



بررسی ارتباط بین میزان ترکیبات فنلی و رنگ پوست در ۳ رقم سیب قرمز در ژاپن

داود بخشی^{۱*} - سمانه فتح اللهی^۲ - اسامو آراکاوا^۳

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۳۱

تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۷

چکیده

این مطالعه در سال ۲۰۰۶ برای بررسی ارتباط بین ترکیبات فنلی با شاخص‌های رنگ پوست سه رقم سیب فوجی، جاناتان و جاناگلد در ژاپن انجام شد. شاخص روشنی (L^*) با کاهش رنگ قرمز در پوست جاناتان افزایش یافت. در جاناگلد کروما (اشباع رنگ) با افزایش رنگ قرمز، افزایش نشان داد اما در فوجی تفاوت چندانی بین این پارامترها و تغییر رنگ ظاهری پوست مشاهده نشد. در هر سه رقم، آنتوسیانین‌ها و کوئرستین‌ها با افزایش رنگ قرمز (مقدار L^* و هیو کاهشی) افزایش یافتند. ارتباطی بین میزان مواد فنلی گوشت با رنگ پوست میوه‌های مورد مطالعه مشاهده نشد. مقدار ترکیبات فنلی در گوشت فوجی بیشتر از جاناتان و جاناگلد بود. همبستگی مثبت معنی‌داری بین آنتوسیانین و کوئرستین ۳-گالاکتوزید در هر ۳ رقم مشاهده شد. در جاناتان و جاناگلد مقدار کروما در میوه‌هایی با آنتوسیانین بیشتر، که حاوی کوئرستین‌های زیاده‌تری نیز بودند، بیشتر بود اما این ارتباط در فوجی مشاهده نشد. پوست سیب جاناگلد فلاونوئید و کلروژنیک‌اسید بیشتری نسبت به پوست جاناتان و فوجی داشت. ارتباط معنی‌داری بین رنگ پوست و میزان فنل گوشت در میوه‌های مختلف یک رقم با رنگ‌های متفاوت، مشاهده نشد. میزان فنل کل گوشت فوجی از دو رقم دیگر بیشتر بود. آنالیز ضریب همبستگی بین رنگ خارجی پوست و میزان فنل‌ها نشان داد که رنگ قرمز پوست اساساً به خاطر آنتوسیانین و کوئرستین‌هاست.

واژه‌های کلیدی: سیب، رنگ پوست، ترکیبات فنلی، آنتوسیانین، کوئرستین

مقدمه

می‌کنند. کوئرستین‌ها، فراوان‌ترین ترکیبات فنلی در پوست سیب می‌باشند (۱). فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی، از گروه‌های مهم متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که در مطالعات آزمایشگاهی (درون شیشه-ای)، دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (۲). بنابراین تعیین مقدار فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی که در رنگ میوه و در سلامتی بشر نقش دارند، بسیار پر اهمیت است. اما روش‌های شیمیایی معمول برای تعیین مقدار مواد فنلی میوه، بسیار هزینه‌بردار و زمان‌بر هستند. علاوه بر این ترکیبات رنگی‌های، بسیار ناپایدارند و ممکن است در حین استخراج یا پس از آن دچار تغییر شوند. بنابراین یافتن روش‌های بصری و مقایسه‌ای، برای تخمین مقادیر کلی بخاطر سرعت زیاد و هزینه کم، بسیار مطلوب و موثر خواهد بود (۸). در حال حاضر، اطلاعاتی که رابطه بین رنگ پوست و مقدار یا نسبت مواد فنلی را بیان کند، وجود ندارد. علاوه بر آن، میزان ترکیبات فنلی، گوشت میوه به عنوان بخش مصرفی اصلی میوه محصولات تازه‌خوری یا فرآوری شده، بررسی نشده است. هدف از این مطالعه بررسی ارتباط بین رنگ پوست و میزان مواد فنلی پوست و گوشت سه رقم سیب قرمز بود.

فلاونوئیدها و اسیدهای فنلی از متابولیت‌های ثانویه مهم گیاهی هستند که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. آنتوسیانین‌ها به عنوان گروه بسیار مهمی از فلاونوئیدها عامل ایجاد رنگ قرمز در میوه سیب هستند. در مطالعات اخیر نشان داده شده است که سیب‌هایی با رنگ قرمز تر دارای غلظت بیشتری از آنتوسیانین‌ها هستند (۴). جلوه ظاهری میوه یکی از معیارهای درجه‌بندی میوه‌هاست. میوه‌هایی با پوست قرمز تر برای مصرف کنندگان جذاب‌تر هستند و معمولاً در فروشگاه بیشتر مورد پسند قرار می‌گیرند (۳). رنگ و تغییرات انعکاس طیفی، دو مورد اساسی تفکیک میوه در درجه‌بندی تجاری محسوب می‌شوند (۵). در پوست میوه سیب علاوه بر آنتوسیانین‌ها در پوست، کاتچین‌ها (کاتچین و اپی کاتچین)، فنل‌های ساده (اسیدهای فنلی)، پروسیانیدین‌ها، دی‌هیدروچالکون‌ها (فلوریدزین‌ها) و کوئرستین‌ها (کوئرستین ۳-گلیکوزیدها) تجمع پیدا

۱ و ۲- استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
* نویسنده مسئول: (Email: bakhshi-d@guilan.ac.ir)
۳- استاد میوه‌کاری دانشگاه هیروساکی ژاپن

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

درجه سانتی‌گراد با دور ۱۰۰۰۰ بمدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ شد و بخش روشناور عصاره از فیلتر سرسرنگی یکبار مصرف با قطر منافذ ۰/۴۵ میکرومتر گذرانده شد (۷).

