بهبود ماندگاری پس از برداشت میوه دو رقم توت‌فرنگی (*Fragaria× ananassa* Duch.) با کاربرد اسید آمینه‌ها در سیستم کشت بدون خاک

سمیرا بیدکی[۱]، علی تهرانی‌فر[۱*] و رضا خراسانی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۳/۲۹)

چکیده

میوه توت‌فرنگی، به‌دلیل برخورداری از بافتی نرم، عمر پس از برداشت کوتاهی دارد. منظور بررسی اثر کاربرد اسیدهای امینه بر عمر پس از برداشت میوه توت فرنگی، پژوهشی به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی، در گلخانه پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه اسید آمینه (گلوتامین، آلانین و آرژنین) در سه سطح (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار) و دو رقم توت فرنگی (کاماروسا و گاویتا) بودند. میوه‌های توت فرنگی، در مرحله رسیدن تجاری، برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس، میوه‌ها در ظروف پلاستیکی بسته‌بندی و در یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفتند. بعد از ۱۵ روز، میزان مواد جامد محلول (TSS)، اسید قابل تیتراسیون، شاخص طعم (TSS/TA)، آنتوسیانین کل، فنل کل، فلاونُئید، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و درصد کاهش وزن میوه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تیمار آلانین ۱۰۰۰- رقم گاویتا بهترین شاخص طعم (۱۸/۴۱) را دارد. همچنین، کمترین کاهش وزن مربوط به تیمارهای آلانین ۵۰۰- رقم گاویتا (۱۸٪) و آرژنین ۵۰۰- رقم گاویتا (۱۴/۵ درصد) بود که از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. بیشترین کاهش وزن نیز در تیمار گلوتامین ۵۰۰- رقم گاویتا (۶۵/۵ درصد) مشاهده گردید. همچنین، تیمار گلوتامین ۵۰۰ در رقم گاویتا بیشترین مقدار آنتوسیانین را داشت. از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که با کاربرد اسیدهای آمینه آلانین و آرژنین در قبل از برداشت میوه‌های توت‌فرنگی می‌توان عمر پس از برداشت و کیفیت آنها را افزایش داد.

کلمات کلیدی: آرژنین، آلانین، گلوتامین، شاخص طعم

مقدمه

توت‌فرنگی(*Fragaria×ananassa* Duch.) میوه‌ای نافرازگرا، با عمر پس از برداشت کوتاه می‌باشد. کاهش کیفیت این میوه در انبار عمدتاً به‌دلیل فعالیت متابولیک زیاد آن می‌باشد. این میوه به پوسیدگی قارچی کپک خاکستری (*Botrytis cinerea*) حساس می‌باشد و بیش از ۵۰٪ ضایعات توت‌فرنگی مربوط به این قارچ است (۱۵). از طرف دیگر، استفاده از سیستم‌های کشت بدون خاک توت‌فرنگی به لحاظ کاهش مشکلات ناشی

۱. گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: tehranifar@um.ac.ir

از کشت‌های خاکی نظیر بیماری پوسیدگی ریشه و استفاده از مواد ضدعفونی کننده خاک نظیر متیل بروماید به‌طور وسیع گسترش یافته است (۱۰).

اسید آمینهٔ آرژنین در فعالیت چندین آنزیم درون گیاه درگیر است. این اسید آمینه به نوکلئیک اسید و فسفو لیپیدهای غشا متصل می‌شود و فعالیت آنزیم‌هایی همچون کاتالاز را بهتر می‌کند (۲). آسپاراژین و گلوتامین دو اسید آمینه مهم در چرخه‌های متابولیک، همچون چرخه‌های متابولیسم کربن و نیتروژن گیاهان، هستند. همچنین، آنها سبب تجمع قند و پروتئین‌ها در گیاه می‌شوند (۳۲). علاوه بر این، گزارش شده که کاربرد گلوتامین به تنهایی و همچنین کاربرد همزمان گلوتامین و هیومیک اسید، تجمع قند در میوه توت‌فرنگی را افزایش داد (۵ و ۲۸).

