

اثر کاربرد برگ‌پیش از برداشت اسیدآمین و عصاره جلبک دریایی بر خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی طی انبارداری

The Effect of Preharvest Foliar Application of Amino Acid and Seaweed Extract on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry Fruit During Storage

شهربانو آخوندی^۱، فریال وارسته^{۱*}، اسماعیل سیفی^۱ و نعیمه سوخت‌سرای^۲

۱- گروه علوم و مهندسی باغبانی و فضای سبز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

۲- سازمان جهاد کشاورزی، گرگان، ایران

*نویسنده مسئول، پست الکترونیک: f.varasteh@gau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۹/۱۹

چکیده

به دلیل فسادپذیری بالا و انبارمانی کم توت‌فرنگی، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی محلول‌پاشی اسیدآمین و عصاره جلبک دریایی بر خصوصیات کمی، کیفی و انبارمانی توت‌فرنگی رقم کاماروسا، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۳۹۹-۱۴۰۰ انجام شد. اسیدآمین و عصاره جلبک دریایی (غلظت یک و دو گرم در لیتر) طی سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و تشکیل میوه محلول‌پاشی شدند. میوه‌ها پس از تغییر رنگ سه چهارم سطح به رنگ قرمز، برداشت و در دمای $\pm 1^{\circ}\text{C}$ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ روز نگهداری و خصوصیات کمی و کیفی آن‌ها هر پنج روز یک‌بار اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که توت‌فرنگی‌های محلول‌پاشی شده با اسیدآمین به علت پایین بودن درصد کاهش وزن و میزان پایین‌تر اسیدیته از خصوصیات کیفی بالاتری در طی انبارداری برخوردار بودند. همچنین محلول‌پاشی با اسیدآمین مقدار مواد جامد محلول، ترکیبات قندی، ویتامین ث، آنتوسیانین، فلاونوئید، فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها را به میزان $1/2-5/5$ برابر نسبت به شاهد افزایش داد. به‌طور کلی، کاربرد یک گرم در لیتر اسیدآمین و همچنین یک گرم در لیتر عصاره جلبک دریایی در افزایش عملکرد میوه، حفظ و بهبود ویژگی‌های انبارداری توت‌فرنگی رقم کاماروسا در مقایسه با سایر تیمارها اثر بیشتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فیتوشیمیایی، جلبک دریایی، ویتامین ث.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch.) میوه‌ای نافرازگرا است که علاوه بر رنگ و طعم جذاب، دارای ترکیبات مغذی و آنتی‌اکسیدانی (مانند ترکیبات فنولی، آنتوسیانین‌ها، اسکوربیک اسید و کاروتنوئیدها) است که به سلامت انسان کمک می‌کنند (Tulipani *et al.*, 2011; Nguyen & Nguyen, 2021). یکی از مشکلات میوه توت‌فرنگی، کوتاه بودن عمر پس از برداشت است. این میوه به دلیل داشتن بافت نرم، فعالیت متابولیکی و تنفس بالایی دارد و به علت از دست دادن سریع رطوبت، حساسیت به آسیب مکانیکی و پوسیدگی میکروبی به شدت فسادپذیر می‌باشد (Nazoori *et al.*, 2020; Nguyen & Nguyen, 2021). بنابراین استفاده از روش‌هایی که سبب بهبود ویژگی‌های کیفی محصول و افزایش ماندگاری آن طی انبارداری یا بازاررسانی شوند از دیدگاه تولید و بازاریابی حائز اهمیت است.

در سال‌های اخیر، ترکیبات آلی کاربرد گسترده‌ای در بهبود کیفیت محصولات باغی داشته‌اند که نه تنها برای محیط زیست بی‌خطرند، بلکه خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز رشد، عملکرد و کیفیت محصولات گیاهی را بهبود می‌بخشند (Sadeghi Chah-Nasir *et al.*, 2023). اسیدهای آمینه ترکیبات نیتروژن‌دار آلی و به‌عنوان پیش‌ساز و اجزای تشکیل دهنده

پروتئین‌ها در گیاهان هستند که متابولیسم گیاه را تنظیم کرده و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارند. علاوه بر این، اسیدهای آمینه با خواص آنتی‌اکسیداتیو خود نقش مهمی در دفاع گیاه در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از شرایط نامطلوب دارند. آن‌ها مسئول افزایش بیوسنتز پروتئین‌ها، رنگدانه‌های گیاهی، ویتامین‌ها و هورمون‌های طبیعی مانند ایندول استیک اسید و اتیلن و تحریک تقسیم سلولی هستند (Mahmud et al., 2016). پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد کاربرد خارجی اسیدهای آمینه در بهبود عملکرد و کیفیت میوه‌ها نقش مثبتی دارد. محلول‌پاشی ترکیبات آلی (تیمارهای اسیدآمینه و اسید هیومیک) باعث بهبود عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی میوه گوجه‌فرنگی شد به طوری که کاربرد ترکیبی اسید هیومیک (۳ گرم در لیتر) + اسیدهای آمینه (۳ گرم در لیتر) بیشترین تأثیر را در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه گوجه‌فرنگی داشت (Sadeghi Chah-Nasir et al., 2023). کاربرد اسیدآمینه آرژنین قبل از برداشت به‌ویژه در غلظت ۴۰۰ میکرومولار سبب افزایش سفتی میوه، pH، مواد جامد محلول و کاهش آسیب سرمایی و از دست‌دهی وزن میوه گیلاس شد (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2022). همچنین آرژنین سبب افزایش فنول کل، آنتوسیانین، کاروتنوئید، ظرفیت آنتی اکسیدانی، مواد جامد محلول کل، pH، وزن دانه و میوه انبه شد (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2021). نتایج بررسی Bidaki و همکاران (2018) در زمینه اثر اسیدهای آمینه (گلوتامین، آلانین و آرژنین) در سه سطح (صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میکرومولار) بر دو رقم توت‌فرنگی (کاماروسا^۱ و گاویتا^۲) نشان داد که اسیدهای آمینه سبب افزایش مواد جامد محلول، آنتوسیانین، محتوای فنول کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شدند. محلول‌پاشی و یا تیمار خاکی اسیدهای آمینه اثر مثبتی بر بهره‌وری و کیفیت میوه، محتوای مواد معدنی برگ و محتوای کلروفیل میوه هلو رقم فلوریدا پرنس^۳ دارد (Abd El-Razek & Saleh, 2012). استفاده از اسیدآمینه، پوترسین و اسیدسالیسیلیک در میوه زردآلو باعث افزایش وزن و عملکرد میوه در هنگام برداشت شد. به‌علاوه، سبب کاهش پوسیدگی و از دست دادن وزن در طول دوره نگهداری شد و سبب تأخیر در تغییرات سفتی، اسیدیته، مواد جامد محلول، ویتامین C، قند کل، فنول کل و سرعت تنفس در مقایسه با شاهد شد (Abd El-Wahab, 2015).

عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* L. منبع شناخته شده‌ای از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مانند سیتوکینین‌ها، اکسین‌ها و ترکیبات شبه‌اکسینی، جیبرلین‌ها، آبسزیک اسید، براسینو استروئیدها، مواد آلی، کودهای مغذی، اسیدهای آمینه، پلی‌ساکاریدها، ویتامین‌ها، ترکیبات بتائین و شبه‌بتائین است. عصاره جلبک دریایی نقش مهمی در متابولیسم و بهره‌وری گیاهان داشته و در سال‌های اخیر به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی در باغبانی و کشاورزی استفاده شده است (Zodape et al., 2010; Mahmud et al., 2016). از جمله مزایای استفاده از کود جلبک دریایی در کشاورزی می‌توان به رشد و گسترش بیشتر ریشه‌ها، جوانه‌زنی بهتر و سریع‌تر بذرها، به تأخیر انداختن پیری میوه‌ها، افزایش عمر پس از برداشت محصولات، افزایش توان و مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده و افزایش کمیت و کیفیت میوه‌ها اشاره کرد (Hernández-Herrera et al., 2014). آثار مثبت عصاره جلبک دریایی بر محصولات میوه مانند توت‌فرنگی (Alam et al., 2013)، گوجه‌فرنگی (Hernández-Herrera et al., 2014) و انگور (Norrie & Keathley, 2006) گزارش شده است. افزایش عملکرد میوه در اثر محلول‌پاشی برگ‌ی کود جلبک دریایی طی رشد به حضور تنظیم‌کننده‌های رشدی همچون استیک اسید (اکسین)، جیبرلین، کینتین و زآتین در عصاره جلبک دریایی نسبت داده شده است (Prasad et al., 2010). محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی (۲ میلی‌لیتر در لیتر) به تنهایی یا همراه با اسیدهای آمینه (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر) سبب افزایش قابل توجهی در تشکیل میوه و عملکرد سبب شد. در پایان دوره انبارداری، کاربرد مخلوط عصاره جلبک دریایی (۲ میلی‌لیتر در لیتر) و اسیدهای آمینه (۰/۵ میلی‌لیتر در لیتر) بیشترین مقدار روشنایی رنگ، سفتی میوه، محتوای مواد جامد محلول و کمترین هیو رنگ (تراکم بالای رنگ قرمز)، درصد کاهش وزن و درصد اسیدیته قابل تیتراژ را به همراه داشت (Mahmud et al., 2016).

با توجه به اثرات مثبت ترکیبات زیستی بر شاخص‌های عملکرد و کیفیت محصولات باغی، این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد برگی اسیدآمین و عصاره جلبک دریایی بر کمیت و کیفیت میوه توت‌فرنگی در زمان برداشت و همچنین ویژگی‌های کیفی و انبارمانی پس از برداشت آن انجام شد.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی محل انجام آزمایش و اعمال تیمار

این پژوهش در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه توت‌فرنگی واقع در روستای قرن آباد (مختصات جغرافیایی E ۵۴.۶۱۱۰۰۰ و ۳۶.۸۰۶۶۶۲N) واقع در ۲۰ کیلومتری شهرستان گرگان اجرا شد. پس از آماده‌سازی بستر کشت و مصرف کودهای پایه (فسفر، پتاسیم و نیتروژن) بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱)، ردیف‌هایی به طول ۱۵ سانتی‌متر و عرض ۱/۲۰ متر به‌صورت پشته ایجاد شد. به‌منظور جلوگیری از رشد علف‌های هرز و تماس مستقیم میوه با خاک، روی پشته‌ها مالچ پلاستیکی کشیده شد. در اواخر پاییز (۱۴ آذر ماه) نشاهای توت‌فرنگی کاماروسا با فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر در چهار ردیف کشت شدند. بلافاصله پس از نشاء آبیاری صورت گرفت و به‌طور منظم تا پایان زمان برداشت ادامه یافت. در طول دوره رشد کودهای ماکرو و میکرو کامل بر اساس دستور شرکت تولیدی به‌صورت محلول‌پاشی (روش متداول منطقه) مصرف شد.

