تأثیر پوترسین برون‌زاد بر عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) رقم سلوا

محمدرضا زکائی خسروشاهی[۱]، محمود اثنی‌عشری[۲]، احمد ارشادی[۲] و احمد احمدی[۳]

چکیده

تـأثیر غلظت‌های مختلف پوترسین بر عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا در دمای ۵ درجه سانتیگراد بـررسی شد. میـوه‌ها در محلول پوترسین با غلظت‌های ۰/۳، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار و نیـز آب مقطر (شاهد) به مدت ۵ دقیقه غوطه‌ور شده و به همراه میوه‌های تیمار نشده (تیمار خشک) به یخچال (۵ درجه سانتیگراد) منتقل شدند. در روزهای پنجم، نهم و سیزدهم پس از شروع انبارداری، میزان تولید اتیلن، سفتی بافت، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و pH میوه‌ها انـدازه‌گیری شد. استفاده از پـوترسین به طور معنی‌داری باعث افزایش عمر انـباری میوه تـوت‌فرنگی شد، به طوریکه میوه‌های تیمار خشک و شاهد به تـرتیب ۶ و ۸ روز عمر انـباری داشتند، درحالیکه میـوه‌های غوطه‌ور شده در محلول‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار پـوترسین، به ترتیب در روزهای دوازدهم و چهاردهم هنوز قابل عرضه به بازار بودند. استفاده از پوترسین به طور معنی‌داری باعث کاهش تولید اتیلن میوه‌ها شد. در هر سه زمان اندازه‌گیری (روزهای پنجم، نهم و سیزدهم انبارداری) بالاترین میزان تولید اتیلن مربوط به تیمار خشک و کمترین آن مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین بود. همچنین استفاده از پوترسین به طور معنی‌داری از نرم شدن میوه طی انبارداری جلوگیری نمود و باعث حفظ سفتی بافت میوه‌ها گردید، به طوریکه در هر سه زمان اندازه‌گیری، بیشترین سفتی بافت مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین بود. کمترین میزان سفتی در روزهای پنجم و نهم مربوط به تیمار آب مقطر و در روز سیزدهم مربوط به تیمار خشک بود. استفاده از پوترسین تأثیر معنی‌داری بر pH و اسیدیته قابل تیتراسیون و مواد جامد محلول میوه‌ها نداشت، ولی در هر سه زمان اندازه‌گیری، بیشترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین و کمترین آن مربوط به تیمار خشک بود.

واژه‌های کلیدی: توت‌فرنگی، پوترسین، عمر پس از برداشت

۱و۲. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
۳. مربی گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

پلی‌آمین‌ها دسته‌ای از ترکیبات طبیعی با وزن ملکولی کم و دارای گروهای ازت‌دار خطی هستند که تقریباً در همه موجودات زنده یافت می‌شوند و در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان و جانوران و واکنش به تنش‌های محیطی نقش ایفا می‌کنند. پلی‌آمین‌های معمول که در هر سلول گیاهی یافت می‌شوند، عبارتند از: پوترسین (دی‌آمین)، اسپرمیدین (تری‌آمین) و اسپرمین (تتراآمین). بعلاوه پلی‌آمین‌های غیرمعمول از جمله: هومواسپرمیدین، ۱ و ۳-دی‌آمینوپروپان، کاداورین و کاناوالمین در گیاهان، جانوران، جلبک‌ها و باکتری‌ها یافت می‌شوند. پلی‌آمین‌ها در pH طبیعی سلول به صورت کاتیون می‌باشند. طبیعت پلی‌کاتیونی این ملکول‌ها در pH فیزیولوژیک، از صفات مهمی است که در فعالیت‌های بیولوژیکی آن‌ها موثر می‌باشد. پلی‌آمین‌ها به ملکول‌های آنیونی از جمله اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، فسفولیپیدها و پلی‌ساکاریدهای پکتینی و همچنین به انواع مختلفی از آنزیم‌ها، متصل شده و فعالیت آن‌ها را تنظیم می‌کنند (بناویدس و همکاران، ۲۰۰۰؛ تیبورکیو و همکاران، ۱۹۹۳). در آزمایشی نشان داده شده است که پلی‌آمین‌ها به عنوان کاتیون‌های آلی همانند کاتیون‌های غیرآلی مثل کلریدکلسیم و آهن فعالیت آنزیم پکتین‌استراز را در گوشت میوه گریپ‌فروت کاهش می‌دهند (لیتینگ و ویکر، ۱۹۹۷).

