

کاربرد ۱- متیل سیکلوپروپن در حفظ کیفیت و کاهش ضایعات انباری میوه‌ها

فروغ شواخی^{۱*} و فرزاد آزاد شهرکی^۲

۱ و ۲: استادیار مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

بیان مسئله و اهمیت موضوع

ضایعات زیاد میوه‌ها و سبزی‌ها در مرحله برداشت تا مصرف، یکی از مشکلات بزرگ بخش کشاورزی کشور است. مقدار این ضایعات بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کل تولید تخمین زده می‌شود. هورمون گیاهی اتیلن، دارای مزایا و معایبی است. از جمله مزایای اتیلن، تحریک فرآیند رسیدن در میوه‌های فرازگرا است که به نوبه خود به بهبود طعم، رنگ و بافت مورد پسند در آن‌ها منجر می‌شود. جنبه‌های منفی اتیلن در فرآیندهای پس از برداشت میوه مشاهده می‌شود که باعث رسیدن سریع و بیش از حد میوه و در نهایت، از دست رفتن کیفیت میوه می‌شود. در برخی از میوه‌ها، در اواخر مرحله بلوغ و طی رسیدن، یک افزایش مجدد یا قله تنفسی ایجاد می‌شود که اصطلاحاً این میوه‌ها را فرازگرا^۱ می‌گویند. میوه‌هایی که با افزایش طول عمر، کاهش مداوم در تنفس داشته و دارای قله تنفسی نیستند را نافرزگرا^۲ می‌نامند. حساسیت این دو گروه نسبت به گاز اتیلن متفاوت است. میوه‌های فرازگرا مثل سیب، کیوی و هلو عموماً مقدار بالایی اتیلن تولید می‌کنند و به این هورمون بسیار حساس هستند. بعضی از میوه‌های نافرزگرا مانند توت‌فرنگی میزان اتیلن کمی تولید می‌کنند، اما به مقادیر اندک اتیلن نیز واکنش نشان می‌دهند. بیشتر میوه‌های نافرزگرا (گیلاس، توت‌ها، انگور، آناناس، فلفل) اتیلن کمی تولید می‌کنند و حساسیت پایینی نسبت به این گاز دارند. برای جلوگیری از اثرات مخرب اتیلن بر ماندگاری میوه‌ها و افزایش قابلیت نگهداری آن‌ها، می‌بایست از تولید اتیلن جلوگیری یا آن را از دسترس گیاه خارج کرد. برای این منظور، از ترکیبات مختلفی نظیر جاذب‌های اتیلن (کربن فعال، زئولیت)، اکسیدکننده‌های اتیلن و همچنین مسدودکننده گیرنده‌های اتیلن مانند ۱- متیل سیکلوپروپن (C_3H_6) استفاده می‌شود. پرمنگنات پتاسیم از اکسیدکننده‌های اتیلنی است که به علت خاصیت سمی زیاد نمی‌توان آن را مستقیماً در تماس با مواد غذایی قرار داد. گاز ازن نیز به شدت ناپایدار بوده و حفظ غلظت ثابتی از آن در هوای انبار یا آب غیرممکن و سمیت آن همیشه مسئله برانگیز است.

۱- متیل سیکلوپروپن دارای قابلیت اتصال به گیرنده‌های اتیلن بوده و از تولید اتیلن جلوگیری می‌کند. این ماده اولین بار به صورت پودر و با نام تجاری اتیل بلاک^۳ در تیماردهی گیاهان زینتی برای جلوگیری یا کاهش خسارت‌های ناشی از تولید هورمون اتیلن استفاده شد و در سال ۱۹۹۹ میلادی توسط سازمان حفاظت از محیط‌زیست آمریکا مورد تأیید قرار گرفت. از سال ۲۰۰۲ میلادی، ۱- متیل سیکلوپروپن به عنوان ترکیبی مفید برای حفاظت محصولات باغی از آثار مخرب اتیلن برای بسیاری از محصولات فرازگرا و نافرزگرا به کار رفته است. در حال حاضر، این ترکیب به شکل

* نگارنده مسئول: f.shavakhi@areo.ac.ir

¹ Climacteric
² Non Climacteric
³ Ethylbloc

پودر، قرص، اسپری و نیز ساشه‌ها (بسته‌ها)یی که به صورت کنترل شده ۱- متیل‌سیکلوپروپین آزاد می‌کنند، با نام تجاری اسمارت فرش^۱ به بازار عرضه می‌شود (شکل ۱).