امروزه، کاربرد ترکیبات آلی زیستی آمینو اسیدی در کشت و تغذیهٔ گیاهان مورد توجه قرار گرفته است (۲۷). اسیدهای آمینه ترکیبات نیتروژنه‌ای هستند که به عنوان تحریک کننده‌های زیستی به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بر فرایندهای فیزیولوژیک، رشد و نمو گیاه اثرگذار هستند (۱۳). کاربرد پلی‌آمین‌های اسپرمین، اسپرمیدین و پوتریسین روی انبه منجر به حفظ سفتی میوه و کند شدن کاهش وزن طی نگهداری بدون کاهش معنی‌دار در تولید اتیلن شد. کاربرد این نوع پلی‌آمین‌ها روی میوه انبه باعث حفظ اسید و میزان آسکوربیک اسید گردید. همچنین، عمر انباری میوه انبه افزایش یافت (۲۰). پلی‌آمین‌ها به‌دلیل طبیعت پلی‌کاتیونی خود به جایگاه‌های آنیونی دیواره سلولی و غشای سیتوپلاسمی متصل شده و با محدودتر نمودن فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده مؤثر بر دیواره و غشای سلولی سبب مقاومت در برابر تنش‌های اکسایشی و کمک به حفظ استحکام بافت میوه می‌شوند (۲۰). آمینواسیدها به‌طور مستقیم و غیرمستقیم روی فعالیت‌های فیزیولوژیک در رشد و نمو گیاه تأثیر می‌گذارند. کاربرد خارجی آمینواسیدها رشد گیاه را متعادل می‌کند و عملکرد و کیفیت میوه گلابی (۱۴)، انگور (۱۹)، آلو (۳) و هلو (۱) را بهبود می‌بخشد. اسیدهای آمینه با تأثیر بر افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه بر فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاهان مؤثر هستند. آرژنین، سنتز هورمون‌های گیاهی مرتبط با گل‌دهی و میوه‌دهی را افزایش می‌دهد (۴). به‌دلیل اهمیت ماندگاری پس از برداشت ارقام توت‌فرنگی، پژوهشی جهت بررسی اثر کاربرد اسیدهای آمینه و رقم در کشت بدون خاک بر افزایش ماندگاری پس از برداشت میوه‌ی توت‌فرنگی ارقام کاماروسا (Camarosa) و گاویتا (Gaviota) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح کاملاً تصادفی، در گلخانه پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه اسید آمینه (گلوتامین، آلانین و آرژنین) در سه سطح (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار) و دو رقم توت‌فرنگی (کاماروسا و گاویتا) بودند. نشای بوته‌های دختری سرمادیدهٔ توت‌فرنگی در اواخر دی ماه در داخل گلدان‌هایی به قطر ۱۸ سانتی‌متر محتوی ۵۰٪ کوکوپیت و ۵۰٪ پرلایت کاشته شدند. محلول غذایی مورد استفاده براساس ترکیب مورگان (۲۲) تهیه شد. سپس، اسیدهای آمینه در سه زمان ۳۰ روز بعد از کاشت، گل‌دهی کامل و زمان میوه بستن روی گیاه محلول‌پاشی شدند. محلول‌پاشی در عصر انجام شد. سپس، میوه‌های توت‌فرنگی در مرحلهٔ رسیدن تجاری هنگامی که ۸۰٪ رنگ گرفته و دارای اندازه مناسبی بودند (۱۸)، برداشت شده و با دقت و در زمان کوتاه به آزمایشگاه منتقل شدند. برای هر تیمار، در هر جعبه، ۱۰ عدد میوه توت‌فرنگی در نظر گرفته شد. سپس، سطح میوه‌ها در هوای معمولی اتاق به‌دلیل جلوگیری از بیماری‌های قارچی خشک شده و در ظروف پلاستیکی یکبار مصرف دربسته قرار گرفتند و به یخچال با دمای ۴ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۹۵٪ منتقل شدند. آزمون کیفیت بعد از ۱۵ روز روی مواد جامد محلول (TSS)، اسید قابل تیتراسیون (TA)، شاخص طعم (TSS/TA)، درصد کاهش وزن میوه‌ها، میزان فنل کل، مقدار ترکیبات فلاوُنوئیدی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و آنتوسیانین کل انجام گرفت.

تعیین مواد جامد محلول کل (TSS)

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول ازدستگاه رفرکتومتر دیجیتالی (مدل ۳۳۰ ساخت شرکت Bellingham Stanley انگلستان) استفاده شد (۲۶). برای این کار، به‌طور تصادفی سه میوه از هر تیمار انتخاب شد. سپس، آب میوه‌ها گرفته و یک قطره از روی سنسور دستگاه ریخته شد و میزان TSS به‌صورت درصد و در دمای اتاق قرائت شد. مقدار مواد جامد محلول برحسب درصد به‌دست آمد.

تعیین درصد اسید قابل تیتراسیون (TA)

میزان TA از طریق تیتراسیون با هیدروکسید سدیم تعیین شد (۷). برای این منظور، ۲/۵ میلی‌لیتر آب‌میوه با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و سپس دو قطره فنل‌فتالئین به آن اضافه گردید. آنگاه با سود ۰/۱ نرمال تیتر گردید. مقدار سود مصرفی یادداشت گردید و سپس با استفاده از فرمول زیر، مقدار اسید قابل تیتراسیون به صورت درصد اسید سیتریک محاسبه گردید:

(۱) اسید قابل تیتراسیون = سود مصرفی × ۰/۰۶۴

شاخص طعم (TSS/TA)

شاخص طعم نسبت میزان مواد جامد محلول کل به میزان اسید قابل تیتراسیون می‌باشد (۲۹).

