



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷

صفحه‌های ۴۳۹-۴۵۲

تأثیر رطوبت انبار و تنظیم‌کننده رشد اپی‌براسینولید بر ویژگی‌های پس از برداشت میوه

پرتقال رقم تامسون ناول

جواد گرائیلی^۱، مهدی حدادی‌نژاد^{۲*}، حسین مرادی^۳، مرضیه قنبری جهرمی^۳

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳. استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۱۷

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۵

چکیده

خسارت غیرسرمایی پوست یکی از عوامل تخریب فیزیولوژیکی و پس از برداشت در پوست میوه‌های مرکبات می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی اثر کمبود رطوبت‌نسبی در انبار خشک ($RH=30-35\%$ و دمای ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد) نسبت به انبار معمولی ($RH=70-75\%$ و دمای ۸-۶ درجه سانتی‌گراد) و ۲۴-اپی‌براسینولید صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان‌های مختلف انبارداری (۱۵ روز و ۳۰ روز) بر عمر پس از برداشت پرتقال تامسون ناول می‌باشد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در زمستان ۱۳۹۴ به‌مدت ۳۰ روز، در سه تکرار و ۱۰ نمونه انجام شد. صفاتی نظیر درصد کاهش وزن، میزان خسارت غیرسرمایی پوست، درصد باز بودن روزنه‌ها، مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، نشت یونی، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز و مقدار مالون‌دآلدئید در میوه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری باعث افزایش مقدار کاهش وزن ($9/67\%$)، خسارت غیرسرمایی پوست (code ۳/۳۳) و فعالیت آنزیم کاتالاز پوست میوه‌ها ($0/136$) گردید. نگهداری میوه‌ها در محیط خشک منجر به کاهش روزنه‌های باز پوست میوه از $55/3$ به $36/1$ درصد شد که با کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید، روزنه‌های روی پوست میوه به‌دلیل اثر متعادل‌کننده این تنظیم‌کننده رشد، در حد انبار معمولی ($51/1$ درصد) باز باقی ماندند. همچنین، کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید در غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری سبب کاهش خسارت غیرسرمایی پوست و کاهش وزن شد. با توجه به اثر معنی‌دار غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر ۲۴-اپی‌براسینولید روی کاهش نرخ افت وزن، مقدار خسارت غیرسرمایی پوست و مقدار فعالیت کاتالاز پوست میوه‌ها، این تیمار به‌صورت کاربردی توصیه می‌گردد.

کلیدواژه‌ها: تنش خشکی، خسارت غیرسرمایی پوست، روزنه، کاتالاز، مالون‌دآلدئید.

۱. مقدمه

مهارکننده PLA2 و PLD توانسته است عارضه فیزیولوژیک NCPP را در میوه تنش دیده مرکبات کنترل کند [۳۶]. اما، مقررات دولتی، تقاضای مصرف‌کننده و نگرانی‌های زیست‌محیطی به‌ویژه در سال‌های اخیر منجر به افزایش پژوهش‌ها برای یافتن روش‌هایی در افزایش عمر نگهداری میوه‌ها بدون استفاده از مواد شیمیایی گردیده است [۳۸].

براسینواستروئیدها یکی از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند که نقش مهمی در تنظیم رشد و نمو گیاهان بازی می‌کنند [۱۷ و ۱۹]. این ترکیبات دارای اثرات فیزیولوژیک مختلف در رشد و نمو گیاهان بوده، موجب تحریک رشد و تقسیم سلولی شده و بر ویژگی‌های الکتریکی، نفوذپذیری، ساختمان، پایداری و فعالیت آنزیم‌های غشا اثر می‌گذارند [۳۶]. همچنین، در سطح مولکولی براسینواستروئیدها موجب تغییر بیان ژن و تغییر متابولیسم و بیوسنتز نوکلئیک اسیدها و پروتئین‌ها می‌گردند [۱۲]. در ضمن مشخص شده که این ترکیبات موجب افزایش سازگاری گیاهان در برابر شرایط نامساعد محیطی می‌شوند [۱۲، ۲۴ و ۳۵]. گزارش شده که براسینواستروئیدها موجب کاهش خسارت ناشی از تنش سرما، دمای زیاد، فلزات سنگین، شوری [۳۵] و تنش کم-آبی [۲۴] شده‌اند. همچنین، کاربرد غلظت‌های مختلف براسینواستروئید به‌منظور کاهش خسارت سرمازدگی میوه‌های گوجه‌فرنگی در دمای یک درجه سانتی‌گراد، سبب کاهش میزان نشت یونی، مالون‌دآلدئید و فعالیت آنزیم‌های فسفولیپاز D و لیپوکسیژناز شد [۷]. در مطالعه‌ای دیگر در بررسی اثر مصرف ۱۵ میکرومولار ۲۴-اپی‌براسینولید بر خسارت پس از برداشت میوه هلو در دمای یک درجه سانتی‌گراد، به‌طور قابل‌توجهی میزان مالون‌دآلدئید کاهش یافت [۱۸].

مرکبات با تولید ۴/۳ میلیون تن در سال ۱۳۹۴ به‌عنوان

میوه‌های خانواده مرکبات به‌طور ویژه‌ای مستعد ابتلا به نابسامانی‌های فیزیولوژیک پوست در پاسخ به تنش‌های غیرزنده در حین انبارداری هستند و تنش خشکی پس از برداشت از مهم‌ترین عوامل مؤثر در افت کیفیت میوه است [۳۶]. خسارت غیرسرمایی پوست بعد از برداشت به‌عنوان یکی از عوامل تخریب فیزیولوژیک در میوه مرکبات مطرح می‌باشد. فرورفتگی سطحی پوستی در پس‌از برداشت (PPI)^۱ در دماهای بالاتر از حد سرمازدگی^۲ در میوه مرکبات، یک نابسامانی فیزیولوژیک است که با ریزش سلولی و ایجاد حفره در فلاوودو (قسمت نارنجی رنگ پوست میوه) ایجاد می‌شود. این نابسامانی فیزیولوژیک با عنوان NonChilling Peel Pitting (NCPP) به‌صورت تخریب جزئی تا کلی پوست و در قالب ریزش سلولی و تغییر رنگ پوست و یا اصطلاحاً لکه روغنی^۳ دیده می‌شود [۸ و ۲۶] و در بسیاری از ارقام مرکبات در دمای بالاتر از ۱۱ درجه سانتی‌گراد، با وقوع تنش خشکی در زمان قبل یا پس از برداشت میوه‌ها رخ می‌دهد [۱۰ و ۲۵]. تنش خشکی و تغییر پتانسیل آب و اجزای آن در سلول‌های گیاهی منجر به کاتابولیسم چربی در غشای پلاسمایی شده و با فعال کردن آنزیم‌های فسفولیپازی، باعث زوال بافتی می‌شود. تنش‌های غیرزنده مثل تنش خشکی با فعال کردن آنزیم‌های فسفولیپازی باعث کاتابولیسم فسفولیپیدهای غشا می‌شوند و در نهایت منجر به شکست غشا سلولی و ایجاد یک جریان چربی به سمت خارج از بافت می‌شوند [۱۴، ۳۰ و ۳۱]. استفاده از مواد شیمیایی مانند Aristolochic Acid (AT) و Lysophosphatidylethanolamin (LPE) به‌ترتیب به‌عنوان

