Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2019, P. 609-622
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۲۲-۶۰۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی میوه، متابولیت‌های ثانویه و شاخص قهوه‌ای شدن ژنوتیپ سیب توسرخ بکران و برخی ارقام سیب بهاره

بهرام عابدی[1*] - طاهره پروانه[2]- الهام اردکانی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵

چکیده

به منظور مقایسه کیفیت سیب توسرخ بکران و برخی سیب‌های بهاره ایران، میوه‌های ژنوتیپ سیب توسرخ بکران از روستای بکـران در شهرسـتان شاهرود و چند رقم سیب بهاره در مرحله رسیدن میوه از ایستگاه تحقیقاتی گلمکان شهرستان مشهد تهیه شدند. ویژگی‌های فیزیکی میوه شامل وزن تر، سفتی، وزن حجمی و ویژگی‌های شیمیایی شامل اسیدیته، اسید کل، مواد جامد محلول، شاخص طعم، میزان آنتوسیانین، محتوای فنـل کـل، فلاونوئیـد کل، قدرت ضد اکسایشی و همچنین شاخص قهوه‌ای شدن آنزیمی بافت میوه در ارقام انتخابی اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار قهوه‌ای شدن آنزیمـی در سیب په‌پن و کمترین مقدار در سیب توسرخ بکران مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بیشترین مقدار مواد جامد محلول در ژنوتیـپ سیب توسرخ بکران (۲۵ درجه بریکس) و کمترین مقدار در رقم گـلاب کرمانشـاه (۱۱/۴ درجـه بـریکس) بـود. بیشـترین مقـدار شـاخص طعـم میـوه (TA/TSS) در ارقام په‌پن، گلاب کرمانشاه، و گلاب کهنز و کمترین مقدار در ژنوتیپ سیب توسرخ بکران (۸/۳۸) مشاهده شد. کمترین مقدار اسـیدیته (۲/۹۸) در ژنوتیپ توسرخ بکران و بیشترین مقدار (۴/۶۱) در رقم گلاب کهنز مشاهده شدند. بیشترین مقدار آنتوسیانین در سیب توسرخ بکران (۸۸/۵۰) و کمترین مقدار در رقم گلاب کرمانشاه (۸/۴۴) یافت شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بیشترین قدرت ضـد اکسایشـی مربـوط بـه سـیب توسرخ بکران (۹۳/۷۳ درصد) بود. سیب توسرخ بکران با دارا بودن بیشترین مقدار مواد جامد محلول، بیشترین مقدار آنتوسیانین و فلاونوئیـد و بیشـترین قدرت ضداکسایشی و دارا بودن طعمی مطلوب و ظاهری متمایز می‌تواند به عنوان یک میوه کاملاً بومی با مصارف تازه‌خوری و جهت تولید فراورده‌های مختلف مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بکران، سیب توسرخ ، قدرت ضد اکسایشی، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میوه

مقدمه

سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور می‌باشد. باغات بذری در کشور امکان دستیابی به تنـوع قابـل تـوجهی از ژرم‌پلاسـم سیب را سبب شده است. تعدادی از این ژرم پلاسم به دلیل دارا بودن صفات برجسته و مطلوب بایستی به عنـوان منـابع بـا ارزش گیـاهی ثبت شوند تا ضمن جلوگیری از انقراض ژنتیکی آن، مانع خـروج غیـر قانونی و بهره‌برداری سایر کشورها از این ذخایر با ارزش گیاهی شـود.

گرچه بیشتر سیب‌های تجاری گوشت سفید دارند، برخی از ارقام سیب سطوح متنوعی از رنگدانه‌های قرمز در گوشت میوه را نشان می‌دهند. تصور می‌شود سـیب زینتـی (Crab) کـه منشـاء آن آسـیای مرکـزی می‌باشد، اجداد اولیه سیب‌های گوشت قرمز باشد. این گونه مقاوم بـه سرمای زمستانه و خشکی می‌باشد (۱۰). خصوصیت اصـلی و کلیـدی سیب‌های گوشت قرمز، رنگ گوشت میوه می‌باشد کـه ممکـن اسـت قسمت عمده و یا تمام میوه، صورتی و یا قرمز تیره باشد. توسعه یـک رقم جدید که ویژگی‌های منحصر به فردی داشته باشد، ممکن اسـت سبب بهبود صنعت میوه کاری در دنیـا شـود. موفقیـت ارقـام جدیـد علاوه بر بازارپسـندی بـه تسـت چشـائی و خـواص فیزیکـی آن نیـز بستگی دارد. سیب‌هـای گوشـت قرمـز عـلاوه بـر جـذابیت وکیفیـت خوراکی خـاص بـدلیل دارا بـودن سـطح بـالای آنتوسـیانین و دیگـر ترکیبات فنلی در پوست و گوشت میوه موقعیت بهتری در بـازار بـرای مصرف کننده دارند. آنتوسـیانین‌هـا فلاونوئیـدهای قابـل حـل در آب

۱ و ۳- استادیار و دانشجوی دکتری گروه علوم باغبـانی و مهندسـی فضـای سـبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: abedy@um.ac.ir)
۲- مربی بخش تحقیقات علوم زارعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشـاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشـاورزی، شاهرود، ایران

DOI: 10.22067/jhorts4.v33i4.72902

هستند که مسئول تعیین رنگ قرمز، صورتی، بنفش و آبی در بسیاری از میوه‌ها می‌باشند. آنتوسیانین به طور عمده در بافت اپیدرمی و گاهی در زیر بافت اپیدرمی میوه یافت می‌شود. اما در سیب‌های گوشت قرمز، کل میوه شامل آنتوسیانین می‌باشد (۳۳). این مواد هم چنین آنتی‌اکسیدان‌های قوی و دارای مواد شیمیائی بسیار فعالی هستند که برای سلامتی انسان مفید می‌باشد. از جمله آن‌ها می‌توان به حفاظت از بدن در برابر بروز بیماری‌های قلبی (۴۱)، سرطان (۴۴)، بیماری‌های چشمی (۳۲) و اختلالات عصبی ناشی از سن (۱۹) اشاره نمود.