آنالیز ترکیبات فنلی

مقدار و نوع فلاونوئیدها با روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) دوپمی (A) و (B) ساخت شرکت SHEISYDO ژاپن مجهز به یک شناساگر دیود در طول موج‌های ۲۸۰، ۳۵۰ و ۵۳۰ نانومتر تعیین گردید. طول ستون ۲۵۰ میلی‌متر و قطر ۱/۵ میلی‌متر پر شده با ترکیب C18 با قطر منافذ ۴/۶ میکرومتر با یک پیش‌ستون محافظ ۵۰ میلی‌متری نیز قبل از ستون اصلی تعیبه شده بود. مجموعه ستون‌ها در محفظه گرم‌کن با دمای ۳۰ درجه سلسیوس نگهداری می‌شد. فاز حامل (حلال‌ها) متشکل از (A) فسفریک اسید ۱/۵ درصد در آب که با سرعت ۹۰ میکرولیتر در دقیقه جریان داشت و (B) فسفریک اسید ۱/۵ درصد، فرمیک اسید ۲۰ درصد و استونیتریل ۲۵ درصد در آب با سرعت جریان ۱۰ میکرولیتر در دقیقه بود. نمونه‌ها به میزان ۵ میکرولیتر به دستگاه تزریق شد.

نتایج و بحث

رنگ پوست

در جاناتان L^* (روشنی) میوه‌هایی با پوست قرمزتر کمتر بود. به عبارت دیگر، مقادیر L^* با کاهش رنگ قرمز در پوست سیب‌های جاناتان افزایش نشان داد. در رقم جاناگلد کروما با افزایش رنگ قرمز، افزایش داشت. اما در فوجی تفاوت مشهودی بین این پارامترها و تغییر رنگ ظاهری پوست با رنگ قرمز وجود نداشت (جدول ۱). اختلاف بین پارامترهای سنجیده شده رنگ نیز در میان میوه‌های سه رقم یکسان نبود. در حالی که هیو، کروما و L^* سرخ‌ترین میوه جاناتان به ترتیب حدود ۳۰، ۶۰ و ۷۰ درصد بیشتر از سبزترین میوه این رقم بود. این اختلاف در رقم جاناگلد به ترتیب حدود ۴۰، ۲۰ و ۳۰ درصد و در فوجی کمتر از حدود ۱۰ درصد بودند.

میزان فنل پوست

در هر سه رقم، با افزایش رنگ قرمز (مقدار L^* و زاویه هیو کاهش)، آنتوسیانین‌ها و کوئرستین‌ها افزایش یافتند. در جاناتان و جاناگلد، با افزایش رنگ قرمز، علاوه بر آنتوسیانین‌ها و کوئرستین‌ها، کاتچین‌ها و اسیدهای فنلی نیز افزایش داشتند. در حالی که در فوجی، این مواد فنلی در میوه‌هایی با رنگ متفاوت، تفاوتی نشان ندادند (جدول ۲).

در این مطالعه، میوه سه رقم تجاری سیب قرمز در ژاپن شامل فوجی، جاناتان و جاناگلد در زمان رسیدگی مورد بررسی قرار گرفت. تشخیص زمان رسیدگی با توجه به شاخص تعداد روزهای پس از مرحله تمام گل درختان انجام شد. بدین ترتیب که جاناتان در ۲۳ مهر، یعنی ۱۵۵ روز بعد از تمام‌گل، جاناگلد ۳۰ مهر، ۱۶۲ روز بعد از تمام گل و فوجی در ۱۰ آبان، ۱۷۳ روز بعد از تمام گل، برداشت شدند. برای هر رقم تعداد ۲۰ میوه از بخش‌های مختلف تاج مورد بررسی قرار گرفت.

سنجش رنگ

میوه‌ها بر اساس رنگ ظاهری قرمزترین بخش پوست (قسمت قرار گرفته در معرض نور)، به ترتیب از ۱ تا ۲۰ در جهت کاهش رنگ قرمز مرتب شدند (میوه با حداکثر رنگ قرمز، شماره ۱ و میوه با حداقل رنگ قرمز شماره ۲۰). بعد از این مرتب‌سازی میوه‌ها، با قرار دادن چشمی دستگاه رنگ‌سنج (کرومومتر) مدل NF-90 (NIPPON DENSHU KOGYO CO., LTD) مولفه‌های رنگ شامل b^* ، L^* ، a^* سنجیده شد. رنگ سنج دارای حسگر چشمی با قطر ۸ میلی‌متر بود و پیش از سنجش هر رقم با یک صفحه سفید استاندارد کالیبره می‌شد ($Z=112/99$ و $X=93/37$ ، $y=95/22$). رنگ هر میوه سه بار سنجیده می‌شد و میانگین این سه اندازه‌گیری، برای محاسبه‌ی زاویه رنگ $[\tan^{-1}(b^*/a^*)]$ و رنگ $[(a^*2+b^*2) 0.5]$ که a^* سرخی افزایشی، $-a^*$ سبزی افزایشی، b^* زردی افزایشی و $-b^*$ آبی افزایشی نشان می‌دهند، استفاده شد. مقدار L^* روشنی و درخشندگی (۱۰۰=سفید) یا تاریکی (۰=سیاه) رنگ مرئی و کروما، درخشندگی یا شدت رنگ را شرح می‌دهد (۵).