جدول ۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتیمتری خاک

Table 1. Physical and chemical analysis of the field soil (0-30 cm depth)

مس	روی	آهن	منگنز	پتاسیم	فسفر	نیتروژن	کربن آلی	شوری	اسیدیته	بافت خاک
Cu	Zn	Fe	Mn	K	P	N	O.C	EC	pH	Soil texture
								(ds/m)		
							%			
2.1	4.1	25.2	10.4	145	17.3	0.25	1.85	0.91	7.1	Si-C-L

تیمارهای مورد آزمایش شامل اسیدآمین پودری نوتری‌پرو (شرکت پروتئو، ساخت کشور ایتالیا) حاوی ۹۰ درصد اسیدآمین، ۳۹/۴ درصد کربن آلی و ۱۴ درصد نیتروژن، در غلظت‌های یک و دو گرم در لیتر، عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* (آکادین، ساخت کشور کانادا) حاوی ۴۵ درصد مواد آلی، ۱۷ درصد پتاسیم، ۰/۲ درصد فسفر و ۰/۷ درصد نیتروژن در غلظت‌های یک و دو گرم در لیتر و تیمار شاهد (بدون محلول‌پاشی) بودند و طی سه مرحله قبل از گلدهی، زمان گلدهی و تشکیل میوه (به‌فواصل ۱۰ روز) محلول‌پاشی شدند. پس از اینکه سه چهارم سطح میوه‌ها به رنگ قرمز تغییر یافت، برداشت میوه‌ها انجام شد. سپس میوه‌ها از نظر اندازه و یکنواختی تفکیک شدند و پس از حذف میوه‌های نرم، آسیب‌دیده و غیریکنواخت، میوه‌های سالم، هم‌اندازه و یکنواخت به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشکده تولید گیاهی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال یافتند. میوه‌ها در دمای 1 ± 0 درجه سلسیوس به مدت ۱۵ روز نگهداری شدند و ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی آن‌ها هر پنج روز یک‌بار تا روز پانزدهم انبارداری انجام شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیکی و بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی

پس از برداشت وزن میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل GF-300، ساخت کشور ایتالیا) با دقت ۰/۰۰۱ ثبت شد. به‌منظور اندازه‌گیری درصد کاهش وزن، در ابتدای آزمایش و طی دوره انبارداری وزن میوه‌ها در واحدهای آزمایشی اندازه‌گیری شد و تغییرات مزبور به‌صورت درصد کاهش وزن با استفاده از رابطه ۱ بیان گردید:

رابطه (۱): $100 \times \text{وزن اولیه} / (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}) = \text{درصد کاهش وزن}$

طول، قطر بزرگ و قطر کوچک میوه‌ها در زمان برداشت با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و بر حسب میلی‌متر ثبت شد.

برای اندازه‌گیری غلظت مواد جامد محلول میوه از دستگاه رفاکتومتر دیجیتال (مدل ABBE، ساخت شرکت CETi، کشور بلژیک) استفاده شد و غلظت بر حسب درصد بیان شد (Varasteh & Zamani, 2022).

pH عصاره میوه با استفاده از دستگاه pH متر دیجیتال (LABTRON PHT-110، ساخت کشور رومانی) قرائت گردید.

جهت تعیین اسیدیته قابل تیتراژ روش تیتراسیون با استفاده از سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH حدود ۸/۱ استفاده شد (Varasteh & Zamani, 2022).

به منظور استخراج قندهای محلول، ۴۰ میلی گرم از بافت تر میوه توت فرنگی به همراه ۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم (بن ماری) با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. پس از سانتریفیوژ و جداسازی فاز شفاف عمل استخراج چهار بار دیگر تکرار شد. در نهایت عصاره الکلی با حرارت ۷۰ یا ۱۰۰ درجه سلسیوس تغلیظ و حجم آن به یک پنجم حجم اولیه رسید. فاز آبی حاصل پس از سانتریفیوژ در ۱۰۰۰۰ g به مدت ۱۰ دقیقه جداسازی و برای اندازه گیری انواع قندهای محلول استفاده شد. قند کل توسط معرف آنترون در طول موج ۶۲۰ نانومتر و گلوکز در طول موج ۵۷۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (2800 UV/VIS، ساخت شرکت یونیکو، کشور آمریکا) با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر محاسبه شدند. فروکتوز، با قرائت جذب نمونه ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از منحنی استاندارد فروکتوز محاسبه و بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر بیان شد. جهت سنجش ساکارز نیز جذب نور نمونه ها در طول موج ۶۲۰ نانومتر ثبت شد و میزان ساکارز با استفاده از منحنی استاندارد مربوطه محاسبه و بر حسب میلی گرم در گرم وزن تر بیان گردید (Mirshekari et al., 2017).

ویتامین C با روش تیتراسیون با محلول ید اندازه گیری شد و مقدار ویتامین ث بر حسب میلی گرم در ۱۰۰ میلی لیتر آب میوه محاسبه گردید (Manolopoulou & Papadopoulou, 1998).

تعیین مقدار آنتوسیانین به روش Wanger (1979) صورت گرفت. عصاره شفاف میوه با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت و مقدار آنتوسیانین با استفاده از رابطه ۲ بر حسب میکرومول در گرم وزن تر میوه محاسبه شد.

$$\text{رابطه (۲): } A = \epsilon bc$$

در این رابطه A: مقدار جذب، ϵ : ضریب خاموشی معادل $3300 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ، b: عرض کووت اندازه گیری برابر ۱ سانتی متر، c: آنتوسیانین بر حسب مول بر گرم وزن تر می باشد.

فنول کل میوه با روش فولین سیوکالتیو اندازه گیری شد. جذب نمونه ها در طول موج ۷۶۰ نانومتر خوانده شد و فنول کل بر حسب میلی گرم اسید گالیک در گرم نمونه تازه محاسبه گردید (Slinkard & Singleton, 1977). سنجش فلاونوئید کل با روش رنگ سنجی آلومینیوم کلراید در طول موج ۴۱۵ نانومتر انجام شد و فلاونوئید کل بر حسب میلی گرم کوئرستین در گرم وزن تازه بیان شد (Chang et al., 2002).

فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره میوه توت فرنگی با روش درصد مهار رادیکال آزاد DPPH اندازه گیری و میزان جذب در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت و درصد فعالیت آنتی اکسیدانی از رابطه (۳) محاسبه گردید.

$$\text{فعالیت آنتی اکسیدانی (\%)} = (Ac - As) / Ac \times 100$$

رابطه (۳):

در این رابطه، Ac میزان جذب DPPH و As میزان جذب نمونه می باشد (Boudet, 2007).

واکاوی آماری

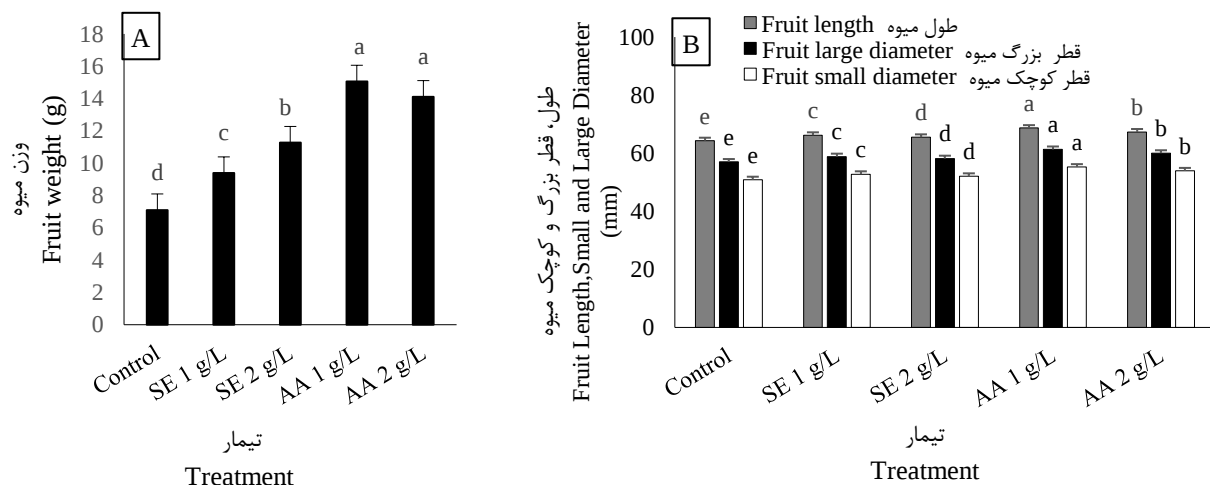
آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل با دو فاکتور محلول پاشی اسید آمینه و عصاره جلبک دریایی (در دو غلظت یک و دو گرم در لیتر) و زمان انبارداری (۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. واکاوی آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SAS و Excel انجام گرفت و مقایسه میانگین های هر صفت نیز با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد بررسی شد.

