

ارزیابی ویژگی های بیوشیمیایی و عناصر معدنی پنج رقم توت فرنگی در سیستم کشت بدون خاک

فاطمه بزرگپور^۱ و حسینعلی اسدی قارنه^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۷/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱۷)

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی برخی ویژگی های بیوشیمیایی و عناصر معدنی پنج رقم توت فرنگی تجاری موجود در ایران انجام شد. گیاهان دختری ارقام سلوا، کویین الیزا، پاروس، آروماس و کردستان در آذرماه سال ۱۳۹۳ در گلخانه و شرایط بدون خاک کشت شدند. میوه های ارقام مذکور در مرحله بلوغ تجاری برداشت و برخی از صفات بیوشیمیایی و عناصر معدنی میوه آن ها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که بین ارقام مورد مطالعه از نظر تمام صفات مورد بررسی اختلاف معنی داری وجود داشت. بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۹/۱۶) درجه بریکس) و اسید قابل تیتراسیون (۱/۰۴ درصد) در ارقام پاروس و کویین الیزا مشاهده شد. ارقام آروماس و کویین الیزا به ترتیب دارای بیشترین مقدار ویتامین ث (۸۱/۹۶ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و هدایت الکتریکی (۴/۹۴ دسی زیمنس بر متر) بودند. بیشترین مقدار اسیدته و شاخص طعم نیز در رقم کردستان مشاهده شد. رقم کویین الیزا دارای بیشترین غلظت پتاسیم، منیزیم و آهن و رقم پاروس دارای بیشترین مقدار فسفر بودند. بیشترین مقدار کلسیم و منگنز نیز در رقم کردستان اندازه گیری شد. با وجودی که نمی توان رقمی را معرفی کرد که شامل مقادیر زیادی از همه ترکیبات بیوشیمیایی و عناصر معدنی باشد، ولی بر اساس نتایج این پژوهش، می توان رقم کردستان را از نظر شاخص طعم و عناصر کلسیم، منیزیم و منگنز و رقم کویین الیزا را از نظر اسید قابل تیتراسیون و محتوای آهن، منیزیم و پتاسیم، ارقام برتر معرفی کرد.

کلمات کلیدی: توت فرنگی، صفات کیفی، هیدروپونیک

مقدمه

زیبا، جذابیت رنگ و ارزش غذایی قابل توجه، جایگاه مهمی را در رژیم غذایی میلیون ها نفر در جهان پیدا کرده است (۲۹) و به صورت تازه، منجمد، مربا، مارمالاد و ژله مصرف می شود. دوره تولید کوتاه این محصول، امکان تولید خارج فصل آن را از طریق کشت های گلخانه ای و روش های کشت بدون

توت فرنگی (*Fragaria × ananassa* Duch.) گیاهی علفی و دائمی متعلق به خانواده وردسانان (Rosaceae) است. این میوه سرشار از ویتامین ها و مواد معدنی (۵ و ۲۸) و منبعی عالی از فیبر و قندها (۳۵) می باشد. همچنین به خاطر عطر، طعم، شکل

۱. گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: h.asadi@khuisf.ac.ir

(۹۴/۹-۵/۱۰) گزارش شد (۲۳).

شی و ژائو (۳۶) نشان دادند رقم توت‌م (Totem) دارای بیشترین میزان اسیدیته (۳/۴۸) و کمترین میزان اسید قابل تیتراسیون (۱/۰۲ درصد) و رقم پوگت رلیانس (Puget Reliance) دارای بیشترین میزان مواد جامد محلول (۱۲/۳۳ درجه بریکس)، پتاسیم (۱۹۲ میلی‌گرم)، کلسیم (۲۱ میلی‌گرم) و رقم شوکسان (Shuksan) بیشترین میزان فسفر (۳۳ میلی‌گرم)، منگنز (۰/۴۲ میلی‌گرم) و روی (۰/۲۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) بودند.

پژوهش انجام شده توسط ریکامالس و همکاران (۲۴) بر مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و عناصر معدنی توت‌فرنگی‌های پرورش یافته در دو سیستم کشت خاکی و بدون خاک، نشان داد که اختلاف معنی‌داری از نظر میزان فسفر، اسیدیته، مواد جامد محلول و شاخص طعم در دو سیستم کشت وجود داشت و میوه‌های پرورش یافته در کشت خاکی از اسیدیته، مواد جامد محلول، شاخص طعم، کلسیم، روی، آهن و فسفر بیشتری برخوردار بودند.

نصیرالدین‌خان و همکاران (۲۰) ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی شش رقم توت‌فرنگی که در کشور پاکستان به‌طور تجاری تولید می‌شوند، را مورد ارزیابی قرار دادند و بیان داشتند تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار عناصر معدنی در بین ارقام وجود دارد. آن‌ها میزان پتاسیم، منیزیم و کلسیم ارقام مورد مطالعه را به ترتیب ۱/۹۳-۱/۱۴، ۰/۱۵-۰/۱۲ و ۱۱/۱۲۴-۷۹/۵۹ گرم بر کیلوگرم گزارش کردند.