استخراج ترکیبات فنلی

بعد سنجش رنگ، پوست و گوشت میوه‌های مذکور جهت آنالیز میزان فنل مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌برداری از پوست و گوشت هر میوه توسط یک لوله‌ی فولادی تیز به قطر ۱۸ میلی‌متر انجام شد. پس از خارج کردن قطعه مورد نظر توسط این لوله از داخل میوه، پوست با ضخامت تقریبی یک میلی‌متر و گوشت با همین ضخامت از عمق یک سانتیمتری جدا و در نیتروژن مایع منجمد شد و تا زمان اندازه‌گیری در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. استخراج ترکیبات فنلی با حلالی متشکل از متانول (۸۵ درصد) و استیک اسید (۱۵ درصد) صورت گرفت. پس از افزودن حلال، نمونه‌ها بمدت دو ساعت در ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سپس در سانتریفوژ یخچال‌دار (Himac CR 15, HITACHI, Japan) در دمای صفر

جدول ۱- مقادیر هیو، کروما و *L پوست ۲۰ میوه از سیب‌های ارقام جاناتان، جاناگلد و فوجی

شماره نمونه	هیو(سبزی)			کروما (اشباع رنگ)			*L (روشنی)		
	جاناتان	جاناگلد	فوجی	جاناتان	جاناگلد	فوجی	جاناتان	جاناگلد	فوجی
۱	۱۹/۵۶	۲۶/۵۸	۳۳/۳۵	۳۶/۱۵	۵۱/۴۳	۴۳/۰۳	۱۸/۸۹	۲۹/۸۶	۴۰/۶۳
۲	۱۷/۷۳	۲۳/۸۳	۳۲/۱۲	۲۹/۲۵	۴۴/۴۹	۳۵/۴۶	۲۱/۳۲	۲۹/۵۴	۴۱/۴۷
۳	۱۶/۴۵	۲۳/۱۱	۴۴/۵۳	۲۹/۶۸	۴۵/۳۱	۳۷/۰۳	۲۱/۸۱	۳۰/۴۱	۴۵/۵۲
۴	۱۹/۱۳	۲۴/۶۸	۳۵/۸۵	۳۴/۲۲	۴۸/۸۱	۳۸/۱۵	۱۷/۰۸	۳۴/۰۹	۴۱/۷۲
۵	۲۳/۱۴	۳۶/۷۲	۳۹/۲۴	۴۵/۳۲	۴۷/۴۴	۳۴/۹۷	۲۷/۳۸	۴۷/۳۹	۴۵/۶۹
۶	۱۸/۱۷	۲۹/۱۹	۳۳/۳۸	۳۳/۵۵	۴۵/۹۹	۳۹/۹۸	۱۸/۵۴	۳۸/۰۹	۳۹/۳۹
۷	۲۰/۹۳	۲۸/۰۹	۳۷/۵۸	۳۶/۸۸	۴۵/۶۱	۳۵/۶۳	۲۳/۴۷	۳۸/۸۲	۴۱/۹۵
۸	۲۰/۹۴	۳۰/۴۵	۳۵/۹۲	۳۸/۹۵	۴۷/۶۳	۳۴/۶۲	۲۵/۴۷	۴۰/۰۱	۴۶/۴۷
۹	۲۳/۵۴	۲۳/۴۹	۴۶/۶۹	۴۵/۲۲	۳۷/۶۵	۳۰/۳۱	۲۶/۱۶	۵۱/۸۴	۴۹/۸۵
۱۰	۲۸/۸۱	۵۶/۴۹	۴۳/۰۷	۴۷/۵۷	۳۵/۹۹	۳۲/۲۱	۳۳/۳۱	۵۲/۱۱	۴۱/۵۵
۱۱	۴۱/۴۷	۲۳/۰۳	۴۰/۶۱	۴۹/۲۱	۴۴/۷۱	۳۹/۵۲	۴۹/۳۶	۳۰/۰۱	۴۱/۰۲
۱۲	۲۹/۶۶	۲۴/۵۹	۴۵/۶۳	۵۷/۱۳	۵۰/۵۷	۳۴/۰۹	۳۹/۶۱	۳۱/۶۲	۴۶/۲۸
۱۳	۳۶/۶۴	۲۷/۵۴	۳۴/۴۱	۵۰/۸۱	۵۰/۰۵	۲۸/۱۶	۴۸/۴۱	۳۴/۴۴	۴۱/۷۲
۱۴	۳۶/۷۵	۳۶/۰۹	۴۳/۹۵	۵۰/۷۲	۵۱/۳۷	۳۴/۶۲	۴۲/۴۱	۳۸/۶۲	۴۳/۵۷
۱۵	۳۲/۳۹	۲۷/۸۳	۴۰/۷۷	۵۵/۲۸	۴۴/۱۳	۳۴/۷۳	۳۸/۷۱	۳۵/۲۶	۴۷/۱۷
۱۶	۲۶/۲۱	۳۲/۶۲	۴۸/۷۹	۴۶/۱۵	۴۴/۵۶	۳۴/۹۹	۳۶/۶۵	۴۲/۲۲	۴۷/۶۲
۱۷	۳۳/۳۵	۳۸/۵۳	۳۰/۶۷	۴۶/۲۶	۴۰/۵۴	۳۸/۹۲	۴۱/۵۲	۴۹/۰۹	۴۱/۸۱
۱۸	۳۳/۷۴	۳۶/۳۱	۳۹/۷۴	۵۵/۰۹	۴۳/۳۱	۳۵/۶۸	۴۹/۱۲	۴۳/۹۴	۴۵/۶۲
۱۹	۳۲/۸۹	۳۹/۵۲	۴۲/۶۸	۵۴/۹۲	۴۰/۴۷	۳۷/۴۱	۴۲/۶۹	۴۴/۹۳	۴۷/۷۳
۲۰	۴۲/۶۹	۴۴/۲۹	۳۷/۴۳	۴۴/۱۱	۳۷/۲۹	۳۶/۱۶	۵۷/۳۷	۴۶/۶۴	۴۲/۵۸

میزان فنل گوشت

میزان فنل گوشت میوه‌های سه رقم مورد مطالعه، تحت تاثیر رنگ خارجی میوه قرار نگرفت. هرچند مقدار کلی مواد فنلی گوشت فوجی بیشتر از جاناتان و جاناگلد بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار آنتوسیانین و کوئرستین در هر سه رقم وجود داشت. این نتایج نشان داد که یکی از پیک‌ها (پیک ۱۰ شکل ۱) که به عنوان یک پروسیانیدین شناسایی شد، همبستگی منفی با آنتوسیانین داشت. هرچند در فوجی این همبستگی معنی‌دار نبود (جدول ۳).