نتایج

ارزیابی صفات رشدی و عملکرد میوه

محلول پاشی برگی عصاره جلبک دریایی و اسید آمینه بر خصوصیات رشدی و عملکرد میوه توت فرنگی رقم کاماروسا (وزن، طول، قطر بزرگ و کوچک میوه) در سطح یک درصد اثر معنی داری داشت. نتایج مقایسه میانگین های مربوط به اثر تیمار بر وزن میوه نشان داد بیشترین میزان وزن میوه (۱۵/۰۶ گرم) مربوط به تیمار اسید آمینه یک گرم در لیتر بود که از لحاظ آماری با تیمار

اسیدآمین به دو گرم در لیتر اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین وزن میوه (۷/۰۹ گرم) مربوط به تیمار شاهد بود (شکل ۱-۱). همان‌طور که در شکل نشان داده شده است بیشترین طول (۶۸/۶۷ میلی‌متر)، قطر بزرگ (۶۱/۳۲ میلی‌متر) و قطر کوچک میوه (۵۵/۲۴ میلی‌متر) مربوط به تیمار اسیدآمین به یک گرم در لیتر بود، در حالی که تیمار شاهد کمترین طول، قطر بزرگ و کوچک میوه به ترتیب به میزان ۶۴/۳۴، ۵۶/۹۹ و ۵۰/۹۱ میلی‌متر را نشان داد (شکل ۱-۲).



شکل ۱- اثر کاربرد برگی اسیدآمین و عصاره جلبک دریایی بر وزن، طول و قطر میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا، A: وزن میوه، B: طول، قطر بزرگ و کوچک میوه. شاهد: بدون محلول‌پاشی، SE1، 2: عصاره جلبک دریایی در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر، AA1، 2: اسیدآمین در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 1. The effect of foliar application of amino acid and seaweed extract on Camarosa strawberry fruit weight, length, and diameter, A: Fruit weight, B: Fruit length, large and small diameter. Control: No treatment, SE 1 and 2 g L⁻¹: Seaweed extract concentration (1 and 2 g L⁻¹), AA 1 and 2 g L⁻¹: Amino acid concentration (1 and 2 g L⁻¹). Means with the same letter are not significantly different using the LSD test at $P \leq 0.05$.

ارزیابی صفات فیزیکی‌وشیمیایی و ترکیبات قندی میوه

تیمار محلول‌پاشی پیش از برداشت و زمان انبارداری در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی داشت و همان‌طور که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است درصد کاهش وزن میوه از روز اول تا روز پانزدهم انبارداری افزایش یافت. کاهش وزن در نمونه‌های محلول‌پاشی شده نسبت به شاهد کمتر بود. کمترین درصد کاهش وزن به ترتیب به میزان ۳ و ۳/۲ درصد در غلظت ۱ و ۲ گرم در لیتر اسیدآمین در روز پنجم مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت. بالاترین درصد کاهش وزن میوه (۲۱ درصد) در تیمار شاهد در روز پانزدهم انبارداری مشاهده شد.

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری نشان داد که pH میوه توت‌فرنگی طی انبارداری افزایش یافت و این افزایش با محلول‌پاشی یک و دو گرم در لیتر اسیدآمین به بیش‌تر از محلول‌پاشی جلبک دریایی است. بیشترین میزان pH در میوه‌های تیمارشده با یک گرم در لیتر اسیدآمین در روز دهم انبار مشاهده شد. نمونه‌های شاهد کمترین pH را نشان دادند (شکل ۲-۲).

مطابق شکل ۲-۳، مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی طی دوره انبارداری افزایش یافت و این افزایش تحت تیمار محلول‌پاشی با اسیدآمین به بیش‌تر از محلول‌پاشی با جلبک دریایی است. بیشترین میزان مواد جامد محلول (۱۴/۹۸ درصد) در میوه‌های

تیمارشده با یک گرم در لیتر اسیدآمین در روز دهم انبار مشاهده شد هر چند با روز پانزدهم و پنجم تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مواد جامد محلول (۱۰/۰۷ درصد) در تیمار شاهد در ابتدای انبارداری ثبت شد.

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به اثر متقابل تیمار و زمان انبارداری بر میزان اسیدیته قابل تیتر میوه نشان داد که در طی انبارداری اسیدیته قابل تیتر میوه در همه تیمارها و شاهد از روز اول تا روز پانزدهم انبارداری کاهش یافت و میزان کاهش با محلول‌پاشی یک و دو گرم در لیتر اسیدآمین بیشتر از محلول‌پاشی یک و دو گرم در لیتر جلبک دریایی است. به‌طوری‌که کمترین اسیدیته قابل تیتر میوه در محلول‌پاشی یک و دو گرم در لیتر اسیدآمین طی روزهای دهم و پانزدهم انبارداری ثبت شد. بیشترین اسیدیته در میوه‌های شاهد با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها مشاهده شد (شکل ۲-D).

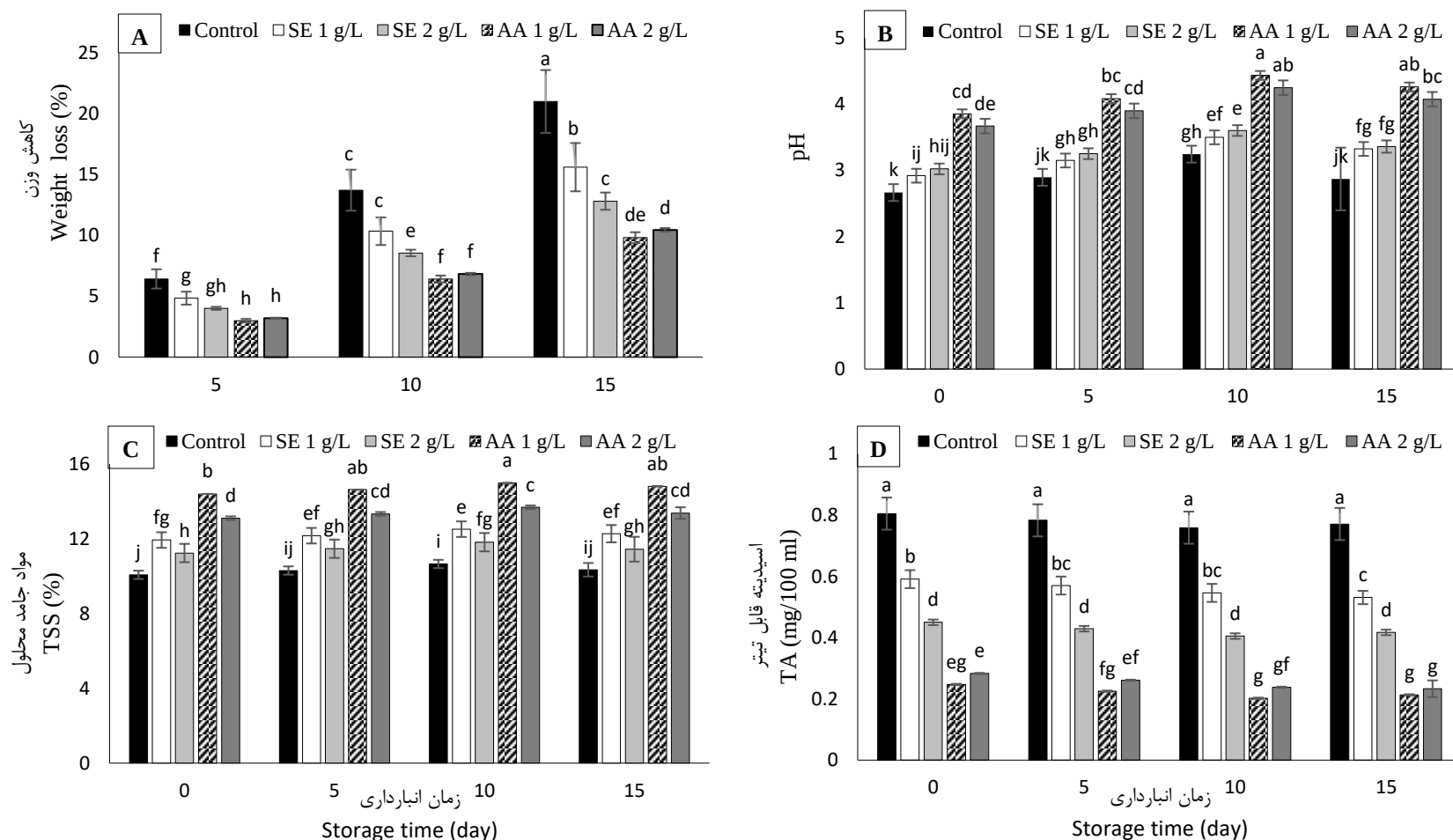
همانطور که در شکل ۳-A تا D نشان داده شده است میزان گلوکز، فروکتوز، ساکارز و قند کل میوه توت‌فرنگی طی انبارداری افزایش یافت و این افزایش با محلول‌پاشی اسیدآمین با اختلاف معنی‌داری بیش‌تر از محلول‌پاشی جلبک دریایی و شاهد بود. بیشترین میزان گلوکز، فروکتوز و ساکارز میوه به‌ترتیب به میزان ۳۴/۶، ۷/۷۶ و ۷/۸۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر در تیمار یک میلی‌گرم در لیتر اسیدآمین در روز دهم انبارداری ثبت شد هرچند با روزهای دیگر انبارداری تفاوت معنی‌داری نداشت. بالاترین قند کل (۷۵/۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) از میوه‌های تیمار شده با یک گرم در لیتر اسیدآمین در روز پانزدهم انبارداری بدست آمد که با سایر روزها تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین میزان گلوکز، فروکتوز، ساکارز و قند کل در تیمار شاهد مشاهده شد.

ارزیابی صفات بیوشیمیایی میوه

همانطور که در شکل ۴-A نشان داده شده است میزان ویتامین C میوه توت‌فرنگی طی دوره انبارداری کاهش یافت اما محلول‌پاشی با اسیدآمین محتوای ویتامین C میوه را نسبت به عصاره جلبک دریایی و تیمار شاهد بهتر حفظ نمود. بیشترین میزان ویتامین C (۱۶/۶۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) در غلظت یک گرم در لیتر اسیدآمین در روز پنجم انبارداری مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با روز اول (۱۶/۴۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) نداشت. کمترین میزان ویتامین C در تیمار شاهد در روز پانزدهم انبارداری (۱۱/۶۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب میوه) مشاهده شد.