سیب های توسرخ، به دلیل داشتن آب میوه قرمز رنگ از نظر مصرف کننده اغوا کننده است (۶). افزون بر آن، در این نوع آب سیب استفاده از مواد رنگی خوراکی کاهش می‌یابد (۱۴). فرگوسن و همکاران (۲) در تحقیقی نشان دادند که مصرف کنندگان مایل به پرداخت قیمت بالاتری برای آب میوه‌هایی هستند که دارای طعم و رنگ خاص بوده و یا برای سلامتی مفید باشند.

قهوه‌ای شدن آنزیمی یک مسئله مهم در صنایع تولید آب میوه، فرآوری، تولید برگه و صنعت استفاده از برش‌های تازه میوه است. بافت اغلب میوه‌ها بعد از برش دچار نوعی واکنش اکسیداسیون شده و به رنگ قهوه‌ای در می‌آید. این فرایند منجر به ایجاد ظاهری نامطلوب در میوه‌های ضربه خورده، برش‌های میوه یا در زمان فرآوری میوه‌ها می شود. در این واکنش که توسط آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO) کاتالیز می‌شود، ترکیبات فنلی موجود در میوه اکسید شده و تشکیل او- کوئینون‌هایی را می‌دهند که کمی رنگی هستند و سپس پلیمریزه شده و رنگدانه‌هایی را تشکیل می‌دهند که دارای شدت رنگ متفاوت هستند (۲۵). چندین عامل مانند عوامل ژنتیکی یا رقم، فعالیت آنزیمی متفاوت و در دسترس بودن پیش ماده‌های مورد نیاز، شدت و وسعت منطقه قهوه‌ای شده در بافت‌های میوه را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۱). اندازه‌گیری سرعت و گستره قهوه‌ای شدن گوشت میوه در ارقام میوه می‌تواند به بهنژادگران برای گزینش والدین در تلاقی‌ها کمک کند.

ترکیبات فنلی در شرایط مطلوب محیطی نیز در سلول‌های گیاهی سنتز می‌شوند اما تنش‌های محیطی مختلف مقدار آنها را در سلول تغییر می‌دهند (۲۱). غلظت ترکیبات فنلی در ارقام مختلف متفاوت است (۲۳، ۲۴، ۴۵). این ترکیبات از شواهد فیزیولوژیکی ارزشمند در تعیین اختلاف واریته‌های مختلف به شمار می‌روند و استفاده از روش‌های بیوشیمیایی در تشخیص تفاوت ژنتیکی ارقام، نقش کلیدی این ترکیبات را در اثر متقابل گیاه و محیط نشان می‌دهد (۴۷). لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر ژنوتیپ و رقم بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی میوه و بررسی مقدار متابولیت های ثانویه موجود در میوه و همبستگی مقدار هر کدام از آنها با مقدار قهوه ای شدن آنزیمی میوه سیب اجرا شد.

مواد و روش‌ها

نمونه برداری و ارقام

میوه‌های سیب توسرخ از باغات روستای بکران از توابع شهرستان شاهرود با طول جغرافیایی (′۴۹ ۳۴۰ °۳۶) و عرض جغرافیایی (′۷۰۳ ۵۰ ° ۵۵) و ارتفاع ۹۸۶ متر از سطح دریای آزاد و تعدادی ارقام سیب بهاره از ایستگاه تحقیقاتی گلمکان با طول جغرافیایی (۰۰ ۱۷ °۵۹) و عرض جغرافیایی (۰۰ ۲۹ °۳۶) و ارتفاع ۱۱۷۶ متر از سطح دریا در زمان بلوغ تجاری و از درختان بالغ در تابستان سال ۱۳۹۵ با ۳۰ تکرار برداشت شدند. میوه‌ها جهت اندازه‌گیری شاخص قهوه‌ای شدن بلافاصله در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه فردوسی مشهد انتقال یافتند. جهت تعیین زمان برداشت میوه از شاخص های ظاهری رسیدن میوه شامل رنگ و اندازه میوه و همچنین تعیین تعداد روز بعد از تمام گل استفاده شد.

این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳۰ تکرار اجرا شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه 16 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن ($p<0/05$) انجام شد.

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی میوه

سفتی میوه: به منظور تعیین سفتی بافت میوه از پنترومتر دستی با پروب ۸ میلی‌متری استفاده، و نتایج بر حسب کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع (نیوتن) بیان شد.

وزن میوه: وزن میوه‌ها، به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند و بر حسب گرم بیان شد.

وزن حجمی: برای اندازه گیری وزن حجمی، استوانه مدرجی را تا حجم معینی از آب پر کرده و سپس میوه سیب را در این استوانه فرو برده و سپس تغییرات سطح آب استوانه در دو حالت به دست آورده و در نهایت با استفاده از فرمول $d=m/v$ چگالی میوه محاسبه شد.

شاخص قهوه‌ای شدن آنزیمی: از هر رقم و ژنوتیپ سه میوه به صورت تصادفی انتخاب شده و پس از ضدعفونی شدن با هیپوکلریدسدیم و شستشوی نهایی با آب مقطر، در دمای اتاق خشک و سپس با استفاده از یک چاقوی تیز ۸ برش مساوی از میوه‌ها به ضخامت ۲ تا ۳ میلی‌متر تهیه (۱۲) و شدت قهوه‌ای شدن برش‌های سیب بعد از ۲ ساعت قرار گرفتن در دمای اتاق (تقریبا ۲۵ درجه سانتیگراد) با مقیاس نسبی ۱ تا ۵ با یکدیگر سنجیده شد. بدین منظور:

عدد ۱= بدون عارضه؛

عدد ۲ = شدت کم، کمتر از ۵ درصد علایم قهوه‌ای شدن؛

عدد ۳ = متوسط بین ۵ تا ۲۰ درصد بروز علایم قهوه‌ای شدن؛

عدد ۴= بیشتر از ۲۰ درصد و تا ۵۰ درصد بروز علایم قهوه‌ای شدن؛

عدد ۵= شدید، بروز علایم قهوه‌ای شدن بیشتر از ۵۰ درصد در بافت میوه.