رنگ پوست میوه ناشی از مقادیر مختلف رنگیزه‌هاست. رنگ زمینه زرد/سبز سیب به دلیل وجود رنگیزه‌های پلاستید کلروفیل II و کارتنوئیدها است. کلروفیل‌ها، سبز و کارتنوئیدها، زردند. در مقابل رنگ قرمز پوست توسط آنتوسیانین و کوئرستین‌ها ایجاد می‌شود. شدت رنگ قرمز میوه با غلظت آنتوسیانین پوست میوه تعیین می‌شود که البته این رنگ، تحت تاثیر غلظت دیگر رنگیزه‌ها مثل سایر فلاونوئیدها و کارتنوئیدها قرار می‌گیرد (۵). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که آنتوسیانین‌ها همیشه همراه با کوئرستین‌ها هستند. به نظر می‌رسد کوئرستین‌ها نقش مهمی در ظهور رنگ پوست میوه داشته باشند. بطور کلی، نسبت آنتوسیانین به کوئرستین در میوه‌ای با پوست قرمزتر نسبت به میوه‌ای با پوست کم‌رنگ‌تر، بیشتر می‌باشد. این امر

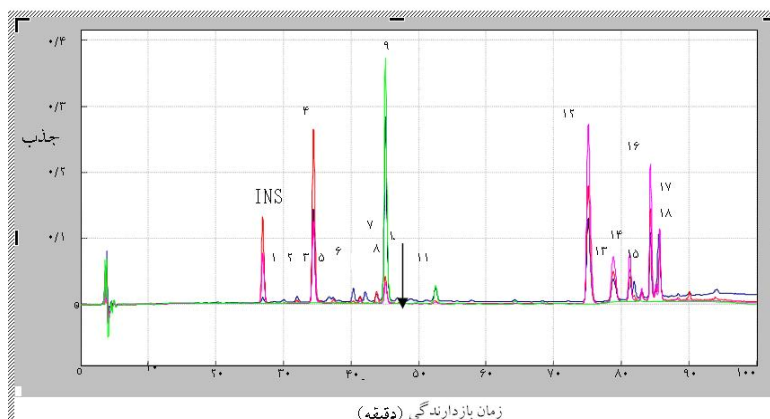
حاکمی از آنست که غلظت آنتوسیانین‌ها در بروز رنگ ظاهری میوه مهم‌تر از کوئرستین‌ها است (جدول ۲). کلروفیل نیز نقش مهمی در رنگ میوه دارد (۶). در طول دوره بلوغ میوه معمولاً غلظت کلروفیل کاهش می‌یابد (۱). بدین ترتیب، افزایش میزان آنتوسیانین و کاهش کلروفیل باعث هیو کمتر در میوه‌های قرمزتر نسبت به میوه‌های سبز می‌شود. کاهش هیو در میوه‌های قرمزتر، نشانه کاهش کلروفیل (عامل رنگ سبز) و افزایش آنتوسیانین (عامل رنگ قرمز) است. کروما (اشباع رنگ) در دو رقم جاناتان و جاناگلد در میوه‌های قرمزتر که دارای آنتوسیانین و کوئرستین‌ها بیشتر بودند، بالاتر بود. البته این ارتباط در فوجی دیده نشد (جدول ۴). به عبارت دیگر، اختلاف بین قرمزترین و سبزترین میوه‌های فوجی استفاده شده در این مطالعه، معنی‌دار نبود (جدول ۱). احتمالاً رنگ‌گیری ضعیف رقم فوجی عامل بروز این حالت است. در سه رقم بررسی شده، مقدار ضریب همبستگی بین آنتوسیانین‌ها و دیگر ترکیبات فنلی محاسبه گردید. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آنتوسیانین و کوئرستین مشاهده شد (شکل ۲). در مطالعاتی که توسط محققین دیگر انجام شده، الگوی تجمع آنتوسیانین‌ها و کوئرستین‌ها در سیب‌های ال استار و جاناگلد از لحاظ کیفی در طول نمو و رسیدگی، شباهت زیادی را نشان داد.

جدول ۲- میزان ترکیبات فنلی (میکروگرم بر گرم وزن تر) پوست سیب‌های ارقام 'چاناتان'، 'چاناکلد' و 'فوجی'