ج



ب



الف

شکل ۱- ترکیب ۱- متیل‌سیکلوپروپین به شکل پودر (الف)، قرص (ب)، ساشه (ج)

از جمله مهم‌ترین محصولات فرازگرایی که کاربرد موفق ۱- متیل‌سیکلوپروپین بر حفظ کیفیت آن‌ها گزارش شده است، می‌توان به سیب، زردآلو، آوکادو، موز، تمشک آبی، کیوی، انجیر، انبه، پاپایا، هلو، گلابی، خرمالو، آلو، خربزه، شلیل و گوجه‌فرنگی اشاره کرد. همچنین، پژوهش‌های متعددی در زمینه کاربرد ۱- متیل‌سیکلوپروپین در میوه‌های نافرازگرا (گیلاس، خیار، انگور، گریپ‌فروت، لیمو، پرتقال، فلفل، آناناس، توت‌فرنگی، هندوانه)، سبزی‌ها و صیفی‌ها (بروکلی، هویج، کاهو، جعفری، بادمجان، سیب‌زمینی، گل کلم، کلم) حاکی از موفقیت کاربرد ۱- متیل‌سیکلوپروپین در حفظ کیفیت پس از برداشت برخی از این محصولات دارد. بیشترین استفاده از این ترکیب در کشور آمریکا و بیشترین محصول مورد استفاده سیب است. در کشورهای آمریکا و اتحادیه اروپا استفاده تجاری از ۱- متیل‌سیکلوپروپین (اسمارت فرش) در مرحله پس از برداشت محصولات سیب، گلابی، هلو، شلیل و آلو با موفقیت و اقبال عمومی همراه بوده است. در این مقاله تلاش می‌شود تا بر اساس آخرین یافته‌های تحقیقاتی، نحوه استفاده صحیح از ۱- متیل‌سیکلوپروپین برای میوه‌های سیب، گلابی، هلو، شلیل و آلو ارائه شود.

معرفی دستورالعمل

ترکیب ۱- متیل‌سیکلوپروپین به شکل‌های جامد، مایع و گاز در دسترس است. این ترکیب در مراحل ابتدایی ورود محصول به انبار استفاده می‌شود. هر گونه تأخیر در کاربرد ۱- متیل‌سیکلوپروپین اثربخشی آن را کاهش می‌دهد. برای حصول بهترین نتیجه، لازم است میوه قبل از رسیدگی کامل برداشت شده و در اسرع وقت، گاززنی آن با ۱- متیل‌سیکلوپروپین انجام شود (جدول ۱). پس از انجام گاززنی، میوه‌ها باید در محیطی با دما، رطوبت و تهویه کنترل‌شده نگهداری شوند (جدول ۲). در شرایط تجاری، عوامل زیادی مانند نوع محصول، رقم، مرحله بلوغ و رسیدگی و نیز فاصله زمانی بین برداشت و تیماردهی، بر غلظت مصرفی ۱- متیل‌سیکلوپروپین تأثیرگذار است. آموزش صحیح باغداران در خصوص مراحل قبل از برداشت، توجه به زمان مناسب برداشت میوه‌ها، دقت در نحوه برداشت صحیح و

¹ Smart Fresh

کاربرد ۱- متیل سیکلوپروپین در حفظ کیفیت و ...

جلوگیری از وارد آمدن فشار و ضربه برای دستیابی به حداکثر کارایی استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپین و در نهایت حفظ کیفیت و افزایش عمر انبارمانی محصول لازم است.