1. Postharvest peel pitting
2. Non chilling temperatures
3. Oleocellosis

۲. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر بر روی پرتقال رقم تامسون ناول انجام گردید. میوه‌ها در مرحله بلوغ تجاری در دی‌ماه ۱۳۹۴ به‌طور تصادفی از یک باغ تجاری در استان مازندران انتخاب شدند. همه میوه‌ها جهت ضدعفونی در محلول تجاری عصاره آویشن تهیه‌شده از شرکت پوشش حیات سبز به مدت ۳۰ ثانیه غوطه‌ور شدند تا کاملاً ضدعفونی گردند. محلول‌های ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر ۲۴-اپی‌براسینولید از پودر تنظیم‌کننده رشد ۲۴-اپی‌براسینولید شرکت Sigma Aldrich تهیه و با ترازوی دیجیتال وزن شدند. برای حل کردن این تنظیم‌کننده رشد بر اساس روش [۴۰] از چند قطره اسیداستیک استفاده شد. جهت جذب سطحی بیشتر، به محلول‌ها ۲ میلی‌لیتر توپین ۸۰ شرکت Sigma Aldrich اضافه شد.

میوه‌ها به‌صورت غوطه‌وری به مدت ۲ دقیقه تحت تیمار تنظیم‌کننده رشد قرار گرفتند و در تیمار شاهد نیز، میوه‌ها در آب مقطر به مدت ۲ دقیقه غوطه‌ور شدند [۴۰]. میوه‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول در انبار معمولی (با رطوبت نسبی ۷۵-۷۰ درصد و دمای ۸-۶ درجه سانتی‌گراد) و گروه دوم در انبار با رطوبت نسبی کم (درصد ۳۵-۳۰ و دما ۲۲-۱۸ درجه سانتی‌گراد) در سبدهای میوه به مدت ۳۰ روز [۳۶] نگهداری شدند. هر ۱۵ روز یک‌بار جهت ارزیابی صفات در میوه‌های تیمار شده، اقدام به نمونه‌برداری شد و برای تجزیه و تحلیل بیشتر در صورت نیاز نمونه‌های پوست یا گوشت در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد ذخیره شدند.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل با سه عامل، شامل تنظیم‌کننده رشد در ۳ سطح (غلظت صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر ۲۴-اپی‌براسینولید)، رطوبت انبار در دو سطح (خشک ۳۰٪ RH و معمولی ۷۰٪ RH) و مدت

اولین محصول باغی کشور گزارش شده است [۱]. همچنین، استان مازندران به‌عنوان اولین استان تولیدکننده مرکبات در ایران با ۳۹/۵ درصد معادل ۱/۸ میلیون تن بخش بزرگی از تولیدات مرکبات را به خود اختصاص داده است [۱]. پرتقال تامسون ناول^۱ یکی از مهم‌ترین ارقام تجاری مرکبات می‌باشد که بیشترین سطح زیر کشت را در شمال کشور داراست. این رقم مرکبات در شمال ایران در پاییز برداشت می‌شود. از آنجاکه محصولات باغی برداشت‌شده قابلیت فسادپذیری بالایی دارند و همچنین با در نظر گرفتن این‌که تقاضا برای رقم مذکور ۲ تا ۳ ماه پس از برداشت در استان‌های مختلف کشور از جمله مناطق خشک زیاد است، به‌کارگیری روش‌های مناسب جهت افزایش قابلیت ماندگاری به‌منظور استفاده در تمام فصول سال و حتی صادرات ضروری می‌باشد. بنابراین، روش‌هایی که برای نگهداری و انبارکردن این ارقام استفاده می‌شود باید به گونه‌ای باشد که میوه در زمان عرضه به بازار بهترین کیفیت را داشته باشد، زیرا علاوه بر این‌که باید عاری از عوامل بیماری‌زا و آفات باشند، باید فاقد هرگونه بقایای مواد شیمیایی که برای سلامت انسان مضر هستند، نیز باشد [۳].

با توجه به جابه‌جایی میوه پرتقال بین انبارها و مکان‌های دارای رطوبت مختلف؛ لازم است تیماری در نظر گرفته شود که بتواند در انبار با رطوبت پایین نیز نظیر انبار معمولی قابلیت ماندگاری میوه را در تمام فصول سال حفظ نماید. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر ۲۴-اپی‌براسینولید بر کاهش میزان خسارت غیرسرمایی بر پوست میوه مرکبات در شرایط انباری با رطوبت پایین صورت گرفت.

1. Thompson navel orange

و مدت نگهداری) در صفات خسارت پوست، اسید میوه، نشت یونی و فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار بود (جدول ۱). تقابل زمان نگهداری با رطوبت انبار و با تنظیم‌کننده رشد ($A \times B$) نیز بر درصد کاهش وزن و درصد باز بودن روزنه اثر معنی‌داری نشان دادند. همچنین، اثر متقابل رطوبت انبار و تنظیم‌کننده رشد ($B \times C$) بر نسبت TSS/TA و درصد کاهش وزن میوه‌ها اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد. رطوبت انبار تنها عاملی بود که توانست اثر معنی‌داری در مقدار مالون‌دآلدهید پوست میوه‌ها ایجاد کند.

نتایج نشان داد با افزایش مدت نگهداری وزن میوه‌ها در هر دو انبار نگهداری، کاهش یافت. اما در انبار تنش‌زا با رطوبت ۳۰ درصد مقدار کاهش وزن به‌طور معنی‌داری بیشتر از انبار معمولی بود ($P < 0/05$). کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید به‌ویژه با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری سبب کاهش در نرخ افت وزن میوه‌ها شد ($P < 0/05$ ، شکل ۱).

میزان خسارت پوست میوه نیز (شکل ۲) با افزایش مدت نگهداری تا ۳۰ روز، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و این روند افزایشی در انبار تنش‌زا با رطوبت کم به‌طور معنی‌داری بیشتر از انبار معمولی بود ($P < 0/05$). استفاده از ۲۴-اپی‌براسینولید به‌ویژه با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر به‌طور معنی‌داری باعث کاهش خسارت پوست (NCPP) در سطح پوست میوه‌ها شد ($P < 0/05$ ، شکل ۲).

۱.۳. درصد بازبودن روزنه‌های سطح میوه

با افزایش مدت انبارمانی درصد روزنه‌های باز در سطح پوست میوه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که در روز برداشت ۱۰۰ درصد روزنه‌ها باز بودند و در روز ۳۰ انبارمانی این میزان در سطح پوست میوه‌ها به ۶۲/۱۴ درصد تقلیل یافت ($P < 0/05$). همچنین، بسته شدن روزنه‌های سطح میوه در انبار تنش‌زا با رطوبت کم به‌طور

نگهداری در دو سطح (۱۵ و ۳۰ روز انبارمانی) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۱۰ میوه انجام گرفت. سپس صفات درصد کاهش وزن، میزان خسارت NCPP بر اساس کددهی به‌میزان خسارت سطحی پوست از کمترین خسارت با کد صفر تا بیشترین تخریب با کد چهار ارزیابی شد [۹]. درصد باز بودن روزنه‌ها با قرار دادن لاک ناخن روی سطح پوست و انتقال آن با نوآرچسب شفاف بر روی لام و لامل جهت بررسی زیر میکروسکوپ [۴] صورت گرفت. مواد جامد محلول گوشت میوه با انعکاس‌سنج (مدل DR-A1 با نام تجاری Atago ساخت ژاپن)، اسید قابل تیتراسیون با عصاره‌گیری از هر نمونه و عمل تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال بر مبنای اسیدسیتریک (۰/۰۶۴) تعیین گردید [۲۳]. درصد نشت الکترولیت به‌وسیله EC متر (مدل GLP 31⁺ با نام تجاری Crison ساخت کشور اسپانیا) اندازه‌گیری شد [۲۸]. مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از بافر پتاسیم فسفات و بر اساس کاهش جذب پراکسید هیدروژن (H_2O_2) با دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل CARY 50 Scan با نام تجاری Varian ساخت آمریکا) در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند [۴۴]. میزان مالون‌دآلدهید با استفاده از بافر پتاسیم فسفات و محلول ۰/۵ درصد اسید تیوباریتوریک حاوی اسید تری‌کلرواستیک (TCA) ۲۰ درصد و قرائت میزان جذب محلول به‌وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر در دو طول موج ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر خوانده (ضریب خاموشی $1050 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) [۳۹] و مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد.

