نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۵، شماره ۷۲، خرداد و تیر ۱۴۰۵ صفحه: ۴۵-۵۵
https://doi.org/10.22034/15.72.45

مقاله پژوهشی

اثر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر برخی خصوصیات کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون

جعفر حاجی‌لو*، علی جوادی دودران و مهری سعادتی

گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده

کیفیت میوه یکی از عوامل مؤثر بر تولید و چرخه مصرف محصولات باغبانی است. امروزه استفاده از برخی مواد شیمیایی در بهبود ویژگی‌های کیفی میوه در صنعت میوه‌کاری مورد توجه تولیدکنندگان قرار می‌گیرد. در این راستا مطالعه حاضر به منظور بررسی کاربرد غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر بهبود ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با پنج تیمار (غلظت‌های ۲ و ٤ میلی‌مولار اسید اگزالیک و ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین و شاهد) در چهار تکرار اجرا گردید. بستر مورد استفاده در این آزمایش ۲۵ درصد کوکوپیت و ۷۵ درصد پرلایت بوده که بعد از کاشت، گیاهان به صورت منظم با محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. محلول‌پاشی هشت روز قبل از رسیدن تجاری میوه‌ها انجام گرفت. میوه‌ها پس از برداشت سریعاً به آزمایشگاه بیولوژی گلدهی و فیزیولوژی رشدونمو میوه منتقل و بعد از عصاره‌گیری میوه‌ها پارامترهای کیفی شامل: مواد جامد محلول کل (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، فنل کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (DPPH)، فلاونوئید کل و ویتامین ث مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد تیمارهای اسپرمیدین و اسید اگزالیک در غلظت‌های مختلف بر اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، مواد جامد محلول کل، فنل کل و فلاونوئید تأثیر معنی‌دار داشتند ($P<0.05$). اسپرمیدین ۱ میلی‌مولار ویتامین ث را از ۵۲/۵ به ۷٦/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم افزایش داد و مواد جامد محلول و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل را به ترتیب از ۵/۸۵ به ۸/۰۵ بریکس و از ۰/۸۲ به ۱/۰۷ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن تر ارتقا داد. اسید اگزالیک بیشترین اثر را بر اسیدیته قابل تیتراسیون (۰/۷٦ به ۱/۱٦) و فنل کل (۱/۵ به ۲/۳۵ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم) داشت. مواد مورد استفاده در این تحقیق با کاهش سرعت رسیدن و حفظ و نگهداری کیفیت میوه، در صنعت میوه‌کاری مدرن می‌توانند مورد استفاده تولیدکنندگان قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تنظیم‌کننده رشد گیاهی، ترکیبات فنولی، کیفیت میوه، متابولیت‌های گیاهی

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۰، بازنگری: ۱۴۰۴/۰٦/۰۵، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۱، اولین انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۱۲

* نویسنده مسئول، رایانامه: J_hajilou@tabrizu.ac.ir

حق انتشار این مستند، متعلق به انجمن فیزیولوژی گیاهی ایران است. ۱۴۰۳ ©

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:
Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

مقدمه

امروزه با توجه به هزینه‌های بالای تولید در محصولات باغبانی مخصوصا میوه‌ها، سلیقه مصرف‌کنندگان مبنی بر تقاضای میوه‌های با کیفیت بالا، کاهش ضایعات بعد از برداشت، تولید میوه‌های با کیفیت بالا از اهمیت بالایی برخوردار است. توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria × ananassea* cv Albion. یکی از میوه‌های پرطرفدار در دنیا است که به دلیل طعم دلپذیر و خواص تغذیه‌ای بالای آن، مصرف زیادی در صنعت غذایی دارد. فاکتورهای کیفی ظاهری در میوه پارامترهایی چون شکل، رنگ، اندازه، شفافیت پوست و عاری بودن از فساد و صدمات، سفتی، تردی، آردی‌بودن و آبداربودن را شامل می‌شود. خسارت‌های وارده قبل از برداشت ناشی از بیماری‌ها، پرندگان، تگرگ، خراش‌های ناشی از نیش حشرات بوده و صدمات وارده ممکن است در اثر عواملی چون فیزیکی، فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی باشد. عطر یا کیفیت خوراکی، به نوع یا غلظت قندها، نوع یا غلظت اسیدها، ترکیبات فنلی (گسی‌بودن) و معطربودن به غلظت ترکیبات فرار معطر بستگی دارد. کیفیت تغذیه‌ای به میزان ویتامین‌ها، مواد معدنی، فیبر تغذیه‌ای و مواد شیمیایی موجود در میوه بستگی دارد. به‌طورکلی می‌توان گفت میوه‌هایی که سفت هستند، از نظر ارزش غذایی بالاو دارای عطر و طعم مناسب، کیفیت خوبی دارند و در بازار موردپسند خواهند بود (گنجی مقدم، ۱۳۹۰).