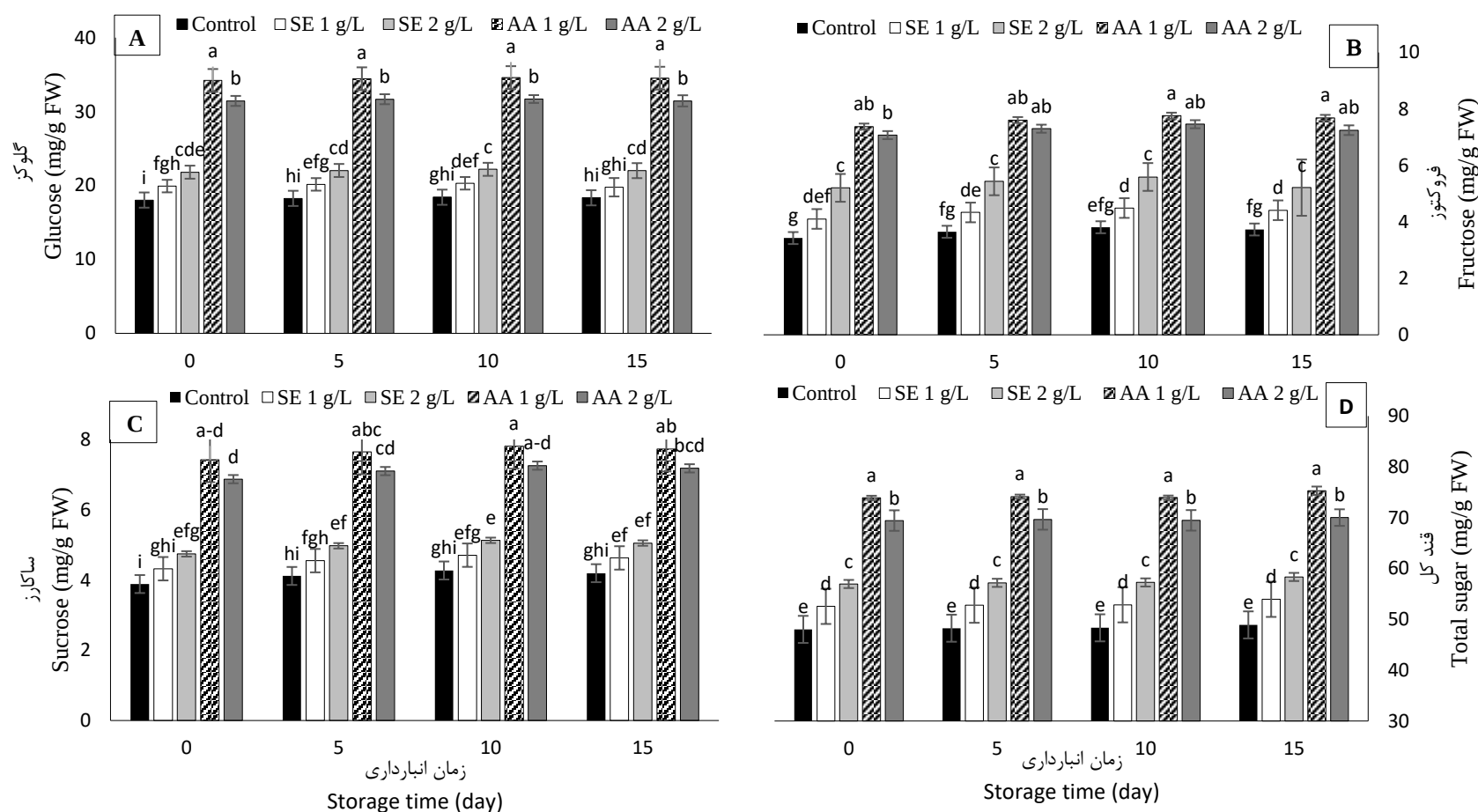
مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش تیمار و زمان انبارداری بر میزان آنتوسیانین میوه نشان داد که طی انبارداری محتوای آنتوسیانین میوه افزایش یافت و این افزایش در میوه‌های محلول‌پاشی شده با اسیدآمین با اختلاف معنی‌داری بیش‌تر از محلول‌پاشی جلبک دریایی و شاهد بود. به‌طور کلی بیشترین میزان آنتوسیانین میوه (۰/۲ میکرومول در گرم وزن تر) در تیمار یک گرم در لیتر اسیدآمین در روز دهم مشاهده شد که ۲/۳۵ برابر بیشتر از تیمار شاهد در روز پانزدهم (کمترین میزان آنتوسیانین) بود (شکل ۴-B).

مطابق شکل ۴-C، D و E، محتوای فنول کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه توت‌فرنگی طی دوره انبارداری کاهش یافت اما محلول‌پاشی میوه‌ها با اسیدآمین (به‌ویژه در غلظت ۱ گرم در لیتر) به‌طور معنی‌داری سبب حفظ و افزایش ترکیبات فوق در مقایسه با جلبک دریایی و شاهد شد. بیشترین محتوای فنول کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی (به ترتیب ۷/۴۸ و ۲/۱۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر و ۵۵/۰۶ درصد) در تیمار یک گرم در لیتر اسیدآمین در روز پنجم انبارداری مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر دوره‌های انبارداری نداشت. کمترین محتوای فنول کل در تیمار شاهد در روز دهم (۵/۷۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) و کمترین فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار شاهد در روز پانزدهم (به‌ترتیب ۱/۳۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر و ۲۲/۱۸ درصد) مشاهده شد.



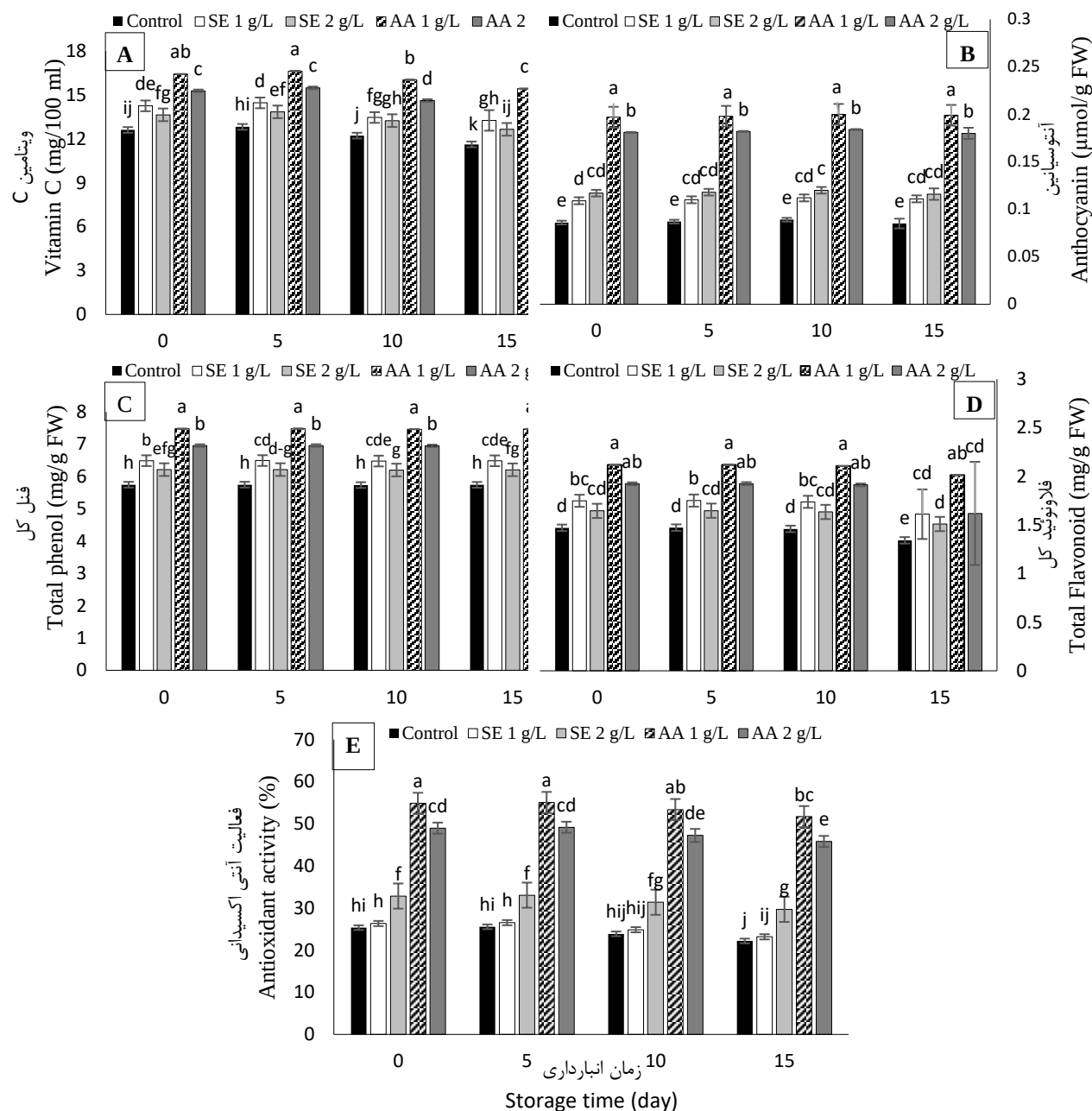
شکل ۲- اثر کاربرد برگری (اسیدآمینو و عصاره جلبک دریایی) و زمان انبارداری (روز ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵) بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه توت‌فرنگی. A: درصد کاهش وزن، B: pH میوه، C: مواد جامد محلول، D: اسیدیته قابل تیتر. شاهد: بدون محلول‌پاشی، SE 1، 2: عصاره جلبک دریایی در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر، AA 1، 2: اسیدآمینو در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 2. The effect of foliar application (amino acid and seaweed extract) and storage time (Day 0, 5, 10, and 15) on the physicochemical characteristics of strawberry fruit. A: Weight loss percent, B: pH, C: TSS, D: TA. Control: without spraying, SE 1 and 2 g L⁻¹: Seaweed extract at 1 and 2 g L⁻¹, AA 1 and 2 g L⁻¹: Amino acid at 1 and 2 g L⁻¹. Means with the same letter are not significantly different using the LSD test at $P \leq 0.05$.



