مجله علوم باغباني ايران
دوره ۴۰، شماره ۱، ۱۳۸۸ (۸۴-۷۷)

افزايش عمر انبارماني كيوي فروت رقم هايوارد با تيمار بخار متيل سالیسیلات

مرتضي سليماني اقدم[۱]، يونس مستوفي[۲]*، عليرضا مطلبي آذر[۳]،
جواد فتاحي مقدم[۴] و محمود قاسم‌نژاد[۵]
۱، ۳، دانشجوي كارشناسي ارشد، استاديار، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تبريز
۲، دانشيار، پرديس كشاورزي و منابع طبيعي دانشگاه تهران، ۴، عضو هيأت علمي مؤسسه
تحقيقات مركبات كشور، رامسر، ۵، استاديار، دانشكده كشاورزي، دانشگاه گيلان
(تاريخ دريافت: ۸۶/۷/۲۵- تاريخ تصويب: ۸۷/۸/۱)

چكيده

براي بررسي اثر بخار متيل سالیسیلات(**MeSA**) بر روي خصوصيات كيفي كيوي فروت رقم هايوارد، از پنج غلظت متيل سالیسیلات (۰، ۸، ۱۶، ۲۴و ۳۲ ميكروليتر به ازاي هر ليتر فضاي ظرف) و پنج ماه طول دوره انبارماني ميوه به صورت كرت‌هاي خردشده در زمان بر پايه طرح كاملا تصادفي و با سه تكرار استفاده شد. اين تحقيق در موسسه تحقيقات مركبات كشور واقع در رامسر در سال ۸۶-۸۵ اجرا شد. در اين تحقيق صفاتي نظير درصد مواد جامد محلول(**TSS**)، اسيديته قابل تيتراسيون(**TA**)، ويتامين ث، **pH** عصاره ميوه، سفتي گوشت ميوه، فعاليت آنزيم آنتي‌اكسيدان آسكوربات پراكسيداز (**APX**) و اتيلن توليد شده توسط ميوه‌ها مورد ارزيابي قرار گرفت. نتايج نشان داد كه غلظت ۳۲ ميكروليتر بخار متيل سالیسیلات بيشترين تاثير را در به تاخير انداختن فرايند رسيدگي پس از برداشت ميوه‌ها داشت به طوريكه سفتي گوشت و ويتامين ث ميوه‌هاي تيمار شده با ۳۲ ميكروليتر بر ليتر متيل سالیسیلات نسبت به ميوه‌هاي تيمار شاهد داراي روند كاهشي كندتري بودند. استفاده از اين ماده باعث شد كه **TSS**، توليد اتيلن و فعاليت آنزيم آنتي‌اكسيدان **APX** از روند افزايشي كندتري در طول دوره انبارماني ميوه‌ها برخوردار شوند. **TA** ميوه‌ها درطول دوره انبارماني كاهش يافت ولي متيل سالیسیلات تاثير معني‌داري بر اين صفت نداشت. بيشترين تاثير متيل سالیسیلات در به تاخير انداختن روند كاهشي **pH** عصاره ميوه در غلظت ۲۴ ميكروليتر بر ليتر مشاهده شد. بنابراين در اين تحقيق كاربرد متيل‌سالسيلات با غلظت ۳۲ ميكروليتر بر ليتر بيشترين تاثير را در افزايش عمر انبارماني كيوي فروت داشته است.

واژه‌هاي‌كليدي: آسكوربات پراكسيداز، كيوي فروت، متيل سالیسیلات، عمر انبارماني، ويتامين ث.

مقدمه

متيل سالیسیلات (MeSA)[۱] يک مولكول سيگنالي در گياهان مي‌باشد كه به عنوان يک هورمون گياهي، نقش بسيار مهمي در تنظيم پاسخ‌هاي استرسي و رشد و نمو گياهان بازي مي‌كند. از جمله وظايفي كه بر عهده اين مولكول سيگنالي مي‌باشد مي‌توان به باز و بسته شدن روزنه‌ها، جوانه زدن بذر، توليد گرما در مرحله گلدهي[۲] و مقاومت اكتسابي سيستميک (SAR)[۳] اشاره كرد (Raskin, 1992). متيل سالیسیلات باعث كاهش فعاليت

1. Methyl Salicylate

2. Thermogenesis
3. Systemic Acquired Resistance

* نويسنده مسئول: يونس مستوفي تلفن: ۰۹۱۲-۵۰۱۰۴۹۵ E-mail: ymostofi@ut.ac.ir

آنزيم‌هاي آنتي اكسيدان كاتالاز (CAT)[1] و آسكوربات پراكسيداز (APX)[2] در گياه شده و به دنبال آن تجمع مولكول‌هاي پراكسيد هيدروژن[3](H_2O_2) صورت مي‌گيرد. بالا رفتن غلظت H_2O_2 مي‌تواند به عنوان پيام بر ثانويه[4] در فعال‌سازي پروتئين‌هايي با وزن مولكولي كم كه در واكنش به پاتوژن توليد مي‌شوند (PR)[5] عمل نموده و از طريق افزايش بيان و فعاليت آنزيم‌هاي دفاعي گياه، باعث افزايش مقاومت گياه در مقابل عوامل بيماري زا مي گردد (Raskin, 1992). اسيد سالیسیلیک (SA)[6] مي‌تواند رسيدن ميوه‌هاي برداشت شده موز (Srivastava & Dwivedi, 2000) و كيوي فروت (Zhang et al., 2003) را به تاخير اندازد. تحقيقات نشان داده است كه SA از توليد اتيلن در سلول‌هاي كشت شده گلابي (Leslie & Romani, 1988) و صفحات بافتي ميوه گلابي و سيب (Romani et al., 1989) و كشت سوسپانسيون سلول‌هاي هويج (Roustan et al., 1990) جلوگيري مي‌كند.