تعیین میزان درصد کاهش وزن

میوه‌ها با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ در ابتدای آزمایش و قبل از انبارداری وزن شده و پس از خروج از یخچال دوباره وزن گردیدند و درصد کاهش وزن با استفاده از فرمول زیر محاسبه گردید:

(۲) کاهش وزن = ((وزن اولیه − وزن ثانویه) / وزن اولیه) × ۱۰۰

تعیین میزان فنل کل

اندازه‌گیری میزان فنول کل میوه توت‌فرنگی با استفاده از روش فولین سیوکالچو انجام گرفت (۱۲). میزان فنول کل از روی میزان جذب نمونه و استاندارد برحسب میکروگرم اسید گالیک در میلی‌لیتر عصاره بیان گردید.

تعیین مقدار ترکیبات فلاونوئیدی

مقدار ترکیبات فلاوُنوئیدی نیز با استفاده از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم اندازه‌گیری شد (۱۱). منحنی واسنجی محلول‌های کوئرستین در دامنه صفر تا ۵۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر در متانول تهیه شد. میزان فلاوُنوئید از روی میزان جذب نمونه و استاندارد برحسب میکروگرم کوئرستین در میلی‌لیتر عصاره بیان گردید.

تعیین آنتوسیانین کل

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل، از روش اختلاف جذب در pHهای مختلف از روش اسپکتروفتومتری استفاده گردید (۶). برای این منظور، از دو بافر با pH برابر ۱ (KCl-HCl) و ۴/۵ (استات سدیم) استفاده شد. ابتدا یک میلی‌لیتر از آب میوه را با ۱۰ میلی‌لیتر محلول بافر دارای اسیدیته ۱ (۱۲۵ میلی‌لیتر پتاسیم کلرید ۰/۲ مولار و ۳۷۵ میلی‌لیتر اسید کلریک ۰/۲ مولار) به حجم رسانیده و سپس ۱ میلی‌لیتر از آب میوه را با ۱۰ میلی‌لیتر بافر اسیدیته ۴/۵ (۴۰۰ میلی‌لیتر سدیم استات ۱ مولار، ۲۴۰ میلی‌لیتر اسید کلریک ۱ مولار و ۳۶۰ میلی‌لیتر آب) به حجم رسانیده و جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۰ اندازه‌گیری شد. در انتها، غلظت آنتوسیانین توسط معادلهٔ زیر محاسبه گردید:

$$C(mg/L) = \left((Abs\ pH1 - Abs\ pH\ 4/5) \times 484/82 \times 1000/2482\right) \times DF \quad (3)$$

که ۴۸۴/۸۲ و ۲۴۸۲ به ترتیب وزن مولکولی و ضریب جذب مولی مولکول سیانیدین- ۳- گلوکوزید در طول موج ۵۱۰ نانومتر در محلول بافری می‌باشند.

تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره میوه‌ها از طریق خاصیت خنثی

جدول ۱. میانگین مربعات اثر اسید آمینه و رقم روی برخی ویژگی‌های کیفی توت‌فرنگی

منبع تغییرات	درجه آزادی	مواد جامد محلول (٪)	اسید قابل تیتراسیون (٪)	شاخص طعم	آنتوسیانین (mg/l)	ظرفیت آنتی اکسیدان (٪)	فنل (µg GAE/ml)	فلاوونوئید (µg CE/ml)	کاهش وزن (٪)
اسید آمینه (A)	۶	۱/۵۳**	۰/۰۶۸**	۲۷/۵۱**	۱۲۳۵/۹۱**	۲۳/۷۶ *	۲/۲۶*	۹/۵۹**	۹۱۱/۵۸**
رقم (C)	۱	۵/۸۶**	۰/۳۸۰**	۳۶/۰۷**	۳۴۴۳/۸۱**	۹۰/۶۴**	۴/۵۶*	۵/۵۶*	۰/۰۹۵ ^{ns}
A×C	۶	۰/۴۴^{ns}	۰/۰۶۷**	۱۱/۶۸**	۳۶۶/۹۱**	۱۳/۶۴ ^{ns}	۱/۵۰^{ns}	۳۹/۷۱**	۱۲۶۱/۲۲**
خطای آزمایشی	۲۸	۰/۳۱	۰/۰۰۴	۱/۶۸	۴۱/۹۰	۰/۰۰۲۴	۰/۷۲۹۵۵	۱/۰۵۸	۹۱/۴۸
ضریب تغییرات (٪)		۷/۳۳	۸/۷۵	۱۲/۰۷	۷/۷۶	۲/۹۰۷	۱۶/۷۷	۲۲/۳۱	۲۱/۳۷

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۱ و ۱- دی فنیل ۲- پیکریل هیدرازیل) تعیین گردید (۹). مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره سانتریفیوژ شده به ۲۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH اضافه گردید. مخلوط، پس از افزودن DPPH به سرعت به هم زده شده، سپس در دمای اتاق به مدت ۱۵ دقیقه در شرایط تاریکی تا رسیدن محلول به حالت یکنواخت نگهداری گردید. کاهش میزان جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Jenway 4506 تعیین گردید. سپس، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها به صورت درصد بازدارندگی DPPH توسط معادلهٔ زیر محاسبه گردید :

$$\%DPPHsc = (Acontrol - Asample) \times ۱۰۰ / Acontrol) \quad (۴)$$

Asample = (میزان جذب نمونه +DPPH)

درصد بازدارندگی = %DPPHsc ، Acontrol = DPPH میزان جذب

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح ۵٪ انجام گرفت.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر متقابل اسید آمینه و رقم بر ویژگی‌های کیفی اسید قابل تیتراسیون، شاخص طعم، آنتوسیانین، فلاوُنوئید و کاهش وزن، به جز مقدار مواد جامد محلول، آنتی‌اکسیدان و فنل، معنی‌دار (P <۰/۰۱) بود.