در نهایت شاخص قهوه‌ای شدن از فرمول زیر محاسبه شد:

شاخص قهوه‌ای شدن = مجموع (درجه قهوه‌ای شدن × درصد متناظر با هر درجه)

مواد جامد محلول (TSS): مقدار مواد جامد محلول در آب میوه یا میزان مواد قندی آب میوه معمولاً بر اساس درجه بریکس اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری میزان مواد جامد محلول (درجه بریکس) با دستگاه رفرکتومتر دیجیتال مدل Kruss dr 101 ساخت آلمان تعیین گردید. دستگاه ابتدا با استفاده از آب مقطر کالیبره شد، سپس چند قطره از آب میوه صاف شده در قسمت منشور دستگاه قرار گرفت و مقدار آن بر حسب درصد کل مواد جامد بیان شد.

اسیدیته کل (TA): برای اندازه‌گیری میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه از اسید سنج دیجیتال مدل GMK855 ساخت کره استفاده شد. نتایج بر حسب گرم اسید مالیک (اسید غالب) در ۱۰۰ گرم آب میوه بیان شد.

سنجش ترکیبات فنولی کل: محتوای ترکیبات فنولی کل با استفاده ازروش ویلیوگلو و همکاران (۴۹) انجام گرفت. ۰/۱ گرم از نمونه‌ها با ۵ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد حاوی اسید کلریدریک ۱ درصد سائیده و به مدت ۲ ساعت در دمای اتاق روی شیکر عصاره‌گیری شد. سپس مخلوط حاضر در ۳۰۰۰g سانتریفوژ و از محلول رویی جهت تعیین ترکیبات فنولی کل استفاده شد. به ۱۰۰ میکرولیتر از محلول رویی۷۵۰ میکرولیتر معرف فولین اضافه و مخلوط حاصل به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق نگهداری شد. سپس ۷۵۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۶ در صد به آن اضافه گردید. پس از۹۰ دقیقه جذب هر نمونه درطول موج ۷۲۵ نانومتر قرائت شد. برای محاسبه غلظت ترکیبات فنولی کل با استفاده از اسید گالیک منحنی استاندارد رسم گردید و غلظت ترکیبات فنولی بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر گزارش گردید.

سنجش فلاونوئیدهای کل: فلاونوئیدهای کل براساس روش ژیشن و همکاران (۵۶) انجام شد. ۰/۱ گرم از بافت گیاهی در۱۰ میلی‌لیتر متانول۸۰ درصد به خوبی سائیده و در دور g ۲۰۰۰ سانتریفوژ گردید. محلول روئی جهت آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار گرفت. ۵۰۰ میکرولیتر عصاره برداشته و با آب مقطر به حجم ۵ میلی‌لیتر رسانده شد.۳۰۰ میکرو لیتر سدیم نیتریت ۵ درصد بعد از ۵ دقیقه، ۶۰۰ میکرو لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ در صد به محلول اضافه شد. بعد از ۶ دقیقه ۲ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۱ مولار به همراه ۲ میلی‌لیتر آب مقطر به محلول اضافه گردید. شدت جذب محلول در طول موج ۵۱۰ نانومتر خوانده شد. غلظت فلاونوئیدها بر حسب میلی‌گرم روتین (کورستین ۳- روتینوزید) در ۱۰۰ گرم وزن تر ارائه شد.

سنجش آنتوسیانین: برای اندازه‌گیری آنتوسیانین کل، از روش اختلاف جذب در دو pH مختلف استفاده شد (۵۴). برای استخراج آنتوسیانین کل، ۱ میلی لیتر از آب میوه به مدت ۱۵ دقیقه با ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه (rpm) سانتریفیوژ شد. پس از جدا کردن مایع بالایی نمونه‌ها برای قرائت با دستگاه اسپکتروفتومتر UV/VIS مدل PG Instruments + T80 به صورت زیر عمل شد.

برای قرائت آنتوسیانین کل از دو طول موج ۵۲۰ و ۷۰۰ نانومتر استفاده شد. برای این منظور ابتدا دستگاه اسپکتروفتومتر با بافر ۱ (کلراید پتاسیم (KCL) ۰/۲ مولار و کلریدریک اسید ۰/۲ مولار) کالیبره شد، سپس ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۲/۵ میلی لیتر بافر ۱ در کووت مخلوط کرده و در دو طول موج قرائت شد. پس از این مرحله دستگاه با بافر ۲ (استیک اسید ۰/۲ مولار و استات سدیم ۰/۲ مولار) کالیبره شد و ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره‌ها با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر ۲ مخلوط شد و مانند مرحله قبل قرائت شد. میزان آنتوسیانین طبق فرمول زیر محاسبه شد.

جذب(A) = (A520 pH1 –A700 pH1) – (A520 pH 4/5 - A700 pH 4/5)

آنتوسیانین کل (mg/ L) = $(A/30200^{a})$ (10^{3}) (647.0^{b}) (10^{c})

10^{3}=ضریب تبدیل

c = درجه رقیق سازی

اندازه‌گیری قدرت ضد اکسایشی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH (دی فنیل پیکریل هیدرازیل) اندازه‌گیری شد (۴). برای این منظور ۲ میلی‌گرم از نمونه‌ها را با ۱۰ میلی لیتر متانول مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت شیکر کرده، و سپس با ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول متانولی نمونه را با ۳/۹ میلی‌لیتر DPPH004/0 درصد مخلوط، و به شدت تکان داده و بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی عدد جذب نور در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتری (Cecil 2010 UV–visible) قرائت گردید. درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با فرمول ذیل محاسبه شد.

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی = [۱− ((جذب نمونه − جذب بلانک) / جذب نمونه− کنترل)] × ۱۰۰

بلانک حاوی ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره متانولی نمونه و ۳/۹ میلی‌لیتر حلال متانول بدون DPPH و کنترل شامل ۲/۹ میلی‌لیتر DPPH و ۰/۱ میلی‌لیتر حلال متانولی بدون عصاره نمونه می‌باشد.