پيشنهاد شده است كه SA مي‌تواند از سنتز اتيلن از طريق جلوگيري از تبديل ACC به اتيلن جلوگيري كند. SA از بيان ژن ACC Synthase و بيوسنتز اتيلن در ميوه گوجه فرنگي زخمي شده جلوگيري مي‌كند (Leslie & Romani, 1988). SA از فعاليت آنزيم ACC Oxidase در چرخه بيوسنتز اتيلن و تبديل ACC به اتيلن جلوگيري مي‌كند(Fan & He, 1998). كاربرد سالیسیلات-ها به عنوان قارچ‌كش‌هاي طبيعي[7] رو به گسترش است چرا كه كاربرد قارچ‌كش‌هاي شيميايي بدليل بقاياي سموم شيميايي در محصولات كشاورزي و مقاومت عوامل بيماري‌زا در مقابل آنها روبه كاهش است. بنابراين، اين دسته از مواد مي‌توانند جايگزين مناسبي براي مواد شيميايي مضر سنتز شده باشند و نقطه اميدبخشي در توانايي انسان براي توليد مواد طبيعي قارچ‌كش را نشان مي‌دهند (Ananieva et al., 2004). قرار گرفتن ميوه‌هاي برداشت شده گوجه فرنگي در معرض بخار MeSA از وقوع پوسيدگي‌هاي قارچي و سرمازدگي در اين محصولات جلوگيري مي‌كند (Ding, Wang, Gross, & Smith, 2001). كاربرد قبل و پس از برداشت MeSA مقاومت به بيماري‌ها و پوسيدگي‌هاي قارچي را در ميوه گيلاس انبار شده افزايش مي‌دهد (Yaoa & Tiana, 2005). پيش تيمار با MeSA بدليل تاثير بر سيستم آنتي اكسيداني و با افزايش سنتز پروتئين‌هاي شوک حرارتي (HSP)[8] موجب كاهش خسارت سرمازدگي و پوسيدگي به ترتيب به ميزان ۴۴% و ۴۹% نسبت به تيمار شاهد در ميوه‌هاي هلو در طول دوره انبارماني شده است (Wang et al., 2006). القاي HSPها ارتباط نزديكي با مقاومت اكتسابي محصولات به سرمازدگي و پوسيدگي دارد. علاوه بر اينكه استفاده از تيمار شوک حرارتي مثل استفاده از آب گرم باعث افزايش HSP ها مي‌گردد، استفاده از سالیسیلات‌ها نيز توليد HSP ها را القا مي‌كند (Ding et al., 2002). كاربرد MeSA بيان ژن هاي PR را افزايش داده و مقاومت به سرمازدگي و پوسيدگي را در ميوه‌هاي گوجه فرنگي افزايش مي‌دهد (Ding et al., 2001). با توجه به ارزش غذايي بالاي كيوي فروت از لحاظ ويتامين ث كه يكي از آنتي اكسيدان‌هاي ضروري براي سلامتي انسان است، حفظ خصوصيات كيفي ميوه‌ها در طول دوره انبارماني مي‌تواند مطلوب باشد. لذا اين آزمايش به منظور بررسي اثر بخار MeSA بر خصوصيات كيفي كيوي فروت در طول دوره انبارماني اجرا شد.

مواد و روش‌ها

ميوه‌هاي كيوي رقم هايوارد مورد استفاده در اين پژوهش از باغ كيوي فروت موسسه تحقيقات مركبات كشور واقع در رامسر برداشت شدند. درصد مواد جامد محلول[9] (TSS) برابر ۹ به عنوان شاخص برداشت مد نظر قرارگرفت. ميوه‌ها پس از برداشت به آزمايشگاه فيزيولوژي پس از برداشت موسسه تحقيقات مركبات منتقل و بر اساس يكنواختي در اندازه و عاري بودن از بيماري درجه‌بندي و در گروه‌هاي مختلف براي انجام تيمار توزيع گرديدند. اين آزمايش به صورت كرت‌هاي خردشده در زمان بر پايه طرح كاملا تصادفي با دو فاكتور، MeSA با

1. Catalase
2. Ascorbate peroxidase
3. Hydrogen peroxide
4. Second messenger
5. Low molecular weight pathogenesis related proteins
6 .Salicylic acid
7. Natural Fungicide
8. Heat shock proteins
9. Total soluble solids

