

نشریه پژوهشی:

تأثیر محلول پاشی برگی اسید گلوتامیک بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم آلبیون در شرایط هیدروپونیک

صلاح الدین مصلحتی فرد^۱ و حمید حسن پور^{۲*}

۱ و ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۸ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۸/۹)

چکیده

امروزه به دلیل اهمیت تولید محصولات ارگانیک و افزایش تقاضا، استفاده از ترکیبات سالم و ارگانیک نظیر آمینو اسیدها (اسید گلوتامیک) جهت افزایش کیفیت و کمیت محصول، می‌تواند مؤثر می‌باشد. در این پژوهش تأثیر اسید گلوتامیک با سه سطح (صفر، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) به صورت محلول‌پاشی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم آلبیون در شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج اثر اسید گلوتامیک بر ارتفاع بوته، شکل میوه، عملکرد کل، طعم میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، سفتی بافت میوه، آنتوسیانین کل و ویتامین ث معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد کل، مواد جامد محلول، سفتی بافت و آنتوسیانین کل و ویتامین ث میوه در تیمار اسید گلوتامیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد. همچنین بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون در تیمار شاهد ثبت شد. بر اساس این پژوهش، کاربرد اسید گلوتامیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در جهت بهبود خواص کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی پیشنهاد می‌شود، ولی نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارد.

واژه‌های کلیدی: اسید آمینه، توت‌فرنگی، عملکرد، کیفیت میوه.

Effect of glutamic acid on some quantitative and qualitative attributes of strawberry fruit (*Fragaria × ananassa*, cv. Albion) under hydroponic conditions

Salahuddin Maslahatifard¹ and Hamid Hassanpour^{2*}

1, 2. M. Sc. Student and Associate Professor, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

(Received: Sep. 29, 2020- Accepted: Oct. 31, 2021)

ABSTRACT

Today, due to the importance of producing organic products and increasing demand, the use of healthy and organic compounds such as amino acids (glutamic acid) to increase the quality and quantity of the product, is very important. In this study, the effect of glutamic acid at three levels (0, 200 and 300 mg / l) as a foliar application on some quantitative and qualitative characteristics of strawberry cultivar Albion under hydroponic conditions was investigated. According to the results, effect of glutamic acid on plant height, fruit shape, total yield, fruit flavor, titratable acidity, firmness, total anthocyanin and vitamin C of fruit tissue was significant. The highest total yield, soluble solids, tissue firmness, total anthocyanin and vitamin C of fruit tissue was observed in glutamic acid treatment with a concentration of 300 mg / l. Also, the highest titratable acidity was recorded in the control treatment. According to this study, the use of glutamic acid at a concentration of 300 mg / l is recommended to improve the quantitative and qualitative properties of strawberry fruit, but requires further research.

Keywords: Amino acid, fruit qual, strawberry, yield.

* Corresponding author E-mail: ha.hassanpour@urmia.ac.ir

مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria × ananassa* Dutch از خانواده گل سرخیان بوده و از بهترین میوه‌های مناطق معتدله می‌باشد. این گیاه به دلیل میوه نوبرانه، طرفداران زیادی دارد به طوری که تولید سراسری توت‌فرنگی دو برابر تولید سایر ریز میوه‌ها می‌باشد. توت‌فرنگی پتانسیل بالایی در سلامت انسان دارد و در قرون گذشته تقاضا برای مصرف توت‌فرنگی جهت درمان نیز بالا بوده است (Akbari et al., 2015). دوره تولید کوتاه این محصول امکان تولید خارج از فصل آن را برای طرفدارانش فراهم کرده است و در طول سال به صورت تازه خوری قابل عرضه به بازار است. امروزه این کار از طریق کشت‌های گلخانه‌ای و روش‌های کشت بدون خاک در درون گلخانه‌ها اهمیت ویژه‌ای یافته است. در کشت بدون خاک کنترل تغذیه‌ای گیاه امکان پذیرتر است، همچنین عملکرد و کیفیت میوه نسبت به کشت‌های خاکی بیشتر و به دلیل عدم تماس میوه‌ها با خاک به میزان کمتری دچار بیماری‌ها و آفات میوه نظیر پوسیدگی میوه و آسیب‌های ناشی از حشرات می‌شوند (Morgan, 2005).

توت‌فرنگی جزو میوه‌هایی است که به دلیل عطر، طعم و ارزش غذایی بالا طرفداران زیادی در سراسر جهان پیدا کرده است عامل عطر و طعم توت‌فرنگی ترکیبات روغنی فرار می‌باشند که با رسیدن توت‌فرنگی میزان آن‌ها افزایش می‌یابد (Yildizhan, 2018). ویژگی‌های اصلی مربوط به کیفیت توت‌فرنگی، عطر و طعم (نسبت قند به اسید و ترکیبات فرار) و رنگ است (Yan et al., 2019). گلوکز، ساکارز و فروکتوز اصلی‌ترین قندهای محلول میوه توت‌فرنگی هستند. همچنین اسید سیتریک با میزان ۰.۸۸٪ فراوان‌ترین اسید آلی در میوه توت‌فرنگی است (Akhatou & Fernandez, 2014).

رقم آلبیون یک رقم روز خنثی بوده و در تمام طول فصل رشد به صورت مداوم گلدهی دارد، عامل محدودکننده رشد آن دمای بالا (بیشتر از ۲۶ درجه سانتیگراد) و دمای پایین (زیر ۱۴ درجه سانتیگراد) است (Jamali & Bunyanpour, 2016). امروزه کاربرد ترکیبات آلی و زیستی محتوی آمینو اسیدها در

گیاهان مورد توجه قرار گرفته است که دلیل این توجه نقش اساسی اسیدهای آمینه در حیات موجودات می‌باشد. این مواد با تأثیر بر روند پروتئین سازی در سطوح ژنی و با تأثیر بر سوخت و ساز گیاهی، رشد و تکوین گیاه را منظم می‌نماید که محلول پاشی برگی آن‌ها اثر مؤثری را بر روی گیاهان خواهد داشت (Asadi et al., 2018). مطالعات نشان داده‌اند که آمینو اسیدها می‌توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی در رشد و نمو گیاهان تأثیر بگذارند (Faten et al., 2010). اخیراً تمایل به استفاده از ترکیبات طبیعی یا ارگانیک از جمله اسیدهای آمینه بعنوان جایگزین مواد شیمیایی برای افزایش کیفیت و عملکرد محصولات کشاورزی رو به افزایش است (Jahani et al., 2016). اسید گلوتامیک یک اسید آمینه غیر ضروری و چند منظوره است که نقش مهمی در سیگنالینگ انتقال دهنده عصبی دارد، همچنین پیش ساز سایر اسیدهای آمینه مانند پرولین و آرژنین می‌باشد (Alharbi et al., 2019). اسید گلوتامیک در انتقال، ذخیره نیتروژن و اساساً در گرده افشانی، تشکیل میوه و در سنتز اکسین نقش دارد. همچنین پیش‌ساز مشترک برای کلروفیل و پرولین می‌باشد (Jahani et al., 2016). هر اسید آمینه را می‌توان به عنوان دهنده گروه آمینی استفاده کرد، اما مهم‌ترین اسید آمینه، اسید گلوتامیک است که تشکیل و تبدیل آن نقش مهمی در سنتز اسیدهای آمینه و ترکیبات نیتروژن دار دارد (Yu et al., 2010). اسید گلوتامیک در تشکیل بافت رویشی و کلروفیل نقش دارد و همچنین دارای خاصیت کلات کنندگی برای عناصر کم مصرف می‌باشد به همین دلیل جذب و انتقال عناصر غذایی را در گیاه بهبود می‌بخشد (Singh, 1999).