۳. نتایج و بحث

بنابر نتایج اثر متقابل سه‌گانه (تنظیم‌کننده رشد، رطوبت انبار

تأثیر رطوبت انبار و تنظیم‌کننده رشد اپی‌براسینولید بر ویژگی‌های پس‌از برداشت میوه پرتقال رقم تامسون ناول

گوشت میوه‌ها اثر معنی‌داری ایجاد کردند. به طوری که انبار با رطوبت کم ۳۰ درصد سبب کاهش در مقدار اسید میوه‌ها شد و درحالی‌که روند کاهش میزان اسید میوه‌هایی که با ۵ میلی‌گرم در لیتر ۲۴-اپی‌براسینولید تیمار شده بودند پس از ۳۰ روز انبارمانی روند کاهشی کندتری نشان دادند. میوه‌های تیمار شده با غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر ۲۴-اپی‌براسینولید در انبار خشک‌تر، از کمترین میزان تغییر در اسید میوه نسبت به سایر تیمارها برخوردار بودند (شکل ۴).

معنی‌داری بیشتر از انبار معمولی با رطوبت ۷۰ درصد بود ($P < 0.05$). کاربرد تنظیم‌کننده رشد ۲۴-اپی‌براسینولید به‌طور معنی‌داری مانع بسته‌شدن روزنه‌ها در سطح میوه‌های پرتقال در هر دو انبار شد ($P < 0.05$, شکل ۳).

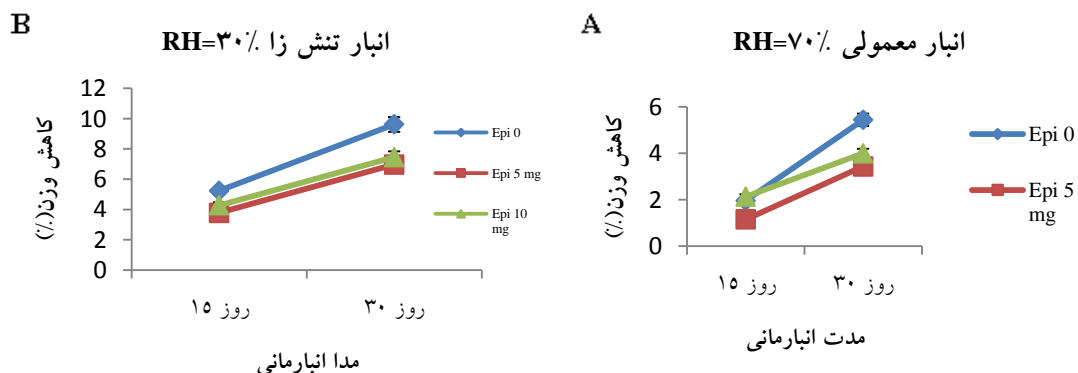
۲.۳. اسید قابل تیتراسیون بافت گوشت میوه

اثر متقابل سه متغیر مدت نگهداری، رطوبت انبار و تنظیم‌کننده رشد بر درصد اسید قابل تیتراسیون بافت

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر متغیرهای مختلف بر صفات مورد ارزیابی در میوه پرتقال رقم تامسون ناول

منابع تغییر	درجه آزادی	ncpp (code)	TSS/TA (%)	اسید قابل تیتراسیون (%)	کاهش وزن (%)	میانگین مربعات		
						باز بودن روزنه (%)	نشست یونی (%)	مالون دآلدهید (FW nmol/g)
مدت زمان (A)	۱	۱۲۹/۴**	۰/۳ ^{ns}	۱/۰۶ ^{ns}	۵۹۵/۹**	۶۸۲۴/۵**	۳۵۶/۱ ^{ns}	۰/۰۳**
رطوبت انبار (B)	۱	۱۲/۵۱۷**	۶/۱۲ ^{ns}	۰/۰۶ ^{ns}	۷۱۲/۸**	۱۵۷۱/۸**	۳/۶ ^{ns}	۰/۰۸**
تنظیم‌کننده رشد (C)	۲	۶/۲۷۱**	۱/۳۸ ^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۵۵/۹**	۱۹۶/۹*	۲۰۸/۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
A*B	۱	۱۲/۵۱۷**	۱/۹ ^{ns}	۰/۰۹ ^{ns}	۴۳/۳**	۷۶۵/۵**	۵۰/۹ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}
A*C	۲	۶/۲۷۱**	۰/۴۷ ^{ns}	۰/۰۰۹ ^{ns}	۱/۱۱ ^{ns}	۲۳۷/۷**	۳۲۰/۹ ^{ns}	۰/۰۱**
B*C	۲	۲/۰۵**	۱۲/۴۴**	۰/۳**	۲۵/۰۲**	۶۳/۴۸ ^{ns}	۲۰۰/۳ ^{ns}	۰/۰۰۷**
A*B*C	۲	۲/۰۵**	۶/۹ ^{ns}	۰/۲*	۵/۰۶ ^{ns}	۳۵/۱۴ ^{ns}	۶۷۵/۰۷*	۰/۰۱**
خطا	۳۳	۰/۰۰۶	۲/۷۸	۰/۰۶	۳/۱۲	۵۱/۵۱	۱۵۲/۷	۰/۰۰۱
ضرب تغییرات	-	۱۹/۱	۱۱/۳	۹/۲	۱۳/۶۸	۹/۰۲	۸/۷	۸/۹

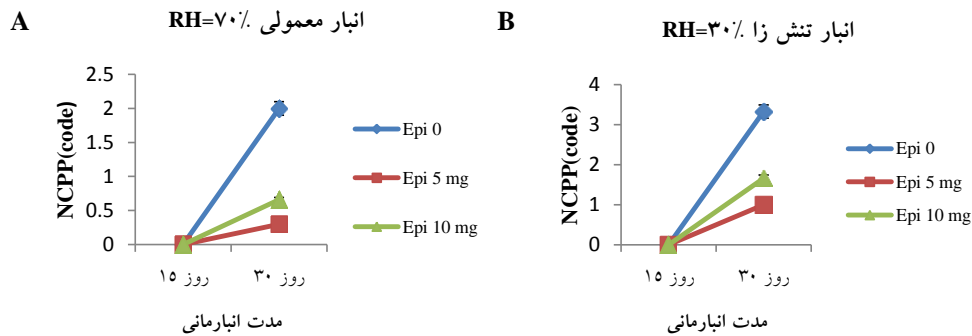
**،*، ns به ترتیب حدود معنی‌داری در سطح یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.