نمونه	کاتچین			اسیدهای فنلی			پروسیانیدین‌ها			دی‌هیدروچاکون‌ها			آنتوسیانین‌ها		
	'چاناتان'	'چاناکلد'	'فوجی'	'چاناتان'	'چاناکلد'	'فوجی'	'چاناتان'	'چاناکلد'	'فوجی'	'چاناتان'	'چاناکلد'	'فوجی'	'چاناتان'	'چاناکلد'	'فوجی'
۱	۵۷/۴	۲۵/۹	۲۱/۷	۲۶/۵	۵۸/۵	۳۲/۸	۲۸/۱	۱۷/۲	۹۷/۱	۹۷/۸	۴۰/۸	۳۳۷/۷	۱۵۸/۱	۲۵/۹	۵۵۵/۶
۲	۵۵/۸	۳۰/۷	۱۹/۳	۱۶/۶	۲۱/۵	۲۶/۴	۳۳/۵	۳۳/۵	۹۸/۷	۴۱/۶	۴۸/۵	۳۳۰/۴	۷۹/۲	۳۲/۹	۴۹۷/۳
۳	۵۸/۱	۱۰/۶	۲۶/۴	۱۱۳/۵	۳۹/۴	۴۹/۴	۲۰/۱	۳۹/۱	۱۶۷/۶	۶۱/۲	۷۹/۱	۳۸۹/۷	۱۲۵/۱	۳۱/۲	۵۴۹/۰
۴	۵۷/۳	۳۰/۵	۲۸/۹	۲۱/۶	۳۳/۹	۵۰/۶	۲۸/۱	۳۹/۵	۸۸/۵	۸۵/۱	۸۷/۶	۳۳۳/۴	۷۱/۵	۳۵/۱	۶۴۵/۲
۵	۴۸/۱	۳۳/۵	۳۵/۱	۲۰/۹	۵۶/۷	۵۹/۸	۳۳/۱	۴۱/۱	۶۲/۱	۴۷/۶	۶۲/۱	۲۴۲/۴	۴۵/۴	۳۵/۵	۷۰۰/۶
۶	۴۴/۱	۲۶/۲	۳۱/۸	۲۲/۲	۱۵/۴	۶۱/۷	۲۸/۱	۲۱/۱	۶۳/۸	۶۱/۲	۹۷/۸	۲۵۱/۱	۵۸/۸	۳۷/۷	۷۳۴/۶
۷	۳۷/۲	۲۹/۴	۲۹/۶	۲۹/۶	۳۶/۴	۴۶/۳	۳۷/۵	۴۹/۵	۶۲/۱	۶۵/۵	۴۵/۹	۲۱۲/۱	۳۲/۵	۲۵/۹	۴۳۸/۶
۸	۳۳/۳	۱۷/۵	۲۸/۵	۱۳/۵	۲۲/۲	۴۴/۴	۳۳/۱	۳۰/۱	۸۴/۳	۵۸/۷	۴۸/۵	۱۱۶/۹	۳۰/۳	۱۴/۷	۱۶۱/۷
۹	۴۶/۵	۳۳/۳	۳۷/۹	۱۹/۷	۲۲/۶	۳۸/۳	۳۳/۱	۴۲/۵	۸۱/۶	۷۹/۱	۴۸/۶	۱۹۹/۱	۱۳/۴	۲۰/۳	۳۳۳/۶
۱۰	۴۱/۸	۳۳/۶	۳۳/۱	۳/۱	۲۲/۶	۴۲/۶	۳۶/۵	۴۶/۱	۹۷/۱	۷۳/۱	۱۲۵/۹	۳۱/۶	۸/۲	۳۳/۸	۴۲۱/۵
۱۱	۴۴/۱	۱۹/۱	۳۰/۸	۸/۶	۳۸/۱	۴۷/۵	۴۲/۱	۲۱/۱	۱۵۲/۲	۶۰/۴	۱۲۵/۹	۵۱/۹	۷۲/۳	۳۱/۶	۱۲۵۰/۱
۱۲	۴۵/۷	۳۷/۱	۳۵/۱	۷/۴	۷۲/۴	۵۸/۶	۲۹/۱	۴۱/۵	۶۹/۷	۳۹/۱	۵۲/۷	۱۱۲/۵	۸۲/۷	۳۴/۶	۳۴۰/۹
۱۳	۴۴/۲	۴۰/۱	۳۷/۴	۹/۲	۲۶/۵	۴۸/۷	۳۳/۱	۵۰/۵	۹۹/۵	۴۹/۹	۶۹/۷	۴۷/۶	۶۲/۷	۳۹/۴	۶۴۶/۴
۱۴	۳۳/۸	۳۲/۲	۳۱/۲	۱۴/۸	۳۳/۵	۴۲/۸	۳۳/۵	۲۱/۱	۱۰۸/۹	۸۷/۶	۳۹/۱	۴۷/۶	۶۱/۱	۱۳/۴	۳۲۷/۲
۱۵	۳۹/۵	۲۹/۴	۳۳/۸	۳/۷	۲۵/۹	۵۸/۶	۳۳/۵	۴۳/۵	۸۱/۶	۴۹/۳	۷۸/۲	۴۷/۶	۳۷/۶	۳۹/۱	۵۹۳/۸
۱۶	۴۲/۶	۲۵/۵	۳۷/۱	۶/۱	۲۰/۴	۴۴/۴	۳۵/۱	۳۳/۵	۱۰۰/۹	۸۰/۸	۷۰/۶	۵۶/۲	۴۲/۴	۱۳/۴	۴۲۸/۹
۱۷	۳۱/۱	۳۰/۲	۳۷/۸	۸/۱	۱۹/۲	۵۵/۵	۲۱/۵	۴۱/۱	۸۷/۶	۴۲/۵	۶۲/۹	۴۷/۶	۴۹/۷	۵۰/۶	۵۶۳/۸
۱۸	۳۱/۷	۲۹/۴	۲۶/۵	۶/۸	۲۵/۲	۵۳/۱	۲۶/۵	۳۷/۵	۹۹/۵	۶۳/۸	۵۵/۳	۳۲/۶	۷۲/۳	۳۳/۸	۶۶۵/۹
۱۹	۳۰/۲	۲۸/۶	۲۹/۱	۶/۱	۱۹/۷	۲۳/۴	۳۳/۱	۳۳/۵	۹۷/۱	۷۹/۱	۵۸/۷	۲۶/۸	۳۳/۳	۱۶/۴	۳۲۳/۵
۲۰	۳۳/۳	۱۸/۶	۳۸/۱	۴/۳	۳۲/۷	۵۲/۴	۳۰/۱	۲۹/۹	۱۰۳/۸	۹۸/۲	۷۴/۱	۱۸/۲	۲۶/۸	۴/۷	۲۸۴/۷