در مطالعه‌ای تیمار اسید گلوتامیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سیستم هیدروپونیک بسته، رشد و عملکرد گیاهان توت‌فرنگی را بهبود بخشید (Mondal et al., 2013). همچنین در پژوهشی دیگر کاربرد اسید گلوتامیک با غلظت ۳۱۹ میلی‌گرم بر لیتر به همراه نور دهی تکمیلی (LED (R : B=8:2) با طول موج ۵۷۶ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه، روی توت‌فرنگی کاشته

این پژوهش نقش اسید گلوتامیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون در شرایط هیدروپونیک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در گلخانه‌های گروه علوم باغبانی دانشگاه ارومیه انجام شد. نشاءهای توت‌فرنگی رقم آلبیون بعد از خریداری به صورت سینی کشت، به مدت ۲۴۰ ساعت در سردخانه (۴-۰ درجه سانتی‌گراد) دانشگاه ارومیه گروه علوم باغبانی سرماهی شدند. پس از رفع نیاز سرمایی نشاءهای توت‌فرنگی در گلدان‌هایی با سایز ۱۹ با نسبت ۵۰ به ۵۰ (کوکوپیت و پرلایت)، با شرایط فتوپریودی ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی، رطوبت نسبی ۷۰-۵۰ درصد و دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد روز و ۱۵ درجه سانتی‌گراد شب، در اول آبان ماه کشت شدند. تیمار اسید گلوتامیک، ۲۰ روز پس از کاشت در زمانی که بوته‌ها ۳ الی ۵ برگی بودند، به فاصله هر هفته یک بار تا آخر دوره کشت، در سه سطح (صفر، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، به صورت محلول‌پاشی اعمال شد. محلول غذایی به مقدار ۱۸۰ میلی‌لیتر (یک روز در میان) در اختیار بوته‌ها قرار گرفت. گیاهان بر اساس فرمول غذایی لینت مورگان تغذیه شدند که شامل کودهای ماکرو و میکرو بود (جدول ۱). میوه‌هایی که بیش از ۷۰ درصد رنگ گرفته بودند، برداشت و شاخص‌های کمی بلافاصله روی آنها اندازه‌گیری شده و میوه‌ها برای اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی و کیفی در فریزر ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

صفات مورد بررسی

در این پژوهش صفاتی نظیر تعداد برگ، ارتفاع و عرض بوته، قطر طوقه، طول، عرض و وضعیت ظاهری میوه، عملکرد کل، سفتی بافت میوه، طعم، pH آب میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون، مواد جامد محلول، آنتوسیانین کل و ویتامین ث مورد بررسی قرار گرفت.

شده در سیستم هیدروپونیک بسته، تحت شرایط خود سمیتی (Autotoxicity)، رشد، عملکرد، کیفیت و میزان مواد معدنی (آهن و منیزیم) را افزایش داد (Talukder *et al.*, 2018). کاربرد برگی ویتامین B، اسید گلوتامیک و جلبک‌ها روی انگوره‌های بدون دامپسون باعث افزایش کلروفیل کل، سطح برگ و عملکرد میوه در مقایسه با شاهد گردید. علاوه بر این، این تیمارها باعث افزایش غلظت نیترोजن، فسفر و پتاسیم شد و همچنین کیفیت میوه را در مقایسه با شاهد نیز بهبود بخشید (Abou-Zaid & Eissa, 2019). در مطالعه‌ای تیمار متیونین، اسید گلوتامیک و آرژنین با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر روی انگور بی‌دانه، طول شاخساره، سطح برگ، کلروفیل کل و اسیدهای آمینه کل موجود در برگ‌ها و همچنین درصد N، P، K و Mg موجود در برگ را بهبود بخشید. علاوه بر این عملکرد، وزن خوشه، وزن حبه، محتوای مواد جامد محلول، قندهای کل، آنتوسیانین کل و فنل‌های کل را افزایش و در ضمن اسیدیته کل موجود در انواع حبه‌ها را نسبت به شاهد کاهش داد (Belal *et al.*, 2016). در مطالعه‌ای (Mazher *et al.* 2012) تأثیر کینتین، اسید آسکوربیک و اسید گلوتامیک را روی رشد و ساختار شیمیایی کرچک هندی مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که تیمار ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسید گلوتامیک، بیشترین تأثیر را در افزایش رشد رویشی، میزان نیروجن، فسفر و پتاسیم و کربوهیدرات کل دارد.

همچنین در مطالعه (Wahba *et al.* 2015) روی گیاه گزنه، محلول‌پاشی برگی اسید گلوتامیک با غلظت‌های (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) به طور معنی‌داری ارتفاع بوته، تعداد شاخه، وزن تر و خشک گیاه، عملکرد دانه و همچنین ترکیبات شیمیایی مانند کربوهیدرات کل، محتوای چربی کل و کل مشتقات اسید کافئیک را در گیاه و بدر آن افزایش داد. تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با تأثیر اسید گلوتامیک بر روی ویژگی‌های رشدی و فیزیولوژیکی توت‌فرنگی رقم آلبیون انجام نشده است. بنابراین در

جدول ۱. مقدار محلول غذایی استفاده شده برای کشت توت‌فرنگی در سیستم هیدروپونیک بر اساس فرمول غذایی لینت (۲۰۰۶).

Table 1. Amounts of nutrients used for growing strawberries in a hydroponic system according to Lynette (2006).

Growth stage	Nutrients (mg/L)													
	N	P	K	Mg	Ca	S	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo	EC	pH
Vegetative growth	207	65	184	58	221	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8
Fruiting	182	82	301	58	148	77	6.5	2.6	0.25	0.7	0.07	0.05	2	5.8

و به میوه‌هایی با کیفیت ظاهری پایین تر، عدد ۱ تعلق گرفت. در نهایت میانگین امتیازها به عنوان امتیاز اصلی برای شکل میوه در هر تیمار در نظر گرفته شد (De Resende *et al.*, 2008).

pH میوه

برای اندازه‌گیری pH میوه، آب میوه‌ها با استفاده از دستگاه آب میوه گیر گرفته شد، پس از عبور دادن آب میوه از کاغذ صافی، با قرار دادن الکتروود pH متر در داخل آب میوه صاف شده و pH مورد نظر قرائت گردید (Caruso *et al.*, 2011).

اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتر (TA)

برای این منظور از روش تیتراسیون استفاده شد به این صورت که ابتدا ۱۰ میلی‌لیتر از آب میوه داخل ارلن مایر ریخته شد. سپس به آن ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. برای اندازه‌گیری اسیدهای قابل تیتراسیون، همزمان با قرائت pH، عمل تیتراسیون توسط هیدروکسید سدیم (NaOH) ۰/۱ نرمال (۴ گرم در لیتر) تا زمان رسیدن pH عصاره به عدد ۸/۲ انجام شد. براساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرفی، مقدار اسید موجود در عصاره میوه به صورت میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ گرم عصاره میوه بیان گردید (Ayala-Zavala *et al.*, 2007). میزان اسیدیته قابل تیتر توت‌فرنگی برحسب فرمول زیر محاسبه گردید:

$$TA = \left(\frac{S \times N \times F \times E}{C} \right) \times 100$$

TA: مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره میوه توت‌فرنگی

S: مقدار NaOH مصرف شده (ml)

N: نرمالیت NaOH (۰/۱ نرمال)

F: فاکتور NaOH یا ضریب نرمال (۱)

C: مقدار عصاره میوه (۱۰ ml)

E: اکی‌والان اسید سیتریک (۰/۰۶۴)

میزان مواد جامد محلول (TSS)

برای اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول با قرار دادن چند قطره از عصاره میوه توت‌فرنگی روی رفاکتومتر دستی مدل ATAGO انجام شد و عدد مربوطه از روی

ارتفاع و عرض بوته و تعداد برگ

زمانی که رشد رویشی بوته‌ها به اتمام رسید (اواخر دوره کشت)، ارتفاع هر کدام از بوته‌ها به وسیله خط‌کش از محل طوقه تا نوک مریستم انتهایی ساقه به عنوان شاخص ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد و به سانتی‌متر بیان گردید. همچنین جهت اندازه‌گیری عرض بوته، پهنای بوته از دو جهت با خط‌کش اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به عنوان شاخص عرض بوته بر حسب سانتی‌متر بیان شد. زمانی که رشد رویشی بوته‌ها به اتمام رسید، تعداد برگ هر کدام از بوته‌ها شمارش و ثبت شد.