نتایج و بحث

سفتی میوه: اکثر خصوصیات کیفی میوه سیب، همچون سفتی بافت به طور ژنتیکی کنترل شده و بسته به رقم متفاوت است، به طور مثال رقم گرانی اسمیت سفت‌تر از رقم گلدن دلیشز است (۹). میوه‌های سفت تر به طور معمول مقاومت بیشتری در برابر آسیب‌های مکانیکی در طول حمل و نقل و زمان انبار دارند، درنتیجه از ارزش تجاری بالاتری برخوردار هستند (۱۶). سفتی بافت میوه همچنین تحت تاثیر عوامل قبل و بعد از برداشت مانند تغذیه، مدیریت باغ، پایه مورد استفاده و مسائل مربوط به زمان برداشت و انبارمانی میوه قرار می‌گیرد. بیشترین سفتی میوه در بین ارقام تجاری و بومی مورد بررسی مربوط به رقم ارلی دوان (۴/۴ نیوتن بر میلی‌متر مربع) بود. همچنین سیب مربایی مشهد به دلیل کوچک بودن میوه و پرشدن بیشتر حجم میوه با حفره بذر و بذرها، قابل مقایسه با سیب‌های تجاری مورد مطالعه نبوده و از سفتی بسیار بالایی نسبت به این ارقام برخوردار بود، در حالیکه کمترین مقدار سفتی میوه برای سیب گلاب کهنز (۱/۱۴ نیوتن بر میلی‌متر مربع) ثبت شد (جدول ۱). در این پژوهش با توجه به اینکه پایه مورد استفاده برای تمامی ارقام به جز سیب توسرخ بکران یکسان بوده و میوه ها از یک باغ با مدیریت یکسان برداشت شده بودند، تفاوت در سفتی بافت میوه را می توان ناشی از تاثیر ژنتیک و نوع رقم دانست اگر چه در این پژوهش سیب توسرخ بکران در رده سوم از نظر سفتی بافت بین میوه های مورد بررسی قرار گرفت ولی فرامرزی و همکاران (۱۳۹۴) سفتی (۵/۶۵ نیوتن بر میلی‌متر مربع) را برای این میوه گزارش کرده اند که این امر را می توان به تفاوت‌های ذکر شده از نظر پایه مورد استفاده و حتی زمان برداشت میوه مربوط دانست.

وزن مخصوص و وزن تر میوه: وزن میوه علاوه بر این‌که خصوصیت ژنتیکی است تحت تاثیر عواملی مانند اقلیم، نوع پایه، مدیریت باغ، مصرف آب، کود و بار نهایی درخت قرار می‌گیرد (۱۱). مقدار وزن تر میوه از ۳۲/۹۴ گرم در رقم ارلی دوان تا ۸۳/۲۵ گرم در رقم تاپ‌رد دلیشز متفاوت بود. بیشترین وزن مخصوص میوه در رقم گلاب کهنز (۱/۱۴) و کمترین آن (۱/۰۱) در رقم وینتربنانا مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی ارقام مختلف سیب (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 1– Physical characteristics in different cultivars of apple (Mean ± SE)

رقم Cultivar	سفتی میوه Firmness (n/mm^2)	وزن میوه Fruit weight (g)	وزن حجمی Volumetric weight
سیب مربایی مشهد Morabaee-Mashhad	6.25 ± 0.25^{a}	2.78 ± 0.15^{e}	2.1 ± 0.27^{a}
تاپ رد دلیشز Top Red Delicious	2.52 ± 0.09^{d}	61.69 ± 4.79^{bc}	1.07 ± 0.01^{bc}
گلاب کهنز Golab Kohanz	1.14 ± 0.10^{e}	39.12 ± 1.75^{d}	1.14 ± 0.11^{b}
وینتر بنانا Winter Banana	3.16 ± 0.05^{cd}	70.16 ± 4.33^{a}	1.01 ± 0.02^{c}
گلاب کرمانشاه Golab-e Kermanshah	3.03 ± 0.15^{cd}	41.90 ± 1.69^{d}	1.04 ± 0.01^{c}
ارلی دوان Early Devan	4.24 ± 0.18^{b}	51.81 ±6.24^{ab}	1.03 ± 0.01^{c}
په‌پن Pepin	3.13 ± 0.18^{cd}	53.31± 2.88^{c}	1.06 ± 0.02^{bc}
توسرخ بکران Red-fleshed (Bekran)	3.35 ± 0.15^{c}	40.25 ± 3.11^{d}	1.08 ± 0.04^{bc}

اعدادی که در هرستون دارای حداقل یک حرف مشابه هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level, using Duncan test.

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه: مقدار مواد جامد محلول و اسیدیته میوه در طول فصل رشد، برداشت و پس از برداشت در حال نوسان می‌باشد (۱۷). ارقام با مواد جامد محلول بیشتر به دلیل داشتن قندهای ساده دارای مزه شیرین‌تری هستند. قند بیشتر همراه با

اسیدهای آلی بیشتر، سبب ایجاد طعم ملس در میوه می‌گردد (۴۲). براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها اثر رقم بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار مواد جامد محلول در ژنوتیپ سیب توسرخ بکران (۲۳/۳۳ درجه بریکس) ثبت شد و کمترین مقدار در رقم گلاب کرمانشاه (۱۱/۱۹ درجه بریکس) مشاهده شد (جدول ۲) که این نتایج در این مورد که سیب های توسرخ از مواد جامد محلول بالا و سیب های گلاب دارای مواد جامد محلول پایین تری نسبت به دیگر ارقام مورد بررسی بودند، با نتایج فرامرزی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. در این پژوهش بیشترین مقدار TA مربوط به سیب مربایی مشهد (۱/۲۱درصد مالیک اسید) بود. نسبت TA/TSS یا شاخص طعم میوه از ۱۵/۸۷ تا ۱۳۰/۷ در ارقام مورد مطالعه متفاوت بود. بیشترین مقدار این نسبت در رقم په‌پن و کمترین مقدار در رقم مربایی مشهد (۱۵/۸۷) و سیب توسرخ بکران (۴۴/۱۳) مشاهده شد (جدول ۲). این ژنوتیپ طعم ملس و بسیار خوشمزه دارد (۱۳).