پنج غلظت ۰، ۸، ۱۶، ۲۴و ۳۲ ميكروليتر بر ليتر و زمان با پنج سطح كه همان پنج ماه طول دوره انبارماني ميوه مي‌باشد و با سه تكرارانجام شد. در هر يک از تيمارها ۱۰۰ عدد ميوه در داخل ظروف سي ليتري به همراه كاغذ صافي آغشته به غلظت‌هاي ۰، ۸، ۱۶، ۲۴ و ۳۲ ميكروليتر بر ليتر MeSA قرار داده شدند. پس از مسدود كردن درب ظرف‌ها، در جاي تاريک با دماي ۲۰ درجه سانتي‌گراد به مدت ۱۶ ساعت قرار داده شدند. پس از اين مدت درب ظرف‌ها را به منظور تهويه ميوه‌ها باز كرده و سپس ميوه‌ها به مدت ۵ ماه در سردخانه با دماي ^{0}C ۰/۵ و رطوبت نسبي ۹۰-۸۵% نگهداري شدند. در پايان هر ماه دوره انبارماني، ۱۵ عدد ميوه از هر تيمار برداشت شده و صفات زير مورد بررسي قرار گرفت.

TSS: با استفاده از رفركتومتر مدل ATAGO-ATC-20E ساخت ژاپن به صورت درصد بريكس صفر تا بيست اندازه‌گيري شد. متوسط TSS سه عدد ميوه به عنوان درصد TSS آن تيمار در نظر گرفته شد.

سفتي گوشت ميوه: ابتدا پوست ميوه به ضخامت دو ميلي‌متر برداشت شد و سپس سفتي گوشت ميوه با دستگاه پنترومتر مدل FT011(0-11 Lbs) و با پروب هشت ميلي‌متري اندازه‌گيري شد. متوسط سفتي گوشت سه عدد ميوه به عنوان سفتي گوشت ميوه آن تيمار در نظر گرفته شد.

ويتامين ث: روش تيتراسيون با دي كلروفنل ايندوفنل[1] براي اندازه‌گيري ويتامين ث ميوه ها استفاده شد. در اين روش عصاره ميوه كه با استفاده از متا فسفوريک ۳% و ۶% آماده شده است با ماده رنگي دي كلروفنل ايندوفنل تيتر مي‌شود تا رنگ صورتي كم رنگ كه به مدت ۱۰ ثانيه پايدار مي‌ماند به دست آيد. حجم ماده رنگي مورد استفاده در تيتراسيون براي محاسبه ميزان ويتامين ث استفاده شد (AOAC, 1984).

د) اسيديته قابل تيتراسيون(**TA**)[2]: مخلوط ۵ ميلي‌ليتر از عصاره ميوه با ۲۵ ميلي‌ليتر آب مقطر با استفاده از فنل فتالئين به عنوان شناساگر با سود يک دهم نرمال تا ظهور رنگ صورتي روشن تيتر گرديد. حجم سود مصرفي براي محاسبه اسيديته بر حسب اسيد غالب (اسيد سيتريک) استفاده شد.

1. 2,6-dichloro-indophenol
2. Titratable Acidity

اتيلن توليدي ميوه‌ها: تعداد ۵ عدد ميوه از هر تيمار پس از وزن نمودن در ظروف پلي اتيلني مخصوص قرار داده شده و ظروف مزبور با چسب سيليكون و پارافيلم به طور كامل هوابندي شد. پس از يک ساعت قرارگيري نمونه‌ها در دماي ۲۵°C نمونه برداري اتيلن با استفاده از ونوجكت و سوزن دو سر مخصوص انجام شد. نمونه‌ها تا هنگام تزريق در يخچال نگهداري شدند. مقدار اتيلن توليد شده با استفاده از دستگاه گاز كروماتوگرافي (GC)، (مدل Shimadzu 14-A) و بر اساس استاندارد اتيلن خالص تهيه شده از طريق فرمول زير محاسبه شد:

$$EP\ (\mu l\ h^{-1}g^{-1}) = \frac{E \times V \times 60}{T \times W}$$

EP= اتيلن توليد شده بر حسب ميكروليتر در ساعت به ازاي هر گرم ميوه، E= غلظت اتيلن بدست آمده از طريق منحني استاندارد، V= حجم ظرف استفاده شده براي نگهداري ميوه‌ها، T= مدت زمان قرار دادن ميوه در ظروف بر حسب ساعت، W = وزن نمونه‌هاي قرار داده شده در ظروف بر حسب ساعت.

pH عصاره ميوه: pH عصاره ميوه با استفاده از يک pH متر ديجيتالي اندازه‌گيري شد.

