

# تأثیر محلول پاشی سایتوکنین و اسید آمینه بر ویژگی‌های کمی و کیفی میوه کیوی رقم هایوارد

## چکیده

افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه توأم با وزن بالا، اصلی‌ترین هدف تولیدکنندگان میوه کیوی در سراسر جهان می‌باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، تعیین مناسب‌ترین غلظت سایتوکنین CPPU و اسید آمینه Amino Spark و زمان مناسب محلول پاشی بر افزایش کمیت و کیفیت میوه کیوی بود. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل سایتوکنین در دو غلظت، اسید آمینه در سه غلظت و شاهد، و فاکتور دوم شامل زمان محلول پاشی در اوایل هفته سوم و چهارم بعد از مرحله تمام گل بود. نتایج نشان داد که بیشترین وزن میوه با ۱۲۱/۶ گرم، ویتامین ث با ۴۷/۴ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر، سفتی بافت میوه با ۵/۳ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع، فنول کل با ۷۸/۷ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر، فلاونوئیدکل با ۱۳/۸ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با ۸۲/۲ درصد و فعالیت آنزیم کاتالاز با ۹/۲ واحد بر گرم وزن تر در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه در زمان محلول پاشی اوایل هفته چهارم بعد از تمام گل مشاهده شد. بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، طول میوه و قطر میوه به ترتیب در تیمار اسید آمینه و ۱/۵ پی‌پی‌ام سایتوکنین به دست آمد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، محلول پاشی ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه و ۱/۵ پی‌پی‌ام سایتوکنین در اوایل هفته چهارم بعد از تمام گل در مقایسه با شاهد بر بیشتر صفات مورد مطالعه اثرات مثبت قابل توجهی نشان داد.

کلمات کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، پایداری کشاورزی آنزیم، سفتی، وزن میوه، ویتامین ث.

## The impact of foliar application of exogenous cytokinin (CPPU) and amino acids on the quantitative and qualitative characteristics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward')

### Abstract

Increasing the yield and improving the quality of fruit with high weight is the main goal of kiwifruit producers over the world. The purpose of this research was to determine the most suitable concentration of cytokinin CPPU and Amino Spark amino acid and the appropriate foliar spraying time to increase the quantity and quality of kiwifruit. This experiment was carried out as a factorial in the form of a randomized complete block design with two factors in three replications. The first factor included cytokinin in two and amino acid in three concentrations and the control, and the second factor included the foliar spraying time in the beginning of the third and fourth week after fullbloom. The results showed that the highest fruit weight with 121.6 g, vitamin C with 47.4 mg/100 gFW, firmness of fruit tissue with 5.3 kg/cm<sup>2</sup>, total phenol with 78.7 mg/100 gFW, total flavonoid with 13.8 mg/100 gFW, antioxidant capacity with 82.2% and catalase enzyme activity with 9.2 U/gFW in the treatment of 3000 ppm of amino acid at the beginning of the fourth week spraying after fullbloom. The highest activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase, fruit length and fruit diameter were obtained in the treatment of 3000 ppm of amino acid and 1.5 ppm of cytokinin. According to the results, spraying of 3000 ppm of amino acid and 1.5 ppm of cytokinin at the beginning of the fourth week after fullbloom showed significant positive effects on most of the studied traits compared to the control.

**Keywords:** Antioxidant enzymes, Agricultural stability, Firmness, Fruit weight, Vitamin C.

### مقدمه

جنس *Actinidia* از خانواده Actinidiaceae است و مرکب از ۷۶ گونه و بیش از ۱۲۶ تاگزرا است که در چین و کشورهای مجاور پراکنده است (Huang *et al.*, 2000). کیوی فروت گیاه خزان‌پذیر، پررشد، بالارونده و دائمی بوده و برای تولید اقتصادی نیاز به داربست دارد. ورود کیوی فروت به ایران برای اولین بار در سال ۱۳۴۸ بود و کشت تجاری آن در سال ۱۳۶۸ شروع شد. بر طبق آمارنامه مرکز فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۴۰۱، سطح زیر کشت میوه کیوی فروت ایران ۱۵۸۲۷ هکتار (مجموع سطح بارور و غیربارور) و مقدار تولید ۴۴۳۲۰۲ تن بوده است. استان مازندران با سطح زیر کشت ۸۱۷۵ هکتار و تولید ۲۳۱۸۰۸ تن مقام نخست، استان گیلان با سطح زیر کشت ۷۵۵۴ هکتار و تولید ۲۰۹۶۱۶ تن در جایگاه دوم و استان گلستان با سطح زیر کشت ۹۸ هکتار و تولید ۱۷۷۸ تن، در مقام سوم قرار دارد (بی‌نام، ۱۴۰۲).

میوه کیوی به دلیل داشتن مقدار قابل توجهی از ویتامین C و مواد معدنی یک محصول پرمغذی است. یکی از مهمترین اهداف تولیدکنندگان میوه کیوی دستیابی به عملکرد بالا، همراه با طعم مطلوب برای مصرف کنندگان می‌باشد. مقدار ماده خشک میوه در زمان برداشت به عنوان شاخصی جهت تعیین طعم میوه در زمان مصرف محسوب می‌شود و معمولاً میوه‌های با درصد ماده خشک بالاتر به دلیل کیفیت بهتر از ارزش تجاری بالاتری برخوردار می‌باشد. بدیهی‌ست با توجه به پتانسیل بالای و ارزش آوری بودن این محصول، بهره‌برداری حداکثری از باغات موجود و قدیمی با روش‌های مدیریتی نوین در کنار گسترش سطح زیر کشت می‌تواند سهم صادرات کیوی کشور از بازار جهانی را بهبود بخشد. درجه‌بندی میوه کیوی فروت از نظر بازار فروش و صادرات اهمیت خاصی داشته و معمولاً براساس وزن و اندازه میوه انجام می‌گیرد. کیوی فروت در بازارهای جهانی ابتدا براساس اندازه و بعداً بر اساس ظاهر تزیین شده و کیفیت درونی امتیازبندی می‌شود (White et al., 2005). درجه‌بندی میوه کیوی بر اساس استاندارد میوه کیوی اتحادیه اروپا (European Union, 2004) به چهار کلاس ممتاز (وزن میوه از ۱۱۰ گرم به بالا و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ میوه در ناحیه میانی میوه بیش از ۰/۸)، درجه یک (وزن میوه بیش‌تر از ۹۰ گرم و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ میوه در ناحیه میانی میوه بیش از ۰/۷)، درجه دو (وزن میوه بیش‌تر از ۶۵ گرم و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ میوه در ناحیه میانی میوه بیش از ۰/۷)، درجه سه (وزن میوه کم‌تر از ۶۵ گرم و نسبت قطر کوچک به قطر بزرگ میوه در ناحیه میانی میوه بیشتر از ۰/۷) و میوه‌های خارج از رده (میوه‌های دوقلو، ریز، پهن و بدشکل) انجام می‌شود. گل آذین رقم هایوارد دارای سه گل به‌صورت گرزب با انشعابات متقابل (دابکازیم)، با یک گل انتهایی و دو گل جانبی می‌باشد. بنابراین با توجه به مدیریت باغ و عملیات به‌باغی در زمان برداشت، در صورت تشکیل و رشد هر سه گل به میوه، روی هر تاک میوه‌های با اندازه‌های متفاوت قابل برداشت خواهد بود. در این راستا برای تولید میوه‌های یک دست و دارای فاکتورهای بازاری پسند به منظور صادرات از روش‌ها و تکنیک‌های مدیریتی مختلفی استفاده می‌کنند. تعدادی از تکنیک‌های مدیریتی جهت دستیابی به میوه‌های درجه ممتاز با درصد ماده خشک بالا شامل حلقه‌برداری، مدیریت رشد میوه‌ها با کاربرد محرک‌های رشد از جمله فورکلر فنورون (CPPU)، سربرداری شاخساره‌ها بلافاصله بعد از آخرین میوه، فشردن نوک شاخساره، هدایت شاخه‌های یکساله روی نخ در سیستم جدید سوپاواین<sup>۱</sup>، تنک میوه‌ها، حلقه‌برداری تنه و هرس ریشه می‌باشد. به طوری که تولیدکنندگان پیشرو تلفیقی از این تکنیک‌ها را برای بهبود کیفیت میوه‌ها بکار می‌گیرند (Patterson and Currie, 2010).

اسیدهای آمینه که به صورت محلول‌پاشی روی شاخه و برگ گیاهان یا در خاک مصرف می‌شوند، اخیراً به طور گسترده برای افزایش رشد و بهبود کیفیت میوه‌ها به کار می‌رود. از مهمترین نقش‌های اسیدهای آمینه می‌توان به تولید پروتئین‌ها و آنزیم‌های ضروری سلول‌ها اشاره کرد (Sadak et al., 2015). مخاطرات زیستی و افزایش نگرانی‌ها در خصوص امنیت غذایی موجب افزایش تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی (شامل اسیدهای آمینه) برای تنظیم رشد و نمو گیاهان شده است (Hassanzade et al., 2015). ترکیبات اسید آمینه می‌توانند به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد، فعالیت‌های متابولیکی گیاه را تحت تأثیر قرار داده و روی فعالیت آنزیم‌های مؤثر در جذب و به کارگیری نیتروژن در گیاه تأثیر گذارد.

هورمون CPPU به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد مصنوعی شناخته شده است که نسبت به سیتوکینین‌های طبیعی با اجزای آذین مانند ترانس-زاتین دارای فعالیت فیزیولوژیک بیشتری در بسیاری از گیاهان است. فعالیت سیتوکینینی CPPU ده‌هزار بار بیشتر از فعالیت سیتوکینینی دی‌فنیل اوره و ۱۰ برابر بیشتر از فعالیت سیتوکینینی کینیتین می‌باشد (Ricci, 2006). فورکلر فنورون (CPPU) به عنوان سیتوکینین مصنوعی تلقی می‌شود، که در سطح گسترده و بصورت تجاری در تولید کیوی و انگور استفاده می‌شود. این هورمون در مشارکت با اکسین باعث تحریک تقسیم سلولی و رشد بعدی میوه می‌شود (Zhang and Whiting, 2021).

## پیشینه پژوهش

طی مطالعاتی که در سال‌های اخیر صورت گرفته، تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه را در بهبود فعالیت‌های حیاتی بافت‌های مختلف گیاهی به اثبات رسانده است. الموتاری و همکاران (Almutairi et al., 2022) در سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۲۱ روی درختان پنج ساله گواوا، تأثیر سه اسید آمینه

گلیسین، آرژنین و اسید گلوتامیک را بررسی کردند و گزارش کردند که استفاده از سه اسید آمینه در افزایش طول شاخه، قطر شاخه و کلروفیل برگ مؤثر است. علاوه بر این، تیمارهای اعمال شده به طور قابل توجه عملکرد میوه، استحکام میوه، میزان مواد جامد محلول کل ویتامین ث و همچنین میزان مواد معدنی برگ (نیتروژن، پتاسیم و فسفر) را در مقایسه با درختان تیمار نشده افزایش دادند. تیمار گلایسین ۱۰۰۰ پی پی ام نسبت به آرژنین و اسید گلوتامیک در افزایش کیفیت میوه و عملکرد میوه مؤثرتر بود. در گزارشی دیگر، تأثیر اسیدهای آمینه بر کیفیت و عملکرد میوه زردآلو بررسی شد و تأثیر اسیدهای آمینه مخلوط (۱، ۲، ۳ میلی لیتر در لیتر) و ریزمغذی‌ها یعنی آهن و روی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر) و همچنین ترکیب آنها در رشد، عملکرد، کیفیت و میزان معدنی برگ درختان زردآلو ارزیابی شد. نتایج به دست آمده نشان داد که بیشترین طول شاخه‌ها، تعداد برگ و شاخه از ترکیبی از اسیدهای آمینه با غلظت (۳ میلی لیتر در لیتر) مشاهده شد. بیشترین تعداد میوه در ترکیب اسید آمینه و مواد مغذی مشاهده شد. افزایش وزن میوه و افزایش عملکرد در تیمار ترکیبی اسیدهای آمینه ۳ میلی لیتر در لیتر و ریز مغذی‌ها در ۱۵۰ میلی گرم در لیتر در دو فصل مشاهده شد. بیشترین سفتی میوه در ترکیب ریز مغذی‌ها ۱۵۰ میلی گرم در لیتر و اسیدهای آمینه ۳ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. بیشترین مواد معدنی در برگ (N، P، K، Fe، Zn و Mn) و مواد جامد محلول در اسیدهای آمینه ۳ میلی لیتر در لیتر مشاهده شد. به طور کلی، محلول پاشی درختان زردآلو با ۳ میلی لیتر در لیتر اسیدهای آمینه و ۱۵۰ میلی گرم در لیتر ریز مغذی‌ها موجب افزایش کیفیت و عملکرد میوه گردید (El-Badawy, 2019).