با توجه به افزایش روزافزون مصرف توت‌فرنگی به‌خاطر وجود ترکیبات زیست‌فعال (Bioactive) فراوان موجود در آن و تأثیر محیط و تفاوت‌های بین ارقام، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی برخی خصوصیات بیوشیمیایی و عناصر معدنی میوه در پنج رقم توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک انجام شد.

برای طرفدارانش فراهم نموده است و در طول سال به‌صورت تازه‌خوری قابل عرضه به بازار است (۳). این شیوه کشت، زودرسی و افزایش طول دوره برداشت را به‌وسیله کنترل شرایط محیطی به همراه داشته است (۲۷). سطح زیرکشت توت‌فرنگی گلخانه‌ای در ایران معادل ۳۰/۷۸ هکتار گزارش شده است. در ایران ۹۱/۳۲ درصد محصول تولید شده برای مصارف تازه‌خوری و در حدود ۸/۶۸ درصد تولید برای مصارف تبدیلی استفاده می‌شود (۲).

با وجود این‌که اندازه، رنگ، سفتی، اسیدیته، شیرینی و عطر میوه از ویژگی‌های مهم در مصرف تازه‌خوری توت‌فرنگی به شمار می‌آیند، اما در سال‌های اخیر به ترکیبات شیمیایی میوه که در سلامتی انسان نقش مهمی دارند، توجه ویژه‌ای شده است (۷ و ۲۵). توت‌فرنگی به دلیل داشتن مقادیر زیاد آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها، الازیک اسید و سایر ترکیبات فنولیک، منبع مناسبی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است. این ترکیبات نقش حفاظتی مهمی در برابر رادیکال‌های آزاد مضر داشته و باعث کاهش ابتلاء به بیماری‌های قلبی و انواع سرطان‌ها در انسان می‌شوند (۱۰ و ۲۲). همچنین محتوای قندها، اسیدهای آلی، مواد معدنی و ترکیبات آروماتیک نقش بسیار مهمی در ماندگاری، کیفیت و ارزش تغذیه‌ای میوه توت‌فرنگی دارند (۶).

هاکالا و همکاران (۱۱) در پژوهشی ضمن بررسی میزان عناصر معدنی و محتوای ویتامین ث در شش رقم توت‌فرنگی پرورش یافته در کشور فنلاند، میزان ویتامین ث در ارقام مورد بررسی را بین ۳۲/۴ تا ۸۴/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم، پتاسیم ۱/۵۵-۲/۵۳ گرم در کیلوگرم، منیزیم ۰/۲۳-۰/۱۱ گرم در کیلوگرم و کلسیم را ۰/۲۹-۰/۱۶ گرم در کیلوگرم گزارش کردند.

در پژوهشی که بر روی ارقام توت‌فرنگی اورگان و کالیفرنیا انجام شد، متوسط غلظت ویتامین ث (۱۰۰-۱۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)، اسید قابل تیتراسیون (۲-۱/۰۲ درصد)، مواد جامد محلول (۱۱/۸-۸/۰۴ درجه بریکس) و شاخص طعم

جدول ۱. میزان ترکیبات کودی مورد استفاده در مراحل رویشی و زایشی (۱۹)

نام ترکیب کودی	مقدار (گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)	مقدار (گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب)
	در مرحله رشد رویشی	در مرحله رشد زایشی
نیتрат پتاسیم	۱۳۷۰/۲	۲۶۰۶/۲
نیترات کلسیم	۱۱۰۳۵/۶	۷۴۰۱/۶
منوپتاسیم فسفات	۳۰۷۷/۱	۳۹۲۴/۴
سولفات منیزیم	۵۸۹۷/۸	۵۸۸۶/۶
سولفات منگنز	۸۰	۸۰
سولفات روی	۱۱	۱۱
بوریک اسید	۳۹	۳۹
سولفات مس	۳	۳
مولیبدات آمونیوم	۱/۰۲	۱/۰۲
کلات آهن	۵۰۰	۵۰۰

مواد و روش‌ها

کشت ارقام مختلف توت‌فرنگی

این پژوهش در مرکز تحقیقات گلخانه‌ای دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) به اجرا در آمد. گیاهان دختر (Daughter (runner) plants) فاقد ریشه پنج رقم مختلف توت‌فرنگی شامل ارقام "آروماس، پاروس، سلوا، کردستان و کوئین‌الیزا" از یک نهالستان معتبر در شهرستان مریوان واقع در استان کردستان تهیه شدند و در آذرماه سال ۱۳۹۳ در گلدان‌های ۴ لیتری به عمق ۲۰ و قطر ۱۸ سانتی‌متر و محیط کشت کوکوپیت و پرلایت (به نسبت مساوی) و به تعداد یک بوته در هر گلدان کشت شدند. گلخانه مورد نظر از نوع کوانست با پوشش پلاستیک به طول ۲۷، عرض ۱۲/۵ و ارتفاع ۴/۵ متر بود.