عقیده بر این است که پلی‌آمین‌ها در گیاهان خاصیت ضد پیری دارند. پلی‌آمین‌ها بویژه اسپرمیدین عموماً در اندام‌های جوان فراوان بوده و با مسن شدن بافت و اندام میزان آن‌ها کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه تیمار با پلی‌آمین‌های برون‌زاد از ظهور علائم پیری جلوگیری نموده یا آن را به تأخیر می‌اندازد، چنین استنباط شده است که ممکن است شروع پیری ناشی از کاهش فعالیت آنزیم ADC و میزان پلی‌آمین‌ها باشد (گالستون و کائور-ساونی، ۱۹۹۰). نقش ضد پیری پلی‌آمین‌های برون‌زاد برای اولین بار در پروتوپلاست‌های جدا شده از مزوفیل برگ یولاف و سایر غلات مشاهده شد. پلی‌آمین‌های برون‌زاد تجزیه کلروفیل در پروتوپلاست‌ها را به تعویق انداخته و از فعالیت آنزیم پروتئاز جلوگیری نموده و از سوی دیگر توانایی پروتوپلاست‌ها در سنتز DNA و RNA و انجام چندین دوره تقسیم سلولی را افزایش می‌دهند (کائور-ساونی و همکاران، ۱۹۸۰ و ۱۹۸۲). احتمالاً همه اثرهای فوق با نقش ضد اتیلنی پلی‌آمین‌ها همراه می‌باشد، چرا که ثابت شده که پلی‌آمین‌های برون‌زاد از تولید و عمل اتیلن در شرایط *in vivo* جلوگیری می‌کنند (گالستون و کائور-ساونی، ۱۹۹۰). رقم‌های گوجه‌فرنگی *Alcobaca* (دیبل و همکاران، ۱۹۸۸؛ راستوگی و دیویس، ۱۹۹۱) و *Liberty* (سافتنر و بالدی، ۱۹۹۰) که طول عمر انباری آن‌ها در اثر به تأخیر افتادن پیری بیشتر از سایر ارقام می‌باشد، پوترسین بیشتری نسبت به غلظت‌های معمول در سایر ارقام تولید می‌کنند. عقیده بر این است که پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از تولید آنزیم‌های ضروری برای سنتز اتیلن، از پیری جلوگیری می‌کنند (که و رومانی، ۱۹۸۸؛ رابرتس و همکاران، ۱۹۸۶).

تیمار با پلی‌آمین‌های برون‌زاد، رسیدن و پیری بسیاری از میوه‌ها را به تأخیر می‌اندازد. از سوی دیگر اتیلن باعث تسریع این فرآیندها می‌شود. بیوسنتز پلی‌آمین‌ها و اتیلن از نظر پیش ماده SAM مشترک بوده و این دو ترکیب در رسیدن و پیری میوه اثرات متضادی دارند. تحقیقات حاکی از آن است که پلی‌آمین‌ها و اتیلن تنظیم کننده‌های رسیدن و پیری می‌باشند و تعادل بین این دو، در تسریع یا کند نمودن فرآیند رسیدگی نقش تعیین کننده دارد (برگولی و همکاران، ۲۰۰۲). اخیراً در آزمایشی ژن *Samdc* (ژن کد کننده آنزیم اس- آدنوزیل متیونین دکربوکسیلاز[1]) مخمر را به گیاه گوجه‌فرنگی وارد نمودند که در اثر آن سطوح پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین طی رسیدن میوه گوجه‌فرنگی تراریخت افزایش یافته و در نهایت به افزایش عمر انباری

1. S-adenosylmethionine decarboxylase (SAMDC)

Archive of SID
www.SID.ir

میوه‌ها انجامید (مهتا و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش شده که در گوجه‌فرنگی، پلی‌آمین‌ها از نسخه‌برداری، تولید و فعالیت آنزیم ACC-سینتاز جلوگیری کرده و در نتیجه باعث کاهش سطوح ACC می‌شوند که در نهایت به کاهش فعالیت آنزیم ACC-اکسیداز و کاهش تولید اتیلن می‌انجامد (لی و همکاران، ۱۹۹۲). در میوه‌هایی مثل آووکادو (واینر و آپلبام، ۱۹۸۶) و گلابی (توماج و ریچاردسون، ۱۹۸۸) نیز تیمار برون‌زاد پلی‌آمین‌ها با ممانعت از فعالیت آنزیم ACC-سینتاز، بیوسنتزاتیلن را به شدت کاهش داده است.

یکی از اثرات مهم تیمار برون‌زاد پلی‌آمین‌ها طی انبارداری سبزی‌ها و میوه‌ها، حفظ یا افزایش سفتی بافت می‌باشد. حفظ سفتی و جلوگیری از نرم‌شدن بافت در اثر تیمار با پلی‌آمین‌ها در بسیاری از محصولات باغبانی از جمله سیب (کرامر و همکاران، ۱۹۸۹ و ۱۹۹۱؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۳)، توت‌فرنگی (پوناپا و همکاران، ۱۹۹۳)، گوجه‌فرنگی (لیتینگ و ویکر، ۱۹۹۷)، نارنگی (ولرو و همکاران، ۱۹۹۸a)، لیمو (ولرو و همکاران، ۱۹۹۸a,b)، هلو (برگولی و همکاران، ۲۰۰۲) و آلو (سرانو و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش شده است. میزان تأثیرگذاری پلی‌آمین‌ها بر سفتی میوه، بستگی به تعداد بارهای مثبت آن‌ها دارد. ظرفیت کاتیونی پلی‌آمین‌ها به ترتیب زیر است: پوترسین < اسپرمیدین< اسپرمین. میوه‌هایی که دارای مقادیر زیادی از ملکول‌های با ظرفیت کاتیونی بالا بودند، عمر پس از برداشت بیشتری نیز داشتند (ولرو و همکاران، ۱۹۹۸c).