گزارش شده است که استفاده از هورمون CPPU با غلظت ۴۰ میلی گرم بر لیتر در کیوی فروت *A. deliciosa* تأثیر معنی داری بر میزان نرمی میوه در طی دوره انبارداری نداشت (Childerhouse, 2009). در گزارش دیگر، کاربرد CPPU با غلظت ۴ میکرو لیتر در لیتر یک هفته قبل از باز شدن گل‌ها باعث افزایش اندازه میوه کیوی هایوارد گردید بدون آنکه تأثیر منفی روی شکل، سفتی بافت، ماده خشک، مواد جامد محلول میوه داشته باشد و همچنین میوه‌های تیمار شده بعد از سه ماه نگهداری در انبار تفاوتی از نظر درصد ماده خشک، سفتی بافت و مواد جامد محلول نداشتند است (Cruz-Castillo et al., 2014). در مطالعه بررسی تأثیر CPPU بر عملکرد و کیفیت میوه کیوی رقم آلیسون، محلول پاشی تاک‌ها با ۵ و ۱۰ پی پی ام CPPU نتایج نشان داد که تیمارهای CPPU موجب افزایش عملکرد و افزایش اندازه میوه کیوی رقم آلیسون شدند. میوه کیوی با اندازه بزرگ و وزن بالا بازارپسندی بیشتری دارد. در نتیجه CPPU می‌تواند برای افزایش تعداد و وزن میوه کیوی رقم آلیسون بکار رود (Thakur et al., 2020). طبق بررسی‌های صورت گرفته گزارش‌های مطالعاتی زیادی درباره تأثیر کاربرد فورکلوروفنورون و اسید آمینه بر خصوصیات عملکردی میوه کیوی هایوارد وجود ندارد، بنابراین هدف از انجام این پژوهش تعیین بهترین غلظت اسید آمینه و CPPU و زمان مناسب محلول پاشی بر بهبود خواص کیفی کیوی رقم هایوارد می‌باشد.

## روش‌شناسی پژوهش

به منظور سنجش اثر غلظت‌های مختلف اسید آمینه و سایتوکنین CPPU و اثر زمان‌های مختلف محلول پاشی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه کیوی رقم هایوارد، آزمایشی بر روی ۳۶ اصله تاک ۶ ساله کیوی هایوارد واقع در استان گیلان، شهر اسالم، طی سال ۱۴۰۰ اجرا شد. این تاکستان در موقعیت جغرافیایی  $37^{\circ}44'42''$  شمالی و  $48^{\circ}58'46''$  شرقی واقع شده است. مجموع بارندگی سالانه منطقه ۱۱۹۱/۱ میلی متر و مجموع تبخیر سالانه ۹۳۱ میلی متر با متوسط رطوبت نسبی سالانه ۸۲ درصد می‌باشد. بیشترین دما  $36/3$  درجه سانتی گراد در مرداد ماه و کم‌ترین دما با  $2/1$  درجه سانتی گراد در بهمن می‌باشد. متوسط ساعات آفتابی منطقه در سال ۱۴۰۶ ساعت گزارش شده است. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول در ۶ سطح شامل دو غلظت  $0/75$  و  $1/5$  پی پی ام سایتوکنین مصنوعی فورکلوروفنورون (CPPU) با نام تجاری NERGOFEX محصول شرکت DOGAL ترکیه با میزان ماده مؤثره ۱ درصد و سه غلظت ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰ پی پی ام اسید آمینه پودری با نام تجاری Amino Spark دارای ۱۸ اسید آمینه مختلف با  $50/39$  درصد اسید آمینه کل و  $80/30$  درصد ماده آلی (جدول ۱) و تیمار شاهد (محلول پاشی با آب)، و فاکتور دوم زمان محلول پاشی در دو سطح شامل اوایل هفته سوم و چهارم بعد از مرحله تمام گل بودند.

برای ارزیابی صفات کمی و کیفی میوه ها در اواخر آبان و با رسیدن TSS میوه به حد مناسب ۶/۵ از هر تاک تعداد ۳۰ عدد میوه به طور تصادفی برداشت و به آزمایشگاه گروه باغبانی دانشگاه زنجان منتقل شدند. صفات اندازه گیری شده شامل اندازه میوه (طول و عرض میوه)، وزن میوه، حجم میوه، اسید قابل تیتراسیون، سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول (TSS)، فلاونوئید کل، فنول کل، ویتامین ث، فعالیت آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم های سوپراکسیددیسموتاز (SOD)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و کاتالاز (CAT) بود.

جدول ۱- تجزیه ترکیبات اسید آمینه پودری با نام تجاری Amino Spark

ردیف	متغیر	مقدار (درصد)	ردیف	متغیر	مقدار (درصد)
۱	اسید آمینه کل	۵۰/۳۹	۱۴	پرولین	۷/۲۷
۲	حلالیت در آب	۹۹/۷۰	۱۵	تیروزین	۰/۴۴
۳	آرسنیک	—	۱۶	والین	۳/۸۲
۴	سرین	۶/۴۳	۱۷	متیونین	۰/۱۸
۵	هیستیدین	۰/۳۹	۱۸	سیستین	۰/۴۵
۶	مقدار پی اچ	۵/۳۰	۱۹	ایزولوسین	۱/۷۲
۷	فلزات سنگین	—	۲۰	لوسین	۲/۲۸
۸	اسید آسپارتیک	۴/۱۳	۲۱	فنیل آلانین	۲/۰۲
۹	اسید گلواماتیک	۵/۷۶	۲۲	لیزین	۰/۷۵
۱۰	گلیسین	۵/۶۰	۲۳	تریپتوفان	۰/۰۴
۱۱	آرژنین	۳/۶۱	۲۴	نیتروژن	۲۰/۱
۱۲	ترئونین	۲/۶۲	۲۵	ماده آلی کل	۸۰/۳
۱۳	آلانین	۲/۸۸	۲۶	افت موقع خشک شدن (LOD)	۰/۵۶

اندازه گیری وزن میوه کیوی بعد از برداشت آنها با ترازوی دیجیتال مدل (CANDGL300) انجام شد و بر حسب گرم بیان شد (Meng et al., 2007). برای اندازه گیری سفتی بافت میوه از دو قسمت استوایی میوه، بعد از برداشتن پوست میوه از سفتی سنج دستی مدل (FT011, Facchini srl, Alfonsine (Ra) Italy) با قطر پروپ ۸ میلی متری استفاده شد و بر حسب کیلوگرم بر سانتی مترمربع بیان شد. برای اندازه گیری طول و عرض میوه کیوی از کولیس (مدل Digit-Cal ساخت سوئیس با دقت ۰/۰۱ میلی متر استفاده شد و نتیجه بر اساس میلی متر گزارش شد. به منظور اندازه گیری حجم میوه از استوانه مدرج استفاده شد و حجم میوه از اختلاف سطح آب ناشی از قرار گرفتن میوه بدست آمد و نتیجه بر اساس سانتی متر مکعب بیان شد.

برای اندازه گیری مواد جامد محلول کل کیوی از رفاکتومتر دستی مدل (Atago-ATC-20(E) استفاده شد و براساس درصد بریکس بیان شد. برای اندازه گیری میزان اسید قابل تیتراسیون مقدار ۵ میلی لیتر از عصاره میوه با ۲۰ میلی لیتر آب مقطر رقیق گردیده و به حجم رسانیده شد و دو قطره فنول فتالین به آن اضافه شد و محلول حاصله با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. برای انجام آزمایش از بورت دیجیتالی مدل (Rudolf BRAND) استفاده شد. درصد اسید قابل تیتراسیون براساس اسید غالب یعنی اسید سیتریک و بر طبق رابطه ۱ محاسبه شد. اکی والان اسید سیتریک برابر ۰/۰۶۴ است.

$$\text{رابطه ۱)} \quad 100 \times \left[ \frac{\text{حجم نمونه تیتر شده}}{\text{حجم سود مصرفی} \times \text{نرمالیتة سود مصرفی} \times 0.064} \right] = \text{درصد اسید قابل تیتراسیون}$$

اندازه گیری آسکوربیک اسید با استفاده از روش یدومتری انجام گردید، به این صورت که میزان ۳ میلی لیتر از عصاره میوه را در بشر ریخته و روی آن ۲ میلی لیتر محلول نشاسته یک درصد (یک گرم نشاسته در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر) اضافه گردید. محلول حاصل بوسیله محلول ید تا زمان تشکیل رنگ خاکستری تیتر شد (Dioha et al., 2011).

$$A = (\text{SNF} \times 88.1 / 10) \times 100$$

رابطه ۲)

A: میزان اسید آسکوربیک میوه کیوی S: مقدار محلول ید مصرف شده، N: نرمالیتة محلول یدور پتاسیم، F: فاکتور مخلوط ید، ۸۸/۱: عدد ثابت

برای استخراج و اندازه‌گیری فلاونوئید یک گرم از بافت میوه کیوی با ۸ میلی‌لیتر متانول همگن شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرارداد شد. سپس در ۶۰۰۰ دور به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. به ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره میوه، ۱/۵ میلی‌لیتر متانول، ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلراید ۱۰ درصد اضافه شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر محلول پتاسیم استات ۱ مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. جذب مخلوط حاصل توسط اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرتستین به عنوان استاندارد استفاده شد. به طوری که غلظت‌های مختلف آن به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب آن‌ها توسط اسپکتروفتومتر مدل (SAFAS MONACO RS 232)، در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد و منحنی بر اساس میزان جذب در غلظت‌های مشخص رسم گردید و بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد (Kaijv et al., 2006).

برای استخراج و اندازه‌گیری فنول کل از معرف فولین سیوکالتو (Folin-Ciocalteus) استفاده شد. برای این منظور یک گرم از بافت میوه در ۸ میلی‌لیتر متانول کوبیده و همگن شد و سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه‌های رقیق شده همراه ۲ میلی‌لیتر سدیم کربنات (2% W/V) در لوله آزمایش ریخته شد و به مدت دو دقیقه در دمای اتاق نگه داشته شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از واکنش‌گر فولین سیوکالتو (۵۰ درصد) به آن اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد و سپس میزان جذب آن در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از اسید گالیک به عنوان استاندارد استفاده شد به طوری که غلظت‌های مختلف آن به جای نمونه‌ها ریخته و میزان جذب‌ها در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد و منحنی بر اساس میزان جذب در غلظت‌های مشخص رسم گردید و بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر بیان شد.

جهت ارزیابی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله سوپراکسیددیسموتاز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار برای همگن نمودن یک گرم بافت میوه فریز شده مورد استفاده قرار گرفت. سپس ترکیب همگن به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در ۱۲۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و در نهایت فاز رویی به عنوان عصاره آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت (Zhang et al., 2011).

برای تعیین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، به ۵۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی، ۵۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ ) و دو میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته ۷ اضافه شده و فعالیت یک واحد آنزیم CAT توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۲۴۰ نانومتر ثبت گردید. برای صفر کردن دستگاه از دو میلی‌لیتر بافر استخراج به همراه ۵۰ میکرولیتر  $H_2O_2$  استفاده شد. فعالیت ویژه آنزیم CAT بر اساس واحد بر گرم وزن تر بیان شد.

برای اندازه‌گیری فعالیت آسکوربات پراکسیداز دو میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم (۵۰ میلی‌مولار pH=7) با ۲۰ میکرولیتر اسید آسکوربیک و ۲۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۴ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی مخلوط کرده و بعد از ۲۰ ثانیه جذب توسط اسپکتروفتومتر در ۲۹۰ نانومتر قرائت گردید. برای صفر کردن دستگاه از دو میلی‌لیتر بافر استخراج + ۲۰ میکرولیتر اسید آسکوربیک + ۲۰ میکرولیتر  $H_2O_2$  استفاده شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و با محلول واکنش (بافر فسفات ۲۳۰۰ میکرولیتر، اتیلن‌دی‌آمین‌تترااستیک‌اسید (EDTA) ۲۰۰ میکرومولار و نیتروبلوتترازولیوم (NBT) ۱۰۰ میکرولیتر مخلوط کرده و سپس ترکیب مذکور به مدت ۸ دقیقه در تاریکی قرار داده و سپس ۵۰ میکرولیتر ریبوفلاوین به آن اضافه شد. سپس ۱۲ دقیقه زیر نور فلورسنت ۴۰ وات قرار گرفته و در پایان میزان جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر ثبت گردید. واحد فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز بر اساس میزان آنزیمی که باعث ممانعت ۵۰ درصدی از اکسیداسیون NBT می‌شود، تعریف شده و به صورت واحد بر گرم وزن تر بیان می‌گردد.

برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مقدار ۰/۱ گرم از میوه تازه توزین و در هاون ریخته و با ازت مایع به خوبی پودر شد تا به حالت یکنواختی درآید. ۱۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به بافت له شده اضافه و محلول همگن به دست آوریم. محلول حاصل داخل فالكون‌های ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد سپس فالكون‌ها داخل سانتریفیوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد. ۵۰ میکرولیتر از این عصاره را به ۱۹۵۰ میکرولیتر محلول (۰/۱ میلی‌مولار) اضافه شد به طوری که حجم نهایی دو میلی‌لیتر شد. برای تهیه ۰/۱ میلی‌مولار DPPH، ۳/۹۳۴ میلی‌گرم DPPH در ۱۰۰ میلی‌لیتر متانول حل شد و سپس در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر جذب آن خوانده شد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر حسب فعالیت درصد نسبی DPPH و جذب نمونه شاهد که فاقد عصاره‌ی متانولی بود بر طبق رابطه ۳ محاسبه شد.

رابطه ۳) 
$$\text{OD sample} : \text{OD control} = \text{عدد جذب نمونه} / \text{عدد جذب شاهد}$$

رابطه ۳) 
$$\text{OD sample} : \text{OD control} = \text{عدد جذب نمونه} / \text{عدد جذب شاهد}$$

### طرح آزمایشی و تجزیه داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ورژن ۲۰ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. رسم نمودارها به کمک نرم افزار Excel انجام شد.

### نتایج و بحث

#### وزن میوه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای اسید آمینه، سایتوکینین (CPPU) و زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح پنج درصد بر میزان وزن میوه کیوی معنی‌دار شد (جدول ۲). بیشترین میانگین وزن میوه با ۱۲۶/۵ گرم در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهای ۲ گرم در لیتر اسید آمینه و ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU در این تیمار زمانی نداشت. میانگین وزن در هفته چهارم محلول‌پاشی بیشتر از هفته سوم بود و تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور مؤثری موجب افزایش میانگین وزن میوه کیوی در هفته چهارم محلول‌پاشی نسبت به هفته سوم شدند. کمترین میزان وزن میوه در شاهد در زمان محلول‌پاشی هفته سوم (۷۶/۶ گرم) و چهارم (۷۸/۵ گرم) مشاهده شد که نسبت به تیمارهای دیگر اختلاف آماری معنی‌داری نشان داد (شکل ۱).

#### طول، قطر و حجم میوه

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثرات ساده تیمار اسید آمینه و CPPU بر طول، قطر و حجم میوه کیوی در سطح یک درصد معنی‌دار شد و اثر زمان محلول‌پاشی بر قطر میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، ولی اثر زمان محلول‌پاشی بر طول و حجم میوه معنی‌دار نشد. طول، قطر و حجم میوه به طور معنی‌دار تحت تأثیر اثر متقابل زمان محلول‌پاشی و تیمار قرار نگرفتند.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش طول، قطر و حجم میوه کیوی نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان طول میوه در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهای ۰/۷۵ و ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU در این تیمار زمانی نداشت. کمترین میزان طول میوه در شاهد (۶۳/۳ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳).

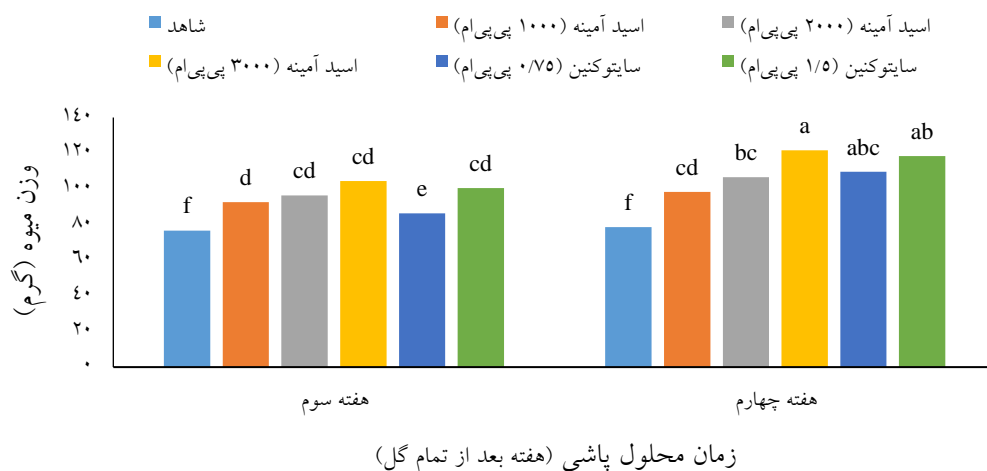
نتایج نشان داد بیشترین میزان قطر میوه در تیمارهای ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۵۶/۵ میلی‌متر)، ۰/۷۵ پی‌پی‌ام CPPU (۵۳/۵ میلی‌متر) و ۱/۵ پی‌پی‌ام (۵۵ میلی‌متر) مشاهده شد. کمترین میزان طول میوه در شاهد (۴۳/۵ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳). تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش قطر میوه کیوی رقم هایوارد نسبت به شاهد شدند.

بیشترین میزان حجم میوه در تیمار ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU (۹۷/۶۶ سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه نداشت. کمترین میزان حجم میوه نیز در شاهد (۷۴/۵ سانتی‌متر مکعب) مشاهده شد (جدول ۳). با توجه به نتایج حاصل، تیمارهای اسید آمینه نسبت به تیمار سایتوکینین باعث افزایش وزن بیشتر میوه (شکل ۱) نسبت به حجم آن (جدول ۳) شدند.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای قبل از برداشت شامل میزان و زمان محلول پاشی با سایتوکنین و اسید آمینه بر صفات مورد مطالعه میوه کیوی رقم هایوارد

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن میوه	طول میوه	قطر میوه	حجم میوه	سفتی	اسید قابل تیتراسیون	مواد جامد محلول	فنول کل	فلاونوئید کل	ویتامین ث	کاتالاز	سوپر اکسید دیسموتاز	آسکوربات پراکسیداز	ظرفیت آنتی-اکسیدانی	میانگین مربعات									
																۲	۵	۱	۵	۲۲	۹/۳۲	۲۲/۳۸ <sup>ns</sup>	۳/۳۵ <sup>ns</sup>	۲/۴۸ <sup>ns</sup>	۱۰/۳۴ <sup>ns</sup>
بلوک	۲	۱۵۷/۰۲*	۶/۲۵ <sup>ns</sup>	۴/۸۶ <sup>ns</sup>	۳۴۵/۳۷ <sup>**</sup>	۰/۰۵۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۲۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۲۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۶۲*	۱۰/۳۴ <sup>ns</sup>	۲/۴۸ <sup>ns</sup>	۳/۳۵ <sup>ns</sup>	۲۲/۳۸ <sup>ns</sup>	۲/۹۰ <sup>ns</sup>										
تیمار (اسید آمینه و سایتوکنین)	۵	۹۴۱/۲۹ <sup>**</sup>	۱۴۸/۳۳ <sup>**</sup>	۱۰۶/۱۱ <sup>**</sup>	۳۶۵/۳۷ <sup>**</sup>	۰/۰۷۱ <sup>**</sup>	۰/۰۳۸*	۳/۹۹ <sup>**</sup>	۳۰۶/۸۳ <sup>**</sup>	۳۰/۴۴ <sup>**</sup>	۱۴۰/۵۶ <sup>**</sup>	۱۶/۹۲ <sup>**</sup>	۵۹۷/۳۴ <sup>**</sup>	۶۱/۶۴*	۸۸/۷۸ <sup>**</sup>										
زمان محلول پاشی	۱	۱۴۵۶/۶۹ <sup>**</sup>	۲۵/۰۱ <sup>ns</sup>	۲۵/۰۲*	۳۶۱/۰۵ <sup>**</sup>	۰/۰۳۸ <sup>**</sup>	۰/۱۱*	۴/۴ <sup>**</sup>	۱۱۶/۶۴ <sup>**</sup>	۲/۵۰ <sup>**</sup>	۱۳۰/۳۴ <sup>**</sup>	۲۱/۳۱ <sup>**</sup>	۱۰۳/۳۶*	۹۰/۲۵ <sup>**</sup>	۲۷/۳۸ <sup>**</sup>										
تیمار × زمان محلول پاشی	۵	۱۰۱/۸۳*	۱۱/۶۶ <sup>ns</sup>	۶/۶۶ <sup>ns</sup>	۲۳/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۴۹*	۰/۰۱۱*	۰/۱۴۳ <sup>ns</sup>	۱۵/۷۳ <sup>**</sup>	۴/۸*	۱۱/۲۳ <sup>**</sup>	۱/۰۲*	۸/۰۹ <sup>ns</sup>	۵/۷ <sup>ns</sup>	۱/۷۴*										
اشتباه آزمایشی	۲۲	۳۹/۹	۲۶/۷۰	۹/۴۰	۲۱/۴۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۹۸	۲/۱۷	۰/۱۵۳	۱/۸۵	۰/۴۹	۲۸/۸۴	۱۰/۳۹	۰/۸۹										
ضریب تغییرات %		۵/۱۵	۷/۴۲	۳/۱۴	۱/۲۶	۱/۲۱	۰/۶۵	۱/۱۲	۱۲/۱۵	۶/۵۵	۳/۷۵	۲/۲۸	۱/۶۴	۸/۷۵	۹/۳۲										

\*\*\*، \*\*، \*، ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی دار می باشد. (منبع: یافته های تحقیق)



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سائتوکنین و زمان محلول پاشی بر وزن میوه کیوی رقم هایوارد (منبع: یافته‌های تحقیق)

از جمله خصوصیات مهم در تولید میوه کیوی صفات مورفولوژیکی میوه نظیر طول، حجم، قطر و وزن میوه است. وزن میوه تحت تأثیر طول و قطر میوه است. در سال‌های اخیر، گزارش شده است که گیاهان از اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن استفاده می‌کنند و از این رو مصرف اسیدهای آمینه برای بهبود عملکرد و افزایش وزن میوه توصیه می‌شود که نتایج آزمایش حاضر نشان داد این تیمار برای میوه کیوی نیز مؤثر بود. همانطور که در این مطالعه مشاهده شد کاربرد اسیدهای آمینه در افزایش وزن، طول و قطر میوه کیوی مؤثر بود. افزایش وزن میوه، طول و قطر میوه در استفاده از اسیدهای آمینه ممکن است به دلیل تأمین نیتروژن و تشکیل پروتئین در بافت‌های زنده باشد (Vincill *et al.*, 2012). در شرایط مطلوب محیطی، اسیدهای آمینه ترکیبات بیولوژیکی مفیدی هستند که نقش مهمی در رشد گیاه دارند. اسیدهای آمینه دارای اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر روی گیاهان، از جمله فعالیت‌های فیزیولوژیکی و خصوصیات فتوسنتز دارد که باعث رشد گیاه، افزایش قابل توجهی در وزن میوه، افزایش طول و قطر میوه می‌شود (Wang *et al.*, 2007). اسیدهای آمینه نقش مهمی در سوخت و ساز و تشکیل پروتئین‌های لازم برای تشکیل سلول‌های جدید دارند، در نتیجه موجب افزایش وزن و افزایش طول، قطر و حجم میوه می‌شوند (Abd El- Rezak and Saleh, 2012). اثر اسیدهای آمینه در افزایش وزن، طول و قطر میوه در توت‌فرنگی (Abo Sedera *et al.*, 2010) و هلو (Abd El- Rezak and Saleh, 2012) نیز مشاهده شده است.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات تیمار قبل از برداشت اسید آمینه، سائتوکنین و زمان محلول پاشی بر طول، قطر و حجم میوه کیوی و مواد جامد محلول میوه کیوی رقم هایوارد