طول و عرض میوه و قطر طوقه

طول و عرض تمامی میوه‌های برداشت شده با کولیس دیجیتالی مدل NO:Z 22855، اندازه‌گیری شده و سپس از آن میانگین گرفته شد و همچنین برای اندازه‌گیری قطر طوقه نیز از همان کولیس استفاده شد و داده‌ها برحسب میلی‌متر (با دقت ۰/۰۱) قرائت گردید.

عملکرد کل بوته

وزن میوه‌ها با ترازو حساس مدل Candg 1300 با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس عملکرد کل بوته از ابتدا تا انتهای تولید میوه برای بازه زمانی ۳۰ روز ثبت شد.

تعیین سفتی بافت میوه

برای تعیین سفتی بافت میوه از دستگاه تجزیه و سنجش بافت مدل XTPlus-TA استفاده شد. سرعت پیش آزمون دستگاه ۲ میلی‌متر بر ثانیه، سرعت آزمون ۱ میلی‌متر بر ثانیه و سرعت پس آزمون ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه انتخاب شد. پروب مورد استفاده دارای قاعده‌ای مسطح و با قطر ۵ میلی‌متر بود. از روی نمودارهای نیرو-زمان حداکثر نیروی لازم برای نفوذ محاسبه و بر حسب نیوتون قرائت شد (Vargas *et al.*, 2006).

وضعیت ظاهری میوه (شکل میوه)

برای ارزیابی وضعیت ظاهری میوه از روش مشاهده ظاهری (امتیازدهی عدد ۵-۱) استفاده شد. به طوری که به میوه‌های عالی از نظر تقارن شکل و ظاهر عدد ۵

جداگانه تهیه و سپس ۵۰ میلی‌لیتر از محلول الف با ۹۷ میلی‌لیتر از محلول ب مخلوط شده و به حجم نهایی ۲۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت pH محلول در حدود ۱ تنظیم می‌گردد.

برای تهیه بافر دو pH=۴/۵ از دو محلول پایه استفاده شد، محلول ج حاوی اسید استیک ۰/۲ مولار و محلول د حاوی استات سدیم ۰/۲ مولار است که برای تهیه بافر ۲، ابتدا محلول ج و د به طور جداگانه تهیه شدند و سپس ۳۰/۵ میلی‌لیتر از محلول ج با ۱۹/۵ میلی‌لیتر از محلول د مخلوط شد و پس از آن به حجم نهایی ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. مقدار آنتوسیانین بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

= جذب نمونه (A)
(A520 pH1-A700 pH1)-(A520 pH4.5-A700 pH4.5)

(mg/100g)= آنتوسیانین کل

$$(A/26900^a)(10^3)(449.2^b)(20^c)$$

10^3 = ضریب تبدیل

a = ضریب خاموشی سیانیدین ۳ گلوکوزاید

b = وزن مولکولی سیانیدین ۳ گلوکوزاید

c = درجه رقیق سازی

ویتامین ث

میزان ویتامین ث عصاره میوه بر اساس کاهش رنگ ۲،۶ دی کلرو فنل ایندوفنل (DCPIP) توسط آسکوربیک اسید اندازه گیری شد (Bor *et al.*, 2006). در این روش ۱ گرم از بافت میوه با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید (۱ درصد) مخلوط شد. پس از گذشت نیم ساعت، مخلوط فوق در دمای ۴ درجه سانتیگراد و ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. از محلول رویی ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و به آن مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر DCPIP اضافه شد. میزان جذب نمونه ها در طول موج ۵۲۰ نانومتر و در ۴ تکرار خوانده شد. نمونه بلنک دارای ترکیبات فوق به جز عصاره میوه بود. از مقدار آسکوربیک اسید به هم به عنوان شاهد استفاده شد. مقدار آسکوربیک اسید به صورت میلی‌گرم آسکوربیک اسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره میوه بیان گردید.

ستون مدرج قرائت گردید. قبل از شروع کار، رفرآکتومتر کالیبره شده و همچنین پس از هر بار قرائت، رفرآکتومتر با آب مقطر شسته شده و برای قرائت‌های بعدی خشک گردید.

طعم میوه

برای سنجش طعم میوه از روش (Voca *et al.* 2009) استفاده شد به طوری که نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون به عنوان یکی از شاخص‌های طعم منظور گردید.

آنتوسیانین کل

استخراج عصاره به منظور اندازه‌گیری محتوی آنتوسیانین کل به این صورت انجام شد: یک گرم از نمونه پودر شده با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد اسیدی (حاوی یک میلی‌لیتر HCl غلیظ) مخلوط و به مدت یک دقیقه ورتکس شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری و سپس به مدت ۱۵ دقیقه در دور ۱۰۰۰۰ سانتریفیوژ شدند. سپس قسمت رویی نمونه‌ها به آرامی برداشته و در لوله‌های درب‌دار در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند (Hassanpour & Alizadeh, 2016).

برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل از روش اختلاف جذب در pH های مختلف استفاده شد (Cheng & Breen, 1991). برای قرائت آنتوسیانین کل از دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده شد. برای این منظور ابتدا دستگاه اسپکتروفوتومتر با بافر ۱ کالیبره شد، سپس ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر ۱ در فالکن مخلوط کرده و در هر دو طول موج قرائت شد. پس از این مرحله دستگاه با بافر ۲ کالیبره شده و ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره‌ها با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر ۲ مخلوط گردید و مانند مرحله قبل قرائت شد.

بافرهای استفاده شده در تعیین میزان آنتوسیانین کل به صورت زیر تهیه شدند: برای تهیه بافر ۱ (pH=1) از دو محلول پایه استفاده گردید. محلول الف حاوی کلراید پتاسیم ۰/۲ مولار و محلول ب حاوی اسید کلریدریک ۰/۲ مولار بود. برای تهیه بافر ۱ ابتدا محلول الف و ب به طور

آنالیز آماری داده‌ها

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. سپس داده‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS آنالیز شده و به منظور مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. همچنین نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص‌های شکل میوه، ارتفاع بوته، عملکرد کل، طعم میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و سفتی بافت میوه، آنتوسیانین کل و ویتامین ث معنی‌دار ولی صفات طول و عرض میوه، قطر طوقه، عرض بوته، تعداد برگ، مواد جامد محلول و همچنین pH آب میوه تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند (جدول‌های ۱ و ۲).