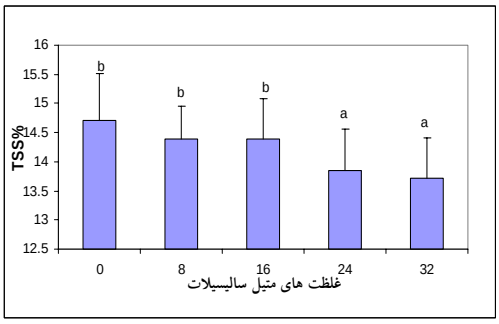
فعاليت آنزيم آنتي‌اكسيدان **APX**: براي اين منظور به صورت يک ماه در ميان (پايان ماه‌هاي ۱، ۳ و ۵) نمونه‌برداري از گوشت ميوه هر تيمار انجام شده و پس از فريز كردن با ازت مايع در يخچال با دماي منفي ۸۰ درجه سانتي‌گراد تا زمان اندازه‌گيري فعاليت آنزيم نگهداري شد. ۵ گرم از گوشت ميوه فريز شده با ۱۶ميلي ليتر از بافر استخراج مخلوط مي‌گردد. بافر استخراج شامل۱۰۰ ميلي مول فسفات سديم با pH برابر ۷ ،تريتون x-100 (يک دهم درصد) ،۱ مول نمک طعام و۱۰ گرم در ليتر پلي وينيل پيروليدين(PVP) بود. سوسپانسيون بدست آمده به مدت ۱ ساعت به هم زده و به مدت ۱۰ دقيقه با دورg ۱۰۰۰۰× سانتريفوژ گرديد. روشناور حاصل براي اندازه‌گيري فعاليت آنزيم استفاده شد. همه مراحل در روي يخ انجام شد. اندازه‌گيري فعاليت آنزيم در دماي ۳۰ درجه سانتيگراد در مخلوطي شامل ۱۰۰ميلي مول بافر فسفات سديم با pH در حدود ۷ ، ۲ ميلي مول آسكوربيک اسيد، ۴ ميلي‌مول H_2O_2 و ۵۰۰ ميكروليتر عصاره استخراج در حجم نهايي ۳ ميلي‌ليتر انجام شد. كاهش جذب با اسپكتروفتومتر در طول موج ۲۹۰ نانومتر يادداشت گرديد.

فعاليت آنزيم APX از طريق تغيير جذب در دقيقه بر حسب واحد آنزيمي در ميلي ليتر عصاره بيان شد. مقداري از فعاليت آنزيم APX كه توانايي اكسيد كردن يك ميكروليتر آسكوربات را در مدت يك دقيقه و در دماي ۲۵ درجه سانتي‌گراد داشته باشد به عنوان يك واحد آنزيمي تعريف مي‌شود (Jiménez et al., 1997).

نتايج و بحث

تاثير بخار متيل سالسيلات بر TSS

درصد مواد جامد محلول يكي از صفات كيفي ميوه مي‌باشد و در طول دوره رسيدن ميوه كه مصادف با دوران انبارماني آن است، افزايش مي يابد. تيمار بخار MeSA تاثير معني‌داري بر روي درصد TSS ميوه داشت($p<۰/۰۵$) به طوريكه با افزايش غلظت MeSA روند افزايشي درصد TSS كندتر شده و از % ۱۴/۷ در ميوه‌هاي شاهدد به % ۱۳/۷ در تيمار با غلظت ۳۲ميكروليتر بر ليتر رسيده است (شكل۱). افزايش TSS در كيوي فروت در هنگام رسيدن ميوه احتمالا به دليل افزايش فعاليت آنزيم ساكارز فسفات‌سنتاز (SPS)[1] مي‌باشد (Hubbard et al., 1991; MacRae et al., 1992). آنزيم SPS در طي فرايند رسيدن توسط هورمون اتيلن فعال مي‌گردد. آنزيم SPS آنزيم كليدي بيوسنتز ساكارز در طول دوره رسيدن ميوه مي‌باشد (Langenkämper et al., 1998). سالسيلات‌ها تاثير بازدارنده بر بيوسنتز اتيلن دارند و اين تاثير بازدارندگي از طريق جلوگيري از تبديل ACC به اتيلن مي‌باشد (Leslie & Romani, 1988). بنابراين مي‌توان كاهش درصد مواد جامد محلول در اثر متيل سالسيلات را به اثر غيرمستقيم متيل سالسيلات بر فعاليت آنزيم SPS مربوط دانست.

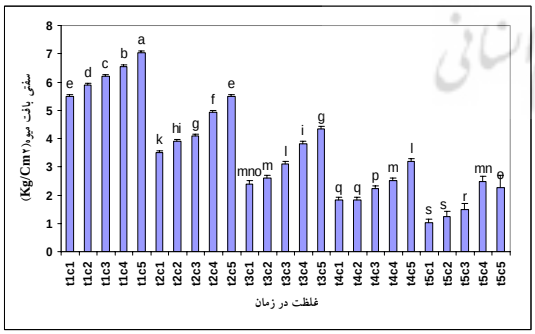


شكل ۱- متوسط درصد موادجامد محلول در غلظت‌هاي مختلف متيل سالسيلات ($p < ۰/۰۵$)