تیمارها	قطر میوه (میلی‌متر)	طول میوه (میلی‌متر)	حجم میوه (سانتی‌متر مکعب)	مواد جامد محلول (درصد)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر گرم وزن تر)	آسکوربات پراکسیداز (واحد بر گرم وزن تر)
شاهد	۴۳/۳۰ d	۶۳/۳۰ d	۷۴/۰۰ c	۶/۸۰ d	۴۹/۰۵ c	۱۷/۷ c
اسید آمینه (۱۰۰۰ پی پی ام)	۵۰/۰۰ c	۶۴/۱۰ cd	۷۹/۱۶ c	۸/۷۰ c	۶۰/۰۴ b	۲۰/۲۰ bc
اسید آمینه (۲۰۰۰ پی پی ام)	۴۹/۶۰ c	۶۴/۸۰ c	۹۱/۱۶ ab	۹/۲۰ b	۷۰/۶۰ ab	۲۲۰/۴۰ b
اسید آمینه (۳۰۰۰ پی پی ام)	۵۶/۵۰ a	۶۶/۱۰ a	۹۲/۹۱ ab	۹/۹۰ a	۷۶/۲۰ a	۲۵/۸۰ a
سائتوکنین (۰/۷۵ پی پی ام)	۵۳/۵۰ b	۶۵/۶۰ b	۸۲/۵۰ bc	۸/۷۰ c	۶۵/۱۴ b	۱۹/۹۰ bc
سائتوکنین (۱/۵ پی پی ام)	۵۵/۰۰ ab	۶۵/۸۰ b	۹۷/۶۶ a	۹/۳۰ b	۷۲/۹۰ a	۲۲/۰۴ b

\* میانگین‌های با حروف مختلف در هر ستون نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون دانکن هستند. (منبع: یافته‌های تحقیق)



اثرات اسیدهای آمینه بر روی گیاهان به نوع اسیدهای آمینه استفاده شده و نوع رقم گیاهی بستگی دارد (Wang *et al.*, 2007). اسیدهای آمینه نه تنها مواد مغذی را در دسترس گیاهان قرار می‌دهند بلکه به عنوان مولکول‌های انتقال دهنده سیگنال‌های مختلف در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهی عمل می‌کنند (Teixeira *et al.*, 2007). مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از اسیدهای آمینه به صورت محلول‌پاشی روی گیاهان یک تکنیک امیدوار کننده است. همچنین اسیدهای آمینه بسته به مقدار اعمال شده جذب گوگرد و نیتروژن را در گیاهان افزایش می‌دهد (Vincill *et al.*, 2012). گیاهان از اسیدهای آمینه با توجه به نیازهای غذایی و پیشینه ژنتیکی خود استفاده می‌کنند. چند دلیل می‌تواند اثرات مثبت اسیدهای آمینه را در افزایش وزن، طول، قطر و حجم میوه روشن کند. اول اینکه اسیدهای آمینه پروتئین‌های مورد نیاز برای تقسیم سلولی، تمایز سلول و رشد را فراهم می‌کنند. دوم آنکه گوگرد و نیتروژن کافی را با توجه به نیازهای گیاهی فراهم می‌کنند و سوم آنکه اسیدهای آمینه با ورود به ساختارهای هورمون به پلی‌آمین‌ها تبدیل می‌شوند (Kakkar *et al.*, 2000) و اجازه حرکت نیتروژن بین سلول‌ها و اندام‌ها را می‌دهد. همچنین به عنوان یک بافر و به عنوان منبع کربن و انرژی عمل می‌کنند و به عنوان پیشرو بیوسنتز اکسین موجب افزایش ریشه‌ها و افزایش جذب مواد مغذی مورد نیاز برای میوه می‌شوند (Davies, 2004). در مطالعات مختلف بیان شده است که یکی دیگر از مکانیسم‌های احتمالی مربوط به اثر اسید آمینه در افزایش وزن میوه می‌تواند مربوط به تحریک رشد ریشه گیاهان باشد، که ممکن است انتقال آب و توانایی جذب مواد مغذی را بهبود بخشد و موجب افزایش وزن میوه و افزایش طول و قطر میوه شود (Colla *et al.*, 2017).

سیتوکینین‌ها می‌تواند تقسیم سلولی اضافی را تحریک کند و فاز تقسیم سلول‌های پارانشیمی میوه را افزایش دهد در نتیجه موجب افزایش اندازه میوه و وزن میوه شود. کاربرد سیتوکینین سبب افزایش در طول میوه کیوی شده است (Ainalidou *et al.*, 2015). ایواهوری و همکاران (Iwahori *et al.*, 1988) گزارش کردند که مرحله تقسیم سلولی مغز و پریکارپ میوه کیوی تا پنج هفته پس از تمام گل ادامه دارد. بنابراین CPPU از طریق تحریک تقسیم سلولی سبب افزایش وزن، طول و عرض کیوی می‌شود. سیتوکینین موجب افزایش وزن، طول و عرض در سبب و گلابی شده است (Shargal *et al.*, 2006). زمان و میزان دوز مصرفی سیتوکینین نقش قابل توجهی در اثربخشی کاربرد سیتوکینین دارد. همچنین سیتوکینین نقش مهمی در جذب آب و انتقال مواد جذب شده به اندام‌های سینک مانند میوه را دارد (Liu *et al.*, 2001).

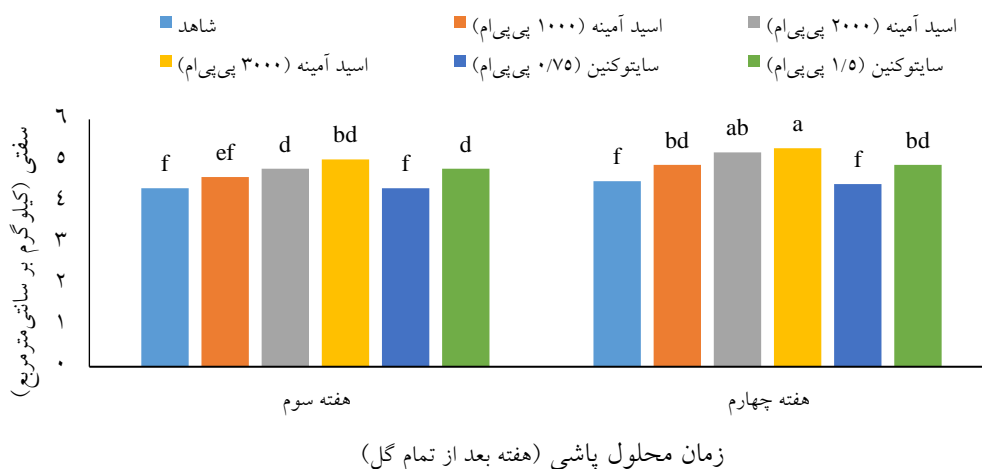
هان و لی (Han & Lee, 2004) گزارش کردند که ۲۵ پی‌پی‌ام جیبرلیک اسید به همراه با ۱۰ پی‌پی‌ام CPPU در روز دهم پس از تمام گل باعث افزایش وزن میوه، طول و عرض میوه انگور رقم 'Kyoho' شد. گزارشی از افزایش وزن انگور بیدانه با محلول‌پاشی ۲۵ و ۵۰ پی‌پی‌ام CPPU در ۱۰ تا ۱۲ روز پس از گلدهی کامل نیز وجود دارد (Keda *et al.*, 2004). در پژوهش حاضر نیز CPPU چهار هفته بعد از تمام گل به طور معنی‌داری موجب افزایش وزن، طول، قطر و حجم میوه کیوی شد.

### سفتی بافت میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای اسید آمینه، CPPU و زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان محلول‌پاشی بر سفتی بافت میوه کیوی رقم هایوارد در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در زمان محلول‌پاشی هفته سوم بعد از تمام گل بیشترین میزان سفتی بافت میوه در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۵/۰۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) مشاهده شد. در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل بیشترین میزان سفتی بافت میوه در تیمار اسید آمینه ۲۰۰۰ پی‌پی‌ام (۵/۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) و اسید آمینه ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام (۵/۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) مشاهده شد. کمترین میزان سفتی در زمان محلول‌پاشی هفته سوم و چهارم بعد از تمام گل در شاهد (۴/۳ و ۴/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) مشاهده شد (شکل ۲).

سفتی بافت میوه کیوی برای تعیین کیفیت پس از برداشت میوه استفاده می‌شود و کاهش سفتی بافت میوه در زمان برداشت به کاهش سریع کیفیت میوه در پس از برداشت و قابلیت عرضه میوه به بازار تأثیر زیادی دارد (Tavarini *et al.*, 2008). سفتی بافت میوه و میزان قند از خصوصیات مهم میوه کیوی هستند و ارتباط نزدیک با دیگر صفات دارند. علت کاهش سفتی بافت میوه‌ی کیوی حل شدن مواد دیواره سلولی و تجزیه نشاسته ذخیره‌ای گزارش شده است (Pan *et al.*, 2014). استفاده از اسیدهای آمینه باعث افزایش جذب نیتروژن، فسفر، کلسیم، پتاسیم و عناصر میکرو می‌شود (Faten *et al.*, 2010). بررسی اثرات محلول‌پاشی اسیدهای آمینه روی سیب (گلدن دلشیز و گرانی اسمیت) نشان دادند

که اسیدهای آمینه موجب تجمع مواد مغذی در میوه‌ها و افزایش سفتی میوه در آنها می‌شود (Arabloo et al., 2014). همچنین اسیدهای آمینه با کاهش فعالیت آنزیم‌های نرم کننده دیواره سلولی موجب افزایش سفتی بافت میوه شده است. افزایش سفتی میوه ناشی از محلول پاشی CPPU ممکن است به دلیل سرعت کمتر تنفس باشد که منجر به جلوگیری از کاهش وزن میوه می‌شود (Chang et al., 2021). تیمار CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش سفتی در سیب (Ezz et al., 2021) و میوه پیتایا<sup>۱</sup> (دراگون فروت) (Chang et al., 2021) نیز گزارش شده که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.



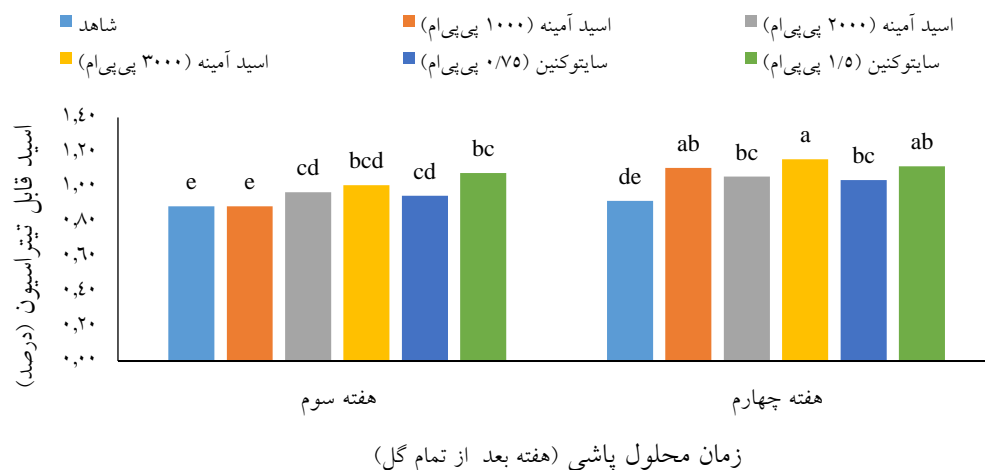
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سایتوکنین و زمان محلول پاشی بر سفتی بافت میوه کیوی رقم هابورد (منبع: یافته‌های تحقیق)

### مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثرات ساده تیمارهای اسید آمینه، CPPU و زمان محلول پاشی در سطح یک درصد بر مواد جامد محلول کل میوه کیوی معنی‌دار شد ولی اثر متقابل تیمار و زمان محلول پاشی بر مواد جامد محلول میوه کیوی معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش مواد جامد محلول کل میوه کیوی نسبت به شاهد شدند. کمترین میزان مواد جامد محلول میوه کیوی در شاهد (۶/۹ درصد) و بیشترین میزان مواد جامد محلول در تیمارهای اسید آمینه ۳۰۰۰ پی پی ام (۹/۹ درصد) مشاهده شد. اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهای اسید آمینه ۳۰۰۰ پی پی ام و ۱/۵ پی پی ام CPPU در این تیمار زمانی نداشت. تیمارهای CPPU و اسید آمینه به طور معنی‌داری موجب افزایش مواد جامد محلول کل میوه کیوی شدند (شکل ۳).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده تیمارهای اسید آمینه، CPPU و اثر زمان محلول پاشی و اثر متقابل تیمار و زمان محلول پاشی بر اسید قابل تیتراسیون میوه کیوی در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای اسید آمینه و CPPU موجب افزایش اسید قابل تیتراسیون در میوه کیوی در زمان محلول پاشی هفته سوم و چهارم بعد از تمام گل شدند. در زمان محلول پاشی هفته سوم بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون در تیمار سه گرم در لیتر اسید آمینه (۱/۰۵ درصد) و ۱/۵ پی پی ام CPPU (۱/۰۸ درصد) مشاهده شد. در زمان محلول پاشی هفته چهارم بیشترین میزان اسید قابل تیتراسیون میوه کیوی در تیمار ۳۰۰۰ پی پی ام اسید آمینه (۱/۱۶ درصد) مشاهده شد. افزایش میزان اسید قابل تیتراسیون در هفته چهارم بیشتر از هفته سوم بود. کمترین میزان اسید قابل تیتراسیون در هفته چهارم بعد از تمام گل در شاهد (۰/۹۲ درصد) مشاهده شد. تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش اسید قابل تیتراسیون میوه کیوی نسبت به شاهد شدند (شکل ۳).