طول و عرض میوه

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، تیمار اسیدگلوتامیک روی صفت طول و عرض میوه اثرات معنی‌داری را نشان نداد. اما مقدار آن‌ها را نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین میزان طول میوه در گیاهان تیمار شده با اسیدگلوتامیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در حالی که بیشترین میزان عرض میوه در تیمار اسیدگلوتامیک ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول ۳). در مطالعه‌ای که تأثیر آمینواسید را روی فلفل دلمه‌ای بررسی کرده بودند، نتیجه گرفتند که عرض و طول میوه تحت تأثیر تیمار آمینواسید قرار نگرفت (Haghighi & Mozaffarian, 2015). همچنین در پژوهشی دیگر، با اینکه محلول پاشی اسید آمینه طول و عرض میوه را نسبت به شاهد در گیاه گوجه فرنگی افزایش داد، اما این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار نبود، که نتایج مطالعه حاضر نیز با این مطالعات مطابقت داشت (Juanmardi & Sattar, 2014).

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر اسید گلوتامیک بر برخی صفات کمی توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Table 2. Results of variance analysis effect of glutamic acid on some quantitative traits of strawberry cultivar Albion.

Source of variation	df	Mean of squares					
		Fruit length	Fruit width	Fruit shape	Crow diameter	Plant height	Plant width
Glutamic acid	2	20.874ns	7.078ns	2.33*	88.964ns	7.068**	40.098ns
Error	9	5.984	8.617	0.694	70.213	0.758	11.706
C.V (%)	-	7.126	7.211	24.39	15.29	6.81	9.677

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability level, respectively.

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر اسید گلوتامیک بر صفات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Table 3. Results of variance analysis effect of glutamic acid on some quantitative and qualitative traits of strawberry cultivar Albion.

Source of variation	df	Mean of squares								
		Number of leaves	Total yield	Fruit flavor	TSS	TA	pH	Firmness	Vitamin C	Anthocyanin
Glutamic acid	2	12.33ns	4815.93*	8.231*	3.27ns	0.047**	0.0064ns	0.01**	73.197**	309.048**
Error	9	15.805	984.72	1.205	1.125	0.004	0.0024	19.113	0.0008	5.745
C.V (%)	-	13.43	28.03	16.69	15.909	6.5	1.449	9.856	4.26	15.993

ns, *, **: Non-significantly difference and significantly difference at 5 and 1% of probability level, respectively.

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر برخی صفات کمی میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Table 4. Mean comparison effect of glutamic acid on some quantitative traits of strawberry fruit of Albion cultivar.

Glutamic acid (mg/l)	Fruit length (mm)	Fruit width (mm)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Number of leaves	Crown diameter (mm)	Fruit shape
0	40.88a	33.38a	11.20b	31.75b	27.75a	50.03a	2.75b
200	41.94a	32.66ab	13.37a	37.68a	31.25a	54.89a	3.25ab
300	39.27a	36.93b	13.84a	36.62ab	29.75a	59.43a	4.25a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک تفاوت آماری معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند. In each column, means with similar letter (s) are not significantly different at the 5% probability level based on Duncan.

وضعیت ظاهری میوه

وضعیت ظاهری میوه در اثر تیمار اسید گلوتامیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ارزیابی برای وضعیت ظاهری میوه در گیاهانی که اسید گلوتامیک با غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر دریافت کرده بودند، ثبت شد (جدول ۳). ترکیبات آمینو اسیدی منابعی از سیتوکینین هستند که باعث تحریک تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌ها می‌شوند همچنین اسیدهای آمینه در سوخت و ساز گیاه و جذب پروتئین‌های لازم برای تشکیل سلول، نقش مهمی بازی می‌کنند. در نتیجه، سبب افزایش وزن و به دنبال آن ابعاد میوه می‌شوند (Tarek & Hassan, 2014). بنابراین در بهبود وضعیت ظاهری میوه می‌توانند نقش داشته باشند.

قطر طوقه، ارتفاع، عرض و تعداد برگ در بوته

براساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۲)، تأثیر تیمار اسید گلوتامیک در سطح احتمال ۱ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، اما قطر طوقه، عرض و تعداد برگ در بوته نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. در مطالعه حاضر تیمار اسید گلوتامیک، رشد رویشی بوته از جمله ارتفاع و عرض بوته، تعداد برگ و قطر طوقه را در مقایسه با گیاهان شاهد، افزایش داد (جدول‌های ۲ و ۳). در مطالعات قبلی نیز محلول‌پاشی اسید گلوتامیک رشد رویشی را در توت‌فرنگی (Mondal et al., 2013; Talukder et al., 2018)، آگاستاکه (Jahani et al., 2016)، کرچک هندی (Mazher et al., 2011) و گزنه (Wahba et al., 2015)، بهبود بخشید. اسیدهای آمینه با تأثیر بر افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی، افزایش غلظت کلروفیل و در نتیجه افزایش فتوسنتز، در رشد و عملکرد گیاهان مؤثر هستند (Bidaki et al., 2017). همچنین آمینو اسید، چه به طور انباشته شده در گیاه و چه به صورت کاربرد خارجی باعث تجمع نیتروژن و در نتیجه افزایش رشد گیاهان می‌شود (Liu et al., 2008).

عملکرد کل

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، عملکرد کل در اثر تیمار اسید گلوتامیک در سطح احتمال ۵

درصد معنی‌دار بود. براساس شکل ۱، بیشترین عملکرد میوه در گیاهانی که اسید گلوتامیک (۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) را دریافت کرده بودند، ثبت شد و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد. افزایش رشد رویشی و عملکرد کل با محلول‌پاشی اسید گلوتامیک به دلیل جذب و متابولیسم نیتروژن در بوته‌های توت‌فرنگی می‌باشد، به علت این که اسید گلوتامیک نقش مهمی در متابولیسم نیتروژن دارد و دهنده عامل آمینی ترجیحی برای واکنش‌های مختلف آمینوترانسفراز جهت ارتباط متقابل اسید آمینه است. علاوه بر این، اسید گلوتامیک ممکن است تأثیری در گرده افشانی و تنظیم میوه نیز داشته باشد (Mondal et al., 2013). کاربرد برگی اسید گلوتامیک روی انگورهای بی‌دانه تامپسون باعث افزایش کلروفیل کل، سطح برگ و عملکرد میوه در مقایسه با شاهد گردید و همچنین کیفیت میوه را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید (Abou-Zaid & Eissa, 2019).

طعم میوه و مواد جامد محلول

اثر تیمار اسید گلوتامیک بر میزان طعم میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود، اما میزان مواد جامد محلول تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). کمترین شاخص طعم میوه در میوه‌های بدون اعمال تیمار اسید گلوتامیک و بیشترین شاخص طعم در میوه‌هایی تیمار شده با اسید گلوتامیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (شکل ۲). بیشترین میزان مواد جامد محلول در تیمار اسید گلوتامیک ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده شد، همچنین کمترین میزان آن در تیمار شاهد ثبت شد (شکل ۳). در مطالعه‌ای محلول‌پاشی اسیدهای آمینه وزن خشک گیاهان لوبیا و پیاز را بهبود بخشید. از آنجا که اسیدهای آمینه پیش ماده سنتز کلروفیل هستند، لذا در تولید ماده خشک گیاهان نقش مؤثری دارند (Yaronskaya et al., 2006). در مطالعه Jahani et al. (2016) محلول‌پاشی اسید گلوتامیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر روی گیاه آگاستاکه (Agastache) میزان قندهای محلول کل را افزایش داد که نتایج مطالعه حاضر نیز مطابق این مطالعه بود. به دلیل اینکه