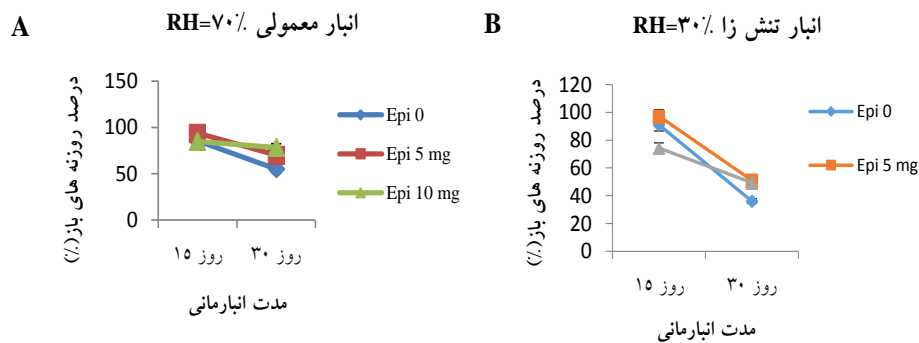
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد و زمان بر کاهش وزن پرتقال تامسون ناول در رطوبت نسبی ۷۰٪ (A) و ۳۰٪ (B)

به زراعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۳۹۷



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده رشد و زمان بر شاخص NCPP میوه پرتقال تامسون ناول رطوبت نسبی ۷۰٪ (A) و ۳۰٪ (B)



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده رشد و زمان بر درصد روزانه های باز سطح پوست میوه پرتقال تامسون ناول رطوبت نسبی ۷۰٪ (A) و ۳۰٪ (B)

۳.۳. نسبت TSS/TA

نتایج نشان داد که تقابل رطوبت انبار با تنظیم کننده رشد سبب ایجاد اختلاف معنی داری در نسبت TSS/TA شد ($P < 0.05$ ، جدول ۱). به طوری که انبار با رطوبت کم سبب افزایش نسبت TSS/TA میان تیمارها شد و کاربرد ۲۴-اپی براسینولید در غلظت ۵ میلی گرم در لیتر سبب کاهش روند افزایشی مقدار نسبت TSS/TA شد (شکل ۵).

۴.۳. نشت یونی

نتایج نشان داد که اثر سه گانه مدت نگهداری، رطوبت انبار و تنظیم کننده رشد سبب اختلاف معنی داری در مقدار نشت یونی بافت پوست میوه ها شد. به طوری که غلظت ۱۰

۵.۳. میزان فعالیت آنزیم کاتالاز پوست میوه

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، با افزایش دوره انبارمانی تا روز پانزدهم روند افزایشی داشت و بعد از ۳۰ روز انبارمانی کاهش یافت (شکل ۷). همچنین، رطوبت کم انبار سبب افزایش معنی دار فعالیت آنزیم کاتالاز شد

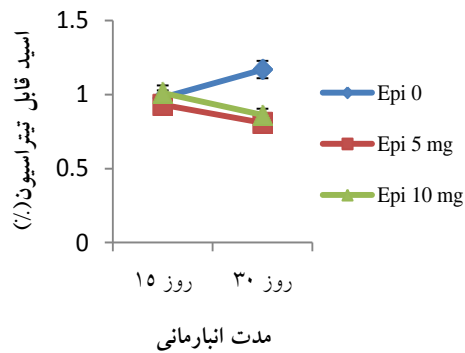
تأثیر رطوبت انبار و تنظیم‌کننده رشد اپی‌براسینولید بر ویژگی‌های پس‌از برداشت میوه پرتقال رقم تامسون ناول

۶.۳. مقدار مالون‌دآلدئید بافت پوست میوه

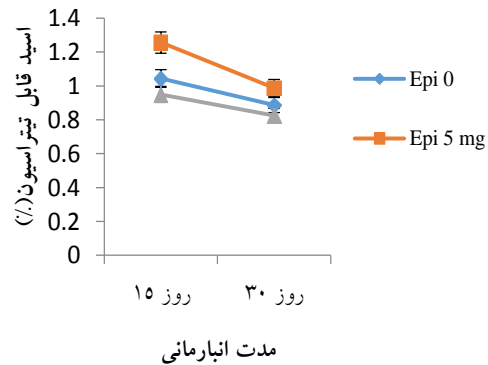
میزان مالون‌دآلدئید با افزایش مدت نگهداری میوه، افزایش یافت، ولی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد و این روند افزایشی در انبار با رطوبت کم به‌طور معنی‌داری بیشتر از انبار معمولی با رطوبت ۷۰ درصد بود ($P < 0.05$). همچنین کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید نتوانست، به‌طور معنی‌داری سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها در بافت پوست میوه‌ها گردد (شکل ۸).

($P < 0.05$). کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر (۰/۹۶۷) در انبار معمولی و غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر (۱/۰۲۲) در انبار با رطوبت کم باعث افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در ۱۵ روز بعد از انبارمانی شدند (شکل ۷). سپس در روز ۳۰ انبارمانی سبب کاهش فعالیت آنزیم کاتالاز گردیدند و از این لحاظ اختلاف معنی‌داری بین غلظت‌های تنظیم‌کننده رشد وجود نداشت.

A انبار معمولی RH=۷۰٪

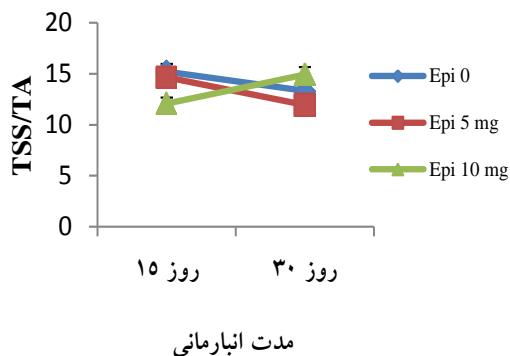


B انبار تنش‌زا RH=۳۰٪

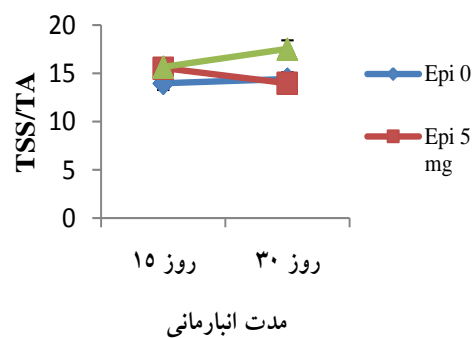


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد و زمان‌بر مقدار اسید قابل تیتراسیون پرتقال رقم تامسون ناول رطوبت نسبی (A) ۷۰٪ و (B) ۳۰٪