مرحله تجمع نشاسته یکی از مراحل مهم فنولوژی میوه کیوی است که از روز ۴۵ تا ۱۲۰ روز پس از تمام گل ادامه دارد. با توجه به پژوهش‌های ریچاردسون و همکاران (Richardson *et al.*, 2004) تجمع نشاسته تا زمان تکمیل تقسیم سلولی ادامه دارد. میزان اسیدقابل تیتراسیون و مواد جامد محلول شاخص اصلی رسیدن میوه هستند. مواد جامد محلول شامل ترکیبات محلول در آب، از جمله قند، اسید، فیبر و اجزای معدنی می‌باشد. قندها و اسیدهای آلی پارامترهای اصلی در مورد طعم میوه هستند (Nishiyama *et al.*, 2008). فراوان‌ترین قندهای موجود در کیوی عبارتند از گلوکز، فروکتوز و ساکارز و اسیدهای آلی اصلی موجود در کیوی شامل اسیدهای سیتریک، کوئینیک و مالیک هستند (Nishiyama *et al.*, 2008). گزارش شده که اسیدهای آمینه پیش‌ساز ترکیبات سازنده طعم در میوه کیوی می‌باشد. در این پژوهش نیز اسیدهای آمینه سبب افزایش اسیدقابل تیتراسیون و مواد جامد محلول در کیوی شدند.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سایتوکنین و زمان محلول پاشی بر اسیدقابل تیتراسیون میوه کیوی رقم هایوارد (منبع: یافته‌های تحقیق)

در پژوهشی، گزارش شده که غلظت زیاد اسید آمینه با افزایش فعالیت متابولیسمی و افزایش چرخه متابولیسم کربن و نیتروژن سبب افزایش ترکیب فرار اتیل استرها، اسیدقابل تیتراسیون و مواد جامد محلول در میوه هلو شده است (Jia *et al.*, 2000). برخی از محققین گزارش کردند که اسیدقابل تیتراسیون به طور قابل توجهی با محلول پاشی اسید آمینه افزایش می‌یابد (Shu *et al.*, 2020). علاوه بر این، محلول پاشی اسید آمینه منجر به افزایش قابل توجهی در مواد جامد محلول کل و اسیدقابل تیتراسیون در میوه توت فرنگی شده است (Shehata *et al.*, 2011). نتایج آزمایش حاضر با نتایج پاکیش و محمدرضاخانی (Pakkish & Mohammadrezakhani, 2021) مطابقت دارد که دریافتند محلول پاشی درختان انبه با ۳۵ و ۷۰ پی پی ام اسید آمینه باعث افزایش مواد جامد محلول کل شده و ۷۰ پی پی ام اثرات قابل توجه‌تری داشته است. تیمار گواوا و انار با اسید آمینه با محافظت از یکپارچگی غشای سلولی و کاهش تنفس موجب افزایش اسیدقابل تیتراسیون شده است (Ali *et al.*, 2022). در گزارشی دیگر تیمار اسید آمینه مواد جامد محلول و اسیدقابل تیتراسیون را در توت فرنگی افزایش داده است (Mohseni and Pakkish, 2017). نتایج این پژوهش با نتایج سواندی و همکاران (Suwandi *et al.*, 2016) مطابقت داشت که آنها گزارش کردند تیمار سایتوکنین موجب افزایش مواد جامد محلول و افزایش اسیدقابل تیتراسیون در آناناس شده است.

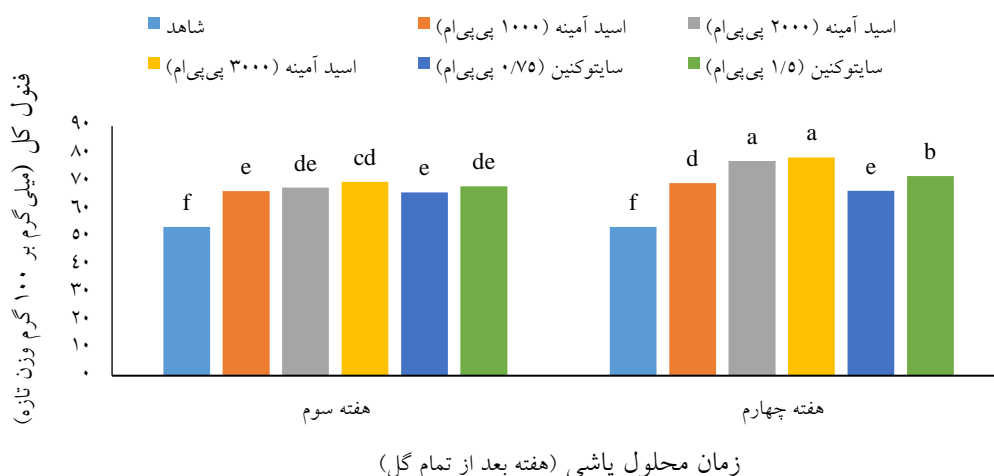
کاربرد ۴۰ میلی گرم در لیتر CPPU موجب افزایش مواد جامد محلول و اسیدقابل تیتراسیون در میوه گواوا شده است (Sabaghnia and Nahandi, 2023). در مطالعه‌ای دیگر سطح بیان ژن‌های حیاتی که در بیوسنتز ساکارز و انتقال دهنده قند در کیوی تیمار شده با CPPU افزایش

یافت. این ژن‌های ضروری شامل ساکارز سنتاز ۱ (SUS1)، ناقل مونوساکارید تونوپلاست<sup>۱</sup>، پروتئین حامل هگزوز<sup>۲</sup> و قندها می باشد که در نهایت موجب افزایش مواد جامد محلول کل در کیوی شده است (Wu et al., 2020).

## فنول کل و فلاونوئید کل

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای اسید آمینه، CPPU، اثر زمان محلول‌پاشی و اثر متقابل تیمار و زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد بر فنول کل میوه کیوی رقم هایوارد معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثر تیمارهای اسید آمینه، CPPU و اثر زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان محلول‌پاشی در سطح پنج درصد بر فلاونوئید کل میوه کیوی رقم هایوارد معنی‌دار شد (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در زمان محلول‌پاشی هفته سوم بیشترین میزان فنول کل در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۶۹/۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و کمترین میزان فلاونوئید کل در شاهد (۵۳/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد. در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل بیشترین فنول کل در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۷۸/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و ۲ گرم در لیتر اسید آمینه (۷۷/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد. میزان فنول کل در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل بیشتر از هفته سوم بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سائیتوکنین و زمان محلول‌پاشی بر فنول کل میوه کیوی رقم هایوارد (منبع: یافته‌های تحقیق)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش فلاونوئید کل میوه کیوی نسبت به شاهد شدند. افزایش میزان فلاونوئید کل در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل بیشتر از هفته سوم بود. در زمان محلول‌پاشی هفته سوم بیشترین میزان فلاونوئید کل در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۱۲/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد اختلاف قابل ملاحظه‌ای با تیمار ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU نداشت. کمترین میزان فلاونوئید کل در شاهد (۷/۳۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد. در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل بیشترین فلاونوئید کل در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۱۳/۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۵).

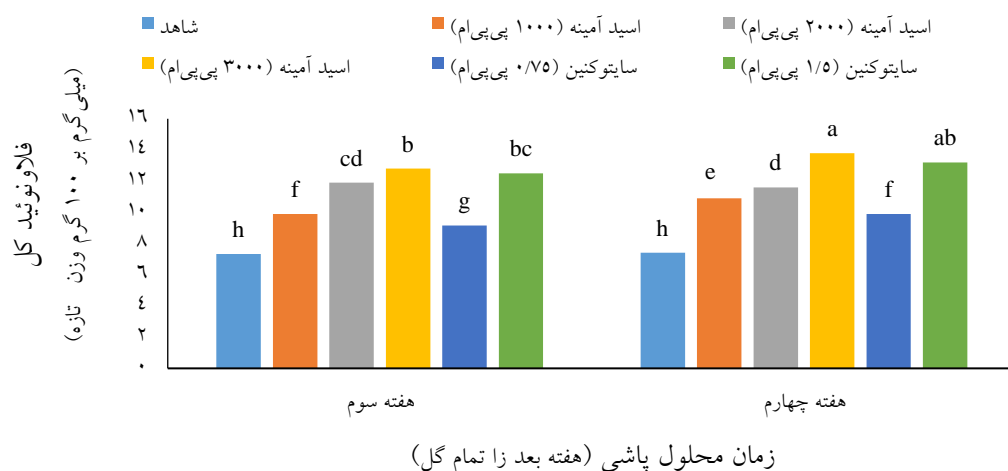
اسیدهای آمینه اثرات مفیدی بر رشد گیاهان و خصوصیات بیوشیمیایی دارند. اسیدهای آمینه ترکیبات اساسی هستند که نقش مهمی در سنتز ترکیبات گیاهی مانند پروتئین‌ها، آمین‌ها، متابولیت‌های ثانویه، آنزیم‌ها، فنول‌ها و فلاونوئیدها دارند (Amin et al., 2011). در این مطالعه

1. Tonoplast monosaccharide transporter  
2. Hexose carrier protein

محلول پاشی اسیدهای آمینه روی گیاه موجب افزایش میزان این ترکیبات در میوه شد و نتایج تحقیقات قبلی را تأیید کرد. در حمایت از یافته های ما اثرات مثبت محلول پاشی اسید آمینه بر ترکیبات فنولی و فلاونوئید در گیاه بابونه نیز گزارش شده است (El-Din and El-Wahed, 2005).

افزایش ترکیبات فنولی مربوط به فعالیت فنیل آلانین آمونیلایز و تجمع مواد فنولی است که منجر به افزایش فنول و فلاونوئید کل می شود. دلیل اصلی افزایش فنول و فلاونوئید کل در میوه های تیمار شده با اسید آمینه افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز توسط اسیدهای آمینه است (Wang et al., 2020). به گزارش حبیبی و رمضانزاده (Habibi and Ramezani, 2017) تیمار گیاه توت فرنگی با اسید آمینه موجب افزایش مقدار ترکیبات فنولی، آنتوسیانین ها و فلاونوئید کل میوه شد.

سیتوکینین نقش مهمی در تنظیم فرآیندهای مختلف بیولوژیکی، شامل رشد و توسعه، علاوه بر این، سازگاری و انطباق با شرایط محیطی در گیاهان دارد. لی و همکاران (Li et al., 2016) گزارش کردند که کاربرد سیتوکینین افزایش تولید متابولیت ثانویه و ترکیبات فنولی را در توت هندی<sup>۱</sup> افزایش داده است. همچنین گزارش شده است که تیمار سیتوکینین موجب افزایش بیان ژن های آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز شده و از این طریق موجب افزایش سنتز ترکیبات فنولی شده است (Govindaraju and Arulselvi, 2016).