اسیدیته میوه: مقدار اسیدیته نشان دهنده غلظت یون هیدروژن در عصاره میوه است. مقدار اسیدیته در این تحقیق از ۲/۹۸ تا ۴/۶ متغیر بود. کمترین اسیدیته (۲/۹۸) در ژنوتیپ توسرخ بکران و بیشترین اسیدیته (۴/۶) در رقم گلاب کهنز مشاهده شدند (جدول ۲) که با نتایج فرامرزی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی ارقام مختلف سیب (میانگین ± خطای استاندارد)

Table 2– Chemical Characteristics in Apple Different cultivars (Mean ± SE)

رقم cultivar	مواد جامد محلول TSS (B°)	اسیدیته pH	TA (%)	TSS/TA
سیب مربایی مشهد Morabaee-Mashhad	17.35 ± 0.25c	3.6 ± 0.00d	1.21 ± 0.15a	15.87 ± 3.56d
تاپ رد دلیشز Top Red Delicious	15.06 ± 0.62b	4.49 ± 0.04ab	0.34 ± 0.05c	53.57 ± 7.67bcd
گلاب کهنز Golab Kohanz	11.96 ± 0.51a	4.6 ± 0.02a	0.168 ± 0.02d	100.1 ± 13.46ab
وینتر بنانا Winter Banana	14.14 ± 0.86b	4.26 ± 0.04c	0.22 ± 0.02d	66.47 ± 6.72bc
گلاب کرمانشاه Golab-e Kermanshah	11.19 ± 0.33a	4.38 ± 0.05bc	0.14 ± 0.01d	87.7 ± 7.48abc
ارلی دوان Early Devan	14.51 ± 0.39b	4.29 ± 0.04c	0.17 ± 0.07d	90.73 ± 6.76abc
په پن Pepin	15.64 ± 0.23ab	4.3 ± 0.02c	0.14 ± 0.02d	130.7 ± 22.22a
توسرخ بکران red-fleshed (Bekran)	23.33 ± 1.20d	2.9 ± 0.01e	0.48± 0.04b	44.13 ± 3.69cd

اعدادی که در هرستون دارای حداقل یک حرف مشابه هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level, using Duncan test.

آنتوسیانین: رنگ یکی از مهمترین شاخصه‌های بلوغ و کیفیت در گونه‌های درختان میوه است. آنتوسیانین نماینده گروهی از ترکیبات فلاونوئیدی شامل سیانیدین–تری–گالاکتوزید و دیگر سیانیدین گلیکوزید و هم چنین ۱ تا ۳ درصد کل فنولیک‌های سیب را در بر می‌گیرند (۵۲). آن‌ها به رنگ‌های قرمز تا ارغوانی هستند و فقط در ارقام قرمز رنگ سیب دیده می‌شوند و همزمان با رسیدن در پوست تجمع می‌یابند (۵). فاکتورهای محیطی مانند دما و نور، استرس‌های آبی و زخم فاکتورهای مهمی در انگیزش تولید آنتوسیانین هستند (۱۸ و ۵۳).آنتوسیانین رنگدانه‌ای است که محققان به تفاوت غلظت آن در ارقام سیب اشاره داشته‌اند. از نظر ژنتیکی ژن MYB در سیب مسوول تولید این رنگدانه است که تفاوت آلل های آن در سیب توسرخ از MYB1 به MYB10 سبب بیان این ژن در گوشت میوه سیب های توسرخ شده است. بیشترین مقدار آنتوسیانین در سیب توسرخ بکران (۸۸/۵۰ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و کمترین مقدار آن در رقم گلاب کرمانشاه (۲۱/۵۳ میلی‌گرم /۱۰۰ گرم وزن تر) مشاهده شد. که این موضوع با توجه به ظاهر و رنگ مشاهده شده در ژنوتیپ سیب توسرخ بکران و دیگر ارقام نیز قابل توجیه است.

فنل کل، فلاونوئید کل و قدرت ضد اکسایشی: تفاوت ترکیبات فنلی در ارقام مختلف هم از نظر کمیت و هم از نظر نوع آنها می‌باشد (۲۶ و ۲۹). ارقام با محتوای نسبی فنل بیشتر شامل "فوجی"، "رد دلیشز"، "گالا"، "لیبرتی"، "برابرن"، "آیدارد" و

"گرانی اسمیت" (۲۹، ۳۱، ۳ و ۲۴) و ارقام دارای محتوای نسبی فنل کمتر شامل "جوناگلد"، "امپایر" و "آتمن کریسپ ان وای ۶۷۴ " هستند (۲۹). سیب‌های مخصوص تهیه آب میوه، دارای محتوای فنلی بین ۲۵۲۵ تا ۳۵۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه هستند (۴۵ و ۳۴). آب سیب دارای محتوای پلی‌فنل خیلی کمتری می‌باشد که بین ۵۴۸ تا ۱۰۸۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر است (۴۵). ولز و مک گی (۵۱) ۴۶ تا ۹۷ درصد تفاوت‌های ناشی از غلظت مواد فنلی را در ژنوتیپ‌های سیب نیوزیلند ناشی از تاثیر ژنتیک دانسته‌اند. در اروپا نیز مطالعه‌ای که بین ۸ رقم سیب تجاری انجام شد بیانگر تفاوت‌هایی متاثر از رقم در محتوای فنل کل بود (۵۲).