جدول ۳- میزان ترکیبات فنلی (میکروگرم بر گرم وزن تر) گوشت سیب‌های ارقام 'جاناگان'، 'جاناگلد' و 'فوجی'

نمونه	اسیدهای فنلی										میانگین			
	کل		دی‌هیدروچالکون		پروسیانیدین‌ها		'فوجی'		'جاناگان'			کاتچین		
	'فوجی'	'جاناگان'	'جاناگان'	'فوجی'	'جاناگان'	'جاناگان'	'فوجی'	'فوجی'	'جاناگان'	'جاناگان'	'فوجی'	'جاناگان'	'جاناگان'	
۱	۱۰/۱	۱۱۴/۱	۶۹/۲	۴/۲	۱۲/۷	۷/۶	۱۲/۵	۱۰/۵	۱۴/۱	۳۳/۴	۸۰/۸	۳۲/۱	۱۰/۸	۱۵/۵
۲	۷۶/۱	۹۴/۱	۶۷/۶	۲/۵	۷/۶	۱۵/۳	۱۳/۱	۹/۵	۱۴/۱	۵۱/۱	۶۸/۵	۲۵/۹	۹/۳	۱۲/۴
۳	۹۲/۴	۷۰/۲	۱۲۹/۳	۹/۳	۸/۵	۹/۳	۱۳/۵	۷/۱	۱۹/۱	۵۷/۹	۴۹/۴	۸۰/۸	۱۱/۶	۲۰/۱
۴	۱۱۰/۱	۷۵/۵	۷۵/۴	۱۱/۳	۴/۲	۷/۶	۱۲/۵	۱۷/۱	۲۰/۵	۷۴/۴	۴۵/۱	۳۳/۳	۱۲/۴	۱۳/۹
۵	۱۰/۱/۴	۸۹/۵	۷۰/۷	۸/۵	۱۲/۷	۹/۳	۱۸/۵	۱۸/۱	۱۵/۵	۵۷/۳	۴۸/۷	۲۹/۶	۱۷/۱	۱۶/۲
۶	۹۱/۵	۵۷/۷	۶۵/۱	۸/۵	۹/۳	۵/۹	۱۶/۱	۱۳/۵	۱۸/۱	۵۳/۲	۳۷/۱	۳۷/۱	۱۳/۹	۱۳/۹
۷	۱۱۵/۱	۱۰۴/۷	۹۱/۷	۶/۸	۱۱/۱	۷/۶	۸/۵	۱۸/۵	۱۹/۵	۸۵/۷	۶۶/۶	۵۰/۵	۱۳/۹	۱۳/۹
۸	۱۱۷/۵	۸۰/۵	۶۶/۶	۱۷/۲	۵/۱	۷/۶	۱۲/۱	۱۶/۱	۱۴/۱	۷۴/۴	۴۹/۳	۳۳/۳	۱۴/۷	۱۱/۶
۹	۹۹/۸	۹۸/۷	۱۰۰/۱	۶/۸	۱۲/۷	۱۷/۲	۱۱/۱	۱۷/۱	۱۸/۱	۶۴/۲	۵۷/۳	۴۸/۷	۱۷/۸	۱۶/۲
۱۰	۹۷/۶	۵۷/۲	۸۶/۲	۵/۱	۵/۹	۱۱/۹	۱۴/۱	۵/۵	۱۸/۱	۶۵/۴	۴۱/۹	۴۰/۱	۱۳/۲	۱۶/۲
۱۱	۲۴/۷	۷۸/۷	۱۱۲/۳	۶/۸	۷/۶	۱۴/۴	۱۳/۵	۱۳/۵	۲۲/۵	۶۰/۵	۵۰/۵	۵۳/۶	۱۳/۹	۳۱/۷
۱۲	۹۹/۵	۸۳/۱	۵۶/۳	۳/۴	۹/۳	۵/۹	۷/۵	۱۳	۱۳/۵	۷۴/۶	۵۳/۱	۲۲/۲	۱۳/۹	۱۴/۷
۱۳	۷۰/۱	۱۰۱/۲	۱۰۵/۳	۱۰/۲	۷/۶	۱۵/۳	۷/۱	۲۱/۵	۲۱/۱	۴۱/۹	۶۰/۴	۵۱/۲	۱۰/۸	۱۷/۸
۱۴	۹۴/۴	۸۲/۵	۷۱/۵	۱۰/۲	۱۲/۷	۹/۳	۱۶/۱	۱۴/۵	۱۸/۵	۵۴/۳	۳۷/۵	۳۲/۱	۱۳/۹	۱۱/۶
۱۵	۱۰۲/۲	۹۶/۷	۵۴/۲	۱۱/۳	۱۶/۲	۵/۹	۱۲/۱	۱۷/۵	۱۷/۱	۶۶/۱	۵۶/۱	۲۰/۳	۱۳/۵	۱۰/۸
۱۶	۸۵/۴	۹۰/۴	۶۳/۲	۵/۶	۸/۵	۷/۶	۱۳/۱	۱۸/۵	۱۸/۱	۵۱/۸	۵۱/۸	۳۲/۱	۱۵/۵	۵/۴
۱۷	۸۷/۵	۶۸/۱	۹۴/۲	۵/۱	۹/۳	۹/۳	۱۳/۱	۱۳/۱	۲۱/۵	۵۵/۵	۳۴/۲	۴۹/۳	۱۳/۹	۱۳/۹
۱۸	۸۵/۸	۸۴/۳	۷۸/۵	۵/۱	۱۰/۲	۵/۹	۶/۱	۱۵/۱	۲۰/۱	۶۲/۴	۴۸/۷	۳۷/۲	۱۲/۴	۱۵/۵
۱۹	۱۰۶/۴	۷۶/۱	۷۵/۴	۱۴/۴	۷/۶	۹/۳	۱۵/۱	۱۴/۱	۲۰/۱	۶۵/۴	۴۴/۴	۳۲/۱	۱۱/۶	۱۳/۹
۲۰	۹۳/۹	۷۲/۷	۷۷/۲	۱۳/۶	۵/۱	۹/۳	۱۴/۱	۱۲/۵	۲۱/۱	۵۵/۵	۴۸/۱	۳۲/۱	۱۰/۸	۱۴/۷
میانگین	۹۶/۲	۸۳/۸	۸۰/۵	۸/۳۹	۸۳/۵	۹/۵۷	۱۲/۴۹	۳۲/۱۴	۱۸/۲۲	۶۲/۲۵	۴۷/۵۱	۳۸/۱۸	۱۳/۳۳	۶۴/۹