سفتی بافت میوه

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، شاخص سفتی در میوه‌ها در اثر اعمال تیمار اسید گلوتامیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. کمترین میزان سفتی در میوه‌هایی که بدون اعمال تیمار اسید گلوتامیک رشد کرده بودند، ثبت شد، در حالیکه بیشترین میزان سفتی به میوه گیاهانی که تیمار اسید گلوتامیک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر دریافت کرده بودند، تعلق داشت (شکل ۶). اسید گلوتامیک قابلیت تبدیل به سایر اسیدهای آمینه را دارد، همچنین اسیدهای آمینه پیشساز یا فعال‌کننده فیتوهورمون‌ها و مواد رشدی هستند. بر طبق مطالعات اسیدهای آمینه پیشمادهٔ سنتز پلی آمین‌ها می‌باشند و کاربرد قبل از برداشت آن سبب افزایش ترکیب‌های فنلی می‌شود. همچنین، باعث سبب بهبود پارامترهای کیفی، از جمله سفتی میوه، شده که به سبب سفت شدن دیواره سلولی کاهش وزن کمتری در میوه‌ها مشاهده می‌شوند (Nasibi et al., 2013). اثر پلی‌آمین‌ها در افزایش سفتی را می‌توان به اتصال آنها به گروه کربوکسیلی ترکیبات پکتیکی سلولی نسبت داد که این اتصال مانع از فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده دیواره از جمله پکتین‌متیل‌استراز و پلی‌گالاکتوروناز می‌شود (Valero et al., 2002). در مطالعه Hassan & Sarrwy (2010)، تیمار درختان آلو رقم هالیوود با ترکیبات آمینو اسیدی، افزایش میزان سفتی بافت میوه را نسبت به شاهد نشان داد که با نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابقت داشت. در پژوهشی دیگر، تیمار اسید گلوتامیک در شرایط تنش سرمایی از طریق حفظ و ترمیم یکپارچگی غشاها از کاهش وزن جلوگیری کرد، بنابراین در افزایش سفتی می‌تواند نقش داشته باشد (Jia et al., 2017).

آنتوسیانین کل

بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۳)، آنتوسیانین کل در اثر تیمار اسید گلوتامیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بر اساس شکل ۷، بیشترین میزان آنتوسیانین میوه در گیاهانی که اسید گلوتامیک (۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) را دریافت کرده بودند، ثبت شد و

شاخص طعم حاصل نسبت مواد جامد محلول بر اسیدیته قابل تیتراسیون می‌باشد، بنابراین کاهش میزان اسیدیته قابل تیتراسیون و به دنبال آن افزایش میزان مواد جامد محلول، بالا رفتن شاخص طعم میوه را به همراه خواهد داشت، می‌توان استنباط نمود که با مواد جامد محلول رابطه مستقیم دارد.

اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار اسید گلوتامیک بر اسیدیته قابل تیتراسیون در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). محلول پاشی اسید گلوتامیک میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را نسبت به شاهد کاهش داد، بنابراین باعث افزایش کیفیت میوه‌ها شد. به طوری که کمترین میزان آن در میوه‌های تیمار شده با اسید گلوتامیک ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (شکل ۴). در مطالعه‌ای، اسید آمینه میزان اسیدیته قابل تیتراسیون را در گوجه‌فرنگی کاهش داد، به عبارتی باعث افزایش کیفیت میوه شد (Juanmardi & Sattar, 2014). همچنین در پژوهش‌های مختلف نشان داده شده است که اسید آمینه‌ها نقش بسزایی در فعالسازی برخی فرایندهای تشکیل قند در میوه‌ها ایفا می‌کنند (Zodape et al., 2008). کاهش نسبت اسید قابل تیتراسیون به میزان قند (مواد جامد محلول) از فاکتورهای کیفی مورد توجه برای میوه به حساب می‌آید (Beckle, 2012).

pH آب میوه

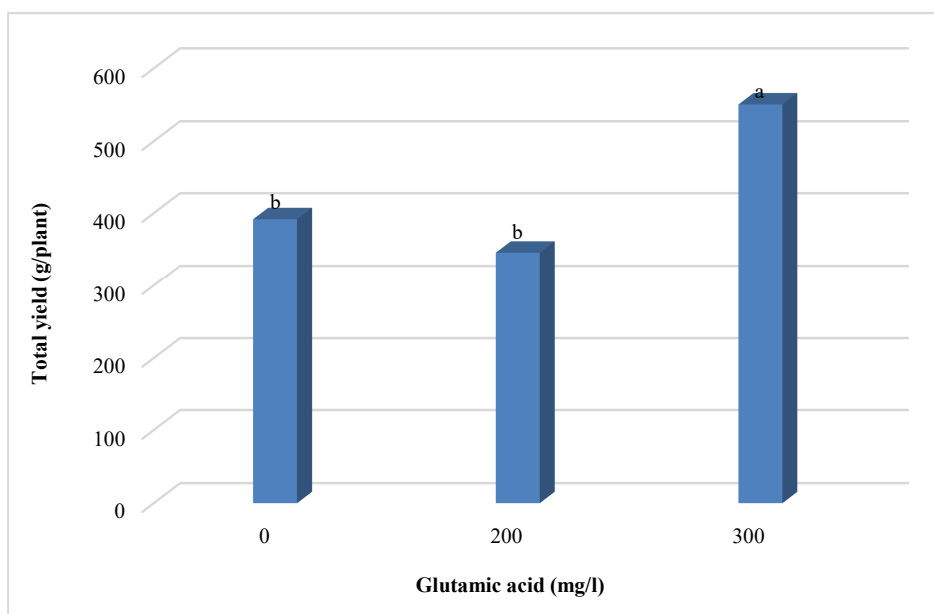
pH عصاره میوه در اثر تیمار اسید گلوتامیک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۳). با این حال بیشترین pH عصاره میوه در میوه‌های شاهد مشاهده شد، در حالیکه کمترین میزان آن در میوه‌هایی که با اسید گلوتامیک ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمار شده بودند، مشاهده گردید (شکل ۵). در مطالعه، محلول پاشی اسید گلوتامیک روی انگور، میزان pH عصاره میوه موجود در انواع حبه‌ها را نسبت به شاهد کاهش داد (Belal et al., 2016) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

میوه‌هایی تیمارشده با اسیدگلوتامیک ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر گزارش شد (شکل ۸). آمینو اسیدها در سنتز انواع مواد پروتئینی و غیرپروتئینی از جمله ویتامین‌ها، اهمیت دارند. همچنین این ترکیبات به طور مستقیم و غیرمستقیم بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و رشدونمو گیاه تأثیر دارند (El-Aal *et al.*, 2010). گزارش شده که اسیدآمینه‌ها از طریق تأثیر بر تولید ترکیباتی نظیر ویتامین‌های آ و ث، فولیک اسید، کاروتن و لیکوپن باعث بهبود کیفیت محصولات کشاورزی می‌شوند (Sridhar & Rengasamy, 2002). اسید گلوتامیک با افزایش غلظت کلروفیل و همچنین میزان فتوسنتز در افزایش مقدار ویتامین ث در درون بافت‌های گیاهی مؤثر می‌باشد (Souri & Hatamian, 2019). در پژوهشی محلول‌پاشی آمینو اسیدها روی گیاه اسکواش، بهترین کیفیت، بالاترین ارزش غذایی و میزان ویتامین ث را نشان داد (Faten *et al.*, 2010). در مطالعه‌ای دیگر ترکیبات آمینو اسیدی اثر معناداری بر غلظت ویتامین ث میوه لیمو نشان دادند (Sanchez *et al.*, 2003). همچنین در تحقیقی محلول‌پاشی بوته توت‌فرنگی با اسیدهای آمینه میزان ویتامین ث را بهبود بخشید (Abo sedera *et al.*, 2010) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد. آنتوسیانین‌ها بزرگترین گروه رنگدانه‌های محلول در آب، در گیاهان هستند و به زیرمجموعه فلاونوئیدها تعلق دارند. این ترکیبات در سیستم‌های غذایی و به خصوص میوه‌جات پایدار نیستند و تحت تأثیر عواملی چون دما، اکسیژن، نور، آنزیم و سایر تنش‌های محیطی تغییر می‌کنند (Falcao *et al.*, 2008). در پژوهش حاضر محلول‌پاشی اسید گلوتامیک میزان آنتوسیانین را نسبت به شاهد بهبود بخشید. در مطالعه‌ای دیگر تیمار اسید گلوتامیک بر روی انگور بی‌دانه، محتوای آنتوسیانین کل را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید (Belal *et al.*, 2016). همچنین در پژوهشی محلول‌پاشی اسید گلوتامیک در سیب رقم فوجی میزان تجمع آنتوسیانین را افزایش داد (Wang *et al.*, 2006) که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت.

