱	۱/۵۱	۰/۰۵

† در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

شاخص راندمان کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) پوست میوه

در این پژوهش، شاخص راندمان کوانتومی فتوسیستم II پوست میوه زیتون به منظور مطالعه اثر تنش‌های مختلف بر راندمان فتوسنتز بررسی شد. راندمان کوانتومی فتوسیستم II یا نسبت Fv/Fm، حداکثر عملکرد کوانتومی واکنش فتوشیمیایی فتوسیستم II را نشان می‌دهد و یک پارامتر مهم برای تعیین وضعیت دستگاه فتوسنتزی می‌باشد. تنش‌های محیطی که کارایی فتوسیستم II را تحت تأثیر قرار می‌دهند، باعث کاهش نسبت Fv/Fm می‌شوند (۱۲). کاهش نسبت Fv/Fm نشان دهنده کاهش جریان الکترون در فتوسیستم II و در نتیجه کاهش انرژی و ATP است (۲۶). نتایج این پژوهش نشان داد که میوه‌های تیمار شده با ترکیب ۲ میکرولیتر در لیتر ۱- متیل‌سیکلوپروپن + کلرید کلسیم ۱/۵ درصد، در طول مدت نگهداری در انبار نسبت Fv/Fm بالاتری را در مقایسه با شاهد دارا بودند، امّا بین این تیمار و تیمارهای ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن و ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن + کلرید کلسیم ۳ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول۱). بررسی اثر تیمار ۱- متیل‌سیکلوپروپن بر تغییرات نسبت Fv/Fm در کل تیمارها نشان داد که ۱-متیل‌سیکلوپروپن از کاهش شاخص راندمان کوانتومی فتوسیستم II و در نتیجه افزایش تنش وارده به پوست میوه‌ها در طول دوره انبارمانی جلوگیری کرده است (جدول۲). امّا با توجه به جدول ۱ به نظر می‌رسد که ۱-متیل‌سیکلوپروپن اثر چندانی بر جلوگیری از کاهش نسبت Fv/Fm ندارد. آزمایشات متعدد بر روی کلروفیل فلورسانس پوست میوه سیب بر این اشاره دارد که اتیلن نقش بسیار کوچکی در کاهش کارکرد کلروپلاست دارد و عمل کلروپلاست مستقل از عمل اتیلن است. به واسطه این یافته ۱-متیل‌سیکلوپروپن را از داشتن اثر برجسته بر جلوگیری از کاهش راندمان کوانتومی فتوسیستم II باز می‌دارد (۸ و ۲۲). همچنین اثر کلرید کلسیم بر تغییرات نسبت Fv/Fm در کل تیمارها نشان داد که کلرید کلسیم اثری بر راندمان کوانتومی فتوسیستم II پوست میوه زیتون رقم "میشن" ندارد (جدول ۳).

شاخص‌های رنگ پوست میوه

رنگ پوست میوه زیتون یکی از مهمترین شاخص‌های زمان رسیدن میوه و برداشت می‌باشد (۳). نتایج مقایسه میانگین اثر کاربرد ۱-متیل‌سیکلوپروپن، کلرید کلسیم و ترکیب آنها بر تغییرات رنگ پوست میوه زیتون در طی دوره انبارمانی بیانگر این بود که تیمارهای حاوی ۱-متیل‌سیکلوپروپن صرف‌نظر از ترکیب یا عدم ترکیب آنها با کلرید کلسیم بالاترین میانگین روشنایی (L^*) و شاخص آبی-زردی (b) رنگ و کمترین میانگین شاخص سبزی-قرمزی رنگ (a^*) را نسبت به سایر تیمارها داشتند و بین میانگین این سه تیمار اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد وجود ندارد (جدول ۱). این یافته با نتایج رئوک و همکاران (۳۰) مطابقت دارد. آنها نشان دادند که ۱- متیل‌سیکلوپروپن از توسعه رنگ قرمز و کاهش شاخص‌های L^* و b رنگ و در نتیجه قهوه‌ای شدن پریکارپ میوه سبز لیچی جلوگیری