1. Sucrose Phosphate Synthase

تاثير بخار متيل سالسيلات بر سفتي گوشت ميوه

تيمار بخار MeSA در طول دوره انبارماني تاثير معني‌داري بر سفتي ميوه‌ها داشت ($p < ۰/۰۱$). با افزايش غلظت MeSA كاهش در سفتي ميوه‌ها در تمام زمان‌هاي نمونه‌برداري كندتر شده و ميوه‌هاي تيمار شده با غلظتهاي بالاي MeSA از حداكثر سفتي برخوردار بودند (شكل۲). تيمار ميوه‌هاي كيوي با محلول ۱ميلي‌مول SA و نگهداري آنها نشان داد كه ارتباط بسيار مثبت و معني‌داري بين ميزان SA دروني ميوه و سفتي آن در هنگام رسيدن وجود دارد كه اين امر در تمام دماهاي نگهداري مشاهده شده و نشان دهنده ارتباط بين كاهش SA دروني ميوه و نرم شدن آن مي باشد. آنها اعلام كردند همزمان با نرم شدن سريع ميوه SA داخلي ميوه‌ها به سرعت كاهش مي‌يابد. همچنين الگوي نرم شدن ميوه درميوه‌هاي تيمار شده باSA مثل الگوي نرم شدن ميوه‌هاي تيمار نشده بوده ولي در اين ميوه‌ها شروع نرم شدن به تاخير افتاده و ميوه‌ها در نهايت سفت‌تر از ميوه‌هاي شاهد بودند (Zhang et al., 2003). نرم شدن ميوه در طول دوره انبارماني حاصل فعال‌شدن آنزيم‌هاي نرم كننده ديواره سلولي مانند آنزيم-هاي پكتين متيل‌استراز (PME)[2]،پلي گالاكتروناز(PG)[3] و سلولاز[4] در اثر اتيلن مي‌باشد (Prasanna et al., 2007). سالسيليک اسيد بر فعاليت آنزيم‌هاي پلي گالاكتروناز و سلولاز ميوه‌هاي موز اثر بازدارندگي داشته و رسيدگي آنها را به تاخير مي اندازد (Srivastava & Dwivedi, 2000).



شكل۲- متوسط سفتي ميوه در غلظت‌هاي مختلف MeSA در زمان‌هاي متفاوت انبارماني ($p<۰/۰۱$)

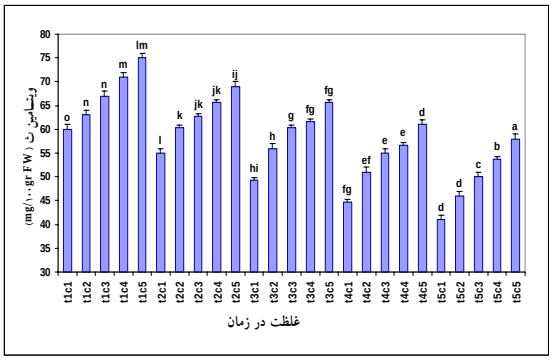
2. Pectin methyl esterase
3. Polygalacturonase
4. Cellulase

تاثير بخار متيل سالیسیلات بر ميزان ويتامين ث ميوه‌ها

ميزان ويتامين ث ميوه‌ها در طول دوره انبار ماني به طور معني داري از غلظت‌هاي بخار MeSA متاثر گرديد (p< ۰/۰۱). با افزايش غلظت MeSA روند كاهشي ميزان ويتامين ث ميوه‌ها كندتر شده و ميوه‌هاي تيمار شده با غلظت‌هاي بالاتر MeSA داراي ويتامين ث بيشتري بودند (شكل۳). به عبارت ديگر با اينكه ميزان ويتامين ث در ميوه‌هاي تيمار شده با MeSA نيز همانند ميوه‌هاي شاهد در طول دوره انبارماني كاهش پيدا مي‌كند ولي سرعت اين كاهش كندتر بوده و ميوه‌هاي تيمار شده در پايان هر ماه ميزان ويتامين ث بيشتري داشتند. افزايش گونه‌هاي فعال اكسيژن (ROS)[1] در طي فرايند رسيدن ميوه‌ها كه در اثر افزايش متابوليسم اكسيداتيو در ميوه‌ها به خصوص ميوه‌هاي فرازگرا مانند كيوي فروت كه داراي اوج تنفسي هستند صورت مي‌گيرد مي‌تواند موجب ايجاد خسارت به غشاهاي زيستي گردد. براي‌جلوگيري از ايجاد خسارت توسط ROSها گياهان و يا ميوه‌ها از استراتژي جالبي بهره مي‌گيرند كه عبارت است از توسعه سيستم آنتي اكسيداني كه مي تواند به صورت آنزيمي (آنزيم‌هاي APX و CAT و...) و يا غيرآنزيمي (اسكوربيک اسيد يا ويتامين ث و آلفا توكوفرول يا ويتامين E) باشد (Smimoff, 1995). آنتي-اكسيدان‌ها با دادن الكترون به ROS ها، خود اكسيده شده و قدرت اكسيد كنندگي و ايجاد خسارت توسط ROSها را از بين مي برند. آنزيم آنتي اكسيدان APX براي واكنش كاتاليزي خود از آسكوربيک اسيد (ويتامين ث) به عنوان كوفاكتور استفاده مي‌كند (Nishikawa et al., 2003). افزايش ميزان آنتي اكسيدان كل توسط SA و MeSA مي‌تواند به صورت مستقيم و يا غيرمستقيم از طريق جلوگيري ازفعاليت آنزيم APX وCAT باشد. آسكوربيك اسيد(AsA) متابوليت ضروري و تنظيم كننده قدرتمند عملكرد سلولي بوده و نقش اساسي در دفاع آنتي‌اكسيداني بازي مي‌كند (Hung et al., 2007).