اسید اگزالیک یک اسید آلی است که به‌طور گسترده در موجودات مختلف یافت می‌شود و جز ترکیبات طبیعی در بسیاری از گیاهان است، همچنین مشخص شده که این اسید با افزایش برخی فعالیت‌های فیزیولوژیک در گیاه، به عنوان یک روش مؤثر برای جلوگیری از پیری میوه‌ها عمل می‌کند (Oz *et al.*, 2016; Ahmed *et al.*, 2021). محلول‌پاشی اسید اگزالیک با غلظت یک میلی‌مولار طی مرحله قبل از برداشت در درختان آلو موجب بهبود کیفیت میوه در طول نگهداری شد (Martinez-Espla *et al.*, 2019). ترکیبات زیست‌فعال همچون فنل کل، آنتوسیانین کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در میوه‌های انار درختان تیمارشده با اسید اگزالیک نسبت به میوه‌های درختان شاهد بالاتر بود (Garcia-Pastor *et al.*, 2020). محلول‌پاشی بوته‌های توت‌فرنگی با اسید اگزالیک به غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار در مرحله گلدهی موجب افزایش رشد رویشی و تعداد میوه‌ها در بوته شد (Anwar *et al.*, 2018). گزارش شده است که استفاده از محلول اسید اگزالیک در درختان کیوی، موجب بهبود کیفیت و افزایش مقاومت میوه‌ها به بیماری در طول انبارمانی گردید (Zhu *et al.*, 2016). استفاده از غلظت‌های ۲ و ٤ میلی‌مولار اسید اگزالیک در میوه لیچی موجب کاهش بروز پدیده قهوه‌ای شدن درون‌بر شد، که این امر به دلیل حفظ یکپارچگی غشای سلولی، جلوگیری از تجزیه آنتوسیانین، کاهش اکسیداسیون و حفظ فعالیت نسبتاً پایین آنزیم پراکسیداز (Peroxidase) در طول انبارداری در مقایسه با گروه شاهد بود (Zheng and Tian, 2006). در یک تحقیق، میزان تنفس میوه‌های موز تیمارشده با اسید اگزالیک به طور قابل توجهی در طول انبارداری نسبت به میوه‌های گروه شاهد کاهش یافت (Huang *et al.*, 2013).

اسپرمیدین یکی از پلی‌آمین‌های مهم در گیاهان است. پلی‌آمین‌ها در مراحل رشد و توسعه گیاهان، از جمله تقسیم سلولی، جنین‌زایی، رشد ریشه، گلدهی، رشد میوه و پیری برگ، مؤثر هستند و با تأثیر بر تقسیم سلولی و فعالیت سیتوکنین، موجب افزایش سطح و ضخامت برگ‌ها و قطر ساقه‌ها می‌گردند (Setia and Setia, 2018). پلی‌آمین‌ها، از جمله اسپرمیدین، به دلیل اینکه منبعی از نیتروژن محسوب می‌شوند، قادر به تحریک رشد گیاه هستند (Alcazar *et al.*, 2006). گزارش‌ها نشان می‌دهند که تیمار پلی‌آمین‌ها باعث افزایش قابل توجه سطح آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش آسیب ناشی از پراکسیداسیون چربی‌های غشای پلاسمی می‌شود (Mostofa *et al.*, 2014). نتایج مطالعات انجام‌شده بر پلی‌آمین‌ها نشان داد که این ترکیبات باعث افزایش عمر گل‌های شاخه بریده سوسن، ژربرا و میخک می‌شوند (Amorim *et al.*, 2017). برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که استفاده از پلی‌آمین‌های خارجی باعث تأخیر در فرآیند رسیدن و پیری میوه‌ها شده و سفتی آن‌ها را حفظ می‌کند (شکرالله فام و همکاران، ١٣٩٤).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

مطالعات انجام‌شده توسط Anjum (۲۰۱۱) نشان داد که استفاده از غلظت ۱ میلی‌مولار پلی‌آمین اسپرمیدین بر نهال‌های مرکبات تحت تنش شوری، باعث بهبود محتوای نسبی کلروفیل برگ و میزان نیتروژن گیاهان شد. گزارش‌ها حاکی از آن است که تیمار اسپرمیدین و پوترسین پس از برداشت، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را افزایش می‌دهد، اما تأثیر قابل توجهی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ندارد (Koushesh Saba *et al.*, 2012).

با توجه به وجود ضایعات فراوان میوه در بخش کشاورزی، حفظ و بهبود کیفیت میوه‌ها در زمان برداشت از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. استفاده از یکسری ترکیبات که بتوانند صفات کیفی را در میوه‌ها افزایش دهند امروزه بسیار مورد توجه است تا از این طریق راهکارهای علمی مؤثری را برای بهینه‌سازی تولید در راستای اصول کشاورزی پایدار فراهم گردد. از این‌رو هدف از این بررسی اثر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر برخی ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون بود.

مواد و روش‌ها

نشاهای توت‌فرنگی رقم آلبیون از یک تولیدکننده معتبر واقع در شهرستان شبستر در فروردین سال ۱۴۰۰ تهیه و در گلخانه با شرایط کنترل‌شده دما (۱۸/۲۲ درجه سانتی‌گراد)، رطوبت و نور کاشت آنها انجام شد. بستر مورد استفاده در این آزمایش به صورت ۲۵٪ کوکوپیت و ۷۵٪ پرلایت بوده که بعد از کاشت، گیاهان به صورت منظم هر دو روز یکبار به مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر توسط محلول غذایی هوگلند تغذیه شدند. ابتدا محلول‌ها با آب‌مقطر و ۲ گرم در لیتر توین ۲۰ آماده شدند. ۸ روز قبل از رسیدن تجاری میوه‌ها، محلول‌پاشی انجام گردید. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و پنج تیمار اجرا گردید. تیمارها شامل: شاهد (صفر)، و غلظت‌های ۲ و ٤ میلی‌مولار اسید اگزالیک و ۱ و ۲ میلی‌مولار اسپرمیدین بودند. میوه‌های تقریباً یکنواخت از نظر اندازه و شکل، پس از برداشت (براساس شاخص رنگ و میزان مواد جامد محلول) سریعاً به آزمایشگاه بیولوژی گلدهی و فیزیولوژی رشدونمو میوه دانشکده کشاورزی تبریز منتقل شده و سپس صفات مورد نظر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

اسیدیته قابل تیتراسیون کل (TA): برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون از روش تیتراسیون با سود نرمال ۰/۱ نرمال استفاده شد (مستوفی و نجفی، ۱۳۸٤).