هدف از این پژوهش بررسی اثر غلظت‌های مختلف پوترسین بر میزان تولید اتیلن، عمر پس از برداشت و تغییرات کیفی (سفتی، pH، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون) میوه توت‌فرنگی رقم سلوا طی انبارداری آن بوده است.

مواد و روش‌ها

میوه توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa*) رقم سلوا (Selva) از یکی ازگلخانه‌های تولیدکننده توت‌فرنگی شهرستان هشتگرد تهیه شد. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار شامل چهار غلظت متفاوت پوترسین (۰/۳، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار)، آب مقطر (شاهد) و تیمار خشک (بدون تیمار آب و پوترسین) و در سه تکرار انجام شد. میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری (۲۵ تا۳۰ روز پس از باز شدن گل‌ها) و هنگامی که به اندازه کامل خود رسیده و حدود ۵۰ تا۸۰ درصد رنگ قرمز داشتند، برداشت شدند. میوه‌های دارای شکل غیرطبیعی و عوارض فیزیکی حذف شده و میوه‌های سالم و یکنواخت انتخاب گردیدند. میوه‌ها بر اساس طرح آزمایشی مذکور با غلظت‌های مختلف پوترسین تیمار شدند. تیمار پوترسین از طریق غوطه‌ور نمودن میوه‌ها به مدت ۵ دقیقه در محلول‌های از پیش تهیه شده (با آب مقطر ۱۸ درجه سانتیگراد) صورت گرفت. میوه‌ها پس از انجام تیمار، از محلول خارج و برای آب‌گیری در سبدهایی ریخته شدند. پس از۲۰ دقیقه، میوه‌ها که تقریباً خشک شده بودند، به ظروف دو لیتری منتقل و درب آن‌ها محکم بسته شد. ظروف در بسته حاوی میوه به یخچال با دمای ۵ درجه سانتیگراد منتقل گردیدند. هر چهار روز یکبار و طی سه مرحله (روزهای پنجم، نهم و سیزدهم پس از شروع انبارداری) اندازه‌گیری‌های مربوطه روی میوه‌ها به شرح ذیل صورت گرفت:

۱. اتیلن

میزان اتیلن تولید شده با استفاده ازدستگاه کروماتوگراف گازی (SHIMADZU, JAPAN) مدل C-R 4A و به روش سیستم بسته اندازه‌گیری شد. دو میوه پس از تعیین حجم و وزن در ظرف شیشه‌ای یک لیتری قرار داده شدند و پس از یک ساعت، نمونه گازی داخل ظرف با استفاده از سوزن دوسر و ظرف خلأ (ونوژکت) ده میلی‌لیتری برداشت

Archive of SID

www.SID.ir

شد. سپس یک میلی‌لیتر از نمونه گاز توسط سرنگ همیلتون از ونوژکت برداشته شد و به دستگاه GC تزریق گردید. میزان اتیلن تولید شده بر حسب نانولیتر بر کیلوگرم میوه در ساعت ($nl\ g^{-1}h^{-1}$) محاسبه گردید.

۲. سفتی بافت

آزمون سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج (HOUNSFIELD, ENGLAND) مدل H5 KS و با دو بار نفوذ دادن میله نفوذ کننده با قطر نوک ۶/۴ میلی‌متری در هر میوه انجام شد.

۳. اسیدیته قابل تیتراسیون (TA[1])

برای اندازه‌گیری میزان اسید میوه از روش تیتراسیون استفاده شد. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب میوه داخل ارلن ریخته شد و سپس ۶۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. پس از اضافه کردن چند قطره فنل‌فتالئین (۱٪ در الکل) با سود ۰/۱ نرمال تیتراسیون انجام شده و مقدار اسیدیته قابل تیتراسیون بر حسب درصد اسید سیتریک محاسبه گردید.

۴. مواد جامد محلول (SSC[2])

برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول میوه از رفرکتومتر دستی (ATAGO, JAPAN) مدل N_1 استفاده شد.

۵. pH آب میوه

pH آب میوه با استفاده از pH متر (JENWAY) مدل ۳۳۲۰ تعیین شد.