بالا بودن ميزان AsA در ميوه‌هاي تيمار شده با MeSA ممكن است ناشي از تسهيل بيوسنتز و يا كاهش تجزيه AsA از طريق تجمع دهيدروآسكوربات (DHAsA) باشد.

هر دوي اين تغييرات منجر به تبديل فرم احيا شده AsA به فرم اكسيد شده AsA و افزايش AsA همراه با كاهش نسبت AsA/DHAsA مي‌گردند (Hung et al., 2007).



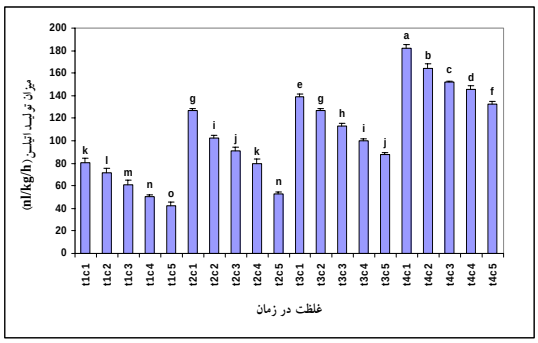
شكل۳- متوسط ميزان ويتامين ث ميوه در غلظت‌هاي مختلف متيل سالیسیلات در زمان‌هاي متفاوت انبارماني (p<۰/۰۱)

تاثير بخار متيل سالیسیلات‌برميزان اتيلن توليدي ميوه‌ها

غلظت‌هاي بخار MeSA در طول دوره انبارماني تاثير معني‌داري بر ميزان اتيلن توليدي ميوه‌ها داشتند (p<۰/۰۱) به طوري كه با افزايش غلظت MeSA روند افزايشي ميزان اتيلن توليدي ميوه‌ها كندتر شده و ميوه-هاي تيمار شده با غلظت‌هاي بالاتر MeSA داراي اتيلن توليدي كمتري بودند (شكل۴). كاربرد استيل سالیسیلیک اسيد (ASA)[2] در كيوي فروت ميزان توليد اتيلن را كاهش داده و بروز نقطه اوج فرازگرايي را به تاخير انداخت (Zhang et al., 2003). تيمار ميوه موز با اسيد سالیسیلیك با جلوگيري از بيوسنتز اتيلن و جلوگيري از اثر آن رسيدن ميوه را به تاخير انداخته است (Srivastava & Dwivedi, 2000). اثر بازدارندگي اسيد سالیسیلیک بر فعاليت ACC اكسيداز را در صفحات ميوه سيب به اثبات رسيده است (Fan & He, 1998). مشخص شده است كه در ميوه گوجه‌فرنگي، اسيد سالیسیلیك ازنسخه برداري ژن كد كننده ACC سنتاز وفعاليت اين آنزيم جلوگيري مي‌كند (Leslie & Romani, 1988). كاربرد اسيد سالیسیلیك در غلظت ۱۰۰ميكرومول از توليد اتيلن در صفحات ميوه سيب جلوگيري نموده است و اين اثر تابع pH بوده بطوريكه در pH بين ۳/۵ تا ۴/۵ حداكثر و در pH= ۳/۵ حداقل بوده است (Romani et al., 1989).

1. Reactive Oxygen Species

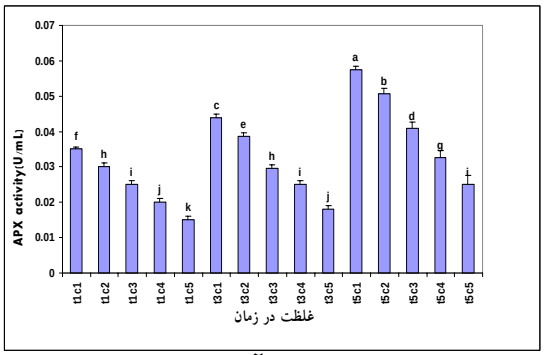
2. Acetylsalicylic acid or Aspirin



شکل ۴- متوسط ميزان توليد اتيلن ميوه درغلظت هاي مختلف متيل سالیسیلات در زمان‌هاي متفاوت انبارماني (P<۰/۰۱)

تاثير بخار متيل سالیسیلات بر فعاليت آنزيم اسكوربات پراكسيداز (**APX**)