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سیتوکینین و زمان محلول پاشی بر فلاونوئید کل میوه کیوی رقم هاپوارد (منبع: یافته های تحقیق)

تیمار CPPU به طور قابل توجهی برخی فلاونوئیدها مانند اپی کاتچین، گالوکاتچین و پروآنتوسیانیدین های B1 و B2 را در میوه لیچی (Liu et al., 2022) افزایش داده است. افزایش فنول و فلاونوئید کل در میوه گواوا نیز در تیمار با CPPU گزارش شده است (Sabaghnia and Nahavandi, 2023) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

### ویتامین ث (آسکوربیک اسید)

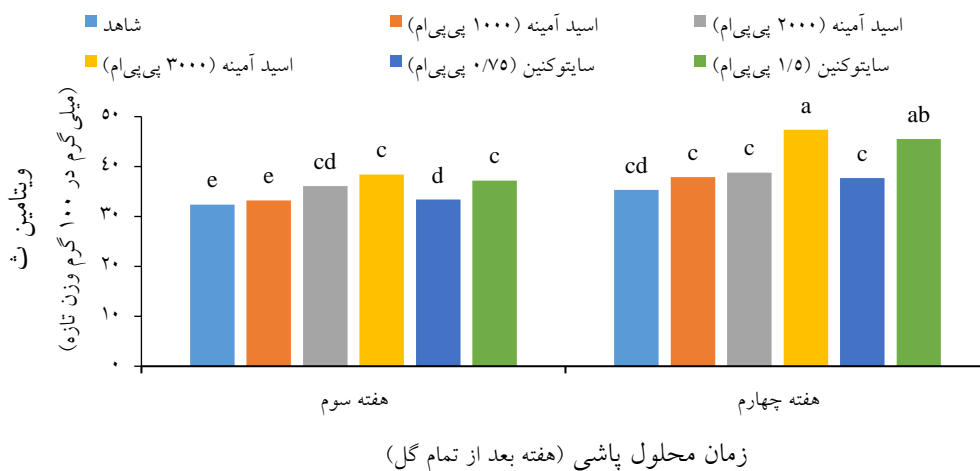
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که میزان ویتامین ث میوه کیوی به طور معنی دار در سطح یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده تیمار اسید آمینه، CPPU، و زمان محلول پاشی و اثر متقابل تیمار و زمان محلول پاشی قرار گرفت (جدول ۲).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین میزان ویتامین ث در زمان محلول پاشی هفته سه بعد از تمام گل در تیمار سه گرم در لیتر اسید آمینه (۳۸/۴ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و ۱/۵ پی پی ام CPPU (۳۷/۲ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد. میزان ویتامین ث در هفته چهارم محلول پاشی بیشتر از هفته سه بعد از تمام گل بود. در زمان محلول پاشی هفته چهارم بیشترین میزان ویتامین ث در تیمار سه گرم

1. *Morinda citrifolia*

در لیتر اسید آمینه (۴۷/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و اختلاف قابل ملاحظه ای بین تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه و ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU مشاهده نشد. کمترین میزان ویتامین ث در هفته سوم و چهارم محلول‌پاشی در شاهد (۳۲/۴ و ۳۵/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد (شکل ۶).

غلظت ویتامین ث یک عامل ترجیحی برای ارزیابی سطح کیفی بسیاری از میوه‌ها است. کیوی حاوی اسید اسکوربیک بیشتری نسبت به پرتقال، توت‌فرنگی، لیمو و گریپ فروت است و ارزش غذایی بالای کیوی به طور قابل توجهی به میزان اسید اسکوربیک آن بستگی دارد (Ma *et al.*, 2017). افزایش در میزان ویتامین ث به دلیل تأخیر در رسیدن فیزیولوژیکی میوه است. ویتامین ث یک ترکیب آنتی‌اکسیدانی ضروری برای تمام قسمت‌های گیاه است و در گسترش سلولی نقش مهمی دارد (Suwandi *et al.*, 2016). مقدار ویتامین ث در محیط‌های فاقد اتیلن به مقدار قابل توجهی بالاتر است که این کاهش تولید اتیلن نتیجه اثر اسیدهای آمینه می‌باشد. در تحقیقی مقدار ویتامین ث در میوه‌های عناب تیمار شده با اسید آمینه در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Kassem *et al.*, 2011). بوراس و همکاران (Boras *et al.*, 2011) گزارش کردند که تیمار گیاه گوجه‌فرنگی با اسیدهای آمینه باعث افزایش قابل توجهی میزان ویتامین ث و اسیدهای آلی در میوه‌ها شده است.



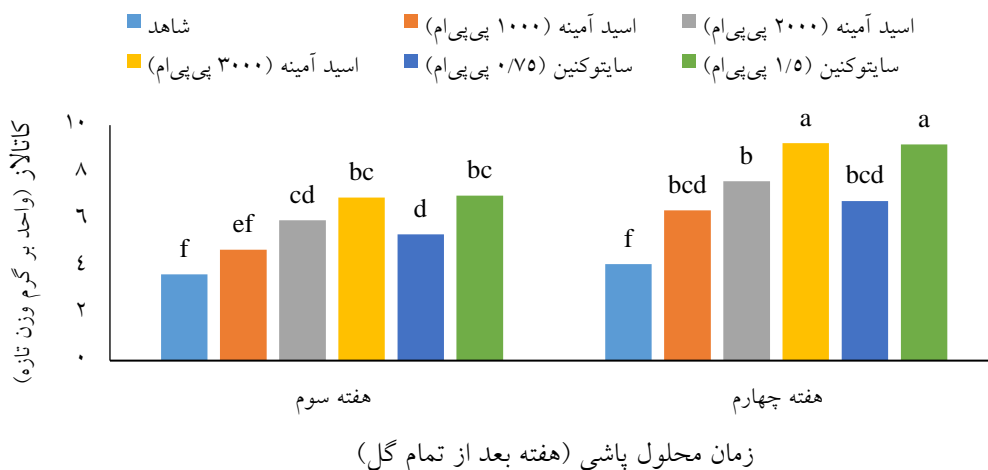
شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سایتوکنین و زمان محلول‌پاشی بر ویتامین ث میوه کیوی رقم هایوارد (منبع: یافته‌های تحقیق)

سایتوکنین به طور مؤثری موجب افزایش در میزان ویتامین ث در میوه‌های آناناس شده است (Suwandi *et al.*, 2016). در مطالعه‌ای محتوای قند محلول و هم ویتامین ث به طور قابل توجهی در کیوی تیمار شده با CPPU افزایش یافته است. رونوشت‌های ۳ ژن تنظیم‌کننده مثبت دخیل در بیوسنتز اسید اسکوربیک پس از تیمار با CPPU، از جمله دو ژن ال-گلونو-۱ و ۴ لاکتون<sup>۱</sup> (AcGULLO3 and AcGULLO3) و میواینوسیتول اکسیژناز و (AcMIOX1) myoinisitol oxygenase به شدت در کیوی افزایش یافته است (Wu *et al.*, 2020). بنابراین، این نتایج نشان می‌دهد که عامل اصلی افزایش کیفیت در کیوی‌های تیمار شده با CPPU، نتیجه افزایش قابل توجه بیان ژن‌های کلیدی دخیل در بیوسنتز ویتامین ث است.

## آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و آسکوربات پراکسیداز)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده تیمار اسید آمینه، CPPU و زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان محلول‌پاشی در سطح پنج درصد بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز نسبت به شاهد شدند. در زمان محلول‌پاشی هفته سوم بعد از تمام گل بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۶/۹ واحد بر گرم وزن تر) و ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU (۷/۰۱ واحد بر گرم وزن تر) مشاهده شد. در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار اسید آمینه ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام (۹/۲۳ واحد بر گرم وزن تر) و اختلاف قابل ملاحظه‌ای با ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل نداشت. در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل کمترین فعالیت آنزیم کاتالاز در شاهد (۴/۱) مشاهده شد (شکل ۷).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده تیمار اسید آمینه و CPPU در سطح یک درصد و اثر ساده زمان محلول‌پاشی در سطح پنج درصد بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز معنی‌دار می‌باشد ولی اثر متقابل تیمار و زمان محلول‌پاشی بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز معنی‌دار نشد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌داری موجب افزایش فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در تیمار ۲ گرم در لیتر اسید آمینه (۷۰/۶ واحد بر گرم وزن تر)، ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۷۶/۲ واحد بر گرم وزن تر) و ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU (۷۲/۹ واحد بر گرم وزن تر) مشاهده شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در شاهد (۴۹/۰۵ واحد بر گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۳).



شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سایتوکنین و زمان محلول‌پاشی بر کاتالاز میوه کیوی رقم هایوارد (منبع: یافته‌های تحقیق)

براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر ساده زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد و اثر ساده تیمار اسید آمینه و CPPU در سطح پنج درصد بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار شد ولی میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز میوه کیوی به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل تیمار و زمان محلول‌پاشی قرار نگرفتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد تیمارهای اسید آمینه و CPPU موجب افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نسبت به شاهد شدند. بیشترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در تیمار ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۲۵/۸ واحد بر گرم وزن تر) مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمارهای ۲ گرم در لیتر اسید آمینه و ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU در این تیمار زمانی نداشت. کمترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در شاهد (۱۷/۷ واحد بر گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۳).

آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهان به طور مؤثری از آن‌ها در برابر آسیب اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن از طریق حذف و جلوگیری از فعالیت رادیکال‌های آزاد محافظت می‌کنند (Hamid *et al.*, 2010). تجمع گونه‌های اکسیژن فعال ناشی از تغییر در تعادل بین تولید گونه‌های اکسیژن فعال و فرآیند حذف آنها است و کیفیت بازاریابی میوه‌ها را کاهش می‌دهد. جذب کننده‌های اصلی برای گونه‌های فعال اکسیژن شامل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز و همچنین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند کاروتنوئیدها، آسکوربیک اسید، گلوتاتیون و غیره است (Zheng *et al.*, 2016). در حالی که SOD جداسازی آنیون سوپراکسید را به  $H_2O_2$  و  $O_2$  کاتالیز می‌کند، گزارش شده است که CAT و APX در حذف  $H_2O_2$  از سلول‌های گیاهی نقش دارند.

محلول‌پاشی اسیدهای آمینه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد. اسیدهای آمینه به عنوان منبع نیتروژن برای تولید پروتئین‌های گیاهی ضروری است و استفاده از اسیدهای آمینه در غلظت‌های مختلف باعث افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی کلم شده است (Haghighi *et al.*, 2022). به طور مشابه، در این مطالعه، افزایش در میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ممکن است به اثر مستقیم اسیدهای آمینه ی مورد استفاده در کیوی باشد. مطالعات قبلی نشان داده است که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه به طور قابل توجهی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD، POX و APX را افزایش داده است (Ardebili *et al.*, 2012). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نقش اصلی را در کنترل رادیکال‌های آزاد ایفا می‌کنند. در نتیجه، تحریک آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌تواند مقاومت گیاه را در برابر تنش‌های محیطی افزایش دهد. اسیدهای آمینه می‌توانند ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را تقویت کنند. این افزایش در هر دو نوع سیستم آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی مانند فلاونوئیدها و فنول مشاهده شده است (Haghighi *et al.*, 2022) و از این طریق باعث افزایش ارزش غذایی میوه می‌شود.

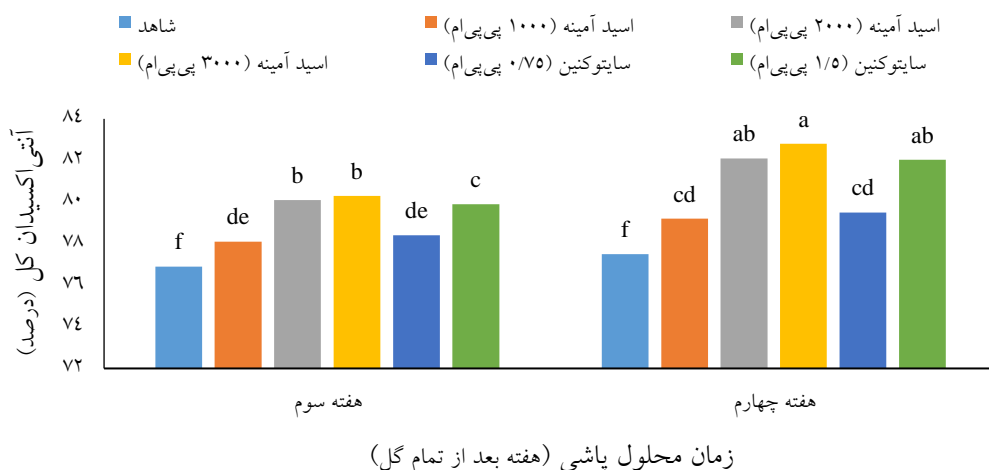
سیتوکینین‌ها تنش‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد را به طور مستقیم مهار می‌کنند و همچنین با جلوگیری از تشکیل رادیکال‌های آزاد موجب افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌شوند (Polo and Mata, 2018). افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان لفل (Cavusoglu *et al.*, 2021) میوه لکوات (ازگیل ژاپنی) (Zhang *et al.*, 2021) در تیمار سیتوکینین گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. در این مطالعه نیز غلظت‌های بالای اسید آمینه و CPPU با حذف رادیکال‌های آزاد موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (CAT, SOD, APX) در میوه کیوی شد.

### ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات ساده تیمار اسید آمینه، CPPU و زمان محلول‌پاشی در سطح یک درصد و اثر متقابل تیمار و زمان محلول‌پاشی در سطح پنج درصد بر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی معنی‌دار شد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین، تیمارهای اسید آمینه و CPPU به طور معنی‌دار موجب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی نسبت به شاهد شدند. در زمان محلول‌پاشی هفته سوم بعد از تمام گل بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار اسید آمینه ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام (۸۰/۳ درصد) و تیمار اسید آمینه ۲ گرم در لیتر (۸۰/۱ درصد) مشاهده شد. در زمان محلول‌پاشی هفته چهارم بعد از تمام گل بیشترین میزان آنتی‌اکسیدان کل بدون اختلاف معنی‌دار در تیمار ۲ گرم در لیتر اسید آمینه (۸۲/۱ درصد)، ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام اسید آمینه (۸۲/۸ درصد) و ۱/۵ پی‌پی‌ام CPPU (۸۲/۰۳ درصد) مشاهده شد. کمترین میزان آنتی-اکسیدان کل میوه کیوی در زمان محلول‌پاشی هفته سوم و چهارم بعد از تمام گل در شاهد (۷۶/۹ و ۷۷/۵ درصد) مشاهده شد (شکل ۸).

سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاهان شامل آنتی‌اکسیدان‌های غیر آنزیمی مثل آسکوربیک اسید، فنول‌ها و فلاونوئیدها و آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی شامل سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز و غیره می‌باشند. اسیدهای آمینه اجزای مهم سیستم آنتی‌اکسیدانی در گیاهان هستند. این مولکول‌ها با کاهش رادیکال‌های آزاد و محافظت از غشای سلولی موجب افزایش فنول‌ها، فلاونوئیدها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شوند و در نتیجه آنتی‌اکسیدان کل در گیاه افزایش می‌یابد (Gill and Tuteja, 2010; Rennenberg and Herschbach, 2014).





شکل ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای اسید آمینه، سایتوکینین و زمان محلول پاشی بر ظرفیت آنتی اکسیدانی کل میوه کیوی رقم هایوارد (منبع: یافته‌های تحقیق)

علاوه بر این، اسیدهای آمینه نقش کلیدی در سیگنال دهی پاسخ به تنش و تولید متابولیسم ثانویه در گیاهان دارند. استفاده از اسید آمینه در فاز رویشی باعث افزایش فعالیت فنیل آلانین آمونیاز در آزمایش گلخانه‌ای و آزمایش مزرعه‌ای شده است که نشان می‌دهد، استفاده از اسیدهای آمینه ممکن است با اثر غیر مستقیم نیز بر بهبود متابولیسم ترکیبات ثانویه گیاهان و افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی تأثیر بگذارند (Teixeira et al., 2017). همچنین اسیدهای آمینه در تولید گلوکاتینون نقش دارند، گلوکاتینون با اتصال به برخی رادیکال‌های آزاد، تنش گیاه را کاهش می‌دهد و اثر منفی آن را بر گیاهان تثبیت می‌کند و همچنین به عنوان بستری برای برخی آنزیم‌های مسئول متابولیسم‌های اکسیداتیو مانند گلوکاتینون پراکسیداز و گلوکاتینون سنتتاز استفاده می‌شوند (Gill and Tuteja, 2010).

اسیدهای آمینه با القای سنتز آنزیم‌های آنتی اکسیدانی یا پروتئین‌های دفاعی دیگر موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدان کل می‌شوند. مطالعات نشان داده، اسیدهای آمینه با افزایش فلاونوئیدها و فنول‌ها موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدانی می‌شوند. همچنین اسیدهای آمینه به عنوان یک سیگنال برای افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و کاهش رادیکال‌های آزاد عمل می‌کند (Yagi and Al-Abdulkareem, 2006). علاوه بر این، برخی از پژوهشگران گزارش کرده‌اند که اسیدهای آمینه به عنوان یک سیگنال موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدان و کاهش نشت یونی در لیچی (Ali et al., 2016) و آلو (Sogvar et al., 2020) شده است. سایتوکینین با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و آسکوربیک اسید موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدان کل در گوجه‌فرنگی (Ogwen et al., 2010) شده است که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. در مطالعه حاضر نیز غلظت‌های بالای اسیدهای آمینه و CPPU با افزایش آنتی اکسیدان‌های غیر آنزیمی (فنول و فلاونوئید) و آنزیمی (CAT, SOD, APX) موجب افزایش فعالیت آنتی اکسیدان کل در میوه کیوی شد.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

محلول پاشی اسید آمینه و CPPU به طور معنی داری موجب افزایش اندازه و کیفیت میوه کیوی شد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، فنول و فلاونوئیدکل، ویتامین ث، اسید قابل تیتراسیون، سفتی بافت میوه و وزن میوه در تیمار ۳۰۰۰ پی پی ام اسید آمینه و ۱/۵ پی پی ام CPPU در هفته چهارم محلول پاشی بعد از تمام گل مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده از اسیدهای آمینه به جای سایتوکینین می‌تواند به عنوان مواد طبیعی و ایمن، راهکاری مناسب در جهت کاهش مصرف کودها و مواد شیمیایی و جلوگیری از مخاطرات زیست محیطی آنها، برای افزایش عملکرد و کیفیت میوه کیوی رقم هایوارد باشد.

بی‌نام، (۱۴۰۲)، آمارنامه کشاورزی محصول‌های باغبانی وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات، تهران، ایران. قابل دسترسی در آدرس: <http://www.maj.ir>

حسن‌زاده، سکینه؛ امیری، محمد اسماعیل؛ نائینی محمدرضا و دلجو حافظعلی (۱۳۹۳). اثر محلول‌پاشی کود آمینواسید دار بر عملکرد و کیفیت میوه انار رقم «نادری» در شرایط تنش کم آبی. علوم و فنون باغبانی، ۱۵ (۴)، ۵۴۵-۵۳۳.

## REFERENCES

- Abd El-Rezak, E., & Saleh, 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 Scientific Research*, 12(8), 1165-1172.
- Ainalidou, A., Karamanoli, K., Menkissoglu-Spiroudi, U., Diamantidis, G., & Matsi, T. (2015). CPPU treatment and pollination, Their combined effect on kiwifruit growth and quality. *Scientia Horticulturae*, 193, 147-154.
- Ali, M.H., Khan, A.S., Jaskani, M.J., Anwar, R., Ali, S., Malik, As.U., Hasan, M.U., Rehman, R.N.U., & Ayyub, S. (2022). Pre-storage application of L-arginine mitigates chilling injury and maintains quality of Sandhuri guava fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, 1640.
- Ali, S., Khan, A.S., & Malik, A.U. (2016). Postharvest L-cysteine application delayed pericarp browning, suppressed lipid peroxidation and maintained antioxidative activities of litchi fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 121:135-142.
- Almutairi, K.F., Saleh, A.A., Ali, M.M., Sas-Pasz, L., Abada, H.S., & Mosa, W.F.A. (2022). Growth performance of Guava trees after the exogenous application of amino acids glutamic acid, arginine, and glycine. *Horticulturae*, 8, 1110.
- Amin, A., F. Gharib, El-Awadi, M., & Rashad, E. (2011). Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. *Scientia Horticulturae*, 129, 353-360.
- Anonymous, (2023), Agricultural statistics of horticultural products of the Ministry of Agricultural Jihad, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center, Tehran, Iran. Available at: <http://www.maj.ir> (In Persian)
- Arabloo, M., Imani, A., Rasouli, M., & Shahmoradi, M. (2014). Evaluation of foliar application calcium chelated and amino acid on nutritional status, chlorophyll, and leaf area surface of Golden Delicious and Granny Smith. *Agroecology Journal*, 10(2), 43-52.
- Ardebili, Z. O., Moghadam, A. R. L., Ardebili, N. O., & Pashaie, A. R. (2012). The induced physiological changes by foliar application of amino acids in *Aloe vera* L. plants. *Plant Omics*, 5, 279-286.
- Boras, M., Zidan R., & Halloum, W. (2011). Effect of amino acids on growth, production and quality of tomato in plastic greenhouses. *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series*, 33(5), 229-238.
- Chang, P.T. (2021). Effect of preharvest application of CPPU and perforated packaging on the postharvest quality of Red-Fleshed Pitaya (*Hylocereus polyrhizus* sp.) fruit. *Horticulturae*, 7, 253.
- Childerhouse, E. (2009). The effect of a natural plant extract and synthetic plant growth regulators on growth, quality and endogenous hormones of *Actinidia chinensis* and *Actinidia deliciosa* fruit. *Massey Un. New Zealand*, 1-161.
- Colla, G., Cardarelli, M., Bonini, P., & Roupael, Y. (2017). Foliar Applications of Protein Hydrolysate, Plant and Seaweed Extracts Increase Yield but Differentially Modulate Fruit Quality of Greenhouse Tomato. *Horticultural sciencea*, 52, 1214-1220.
- Cruz-Castillo, J. G., Baldicchi, A., Frioni, T., Marocchi, F., Moscatello, S., Proietti, S., & Famiani, F. (2014). Pre-anthesis CPPU low dosage application increases 'Hayward' kiwifruit weight without affecting the other qualitative and nutritional characteristics. *Food Chemistry*, 158, 224-228.
- Davies, P.J. (2004). *Plant Hormones, Biosynthesis, Signal Transduction, Action*, Springer, New York, NY, USA.
- Dioha, I. J., Olugbemi, O., Onuegbu, T. U., & Shahru, Z. (2011). Determination of ascorbic acid content of some tropical fruits by iodometric titration. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 2180-2184.
- El-Badawy, H. E. M. (2019). Effect of spraying amino acids and micronutrients as well as their combination on growth, yield, fruit quality and mineral content of Canino apricot trees. *Journal of Plant Production*. 10(2), 125 - 132.
- El-Din, K. M. G., & El-Wahed, M. (2005). Effect of some amino acids on growth and essential oil content of chamomile Plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 3, 376-380.
- Ezz, A., Thanaa, M., Mahmoud, G., El-Gawad, A., & Naghrees, K. (2021). Effect of some growth regulators on productivity, fruit quality and storability of sugar apple. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 8(5), 12298-12316.

- 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.
- Garcia, J.C., García, G., & Ciordia, M. (2014). Variedades de kiwi. *Tecnología agroalimentaria*, 14, 2–7.
- Cavusoglu, S., Sensoy, S., Karatas, A., Tekin, O., Islek, F., Yilmaz, N., Adamkova, A., & Mlcek, J. (2021). Effect of Pre-Harvest Organic Cytokinin Application on the Post-Harvest Physiology of Pepper (*Capsicum annuum* L). *Sustainability*, 13(15), 8258.
- Gill, S., & Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909–930.
- Govindaraju, S., & Arulselvi, P.I. (2016). Effect of cytokinin combined elicitors (l-phenylalanine, salicylic acid and chitosan) on in vitro propagation, secondary metabolites and molecular characterization of medicinal herb - *Coleus aromaticus* Benth (L). *Journal of the Saudi Society of Agricultural*, 4, 45-51.
- Habibi, F., & Ramezani, A. (2017). Vacuum infiltration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage. *Food Chemistry*, 227, 1–8.
- Haghighi, M., Barzegar, A., & Abolghasem, R. (2022). Effect of exogenous amino acids application on the biochemical, antioxidant, and nutritional value of some leafy cabbage cultivars. *Scientific Reports*, 12, 177-185.
- Hamid, A.A., Aiyelaagbe, O.O., Usman, L.A., Ameen, O.M., & Lawal, A. (2010). Antioxidants, Its medicinal and pharmacological applications. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 4, 142–151.
- Han, D. H., & C. H. Lee. (2004). The effects of GA<sub>3</sub>, CPPU and ABA applications on the quality of 'Kyoho' (*Vitis vinifera* L. x *V. labruscana* Bailey) grapes. *Acta Horticulturae*, 653, 193-197.
- Hassanzade, S. Amiri, M. E., Naeni, M.R., & Deljou, H. (2015). Effect of Spraying of Fertilizer Containing Amino acids on Yield and Quality of Pomegranate Cultivar "Naderi" under Deficit Conditions. *Journal of Horticultural Science and Technology*, 15(4), 533-545. (In Persian)
- Huang, H.W., Gong, J.J., Wang, S.M., He, Z.C., Zhang, Z.H. & Li, J.Q. (2000). Genetic diversity in the genus *Actinidia*. *Chinese Biodiversity* 8:1–12.
- Iwahori, S., Tominaga, S., & Yamasaki, T. (1988). Stimulation of fruit growth of kiwifruit, *Actinidia chinensis* Planch, by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea, a diphenylurea-derivative cytokinin. *Science Horticulturae*, 35,1-2. 109-115.
- Jia, H.J., Okamoto, G., & Hirano, K. (2000). Effect of amino acid composition on the taste of 'Hakuho' peaches (*Prunus persica* Batsch) grown under different fertilizer levels. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 69, 135-140.
- Kaijv, M., Sheng, L., & Chao C. (2006). Antioxidation of flavonoids of Rhizome. *Food Science*, 27,110-115.
- Kakkar, R., Nagar, P., Ahuja, P., & Rai, V. (2000). Polyamines and plant morphogenesis. *Plant Biology*, 43, 1–11.
- Keda, F., Ishikawa, K., Yazawa, S., & Baba, T. (2004). Induction of compact clusters with large seedless berries in the grape cultivar 'Fujiminori' by the use of streptomycin, gibberellins, and CPPU. *Acta Horticulturae*, 640, 361-368.
- Li, W., Herrera-Estrella, L., & Lam-Son, P.T. (2016). The Yin-Yang of cytokinin homeostasis and drought acclimation/adaptation. *Trends in Plant Science*, 21(7), 548-550.
- Liu, X., Luo, Y., Wang, S., Wang, H., Harpaz-Saad, X., & Huang X. (2022). Residue analysis and the effect of preharvest forchlorfenuron (CPPU) application on on-tree quality maintenance of Ripe fruit in "Feizixiao" Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Frontiers in Plant Science*, 14-23.
- Liu, F.H., & Longnecker, N. (2001). Interactive effect of cytokinin and potassium on sink-source relationships in *Lupinus angustifolius*, *Plant Growth Regulation*, 2, 1–6.
- Ma, T., Sun, X., Zhao, J., You, Y., Lei, Y., Gao, G., & Zhan, J. (2017). Nutrient compositions and antioxidant capacity of kiwifruit (*Actinidia*) and their relationship with flesh color and commercial value. *Food Chemistry*, 218, 294–304.
- Mohseni, F., Pakkish, Z., & Panahi, B. (2017). Arginine impact on yield and fruit qualitative characteristics of strawberry. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 82, 19–26.
- Nishiyama, I., Fukuda T., Shimohashi, A., & Oota, T. (2008). Sugar and organic acid composition in the fruit juice of different actinidia varieties. *Food Science and Technology Research*, 14(1), 67–73.
- Ogweno, J. O., Hu, W. H., Song, X. S., Shi, K., Mao, W. H., Zhou, Y. H., & Yu, J. Q. (2010). Photoinhibition-induced reduction in photosynthesis is alleviated by abscisic acid, cytokinin and brassinosteroid in detached tomato leaves. *Plant Growth Regulation*, 60, 175-182.