شکل ۱- کروماتوگرام سیب جاناگلد با غلظت نسبتاً بالای آنتوسیانین.

پیک‌های دارای عدد به INS، استاندارد داخلی، ۱ و ۲ کاتچین‌ها (کاتچین‌ها)، ۳ و ۴ کلروژنیک اسیدها، ۷ و ۸ اسیدهای فنلی، ۵، ۱۰ و ۱۱ پروسیانیدین، ۱۲، ۱۳، ۱۵ و ۱۶ کوئرستین گلوکوزیدها (کوئرستین‌ها)، ۱۴ و ۱۷ فلوریزین (دهیدروکسی چالکون‌ها) مربوط است.

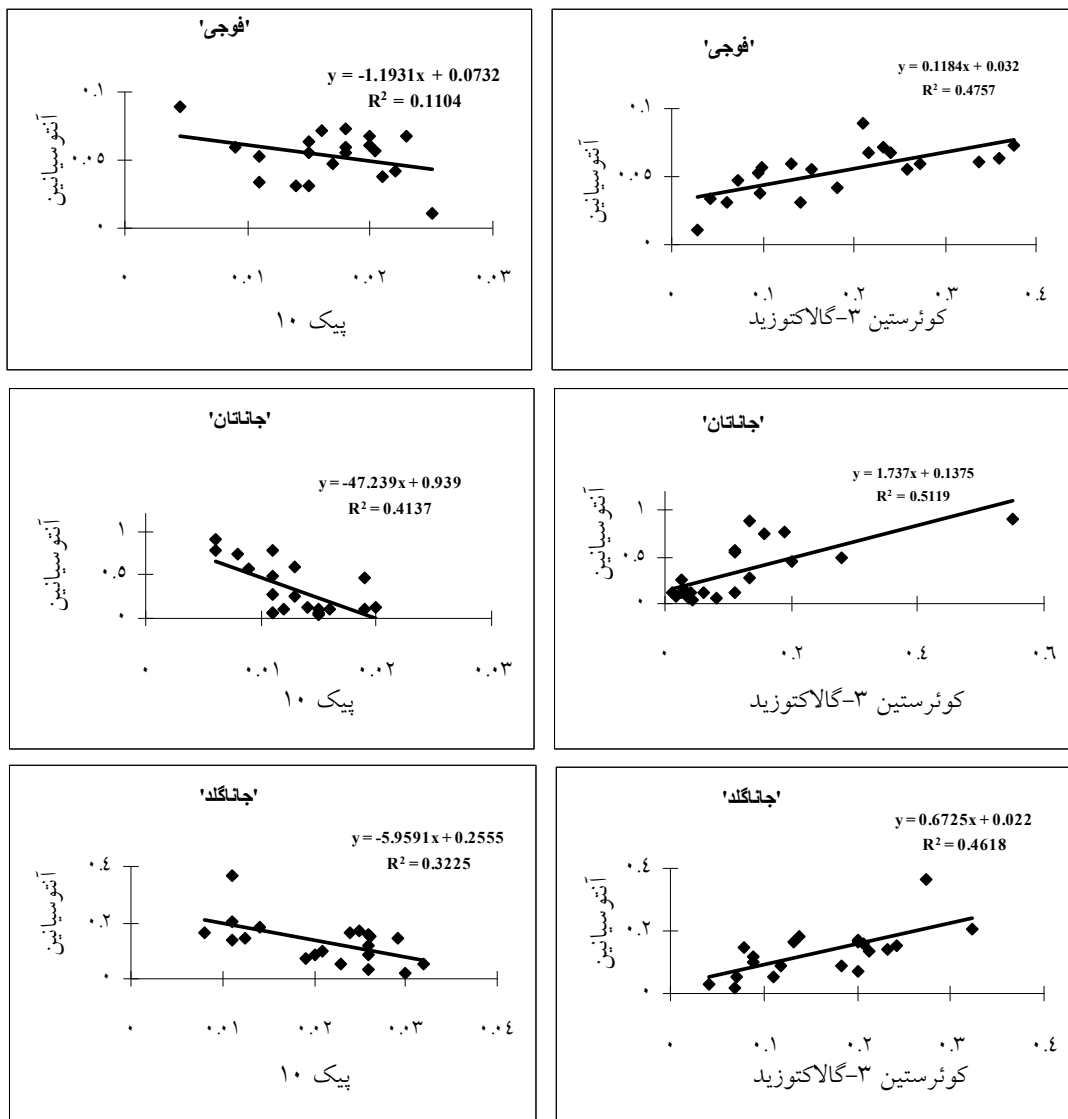
جدول ۴- ضریب همبستگی (r) بین رنگ مرئی و میزان فنل پوست ۳ رقم سیب (n=20, r5%=0.44, r1%=0.56)