تجزیه آماری نتایج حاصل از این پژوهش با نرم‌افزار MSTATC صورت گرفت و اثرات تیمارهای مختلف بر روی صفات مورد نظر تعیین گردید. همچنین مقایسه میانگین اثر تیمارها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

۱. تأثیر پوترسین بر طول عمر انباری

تیمار پوترسین به میزان قابل توجهی طول عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی را افزایش داد. تعداد روزهای پس از شروع انبارداری که میوه‌ها از نظر کیفیت ظاهری و سالم بودن قابل عرضه به بازار بودند، در میوه‌های تیمار شده با پوترسین به مراتب بیشتر از میوه‌های شاهد و خشک بود. میوه‌های خشک پس از ۷ روز قابل عرضه به بازار نبودند، درحالیکه میوه‌های تیمار شده با غلظت ۱ میلی‌مولار پوترسین پس از ۱۲ روز و میوه‌های تیمار شده با غلظت ۲ میلی‌مولار پس از ۱۴ روز هنوز قابل عرضه به بازار بودند. میوه‌های مزبور آلودگی قارچی کمتری داشته و همچنین خصوصیات ظاهری خود را در سطح بالاتری حفظ نمودند (جدول ۱).

۲. تأثیر پوترسین بر میزان آلودگی قارچی

هر دو تیمار آب خالص و پوترسین میزان آلودگی قارچی را در میوه‌ها کاهش داد. اولین علائم آلودگی قارچی (آلوده شدن ۱۰٪ میوه‌ها) در نمونه‌های خشک در روز چهارم و در سایر نمونه‌ها در روزهای هفتم و هشتم مشاهده شد (جدول ۱). به نظر می‌رسد که غوطه‌ورسازی میوه‌ها در آب (خالص یا محتوی پوترسین) باعث شسته شدن اسپورهای قارچ از سطح میوه و کاهش آلودگی سطحی آن شده است. همچنین میزان آلودگی میوه‌های تیمار شده با پوترسین کمتر از میوه‌های شاهد بود که بیانگر نقش پوترسین در کنترل آلودگی قارچی می‌باشد. آزمایشات متعدد نشان داده‌اند که متابولیسم پلی‌آمین‌ها در گیاهان در برهمکنش گیاه با قارچ‌ها (و سایر عوامل بیماری‌زا) به شدت تغییر می‌کند. گزارش شده است که پلی‌آمین‌های متصل شده به ترکیبات فنولی و آمیدهای هیدروکسی سینامیک اسید در برهمکنش بین گیاه و پاتوژن‌ها تجمع می‌یابند (والترز، ۲۰۰۳). سطوح پلی‌آمین‌ها در برگ‌های گیاه جو آلوده به قارچ زنگار قهوه‌ای

1. Titratable Acidity
2. Soluble Solids Content

Archive of SID
www.SID.ir

(*Puccinia hordei*) (گرینلند و لویس، ۱۹۸۴) و سفیدک سطحی (*Blumeria graminis f.sp.hordei*) (والترز و ویلی، ۱۹۸۶) به شدت افزایش نشان داده است که حاکی از نقش این ترکیبات در سیستم دفاعی گیاه در برابر عوامل بیماری‌زا می‌باشد. بنابراین منطقی به نظر می‌رسد که احتمالاً پوترسین برون‌زاد نقش ضدپاتوژنی در میوه توت‌فرنگی داشته باشد. قارچ‌هایی که در این پژوهش در نمونه‌های توت‌فرنگی تشخیص داده شد، عبارت بودند از: رایزوپوس (*Rhizopus*)، پنیسیلیوم (*Penicillium*)، آلترناریا (*Alternaria*) و بوتریتیس (*Butrytis*). مورد اخیر، یعنی کپک خاکستری مهمترین عامل قارچی محدود کننده انبارداری توت-فرنگی به شمار می‌رود.

۳. تأثیر پوترسین بر تولید اتیلن

تیمار پوترسین تولید اتیلن در میوه توت‌فرنگی را کاهش داد. ممانعت از تولید اتیلن بارزترین ویژگی پلی‌آمین‌ها می‌باشد و بسیاری از آزمایش‌ها نقش ضداتیلنی پلی‌آمین‌ها را تأیید می‌کنند. گزارش شده است که در ارقام جهش‌یافته گوجه‌فرنگی که پلی‌آمین بیشتری تولید می‌کنند، سطوح اتیلن در آن‌ها پایین‌تر است (دیبل و همکاران، ۱۹۸۸). همچنین در گوجه‌فرنگی رقم Liberty افزایش پوترسین طی رسیدن میوه، با کاهش تولید اتیلن و افزایش عمر انباری میوه همبستگی دارد (سافتنر و بالدی، ۱۹۹۰).