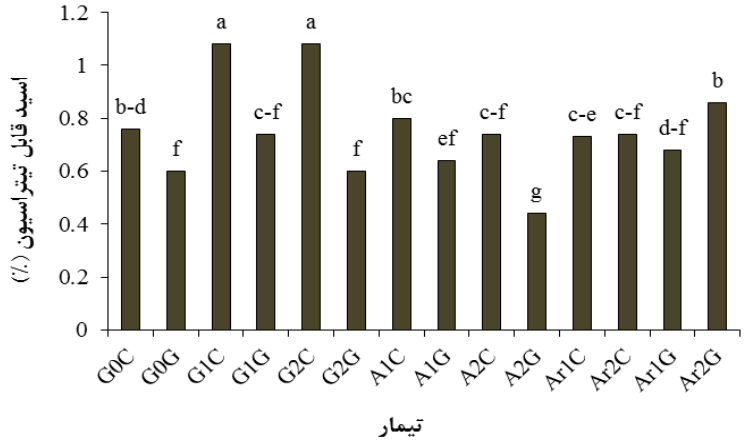
با توجه به جدول (۱)، اثر ساده اسید آمینه و رقم روی مواد جامد محلول معنی‌دار (P <۰/۰۱) بود. بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۸/۴۲ درصد) در تیمار آلانین ۱۰۰۰ مشاهده گردید که با تیمار آرژنین ۱۰۰۰ و گلوتامین ۱۰۰۰ از نظر آماری تفاوتی نداشت. همچنین، مواد جامد محلول رقم کاماروسا نسبت به رقم گاویتا بیشتر بود (جدول ۲). گزارش شده که آلانین با شیرینی مرتبط است (۸) و در طول رسیدن میوه توت‌فرنگی به‌صورت بارزی بین مرحلهٔ سبز و سفید افزایش پیدا می‌کند و سپس در میوه کامل رنگ گرفته کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، اسید آمینه‌ی آلانین پیش‌ساز ترکیبات فرار طعم می‌باشد (۱۶). تجمع مواد جامد محلول یک شاخص معتبر برای شیرینی میوه توت‌فرنگی می‌باشد و شیرینی رابطهٔ مثبتی با تجمع مواد جامد محلول میوه دارد (۲۸). از طرف دیگر، جیا و همکاران (۱۷) نشان دادند که با کاربرد آرژنین، شیرینی میوه هلو افزایش یافت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. علاوه بر این، گزارش شده که کاربرد گلوتامین به تنهایی و همچنین کاربرد همزمان گلوتامین و هیومیک اسید تجمع قند میوه توت‌فرنگی را افزایش داد (۵ و ۳۰). گلوتامین، اسید آمینه مهم در چرخه‌های متابولیک، همچون چرخه‌های متابولیسم

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر ساده اسید آمینه و رقم روی برخی صفات کیفی توت‌فرنگی

تیمار اسید آمینه*	مواد جامد محلول (٪)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (٪)	فنل (µg GAE/ml)
A۲	۸/۴۲۵ ^{a}	۹۲/۲۶^{a}	۵/۸۵ ^{a}
Ar۲	۷/۹۷۵^{ab}	۹۳/۵۹ ^{a}	۵/۳۴^{ab}
G۲	۷/۸۷۵$^{a-c}$	۹۰/۵۱$^{a-c}$	۵/۰۸ ^{ab}
A۱	۷/۶۵ ^{bc}	۹۱/۶۹^{ab}	۵/۳۸^{ab}
G۱	۷/۴۲۵ $^{b-d}$	۸۸/۷۴^{bc}	۵/۲۵ ^{ab}
G۰	۷/۲۲۵^{dc}	۸۷/۹۱^{c}	۳/۸۸^{c}
Ar۱	۶/۹۰۸^{d}	۹۱/۵۶ ^{ab}	۴/۸۸^{bc}
رقم			
کاماروسا	۸/۰۱۴ ^{a}	۹۲/۳۷ ^{a}	۵/۴۲ ^{a}
گاوویتا	۷/۲۶۶^{b}	۸۹/۴۳^{b}	۴/۷۶^{b}

در هر ستون و تیمار، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* G۰: شاهد، G۱: گلوتامین ۵۰۰، G۲: گلوتامین ۱۰۰۰، A1: آلانین ۵۰۰، A۲: آلانین ۱۰۰۰، Ar۱: آرژنین ۵۰۰، Ar۲: آرژنین ۱۰۰۰