تيمار بخار متيل سالیسیلات در طول دوره انبارماني تاثير معني‌داري بر فعاليت آنزيم اسكوربات پراكسيداز داشت (p<۰/۰۱). فعاليت آنزيم APX در طول دوره انبارماني افزايش پيدا مي‌كند كه به دليل خاصيت آنتي‌اكسيداني آن مي‌باشد (شكل۵). تيمار متيل سالیسیلات باعث كاهش فعاليت آنزيم APX شده است كه اين بازدارندگي با افزايش غلظت متيل سالیسیلات افزايش پيدا كرده و بيشترين تاثير را در غلظت ۳۲ ميكرو ليتر داشته است. خاصيت بازدارندگي اسيد سالیسیليک بر فعاليت آنزيم‌هاي APX وCAT در دانهال‌هاي موز گزارش شده است (Kang et al., 2003). كاهش فعاليت آنزيم‌هاي APX و CAT توسط اسيد سالیسیليک موجب افزايش غلظت درون سلولي پراكسيد هيدروژن مي شود. پراكسيد هيدروژن مي تواند به عنوان يک پيام بر ثانويه عمل نموده و باعث افزايش بيان و فعاليت آنزيم‌هاي دفاعي گياه در مقابل عوامل بيماري‌زا گردد (Raskin, 1992).



شکل ۵- متوسط ميزان فعاليت آنزيم اسكوربات پراكسيداز در غلظت‌هاي مختلف متيل سالیسیلات در زمان‌هاي متفاوت انبارماني (p < ۰/۰۱)

تاثير بخار متيل سالیسیلات بر اسيديته قابل تيتراسيون

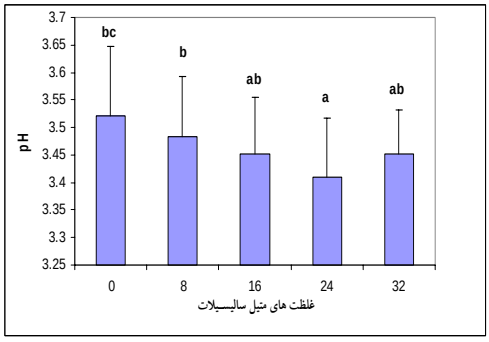
بخار متيل سالیسیلات تاثير معني‌داري بر اسيديته ميوه نداشت (p > ۰/۰۵). اسيديته ميوه‌ها با افزايش مدت زمان انبارماني كاهش پيدا كرد كه به دليل مصرف اسيد در فرايند تنفس مي‌باشد (MacRae et al., 1992). اين كاهش اسيديته در دوره انبارماني همراه با افزايش pH عصاره ميوه بوده است.

تاثير بخار متيل سالیسیلات بر **pH** عصاره ميوه

تيماربخار متيل سالیسیلات تأثيرمعني‌داري (p<۰/۰۵) بر pH عصاره ميوه داشت (شكل۶). pH عصاره ميوه‌هاي شاهد در طول دوره انبارماني ميوه افزايش پيدا كرد ولي تيمار بخار متيل سالیسیلات باعث كاهش روند افزايشي pH گرديد و بيشترين تاثير مربوط به غلظت ۲۴ ميكروليتر بر ليتر بوده است. مدل تغيرات اسيديته همراه با pH در ميوه‌هاي مركبات ترسيم شده است (Marsh et al., 2000; Marsh et al., 2004). در اين ميوه‌ها فعاليت پمپ تونوپلاستي V-ATPase در طول دوره نمو ميوه باعث ورود يون هيدروژن به درون واكوئل و كاهش pH مي گردد. كاهش pH باعث تجمع غلظت هاي بالاي اسيد سيتريک در ميوه مي‌شود. پس از طي دوره نمو ميوه و در طول دوره انبارماني ميوه كه كمي هم شرايط بي‌هوازي در ميوه حاكم مي باشد خروج يون سيترات با سه بار منفي از واكوئل همراه با ورود سه يون هيدروژن بايد باعث بيشتر اسيدي شدن واكوئل گردد اما افزايش pH مشاهده شده نشان مي‌دهد كه يک دفع كننده يون هيدروژن از واكوئل در ميوه‌هاي بالغ در طول دوره زندگي پس از برداشت آنها وجود دارد. پمپ V-PPase با انتشار به بيرون يون هيدروژن باعث افزايش pH عصاره ميوه همراه با سنتز PPi به عنوان منبع انرژي براي مصرف در داخل سلول در شرايط غيرهوازي و كاهش سطوح ATP مي‌گردد. PPi به عنوان منبع انرژي توسط آنزيم‌هاي فسفوفروكتوكيناز وابسته به PPi در مسير گليكوليز و UDP- گلوكوز پيروفسفوريلاز در شرايط غيرهوازي استفاده مي‌شود.

بر اساس بررسي منابع انجام شده تاكنون هيچ گزارشي مبني بر تأثير مستقيم متيل سالیسیلات بر pH وجود ندارد ولي نقش اسيد سالیسیليک در به تأخير انداختن فرايند رسيدن ميوه‌هاي موز گزارش شده است (Srivastava & Dwivedi, 2000). و كاهش روند افزايشي pH در ميوه را مي‌توان مربوط به تاخير در رسيدن ميوه

دانست.