گیاهان در سیستم بدون خاک و به روش باز آبیاری و تغذیه آن‌ها بر اساس فرمول غذایی اختصاصی ارائه شده برای توت‌فرنگی (۱۹) انجام شد (جدول ۱). میزان آبیاری برای هر گلدان روزانه بین ۱۰۰ میلی‌لیتر (در ابتدای مرحله رشد گیاهان) تا ۲۵۰ میلی‌لیتر (در مراحل انتهایی رشد گیاهان) بود. pH محلول غذایی در حد مطلوب (۵/۸±۰/۲) تنظیم گردید و EC

نیز بین ۰/۹ تا ۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر تنظیم شد. محلول غذایی به صورت آبیاری قطره‌ای و توسط یک لوله ماکارونی، به بالای هر گلدان هدایت و روزانه ۵ مرتبه محلول‌رسانی انجام شد. برای رشد رویشی بهتر بوته‌ها، حذف گل‌ها تا دو ماه پس از کاشت، ادامه داشت. بعد از این مدت گل‌ها حفظ شده و سپس میوه‌های ارقام مختلف در مرحله بلوغ تجارتي (هنگامی که سه چهارم میوه‌ها رنگ گرفتند) به‌طور مرتب برداشت شدند و برای تعیین ویژگی‌های بیوشیمیایی و عناصر معدنی آن‌ها، به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان) منتقل شدند.

اندازه‌گیری خصوصیات بیوشیمیایی

اسیدیته قابل تیتراسیون توسط تیتراسیون ۱۰ میلی‌لیتر عصاره میوه با محلول سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به $\text{pH} = ۸/۲$ تعیین و بر اساس میلی‌گرم سیتریک اسید در ۱۰۰ گرم بافت میوه گزارش شد (۲۴). pH عصاره میوه با استفاده از دستگاه pH (مدل جنوی ۳۰۲۰) اندازه‌گیری شد. هدایت الکتریکی آب میوه‌ها به وسیله EC سنج اندازه‌گیری شد. میزان مواد جامد محلول توسط دستگاه رفاکتومتر دستی (مدل Atago Manual)

جدول ۲. تجزیه واریانس برخی از ترکیبات بیوشیمیایی میوه ارقام توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		مواد جامد محلول	اسید قابل تیتراسیون	ویتامین ث	اسیدیته	هدایت الکتریکی
تکرار	۲	۰/۱۱۳ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۱۹/۸۶۸ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}
تیمار	۴	۱/۸۵۷ ^{**}	۰/۰۷۲ ^{**}	۵۳۴/۵۰۸ ^{**}	۰/۰۰۵ ^{**}	۰/۰۹۸ ^{**}
خطا	۸	۰/۲۵۴	۰/۰۰۳	۶۷/۶۳۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات	-	۶/۴۱	۶/۷۳	۱۲/۲۳	۰/۴۱	۱/۲۵

** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ترکیبات بیوشیمیایی اندازه‌گیری شده بیانگر اختلاف معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بین ارقام مختلف توت‌فرنگی از نظر تمامی صفات مورد مطالعه بود (جدول ۲).

میزان مواد جامد محلول در ارقام مورد بررسی بین ۷/۱۶-۹/۱۶ درجه بریکس متفاوت بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان مواد جامد محلول مربوط به رقم پاروس (۹/۱۶ درجه بریکس) می‌باشد و بین ارقام دیگر، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). میزان مواد جامد محلول از شاخص‌های کیفی مهم است که رابطه مستقیمی با کیفیت خوراکی میوه در زمان رسیدن دارد و مصرف‌کنندگان معمولاً میوه‌های رسیده با میزان مواد جامد محلول زیاد را می‌پسندند. طعم میوه به‌طور عمده به غلظت قند بستگی داشته و کاهش طعم و شیرینی، معمول‌ترین نارضایتی مشتریان و مصرف‌کنندگان توت‌فرنگی‌های گلخانه‌ای به‌شمار می‌آید (۱۹). میزان مواد جامد محلول در توت‌فرنگی بستگی به رقم و شرایط محیطی دارد (۱۲ و ۱۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون متعلق به رقم کوئین الیزا (۱/۰۴ درصد) و کمترین میزان آن مربوط به رقم کردستان (۰/۶۲ درصد) می‌باشد و بین ارقام سلوا، پاروس و آروماس تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۳). میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در ارقام مورد بررسی