شکل ۳- اثر کاربرد برگ (اسیدآمین و عصاره جلبک دریایی) و زمان انبارداری (روز ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵) بر ترکیبات قندی میوه توت‌فرنگی. A: گلوکز، B: فروکتوز، C: ساکارز، D: قند کل. شاهد: بدون محلول‌پاشی، SE 1، 2: عصاره جلبک دریایی در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر، AA 1، 2: اسیدآمین در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 3. The effect of foliar application (amino acid and seaweed extract) and storage time (Day 0, 5, 10 and 15) on the sugar compounds of strawberry fruit. A: Glucose, B: Fructose, C: Sucrose, D: Total sugar. Control: without spraying, SE 1 and 2 g L⁻¹: Seaweed extract at 1 and 2 g L⁻¹, AA 1 and 2 g L⁻¹: Amino acid at 1 and 2 g L⁻¹. Means with the same letter are not significantly different using the LSD test at $P \leq 0.05$.



شکل ۴- اثر کاربرد برگری (اسیدآمینه و عصاره جلبک دریایی) و زمان انبارداری (روز ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵) بر صفات بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی. A: ویتامین C، B: آنتوسیانین، C: فنول کل، D: فلاونوئید کل، E: فعالیت آنتی اکسیدانی. شاهد: بدون محلول‌پاشی، SE 1، 2: عصاره جلبک دریایی در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر، AA 1، 2: اسیدآمینه در غلظت ۱ و ۲ گرم بر لیتر. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Fig. 4. The effect of foliar application (amino acid and seaweed extract) and storage time (Day 0, 5, 10, and 15) on the sugar compounds of strawberry fruit. A: Vitamin C, B: Anthocyanin, C: Total phenol, D: Total Flavonoid, E: Antioxidant activity. Control: without spraying, SE 1 and 2 g L⁻¹: Seaweed extract at 1 and 2 g L⁻¹, AA 1 and 2 g L⁻¹: Amino acid at 1 and 2 g L⁻¹. Means with the same letter are not significantly different using the LSD test at $P \leq 0.05$.

بحث

بر اساس یافته‌های مطالعه حاضر، محلول‌پاشی با اسیدآمینه به‌ویژه در غلظت یک گرم در لیتر سبب افزایش وزن، طول، قطر بزرگ و کوچک میوه‌های توت‌فرنگی رقم کاماروسا شد. اسیدهای آمینه به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی، رشد و عملکرد گیاه تأثیر دارند (Faten et al., 2010) و با بهبود نفوذپذیری غشای سلولی، جذب و انتقال مواد مغذی را در سیستم آوندی تسهیل کرده، سرعت فتوسنتز را افزایش داده و در نتیجه سبب تجمع ماده خشک و افزایش سرعت رشد و کمیت و کیفیت محصول می‌شوند. به‌علاوه اسیدهای آمینه به‌عنوان منبع کربن و انرژی برای گیاه باعث بیوسنتز ترکیبات آلی مثل پروتئین، آمین‌ها، پورین‌ها، ویتامین‌ها و آنزیم‌ها شده و موجب افزایش رشد گیاه و عملکرد میوه می‌شود (Malakouti et al., 2008). تحقیقات مختلف نشان داده است که کاربرد اسیدهای آمینه سبب افزایش ویژگی‌های رشد و عملکرد در محصولات متعددی شده است. استفاده از پیش تیمار اسیدآمینه آرژنین باعث افزایش وزن میوه، وزن دانه و خواص شیمیایی میوه انبه شد (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2021). تیمار اسیدهای آمینه و نیتрат کلسیم سبب افزایش وزن میوه زردآلو رقم کانینو^۱ (Abd El Wahab, 2015) و توت‌فرنگی رقم پاروس^۲ (Mohseni et al., 2017) شده است. از آنجا که اسیدهای آمینه به سنتز هورمون‌های رشد مانند اکسین و سیتوکینین کمک می‌کنند، با افزایش تقسیم سلولی و رشد سلول، سبب افزایش رشد میوه نیز می‌شوند (Shafeek & Helmy, 2012). با افزایش غلظت اسیدآمینه، تعداد میوه در بوته نسبت به شاهد افزایش یافت. غلظت ۶ گرم در لیتر سبب افزایش قطر میوه نسبت به شاهد شد (Sadeghi Chah-Nasir et al., 2023). تیمارهای اسیدآمینه به‌صورت محلول‌پاشی برگی و خاکی هر دو سبب افزایش طول، عرض، حجم و وزن میوه هلو فلوریدا پرنس طی هر دو فصل مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد شدند (Abd El-Razek & Saleh, 2012). روندهای مشابهی در مورد تأثیر تیمارهای اسیدهای آمینه و محرک‌های زیستی بر طول، عرض، حجم و سفتی میوه در انگور رقم پرلت^۳ مشاهده شد (Khan et al., 2012). گزارش شده است محلول‌پاشی پیش از برداشت عصاره جلبک دریایی و اسیدهای آمینه سبب افزایش قابل توجه در شاخص‌های رشدی میوه، تشکیل میوه و عملکرد سیب رقم آنا^۴ شد (Mahmud et al., 2016). اثر مثبت عصاره جلبک دریایی بر میوه‌های توت‌فرنگی (Alam et al., 2013) و انگور (Norrie & Keathley, 2006) نیز گزارش شده است. محلول‌پاشی برگی جلبک دریایی طی دوره رشد رویشی میوه‌ها سبب افزایش اندازه، وزن و عملکرد میوه می‌شود که ممکن است به دلیل تأثیر مثبت عصاره جلبک دریایی بر سطوح درون‌زا محرک‌های رشد، مواد مغذی ماکرو و میکرو و کربوهیدرات‌ها باشد. افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با جلبک دریایی به تنظیم‌کننده‌های رشدی مانند اکسین، جیبرلین و به‌ویژه سیتوکینین‌ها نیز مرتبط است (Prasad et al., 2010; Mahmud et al., 2016).

در این پژوهش با گذشت زمان انبارمانی با افزایش ازدست‌دهی رطوبت میوه‌ها، وزن آن‌ها کاهش یافت. کاهش وزن نمونه‌ها در طول مدت انبارداری به دلیل اختلاف فشار بخار آب، میان نمونه‌ها با محیط در برگیرنده آن‌هاست که موجب خروج آب میان بافتی به فضای اطراف نمونه می‌گردد. از طرف دیگر در اثر فرآیند تنفس مواد ذخیره‌ای درون بافت‌های محصولات انبارشده مورد سوخت‌وساز قرار می‌گیرد تا بتواند انرژی مورد نیاز خود را تأمین نماید. در نتیجه کاهش وزن نمونه به دلیل آب از دست‌دهی و کاهش مواد ذخیره‌ای طی فرآیند تعرق و تنفس می‌باشد (Varasteh & Zamani, 2022). تیمار اسیدآمینه سبب حفظ رطوبت میوه‌ها شد که با نتایج Pakkish و Mohammadrezakhani (2022) همسو بود. آن‌ها بیان کردند با افزایش زمان انبارداری درصد کاهش وزن میوه‌های گیلان افزایش یافت اما میوه‌های تیمار شده با اسیدآمینه آرژنین در غلظت ۴۰۰ میکرومولار کمترین درصد کاهش وزن را به‌ویژه در روزهای ابتدایی انبار دارا بودند. بیشترین درصد کاهش وزن در میوه‌های بدون تیمار (شاهد) مشاهده شد. محلول‌پاشی پیش از برداشت میوه توت‌فرنگی با اسیدهای آمینه نیز سبب حفظ وزن میوه در طول انبار شد و کمترین درصد کاهش وزن در تیمار آرژنین ۵۰۰ میکرومولار در رقم گاویتا مشاهده شد. آرژنین اسیدآمینه موثر و به‌عنوان پیش‌ماده پلی‌آمین‌ها، سبب

بهبود پارامترهای کیفی، از جمله سفتی میوه شد و با سفت شدن دیواره سلولی کاهش وزن کمتری در میوه‌ها مشاهده می‌شود (Bidaki et al., 2018).

در پژوهش حاضر، میزان pH میوه توت‌فرنگی طی انبارمانی افزایش یافت که با مطالعات دیگر نیز مطابقت داشت (Nazoori & Gheysarbigi, 2019; Nazoori et al., 2020). تغییرات pH عصاره میوه در زمان رسیدن ناشی از نشت اسیدهای آلی از واکوئل‌ها به سیتوپلاسم سلولی است. همچنین در اثر رسیدن بیش از حد میوه، pH عصاره افزایش یافته و از اسیدی به قلیایی تبدیل می‌شود (Pelayo et al., 2003). گزارش شده است که افزایش مقدار pH عصاره میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا در طول دوره انبارداری در ارتباط با کاهش میزان اسیدیته قابل تیترا بود (Safa Eynalladin & Hajilou, 2017). افزایش pH میوه طی انبارمانی ممکن است به علت شکسته شدن و تجزیه اسیدهای آلی در فرآیند تنفس باشد و برخی تیمارها می‌توانند با کاهش تنفس و کند کردن فرایندهای متابولیکی سلول تا حدودی از کاهش اسیدهای آلی جلوگیری کنند (Ghasemnezhad & Shiri, 2010). گزارش شده است میوه‌های گوجه‌فرنگی تیمار شده با غلظت ۶ گرم بر لیتر اسیدآمینه میزان pH بیشتری نسبت به شاهد داشتند (Sadeghi Chah-Nasir et al., 2023). در میوه انبه نیز میزان pH به‌طور قابل توجهی طی تیمار با اسیدآمینه آرژنین افزایش یافت. کاربرد آرژنین در غلظت ۴۰۰ میکرومولار بیشترین تأثیر را بر pH نشان داد (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2021).