اسید آسکوربیک (ویتامین ث): برای اندازه‌گیری مقدار ویتامین ث میوه‌ها از روش تیتراسیون با ۲ و ٦- دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد و مقدار اسید آسکوربیک بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر محاسبه شد (AOAC, 1984).

مواد جامد محلول کل (TSS): میزان مواد جامد محلول کل میوه توسط دستگاه رفراکتومتر دیجیتالی (PAL-1) اندازه‌گیری و به صورت درصد بریکس بیان شد.

محتوای فنل کل: محتوای فنل کل براساس روش فولین سیکالتو اندازه‌گیری شد. برای این منظور ۰/۱ از نمونه‌های رقیق‌شده همراه ۲ میلی‌لیتر محلول بی‌کربنات سدیم ۲٪ به مدت دو دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از واکنش‌گر فولین سیکالتو (۵۰٪) به آن اضافه، بعد از نگهداری مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در شرایط تاریکی و دمای اتاق، میزان جذب عصاره در طول‌موج ۷۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده و به صورت میلی‌گرم اسید گالیک در هر میلی‌لیتر از عصاره بیان شد (Dennis, 2000).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: جهت تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌ها از روش DPPH استفاده شد (Brand-Williams *et al.*, 1995). برای این منظور مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی استخراج‌شده، با ۳/۹ میلی‌لیتر DPPH (٦۰ میکرومول بر لیتر) مخلوط و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی نگهداری شد. سپس در طول‌موج ۵۱۵ نانومتر عدد مربوط توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده گردید. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه شد.

فلاونوئید کل: محتوای فلاونوئید کل با استفاده از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد. برای این منظور

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

۲۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی، با ۱۰۰ میکرولیتر متانول ۹۵ درصد، ٤٠ میکرولیتر آلومینیوم کلرید ۱۰ درصد، ٤٠ میکرولیتر استات پتاسیم یک مولار و ۱/۱۲۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر مخلوط شد. پس از ٤٠ دقیقه نگهداری در تاریکی در طول‌موج ٤۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. و با استفاده از منحنی استاندارد کوئرسیتین مقدار فلاونوئید کل بدست آمد (Chang *et al*., 2002).

تجزیه واریانس داده‌ها پس از بررسی و اطمینان از نرمال-بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام و مقایسه مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA): نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۱). همچنین، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اسید اگزالیک با غلظت ٤ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را داشته است به‌طوری‌که با شاهد (۰/۷٦) و تیمار اسپرمیدین با غلظت ۲ میلی‌مولار (۰/۹۲) اختلاف معنی‌داری نشان داد. اما بین اسپرمیدین با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار (۱/۰۲ و ۰/۹۲) و اسید اگزالیک با غلظت ۲ میلی‌مولار (۱/۰٤) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). در تحقیقات انجام‌شده بر روی انبه (Razzaq *et al*., 2014) و گیلاس (Martinez-Espla *et al*., 2014) گزارش شده است که استفاده از اسید اگزالیک قبل از برداشت باعث افزایش میزان TA در مقایسه با تیمار شاهد شده است که این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد. تیمار اسپرمیدین در مراحل مختلف برداشت منجر به افزایش اسیدیته کل در میوه‌های زردآلو گردید (طه و حاجی‌لو، ۱۳۹۹). افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های تیمارشده ممکن است به این دلیل باشد که افزایش تنفس و تولید اتیلن باعث مصرف اسیدهای آلی به عنوان سوبسترا برای تنفس می‌شود، درحالی‌که استفاده از پلی‌آمین‌ها موجب کاهش مصرف این اسیدها گردیده و در نتیجه اسیدیته قابل تیتراسیون در میوه‌های تیمارشده نسبت به گروه شاهد بیشتر می‌شود.

ویتامین ث: تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تیمارهای قبل از برداشت اسپرمیدین و اسید اگزالیک بر میزان ویتامین ث موجود در میوه‌های توت‌فرنگی در سطح احتمال ۵ ٪ معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین تیمارهای مختلف و شاهد اختلاف معنی‌داری دیده می‌شود درحالی‌که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). اسید اگزالیک یک آنتی‌اکسیدان طبیعی است که از ایجاد پراکسیداسیون لیپیدها جلوگیری کرده و در نتیجه موجب کاهش اکسیداسیون ویتامین ث می‌شود (Razzaq *et al*., 2014). با توجه به مشاهدات حسینی و همکاران (۱۳۹٦) اعلام کردند که تیمارهای مختلف اسپرمیدین به‌طور معناداری موجب افزایش میزان ویتامین ث در انبه شده‌اند. همچنین در تحقیقی افزایش میزان ویتامین ث در تیمار با اسید اگزالیک گزارش شده است (Zhao *et al*., 2025). افزایش مقدار ویتامین ث در میوه‌ها با غلظت‌های مختلف اسپرمیدین ممکن است به دلیل مهار فعالیت آسکوربات اکسیداز، جلوگیری از تولید اتیلن، افزایش سفتی میوه و کاهش تنفس باشد. همچنین، میوه‌های تیمارشده با اسپرمیدین ممکن است با جلوگیری از اتلاف آب و حفظ پایداری غشای سلولی، مانع از اکسیداسیون ویتامین ث شده باشند (Mirdehghan *et al*., 2007).