در دمای ۲۰ درجه سلسیوس اندازه‌گیری و بر اساس درجه بریکس بیان شد. جهت اندازه‌گیری میزان آسکوربیک اسید (ویتامین ث) از روش کلاسیک تیتراسیون با ۲-۶ دی‌کلروفنل ایندوفنل (DCPIP) استفاده شد (۱) و مقدار آن بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم ماده تر گزارش گردید. میوه‌های تازه برداشت شده در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند، تا زمانی که وزن خشک آن‌ها ثابت شود. پس از آن، میوه‌های خشک شده آسیاب شده و برای اندازه‌گیری غلظت عناصر معدنی مورد استفاده قرار گرفتند. به این ترتیب که یک گرم از نمونه پودر شده در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره الکتریکی خاکستر و سپس در ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو نرمال حل و محلول توسط کاغذ صافی و پس از شستشوی مواد باقی‌مانده بر سطح کاغذ صافی، با آب مقطر به حجم نهایی ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. عناصر معدنی کلسیم، منیزیم، آهن و روی توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی و عناصر سدیم و پتاسیم توسط روش شعله‌سنجی اندازه‌گیری شدند (۱).

داده‌های به‌دست آمده در این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. به‌منظور بررسی اختلاف بین ارقام، مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ و با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C انجام گرفت.

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات کیفی میوه ارقام توت‌فرنگی

رقم	مواد جامد محلول (بریکس)	اسید قابل تیتراسیون (%)	ویتامین ث (میلی‌گرم در ۱۰۰گرم)	اسیدیته	هدایت الکتریکی	شاخص طعم
سلوا	۸/۰۳b	۰/۷۴b	۵۹/۳۷bc	۳/۵۹c	۴/۶۱c	۱۰/۹۶a
کوبین الیزا	۷/۵۰b	۱/۰۴a	۷۳/۴۲ab	۳/۶۴b	۴/۹۴a	۷/۱۹b
پاروس	۹/۱۶a	۰/۸۳b	۷۳/۲۷ab	۳/۶۰c	۴/۴۵d	۱۱/۰۶a
آروماس	۷/۵۰b	۰/۷۹b	۸۱/۹۶a	۳/۶۶b	۴/۵۷b	۹/۴۹ab
کردستان	۷/۱۶b	۰/۶۲c	۴۸/۲۸c	۳/۶۸a	۴/۶۴c	۱۱/۵۸a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

کشت مزرعه‌ای به دلیل دریافت نور کمتر و سایه‌اندازی برگ‌ها روی میوه از ویتامین ث کمتری برخوردار هستند (۱۵). اختلاف در میزان ویتامین ث به عواملی مانند زمینه ژنتیکی گیاه، شرایط محیطی، روش‌های استخراج و آماده‌سازی نمونه‌ها و مدت زمان انبارداری میوه‌ها بستگی دارد (۲۲).

اندازه‌گیری pH آب میوه ارقام توت‌فرنگی مورد مطالعه نشان داد که بین ارقام از نظر مقدار pH اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ وجود دارد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دامنه pH میوه بین ۳/۵۹-۳/۶۸ متغیر است. بیشترین مقدار pH مربوط به رقم کردستان (۳/۶۸) و کمترین pH مربوط به رقم سلوا (۳/۵۹) می‌باشد (جدول ۳). ووکا و همکاران (۳۴) میزان pH ارقام توت‌فرنگی کشور کرواسی را ۳/۹۱-۳/۴۴ و کافکاس و همکاران (۱۴) میزان آن را در ارقام کشور ترکیه ۳/۲۹-۳/۴۳ گزارش کردند. میزان pH آب میوه توت‌فرنگی به رقم بستگی داشته و تحت تأثیر سیستم کاشت نیز قرار می‌گیرد (۳۳). به طوری که توت‌فرنگی‌های پرورش یافته در سیستم خاکی، اسیدیته بیشتری نسبت به میوه‌های تولید شده در سیستم‌های کشت بدون خاک داشته‌اند (۲۴). میزان pH میوه هنگام رسیدن کاهش یافته و میزان قند آن افزایش می‌یابد (۲۷). میزان pH میوه توت‌فرنگی ۱۰ روز پس از مرحله تمام گل در حدود ۵ می‌باشد و مقدار آن به تدریج کم شده و در مرحله تغییر رنگ به حدود ۳/۷ می‌رسد. پس از آن، تا رسیدن به مرحله بلوغ کامل میوه، بدون تغییر می‌ماند (۱۸).

با نتایج کافکاس و همکاران (۱۴) و رسنده و همکاران (۲۶) همخوانی داشت. میزان اسیدیته قابل تیتراسیون در توت‌فرنگی به رقم و شرایط محیطی بستگی دارد و مقدار آن به تدریج در طی مراحل رسیدن میوه کاهش پیدا می‌کند (۱۲).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که دامنه ویتامین ث میوه بین ۴۸/۲۸-۸۱/۹۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه متغیر بود. بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به رقم آروماس و کمترین مقدار آن متعلق به رقم کردستان بود. به عبارت دیگر، میزان ویتامین ث رقم آروماس ۱/۷ برابر میزان ویتامین ث رقم کردستان بود (جدول ۳). مقدار متوسط ویتامین ث توت‌فرنگی توسط وزارت کشاورزی آمریکا ۵۶/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شده است (۳۲) که در بین ارقام مورد مطالعه، به جز رقم کردستان، سایر ارقام از مقدار ویتامین ث بیشتری برخوردار بودند.