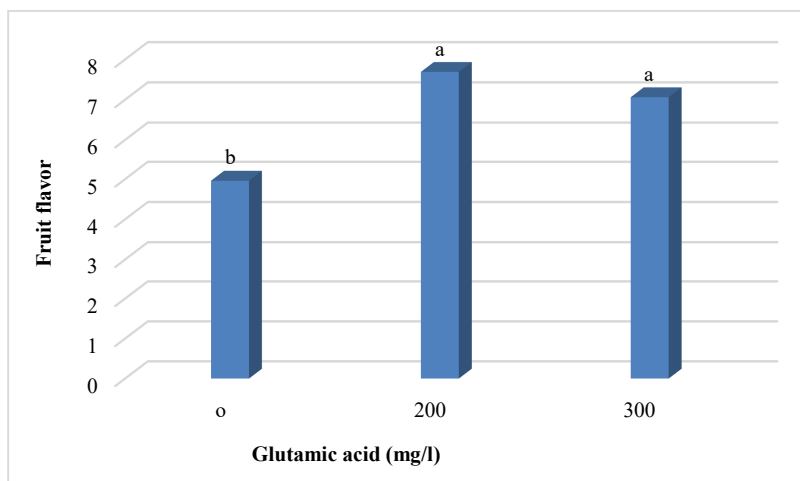
ویتامین ث

اثر تیمار اسید گلوتامیک بر میزان ویتامین ث میوه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). کمترین میزان ویتامین ث در میوه‌های بدون اعمال تیمار اسید گلوتامیک و بیشترین میزان ویتامین ث در



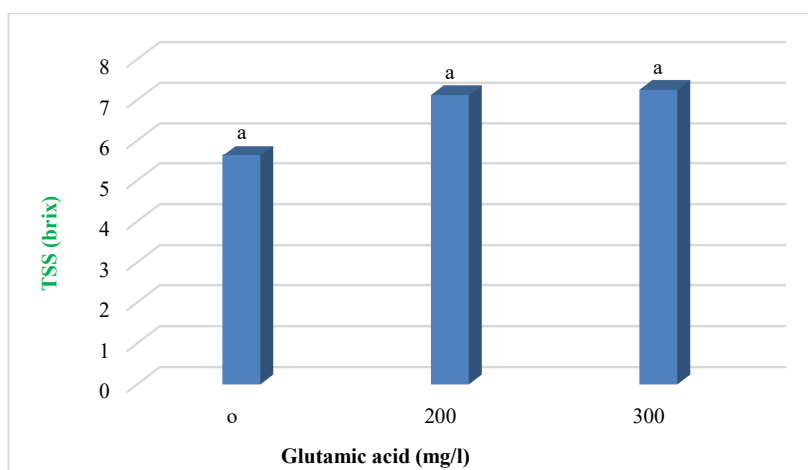
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر عملکرد کل توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 1. Mean comparison effect of glutamic acid on the total yield of strawberry of Albion cultivar.



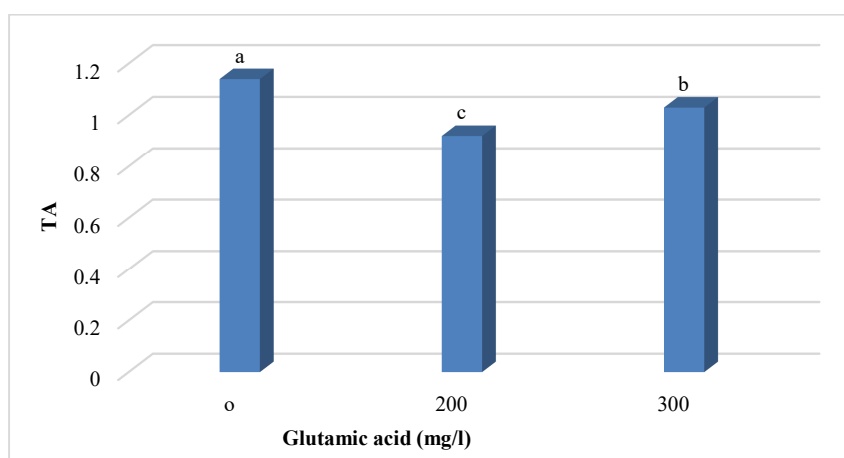
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر طعم میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 2. Mean comparison of glutamic acid on the taste of strawberry fruit of Albion cultivar.



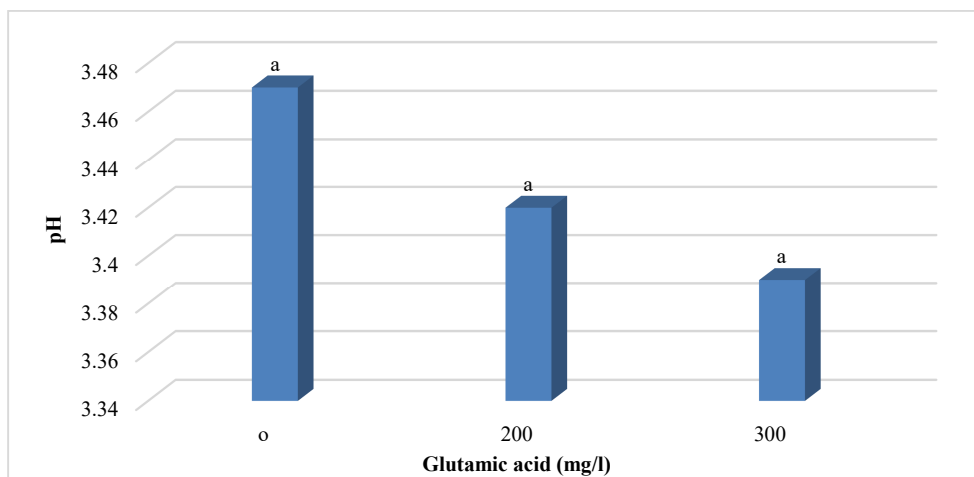
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر مواد جامد محلول میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 3. Mean comparison effect of glutamic acid on soluble solids in strawberry cultivar Albion.



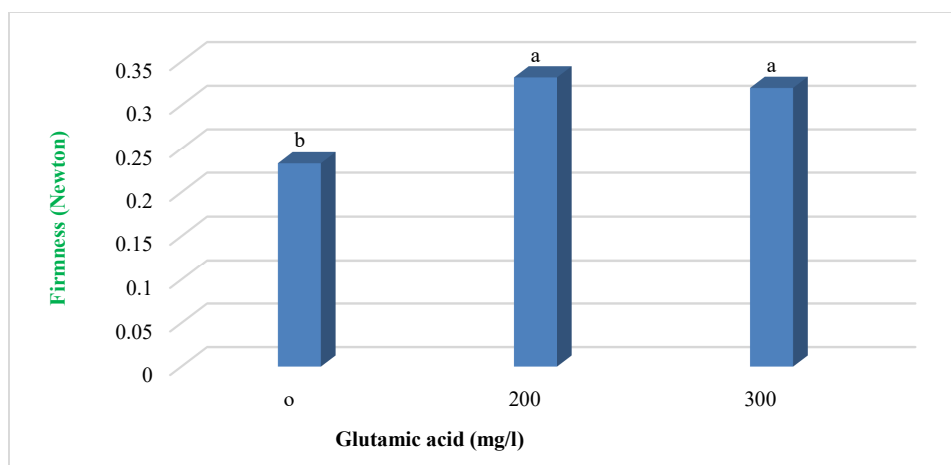
شکل ۴. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر اسیدیته قابل تیترا (TA) میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 4. Mean comparison effect of glutamic acid on the titratable acidity (TA) of strawberry fruit of Albion cultivar.