جدول ۱- غلظت و زمان مناسب تیماردهی سیب، گلابی، هلو، شلیل و آلو با گاز ۱- متیل سیکلوپروپین

ردیف	میوه	غلظت گاز (میکرولیتر بر لیتر)	زمان (ساعت)
۱	سیب	۰/۵-۱۰	۸-۱۲
۲	گلابی	۰/۱-۴	۱۲-۲۴
۳	هلو	۰/۰۲-۰/۵	۱۸-۲۴
۴	شلیل	۰/۲-۱	۱۲-۲۴
۵	آلو	۰/۱-۴۰	۶-۲۴

جدول ۲- دما و رطوبت نسبی مناسب برای نگهداری میوه‌های تیمار شده با ۱- متیل سیکلوپروپین

ردیف	میوه	دمای نگهداری (درجه سلسیوس)	رطوبت نسبی (درصد)
۱	سیب	-۱-۴	۹۰-۹۵
۲	گلابی	-۱/۵-۰/۵	۹۰-۹۵
۳	هلو	-۰/۵-۰	۹۰-۹۵
۴	شلیل	-۰/۵-۰	۹۰-۹۵
۵	آلو	-۰/۵-۰	۹۰-۹۵

بر اساس آخرین یافته‌های تحقیقاتی در راستای استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپین در نگهداری محصولات سیب، گلابی، هلو، شلیل و آلو توصیه‌ها و نکات کاربردی زیر ارائه می‌شود:

- برداشت میوه باید حدود یک هفته قبل از رسیدگی کامل انجام شود.
- میوه‌ها بلافاصله بعد از برداشت و حداکثر طی مدت ۳ تا ۵ ساعت از زمان برداشت، تا دمای نزدیک به ۵ درجه سلسیوس خنک شوند.
- میوه‌های لکه‌دار، آسیب‌دیده و آفت‌زده با دقت از توده محصول جدا و خارج شوند.
- میوه‌ها مطابق با غلظت حجمی و دستورالعمل توصیه شده توسط شرکت سازنده ترکیب ۱- متیل سیکلوپروپین، در معرض این گاز قرار گیرند (جدول ۱).
- مدت زمان توصیه‌شده برای مجاورت میوه‌ها با این گاز به دقت رعایت شود (جدول ۱).
- هنگام استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپین، درجه حرارت انبار در محدوده ۲۵-۲۰ درجه سلسیوس تنظیم شود.
- برای گازدهی مؤثرتر، تقریباً نیمی از حجم انبار توسط محصول بارگیری شود.
- ترکیب ۱- متیل سیکلوپروپین به شکل‌های مختلف پودر، جامد، گاز، موجود در ساشه و بسته‌بندی‌های فعال به فروش می‌رسد. این ماده بهتر است از شرکت‌های معتبر تهیه شود.
- روش تیماردهی با ۱- متیل سیکلوپروپین، بسته به شکل مصرفی (جامد یا گاز) این ماده متفاوت است. این ترکیب برای تأثیر بر محصول باید به شکل گاز درآید. نوع جامد آن نیز باید از طریق انحلال در یک حلال مناسب (آب یا بافر) با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده استفاده شده و آماده تبدیل شدن به فرم گازی شود.

- میزان مصرف ۱- متیل سیکلوپروپین براساس دستورالعمل شرکت تولیدکننده و حجم فضای مورد نظر تنظیم می‌شود، نه مقدار میوه مصرفی.
- در هنگام کار با ۱- متیل سیکلوپروپین از دستکش و ماسک استفاده شود.
- در صورت استفاده از شکل جامد ۱- متیل سیکلوپروپین، پس از آماده‌سازی مطابق دستورالعمل، در مدت زمانی کمتر از ۲۰ ثانیه گاز ۱- متیل سیکلوپروپین متصاعد می‌شود و باید سریعاً درون محفظه غیر قابل نفوذ مورد استفاده قرار گیرد.
- برای گاززنی مقادیر کم میوه می‌توان از کیسه یا پوشش‌های پلاستیکی و برای مقادیر زیاد میوه می‌توان از محفظه یا سردخانه‌ای که منافذ آن بسته شده است، استفاده کرد (شکل ۲).
- هنگام اجرای عملیات گاززنی، هوای درون انبار باید بدون استفاده از هوای بیرون به گردش درآید.
- پس از گاززنی محصول در مدت زمان توصیه شده (جدول ۱)، هوای انبار توسط پنکه یا سیستم تهویه سردخانه با هوای تازه بیرون انبار جایگزین شود تا گاز اضافی که به گیرنده‌های اتیلن متصل نشده است از دسترس میوه خارج شود.
- پس از هوادهی، میوه‌ها در جعبه یا کارتن بسته‌بندی شوند (شکل ۳).
- میوه‌ها پس از تیماردهی با گاز ۱- متیل سیکلوپروپین، در دما و رطوبت نسبی مناسب نگهداری شوند (جدول ۲).