مواد جامد محلول کل (TSS): نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میزان مواد جامد محلول کل بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین در سطح احتمال ۱٪ است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌های حاصل نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد محلول کل در تیمار اسپرمیدین با غلظت ۱ میلی‌مولار بوده و اسپرمیدین با غلظت ۲ میلی‌مولار و اسید اگزالیک با غلظت ٤ میلی‌مولار با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۳). افزایش محتوای جامد محلول کل در طول رسیدن میوه به دلیل افزایش فعالیت آنزیم ساکارز فسفات سنتاز است که نشاسته را به قندهای ساده مانند گلوگز فسفات تبدیل می‌کند، این آنزیم در فرآیند رسیدن

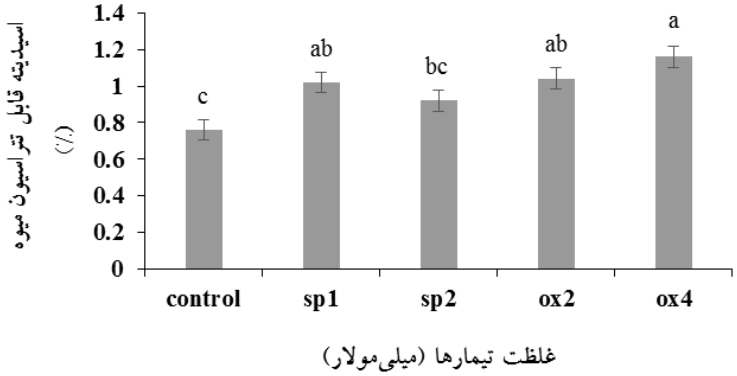
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

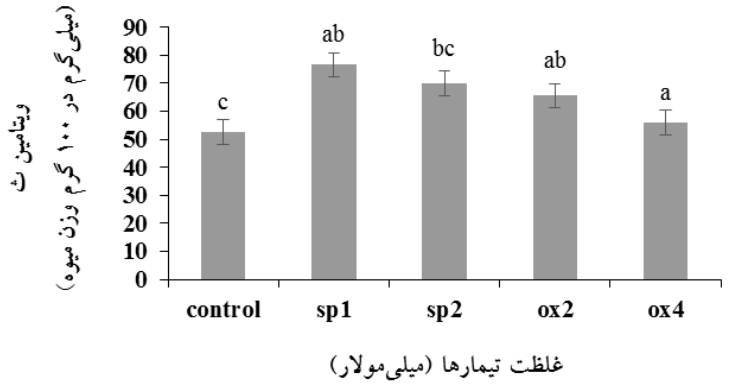
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر روی صفات مختلف میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		اسیدیته قابل تیتراسیون	ویتامین ث	مواد جامد محلول کل	فنل کل	فلاونوئید کل	ظرفیت آنتی اکسیدانی کل
تکرار	۳	۰/۰۲^{ns}	۵۸/۱۴۸**	۱/۵۰^{ns}	۱/۰۳*	۰/۰٤ ^{ns}	۰/۰۳*
تیمار	٤	۰/۰۹**	٤۳/۳۱*	۲/۵۹**	۰/٤۰**	۰/۰۵*	۰/۰۵**
خطا	۱۲	۰/۰۱	۵۷/۸۳۹	۰/۵٦	۰/۱۵	۰/۰۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۰/۲۰	۱۱/۸۷	۱۰/۹۰	۱۹/۱۳	۱۰/۹۰	۱۰/۷۳

*** و **: معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns: غیرمعنی‌دار**



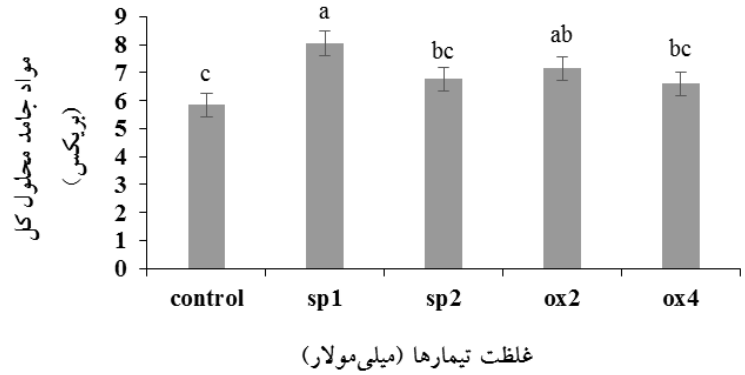
شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.