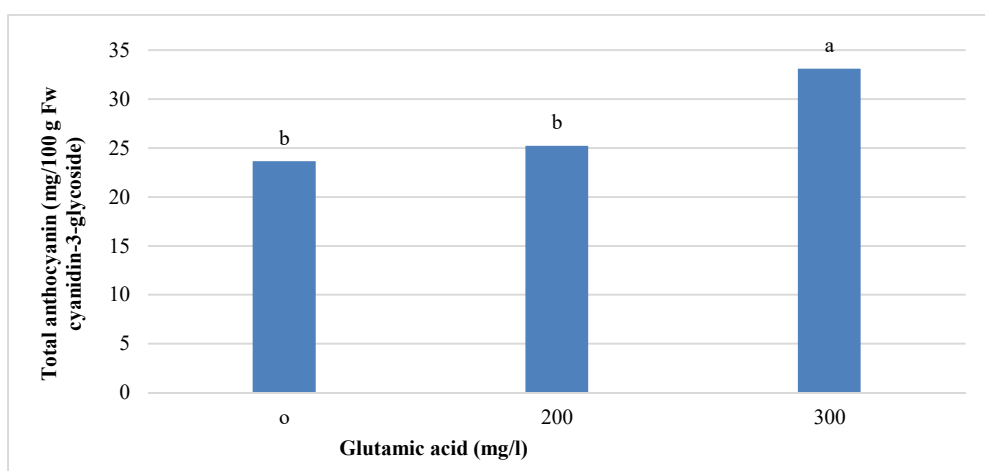
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر pH میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 5. Mean comparison effect of glutamic acid on the pH of strawberry fruit of Albion cultivar.



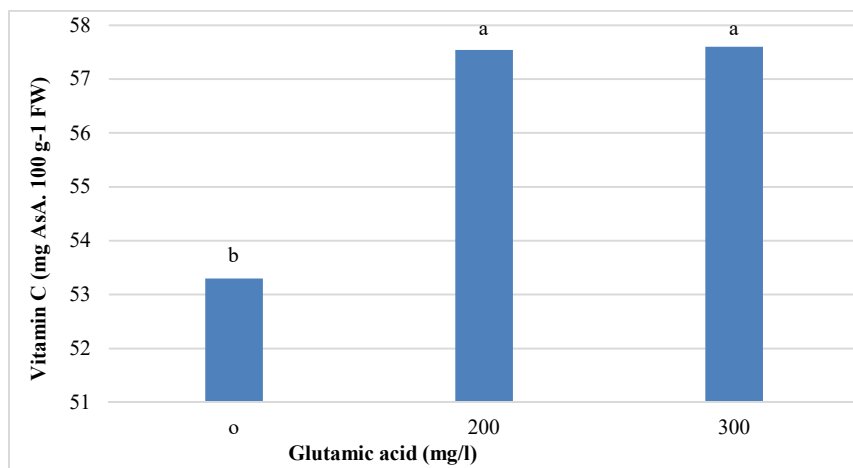
شکل ۶. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر سفتی بافت میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 6. Mean comparison effect of glutamic acid on firmness of strawberry fruit of Albion cultivar.



شکل ۷. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر آنتوسیانین کل بافت میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 7. Mean comparison effect of glutamic acid on the total anthocyanin of strawberry fruit of Albion cultivar.



شکل ۸. مقایسه میانگین اثر اسید گلوتامیک بر ویتامین ث بافت میوه توت‌فرنگی رقم آلبیون.

Figure 8. Mean comparison effect of glutamic acid on the vitamin C of strawberry fruit of Albion cultivar.

از برداشت آن را افزایش می‌دهد. اسید گلوتامیک یک ترکیب ارگانیک است و با تحت تأثیر قراردادن فعالیت‌های فیزیولوژیکی رشدونمو گیاه، در کاهش هزینه‌های تولید، تحقق اهداف کشاورزی پایدار، همچنین افزایش کیفیت محصول تأثیر بسزایی دارد. بنابراین به عنوان یک روش قابل اعتماد برای بهبود خواص کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی می‌تواند مورد استفاده واقع شود.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، محلول‌پاشی اسید گلوتامیک سبب بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی اندازه‌گیری شده و همچنین افزایش قابل توجه عملکرد کل نسبت به شاهد شد. اسید گلوتامیک با افزایش میزان آنتوسیانین کل و ویتامین ث باعث افزایش کیفیت میوه گردید. همچنین اسید گلوتامیک با بهبود سفتی بافت میوه، ماندگاری پس

REFERENCES

1. Abo Sedera, F. A., Amany A. Abd El-Latif., Bader, L.A.A. & Rezk, S.M. (2010). Effect of NPK mineral fertilizer levels and foliar application with humic and amino acids on yield and quality of strawberry. Egypt. *Journal of Applied Science*, 25, 154-169.
2. Abou-Zaid, E. A. A. & Eissa, M. A. (2019). Thompson seedless grapevines growth and quality as effected by glutamic acid, vitamin b, and algae. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 19(4), 725-733.
3. Akbari, A., Khademi, A., Sharafi, Y. & Tabatabai, S. (2015). Effect of putrescine treatment on strawberry fruit of Camarosa cultivar under salinity stress induced by sodium chloride. *Journal of Crops Improvement*, 1 (19), 147-161. (In Farsi).
4. Akhatou, L. & Fernandez, A. (2014). Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. *Scientia Horticulturae*, 178(3), 259-265.
5. Alharbi, N. S., Kadaikunnan, S., Khaled, J. M., Almanaa, T. N., Innasimuthu, G. M., Rajoo, B., & Rajaram, S. K. (2019). Optimization of glutamic acid production by *Corynebacterium glutamicum* using response surface methodology. *Journal of King Saud University-Science*, 32(2), 1403-1408.
6. Asadi, M., Nasiri, Y., Mullah Ali Abbasian, S. & Murshidlu, M. (2018). Evaluation of quantitative and qualitative yield of peppermint under the influence of amino acids, chemical and organic fertilizers. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 3 (28), 258-275. (In Farsi).
7. Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. & González-Aguilar, G.A. (2007). High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. *Food Science and Biotechnology*, 45, 166-173.
8. Beckles, D. M. (2012). Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 63(1), 129-140.