افزایش میزان مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی در طول دوره انبارداری در این آزمایش با پژوهش‌های پیشین مطابقت دارد که می‌تواند به کاهش وزن ناشی از تبخیر آب میوه مرتبط باشد که به نوبه خود باعث افزایش غلظت مواد جامد محلول می‌شود. به‌علاوه حل شدن ترکیبات تشکیل دهنده دیواره سلولی، شکسته شدن پلی‌ساکاریدها و تبدیل آن به ترکیبات ساده‌تر، تبدیل اسیدهای آلی به قندها طی فرآیندهای تنفس، رسیدن و پیری می‌تواند دلیل افزایش میزان مواد جامد محلول باشد (Meighani et al., 2019; Nazoori & Gheysarbigi, 2018). گزارش شده است تیمار با اسیدآمینه سبب افزایش مواد جامد محلول میوه‌های گوجه‌فرنگی نسبت به میوه‌های شاهد شد (Sadeghi Chah-Nasir et al., 2023). در مطالعه‌ای بر روی گیلاس (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2022) و انبه (Mohammadrezakhani, 2022) و این افزایش در میوه‌های تیمار شده با اسیدآمینه آرژنین ۴۰۰ میکرومولار بیشتر از شاهد بود. در میوه توت‌فرنگی نیز اسیدآمینه سبب افزایش مواد جامد محلول شد و در تیمار آلانین، آرژنین و گلوتامین ۱۰۰۰ میکرومولار بیشترین مواد جامد محلول مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (Bidaki et al., 2018). گلوتامین، اسیدآمینه مهم در چرخه‌های متابولیک، همچون چرخه‌های متابولیسم کربن و نیتروژن گیاهان است و همچنین سبب تجمع قند و پروتئین‌ها در گیاه می‌شود (Bidaki et al., 2018). استفاده از آمینواسیدها روی زردآلو (Abd El Wahab, 2015) و هلو (Abd El-Razek & Saleh, 2012) به‌طور قابل توجهی مواد جامد محلول را بهبود بخشید. در میوه سیب، محلول‌پاشی با عصاره جلبک دریایی و اسیدآمینه سبب افزایش معنی‌داری در درصد مواد جامد محلول طی دو فصل شد. از سوی دیگر، شاهد کمترین مقدار مواد جامد محلول را در فصل اول و دوم (۱۲/۸۷ و ۱۱/۵۳ درصد) نشان داد (Mahmud et al., 2016). افزایش مواد جامد محلول ممکن است با آنزیم‌هایی مرتبط باشد که در عصاره جلبک دریایی وجود دارند که سنتز پروتئین‌ها، اسیدها و قندهای مختلف را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، ممکن است به دلیل تکمیل هیدرولیز نشاسته میوه باشد (Mahmud et al., 2016).

نقش اسیدهای آلی در بهبود ویژگی‌های کیفی میوه‌ها احتمالاً ناشی از تأثیرات مثبت آن‌ها بر جذب مواد مغذی، راندمان حمل و نقل و همچنین افزایش محتوای کلروفیل و راندمان فتوسنتزی است (Sadeghi Chah-Nasir et al., 2023). مقدار اسیدهای آلی در هنگام رسیدن محصول و یا در دوران پس از برداشت کاهش می‌یابد که این امر در ارتباط با سرعت تنفس میوه‌ها و استفاده از اسید آلی در واکنش‌های آنزیمی تنفس و یا تبدیل آن‌ها به قند است (Takahashi & Kakehi, 2010). مشابه نتایج فعلی، گزارش شده است که با افزایش دوره انبارداری میوه‌های توت‌فرنگی، میزان اسیدیته قابل تیترا میوه کاهش یافت (Meighani et al., 2018; Habibi et al., 2021). همچنین گزارش شده است با افزایش دوره نگهداری تا پایان دوره نگهداری ۲۸ روز، اسیدیته میوه زردآلو به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (Abd El Wahab, 2015). مطابق با پژوهش حاضر در پژوهشی که روی هلو انجام شد نتایج

نشان داد نمونه‌های محلول‌پاشی شده با اسیدهای آمینه، اسیدیته کمتری نسبت به شاهد داشتند (Abd El-Razek & Saleh, 2012). Pakkish و Mohammadrezakhani (2021) در مطالعه خود بیان کردند مقدار اسیدهای قابل تیتر میوه گیلان تحت تیمار محلول‌پاشی با اسید آمینه آرژنین افزایش یافت و بیشترین میزان در میوه‌های تیمار شده با آرژنین ۴۰۰ میکرومولار و کمترین میزان در میوه‌های شاهد مشاهده شد. همچنین محلول‌پاشی اسیدهای آمینه مخلوط باعث افزایش اسیدیته در انگور پرلت شد (Khan et al., 2012). این نتایج با مشاهدات ما مغایرت داشت.

در این مطالعه محتوای ترکیبات قندی میوه با افزایش دوره نگهداری افزایش یافت که با نتایج مشاهداتی روی میوه زردآلو (Abd El Wahab, 2015) و انبه (Karemera & Habimana, 2014) مطابقت داشت. افزایش میزان مواد جامد محلول (TSS) با افزایش قند کل ارتباط مستقیم دارد (Karemera & Habimana, 2014). در میوه خرما بیشترین درصد قند احیا (۶۳/۲۵) در پاسخ به تیمار ترکیبی اسیدهای آمینه و جلبک دریایی و ریزمغذی‌ها مشاهده شد که تفاوت قابل توجهی نسبت به شاهد داشت. معمولاً میزان قندهای احیا در مرحله رسیدن میوه از تمام مراحل رشد بیشتر است زیرا با بالغ شدن میوه (پیری)، سرعت تنفس و متابولیسم افزایش می‌یابد. اسیدهای آمینه بر میزان آنزیم‌های تجزیه کننده مانند پکتیناز، پلی‌گالاکتروناز و غیره تأثیر می‌گذارند. این آنزیم‌ها اسیدهای آمینه و اسیدهای آلی را به قند تبدیل می‌کنند و در نتیجه میزان قند را افزایش می‌دهند (Hatami et al., 2023). Hassanzadeh و همکاران (2015) اثر مثبت اسیدهای آمینه را بر افزایش قند انار گزارش کردند. گزارش شده است آسپاراژین و گلوتامین به عنوان اسیدهای آمینه مهم در چرخه‌های متابولیک همچون چرخه‌های متابولیسم کربن و نیتروژن گیاهان هستند که سبب تجمع قندها و پروتئین‌ها در گیاه می‌شوند (Sunarpi et al., 2010). بر اساس نتایج Sunarpi و همکاران (2010)، استفاده از عصاره جلبک دریایی به دلیل وجود آمینوبوتیرات، گلیسین بتائین و بتائین موجب تحریک فتوسنتز و تولید بهتر قند و نشاسته می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

همانطور که اشاره شد با گذشت زمان انبارمانی، میزان ویتامین C میوه توت‌فرنگی کاهش یافت که این کاهش ممکن است به عملکرد ویتامین C اکسیداز مرتبط باشد که ویتامین C را به دهیدروآسکوربات و همچنین فنول اکسیداز تبدیل می‌کند (Suseno et al., 2014). افزایش pH توسط فعالیت آنزیمی یکی دیگر از دلایل کاهش محتوای ویتامین C است. برخی از محققان فرآیندهای اکسیداتیو را عامل تخریب ویتامین C در بافت‌های میوه می‌دانند و دریافته‌اند که این فرآیندها در حضور نور، اکسیژن، گرما و آنزیم‌های اکسید کننده تسریع می‌شوند (Plaza et al., 2004). افزون بر آن، تغییر میزان آسکوربیک اسید تحت اثر تغییر در بیان ژن‌ها و فعالیت آنزیم‌های مسیر سوخت‌وساز آن قرار دارد. ممکن است تحت تأثیر بروز تنش اکسایشی مرتبط با نگهداری پس از برداشت محصول و در پاسخ به آن، زیست‌ساخت آسکوربیک اسید به عنوان عامل پاداکسنده غیر آنزیمی تشدید شود و در فرایند مقابله با تنش اکسایشی نقش ایفا کند (Taghipour & Assar, 2022). مشابه نتایج بدست آمده، Meighani و همکاران (2018) گزارش کردند که میوه توت‌فرنگی رقم پاروس در زمان برداشت حاوی ۷۲/۳۷ میلی گرم در ۱۰۰ گرم آسکوربیک اسید بود که در طول مدت انبارداری میزان آن در همه تیمارها کاهش یافت. در میوه زردآلو نیز میزان ویتامین C میوه به تدریج و با پیشرفت انبارداری به طور معنی‌داری کاهش یافته و در پایان دوره نگهداری در مقایسه با میوه در زمان برداشت به کمترین میزان رسیده است (Abd El Wahab, 2015). در این پژوهش، محلول‌پاشی اسید آمینه، محتوای ویتامین C را نسبت به تیمار عصاره جلبک دریایی و شاهد بهتر حفظ نمود. در مطالعات پیشین نیز اثر مثبت برخی تیمارهای پیش از برداشت مانند اسیدهای آمینه بر حفظ و افزایش محتوای ویتامین C در طول انبارداری گزارش شده است. اسید آمینه در غلظت ۲ گرم بر لیتر سبب افزایش معنی‌داری در میزان ویتامین C میوه گوجه‌فرنگی نسبت به شاهد شد (Sadeghi Chah-Nasir et al., 2023). کاربرد اسیدهای آمینه همچنین بر افزایش میزان ویتامین C میوه انار موثر بود (Jalili Moghadam et al., 2019). اسیدهای آمینه در چرخه‌های بیولوژیک مانند تولید سیتریک اسید و آسکوربیک اسید مؤثر می‌باشند. میوه‌های گیلان تیمار شده با آرژنین ۴۰۰ میکرومولار مقدار ویتامین C بیشتری در مقایسه با شاهد داشتند (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2021). این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت داشت. از دلایل افزایش آسکوربیک اسید با کاربرد ترکیبات آلی می‌توان به دسترسی هرچه بهتر و آسان‌تر گیاهان به عناصر غذایی اشاره کرد.

اسید هیومیک با افزایش محتوای فسفر و پتاسیم سبب افزایش درصد آسکوربیک اسید میوه توت‌فرنگی رقم پاروس شده است (Eshghi & Garazhian, 2015). Spinelli و همکاران (2010) گزارش کردند که عصاره جلبک دریایی سبب افزایش میزان کلروفیل و در نتیجه سبب افزایش میزان ویتامین C و آنتوسیانین توت‌فرنگی شده است.