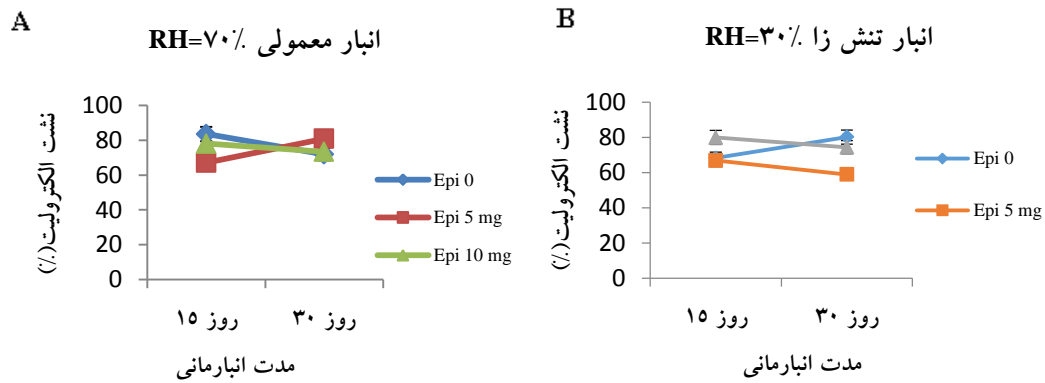
A انبار معمولی RH=۷۰٪



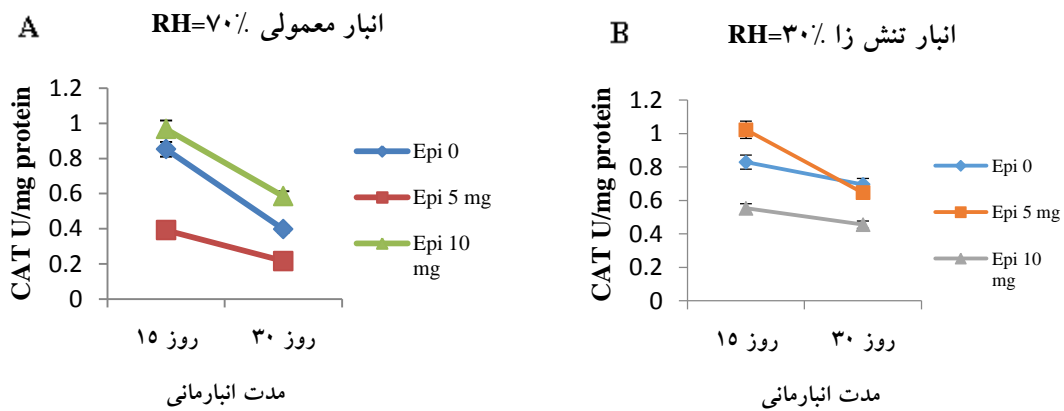
B انبار تنش‌زا RH=۳۰٪



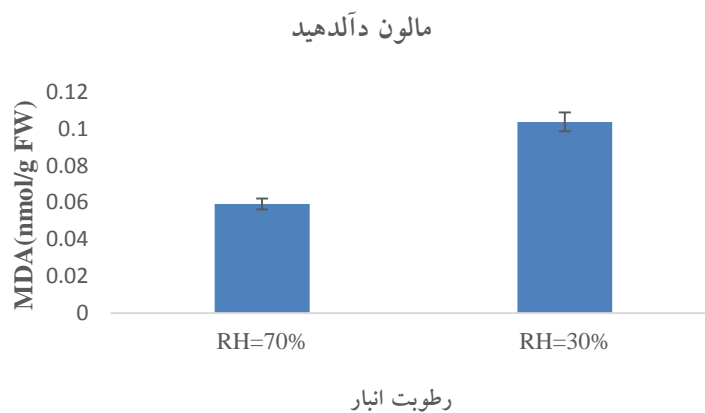
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم‌کننده رشد و زمان‌بر نسبت TSS/TA بافت گوشت پرتقال رقم تامسون ناول رطوبت نسبی (A) ۷۰٪ و (B) ۳۰٪



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده رشد و زمان بر مقدار نشت الکترولیت پرتقال رقم تامسون ناول رطوبت نسبی ۷۰٪ (A) و ۳۰٪ (B)



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل تنظیم کننده رشد و زمان بر مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز پوست پرتقال تامسون ناول رطوبت نسبی ۷۰٪ (A) و ۳۰٪ (B)



شکل ۸. اثر رطوبت انبار بر مقدار مالون دآلدهید پوست پرتقال تامسون ناول

داده‌اند که براسینولیدها، تأثیر قدرتمندی در افزایش مقاومت در برابر تنش‌های پس‌از برداشت دارند. همچنین، گزارش‌هایی مبنی بر کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید وجود دارد که مانع تخریب و باعث افزایش عمر انباری میوه‌های مرکبات شده است [۴۰]. می‌توان نتیجه گرفت که با کاربرد ۵ میلی‌گرم در لیتر ۲۴-اپی‌براسینولید می‌توان عارضه فیزیولوژیک لکه روغنی را در پس‌از برداشت میوه‌های پرتقال رقم تامسون ناول کاهش داد.

از لحاظ درصد باز بودن روزنه‌های سطح میوه، تنش خشکی در انبار تنش‌زا با رطوبت ۳۰ درصد سبب کاهش تعداد روزنه‌های باز در سطح میوه‌ها شد و این جریان با بیشتر شدن مدت انبارمانی افزایش یافت. تنش خشکی به‌طور معنی‌داری هدایت روزنه‌ای را در نهال‌های انار رقم نادری کاهش داد [۲]. اما، کاربرد ۲۴-اپی‌براسینولید مانع بسته شدن روزنه‌ها در سطح میوه‌ها شد. حذف آب باعث کاهش فشار تورژسانس و پتانسیل آب سلول شده و مجموعه پتانسیل آب به حدی پایین می‌آید که روزنه‌ها شروع به بسته شدن می‌کنند. تنش خشکی و تغییر پتانسیل آب می‌تواند با تغییر شرایط درون سلولی و در کنار آن با تغییر بیان ژن ABA سبب بالارفتن غلظت ABA در بافت شده و ضمن بستن روزنه‌ها، مانع خروج آب از بافت می‌شود [۳۷]. به‌نظر می‌رسد تنظیم‌کننده رشد ۲۴-اپی‌براسینولید با حفظ ساختار میوه و رطوبت درونی میوه مانع اثر تنش خشکی بر میوه‌ها شد و به میوه‌ها تنشی وارد نشد. بیشتر بودن تعداد روزنه‌های باز در تیمارهای ۲۴-اپی‌براسینولید بیانگر این مطلب می‌باشد که میوه‌ها در انبار با رطوبت نسبی پایین ۳۰ درصد حالت عادی داشته‌اند. روزنه‌ها وظیفه تبادلات گازی بین میوه و محیط خارج را برعهده دارند و بسته شدن روزنه‌ها مانع تبادلات گازی بین میوه و محیط اطراف می‌شود که می‌تواند باعث افزایش غلظت CO₂ در بافت میوه و در نهایت منجر به