جدول ۱: اثر غلظت‌های مختلف پوترسین برون‌زاد روی عمر پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا[×]

تیمار	ظهور اولین علائم آلودگی (روز پس از شروع انبارداری)	قابل عرضه به بازار (روز پس از شروع انبارداری)	غیرقابل عرضه به بازار (روز پس از شروع انبارداری)
خشک	۴ [b]	۶ [d]	۷ [e]
شاهد	۷ [a]	۹ [c]	۱۰ [d]
۰/۳ میلی‌مولار	۷ [a]	۹ [c]	۱۱ [cd]
۰/۵ میلی‌مولار	۷ [a]	۱۰ [c]	۱۲ [bc]
۱ میلی‌مولار	۸ [a]	۱۲ [b]	۱۳ [b]
۲ میلی‌مولار	۸ [a]	۱۴ [a]	۱۵ [a]

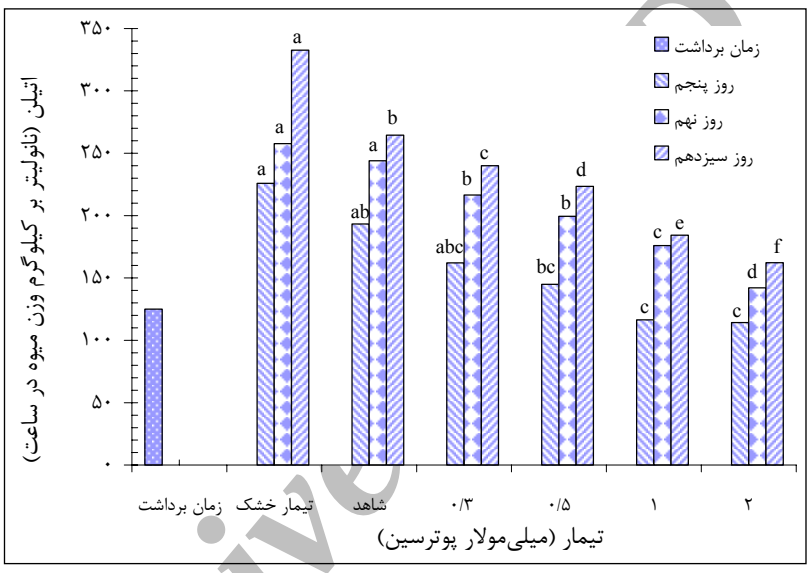
× مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفته و حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف آن‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.

چنانچه پیشتر ذکر شد، پلی‌آمین‌ها با ممانعت از تولید آنزیم‌های ضروری برای سنتز اتیلن از تولید آن و بروز پیری جلوگیری می‌کنند. در میوه‌های گوجه‌فرنگی (لی و همکاران، ۱۹۹۲)، گلابی (توماج و ریچاردسون، ۱۹۸۸) و آووکادو (واینر و آپلبام، ۱۹۸۶) پلی‌آمین‌ها با جلوگیری از نسخه‌برداری، تولید و فعالیت آنزیم ACC-سینتاز تولید اتیلن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. گزارشات دیگر حاکی از آن است که

Archive of SID

www.SID.ir

توانایی پلی‌آمین‌ها در متوقف نمودن فعالیت آنزیم ACC-اکسیداز با از بین بردن رادیکال‌های آزاد سوپراکسید که برای تبدیل ACC به اتیلن ضروری هستند، منجر به کاهش تولید اتیلن می‌گردد (درولت و همکاران، ۱۹۸۶). خاصیت از بین بردن رادیکال‌های آزاد همبستگی مثبتی با تعداد گروه‌های آمینی (بارهای مثبت) در ملکول پلی‌آمین دارد. بدین مفهوم که اسپرمیدین و اسپرمین موثرتر از پوترسین و کاداورین هستند. در آزمایش حاضر تولید اتیلن میوه بوسیله تیمار پوترسین کاهش یافت. در هر سه زمان اندازه‌گیری (روزهای پنجم، نهم و سیزدهم انبارداری) بالاترین میزان تولید اتیلن مربوط به تیمار خشک بوده و تیمار آب خالص در درجه دوم قرارداشت (شکل ۱).



شکل ۱: مقایسه اثر غلظت‌های مختلف پوترسین برون‌زاد روی تولید اتیلن در زمان‌های مختلف انبارداری

کمترین میزان تولید اتیلن مربوط به میوه‌هایی بود که با بیشترین غلظت پوترسین (۲ میلی‌مولار) تیمار شده بودند. به عبارت دیگر با افزایش غلظت پوترسین از تولید اتیلن در بافت میوه کاسته شد. اگرچه در روز پنجم بین غلظت‌های مختلف پوترسین اختلاف معنی‌داری از نظر میزان تولید اتیلن وجود نداشت، ولی در روزهای نهم و سیزدهم اختلاف میانگین بین غلظت‌های مختلف پوترسین و نیز بین تیمارهای پوترسین و تیمار خشک و شاهد معنی‌دار بود. غلظت ۲ میلی‌مولار پوترسین بهترین تیمار از نظر کنترل تولید اتیلن بود.