شکل ۲- اثر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان ویتامین ث در میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

میوه تحت تأثیر هورمون اتیلن فعال می‌شود (Tavarini *et al.*, 2009). مطالعات پیشین نشان داده‌اند که تیمار پس از برداشت با اگزالیک اسید موجب حفظ یا افزایش معنی‌دار مواد جامد محلول کل در میوه‌ها طی دوره نگهداری می‌شود (Erogul *et*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]



شکل ۳- مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان مواد جامد محلول در میوه توت‌فرنگی. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

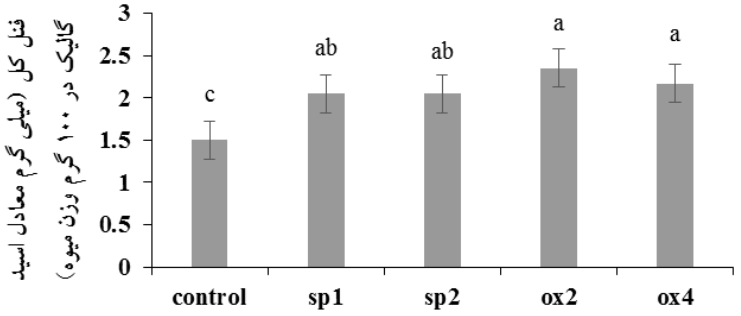
al., 2023; Shi *et al*., 2025). تیمار پس از برداشت با اسپرمیدین موجب افزایش معنی‌دار مواد جامد محلول کل (TSS) در میوه شلیل در طول نگهداری شد این اثر ممکن است ناشی از کاهش تجزیه قندها و تنظیم بهتر فرآیندهای متابولیکی باشد که به حفظ کیفیت میوه کمک می‌کند (Colak *et al*., 2025).

فنل کل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان فنل کل میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین تیمارهای مختلف و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد درحالی‌که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ٤). نقش کلیدی پلی‌آمین‌ها در تأخیر شروع فعالیت پلی‌فنل اکسیداز و همچنین کاهش فعالیت پلی‌فنل اکسیداز و تأخیر در فرآیند تنفسی میوه‌ها دارند. افزایش میزان فنل کل در میوه‌ها و هلوهای تیمارشده با اسید اگزالیک ممکن است به دلیل فعال‌شدن آنزیم فنیل‌آلانین آمونیالیاز (phenylalanine ammonia-lyase) باشد (Hajilou and Razvi, 2016). پژوهش در ازگیل ژاپنی نشان داد میوه‌هایی که با اسید اگزالیک تیمارشده بودند، محتوای فنل بالاتری داشتند (میغانی و هاشم‌پور، ۱۳۹۹). تیمار با اسپرمیدین باعث افزایش میزان فنل کل در میوه‌های زردآلو طی سه دوره برداشت شد (طه و حاجی‌لو، ۱۳۹۹). تیمار با ملاتونین در گیلاس سبب افزایش ترکیبات فنلی به دلیل افزایش سطح فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در طول دوره انبارمانی بوده است (Ghobani and Najafzadeh, 2022).

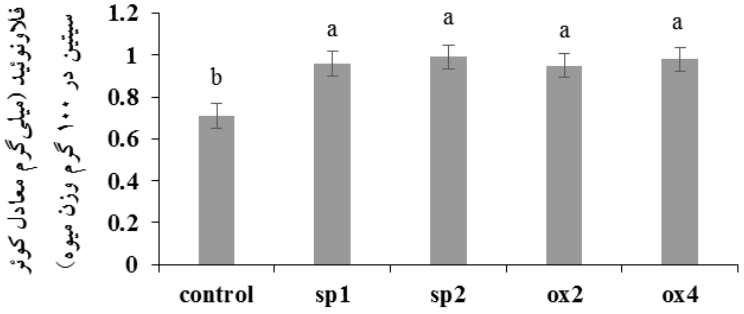
فلاونوئید کل: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این تحقیق، تأثیر تیمارهای مختلف اسپرمیدین و اسید اگزالیک بر محتوای فلاونوئید کل میوه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۱). همچنین مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بین شاهد و تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری هست درصورتی‌که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۵). در میوه زردآلو، تیمار اسپرمیدین قبل از برداشت موجب افزایش میزان فلاونوئیدها می‌شود (طه و حاجی‌لو، ۱۳۹۹). تحقیق بر روی دو رقم هلو نشان داد که افزایش اسپرمیدین باعث افزایش محتوای فلاونوئید کل در میوه‌ها می‌شود (حاجی‌لو و همکاران، ۱٤۰۳). در میوه‌های توت‌فرنگی (Shin *et al*., 2008)، شلیل (Ghasemi *et al*., 2012) و زیتون (رستمی اوزمچلوئی و همکاران، ۱۳۹۵) با پیشرفت فرآیند رسیدگی و تأخیر در برداشت، میزان فلاونوئیدهای کل کاهش می‌یابد استفاده از پوتریسین در اواخر مرحله رسیدن میوه از کاهش فلاونوئیدها جلوگیری می‌کند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. گزارش‌هایی وجود دارد که اثرات مثبت اسید اگزالیک را در حفظ مواد فنلی و مجموع فلاونوئیدها در ازگیل ژاپنی نشان می‌دهد (Oz *et al*., 2016).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها تیمارهای قبل از برداشت اسپرمیدین و اسید اگزالیک بر

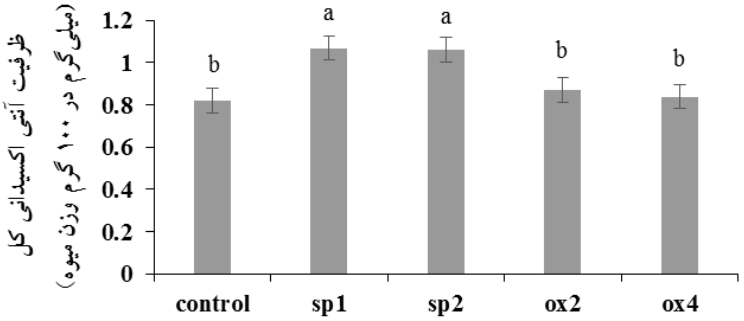
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]
[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]



شکل ٤- اثر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان فنل کل میوه در توت‌فرنگی رقم آلبیون. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.