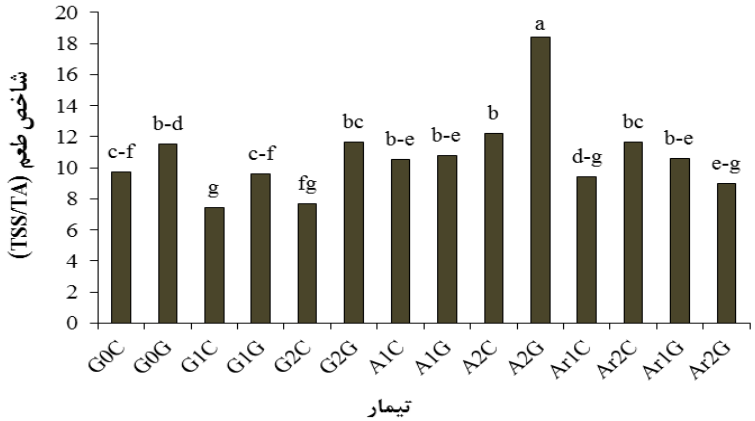


شکل ۱. مقایسه میانگین برهمکنش اسید آمینه و رقم روی اسید قابل تیتراسیون توت‌فرنگی. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ براساس آزمون LSD با هم ندارند.
G۰: شاهد، G۱: گلوتامین ۵۰۰، G۲: گلوتامین ۱۰۰۰، A۱: آلانین ۵۰۰، A۲: آلانین ۱۰۰۰، Ar۱: آرژنین ۵۰۰، Ar۲: آرژنین ۱۰۰۰، C: کاماروسا، G: گاویتا

کربن و نیتروژن گیاهان، است و همچنین سبب تجمع قند و پروتئین‌ها در گیاه می‌شود (۳۳).

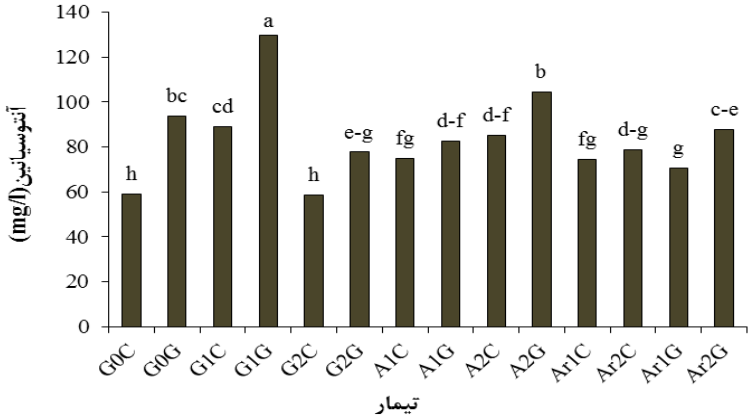
بیشترین اسید قابل تیتراسیون (۱/۰۸ درصد) در تیمارهای گلوتامین ۱۰۰۰ و ۵۰۰ در رقم کاماروسا مشاهده شد که از نظر آماری این دو تیمار با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. کمترین اسید قابل تیتراسیون (۰/۴۴ درصد) نیز در تیمار آلانین ۱۰۰۰- رقم گاویتا مشاهده شد (شکل ۱).

بیشترین شاخص طعم (۱۸/۴۱) در تیمار آلانین ۱۰۰۰- رقم گاویتا به‌دست آمد (شکل ۲). تیمار آلانین ۱۰۰۰ بیشترین مواد جامد محلول و کمترین اسید قابل تیتراسیون را داشت. بنابراین،



شکل ۲. مقایسه میانگین برهم‌کنش اسیدهای آمینه و رقم روی شاخص طعم میوهٔ توت‌فرنگی. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ براساس آزمون LSD با هم ندارند.

G۰: شاهد، G۱: گلوتامین ۵۰۰، G۲: گلوتامین ۱۰۰۰، A۱: آلانین ۵۰۰، A۲: آلانین ۱۰۰۰، Ar۱: آرژنین ۵۰۰، Ar۲: آرژنین ۱۰۰۰، C: کاماروسا، G: گاویتا

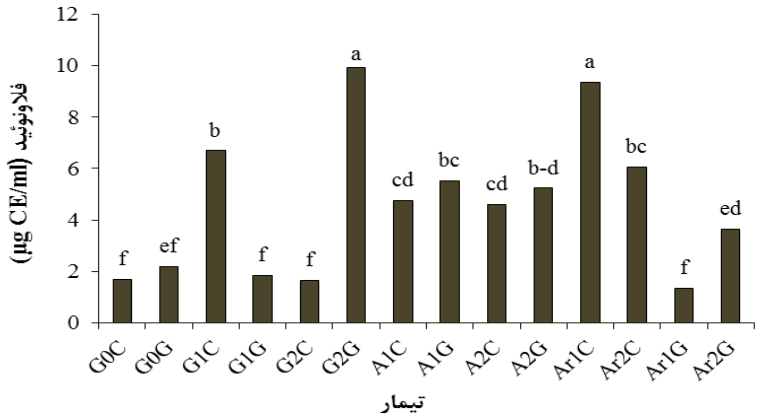


شکل ۳. مقایسه میانگین برهمکنش اسیدهای آمینه و رقم روی آنتوسیانین میوه‌ی توت‌فرنگی