نمود. کاربرد ۱-متیل‌سیکلوپروپن نشان داد که ۱-متیل‌سیکلوپروپن توانسته بود قرمز شدن (میزان a^* بالاتر)، کاهش زردی (میزان b پایین‌تر) و افزایش تیرگی (میزان L^* پایین‌تر) پوست میوه زیتون را به تأخیر بیندازد و به طور کلی از توسعه رنگ و بلوغ میوه جلوگیری کند (جدول۲). میوه نافرازگرای زیتون جزء میوه‌های با حساسیت متوسط نسبت به اتیلن خارجی است و مقادیر اتیلن بالاتر از ۱ میکرولیتر در لیتر به همراه دمای بالای محیط نگهداری آن موجب افزایش سرعت تنفس و تغییر رنگ آن می‌گردد (۱۶ و ۲۰). از سوی دیگر اگرچه در میوه‌های نافرازگرا، از قبیل زیتون، تنها سیستم ۱ برای تولید اتیلن با میزان پایین وجود دارد، امّا این بدان معنی نیست که اتیلن در بلوغ این نوع از میوه‌ها دخالت ندارد (۳۴). کاربرد ۱-متیل‌سیکلوپروپن در کنار محدود کردن اثر اتیلن، با به تأخیر انداختن افزایش میزان تنفس، زمان توسعه رنگ در میوه‌های تیمار شده با ۱-متیل‌سیکلوپروپن را به تعویق می‌اندازد (۱۰). عامل توسعه رنگ قرمز در پوست میوه زیتون آنتوسیانین‌ها هستند (۱۶ و ۲۱). متداولترین آنتوسیانین‌ها در تولید رنگ قرمز زیتون سیانیدین-۳-گلوکوزید و سیانیدین-۳- روتینوزید می‌باشند (۱۶). جیانگ و همکاران (۹) بیان نمودند که ۱-متیل‌سیکلوپروپن با کاهش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز، از تولید آنتوسیانین‌ها جلوگیری می‌کند. برخلاف ۱-متیل‌سیکلوپروپن، کلرید کلسیم در هیچ یک از غلظت‌های استفاده شده اثر معنی‌داری بر روی شاخص‌های L^* و a^* رنگ نشان نداد، امّا موجب زردی بیشتر رنگ پوست میوه نسبت به شاهد شد (جدول۳). مشخص گردیده که اسپری پیش از برداشت کلرید کلسیم بر میوه‌های زیتون رقم "کنسروالیا" اثری بر میزان تولید اتیلن و تنفس میوه‌ها در طول انبارداری ندارد. در نتیجه کلرید کلسیم اثر معنی‌داری بر هیچ یک از شاخص‌های رنگ اندازه‌گیری شده به غیر از خلوص رنگ پوست (C^*) میوه نشان نمی‌دهد (۳۳). کاربرد پس از برداشت هر دو ماده ۱-متیل‌سیکلوپروپن و کلرید کلسیم بر روی میوه زیتون موجب افزایش زردی رنگ زمینه پوست میوه‌های انبار شده گردید. امّا از آنجایی که اثر ترکیبی ۱-متیل‌سیکلوپروپن و کلرید کلسیم در تغییر شاخص آبی-زردی (b) رنگ پوست میوه نسبت به تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپن به تنهایی معنی‌دار نبود، بنابراین این دو تیمار بر روی زردی رنگ پوست میوه اثر هم‌افزایی نداشتند (جدول ۱).

سفتی بافت میوه

بافت یا سفتی گوشت میوه یکی از اصلی‌ترین صفات کیفی میوه زیتون جهت فرآوری می‌باشد. مافرا و همکاران (۱۷) بیان نمودند که مرحله رسیدن میوه زیتون عامل تعیین کننده‌ای برای تولید یک محصول با سفتی بافت مناسب می‌باشد. زیرا کاهش در سفتی بافت بعد از فرآوری بیشتر می‌گردد. اثرات تیمار بر روی هم رفته در کل آزمایش نشان داد که هم ۱-متیل‌سیکلوپروپن و هم کلرید کلسیم باعث حفظ سفتی گوشت میوه زیتون رقم "میشن" به مقدار بیشتری نسبت به میوه‌های شاهد گردیدند و با افزایش سطوح غلظت ماده کلرید کلسیم بر میانگین سفتی بافت میوه افزوده شد (جدول۲ و ۳). اثرات سفتی بافت مربوط به کلسیم معمولاً به وسیله تأثیر کلسیم بر ترکیب دیواره سلولی و تیغه میانی توضیح داده می‌شود. مخصوصاً در دیواره سلولی زیتون که اُلیگوگالاکترونیدها به وسیله کلسیم نگهداری می‌شوند و پکتین پلی‌ساکاریدها به عنوان پل کلسیمی چند وجهی وجود دارند (۶). اندازه‌گیری کسر پکتین در زیتون‌های رقم "کنسروالیا" نشان داد که تیمار کلرید کلسیم محتوای پکتات کلسیم بافت میوه‌های تیمار شده را افزایش و میزان پکتین قابل حل را کاهش می‌دهد. این در حالی است که تأثیری بر سطوح پروتوپکتین ندارد. در نتیجه تیمار کلرید کلسیم از نرم شدن بافت میوه زیتون جلوگیری می‌کند (۳۳). همانگونه که از نتایج جدول ۱ بر می‌آید، تیمار ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن به علاوه کلرید کلسیم ۳ درصد نسبت به سایر تیمارها به طور مؤثرتری از کاهش سفتی و درنتیجه نرم شدن بافت میوه‌ها در طول انبارمانی جلوگیری کرد. بنابراین اثر ترکیبی تیمار ۱-متیل‌سیکلوپروپن و تیمار کلرید کلسیم باعث حفظ سفتی میوه به مقدار بیشتری نسبت به شاهد یا هر کدام از آن تیمارها به تنهایی شد. به نظر می‌رسد که ترکیب این دو تیمار روی هم اثر هم‌افزایی دارد. این یافته با نتایج بدست آمده بر روی میوه نافرازگرای عناب مطابقت داشت (۱۴). لی و همکاران (۱۴) اظهار داشتند که ترکیب تیمار پس از برداشت ۱ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن + کلرید کلسیم ۱ درصد، اثر هم‌افزایی بر کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز در بافت میوه عناب رسیده سبز و در نتیجه به تأخیر انداختن زمان نرم شدن میوه دارد. در پژوهش دیگری بر روی میوه پاپایا مشخص گردید که ۱-متیل‌سیکلوپروپن در ترکیب با غوطه‌وری در کلرید کلسیم علاوه بر کاهش فعالیت آنزیم پلی‌گالاکتروناز، با کاهش محتوای پکتین قابل حل و فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز از نرم شدن بافت میوه جلوگیری می‌کند و این دو تیمار در ترکیب با هم اثر هم‌افزایی دارند (۲۷).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به کارایی ترکیب ۲ میکرولیتر در لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن به علاوه کلرید کلسیم ۳ درصد، در حفظ رنگ سبز پوست و جلوگیری از نرم شدن بافت میوه زیتون در طی دوره انبارمانی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد، همچنین سهولت کاربرد و سمی نبودن این ترکیب برای محیط زیست و انسان، می‌توان از این ترکیب به عنوان یک تیمار کارآمد جهت کاهش ضایعات محصول زیتون انبارشده در مرحله پس از برداشت و تا زمان ارسال به