شكل ۶- متوسط مقادير pH ميوه در غلظت هاي مختلف بخار متيل سالیسیلات (P< ۰/۰۵)

نتيجه‌گيري نهايي

بررسي مجموع نتايج اين تحقيق نشان مي‌دهد كه بخار متيل سالیسیلات نقش بسيار مهمي در حفظ خصوصيات كيفي كيوي فروت رقم هايوارد دارد و در مجموع باعث افزايش عمر انبارماني ميوه مي‌گردد.

سپاسگزاري

از مديريت محترم و اعضاي هيات علمي موسسه تحقيقات مركبات كشور و معاونت پژوهشي دانشگاه تبريز براي مساعدت‌هايشان در انجام اين پژوهش تشكر و قدرداني مي‌شود.

REFERENCES

1. Ananieva, E. A., Nikolov, L. & Petrova, P. (2004). Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat. *Journal of Plant Physiology*, 161(3), 319-328.
2. AOAC. (1984). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. Williams, S. (Ed.), 14th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 844-845.
3. Ding, C. K., Wang, C. Y., Gross, K. C. & Smith, D. L. (2002). Jasmonate and salicylate induce the expression of pathogenesis-related protein genes and increase resistance to chilling injury in tomato fruit. *Planta*, 214, 895–901.
4. Ding, C. K., Wang, C. Y., Gross, K. C. & Smith, D. L. (2001). Reduction of chilling injury and transcript accumulation of heat shock protein genes in tomatoes by methyl jasmonate and methyl salicylate, *Plant Science*, 161, 1153–1159.
5. Fan, H. & He, C. S. (1998). Inhibition of ethylene generation of post-harvest apple fruit by salicylic acid. *Plant Physiology*, 34, 248-250.
6. Hubbard, N. L., Pharr, D. M. & Huber, S. C. (1991). Sucrose phosphate synthase and other sucrose metabolizing enzymes in fruits of various species. *Plant Physiology*, 82, 191-196.
7. Hung, R. H., Liu, J. H., Lu, Y. M. & Xia, R. X. (2007). Effect of salicylic acid on the antioxidant system in the pulp of "Cara Cara" navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) at different storage temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 168-175.
8. Jimenez, A., Hernandez, J. A., Del Rio, L. A. & Sevilla, F. (1997). Evidence for the presence of the ascorbate-glutathione cycle in mitochondria and paroxysms of pea leaves. *Plant Physiology*, 114, 275-284.
9. Kang, G., Wang, C., Sun, G. & Wang, Z. (2003). Salicylic acid changes activities of H_2O_2-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 50, 9-15.
10. Langenkämper, G., McHale, R., Gardner, R. C. & MacRae, E. (1998). Sucrose phosphate synthase steady-state mRNA increases in ripening kiwifruit. *Plant Molecular Biology*, 36, 857-869.
11. Leslie, C. A., & Romani, R. J. (1988). Inhibition of ethylene biosynthesis by salicylic acid. *Plant Physiology*, 88, 833-837.
12. MacRae, E., Quick, W. P., Benker, C. & Stitt, M. (1992). Carbohydrate metabolism during postharvest ripening in kiwifruit. *Planta*, 188, 314-323.
13. Marsh, K. B., Gonzalez, P. G. & Echeverria, E. (2000). PPi formation by reversal of the tonoplast bound V-PPiase from Valencia orange juice cells. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 125, 420–424.
14. Marsh, K., Attanayake, S., Walker, S., Gunson, A., Boldingh, H. & MacRae, E. (2004). Acidity and taste in kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 32, 159-168.
15. Nishikawa, F., Kato, M., Hyodo, H., Ikoma, Y., Sugiura, M. & Yano, M. (2003). Ascorbate metabolism in harvested broccoli. *Journal of Experimental Botany*, 54 (392), 2439-2448.
16. Prasanna, V., Prabha, T. N. & Tharanathan, R. N. (2007). Fruit ripening phenomena—an overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47, 1–19.

17. Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43, 439-463.
18. Romani, R. J., Hess, B. M. & Leslie, C. A. (1989). Salicylic acid inhibition of ethylene production by apple discs and other plant tissues. *Journal of Plant growth regulator*, 8, 63–69.
19. Roustan, J. P., Latche, A. & Fallot, J. (1990). Inhibition of ethylene production and stimulation of carrot somatic embryogenesis by salicylic acid. *Biologia Plantarum*, 32, 273–276.
20. Smimoff, N. (1995). Antioxidant system and plant response to the environment. In: Smimoff, N. (Ed.), Environment and Plant Metabolism. Bios Scientific Publisher, Oxford, United Kingdom, pp.217-243.
21. Srivastava, M. K. & Dwivedi, U. N. (2000). Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid. *Plant Science*, 158, 87–96.
22. Wang, L., Chen, S., Kong, W., Li, S. & Archbold, D. D. (2006). Salicylic acid pretreatment alleviates chilling injury and affects the antioxidant system and heat shock proteins of peaches during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 244-251.
23. Yaoa, H. & Tiana, S. (2005). Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biology and .Technology*, 35, 253-262.
24. Zhang, Y., Chen, K., Zhang, S. & Ferguson, I. (2003). The role of salicylic acid in postharvest ripening of kiwifruit, *Postharvest Biology and Technology*, 28, 67-74.