شکل ٥- اثر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان فلاونوئید کل میوه در توت‌فرنگی رقم آلبیون. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.



شکل ٦- تأثیر غلظت‌های مختلف اسید اگزالیک و اسپرمیدین بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون. حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۱). همچنین براساس مقایسه میانگین داده‌ها علیرغم اینکه بین تیمارهای اسپرمیدین و شاهد اختلاف معنی‌داری وجود داشت اما نسبت به همدیگر اختلاف

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

معنی‌داری مشاهده نشد درحالی‌که تیمار اسید اگزالیک نه تنها نسبت به همدیگر بلکه با شاهد هم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (شکل ٦). مطالعات انجام‌شده توسط Gunduz و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها عمدتاً به ترکیباتی نظیر فنول‌ها، فلاونوئیدها، آنتوسیانین‌ها، تانن‌ها و همچنین ویتامین ث مربوط می‌شود. اغلب محصولات با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا، در برابر تنش‌های محیطی مختلف مقاوم‌تر هستند و همچنین میوه‌ها از کیفیت تغذیه‌ای و خصوصیات بهتری برای انبارداری برخوردارند (Lata, 2008). افزایش ظرفیت بالای آنتی‌اکسیدان با اسید اگزالیک و اسپرمیدین می‌تواند نتیجه انباشتگی مولکول‌های فعال زیستی باشد که از طریق فعالیت بالای آنزیم‌های PAL حاصل می‌شود. با توجه به مشاهدات Razavi و Hajilou (۲۰۱٦) استفاده از محلول اسید اگزالیک با غلظت ۵ میلی‌مولار دو هفته پیش از برداشت هلو منجر به افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و بهبود کیفیت تغذیه‌ای میوه شد. در میوه انبه، گزارش شده است که تیمار پلی‌آمین‌ها پس از برداشت موجب حفظ بیشتر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل می‌گردد (Razzaq et al., 2014).

نتیجه‌گیری

تیمارهای اسید اگزالیک و اسپرمیدین با غلظت‌های مختلف اثرات متفاوتی بر ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون داشتند. تیمار اسپرمیدین با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار تأثیر مثبتی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل میوه نشان داد؛ که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت، اما بین این دو غلظت تفاوت قابل توجهی مشاهده نشد. در مقابل، تیمارهای اسید اگزالیک با غلظت‌های ۲ و ٤ میلی‌مولار هیچ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر یا با شاهد نداشتند. تیمار اسید اگزالیک با غلظت ٤ میلی‌مولار بیشترین تأثیر را بر اسیدیته قابل تیتراسیون میوه داشت. در نهایت، استفاده از اسپرمیدین با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار و اسید اگزالیک با غلظت‌های ۲ و ٤ میلی‌مولار موجب کاهش سرعت رسیدن میوه و افزایش محتوای فلاونوئید کل در میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون شد. این ترکیبات می‌توانند به عنوان راهکاری مؤثر برای حفظ و بهبود کیفیت میوه‌ها در کشاورزی به‌کار روند.

منابع

حاجی‌لو، جعفر، محمدرضاخانی، سهیلا، و علیپور خرم‌دل، محمدحسن (١٤٠٣). تأثیر کاربرد قبل از برداشت اسپرمیدین روی حفظ کیفیت و بهبود عمر انبارمانی در دو رقم هلو. *پژوهش‌های صنایع غذایی*، *٣٤*(٣)، ١٠١-١١٥. 10.22034/FR.2024.60120.1918

حسینی، مرجان السادات، زاهدی، سیدمرتضی، کریمی، مهدیه، و ابراهیم‌زاده، اصغر (١٣٩٦). کاربرد پس از برداشت پلی‌آمین اسپرمیدین در شرایط غوطه‌وری بر کیفیت انبارمانی و عمر قفسه‌ای میوه انبه (*Mangifera indica* L.). *نشریه علوم و باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)*، ٣١(٤)، ٧٦٥-٧٧٧. https://doi.org/10.22067/jhorts4.v31i4.60625

رستمی اوزمچلوئی، صدیقه، قاسم‌نژاد، محمود، و رمضانی ملک‌رودی، محمد (١٣٩٥). تأثیر زمان برداشت میوه روی میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی روغن برخی از ارقام زیتون (*Olea europaea* L.) در منطقه رودبار. *مجله علوم و صنایع غذایی*، ١٣(٥٢)، ٣٥-٤٥.

شکرالله فام، صبا، حاجی‌لو، جعفر، و زارع نهندی، فریبرز (١٣٩٤). تأثیر نوع پلی‌آمین بر انبارمانی میوه آلو، رقم شابلون. *علوم باغبانی ایران*، ٤٦(٤)، ٦٥٨-٦٤٩.