کارخانه‌های فرآوری، استفاده نمود.

منابع

1- Aguayo E., Jansasithorn R. and Kader A.A. 2006. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip, and/or atmospheric modification on quality changes in fresh-cut strawberries. Postharvest Biology and Technology, 40: 269-278.

2- Amiot M.J., Fleuriet, A. and Macheix J.J. 1989. Accumulation of oleuropein derivatives during olive maturation. Phytochemistry, 28: 67-69.

3- Baccouri B., Zarrouk W., Krichene, D. and Nouairi I. 2007. Influence of fruit ripening and crop yield on chemical properties of virgin olive oils from seven selected oleasters (*Olea europea* L.), Journal of Agronomy, 6 (3): 388-396.

4- Blankenship S.M. and Dole J.M. 2003. 1-Methylecyclopropene: A review, Postharvest Biology and Technology, 28: 1-25.

5- Burns J.K. 2008. 1-Methylcyclopropene applications in preharvest systems: focus on citrus, HortScience, 43 (1): 112-114.

6- Ferreira J.A., Mafra I., Soares M.R., Evtuguin, D.V. and Coimbra M.A. 2006. Dimeric calcium complexes of arabin-rich pectic polysaccharides from *Olea europaea* L. cell walls. Journal of Carbohydrate Polymers, 65: 535-543.

7- Garcia, J.M. and Yousfi K. 2006. The postharvest of mill olives. Journal of Grasas Y Aceites, 57: 16-24.

8- Jayanty S.S., Canoles, M. and Beaudry R.M. 2004. Concentration dependence of 'Redchief Delicious' apple fruit softening and chlorophyll fluorescence to repeated doses of 1-methylcyclopropene. Journal of the American Society for Horticultural Science, 129 (5): 760-765.

9- Jiang Y., Joyce, D.C. and Terry L.A. 2001. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay. Postharvest Biology and Technology, 23: 227-232.

10- Jomori M.L.L., Kluge R.A. and Jacomino A.P. 2003. Cold storage of 'Tahiti' lime treated with 1-methylcyclopropene. Scientia Agricola, 60 (4): 785-788.

11- Kader A.A., Nanos, G.D. and Kerbel E.L. 1990. Storage potential of fresh 'Manzanillo' olives. California Agriculture, 40: 23-24.

12- Krause, G.H. and Weis E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics, Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 42: 313-349.

13- Ku V.V.V., Wills, R.B.H. and Ben Yehoshua S. 1999. 1-MCP can differentially affect the postharvest life of strawberries exposed to ethylene. HortScience, 34: 119-120.

14- Li L., Ban Z., Li, X. and Xue T. 2011. Effect of 1-methylcyclopropene and calcium chloride treatments on quality maintenance of 'Lingwu Long' Jujube fruit. Journal of Food Science and Technology, 1-7.