کیان و همکاران (۲۳) میزان ویتامین ث در ارقام توت‌فرنگی‌های اورگان و کالیفرنیا را ۱۱-۱۰۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم گزارش کرده است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. کرسپو و همکاران (۹) میزان ویتامین ث ارقام مختلف توت‌فرنگی را ۶۰-۹۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش کردند. بر اساس گزارش ووکا و همکاران (۳۴) میزان ویتامین ث ارقام توت‌فرنگی کشور کرواسی بین ۴۵ تا ۶۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر اندازه‌گیری شده است. توت‌فرنگی‌های کشت شده در سیستم هیدروپونیک، نسبت به

جدول ۴. تجزیه واریانس عناصر معدنی برخی ارقام توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
روی	آهن	منگنز	منیزیم	کلسیم	پتاسیم	فسفر		
۰/۰۰۲ ^{NS}	۰/۰۰۸ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۳۰ ^{NS}	۰/۰۰۴ ^{NS}	۰/۰۵۲ ^{NS}	۰/۰۲۴ ^{NS}	۲	تکرار
۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۸۲ ^{**}	۰/۰۱۲ ^{**}	۴/۳۱ ^{**}	۳۵/۸۱۹ ^{**}	۸۷۶/۴۹۶ ^{**}	۹۸/۹۰۴ ^{**}	۴	تیمار
۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۲۳	۰/۰۳۲	۰/۰۱۶	۸	خطا
۱۰/۷۴	۳/۴۶	۵/۰۱	۰/۳۱	۰/۵۱	۰/۰۹	۰/۳۱	-	ضریب‌تغییرات

** و NS به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

جدول ۵. مقایسه میانگین عناصر معدنی برخی ارقام توت‌فرنگی (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر)

رقم	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	منگنز	آهن	روی
سلوا	۳۱/۹۴e	۲۰۱/۵۰c	۳۰/۹۴b	۲۰/۱۹d	۰/۳۶d	۰/۶۸e	۰/۳۶a
کویین الیزا	۴۱/۷۷c	۲۰۴/۴۰a	۲۸/۱۹d	۲۳/۲۹a	۰/۴۱c	۱/۹۱a	۰/۳۷a
پاروس	۴۷/۱۲a	۲۰۲/۷۰b	۲۹/۳۸c	۲۲/۱۰b	۰/۴۴b	۰/۸۴d	۰/۴۲a
آروماس	۳۸/۷۳d	۱۸۷/۹۰d	۲۵/۵۵e	۲۰/۸۶c	۰/۳۲e	۱/۱۲c	۰/۳۴a
کردستان	۴۳/۶۹b	۱۶۳/۸۰e	۳۴/۸۷a	۲۲/۰۰b	۰/۴۸a	۱/۲۶b	۰/۳۶a

در هر ستون، میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند

عناصر معدنی

نتایج تجزیه واریانس مقدار عناصر معدنی میوه‌های ارقام مختلف توت‌فرنگی نشان داد که ارقام تفاوت‌های معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ از نظر عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، منگنز و آهن دارند؛ ولی از نظر میزان روی تفاوت معنی‌داری بین ارقام مشاهده نشد (جدول ۴).

رقم پاروس با میانگین ۴۷/۱۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر، دارای بیشترین میزان فسفر در بین ارقام مورد مطالعه بود. پس از آن ارقام کردستان، کویین الیزا و آروماس قرار گرفتند و رقم سلوا با ۳۱/۹۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر، دارای کمترین مقدار فسفر بود (جدول ۵). مقدار فسفر در ارقام مورد مطالعه بیشتر از مقدار گزارش شده توسط گیامپیری و همکاران (۱۰) و ریکامالس و همکاران (۲۴) بود. سیستم‌های کشت خاکی و هیدروپونیک، به‌طور معنی‌داری بر محتوای فسفر میوه

میزان هدایت الکتریکی عصاره میوه ارقام مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نشان دادند. بیشترین و کمترین میزان هدایت الکتریکی به ترتیب متعلق به ارقام کویین الیزا (۴/۹۴ دسی‌زیمنس بر متر) و پاروس (۴/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر) بود. هدایت الکتریکی عصاره، بیانگر میزان عبور جریان هدایت الکتریکی است و به‌طور غیرمستقیم میزان نرم و آبکی شدن میوه را بیان می‌کند (۴).

مقدار شاخص طعم (TSS/TA) در ارقام مورد مطالعه از ۷/۱۹ (رقم کویین الیزا) تا ۱۱/۵۸ (رقم کردستان) متفاوت بود. شاخص طعم در ارقام مورد بررسی با مقادیر گزارش شده برای ارقام کشور کرواسی (۳۴) و کشور برزیل (۲۶) مطابقت داشت. براساس نظر کوردنانشی و همکاران (۸)، زمانی که شاخص طعم میوه توت‌فرنگی بیش از ۵/۳ باشد، میوه از طعم مطلوبی برخوردار است، بنابراین، ارقام مورد مطالعه از مزه و طعم مناسبی برای مصرف تازه‌خوری برخوردار می‌باشند.