در آزمایش وینسون و همکاران (۵۰) که در آن ظرفیت آنتی اکسیدانی ۲۰ میوه متفاوت اندازه‌گیری شد، سیب در جایگاه هشتم قرار گرفت. خانی‌زاده و همکاران (۲۰) بیان کردند که ارقام مختلف سیب منبع بسیار غنی از ترکیبات فنلی هستند و به همین سبب دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی هستند. طبق نتایج لی و همکاران (۲۸) مواد فنلی موجود در سیب بیش از ۸۰ درصد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیب را باعث می‌شوند که البته این مقدار با توجه به نوع رقم و شرایط آب و هوایی منطقه پرورش آن بسیار متفاوت است. اگر چه بین ژنوتیپ ها و ارقام مورد بررسی از نظر مقدار فنل کل اندازه گیری شده در میوه تفاوت معنی داری مشاهده نشد ولی بیشترین مقدار فنل کل در سیب مربایی مشهد (۱۰۲۷/۴ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و کمترین مقدار آن در رقم توسرخ بکران (۶۳۹/۱۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. از نظر مقدار فلاونوئید کل بین میوه سیب‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، بیشترین مقدار فلاونوئید در سیب مربایی مشهد (۲۴/۰۱ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) و در گروه سیب‌های خوراکی، سیب تو سرخ بکران (۸/۴۴ میلی گرم بر گرم وزن تر) دارای بیشترین مقدار فلاونوئید بود و کمترین مقدار فلاونوئید در رقم گلاب کهنز (۱/۳۷ میلی گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر) بودند. از نظر قدرت ضد اکسایشی بین ارقام مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت با این وجود، بیشترین قدرت ضداکسایشی مربوط به سیب توسرخ بکران (۹۳/۴۶٪) و کمترین مقدار آن مربوط به رقم گلاب کرمانشاه (۷۵/۷۳٪) بود. بی‌شک در این پژوهش نیز مهمترین عامل تفاوت در مقدار مواد فنلی کل، میزان فلاونوئید کل و همچنین مقدار آنتوسیانین مشاهده شده در اثر تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام مختلف می‌باشد.

جدول ۳- مقادیر آنتوسیانین، فنول و فلاونوئید و قدرت ضد اکسایشی ارقام مختلف سیب

Table3– Amounts of Anthocyanins, Flavonoids and Phenolic and Antioxidant Power of Different Varieties of Apples

رقم cultivar	آنتوسیانین Anthocyanin (mg/100^{-1}FW)	فنل Phenol (mg/100g^{-1}FW)	فلاونوئید Flavonoids (mg/100g^{-1}FW)	قدرت ضد اکسایشی Antioxidant power (%)
سیب مربایی مشهد Morabaee-Mashhad	22.84±8.72^{b}	1027.4±92.61^{a}	24.01±4.69^{a}	93.2 ± 0.75^{a}
تاپ رد دلیشز Top Red Delicious	32.09±19.01^{b}	806.09 ± 95.31^{a}	5.43±3.34^{b}	89.89±1.95^{a}
گلاب کهنز Golab Kohanz	45.7±26.6^{ab}	772.9 ± 143.82^{a}	1.37±0.04^{b}	92.43± 0.76^{a}
وینتر بنانا Winter Banana	32.39±9.69^{b}	999.77 ± 139.41^{a}	4.52±0.39^{b}	92.6±0.15^{a}
گلاب کرمانشاه Golab-e Kermanshah	29.31±12.93^{b}	770.7 ± 94.55^{a}	2.12±0.59^{b}	75.73±16.75^{a}
ارلی دوان Early Devan	21.53±5.03^{b}	833.25 ± 142.07^{a}	2.98±1.0^{b}	93.0±0.44^{a}
په پن Pepin	33.45±9.47^{b}	914.75±33.81^{a}	4.66±0.25b	92.98±0.16^{a}
توسرخ بکران red-fleshed (Bekran)	88.50 ±0.00^{a}	639.16 ± 21.84^{a}	8.44±3.54^{b}	93.46± 0.46^{a}

اعدادی که در هرستون دارای حداقل یک حرف مشابه هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ ٪ با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by similar letters are not significantly different at 0.05 probability level, using Duncan test.

شاخص قهوه‌ای شدن: هرچه میوه سیب زودتر برداشت شود پتانسیل قهوه‌ای شدن آن بالاتر است (۳۰، ۳۶ و ۴۸). میوه‌های نارس نسبت به میوه‌های رسیده خیلی سریع‌تر قهوه‌ای می‌شوند. ارقام سیب " رد دلیشز"، "لیبرتی"، مک اینتاش"، "مکانت"، " رم"،رود ایسلند

گرینینگ"، استی من" و "آیدارد" میزان نسبتاً بالایی از قهوه‌ای شدن آنزیمی را نشان می دهند (۷، ۴۳، ۲۲، ۲۷ و ۳۵). از ارقام با میزان نسبی کمتری از قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌توان به گرانی اسمیت" جوناگلد" امپایر"کورتلند" گلدن دلیشز" آتمن کریسپ" (NY674) و "گالا اشاره کرد (۷، ۸، ۳۷، ۲۲، ۲۷ و ۳۵). ارقامی مانند گالا "پینک لیدی" گرانی اسمیت و امپایر از ارقامی هستند که معمولاً از برش‌های تازه آنها استفاده می‌شود (۳۸). آتمن کریسپ رقمی است که به دلیل حداقل میزان قهوه‌ای شدن شناخته شده ولی سفتی بافت میوه طی زمان انبارمانی حفظ نمی‌شود بنابراین در حالی که در صنایع غذایی استفاده از برش‌های تازه این رقم مناسب نمی‌باشد، ولی هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲۷).

در این پژوهش بیشترین میزان قهوه‌ای شدن آنزیمی در سیب مربایی مشهد و کمترین مقدار در سیب توسرخ بکران مشاهده شد (جدول ۴) محققان مقدار و شدت قهوه ای شدن بافت های میوه بعد از برش یا ضربه و مقدار مواد فنل موجود در آنها مرتبط دانسته اند که با توجه به میزان بالای فنل اندازه گیری شده در بافت های میوه سیب مربایی مشهد و کمترین مقدار فنل موجود در سیب توسرخ بکران این موضوع با نتایج محققان دیگر هماهنگی دارد (۳۵ و ۷).