میزان کاهش وزن و شاخص NCPP با بیشتر شدن مدت نگهداری و همچنین با اعمال تنش خشکی در انبار تنش‌زا در میوه‌های پرتقال افزایش یافتند که نشان‌دهنده تبخیر و تعرق بیشتر از سطح میوه در محیط با رطوبت کم می‌باشد. درصد کاهش وزن به تبادل رطوبتی محیط و تنفس بستگی دارد [۳]. همچنین، ۲۴-اپی‌براسینولید با کاهش میزان تنفس و تأخیر در پیری مانع کاهش وزن در میوه‌ها شد. تنظیم‌کننده رشد ۲۴-اپی‌براسینولید از طریق کاهش بیوستنز اتیلن و سرعت تنفس باعث به تأخیر انداختن پیری می‌گردد [۳۹]. تنش خشکی باعث افزایش نرخ افت وزن در میوه‌های برداشت‌شده توت‌فرنگی شد و کاربرد ABA میزان کاهش وزن میوه‌ها را نسبت به دیگر تیمارها کاهش داد [۱۳]. غلظت ۰/۰۵ درصد ۲-بوتانول میزان کاهش وزن میوه‌های لوگان (*Dimocarpus logan*) انبارشده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد را به‌طور معنی‌داری کاهش داد [۲۷]. همچنین، بنابر نتایج غلظت ۵ میلی‌گرم در لیتر ۲۴-اپی‌براسینولید، باعث کاهش شاخص NCPP در سطح میوه‌ها شد. تنش خشکی و تغییر پتانسیل آب و اجزای آن در سلول‌های گیاهی منجر به کاتابولیسم چربی در غشای پلاسمایی شده و با فعال کردن آنزیم‌های فسفولیپازی مختلف باعث زوال بافتی می‌شود [۹]. تنش خشکی باعث خروج آب از سیتوپلاسم به فضای بین سلولی، کاهش در سیتوزول و حجم واکوئل می‌گردد [۳۲]. در نهایت آنزیم‌های فسفولیپازی مانند PLA₂ و PLD و PLC شروع به تجزیه فسفولیپیدهای غشا می‌کنند که باعث ایجاد شکستگی و در نهایت ایجاد حفره در سطح پوست میوه می‌شوند. از طرفی در تنش خشکی آنزیم لیپوکسیژناز شروع به فعالیت می‌کند و باعث کاهش در میزان چربی کل غشا می‌شود چراکه یک همبستگی منفی بین فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز و محتوای کل غشا وجود دارد [۲۹]. در سال‌های اخیر تحقیقات بیش از پیش نشان

مطالعه هرچند به جز رطوبت انبار سایر تیمارها اثر معنی داری بر مقدار MDA نداشتند، ولی میزان آن در میوه‌های تیمار شده با ۲۴ اپی‌براسینولید کمتر از میوه‌های شاهد بود که نشان می‌دهد، کاربرد ۲۴- اپی‌براسینولید تا حدودی مانع از تولید بیش از حد ROSها و پراکسیداسیون لیپیدها در زمان نگهداری میوه پرتقال تامسون ناول در انبار می‌شود. پراکسید هیدروژن برای سلول‌های گیاهی بسیار سمی است. H_2O_2 علاوه بر اینکه توسط آنزیم گلیکولات اکسیداز در چرخه C_2 تنفس نوری در پراکسیزوم تولید می‌شود؛ همچنین می‌تواند توسط آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) در زنجیره انتقال الکترون در میتوکندری تولید گردد. تجمع H_2O_2 می‌تواند از طریق پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع غشای سلولی موجب افزایش تجمع مالون‌دی‌آلدهید گردد. میزان تجمع مالون‌دی‌آلدهید به همراه میزان نشت یونی به عنوان شاخص‌های غیرمستقیم بررسی انسجام غشای سلولی در محصولات باغبانی تحت تنش‌های محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین، حذف پراکسید هیدروژن برای جلوگیری از کاهش انسجام غشای سلولی است. آنزیم کاتالاز مسئول تجزیه H_2O_2 به آب و اکسیژن مولکولی است [۶]. در همین حال فعالیت کاتالاز در میوه‌های تیمار شده با ۲۴- اپی‌براسینولید بیشتر از میوه‌های شاهد در ۱۵ روز اول انبارمانی بود. آنزیم کاتالاز می‌تواند از تولید بیش از حد ROSها در بافت میوه جلوگیری کند و باعث کاهش پراکسیداسیون لیپید می‌شود که مانع از دست دادن عملکرد غشا در نتیجه کنترل پیری در طول انبارمانی می‌شود [۴۳]. به‌طور خلاصه ۲۴- اپی‌براسینولید عمدتاً با حفظ فعالیت کاتالاز مانع تنش اکسیداتیو در بافت پوست میوه پرتقال شده است.

اسیدهای چرب غیراشباع از مهم‌ترین ترکیبات لیپیدهای غشا هستند که در برابر پراکسیداسیون بسیار آسیب‌پذیر هستند. یکی از اصلی‌ترین اثرات تخریبی و

تخریب و فساد گردد. در شرایط تنش آبی، روزنه‌ها در سطح میوه بسته می‌شوند و متعاقب آن غلظت CO_2 در بافت افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی به دلیل عدم اکسید شدن مولکول NADPH، مصرف $NADP^+$ جهت دریافت الکترون کاهش می‌یابد، بنابراین مولکول اکسیژن در مسیر زنجیره انتقال الکترون به‌عنوان پذیرنده جانشین الکترون عمل می‌کند و منجر به شکل‌گیری رادیکال سوپر اکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل (OH) می‌گردد [۶]. فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) ممکن است سبب بروز صدماتی نظیر اکسید شدن لیپیدها، تغییر ساختمان پروتئین‌ها و اکسید شدن گروه‌های سولفیدریل (-SH)، غیرفعال شدن آنزیم‌ها و همچنین حمله مداوم به مولکول‌های آلی مثل DNA و در نتیجه اختلال در رشته‌های DNA گردد [۶ و ۳۳]. تنش خشکی به‌طور معنی داری باعث کاهش هدایت روزنه‌ای، تعرق، و درصد آب نسبی برگ در گیاهچه دو رقم گندم شد و کلروکولین کلراید در هر دو رقم در تنش خشکی تعداد روزنه را در واحد سطح افزایش داد [۵].

در طول انبارمانی مقدار فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ۲۴- اپی‌براسینولید تا ۱۵ روز بعد از انبارمانی افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد داشت که مطابق با الگوی تغییر در میوه نارنگی ساتسوما [۴۲] می‌باشد.

در شرایط کم‌آبی گونه‌های فعال اکسیژن تولید و تجمع یافته، که باعث خسارت اکسیداتیو و اختلال در اعمال فیزیولوژیکی سلول می‌شوند [۶]. تجمع گونه‌های فعال اکسیژن در شرایط تنش منجر به آسیب رساندن به ماکرومولکول‌ها حیاتی مثل لیپیدها، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و سایر ترکیبات سلولی شده و اعمال طبیعی سلول را مختل می‌کنند [۶]. در این

1. Reactive Oxygen Species

[۲۰]. افزایش پراکسیداسیون لیپیدها در تحقیق حاضر در محیط با رطوبت نسبی پایین (۳۰٪) به‌وضوح مشاهده شد.