مقدار منگنز میوه در ارقام مورد پژوهش بین ۰/۳۲ تا ۰/۴۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر متفاوت بود و ارقام کردستان و آروماس به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار منگنز بودند. مقدار منگنز در رقم کردستان ۱/۵ برابر مقدار آن در رقم آروماس بود. مقدار منگنز در ارقام مورد مطالعه بیشتر از مقادیر گزارش شده توسط مورگان (۱۹) و هاگالا و همکاران (۱۱) بود و با مقادیر گزارش شده توسط تاهونن (۳۰) و نصیرالدین‌خان و همکاران (۲۰) مطابقت داشت. میزان نیاز روزانه انسان به منگنز برای افراد ۱۹ تا ۵۰ ساله ۲ میلی‌گرم در روز برآورد شده است (۲۱). ارقام مورد مطالعه در این پژوهش از مقدار منگنز قابل توجهی برخوردار بوده و می‌توانند نقش مهمی در تأمین بخشی از نیاز بدن انسان به این عنصر ضروری داشته باشند.

بر اساس جدول مقایسه میانگین عناصر معدنی، رقم کوبین الیزا با ۱/۹۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر، دارای بیشترین و رقم سلوا با ۰/۶۸ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر، دارای کمترین غلظت آهن در میوه ارقام مورد پژوهش بودند. به عبارت دیگر، میزان آهن میوه در رقم کوبین الیزا بیش از ۲/۸ برابر مقدار آن در رقم سلوا بود (جدول ۵). مقدار آهن در ارقام مورد مطالعه بیشتر از میزان گزارش شده توسط هاگالا و همکاران (۱۱) و ریکامالس و همکاران (۲۴) بود و با مقدار گزارش شده توسط نصیرالدین‌خان و همکاران (۲۰) مطابقت داشت.

در پژوهش حاضر، از نظر میزان روی در ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴) که با پژوهش کریستل و همکاران (۱۶) همخوانی دارد. ایشان بیان داشتند که غلظت روی در توت‌فرنگی به عواملی مانند شرایط آب و هوایی محل کاشت، نوع سیستم تولید میوه و شرایط خاک بستگی دارد. از سوی دیگر، در مطالعه انجام شده توسط نصیرالدین‌خان و همکاران (۲۰)، در شرایط کشت خاکی در کشور پاکستان، تفاوت معنی‌داری از نظر مقدار روی بین ارقام مورد مطالعه گزارش شده است که دلیل آن را به می‌توان به اختلاف شرایط آب و هوایی و نوع سیستم کشت مربوط دانست.

توت‌فرنگی تأثیر دارند (۲۴). مصرف ۱۰۰ گرم توت‌فرنگی ارقام مورد مطالعه، ۳/۲ تا ۴/۷۱ درصد از نیاز روزانه انسان به فسفر را تأمین می‌کند (۲۱).

پتاسیم مهمترین عنصر معدنی در بین ارقام توت‌فرنگی مورد مطالعه بود. غلظت پتاسیم در ارقام مورد مطالعه بین ۱۶۳/۸ تا ۲۰۴/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر متفاوت بود. ارقام کردستان و کوبین الیزا به ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقدار پتاسیم بودند (جدول ۵). غلظت پتاسیم در ارقام مورد مطالعه با پژوهش هاگالا و همکاران (۱۱) مطابقت داشت و بیشتر از مقدار گزارش شده توسط نصیرالدین‌خان و همکاران (۲۰) بود. مصرف ۱۰۰ گرم توت‌فرنگی ارقام مورد مطالعه، ۴/۶۸ تا ۵/۸۴ درصد از نیاز روزانه بدن انسان به پتاسیم را تأمین می‌کند. میزان پتاسیم در ارقام برتر توت‌فرنگی در ایالت اورگان آمریکا ۱/۳ برابر ارقام دیگر گزارش شده است (۳۶) که با مقادیر اندازه‌گیری شده در این پژوهش مطابقت دارد.

بیشترین و کمترین مقدار کلسیم در ارقام مورد مطالعه به ترتیب در ارقام کردستان ۳۴/۸۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) و آروماس (۲۵/۵۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۵). غلظت کلسیم در ارقام مورد مطالعه بیشتر از مقدار گزارش شده توسط نصیرالدین‌خان و همکاران (۲۰)، ریکامالس و همکاران (۲۴) و مورگان (۱۹) بود. ارقام با مقدار کلسیم بیشتر، از سفتی و عمر قفسه‌ای زیادتری نیز برخوردار هستند (۳۱).