G۰: شاهد، G۱: گلوتامین ۵۰۰، G۲: گلوتامین ۱۰۰۰، A۱: آلانین ۵۰۰، A۲: آلانین ۱۰۰۰، Ar۱: آرژنین ۵۰۰، Ar۲: آرژنین ۱۰۰۰، C: کاماروسا، G: گاویتا

بیشترین شاخص طعم در این تیمار مشاهده گردید. طعم میوه توت‌فرنگی به رابطه بین تجمع مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون بستگی دارد (۲۵). گزارش شده که آلانین پیش‌ساز ترکیبات سازنده طعم می‌باشد (۲۴) که در این پژوهش نیز آلانین سبب افزایش شاخص طعم در رقم گاویتا شد و روی رقم کاماروسا تأثیر نداشت. در پژوهشی، گزارش شده که غلظت زیاد آلانین سبب افزایش ترکیب فرار اتیل استرها شده و طعم میوه توت‌فرنگی افزایش یافت (۲۴).

بیشترین مقدار آنتوسیانین کل (۱۲۹/۸۹ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار اسید آمینه گلوتامین ۵۰۰- رقم گاویتا مشاهده شد. همچنین، کمترین مقدار آنتوسیانین (۵۸/۵۰ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار گلوتامین ۱۰۰۰- رقم کاماروسا به‌دست آمد (شکل ۳). حضور بیش از حد L- گلوتامین سبب ایجاد شرایط نامتعادل برای گیاه می‌شود. آنتوسیانین هم به عنوان یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی در شرایط نامتعادل تولید می‌شود. L- گلوتامین، اسید آمینه غیرپروتئینی بتا آمینو بوتریک اسید (BABA) به



شکل ۴. مقایسه میانگین برهم‌کنش اسیدهای آمینه و رقم روی فلاوونوئید میوهٔ توت‌فرنگی

G۰: شاهد، G۱: گلوتامین ۵۰۰، G۲: گلوتامین ۱۰۰۰، A۱: آلانین ۵۰۰، A۲: آلانین ۱۰۰۰، Ar۱: آرژنین ۵۰۰، Ar۲: آرژنین ۱۰۰۰، C: کاماروسا، G: گاویتا

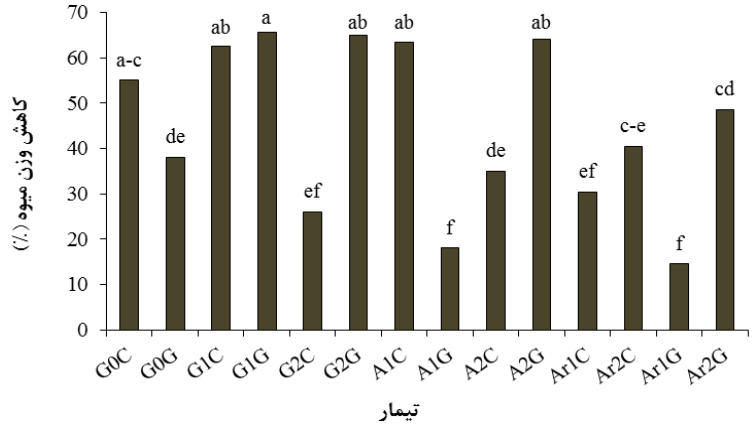
وجود آمده در شرایط نامساعد را مهار کرده و سبب تجمع آنتوسیانین می‌شود (۳۵). از طرف دیگر، حضور بیش از حد L- گلوتامین انتقال اسید آمینه غیرپروتئینی بتا آمینو بوتریک اسید (BABA) به داخل سلول را مهار کرده و مانع سنتز آنتوسیانین می‌شود (۳۴). بنابراین، ممکن است در پژوهش حاضر نیز L- گلوتامین چنین نقشی را ایفا کرده باشد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

فلاوُنوئیدها شناخته‌ترین گروه ترکیب‌های فنلی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی هستند. این ترکیب‌ها نقش مهمی در ویژگی‌های حسی نظیر رنگ، طعم و کیفیت آب میوه دارند (۳۳). در تیمار آلانین ۱۰۰۰ بیشترین مقدار فنل (۵/۸۵۶ µg GAE/ml) مشاهده شد. رقم کاماروسا (۵/۴۲ µg GAE/ml) نیز مقدار فنل بیشتری نسبت به رقم گاویتا (۴/۷۶ µg GAE/ml) داشت (جدول ۲). بیشترین مقدار فلاوونوئید در تیمارهای گلوتامین ۱۰۰۰- رقم گاویتا (۹/۹۱ µg GAE/ml) و آرژنین ۵۰۰- رقم کاماروسا (۹/۳۴ µg GAE/ml) به‌دست آمد که این دو تیمار از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۴).