در این پژوهش محلول پاشی اسید آمینه سبب افزایش قابل توجهی در محتوای آنتوسیانین میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا شد. عوامل مختلفی مانند دما، اکسیژن، آسکوربیک اسید، pH، یون‌های فلزی، قندها و تجزیه آنتوسیانین بر سرعت تشکیل و یا تخریب آن مؤثرند (Jalili Moghadam *et al.*, 2019). افزایش آنتوسیانین در شرایط پس از برداشت در توت‌فرنگی (Petriccione *et al.*, 2015)، انار (Meighani *et al.*, 2015) و گیلان (Goncalves *et al.*, 2007) قبلاً گزارش شده است. این افزایش می‌تواند نتیجه بیوسنتز آنتوسیانین‌ها در شرایط پس از برداشت و یا از دست رفتن آب از این میوه‌ها و افزایش غلظت آنتوسیانین میوه باشد (Meighani *et al.*, 2018). در میوه گوجه‌فرنگی، غلظت ۲ و ۶ گرم در لیتر اسید آمینه و همچنین ۳ گرم در لیتر اسید هیومیک منجر به افزایش میزان آنتوسیانین میوه نسبت به شاهد شد (Sadeghi Chah- Nasir *et al.*, 2023). همچنین گزارش شده است میزان آنتوسیانین میوه‌های تیمار شده با افزایش غلظت اسید آمینه آرژنین در مقایسه با میوه‌های شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و بیشترین مقدار آنتوسیانین در میوه‌های انبه تیمار شده با ۴۰۰ میکرومولار آرژنین مشاهده شد (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2021). تیمار اسیدهای آمینه و پیتون موجب افزایش میزان آنتوسیانین‌ها در میوه‌های انار رقم ملس شده است (Jalili Moghadam *et al.*, 2019). کاربرد اسیدهای آمینه با تأثیر بر جذب پتاسیم موجب افزایش میزان آنتوسیانین‌ها در میوه‌های انار رقم نادری شده است (Hassanzadeh *et al.*, 2015). بیشترین میزان آنتوسیانین در میوه توت‌فرنگی رقم گاویتا تیمار شده با گلوتامین ۵۰۰ میکرومولار بدست آمد (Bidaki *et al.*, 2018).

با توجه به نتایج بدست آمده، محتوای فنول کل، فلاونوئید کل و فعالیت آنتی اکسیدانی میوه توت‌فرنگی طی دوره انبارداری کاهش یافت اما محلول پاشی با اسید آمینه به‌طور معنی‌داری سبب حفظ و افزایش این ترکیبات شد. طبق گزارشی در میوه توت‌فرنگی، میزان فنول و فلاونوئید کل با افزایش مدت انبارداری در همه تیمارها به تدریج کاهش یافت (Meighani *et al.*, 2018). با طولانی شدن دوره نگهداری کاهش معنی‌داری در محتوای فنول کل زردآلو مشاهده شد (Abd El Wahab, 2015). کاهش ترکیبات فنولی می‌تواند به دلیل آزادسازی آنزیم‌های پلی فنول اکسیداز (PPO) باشد که سبب تخریب ترکیبات فنولیک (TPC) در میوه می‌شوند. علاوه بر این، کاهش TPC می‌تواند به دلیل تخریب ساختار سلولی در مرحله پیری میوه باشد (Nguyen & Nguyen, 2021). میزان فنول میوه‌ها و سبزی‌ها پس از برداشت می‌تواند کاهش یا افزایش یابد که بستگی زیادی به نوع تیمار و شرایط انبار دارد (Varasteh & Zamani, 2019). اسیدهای آمینه مختلف علاوه بر اثرگذاری بر رشد و نمو بر تحریک تولید متابولیت‌های ثانویه نیز مؤثرند (Sheteawi & Tawfik, 2007). تیمار پیش از برداشت توت‌فرنگی با اسید آمینه سبب افزایش معنی‌داری در فنول، فلاونوئید و فعالیت آنتی اکسیدانی میوه شد (Bidaki *et al.*, 2018). در میوه انبه بیشترین فنول کل در میوه‌های تیمار شده با ۴۰۰ میکرومولار آرژنین مشاهده شد (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2021). استفاده از تیمار ترکیبی اسید آمینه و جلبک دریایی و ریزمغذی‌ها سبب افزایش محتوای فنول کل و فلاونوئید کل میوه خرما در مقایسه با تیمار شاهد شد. با افزایش ترکیبات فنولی و فلاونوئیدها، خواص آنتی اکسیدانی میوه خرما نیز افزایش یافته است. سطح ترکیبات فنولی در گیاهان معمولاً به نوع ماده غذایی، تولید پروتئین، فتوسنتز و فعالیت آنزیمی بستگی دارد (Hatami *et al.*, 2023). جلبک دریایی سبب فعال شدن متابولیت‌های ثانویه گیاهان می‌شود و اثبات شده است که دارای طیف گسترده‌ای از آنتی اکسیدان‌های فنولی و فلاونوئیدی می‌باشند (Kong *et al.*, 2009). طبق مشاهدات Pakkish و Mohammadrezakhani (2021) میوه‌های انبه تیمار شده با ۴۰۰ میکرومولار آرژنین ظرفیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به میوه‌های شاهد در هر دو مرحله محلول پاشی داشتند. همچنین با افزایش غلظت آرژنین، ظرفیت آنتی اکسیدانی در مرحله ۱ در میوه انبه افزایش یافت. در این مطالعه کاربرد آرژنین باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز شد و کاربرد ۴۰۰ میکرومولار آرژنین بیشترین تأثیر مثبت را بر فعالیت این آنزیم‌ها داشت. افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی میوه‌های تیمار شده با اسیدهای آمینه و پیتون به دلیل وجود ترکیبات فنولی بیشتر در

این میوه‌ها بود. بر اساس نتایج پیشین میزان فنول کل با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رابطه مثبت دارد (Jalili Moghadam et al., 2019). درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه خرما تحت تیمار با اسیدآمینه جلبک دریایی و تیمارهای ترکیبی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت (Hatami et al., 2023). مطالعات نشان می‌دهد که پلی‌ساکاریدهای سولفات‌ها در جلبک‌های دریایی قابلیت آنتی‌اکسیدانی قابل ملاحظه‌ای دارند. این ترکیبات باعث القاء پاسخ‌های دفاعی در گیاهان می‌شود. لامینارین موجود در عصاره جلبک دریایی به دلیل تحریک تولید تنظیم‌کننده مهم رشد و ترکیبات ضدقارچی فیتوالکسین و تولید آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند کیتیناز و گلوکاناز روی سیستم دفاعی گیاهان تاثیر مثبتی می‌گذارد که در این مورد می‌توان محافظت از گیاه را از نقش‌های مهم عصاره جلبک دریایی دانست (Cai et al., 2006). Cho و همکاران (2011) بیان کردند که، جلبک‌های دریایی نیز به‌عنوان منابع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های مختلف مثل پلی‌فنول‌ها هستند که می‌توانند نقش مهمی در پیشگیری از اکسیداسیون به عمل آورند.

نتیجه‌گیری

میوه توت‌فرنگی به‌عنوان یک محصول مهم باغی، مورد توجه کشاورزان و مصرف‌کنندگان است. بنابراین باید از نظر اندازه، طعم و رنگ که از مهم‌ترین فاکتورهای کیفی میوه در افزایش بازارپسندی و جذب مشتری است در حد بهینه باشند. با توجه به اینکه رقم کاماروسا یکی از ارقام توت‌فرنگی با ویژگی‌های مطلوب بوته و میوه در سطح وسیع در کشور مورد کشت و کار قرار می‌گیرد بنابراین استفاده از ترکیباتی با منشأ آلی برای ارتقای خصوصیات کمی و کیفی میوه و تولید محصولی سالم لازم است. استفاده از تیمارهای اسیدآمینه و عصاره جلبک دریایی در این پژوهش، سبب بهبود صفات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی شد. عملکرد میوه و همچنین صفات فیزیکی‌وشیمیایی و بیوشیمیایی میوه تحت تاثیر تیمارهای فوق تغییرات معنی‌داری نشان داد. به‌طور کلی، توت‌فرنگی‌های محلول‌پاشی شده با اسیدآمینه از خصوصیات کیفی بالاتری طی انبارداری برخوردار بودند و این تیمار ضمن حفظ رطوبت میوه سبب افزایش میزان مواد جامد محلول، ترکیبات قندی، ویتامین‌ث، آنتوسیانین، فنول، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها شد. در نهایت با توجه به نتایج پژوهش حاضر کاربرد یک گرم در لیتر اسیدآمینه در حفظ و ارتقای کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم کاماروسا بیشترین تاثیر را داشت.

References

منابع

- Abd El Wahab, S.M. (2015). Apricot postharvest fruit quality, storability and marketing in response to pre harvest application. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 4(2), 347-358.
- Abd El-Razek, E., & Saleh, M. M. S. (2012). Improve productivity and fruit quality of Florida Prince peach trees using foliar and soil applications of amino acids. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 12(8), 1165-1172.
- Alam, M. Z., Braun, G., Norrie, J., & Hodges, D. M. (2013). Effect of *Ascochylla* extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Canadian Journal of Plant Science*, 93, 23-36.
- Bidaki, S., Tehranifar, A., & Khorassani, R. (2018). Post-harvest shelf-life extension of fruits of two strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cultivars with amino acids application in soilless culture system. *Journal of Plant Interactions*, 9(2), 1-10. (In Persian)
- Boudet, A. M. (2007). Evolution and current status of research in phenolic compounds. *Phytochemistry*, 68, 2722-2735.
- Cai, Y. Z., Sun, M., Xing, J., Luo, Q., & Corke, H. (2006). Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Science*, 28, 72-88.
- 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, 178-182.
- Cho, M., Lee, H. S., Kang, I. J., Won, M. H., & You, S. (2011). Antioxidant properties of extract and fractions from *Enteromorpha prolifera*, a type of green seaweed. *Food Chemistry*, 127, 999-1006.
- Eshghi, S., & Garazhian, M. (2015). Improving growth, yield and fruit quality of strawberry by foliar and soil drench applications of humic acid. *Iran Agricultural Research*, 34(1), 14-20.
- Faten, S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A., & Mahmoud, A.R. (2010). Effect of foliar application of amino acids as antioxidants on growth, yield, and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*, 6(5), 583-588.