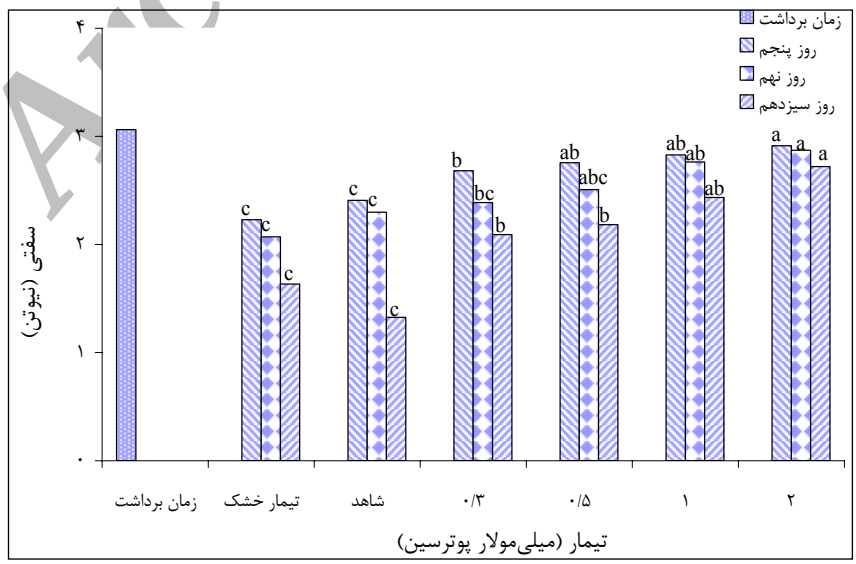
۴. تأثیر پوترسین بر سفتی بافت میوه

تیمار پوترسین باعث حفظ سفتی بافت میوه شد. سفتی بافت میوه‌ها همبستگی مثبتی با غلظت‌های تیمار شده پوترسین داشت (شکل۲). در هر سه زمان اندازه‌گیری، بیشترین میزان سفتی میوه مربوط به بالاترین غلظت پوترسین (۲ میلی‌مولار) بود و با

Archive
www.SID.ir

کاهش میزان پوترسین از سفتی بافت کاسته شد. کمترین میزان سفتی در روزهای پنجم و نهم انبارداری مربوط به تیمار آب خالص و در روز سیزدهم مربوط به تیمار خشک بود. اختلاف میانگین بین تیمارهای پوترسین و تیمار خشک و شاهد از نظر سفتی بافت میوه معنی‌دار بود، ولی اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های مختلف پوترسین از این نظر وجود نداشت.

افزایش سفتی بافت تحت تأثیر پوترسین در بسیاری از میوه‌ها از جمله سیب (کرامر و همکاران، ۱۹۸۹ و ۱۹۹۱؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۳)، توت‌فرنگی (پوناپا و همکاران، ۱۹۹۳)، گوجه‌فرنگی (لیتینگ و ویکر، ۱۹۹۷)، نارنگی (ولرو و همکاران، ۱۹۹۸a)، لیمو (ولرو و همکاران، ۱۹۹۸a,b)، هلو (برگولی و همکاران، ۲۰۰۲) و آلو (سرانو و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش شده است. اثر پلی‌آمین‌ها در افزایش سفتی گوشت میوه آلو را می‌توان به اتصال آن‌ها به ترکیبات پکتیکی دیواره سلول نسبت داد. این اتصال به ثبات و پایداری دیواره سلول منجر می‌شود که بلافاصله پس از تیمار قابل تشخیص است. اتصال مذکور همچنین مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده دیواره از جمله پکتین‌استراز (PE)، پکتین‌متیل‌استراز (PME) و پلی‌گالاکتروناز (PG) شده که به نوبه خود، نرم‌شدن میوه‌ها در انبار را کاهش می‌دهد (ولرو و همکاران، ۲۰۰۲). کاهش نرم شدن گوشت میوه سیب طی انبارداری در شرایط کنترل اتمسفر همبستگی نزدیکی با افزایش سطوح پلی‌آمین‌های درون‌زاد داشته است (کرامر و وانگ، ۱۹۸۹). همچنین در آزمایش دیگری نفوذ دادن پلی‌آمین‌ها به داخل میوه باعث افزایش فوری در سفتی میوه سیب و نیز باعث کاهش نرم شدن آن در انبار صفر درجه گردیده است (کرامر و همکاران، ۱۹۹۱). تیمار پلی‌آمین‌ها و کلریدکلسیم باعث افزایش معنی‌دار سفتی بافت توت‌فرنگی شده است. پوترسین تأثیر کمتری در افزایش سفتی توت-فرنگی داشت. در این آزمایش تأثیر پلی‌آمین‌ها بر استحکام بافت میوه توت‌فرنگی مشابه تأثیر کلریدکلسیم بود و این می‌تواند به دلیل توانایی مشابه این دو ترکیب در اتصال به دیواره‌ها و غشاهای سلولی باشد (پوناپا و همکاران، ۱۹۹۳). بررسی‌های صورت گرفته روی پلی‌آمین‌ها همچنین نشان داده است که مقادیر قابل توجهی از این ترکیبات توسط سلول‌ها جذب شده و به دیواره آن‌ها متصل می‌شوند (پیستوچی و همکاران، ۱۹۸۷).