۴. نتیجه‌گیری

پوست میوه مرکبات از نوع چرمی بوده و در شرایط نامساعد مستعد فعالیت آنزیم‌های فسفولیپازی و لیپوکسیژناز است که باعث کاتابولیسم چربی و فسفولیپیدهای غشا می‌شود. این آنزیم‌ها در تنش خشکی فعال می‌شوند [۹، ۲۹ و ۳۱]. تخریب غشا توسط آنزیم‌های فسفولیپازی و لیپوکسیژناز در تنش خشکی با محاسبه مقدار نشت یونی، مالون‌دی‌آلدئید و آنزیم کاتالاز از دست‌دهی آب توسط میوه قابل تشخیص می‌باشد [۱۵، ۱۶ و ۲۹]، منجر به کاهش وزن میوه و نفوذپذیری غشا شده که به‌صورت چروکیدگی و تخریب بافت پوست (ایجاد لکه و حفره) در سطح میوه دیده می‌شود. در تحقیق حاضر انبارمانی باعث افزایش در میزان نرخ افت وزن، مواد جامد محلول، فعالیت آنزیم کاتالاز و خسارت پوست و کاهش تعداد روزه‌های باز پوست میوه گردید. نگهداری در انبار دارای تنش خشکی این علائم را تشدید نمود. این موضوع نشان‌دهنده فعالیت بیشتر آنزیم‌های فسفولیپازی و لیپوکسیژناز می‌باشد که در نهایت باعث تخریب بیشتر غشا شده‌اند. کاربرد تنظیم‌کننده رشد ۲۴-اپی‌براسینولید سبب کاهش شاخص‌های ذکرشده در روزه‌های پایانی انبارمانی شد که نشان‌دهنده کاهش اثرات تنش خشکی بر میوه‌های پرتقال می‌باشد. استفاده از ۲۴-اپی‌براسینولید احتمالاً با حفظ رطوبت میوه و جلوگیری از اثر تنش خشکی بر میوه‌ها مانع اثر آنزیم‌های فسفولیپازی و لیپوکسیژناز در پوست میوه پرتقال رقم تامسون ناول شدند. افزایش درصد باز بودن روزه‌ها در سطح پوست میوه دلیلی بر حفظ رطوبت و بی‌اثر شدن شرایط تنش‌زا در میوه‌های تیمار شده با ۲۴-اپی‌براسینولید می‌باشد.

مضر ROSها، توانایی آن‌ها برای شروع واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداتیو اسیدهای چرب غیراشباع است که منجر به پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب غشا می‌شود [۶]. در نتیجه پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع، آلدئیدهای غیراشباع α و β مانند ۴-هیدروکسی نونال (4-HNE) و مالون‌دی‌آلدئید (MDA) تولید می‌شوند. تجمع مالون‌دی‌آلدئید در شرایط تنش سبب افزایش نفوذپذیری غشا پلاسمایی شده و نشت یونی افزایش می‌یابد [۶]. محصول نهایی MDA اکسیداسیون اسیدهای چرب می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان شاخص پراکسیداسیون لیپید غشای سلولی که در اثر تولید گونه‌های فعال اکسیژن به‌وجود می‌آید مورد توجه (ROS) قرار گیرد [۲۱]. در آزمایش حاضر قرار گرفتن در انبار خشک (به‌دلیل بروز تنش خشکی) سبب کاهش در میزان MDA در بافت پوست میوه‌ها شد که به‌طور معنی‌داری بیش از انبار مرطوب بود. گزارش شده است که تیمار براسینواستروئیدها می‌تواند سطوح پراکسیداسیون لیپید و تجمع MDA را که توسط تنش‌های محیطی مانند شرایط غیرهوازی یا کمبود اکسیژن [۱۷]، سمیت کادمیوم [۱۱]، گرما [۳۴]، خشکی [۶] و سرمازدگی [۷] القا می‌گردد، کاهش دهد و موجب به حداقل رسیدن آسیب تنش‌های محیطی در گیاهان گردد. تیمار براسینواستروئید موجب کاهش سطوح MDA و H_2O_2 در میوه‌های هلو تحت تنش دمای پایین انبار گردید [۱۸]. اندازه‌گیری محصولات نهایی پراکسیداسیون لیپیدها، یکی از راه‌های تشخیص تنش اکسیداتیو است [۶]. بررسی‌ها نشان داده که کمبود آب موجب صدمه به اسیدهای چرب غیراشباع و افزایش نفوذپذیری غشا شده است [۲۲ و ۲۹]. گزارش شد که براسینواستروئید موجب حفظ ساختار و انسجام غشای سلولی در گیاهان می‌گردد

منابع

11. Anuradha S and Rao SSR (2007) The effect of brassinosteroids on radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings growing under cadmium stress. *Plant, Soil and Environment*. 53: 465-472.
12. Bajgaz A (2000) Effect of brassinosteroids on nucleic acids and protein content in cultured cells of *Chorella vulgaris*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 38:209-215.
13. Chen J, Mao L, Mi H, Lu W, Ying T and Luo Z (2016) Involvement of abscisic acid in postharvest water-deficit stress associated with the accumulation of anthocyanins in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 111: 99-105.
14. Denekamp M and Smeekens SC (2003) Integration of wounding and osmotic stress signals determines the expression of the AtMYB102 transcription factor gene. *Plant Physiology*. 132: 1415-1423.
15. Dexter ST, Tottingham WE and Graber LF (1930) Preliminary results in measuring the hardiness of plants. *Journal of Plant Physiology*. 5: 215-223.
16. Dexter ST, Tottingham WE and Graber LF (1932) Investigations of the hardiness of plants by measurement of electrical conductivity. *Journal of Plant Physiology*. 7: 63-78.
17. Ershova A and Khrpach V (1996) Effect of epibrassinolide on lipid peroxidation in *Pisum sativum* at normal aeration and under oxygen deficiency. *Russ Journal of Plant Physiology*. 43: 750-752.
18. Gao H, Zhang Z, Gang Lv X, Cheng N, Peng N and Cao W (2016) Effect of 24-epibrassinolide on chilling injury of peach fruit in relation to phenolic and proline metabolisms. *Postharvest Biology and Technology*. 111: 390-397.
19. Grove MD, Spencer GF, Rohwedder WK, Mandava NB, Worley JF and Wathen JD (1979) Brassinolide a plant growth promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. *Nature*. 281: 216-217.
20. Hamada K (1986) Brassinolide in crop cultivation. In: Macgregor, P. (Ed.), *Plant Growth Regulators in Agriculture*. Food Fertility Technology. Central Asia Pacific Region. pp. 190-196.
21. Hodges D, Delong JM, Forney CF and Prange RK (1999) Improving the thiobarbituric acidreactive substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds. *Planta*. 207: 604-611.
1. آمارنامه کشاورزی (۱۳۹۴) آمار جهاد کشاورزی ایران. سال ۱۳۹۴.
۲. حسن‌زاده س، حبیبی ف و امیری م الف (۱۳۹۴) اثر محلول‌پاشی کود آمینول فورته بر واکنش‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی انار رقم نادری در شرایط تنش خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۹(۳): ۴۶۵-۴۵۹.
۳. راحمی م (۱۳۷۷) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی و جابجایی پس از برداشت میوه و سبزی ه. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه شیراز. ۲۵۹ صفحه.
۴. ربیعی و (۱۳۸۲) بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی برخی ارقام انگور به تنش خشکی. دانشگاه تهران. تهران. رساله دکتری.
۵. محسن‌زاده س، فرهی آشتیانی ص، ملبوبی م ع و قناتی ف (۱۳۸۲) اثر تنش خشکی و کلروکولین کلراید بر رشد و فتوسنتز گیاهچه دو رقم گندم. پژوهش و سازندگی، پاییز ۱۳۸۲. ۶۰: ۵۶-۶۴.
۶. مومن‌پور ع (۱۳۹۴) اثر تنش شوری بر خصوصیات رشدی برخی از ژنوتیپ‌های انتخابی بادام (*Prunus dulcis*) پیوند شده بر روی پایه GF677. دانشگاه گیلان. گیلان. رساله دکتری.
7. Aghdam MS, Asghari M, Farmani B, Mohayjeji M and Moradbeygi H (2012) Impact of postharvest brassinosteroids treatment on PAL activity in tomato fruit in response to chilling stress. *Scientia Horticulturae*. 144: 116-120.
8. Agusti M, Almela V, Juan M, Alferez F, Tadeo FR and Zacarias L (2001) Histological and physiological characterization of rind breakdown of 'Navelate' sweet orange. *Annals of Botany*. 88: 415-422.
9. Alferez F, Lluch Y and Burns JK (2008) Phospholipase A2 postharvest peel pitting in citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 49: 69-76.
10. Alferez F, Agusti M and Zacarias L (2003) Postharvest rind staining Navel oranges is aggravated by changes in storage relative humidity: effect on respiration, ethylene production and water potential. *Postharvest Biology and Technology*. 28: 143-152.