طه، جسیم، و حاجی‌لو، جعفر (١٣٩٩). تأثیر غلظت‌های مختلف اسپرمیدین بر کیفیت میوه زردآلو رقم شاهرودی طی مراحل مختلف برداشت. *تولیدات گیاهی*، ٤٣(٣)، ٤٠٩-٤١٨. https://doi.org/10.22055/ppd.2019.28168.1703

گنجی‌مقدم، ابراهیم (١٣٩٠). میوه‌کاری در مناطق معتدله. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

مستوفی، یونس، و نجفی، فرزانه (۱۳۸٤). روش‌های آزمایشگاهی تجزیه‌ای در علوم باغبانی. انتشارات دانشگاه تهران.

میغانی، حسین، و هاشم‌پور، ابوذر (۱۳۹۹). اثر اگزالیک اسید بر ویژگی‌های کیفی و بیوشیمیایی میوه ازگیل ژاپنی (*Eriobotrya japonica* Lindl) طی مدت انبارداری. *علوم و صنایع غذایی*، *۱۷*(۱۰۹)، ۹۱-۱۰۲. DOI:10.29252/fsct.17.12.09

Ahmed, M., Ullah, S., Razzaq, K., Rajwana, I. A., Akhtar, G., Naz, A., Amin, M., Khalid, M. S., & Khalid, S. (2021). Pre-harvest oxalic acid application improves fruit size at harvest, physico chemical and sensory attributes of 'Red Flesh' apricot during fruit ripening. *Journal of Horticultural Science and Technology*, *4*(2), 48-55.

Alcazar, R., Marco, F., Cuevas, J. C., Patron, M., Ferrando, A., Carrasco, P., & Altabella, T.(2006). Involvement of polyamines in plant response to abiotic stress. *Biotechnology Letters*, *28*, 1867-1876. https://doi.org/10.1007/s10529-006-9179-3

Amorim, T. L., Medeiros, D. D., Oliveira, A. D., Paes, R. D. A., Junior, W. S., & Moreira, D. A. (2017). Gibberellin and polyamines in plant growth, development, and postharvest senescence of ornamental plants-a review. *Amazonian Journal of Plant*, *1*, 1-13. https://doi.org/10.26545/B00000X

Anjum, M. A. (2011). Effect of exogenously applied spermidine on growth and physiology of citrus rootstock Troyer citrange under saline conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *35*(1), 43-53. https://doi.org/10.3906/tar-0912-563

Anwar, R., Gull, S., Nafees, M., Amin, M., Hussain, Z., Khan, A. S., & Malik, A. U. (2018). Pre-harvest foliar application of oxalic acid improves strawberry plant growth and fruit quality. *Journal of Horticultural Science and Technology*, *1*(1), 35-41.

AOAC. (1984). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th Ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical methods to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, *28*(1), 25-30. https://doi.org/10.1016/S0023-6438 (95)80008-5

Chang, C. C., yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, *10*(3), 178-182.

Colak, A. M., Peral Eyduran, S., Tas, A., Altun, O., Gundogdu, M., & Ozturk, B. (2025). The role of spermidine in postharvest fruit physiology: Effects on quality characteristics and metabolite content of sweet cherry fruit during cold storage. *ACS Omega*, *10*(10), 10567-10578. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c11222

Dennis, F. J. (2000). The history of fruit thinning. *Plant Growth Regulation*, *31*, 1-16.

Erogul, D., Kibar, H., Sen, F., & Gundogdu, M. (2023). Role of postharvest oxalic acid treatment on quality properties, phenolic compounds, and organic acid contents of nectarine fruits during cold storage. *Horticulturae*, *9*(9), 1021.

Garcia-Pastor, M. E., Gimenez, M. J., Valverde, J. M., Guillen, F., Castillo, S., Martinez-Romero, D., & Zapata, P. J. (2020). Preharvest application of oxalic acid improved pomegranate fruit yield, quality, and bioactive compounds at harvest in a concentration-dependent manner. *Agronomy*, *10*(10), 1522. https://doi.org/10.3390/agronomy10101522

Ghasemi, Y., Nematzadeh, G. A., Ebrahimzadeh, M. A., & Dehpour, A. A.(2012). Influence of harvesting date on some physicochemical properties of nectarine leaf and fruit. *Journal of Medicinal Plants Research*, *6*(43), 5552-5556. DOI: 10.5897/JMPR11.1207

Ghorbani, B, & Najafzadeh, R. (2022). The role of melatonin on postharvest properties of sweet cherry fruit cv. Siah Mashhad during storage. *Journal of Horticultural Science*, *36*(1), 71-85.

Gunduz, K., Saracoglu, O., Ozgen, M., & Serce, S. (2013). Antioxidant, physical and chemical characteristics of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.) at different stages of ripeness. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, *12*(4), 59-66.

Huang, H., Zhu, Q., Zhang, Z., Yang, B., Duan, X., & Jiang, Y. (2013). Effect of oxalic acid on antibrowning of banana (Musa spp., AAA group, cv. 'Brazil') fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, *160*, 208-212. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.05.041

Koushesh Saba, M., Arzani, K., & Barzegar, M. (2012). Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *60*(36), 8947-8953.