شکل ۲: مقایسه اثر غلظت‌های مختلف پوترسین برون‌زاد روی سفتی میوه در زمان‌های مختلف انبارداری

Archive of SID

www.SID.ir

۵. تأثیر پوترسین بر pH، SSC و TA میوه

کاربرد پوترسین تأثیر معنی‌داری بر pH، SSC و TA میوه نداشت و غلظت‌های مختلف پوترسین، آب خالص و تیمار خشک تفاوت معنی‌داری از این نظر نشان ندادند. البته در هر سه زمان اندازه‌گیری، کمترین میزان TA مربوط به تیمار خشک و بیشترین میزان آن مربوط به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین بود. به نظر می‌رسد افزایش شدید تنفس در میوه‌های تیمار نشده (به دلیل گسترش شدید و سریع آلودگی و نیز تولید اتیلن زیاد و تسریع پیری در این میوه‌ها) باعث مصرف اسیدهای آلی میوه و کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و مساعدت‌های بی‌شائبه جناب آقای دکتر مصباح بابالار عضو محترم هیئت علمی گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران تشکر و قدردانی می‌گردد.

Archive of SID
www.SID.ir

منابع

Benavides, M. P., Gallego, S. M., Comba, M. E. and Tomaro, M. L. 2000. Relationship between polyamines and paraquat toxicity in sunflower leaf discs. Plant Growth Regul, 31(3): 215-224.

Bregoli, A. M., Scaramagli, S., Costa, G., Sabatini, E., Ziosi, V., Biondi, S. and Torrigiani, P. 2002. Peach (*Prunus persica* L.) fruit ripening: aminoethoxyvinylglycine (AVG) and exogenous polyamines affect ethylene emission and flesh firmness. Physiol. Plant, 114: 472-481.

Dibble, A. R. G., Davies, P. J. and Mutschler, M. A. 1988. Polyamine content of long-keeping Alcobaca tomato fruit. Plant Physiol., 86: 338-340.

Drolet, G., Dumbroff, E. B., Legge, R. L. and Thompson, J. E. 1986. Radical scavenging properties of polyamines. Phytochemistry, 25: 367-371.

Galston, A. W. and Kaur-Sawhney, R. 1990. Polyamines in plant physiology. Plant Physiol., 94: 606-610.

Greenland, A. J. and Lewis, D. H. 1984. Amines in barley leaves infected with brown rust and their possible relevance to formation of 'Green-islands'. New Phytologist, 96: 283-291.

Kaur-Sawhney, R., Flores, H. E. and Galston, A. W. 1980. Polyamine-induced DNA synthesis and mitosis in oat leaf protoplasts. Plant physiol., 65: 368-371.

Kaur-Sawhney, R., Shih, L. M., Cegielska, T. and Galston, A. W. 1982. Inhibition of protease activity by polyamines relevance for control of leaf senescence. Febs Letters, 145(2): 345-349.

Ke, D. and Romani, R. J. 1988. Effects of spermidine on ethylene production and the senescence of suspension-cultured pear fruit cells. Plant Physiol. Biochem., 26: 109-114.

Kramer, G. F. and Wang, C. Y. 1989. Correlation of reduced chilling injury with increased spermine and spermidine levels in Zucchini squash. Physiol. Plant., 76: 479-482.

Kramer, G. F., Wang, C. Y. and Conway, W. S. 1989. Correlation of reduced softening and increased polyamine levels during low-oxygen storage of McIntosh apples. J. Am. Soc., Hort. Sci., 114: 942-947.

Kramer, G. F., Wang, C. Y. and Conway, W. S. 1991. Inhibition of softening by polyamine application in Golden Delicious and McIntosh apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 116: 813-819.

Law, D. M., Davies, P. J. and Mutschler, M. A. 1991. Polyamine-induced prolongation of storage in tomato fruits. Plant Growth Reg., 10: 283-290.

Leiting, V. A. and Wicker, L. 1997. Inorganic cations and polyamines moderate pectinesterase activity. J. Food Sci., 62(2): 253-255.

Li, N., Parsons, B. L., Liu, D.and Mattoo, A. K. 1992. Accumulation of wound-inducible ACC synthase transcript in tomato fruits is inhibited by salicylic acid and polyamines. Plant mol. Boil., 48: 477-487.

Mehta, R. A., Cassol, T., Li, N., Ali, N., Handa, A. K. and Mattoo, A. K. 2002. Engineered polyamine accumulation in tomato enhances phytonutrient content, juice quality and vine life. Nature Biotechnology, 20: 613-618.

Pistocchi, R., Bagni, N. and Creus, J. A. 1987. Polyamine uptake in carrot cell cultures. Plant Physiol., 84: 374-380.