22. Hoekstra FA, Golovina EA and Buitink J (2001) Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Plant Science*. 6: 431-438.
23. Houk LG, Jenner JF and Mackey BE (1990) Seasonal variability of the response of desert lemons to rind injury and decay caused by quarantine cold treatments. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 65: 611-617.
24. Jaisingh SN and Ota Y (1993) Effects of epibrassinolide on gram (*Cicer arietinum*) plants grow under water stress in juvenile stage. *Indian Journal of Agricultural Science*. 63:395-397.
25. Lafuente MT and Zacarias L (2006) Postharvest physiological disorders in citrus fruit. *Stewart Postharvest Review*. 1: 1-9.
26. Lafuente MT and Sala JM (2002) Abscisic acid levels and the influence of ethylene, humidity and storage temperature on the incidence of postharvest rind staining of 'Navelina' orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 25: 49-57.
27. Li L, Li J, Sun J, Li C, Sheng J, Zhng F, Liao F, He X, Liu G, Ling D and You X (2015) Effects of 2-butanol on quality and physiological characteristics of longan fruit stored at ambient temperature. *Postharvest Biology and Technology*. 101: 96-102.
28. Luttus S, Kinet JM and Bouharmont J (1996) Effects of various salts and mannitol on ion and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) callus cultures. *Journal of Plant Physiology*. 149: 1896-905.
29. Maalekuu K, Elkind Y, Leikin-Frenkel A, Lurie S and Fallik E (2006) The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. *Postharvest Biology and Technology*. 42: 248-255.
30. Matos AR, d'Arcy-Lameta A, France M, Petres S, Edelman L, Kader J, Zuily-Fodil Y and Pham-Thi AT (2001) A novel patatin-like gene stimulated by drought stress encodes a galactolipid acyl hydrolase. *FEBS Letters*. 491: 188-192.
31. Meijer HJG and Munnik T (2003) Phospholipid-based signaling in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 54: 265-306.
32. Miller G, Suzuki N, Ciftci-Yilmaz S and Mittler R (2010) Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stresses. *Plant, Cell and Environment*. 33: 453-467.
33. Mittler R (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sciences*. 7: 405-410.
34. Ogweno JO, Song XS, Shi K, Hu WH, Mao WH, Zhou YH, Yu JQ and Nogues S (2008) Brassinosteroids alleviate heat-induced inhibition of photosynthesis by increasing carboxylation efficiency and enhancing antioxidant systems in *Lycopersicon esculentum*. *Plant Growth Regulation*. 27: 49-57.
35. Ozdamir F, Bor M, Demiral T and Turkan I (2004) Effects of 24-epibrassinolide on seed germination, seedling growth, lipid peroxidation, proline content and anti oxidative system of rice (*Oryza sativa* L.) under salinity stress. *Plant Growth Regulation*. 42: 203-211.
36. Romero P, Gandia M and Alferez F (2015) Post harvest water stress leading to peel disorders in citrus fruit involves regulation of phospholipases by ABA. *Acta Horticulturae*. 1015-1020.
37. Romero P, Rodrigo MJ, Alferez F, Ballester AR, González-Candelas L, Zacarias L and Lafuente MT (2012) Unravelling molecular responses to moderate dehydration in harvested fruit of sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) using a fruit-specific ABA-deficient mutant. *Journal of Experimental Botany*. 63: 2753-2767.
38. Sala JM and Lafuente MT (2000) Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruits to chilling. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 81-89.
39. Zhao DY, Shen L, Fan B, Liu KL, Yu MM, Zheng Y, Dign Y and Sheng JP (2009) Physiological and genetic properties of tomato fruits from 2 cultivars differing in chilling tolerance at cold storage. *Journal of Food Science*. 74: 348-352.
40. Zhu F, Yun Z, Qiaoli M, Gong Q, Zeng Y, Xu J and Cheng Y (2015) Effect of exogenous 24-epi brassinolide treatment on post harvest quality and resistance of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*). *Postharvest Biology and Technology*. 8-15.
41. Yun Z, Gao H, Liu P, Liu S, Luo T, Jin S, Xu Q, Xu J, Cheng Y and Deng X (2013). Comparative proteomic and metabolomic profiling of citrus fruit with enhancement of disease resistance by postharvest heat treatment. *BMC Plant Biol*. 13(44): 1-16.
42. Sun J, You X, Li L, Peng H, Su W, Li C, He Q and Liao F (2011). Effects of a phospholipase D inhibitor on postharvest enzymatic browning and oxidative stress of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 62: 288-294
43. Aebi H (1983). Catalase. In: Bergmeyer H, (Ed.), "Methods of Enzymatic Analysis 3. Verlag Chemie", Weinheim, Germany, 273-277.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 2 ■ Summer 2018

Effects of the plant steroidal hormone, 24-epibrassinolide and storage moisture, on the post-harvest characteristics of Thomson Navel sweet orange fruit

Javad Geraeili¹, Mehdi Hadadinejad^{2*}, Hossien Moradi², Marziyah Ghanbari jahromi³

1. Former M.Sc. Student, Horticultural Department, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Assistant Professor, Horticultural Department, Sari Agriculture and Natural Resources University, Sari, Iran.
3. Assistant Professor, Horticultural Department, Science and Research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: May 15, 2017

Accepted: November 8, 2017

Abstract

Non-Chilling Peel Pitting (NCP) is a physiological post-harvest and storage disorder, in many citrus peels. The purpose of this study, was to determine the effects of the steroidal plant hormone, 24-epibrassinolide (0, 5 and 10 mg L⁻¹) and relative humidity at the dry storage (RH=30% and 20 °C) compared with normal (RH=70% and 6 °C), on the shelf life of Thomson-Novel sweet orange. The experiment was performed as a factorial arrangement in Completely Randomized Design (CRD) during winter of 2015 in 30 days with three replicates and 10 samples. In this Research characteristics of fruit such as weight loss, NCP, open stomata, total soluble solids, titrable acid, leakage, Catalase and Malondialdehyde activity investigated. The results indicated that weight loss (9.67%), NCP (33.3% code) and Catalase activity (0.13682) in fruits peel significantly increased under drought stress. Maintenance of fruits in dry environments causes a reduction in the open stomata of skin from 55.3 to 36.1%, which improved using 24-epibrassinolide, as well in normal storage (51.1%). According to the results, 5 mg L⁻¹ 24-epibrassinolide concentration was recommended considering its reduction effects on weight loss rate, NCP and Catalase activity in fruits skin.

Keywords: Catalase, drought stress, malondialdehyde, non-chilling peel pitting, stomata.