15- Liphschitz N., Gophna R., Hartman, M. and Biger G. 1991. The beginnings of olive (*Olea europaea* L.) cultivation in the old world. Journal of Archaeology Science, 18: 441-453.

16- Luh B.S., Ferguson L., Kader, A.A. and Barrett D. 1999. Processing California olives. Processing the Crop, 145-155.

17- Mafra I., Barros, A.S. and Coimbra M.A. 2007. The combined effects of black oxidizing table olive process and ripening on the cell wall polysaccharides of olive pulp. Journal of Carbohydrate Polymers, 68: 647-657.

18- Mao L.C., Que, F. and Donald H.J. 2004. 1-Methylcyclopropene and $CaCl_2$ treatments affect lipolytic enzymes in fresh-cut watermelon fruit. Acta Botanica Sinica, 46: 1402-1407.

19- Massolo J.F., Concellon A., Chaves, A.R. and Vicente A.R. 2011. 1-Methylecyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit. Postharvest Biology and Technology, 59: 10-15.

20- Maxie E.C., Catlin P.B. and Hartmann H.T. 1960. Respiration and ripening of olive fruits. Journal of the American Society for Horticultural Science, 75: 275-291.

21- Menz G. and Vriesekoop F. 2010. Physical and chemical changes during the maturation of Gordal Sevillana olives (*Olea europaea* L., cv. Gordal Sevillana). Journal of Agriculture and Food Chemistry, 58: 4934-4938.

22- Mir N.A., Curell E., Khan N., Whitaker, M. and Beaudry R.M. 2001. Harvest maturity, storage temperature, and 1-MCP application frequency alter firmness retention and chlorophyll fluorescence of 'Redchief Delicious' apple. Journal of the American Society for Horticultural Science, 126 (5): 618-624.

23- Morales Sillero A., Jimenez R., Fernandez J.E., Troncoso, A. and Rejano L. 2008. Effect of fertigation on the 'Manzanilla de Sevilla' table olive quality before and after ''Spanish-style'' green processing. HortScience, 43 (1): 153-158.

24- Nanos G.D., Thomai T., Sfakiotakis E.M. and Fitsios N. 1999. Maturity indices for green olives destined to be processed as 'Spanish-style' olives. Acta Horticulturae, 474: 521-524.

25- Nanos G.D., Agtsidou, E. and Sfakiotakis E.M. 2002. Temperature and propylene effects on ripening of green and black 'Conservolea' olives. HortScience, 37 (7): 1079-1081.

26- Netto A., Campostrini E., Oliveira J. and Esmit R. 2005. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll fluorescence and SPAD-502 reading in coffee leaves. Scientia Horticulturae, 104: 199-209.
27- Nimitkeatkai H., Kakaew P., Puthmee T. and Kanlayanarat S. 2009. Combined effects of 1-methylcyclopropene, calcium chloride dip and heat treatment on cell wall components of fresh-cut ripe papaya. Acta Horticulturae, 837: 155-160.
28- Peter M. and Toivonen A. 2008. Application of 1-methylcyclopropene in Fresh-cut/Minimal Processing Systems. HortScience, 43 (1): 102-105.
29- Ramin A.A. 2007. Effects of storage temperatures and 1-MCP treatment on postharvest quality of green olives. Journal of Fruits, 62: 1-9.
30- Reuck K.D., Sivakumar D. and Korsten L. 2009. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage. Postharvest Biology and Technology, 1: 1-7.
31- Selvarajah S., Bauchot A.D. and John P. 2001. Internal browning in cold-storage pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. Postharvest Biology and Technology, 23 (2): 167-170.
32- Shulman Y., Erez, A. and Lavee S. 1974. Delay in ripening of picked olives due to ethylene treatments. Scientia Horticulturae, 2: 21-27.
33- Tsantili E., Christopoulos M.V., Pontikis C.A., Kaltsikes P., Kallianou, C. and Komaitis M. 2008. Texture and other quality attributes in olives and leaf characteristics after pre-harvest calcium chloride sprays. HortScience, 34 (6): 1852-1856.
34- Wills R.B.H., Ku V.V.V., Shohet, D. and Kim G.H. 1999. Importance of low ethylene levels to delay senescence of non-climacteric fruit and vegetables. Australian Journal of Experimental Agriculture, 39: 221-224.
35- Win T.O., Srilaong V., Heyes J., Kyu, K.L. and Kanlayanarat S. 2006. Effects of different concentrations of 1-MCP on the yellowing of West Indian Lime (*Citrus aurantifolia*, Swingle) fruit. Postharvest Biology and Technology, 42 (1): 23-30.
36- Yang Q., Wang L., Li F., Ma, J. and Zhang Z. 2011. Impact of 1-MCP on postharvest quality of sweet cherry during cold storage. Journal of Frontiers of Agriculture in China, 5 (4): 631-636.