- Pakkish, Z., & Mohammadrezakhani, S. (2021). Quality characteristics and antioxidant activity of the mango (*Mangifera indica*) fruit under arginine treatment. *Journal of Plant Physiology*, 11, 63–74.
- Pan, Y.F., Chen, H.H., Li, X.H., Chen, H.Y., Wang, W. and Zhang, Y.Z. 2014. Effect of Temperature on Activities of Cell Wall Enzymes of Kiwifruit during the Shelf Life. *In Advanced Materials Research*, 997, 150-153.
- Patterson, K.J., & Currie, M.B. (2010). Optimising Kiwifruit Vine Performance for High Productivity and Superior Fruit Taste. VII International Symposium on Kiwifruit, *Acta Horticulturae*, 913, 57-268.
- Polo, J., & Mata, P. (2018). Evaluation of a biostimulant (pepton) based in enzymatic hydrolyzed animal protein in comparison to seaweed extracts on root development, vegetative growth, flowering, and yield of gold cherry tomatoes grown under low stress ambient field conditions. *Frontiers in Plant Science*. 8, 2261.
- Publications Office of the European Union. (2004). Commission Regulation (EC) No 1673/2004 of 24 September 2004 Laying Down the Marketing Standard Applicable to Kiwifruit. In: The Publications Office of the European Union Luxembourg.
- Rennenberg, H., & Herschbach, C. (2014). A detailed view on sulphur metabolism at the cellular and whole-plant level illustrates challenges in metabolite flux analyses. *Journal of Experimental Botany*. 65, 5711–5724.
- Ricci, A., Incerti, M., Rolli, E., Vicini, P., Morini, G., Comini, M., & Branca, C. (2006). Diheteroaryurea derivatives as adventitious rooting adjuvants in mung bean shoots and M26 apple rootstock. *Plant Growth Regulation*, 50(2-3), 201-209.
- Richardson, A.C., Marsh, K.B., Boldingh, H.L., Pickering, A.H., Bulley, S.M., Frearson, N.J. & Macrae, E.A. (2004). High growing temperatures reduce fruit carbohydrate and vitamin C in kiwifruit. *Plant Cell Environment*. 4, 423-435.
- Sabaghnia, Z., & Nahavandi, F. (2023). Effects of Forchlorfenuron (CPPU) treatment on fruit properties in the fruit of common guava. *Pobrane z czasopisma Annales C Biologia*, 2, 28-36.
- Sadak, M.S.H., Abdelhamid, M.T., & Schmidhalter, U. (2015). Effect of foliar application of amino acids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater. *Acta Biológica Colombiana*, 20(1), 140–152.
- Shargal, A., Golobovich, S., Yablivich, Z., & Grafi, G. 2006. Synthetic cytokinins extend the phase of division of parenchyma cells in developing pear (*Pyrus communis* L.). *Fruits*. 81, 915–92.
- Shehata, S. A., Gharib, A. A., El-Mogy, M. M., Gawad, A. K. F., & Shalaby, E. A. (2011). Influence of compost, amino and humic acids on the growth and yield and chemical parameters of strawberries. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5, 2304-2308.
- Shu, P., Min, D., Ai, W., Li, J., Zhou, J., Li, Z., Zhang, X., Shi, Z., Sun, Y., & Jiang, Y. 2020. L-Arginine treatment attenuates postharvest decay and maintains quality of strawberry fruit by promoting nitric oxide synthase pathway. *Postharvest Biology and Technology*, 168, 111253.
- Sogvar, O.B., Rabiei, V., Razavi, F., & Gohari, G. (2020). Phenylalanine Alleviates Postharvest Chilling Injury of Plum Fruit by Modulating Antioxidant System and Enhancing the Accumulation of Phenolic Compounds. *Food Technology and Biotechnology*. 58, 433-444.
- Suwandi, T., Dewi, K., & Cahyono, P. (2016). Pineapple harvest index and fruit quality improvement by application of gibberellin and cytokinin. *Fruits*, 71(4), 209-214.
- Tavarini, S., Degl'Innocenti, E., Remorini, D., Massai, R., & Guidi, L. (2008). Antioxidant capacity, ascorbic acid, total phenols and carotenoids changes during harvest and after storage of Hayward kiwifruit. *Food Chemistry*, 107, 282- 288.
- Teixeira W., Fagan, E., Soares, L., Umburanas, R., Reichardt, K., & Neto, D. (2017). Foliar and Seed Application of Amino Acids Affects the Antioxidant Metabolism of the Soybean Crop. *Frontiers in Plant Science*, 8, 24-35.
- Thakur, M., Raina, R., Sharma, A., Singh, K., & Kapoor, R. (2020). Effect of CPPU (Sitofex) on Quality and Yield in Kiwi Fruit. *Journal of Krishi Vigyan*. 9(1), 81-83.
- Vincill, E.D., Bieck, A.M., & Spalding, E.P. (2012). Ca<sup>2+</sup> conduction by an amino acid-gated ion channel related to glutamate receptors. *Plant Physiology*, 159, 40–46.
- Wang, J., Lv, M., He, H., Jiang, Y., Yang, J., & Ji, S. (2020). Glycine betaine alleviated peel browning in cold-stored 'Nanguo' pears during shelf life by regulating phenylpropanoid and soluble sugar metabolisms. *Scientia Horticulturae*. 22-34.
- White, A., De Silva, H.N., Requejo-Tapia, C., & Harker, F.R. (2005). Evaluation of softening characteristics of fruit from 14 species of *Actinidia*. *Postharvest Biology and Technology*, 35(2): 143-151.
- Wu, L., Lan, J., Xiang, X., Khan, S., & Liu, Y. (2020). Transcriptome sequencing and endogenous phytohormone analysis reveal new insights in CPPU controlling fruit development in kiwifruit (*Actinidia chinensis*) *Research Article*, 126-132.
- Yagi, M., & Abdulkareem, S. (2006). Effects of exogenous arginine and uric acid on *Eruca sativa* mill grown under saline conditions. *Journal of Science and Technology*, 7, 1–11.

- Zhang, C., & Whiting, M. D. (2011). Improving 'Bing'sweet cherry fruit quality with plant growth regulators. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 341-346.
- Zhang, H., Wang, Y.Q., Deng, Q.X., Yang, Z.W., Pan, C.P., Chi, Z.H., Wen, L., & Yang, Y.M. (2021). Effects of Exogenous Trans-Zeatin and Lovastatin on Abortion of Small Seeds in 'Dawuxing' Loquat (*Eriobotrya Japonica* Lindl.). *Agriculture*, 11, 409
- Zheng, J.L., Hu, L.Y., Hu, K.D., Wu, J., Yang, F., & Zhang, H. (2016). Hydrogen sulfide alleviates senescence of fresh-cut apple by regulating antioxidant defense system and senescence-related gene expression. *Horticulture Science*. 51, 152-158.

فصلنامه علمی پژوهشی  
فصلنامه علمی پژوهشی  
فصلنامه علمی پژوهشی

# The impact of foliar application of exogenous cytokinin (CPPU) and amino acids on the quantitative and qualitative characteristics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward')

## Extended Abstract

### Introduction

The widespread use of mineral fertilizers today has raised concerns regarding human health and environmental risks. Increasing awareness about the sustainability of existing agricultural systems has led to a growing preference for natural compounds to enhance fruit growth and quality. The primary objective for kiwifruit worldwide is to boost fruit yield and improve fruit quality, particularly in terms of weight. This research explores the impact of foliar application of exogenous cytokinin (CPPU) and amino acids on the quality and quantity characteristics of kiwifruit.

### Material and Methods

The experiment followed a factorial design, employing a randomized complete block design with three replications and two factors. The first factor comprised two concentrations (0.75 and 1.5 ppm) of synthetic cytokinin forchlorfenuron (CPPU) with the brand name NERGOFEX, a product of DOGAL Turkey. Additionally, three concentrations (1000, 2000, and 3000 ppm) of powdered amino acid, commercially named "Amino Spark," were included, along with a control treatment sprayed with water. The foliar spraying occurred at the beginning of the third and fourth week after the full bloom stage. Measured traits included fruit size (length and width), fruit weight, fruit volume, titratable acid, fruit texture firmness, soluble solids (TSS), total flavonoids and phenols, vitamin C, antioxidant capacity, and antioxidant enzymes activity (superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and catalase). Statistical analysis utilized analysis of variance (ANOVA) with SPSS software (version 20), and differences were assessed using Duncan's multiple range test at a significance level of 5%.

### Results and Discussion

The analysis of variance revealed that all measured traits were significantly influenced by the simple effects of treatment (amino acids and cytokinin). Additionally, all measured traits, except fruit length, were significantly affected by the simple effects of foliar spraying time. Fruit weight, firmness, titratable acid, total flavonoid, catalase, and antioxidant capacity at the 5% level, and vitamin C and total phenol at the 1% level, were impacted by the interaction effects of treatment and spraying time. The treatments and interaction effects of exogenous cytokinin and amino acids foliar increased the quality of kiwifruit compared to the control. The highest fresh weight (121.6 g), firmness (5.3 kg/cm<sup>2</sup>), total phenols (78.7 mg 100 g<sup>-1</sup> FW) and flavonoids (13.8 mg 100 g<sup>-1</sup> FW), ascorbic acid (47.4 mg 100 g<sup>-1</sup> FW), total antioxidant activity (82.2%), and catalase activity (9.2 U g<sup>-1</sup> FW) were observed in the treatment of 3 g/l amino acids with foliar application in the beginning of fourth week after fullbloom. The highest superoxide dismutase activity (76.2 and 72.9 U g<sup>-1</sup> FW), ascorbate peroxidase activity (25.8 and 22.4 U g<sup>-1</sup> FW), fruit length (66.1 and 65.8 mm), and fruit width (56.5 and 55.5 mm) were obtained with amino acid 3000 ppm and CPPU 1.5 ppm alone. Overall, the foliar application of 3000 ppm amino acid and 1.5 ppm CPPU, in the beginning of fourth week after fullbloom, had a more significant impact on the majority of traits compared to the control in Hayward kiwifruit.

### Conclusion

Considering the lack of significant differences between 3000 ppm of amino acid and 1.5 ppm of cytokinin in most of the measured quantitative and qualitative traits, it seems that using of amino acids instead of cytokinin as natural and safe substances can be a suitable solution to reduce the consumption of fertilizers and chemicals and prevent their environmental hazards, to increase the yield and quality of Hayward kiwifruit cultivar.

**Keywords:** *Agricultural sustainability, Antioxidant enzymes, Firmness, Fresh weight, Vitamin C.*