Ponappa, T., Scheerens, J. C. and Miller, A. R. 1993. Vacuum infiltration of polyamines increases firmness of strawberry slices under various storage conditions. J. Food Sci., 58(2): 361-364.

Rastogi, R. and Davies, P. J. 1991. Polyamine metabolism in ripening tomato fruit II. Polyamine metabolism and synthesis in relation to enhanced putrescine content and storage life of alc tomato fruit. Plant physiol., 95: 41-45.

Archive of SID

www.SID.ir

Roberts, D. R., Dumbroff, E. B. and Thompson, J. E. 1986. Exogenous polyamines alter membrane fluidity in bean leaves-a basis for potential misinterpretation of their true physiological role. Planta, 167: 395-401.

Saftner, R. A. and Baldi, B. G. 1990. Polyamine levels and tomato fruit development: possible interaction with ethylene. Plant Physiol., 92: 547-550.

Serrano, M., Martinez–Romero, D., Guillen, F. and Valero, D. 2003. Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivar. Postharvest Biol. Tech., 30: 259-271.

Tiburcio, A. F., Campos, J. L., Figueras, X. and Besford, R. T. 1993. Recent advances in the understanding of polyamine functions during plant development. Plant Growth Regul., 12: 331-340.

Toumadje, A. and Richardson, D. G. 1988. Endogenouse polyamine concentrations during development, storage and ripening of pear fruits. Phytochemistry, 27: 335-338.

Valero, D., Martinez, D. and Riquelme, F. 1998a. Polyamine response to external mechanical bruising in two mandarin cultivars. Hortscience, 33(7): 1220-1223.

Valero, D., Martinez-Romero, D., Serrano, M. and Riquelme, F. 1998b. Postharvest gibberellin and heat treatment effects on polyamines, abscisic acid and firmness in Lemons. J. Food Sci., 63(4): 611-615.

Valero, D., Martinez-Romero, D., Serrano, M. and Riquelme, F. 1998c. Influence of postharvest treatment with putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon* L. Burm Cv. Verna). J. Agric. Food Chem., 46: 2102-2109.

Valero, D. Perez-Vicente, A., Martinez-romero, D., Castillo, S., Guillen, F. and Serrano, M. 2002. Plum storability improved after calcium and heat postharvest treatments: role of polyamines. J. Food Sci., 67(7): 2571-2575.

Walters, D. R. 2003. Polyamines and plant disease. Phytochemistry, 64: 97-107.

Walters, D. R. and Wylie, M. A. 1986. Polyamines in discrete regions of barley leaves infected with the powdery mildew fungus *Erysiphe graminis*. Physiologia Plantarum, 67: 630-633.

Wang, C. Y., Conway, W. S., Abbott, J. A., Kramer, G. F. and Sams, C. E. 1993. Postharvest infiltration of polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in *Golden Delicious* apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 118: 801-806.

Winer, L. and Apelbaum, A. 1986. Involvement of polyamines in the development and ripening of avocado fruits. J. Plant Physiol., 126: 223-233.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry (*Fragaria ananassa*) fruit, cultivar Selva

Zokaee Khosroshahi[1], M. R., Esna-Ashari[2], M., Ershadi[2], A. and Ahmadi, A.[3]

Abstract

Effect of different concentrations of putrescine on postharvest life of strawberry fruit, cultivar Selva in 5°C was studied. Fruits were immerged in 0.3, 0.5, 1 and 2 mM putrescine as well as distilled water (control) for 5 minutes, then transferred into the fridge (5°C) together with untreated fruits (dry treatment). The rate of ethylene production, tissue firmness, soluble solids content, titratable acidity and pH of fruits were determined 5, 9 and 13 days after the beginning of storage. Storage life of the strawberry fruits was significantly increased by the use of putrescine, so that the untreated and control fruits had 6 and 8 days storage life respectively, while the immerged fruits in 1 and 2 mM putrescine were still suitable to be exposed in the market 12 and 14 days after the beginning of storage respectively. Ethylene production was decreased significantly by the use of putrescine. Untreated fruits (dry treatment) had the highest rate of ethylene production and the lowest rate was occurred in 2 mM putrescine treatment at all determination times (5, 9 and 13 days after the beginning of storage). The use of putrescine also prevented the softening of fruit tissue during the storage and kept their firmness, so that, the 2 mM putrescine treatment caused the highest fruit firmness at all determination times. Distilled water treatment (control) had the lowest fruit firmness 5 and 9 days after storage, while this was 13 days for the dry treatment. Soluble solids content, pH and titratable acidity of the fruits were not significantly affected by the use of putrescine, but the highest and lowest rate of titratable acidity were related to the 2 mM putrescine and dry treatment respectively at the three determination times.

Keywords: Strawberry, Putrescine, Postharvest life

Archive of SID

1 and 2. M.Sc. student and Assistant Professors respectively, Department of Horticulture of Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University

3. Instructor Department of Horticulture of Science, Faculty of Agriculture, University of Tehran

www.SID.ir