مقدار منیزیم در ارقام مورد پژوهش از ۲۰/۱۹ تا ۲۳/۲۹ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر متفاوت بود. ارقام کوبین الیزا و سلوا به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار منیزیم در بین ارقام مورد مطالعه بودند و ارقام پاروس و کردستان از این نظر اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). غلظت منیزیم در ارقام مورد مطالعه با مقدار گزارش شده توسط هاگالا و همکاران (۱۱) مطابقت داشت و بیشتر از مقدار گزارش شده توسط نصیرالدین‌خان و همکاران (۲۰) و ریکامالس و همکاران (۲۴) بود.

مصرف ۱۰۰ گرم میوه توت‌فرنگی، کمتر از ۶ درصد نیاز روزانه بدن انسان به عناصر فسفر، کلسیم، پتاسیم، منیزیم و روی تأمین می‌شود. تنها عنصری که ۲۴-۱۶ درصد نیاز روزانه انسان را برآورده می‌کند، منگنز می‌باشد و می‌توان گفت میوه توت‌فرنگی منبعی غنی از منگنز به شمار می‌رود. با وجودی که در حال حاضر، رقمی از توت‌فرنگی وجود ندارد که شامل مقادیر بالایی از همه ترکیبات بیوشیمیایی و عناصر معدنی باشد، ولی بر اساس مطالعه انجام شده، می‌توان رقم کردستان را از نظر شاخص طعم و عناصر معدنی کلسیم، منیزیم و منگنز و رقم کوپین الیزا را از نظر اسید قابل تیتراسیون و محتوای آهن، منیزیم و پتاسیم، ارقام برتر این پژوهش معرفی کرد.

در سیستم‌های کشت خاکی عواملی مانند شیمی خاک (۲۰)، شرایط محیطی محل تولید (۱۷) و وضعیت تغذیه‌ای گیاهان مادری (۱۲) در تنوع عناصر معدنی ارقام توت‌فرنگی تأثیر دارند. با توجه به این‌که پژوهش حاضر در شرایط کشت بدون خاک و شرایط محیطی و جغرافیایی یکسانی انجام شده است، اختلاف در مقادیر عناصر معدنی به رقم و پتانسیل ژنتیکی آن‌ها در جذب مواد غذایی از محیط کشت ارتباط دارد.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، میزان برخی ترکیبات بیوشیمیایی و عناصر معدنی ۵ رقم توت‌فرنگی در شرایط کشت بدون خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. در بین عناصر معدنی اندازه‌گیری شده، با

منابع مورد استفاده

۱. حسینی، ز. ۱۳۶۹. روش‌های متداول در تجزیه مواد غذایی. انتشارات دانشگاه شیراز، ۲۱۰ صفحه.
۲. خوشخوی، م.، و. گریگوریان، ع. تفضلی، م. مبللی و ر. امیدبگی. ۱۳۹۱. تعیین وضعیت موجود و ارائه راه‌کارها برای بهبود کمی و کیفی میوه‌های ریز (انگور و توت‌فرنگی). فصلنامه میوه‌های ریز ۲: ۳۹-۵۹
۳. سیدی، ا.، ع. عبادی، م. بابالار و ب. سعیدی. ۱۳۸۹. بررسی اثر سطوح تراکم کاشت بر عملکرد و کیفیت میوه توت‌فرنگی رقم سلوا در سیستم کشت بدون خاک عمودی. نشریه علوم باغبانی ۲۴(۱): ۱-۶
۴. فتاحی مقدم، ج. و م. فاضل حلاجی ثانی. ۱۳۹۱. تعیین زمان برداشت مناسب میوه کیوی و تأثیر آن در کیفیت پس از برداشت میوه. نشریه علوم باغبانی ۲۶(۲): ۲۳۰-۲۳۷
۵. کاشی، ع. و ج. حکمتی. ۱۳۷۰. پرورش توت‌فرنگی. انتشارات سیاه تیری.
6. Ashoor, S.H. and J.M. Knox. 1982. Determination of organic acids in foods by high-performance liquid chromatography. J. Chromatogr. 299: 288-292.
7. Azodanlou, R., C. Darbellay, J.L. Luisier, J.C. Villettaz and R. Amado. 2003. Quality assessment of strawberries. J. Agric. Food Chem. 51: 715-721.
8. Cordenunsi, B.R., O. do Nascimento Jr., M.I. Genovese and F.M. Lajolo. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. J. Agric. Food Chem. 50: 2581-2586.
9. Crespo, P., J. Gine Bordonaba, L.A. Terry and C. Carlen. 2010. Characterization of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. Food Chem. 122: 16-24.
10. Giampieri, F., S. Tulipani, J.M. Alvarez-Suarez, J. Quiles, B. Mezzetti and M. Battino. 2012. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. Nutr. 28: 9-19.
11. Hakala, M., A. Lapvetelainen, R. Huopalahti, H. Kallio and R. Tahvonen. 2003. Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries. J. Food Compos. Anal. 16: 67-80.
12. Hancock, J.F. 1999. Strawberries. CABI International Publishing, 237 p.
13. Kader, A.A. 2000. Quality of horticultural products. Acta Hort. 518: 15-16.
14. Kafkas, E., M. Kosar, S. Paydas, S. Kafkas and K.H.C. Baser. 2007. Quality characteristics of strawberry genotypes