جدول ٤- شاخص قهوه‌ای شدن آنزیمی ارقام مختلف سیب

Table 4– Enzymatic Browning Index in Apple Different cultivars

رقم Cultivar	شاخص قهوه‌ای شدن Browning Index
سیب مربایی مشهد Morabaee-Mashhad	2
تاپ رد دلیشز Top Red Delicious	0.625
وینتر بنانا Winter Banana	1
گلاب کهنز Golab Kohanz	1
گلاب کرمانشاه Golab-e Kermanshah	0.28
ارلی دوان Early Devan	0.58
په پن Pepin	1.8
توسرخ بکران red-fleshed (Bekran)	0.2

همبستگی بین صفات: بین میزان قهوه‌ای شدن آنزیمی و قدرت ضد اکسایشی همبستگی منفی معنی‌دار معکوس در سطح ۵ درصد (۰/۵۰۷-) مشاهده شد بدین معنی که هر چه قهوه ای شدن در میوه سیب کمتر اتفاق بیفتد دارای قدرت ضداکسایشی بیشتری می باشد. همچنین بین میزان قهوه‌ای شدن آنزیمی و سفتی میوه (۰/۵۲۶)، وزن تر میوه (۰/۵۰۹-)، وزن حجمی میوه (۰/۵۵۵)، TA (۰/۴۷۵) و نسبت TSS/TA (۰/۴۷۰-) نیز در سطح ۵ درصد همبستگی معنی‌داری مشاهده شد. همچنین بین مقدار فنل کل میوه و میزان فلاونوئید (۰/۴۳۲)، سفتی میوه (۰/۴۴۱)، وزن حجمی (۰/۳۹۸)، مواد جامد محلول (۰/۴۱۱) و اسیدیته میوه (۰/۴۲۶-) نیز همبستگی معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده شد. ارتباط بین مقدار فنل کل و فلاونوئید کل را میتوان چنین توجیه نمود که هر دوی این ترکیبات از محصولات مسیر فنیل پروپانوئید در گیاهان هستند و هر چه پیش ماده های ضروری برای تولید آنها در گیاهان بیشتر باشند چرخه تولید انها فعال تر بوده و مقدار آنها با توجه به شرایط گیاه افزایش خواهد یافت. در مورد همبستگی بین فنل و فلاونوئید کل و سفتی میوه نیز همین موضوع صادق است زیرا لیگنین که یکی از عوامل مهم در بالا بردن سفتی بافت های گیاهی است یکی از محصولات مسیر فنیل پروپانوئید است.

بین میزان فلاونوئید و سفتی میوه (۰/۶۱۶)، وزن تر (۰/۴۴۳-)، وزن حجمی (۰/۸۶۴)، TA (۰/۶۹۴)، اسیدیته (۰/۵۸۷-) و نسبت TSS/TA (۰/۵۸۷-) نیز همبستگی معنی‌داری مشاهده شد.

بین سفتی میوه و وزن تر (۰/۵۳۹-)، وزن حجمی میوه (۰/۶۸۳) و TA (۰/۵۷۸) در سطح ۱ درصد همبستگی معنی‌داری وجود داشت. بین میزان مواد جامد محلول و اسیدیته میوه (۰/۸۰۶-) و مقدار آنتوسیانین (۰/۴۳۸) نیز همبستگی وجود داشت. همچنین بین اسیدیته و آنتوسیانین میوه (۰/۵۵۸) در سطح ۱ درصد همبستگی مشاهده شد.

جدول ۵- همبستگی بین صفات مختلف فیزیکی و شیمیایی ارقام سیب

Table 5– The correlation between the physical and chemical characteristics of applecultivars

صفات Traits	قهوه‌ای شدن Browning	فنل کل Total Phenol	فلاونوئید Flavonoids	سفتی Firmness	وزن میوه Fresh Weight	چگالی Density	TSS	TA	اسیدیته Acidity	TSS/TA	آنتوسیانین Anthocyanin
قهوه‌ای شدن Browning	1										
فنل کل Total Phenol	0.286	1									
فلاونوئید Flavonoids	0.376	0.432*	1								
سفتی Firmness	0.526*	0.441*	0.616**	1							
وزن میوه Fresh Weight	0.509*	−0.190	−0.443*	−0.539**	1						
چگالی Density	0.555*	0.398*	0.864**	0.683**	−0.688**	1					
TSS	−0.153	0.411*	0.385	0.281	−0.196	0.232	1				
TA	0.475*	0.106	0.694**	0.578**	−0.478*	0.793**	0.395	1			
اسیدیته Acidity	0.083	−0.426*	−0.587**	−0.375	0.129	−0.365	−0.806**	−0.650**	1		
TSS/TA	−0.470*	−0.372	−0.587**	−0.398	0.126	0.555**	−0.351	−0.533**	0.669**	1	
آنتوسیانین Anthocyanin	−0.196	0.153	0.224	−0.241	0.153	−0.070	0.438*	−0.050	−0.558**	0.098	1

گزارشات برخی محققان وجود همبستگی شدید بین مقدار قهوه‌ای شدن و محتوای فنل کل در ارقام سیب "امپایر"، "رم"، "گلدن دلیشز" و " دلیشز" را تایید می‌کند (۷ و ۳۵). در آزمایشات انجام شده توسط سان و همکاران (۴۶) مشخص شد که ارتباط مستقیمی بین محتوای فنل میوه و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ۱۱ نوع میوه رایج وجود داشت که بیانگر مشارکت عمده ترکیبات فنلی در فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌هاست.

فنل و فلاونوئید کل همبستگی زیادی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی با ضریب همبستگی به ترتیب ۰/۸۲۲ و ۰/۷۱۷ نشان می‌دهند (۵۵). همچنین طبق گزارش قربانی و بخشی (۱۵) ضریب همبستگی بین مقدار فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی بین پوست (۰/۸۶) و گوشت (۰/۹۳) نشان می دهدکه ارتباط مستقیمی بین فعالیت آنتی اکسیدانی و مقدار فنل کل وجود دارد.