اسیدهای آمینه با خواص آنتی‌اکسیدانی خود نقش مهمی در دفاع گیاهان در برابر تنش اکسیداتیو بازی می‌کنند (۳۱). در این پژوهش، بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار آرژنین ۱۰۰۰ (۹۳/۵۹ درصد) مشاهده شد. همچنین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رقم کاماروسا (۹۲/۳۷ درصد) بیشتر از رقم گاویتا (۸۹/۴۳ درصد) بود (جدول ۲). تیمار گلوتامین ۵۰۰- رقم گاویتا بیشترین کاهش وزن (۶۵/۵ درصد) را نشان داد و کمترین کاهش وزن در تیمار آرژنین ۵۰۰- رقم گاویتا (۱۴/۵ درصد) به‌دست آمد (شکل ۵). گزارش شده که آرژنین پیش‌مادهٔ سنتز پلی‌آمین‌ها است و کاربرد قبل از برداشت آن سبب افزایش ترکیب‌های فنلی می‌شود. همچنین، آرژنین سبب بهبود پارامترهای کیفی، از جمله سفتی میوه، شده که به سبب سفت شدن دیواره سلولی کاهش وزن کمتری در میوه‌ها مشاهده می‌شود (۲۳).

نتیجه‌گیری

از بین تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش، بیشترین شاخص طعم میوه توت‌فرنگی در تیمار آلانین ۱۰۰۰- رقم گاویتا مشاهده گردید. همچنین، کمترین کاهش وزن مربوط به تیمارهای آلانین ۵۰۰- رقم گاویتا و آرژنین ۵۰۰- رقم گاویتا بود که از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند. تیمار گلوتامین ۵۰۰- رقم گاویتا بیشترین مقدار آنتوسیانین را داشت. رقم کاماروسا از نظر درصد مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به رقم



شکل ۵. مقایسه میانگین برهمکنش اسیدهای آمینه و رقم روی کاهش وزن میوهٔ توت‌فرنگی

G۰: شاهد، G۱: گلوتامین ۵۰۰، G۲: گلوتامین ۱۰۰۰، A۱: آلانین ۵۰۰، A۲: آلانین ۱۰۰۰، Ar۱: آرژنین ۵۰۰، Ar۲: آرژنین ۱۰۰۰، C: کاماروسا، G: گاویتا

گاویتا بهتر بود و رقم گاویتا کمترین کاهش وزن، بیشترین شاخص طعم و آنتوسیانین را نسبت به رقم کاماروسا داشت. از این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که با کاربرد اسیدهای آمینهٔ آلانین و آرژنین در سطح ۵۰۰ میکرومولار در قبل از برداشت میوه توت‌فرنگی می‌توان عمر پس از برداشت آن را افزایش داد.

منابع مورد استفاده

1. Abd El-Razek, E. and M.M.S. Saleh. 2012. Improve productivity and fruit quality of Florida prince peach trees using foliar and soil applications of amino acids. Middle East J. Sci. Res. 12(8): 1165-1172.
2. Abdul-Qados, A.M.S. 2009. Effect of arginine on growth, yield and chemical constituents of wheat grown under salinity condition. Acad. J. Plant Sci. 2: 267-278.
3. Ahmed, F.F., A.H. Ali, S. A. Abdalla and O.M.S. Omar. 2014. Using some amino acids enriched with certain nutrients for improving productivity of El-Saidy date palms. World Rural Observ. 6(2): 20-27.
4. Anonymous. 2009. Agriculture production- micro organo liquid, amino powder, amino start and spurt. Agrowchem Inc., Ontario, Canada.
5. Azarmi, R., MT. Giglou and B. Hajieghrari. 2009. The effect of sheep manure vermicompost on quantitative and qualitative disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.). Bioresour. Technol. 99: 8507-8511.
6. Bacchella, R., A. Testoni and A. Lo Scalzo. 2009. Influence of genetic and environmental factors on chemical profile and antioxidant potential of commercial strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.(Elec. J. Environ. Agric. Food Chem. 8(4): 230-242.
7. Baldwin, E.A. 1983. Citrus fruit. PP. 107-149. *In:* Seymour, G., J. Taylor and G. Tucker (Eds.), Biochemistry of Fruit Ripening, Chapman and Hall, London.
8. Belitz, H.D., W. Grosch and P. Schieberle. 2001. Lehrbuch der Lebensmittelchemie: 1.2 Aminosauren. 5th Ed., Springer Verlag, Berlin, pp. 9-33.
9. Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT- Food Sci. Technol. 28: 25-30.
10. Burrage, W. 1999. The nutrient film technique (NFT) for crop production in the Mediterranean region. Acta Hort. 491: 301-306.
11. Chang, C.C., M.H. Yang, H.M. Wen and J.C. Chern. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J. Food Drug Anal. 10: 178-182.
12. Eberhardt, M.V., C.Y. Lee and R.H. Liu, 2000. Nutrition activity of fresh apples. Nature 405: 903-904.
13. Faten, S.A., A.M. Shaheen, A.A. Ahmed and A.R. Mahmoud. 2010. Effect of foliar application of amino acids as

antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. Res. J. Agric. Biol. Sci. 6: 583-588.
14. Fayek, M.A., T.A. Yehia, E.M.M. El-Fakhrany and A.M. Farag. 2011. Effect of ringing and amino acids application on improving fruiting of Le Conte pear trees. JHSOP 3(1): 1-10.
15. Garcia, J.M., C. Aguilera and A.M. Jimenez, 1996. Gray mold in and quality of strawberry fruit following postharvest heat treatment. J. Hort. Sci. 31: 225-257.
16. Heath, H.B. and G. Reineccious. 1986. Biogenesis of flavor in fruits and vegetables. *In:* Biogenesis of Flavor in Fruits and Vegetables, AVI Publishing, Westport, Conn.
17. Jia, H.J., G. Okamoto and K. Hirano. 2000. Effect of amino acid composition on the taste of 'Hakuho' peaches (*Prunus persica* Batsch) grown under different fertilizer levels. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 69: 135-140.
18. Keutgen, A.J. and E. Pawelzik. 2008. Contribution of amino acids to strawberry fruit quality and their relevance as stress indicators under NaCl salinity. Food Chem. 111: 642-647.
19. Khan, A.S., B. Ahmad, M.J. Jaskani, R. Ahmad and A.U. Malik. 2012. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophylum nodosum*) extract improve growth and physico-chemical properties of grapes. Int. J. Agric. Biol. 14: 383-388.
20. Malik A, Z. Singh and S. Tan. 2006. Exogenous application of polyamines improves shelf life and fruit quality of mango. Acta Hort. 699: 321-328.
21. Mirdehghan, S.H., M. Rahemi, D. Mart´inez-Romero, F. Guill´en, J.M. Valverde, P.J. Zapata, M. Serrano and D. Valero. 2007. Reduction of pomegranate chilling injury during storage after heat treatment: Role of polyamines. Postharvest Biol. Technol. 44: 19-25.
22. Morgan, L. 2006. Hydroponic strawberry production: A technical guide to the hydroponic production of strawberries. Suntec (NZ) Ltd.
23. Nasibi, F., A. Barand, K.M. Kalantari and F. Rezanejad. 2013. The effect of arginine pretreatment on germination, growth and physiological parameters in the increase of low temperature tolerance in *Pistacia vera* L. *in vitro* culture. Int. J. Agric. Crop Sci. 5(1): 918-925.
24. Perez, A.G., J.R. Rios, C. Sanz and J.M. Olfas. 1992. Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening. J. Agric. Food Chem. 40: 2232-2235.
25. Perkins-Veazie, P. 1995. Growth and ripening of strawberry fruit. Hort. Rev. 17: 267-297.
26. Piga, A.D., S. Aquino and M. Agabbio. 2000. Influence of cold storage and shelf life on quality of Salustiana Orange fruits. J. Fruits 55: 37-44.
27. Raeisi, M., L. Farahani and M. Palashi. 2014. Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. Int. J. Biosci. 4(1): 463-468.
28. Saied, A.S., A.J. Keutgen and G. Noga. 2005. The influence of NaCl salinity on growth, yield and fruit quality of strawberry cvs.'Elsanta' and 'Korona'. Sci. Hort. 103: 289-303.
29. Saini, R. S. 2005. Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture. Agrobios, Jodhpur, India.
30. Shehata, S.A., A.A. Gharib, M.M. El-Mogy, A.K.F. Gawad and E.A. Shalaby. 2011. Influence of compost, amino and humic acids on the growth and yield and chemical parameters of strawberries. J. Med. Plants Res. 5: 2304-2308.
31. Sies, H. 1997. Oxidative stress, oxidants and antioxidants. Exp. Physiol. 82(2): 291-295.
32. Taiz, L. and E. Zeiger. 2010. Plant Physiology. 5th Ed., Sinauer Associates.
33. Veberic, R., M. Trobec, K. Herbinger, M. Hofer, D. Grill and F. Stampar. 2005 Phenolic compounds in some apple (*Malus domestica* Borkh) cultivars of organic and integrated production. Sci. Food Agric. 85: 1687-1694.
34. Wu, C.C., P. Singh, M.C. Chen and L. Zimmerli. 2010. L-glutamine inhibits beta-aminobutyric acid-induced stress resistance and priming in *Arabidopsis*. J. Exp. Bot. 61(4): 995-1002.
35. Zimmerli, L., B.H. Hou, C.H. Tsai, G. Jakab, B. Mauch-Mani and S. Somerville. 2008. The xenobiotic beta-aminobutyric acid enhances *Arabidopsis* thermos tolerance. Plant J. 53: 144-156.