- at different maturation stages. *Food Chem.* 100: 1229-1236.
15. Kamperidou, I. and M. Vasilakakis. 2006. Effect of propagation material on some quality attributes of strawberry fruit (*Fragaria. ananassa*, var. Selva). *Sci. Hort.* 107: 137-142.
 16. Kristl, J., A.U. Krajnc, B. Kramberger and S.G. Mlakar. 2013. Strawberries from integrated and organic production: Mineral contents and antioxidant activity. *Acta Chim. Slov.* 60: 19-25.
 17. Mahmood, T., F. Anwar, T. Iqbal, I. Ahmad and M. Ashraf. 2012. Mineral composition of strawberry, mulberry and cherry fruits at different ripening stage as analyzed inductively coupled plasma optical emission spectroscopy. *J. Plant Nutr.* 35: 111-122.
 18. Moing, A., C. Renaud, M. Gaudillere, P. Raymond, P. Roudeillac and B.D. Rothan. 2001. Biochemical changes during fruit development of four strawberry cultivars. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 126(4): 394-403.
 19. Morgan, L. 2006. Hydroponic Strawberry Production. Sun Tec New Zealand Ltd.
 20. Nasirruddinkhan, M., A. Sarwar, S. Bhutto and M.F. Wahab. 2010. Physicochemical characterization of the strawberry samples on regional basis using multivariate analysis. *Int. J. Food Prop.* 13(4): 789-799.
 21. Nielsen, S.S. and L.E. Metzger. 2003. Nutrition labeling. *In: Nielsen, S.S. (Ed.), Food Analysis, 3rd Ed., Kluwer Academic, New York.*
 22. Pineli, L.L.O., C.L. Moretti, M.S. Santos, A.B. Campos, A.V. Brasileiro, A.C. Cordova and M.D. Chiarello. 2011. Antioxidants and other chemical and physical characteristics of two strawberry cultivars at different ripeness stages. *J. Food Compos. Anal.* 24(1): 11-16.
 23. Qian, M., C. Finn and J.M. Shroeder. 2004. Objective flavor comparison of Oregon strawberries and those from other climatic conditions. Progress Report, Oregon State University.
 24. Recamales, A.F., J. Lopez Medina and D. Hernanz. 2007. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *J. Food Quality.* 30: 837-853.
 25. Rekika, D., S. Khanizadeh, M. Deschenes, A. Levasseur and M.T. Charles. 2005. Antioxidant capacity and phenolic content of selected strawberry genotypes. *Hort. Sci.* 40(6): 1777-1781.
 26. Resende, J.T.V., L.K.P. Camargo, E.J.S. Argandona, A. Marchese and C.K. Camargo. 2008. Sensory analysis and chemical characterization of strawberry fruits. *Hort. Bras.* 26: 371-374.
 27. Sharma, R.R. 2002. Growing Strawberries. International Book Distributing Co., 164 p.
 28. Singh, R., R.R. Sharma and S.K. Pyagi. 2007. Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry. *Sci. Hort.* 112: 215-220.
 29. Tabatabaei, S.J., L.S. Fatemi and E. Fallahi. 2006. Effect of ammonium: nitrate ratio on yield, calcium concentration and photosynthesis rate in strawberry. *J. Plant Nutr.* 29: 1273-1285.
 30. Tahvonen, R. 1993. Contents of selected elements in some fruits, berries and vegetables on the Finnish market in 1987-1989. *J. Food Compos. Anal.* 6: 75-86.
 31. Thompson, A.K. 2003. Fruit and Vegetables: Harvesting, Handling and Storage. Blackwell Publishing Ltd., 482 p.
 32. USDA. 2010. National nutrient for standard references, release 23, Fruits and fruit juices; pp. 785-787. Available at: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs>.
 33. Voca, S., B. Duralija, J. Druzic, M.S. Babojelic, N. Dobricevic and Z. Cmelik. 2006. Influence of cultivation systems on physical and chemical composition of strawberry fruits cv. Elsanta. *Agric. Conspec. Sci.* 71(4): 171-174.
 34. Voca, S., N. Dobricevic, V.D. Uzelac, B. Duralija, B. Druzic, Z. Cmelik and M.S. Babojelic. 2008. Fruit quality of new early ripening strawberry cultivars in Croatia. *Food Technol. Biotech.* 46(3): 292-298.
 35. Wang, S.Y., W. Zheng and G.L. Galletta. 2002. Cultural system affects fruit quality and antioxidant capacity in strawberries. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6534-6542.
 36. Xie, J. and Y. Zhao. 2004. Physical and physicochemical characteristics of three U.S. strawberry cultivars grown in the Pacific Northwest. *J. Food Qual.* 27: 181-194.