Lata, B. (2008). Apple peel antioxidant status in relation to genotype, storage type and time. *Scientia Horticulturae*, *117*(1), 45-52. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.03.011

Martinez-Espla, A., Serrano, M., Martinez-Romero, D., Valero, D., & Zapata, P. J. (2019). Oxalic acid preharvest treatment increases antioxidant systems and improves plum quality at harvest and during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *99*(1), 235-243. https://doi.org/10.1002/jsfa.9165

Martinez-Espla, A., Zapata, P. J., Valero, D., Garcia-Viguera, C., Castillo, S., & Serrano, M. (2014). Preharvest application of oxalic acid increased fruit size, bioactive compounds, and antioxidant capacity in sweet cherry cultivars (*Prunus avium* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *62*(15), 3432-3437.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

https://doi.org/10.1021/jf500224g

Mirdehghan, S. H., Rahemi, M., Serrano, M., Guillen, F., Martinez-Romero, D., & Valero, D. (2007). The application of polyamines by pressure or immersion as a tool to maintain functional properties in stored pomegranate arils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *55*(3), 755-760. https://doi.org/10.1021/jf062985v

Mostofa, M. G., Yoshida, N., & Fujita, M. (2014). Spermidine pretreatment enhances heat tolerance in rice seedlings through modulating antioxidative and glyoxalase systems. *Plant Growth Regulation*, *73*, 31-44. https://doi.org/10.1007/s10725-013-9865-9

Oz, A. T., Kafkas, N. E., & Bozdogan, A. (2016). Combined effects of oxalic acid treatment and modified atmosphere packaging on postharvest quality of loquats during storage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *40*(3), 433-440. DOI.10.3906/tar-1509-12

Razavi, F, & Hajilou, J. (2016). Enhancement of postharvest nutritional quality and antioxidant capacity of peach fruits by preharvest oxalic acid treatment. *Scientia Horticulturae*, *200*, 95-101. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.011

Razzaq, K., Khan, A. S., Malik, A. U., Shahid, M., & Ullah, S. (2014). Role of putrescine in regulating fruit softening and antioxidative enzyme systems in 'Samar Bahisht Chaunsa'mango. *Postharvest Biology and Technology*, *96*, 23-32. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.05.003

Setia, N, & Setia, R. C. (2018). Polyamines: An overview and prospects in crop improvement. *Punjab Agricultural University*, *21*, 376-393.

Shi, Y., Gong, Z., Cao, Z., Hou, F., Cui, W., Jian, F., Jian, J., Zhou, Q., Wang, W., & Wang, Y. (2025). Mechanism of oxalic acid delaying browning of fresh-cut apples mediated by synergistic regulation of phenol metabolism and oxidative stress. *Postharvest Biology and Technology*, *2257*, 113609 (article preview).

Shin, Y., Ryu, J. A., Liu, R. H., Nock, J. F., & Watkins, C. B. (2008). Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, *49*(2), 201-209. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.02.008

Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2009). Polygalacturonase and β-galactosidase activities in Hayward kiwi fruit as affected by light exposure, maturity stage and storage time. *Scientia Horticulturae*, *120*(3), 342-347. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.11.013

Zhao, Y., Xu, C., Shi, W., Huang, T., Yuan, S., Yue, X., Xu, X., Feng, B., Zuo, J., & Wang, Q. (2025). Effect of oxalic acid on the postharvest physiology and enzymatic browning of fresh-cut potato slices during storage. *Scientia Horticulture*, *350*, 1-12.

Zheng, X, & Tian, S. (2006). Effect of oxalic acid on control of postharvest browning of litchi fruit. *Food Chemistry*, *96*(4), 519-523. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.049

Zhu, Y., Yu, J., Brecht, J. K., Jiang, T., & Zheng, X. (2016). Pre-harvest application of oxalic acid increases quality and resistance to *Penicillium expansum* in kiwifruit during postharvest storage. *Food Chemistry*, *190*, 537-543. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.001

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

Effect of different concentrations of spermidine and oxalic acid on some qualitative characteristics of strawberry fruit

Jafar Hajilou*, Ali Javadi Dodran and Mehri Saadati

Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Abstract

Fruit quality is one of the affecting factors in the production and consumption cycle of horticultural products. Nowadays, the use of some chemicals to improve fruit quality characteristics in the fruit industry is of interest to producers. In this regard, the present study was conducted to investigate the application of different concentrations of oxalic acid and spermidine on improving the quality characteristics of Albion strawberry fruit. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 5 treatments (concentrations of 2 and 4 mM oxalic acid and 1 and 2 mM spermidine and control) in 4 replications. The substrate used in this experiment was 25% cocopeat and 75% perlite, and after planting, the plants were regularly fed with Hoagland nutrient solution. Foliar spraying was carried out 8 days before the commercial ripening of the fruits. After harvesting, the fruits were immediately transferred to the laboratory of flowering biology and fruit growth and development physiology, and after extracting the fruit juices, quality parameters including total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), total phenols, total antioxidant capacity (DPPH), total flavonoids, and vitamin C were evaluated. The results showed that vitamin C was increased from 52.5 to 76.5 mg/100 g, and also TSS and total antioxidant capacity were promoted from 5.85 to 8.05 brix and 0.82 to 1.07 mg/100 FW, respectively, by using 1 mM spermidine. Oxalic acid had a greater effect on treatable acidity (0.76 to 1.16) and total phenols (1.5 to 2.35 mg gallic acid). The materials used in this research can be used by producers in the modern fruit industry by slowing down ripening and maintaining fruit quality.

Keyword: Fruit quality, Growth regulators, Phenolic compounds, Secondary metabolites

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-15]

[DOI: DOI: 10.22034/15.72.45]

Received: May. 31, 2025; Revised: Aug. 27, 2025; Accepted: Nov. 12, 2025; Published Online: June. 02, 2026
*Corresponding Author: J_hajilou@tabrizu.ac.ir

Copyright © 2025 Iranian Society of Plant Physiology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.