9. Belal, B. E., El-Kenawy, M. A. & Uwakiem, M. K. (2016). Foliar application of some amino acids and vitamins to improve growth, physical and chemical properties of Flame Seedless grapevines. *Egypt Journal of Horticulturae*, 43(1), 123-136.
10. Bidaki, S., Tehranifar, A. & Khorasani, R. (2017). Improving the post-harvest viability of two strawberry cultivars (*Fragaria* × *ananassa* Duch) using amino acids in a soilless cultivation system. *Science and Technology of Greenhouse Crops*, 2 (9), 1-9. (In Farsi).
11. Bor, D., Duncan, J., Lee, A. C., Parr, A. & Owen, A. M. (2006). Frontal lobe involvement in spatial span: Converging studies of normal and impaired function. *Neuropsychologia*, 44(2), 229-237.
12. Caruso, G. Villari, G. Melchionna, G & Conti, S. (2011). Effects of cultural cycles and nutrient solutions on plant growth, yield and fruit quality of alpine strawberry (*Fragaria vesca* L.) grown in hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 129 (3), 479-485.
13. Cheng GW, Breen PJ. (1991). Activity of phenylalanine ammonialyase (PAL) and concentrations of anthocyanins and phenolics in developing strawberry fruit. *Journal Scientia Horticulturae, Science*. 116, 865-869.
14. De Resende, J.T.V., Camargo, L.K., Argandoña, E.J., Marchese, A. & Camargo, C.K. (2008). Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. *Horticultura Brasileira*, 26, 371- 374.
15. El-Aal, F. S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A. & Mahmoud, A. R. (2010). Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6(5), 583-588.
16. Falcao, L.D., Falcao, A.P. & Fortes, E. (2008). Spectrophotometric study of the stability of anthocyanins from Cabernet Sauvignon grape skins in a model system. *Brazilian Journal Food Technology*, 11(1), 60-63.
17. 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.
18. Haghighi, M. & Mozaffarian, M. (2015). Application of amino acids on growth and yield of greenhouse tomatoes and bell peppers. *Vegetable Science*, 2 (1), 59-64. (In Farsi).
19. Hassan, H. S. A., Sarrwy, S. M. A. & Mostafa, E. A. M. (2010). Effect of foliar spraying with liquid organic fertilizer, some micronutrients, and gibberellins on leaf mineral content, fruit set, yield, and fruit quality of "Hollywood" plum trees. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(4), 638-643.
20. Hassanpour, H. & Alizadeh, S. (2016). Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran. *Scientia Horticulturae*, 200, 125-130.
21. Jahani, R., Hassani, A. & Samadi, A. (2016). Effect of foliar application of urea, aspartic acid and glutamic acid on growth, physiological and biochemical characteristics of *Agastache foeniculum*. *Applied Soil Research*, 2 (5), 95-107. (In Farsi).
22. Jamali, B. & Bunyanpour, A.R. (2016). Growing strawberries. *Technical Journal*, 42 p. (In Farsi).
23. Jia, Y., Zou, D., Wang, J., Sha, H., Liu, H., Inayat, M. A. & Zhao, H. (2017). Effects of γ -aminobutyric acid, glutamic acid, and calcium chloride on rice (*Oryza sativa* L.) under cold stress during the early vegetative stage. *Journal of Plant Growth Regulation*, 36(1), 240-253.
24. Juanmardi, J & Sattar, H. (2014). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of five greenhouse tomato cultivars in response to fertilizers containing seaweed extract and amino acids greenhouse crop. *Science and Technology*, 7 (25), 121-129. (In Farsi).
25. Liu, X. Q., Ko, K. Y., Kim, S. H. and Lee, K. S. (2008). Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 269-281.
26. Lynette, M., (2006). Hydroponic strawberry production: A technical guide to the hydroponic production of strawberries (First ed.). Suntec (NZ) Ltd Publications.
27. Mazher, A. A., Zaghloul, S. M., Mahmoud, S. A. & Siam, H. S. (2011). Stimulatory effect of kinetin, ascorbic acid and glutamic acid on growth and chemical constituents of *Codiaeum variegatum* L. plants. *American-Eurasian Journal Agriculture and Environ. Science*, 10(3), 318-323.
28. Mondal, M. F., Asaduzzaman, M., Kobayashi, Y., Ban, T. & Asao, T. (2013). Recovery from autotoxicity in strawberry by supplementation of amino acids. *Scientia Horticulturae*, 164, 137-144.
29. Morgan, R. P.C. (2005). *Soil Erosion and Conservation*, 3rd edition. Blackwell Publishing, 304 pp.
30. Nasibi, F., A. Barand, K.M. Kalantari & F. Rezanejad. (2013). The effect of arginine pretreatment on germination, growth and physiological parameters in the increase of low temperature tolerance in *Pistacia vera* L. *in vitro* culture. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(17), 918-925.

31. Sanchez Sanchez A, Sanchez Anderu J, Juarez M, Jorda J & Bermudez D (2002). Humic acid and cultivar effects on growth, yield, vase life, and corm characteristics of gladiolus. *Humic Sciences*, 1197-1206.
32. Shojaei, M. & Gholami, M. (2021). Investigating the quantitative and qualitative characteristics of fruit and oil of four olive cultivars in the climatic conditions of Tarem. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 53(2), 285-294. (In Farsi).
33. Singh, B. K. (1999). *Plant amino acids: Biochemistry and biotechnology*. CRC Press
34. Souri, M. K. & Hatamian, M. (2019). Amino-chelates in plant nutrition: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 42(1), 67-78.
35. Sridhar, S. & Rengasamy, R. (2002). Effect of seaweed liquid fertilizer obtained from *Ulva lactuca* on the biomass, pigments and protein content of *Spirulina platensis*. *Seaweed Research Utilisation*, 24, 145-149.
36. Talukder, M. R., Asaduzzaman, M., Tanaka, H. & Asao, T. (2018). Light-emitting diodes and exogenous amino acids application improve growth and yield of strawberry plants cultivated in recycled hydroponics. *Scientia Horticulturae*, 239, 93-103.
37. Tarek, A.S. & Hassan, E.R. (2014). Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 8(2), 271-275.
38. Vahedi, B., Besharat, S., Devatgar, N. & Taheri, M. (2021). Investigating the role of nutritional status of leaves on photosynthetic indices of olive trees. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 53(2), 309-320. (In Farsi).
39. Valero, D., Martinez-Romero, D. & Serrano, M. (2002). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends in Journal of Food Science and Technology*, 13, 228-234.
40. Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. & González-Martínez, C. (2006). Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharvest Biology and Technology*, 41(2), 164-171.
41. Voca, S., Jakobek, L., Druzic, J., Sindrak, Z., Dobricevic, N., Seruga, M. & Kovac, A. (2009). Quality of strawberries produced applying two different growing systems Calidad de fresas producidas aplicando dos diferentes sistemas de cultivo. *CyTA-Journal of Food*, 7(3), 201-207.
42. Wahba, H. E., Motawe, H. M. & Ibrahim, A. Y. (2015). Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(2), 499-506.
43. Wang, L. J., Wang, Z. H., Li, Z. Q. & Zhu, Y. N. (2006). Promotion of L-glutamic acid on anthocyanin accumulation of fuji apples. *Journal Fruit Science*, 23, 157-160.
44. Yan, J., Luo, Z., Ban, Z., Lu, H., Li, D., Yang, D., Li, L. & Soleimani Aghdam, M. (2019). The effect of the layer-by-layer (LBL) edible coating on strawberry quality and metabolites during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 147, 29-38.
45. Yaronskaya, E., Vershilovskaya, I., Poers, Y., Alawady, A.E., Averina, N., Grimm, B. (2006). Cytokinin effects on tetrapyrrole biosynthesis and photosynthetic activity in barley seedlings. *Planta* 224, 700-709.
46. Yildizhan, H. (2018). Energy, exergy utilization and CO₂ emission of strawberry production in greenhouse and open field. *Energy*, 143, 417-423.
47. Yu, C., Lv, D. G., Qin, S. J., Yang, L., Ma, H. Y. & Liu, G. C. (2010). Changes in photosynthesis, fluorescence, and nitrogen metabolism of hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) in response to exogenous glutamic acid. *Photosynthetica*, 48(3), 339-347.
48. Zodape, S. T., Kawarkhe, V. J., Patolia, J. S. & Warade, A. D. (2008). Effect of liquid seaweed fertilizer on yield and quality of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Journal of Scientific and Industrial Research*, 67, 1115-1117.