- Ghasemnezhad, M., & Shiri, M. A. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(1), 25-33.
- Goncalves, B., Silva, A.P., MoutinhoPereira, J., Bacelar, E., Rosa, E., & Meyer, A.S. (2007). Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). *Food Chemistry*, 103, 976-984.
- Habibi, F., Guillén, F., Serrano, M., & Valero, D. (2021). Physicochemical changes, peel colour, and juice attributes of blood orange cultivars stored at different temperatures. *Horticulturae*, 7(9), 320.
- Hassanzadeh, S., Habibi, F., & Amiri, M. E. (2015). Assessment of foliar application of amino-acid fertilizer of AminolForte on physiological and biochemical reactions of pomegranate c.v. Naderi under drought stress condition. *The Journal of Horticultural Sciences*, 29(3), 459-465. (In Persian)
- Hatami, A., Aboutalebi Jahromi, A. H., Ejraei, A. H., Mohammadi Jahromi, S. A. H., & Hassanzadeh Khankahdani, H. (2023). Study of biochemical traits and mineral elements in date palm fruits under preharvest foliar application of organic fertilizers and micronutrients. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(2), 125-140.
- Hernández-Herrera, R.M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., & Hernández-Carmona, G. (2014). Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Applied Phycology*, 26, 619-628.
- Jalili Moghadam, Z., Kalantari, S., Hasanpoor Estahbanati, A.GH., & Valero Garrido, D. (2019). Effect of amino acids and pepton foliar applications on quality and storage life of pomegranate fruit cv. Malas-e- Save. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(3), 527-537. (In Persian)
- Karemera, N.J., & Habimana, U. (2014). Effect of pre-harvest calcium chloride on post-harvest behavior of Mango fruits (*Mangifera indica* L.) cv. Alphonso. *Universal Journal of Agricultural Research*, 2(3), 119- 125.
- Khan, A. S., Ahmad, B. M. J., and Ahmad, R. (2012). Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physico-chemical properties of grapes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(3), 383-388.
- Kong, C. S., Kim, J. A., Yoon, N. Y., & Kin, S. K. (2009). Induction of apoptosis by phloroglucinol derivative from *Ecklonia cava* in MCF-7 human breast cancer cell. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 3-8.
- Mahmud, T. SH. M., Shaaban, F. K. M., Morsey, M. M., & El-Naggar, M. Y. I. (2016). Study on the effect of pre-harvest treatments by seaweed extract and amino acids on anna apple growth, leaf mineral content, yield, fruit quality at harvest and storability. *International Journal of ChemTech Research*, 9(5), 161-171.
- Malakouti, M. J., Bybordi, A., Lotfollahi, M., Shahabi, A. A., Siavoshi, K., Vakil, R., Ghaderi, J., Shahabifar, J., Majidi, A.R. Jafarnajadi, F. Dehghani, M.H. Keshavarz, M. Ghasemzadeh, R. Ghanbargouri, M. Dashadi, M. Babaakbari, A., & Zaynalifard, N. (2008). Comparison of complete and sulfur-coated urea fertilizers with preplant urea in increasing grain yield and nitrogen use efficiency in wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 10, 173-183.
- Manolopoulou, H., & Papadopoulou, P. (1998). A study of respiratory and physico-chemical change of four Kiwifruit cultivars during cold storage. *Food Chemistry*, 63, 529-534.
- Meighani, H., Boroomand, N., & Moghbeli, E. (2018). Effect of chitosan coating and CaCl_2 on maintaining postharvest quality and antioxidant compound of strawberry fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 76(15), 307-317.
- Meighani, H., Ghasemnezhad, M., & Bakhshi, D. (2015). Effect of different coatings on post-harvest quality and bioactive compounds of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4507-4514.
- Mirshekari, M., Einali, A. R., & Valizadeh, J. (2017). Physiological and biochemical responses of Hibiscus sabdariffa to drought stress in the presence of salicylic acid. *Iranian Journal of Plant Biology*, 9(32), 21-38. (In Persian)
- Mohseni, F., Pakkish, Z., & Panahi, B. (2017). Arginine impact on yield and fruit qualitative characteristics of strawberry. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 82(1), 19-26.
- Nazoori, F., Poraziz, S., Mirdehghan, S. H., Esmailizadeh, M., & ZamaniBahramabadi, E. (2020). Improving shelf life of strawberry through application of sodium alginate and ascorbic acid coatings. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 7(3), 279-293.
- Nazoori, F., & Gheysarbigi, SH. (2019). Effect of calcium chloride and salicylic acid on quantitative and qualitative features of strawberry fruit CV. Gavita. *Journal of Food Science and Technology*, 85(15), 49-59.
- Nguyen, V. T. B., & Nguyen, H. V. H. (2021). Postharvest quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) coated with calcium and nano-chitosan as affected by different storage temperatures. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, 4(4), 413-426.
- Norrie, J., & Keathley, J. (2006). Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to 'Thompson seedless' grape production. *Acta Horticulturae*, 727, 243-245.

- Pakkish, Z., & Mohammadrezakhani, S. (2022). The Effect of preharvest application of arginine on the postharvest quality of sweet cherry fruits during storage. *International Journal of Fruit Science*, 22(1), 837-851.
- Pakkish, Z., & Mohammadrezakhani, S. (2021). Quality characteristics and antioxidant activity of the mango (*Mangifera indica*) fruit under arginine treatment. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 11(1), 63-74.
- Pelayo, C., Ebeler, S. E., & Kader, A. A. (2003). Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air+20KPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology*, 27, 171-183.
- Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M. S., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G., & Scortichini, M. (2015). Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*, 4, 501-523.
- Plaza, P., Torres, R., Usall, J., Lamarca, N., & Vinas, I. (2004). Evaluation of the potential of commercial post-harvest application of essential oils to control citrus decay. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79, 935-940.
- Prasad, K., Das, M. D., Oza, H., Brahmabhatt, A. K., Siddhanta, R., Meena, K., Eswaran, M. R., Rajyaguru, A., & Ghosh, P. K. (2010). Detection and quantification of some plant growth regulators in a seaweed-based foliar spray employing a mass spectrometric technique sans chromatographic separation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 4594-4601.
- Sadeghi Chah-Nasir, A., Aboutalebi Jahromi, A. H., Behrooznam, B., Hassanzadeh Khankahdani, H., & Ejraei, A. H. (2023). Effect of humic acid and amino acid foliar applications on the growth characteristics, yield, and fruit quality of tomato (*Solanum lycopersicom* L.). *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 10(3), 309-318.
- Safa Eynalladin, M., & Hajilou, J. (2017). Effect of post-harvest application of methyl jasmonat on qualitative traits and storage life of strawberry cv. 'Camarosa'. *Journal of Food Research*, 26(2), 277-288. (In Persian)
- Shafeek, M., & Helmy, M. S. (2012). Response of onion plants to foliar application of sources and levels of some amino acid under sandy soil conditions. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(11), 5521-5527.
- Sheteawi, S. A., & Tawfik, K. M. (2007). Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on Mungbeen (*Vigna radiat*) growth and yield. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(3), 251-262.
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49-55.
- Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., & Costa, G. (2009). A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*, 125(3), 263-269.
- Sunarpi, A., Kurnianingsih, R., Julisaniah, N. I., & Nikmatullah, A. (2010). Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nusantara Bioscience*, 2(2), 73-77.
- Suseno, N., Savitri, E., Sapei, L., & Padmawijaya, K.S. (2014). Improving shelf-life of Cavendish banana using chitosan edible coating. *Procedia Chemistry*, 9, 113-120.
- Taghipour, L., & Assar, P. (2022). The effect of postharvest polyamine application on the physicochemical traits, bioactive compounds, and antioxidant activity of sweet lime fruit. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, 23(1), 167-178.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant Physiology*. 5th Ed, Sinauer Associates. 428 p
- Takahashi, T., & Kakehi, J. I. (2010). Polyamine: Ubiquitous placcations with unique roles in growth and stress responses. *Annals of Botany*, 105, 1-6.
- Tulipani, S., Marzban, G., Herndl, A., Laimer, M., Mezzetti, B., & Battino, M. (2011). Influence of environmental and genetic factors on health-related compounds in strawberry. *Food Chemistry*, 124, 906-913.
- Varasteh, F., & Zamani, S. (2022). Quality preservation and shelf-life extension of broccoli florets using tragacanth gum coating. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 24(4), 1-12.
- Varasteh, F., & Zamani, S. (2019). The effect of different packaging films on storability and qualitative properties of button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Iranian Journal of Horticultural Science*, 49(4), 1035-1044. (In Persian)
- Wanger, G. J. (1979). Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplasts. *Plant Physiology*, 64, 88-93.
- Zodape, S. T., Mukhopadhyay, S., Eswaran, K., Reddy, M. P., & Chikara, J. (2010). Enhanced yield and nutritional quality in green gram (*Phaseolus radiata* L.) treated with seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) extract. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 69, 468-471.

The Effect of Preharvest Foliar Application of Amino Acid and Seaweed Extract on Quantitative and Qualitative Characteristics of Strawberry Fruit During Storage

Shahr-Bano Akhondi¹, Feryal Varasteh^{*1}, Esmail Seifi¹ and Naeimeh Soukht sarai²

1. Department of Horticulture Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

2. Instructor, Jihad Agricultural Organization of Gorgan

^{*}Corresponding Author, Email: (f.varasteh@gau.ac.ir)

Due to the high perishability of strawberries and their limited shelf life, the present study with the aim of evaluating the effect of foliar application of amino acid and seaweed extract on quantitative and qualitative as well as postharvest life of Camarosa strawberries, was conducted in a factorial in complete randomized block design in 2020- 2021. Foliar application of amino acid and seaweed extract (1 and 2 g L⁻¹) was carried out during three stages; before flowering, during flowering and fruit formation. After three- quarters of the fruit's surface turned red, fruits were harvested and stored at 0±1°C for 15 days. Quantitative and qualitative characteristics of stored fruits were measured every five days. The results showed that the strawberries sprayed with amino acid had higher quality characteristics due to lower weight loss and acidity during storage. Also, treatment with amino acid increased the soluble solids, sugar compounds, vitamin C, anthocyanins, flavonoids, total phenols, and antioxidant activity of fruits by 1.5-2.5 times compared to the control. In conclusion, the application of 1 g L⁻¹ of amino acid as well as 1 g L⁻¹ of seaweed extract had the greatest effect in increasing the fruit yield, maintaining and improving the storage characteristics of the Camarosa strawberry.

Keywords: Antioxidant activity, Phytochemical compounds, Seaweed, Vitamin C.