شکل ۲- آماده کردن میوه سیب برای تیماردهی با اسپری ۱- متیل سیکلوپروپین



شکل ۳- سیب‌های بسته‌بندی شده در کارتن پس از تیماردهی با ۱- متیل سیکلوپروپین

کاربرد ۱- متیل سیکلوپروپین در حفظ کیفیت و ...

فرآیند به کارگیری / نحوه اجرایی شدن

کاربرد این دستورالعمل برای تولیدکنندگان، سردخانه داران و صادرکنندگان سیب، گلابی، هلو، شلیل و آلو بوده و برای محصولات مختلف، غلظت و مدت زمان تیماردهی متفاوت است. این دستورالعمل، تمام محل‌های تولید، بسته‌بندی و سردخانه محصولات اشاره شده را پوشش می‌دهد. برای به کارگیری این دستورالعمل ضروری است تا آموزش لازم در قالب برگزاری دوره‌های آموزشی، روز مزرعه و سخنرانی‌های کاربردی به تولیدکنندگان، سردخانه داران و صادرکنندگان داده شود تا آن‌ها نکات مربوط به نحوه تیمار مناسب را رعایت کرده و سپس هر محصول را در دما و رطوبت نسبی معین انبار کنند.

مزایا و اثربخشی

۱- متیل سیکلوپروپین ترکیبی غیرسمی برای انسان و دوست‌دار محیط‌زیست بوده که کاربرد آن راحت و مقرون به صرفه است. استفاده از این ماده به صورت صحیح، معمولاً موجب کاهش سرعت یا تأخیر در تولید اتیلن می‌شود. این ترکیب، بدون هیچ‌گونه تأثیر منفی بر طعم، رنگ، بو و مزه نهایی میوه پس از سپری شدن زمان نگهداری یا خروج از سردخانه، منجر به حفظ کیفیت آن و کاهش ضایعات انباری می‌شود. اثرات استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپین در حفظ برخی ویژگی‌های کیفی میوه‌های سیب، گلابی، هلو، شلیل و آلو در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳- اثر استفاده از ترکیب ۱- متیل سیکلوپروپین در حفظ ویژگی‌های کیفی میوه‌ها

ردیف	میوه	برخی اثرات مثبت گزارش شده
۱	سیب	افزایش زمان نگهداری کاهش شدت تنفس و تأخیر در رسیدگی، کاهش قهوه‌ای شدن گوشت میوه حفظ اسیدپتیه قابل تیتراسیون و کاهش فساد قارچی حفظ سفتی بافت و کاهش ضایعات انباری، کاهش تخریب و ضایعات در حمل و نقل
۲	گلابی	کاهش نرم شدن بافت کاهش سرمازدگی ایجادشده با اتیلن
۳	هلو و شلیل	حفظ سفتی بافت حفظ اسیدپتیه قابل تیتراسیون کاهش تنفس
۴	آلو	تأخیر در نرم شدن بافت و تغییر رنگ حفظ اسیدپتیه قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول کاهش ضایعات میوه در دمای پایین، کاهش تنفس کاهش قهوه‌ای شدن گوشت میوه

این ماده سبب کاهش قهوه‌ای شدن سیب رقم گلدن دلپشز پس از سپری شدن زمان نگهداری در انبار می‌شود (شکل ۴).



بدون استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپین



با استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپین

شکل ۴- کاهش قهوه‌ای شدن سیب رقم گلدن دلشیز با استفاده از ۱- متیل سیکلوپروپین
پس از ۹ ماه نگهداری در دمای یک درجه سلسیوس