فوجی		جاناگلد		جاناتان		
کروما	هیو	کروما	هیو	کروما	هیو	
۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۳۱	۰/۱۳	۰/۴۱(-)	۰/۴۰(-)	اسیدهای فنلی
ns	ns	ns	ns	ns	ns	
۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۲ ns	۰/۱۲ ns	۰/۱۱ ns	کاتچین‌ها
۰/۰۱ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۵ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۰/۱ ns	پروسیانیدین‌ها
۰/۲ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۸ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	دی‌هیدروچالکون‌ها
۰/۱۴*	۰/۱۶ ns	۰/۴۴*	۰/۴۵*	۰/۶۹(+)*	۰/۶۹(+)*	آنتوسیانین‌ها
				*	*	
۰/۴۴*	۰/۱ ns	۰/۴۵*	۰/۴۵*	۰/۵۳(+)*	۰/۴۷(+)*	کوئرستین‌ها
۰/۴ ns	۰/۰۷ ns	۰/۳۳ ns	۰/۱۸ ns	۰/۶۵(+)*	۰/۵۸(+)*	ترکیبات فنلی
				*	*	

* و ** به ترتیب نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و ns نشان دهنده معنی‌دار نبودن اختلاف هستند.

شناسایی شده از گروه پروسیانیدین (پیک شماره ۱۰ در شکل ۱) دیده شد. احتمالاً این ماده پیش‌ساز یا یکی از پیش‌ماده‌های آنتوسیانین است. هرچند این امر نیاز به بررسی بیشتر و دقیق‌تر دارد. ارتباط معنی‌داری بین رنگ پوست و میزان فنل گوشت در میوه‌های ارقام مورد بررسی وجود نداشت. این نشان می‌دهد که موقعیت میوه در تاج که برای قرارگیری در معرض نور مهم است، میزان فنل گوشت را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد. میزان کل فنل میوه‌ی مجزا و در نتیجه متوسط این ماده‌ها در فوجی بیشتر بود. اگرچه عوامل محیطی به‌ویژه نور، برای سنتز فنل‌ها در پوست مهم می‌باشند (۵)، به نظر می‌رسد که بیوسنتز فنل‌ها با زمینه‌ی ژنتیکی و شرایط محیطی تعیین می‌شود.

با توجه به اینکه آنتوسیانین‌ها و کوئرستین‌ها، محصولات نهایی مسیر بیوسنتز فلاونوئیدها هستند وجود چنین ارتباطی کاملاً منطقی و توجیه پذیر است زیرا عوامل درونی و فیزیولوژیکی نظیر آنزیم‌های دخیل در ساخت آن‌ها بسیار شبیه هم هستند. پوست سیب جاناگلد نسبت به سیب جاناتان و فوجی فلاونوئید و کلروژنیک اسید بیشتری داشت. این نتایج با یافته‌های بخشی و آراکاو (گزارش منتشر نشده) مبنی بر اینکه میوه‌های اشعه‌دهی شده جاناتان، آنتوسیانین زیادی تولید کردند اما میزان اسیدهای فنلی آن - هافزایش نیافت، مغایرت دارد. این اختلاف ممکن است به خاطر اختلاف در طول دوره‌ای که میوه‌ها در معرض نور هستند، باشد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین آنتوسیانین و یکی از پیک‌های



شکل ۲- همبستگی بین آنتوسیانین و کوئرستین ۳-گالاکتوزید با پیک شماره‌ی ۱۰ در فوجی، جاناتان و جاناگلد

یکسان بود. میزان فنل کل گوشت فوجی به‌طور قابل توجهی، بیشتر از جاناتان و جاناگلد بود. آنالیز ضریب همبستگی بین رنگ خارجی پوست و میزان فنل‌ها نشان داد که رنگ قرمز پوست اساساً به خاطر آنتوسیانین و کوئرستین‌هاست.

بطور کلی در هر سه رقم، ارتباط مثبتی بین رنگ و میزان فنل پوست وجود داشت. پوست و گوشت ارقام مورد بررسی، حاوی سطوح مختلفی از مواد فنلی بود. با افزایش رنگ قرمز در دو رقم جاناتان و جاناگلد، کاتچین‌ها و اسیدهای فنلی افزایش یافتند، در حالی که این سطوح فنلی در رقم فوجی برای میوه‌هایی با رنگ خارجی مختلف،

منابع

- 1- Abbott J.A. 1999. Quality measurement of fruit and vegetables. *Journal of Postharvest Biology and Technology*. 15: 207-225.
- 2- Awad M.A., Jager A., and Westing L.M. 2000. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterisation of variation. *Journal of Scientia Horticulturae*. 83: 249-263.
- 3- Awad M., Wagenmakers P., and Jaeger A. 2001. Effect of light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin

- of Jonagold apples. *Journal of Scientia horticulturae*. 88: 289-298.
- 4- Honda Ch., Kotoda N., Wada M., Kondo S., Kobayashi Sh., Soejima J., Zhang Z., Tsuda T., and Moriguchi T. 2002. Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. *Journal of Plant physiology and biochemistry*. 40: 955-962.
 - 5- Lancaster J.E. 1992. Regulation of skin color in apple. *Journal of Critical Reviews in Plant Sciences*. 10(6): 487-502.
 - 6- Merzlyak M., Solovchenko A., and Gitelson A. 2003.. Reflectance spectral features and non-destructive estimation of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin content in apple fruit. *journal of Postharvest Biology and Technology*. 27: 197-211.
 - 7- Perkins-Veazie P. 1992. Physiological changes during ripening of raspberry fruits. *Hort Science*. 27(4): 331-333.
 - 8- Steinmetz K.A., and Potter J.D. 1996. Vegetables, fruit and cancer prevention: a review. *Journal of the American Dietetic Association*. 96: 1027–1039.