رفیعی و همکاران (۴۰) نیز اشاره کرده‌اند که ارقام ایرانی، ترکیبات فنلی و قدرت ضد اکسایشی زیادی دارند. ولی در این پژوهش همبستگی معنی‌داری بین مقدار فنل و قدرت ضد اکسایشی در ارقام سیب مورد مطالعه یافت نشد.

در سیب‌های "گرانی اسمیت"، "امپایر" و "مک اینتاش" قهوه‌ای شدن با فعالیت آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز همبستگی شدیدی دارد درحالی‌که در ارقام "دلیشز"، "گلدن دلیشز" و "کورتلند" مقدار و نوع پیش ماده‌های فنلی تاثیرات معنی‌دار بیشتری دارند (۷ و ۳۵).

در حالی‌که بین مقدار قهوه‌ای شدن آنزیمی و قدرت ضد اکسایشی همبستگی معکوس معنی‌داری وجود داشت، بدین معنی که هر چه میزان قهوه‌ای شدن در یک رقم بیشتر باشد، دارای قدرت ضد اکسایشی کمتری خواهد بود. همچنین با توجه به همبستگی‌های مشاهده شده در مورد وزن تر و قهوه‌ای شدن بدیهی است که سیب‌های آبدارتر بیشتر دچار عارضه قهوه‌ای شدن بوده‌اند. در این پژوهش مشخص شد که هر چه اسید کل در یک رقم سیب بیشتر باشد، قهوه‌ای شدن آنزیمی نیز با شدت بیشتری در برش‌های میوه رخ می‌دهد (جدول ۵). در توجیه این پدیده می‌توان به تحقیقات نیکلاس و همکاران (۳۷) اشاره کرد که قهوه‌ای شدن آنزیمی در آب میوه سیب به علت اکسید شدن کلرژنیک اسید توسط آنزیم‌های

اکسیداتیو است که در پوست و گوشت میوه بیشتر ارقام سیب به وفور یافت می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، سیب توسرخ بکران با دارا بودن بیشترین مقدار مواد جامد محلول، بیشترین مقدار آنتوسیانین و فلاونوئید و بیشترین قدرت ضد اکسایشی و دارا بودن طعمی مطلوب و ظاهری متمایز به عنوان یک میوه کاملاً بومی و میوه‌ای که به تازگی در دنیا مورد توجه و اقبال پژوهشگران و مصرف کنندگان قرار گرفته است می‌تواند جایگاه شایسته‌ای در برنامه‌های اصلاحی سیب و توسعه مناطق کشت و پرورش و حتی تولید بیشتر جهت صادرات داشته باشد. همچنین از نظر صنایع غذایی این ژنوتیپ با کمترین مقدار قهوه ای شدن می تواند جهت تولید چیپس میوه و میوه خشک مورد توجه قرار گیرد، اگر چه این موضوع نیاز به انجام بررسی های دقیق تری دارد.

منابع

1. Amiot M.J., Tacchini M., Aubert S., and Nicholas S. 1992. Phenolic composition and browning susceptibility of various apple cultivars at maturity. Journal of Food Science, 57: 958-962.
2. Anonymous 2. 2006. Hort research- newsroom- New apple packs health pnch. http://www. Hortresearch .co. nz/ index/ news/467.
3. Biedrzycka E., and Amarowicz E. 2008. Diet and health: apple polyphenols asantioxidants. Food Reviews International, 24: 235-251.
4. Brand-Williams W., Cuvelier M.E., and Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science Technology, 28: 25-30.
5. Cheynier V. 2005. Polyphenols in food are more complex than often thought. The American Journal of Clinical Nutrition, 81: 223S-229S.
6. Clarisse D. 2006. Hort research develops antioxidant-rich red-fleshed apple. http://www. Foodna vigator-usa.com
7. Coseteng M.Y., and Lee C.Y. 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. Journal of Food Science, 52: 985-989.
8. DeEll J., Toivonen P. M. A., Khanizadeh S., and Hampson C. 2009. Browning potential of new apple varieties. Acta Hort, 814: 529-532.
9. Defli J.R., Khanizadeh Sh., Saad F., and Ferree D.C. 2001. Factors affecting fruit firmness-A Review Journal of American Pomology Society, 55(1):8-27.
10. Dzhangaliev A.D., Salova T.N., and Turekhanova P.M. 2003. The wild fruits and nut plants of Kazakhstan. Horticultural Reviews, 29: 305-371.
11. Fallahi E., Simon B.R., Fellman J.K., Longstroth M.A., and Colt W.M. 1994.Tree growth and productivity and post harvest quality in various starins of Delicious apple. Journal of American Society for Horticultural Science, 119 (3):389-395.
12. Fan X., Kimberly J.B., Sokoral I., Ccheng-Hsing L., Ching-Hsing C., Peter C., and Zhang H.Q. 2005. Antibrowning and antimicrobial properties of sodium acid sulfate in apple slice. Journal of Food Science, 74: 485-492.
13. Faramarzi S., Yadollahi A., and Soltani B.M. 2014. Preliminary evaluation of genetic diversity among Iranian red fleshed apples using microsatellite marker. Agricultural Science and Technology, 16: 373-384.
14. Geisenheim H.P., Braun P., and Keicher R. 2009. Red apple Juice: Breeding, Drink- and Growing technology for the development of a new, innovative product. Bulletin USAM Horticulture,66(1)
15. Ghorbani E., Bakhshi D. 2011. Evaluation of Content of Chlorogenic Acid, Flavonoids and Antioxidant Potential of 13 Native and Foreign Apple Cultivars. Plant Production Technology, 11(2): 53-62.
16. Goulao L.F., & Oliveira C. M. 2008. Cell wall modifications during fruit ripening: when a fruit is not the fruit. Trends Food Science & Technology, 19, 4-25.
17. Hasani Gh., Rezaee R., Peirasteh Y., and Henareh M. 2014. Evaluation of some spur-type and standard apple cultivars in the northwestern region of Iran. International Journal of AgriScience, 4(6):301-306.
18. Iglesias I., Salvia J., Torguet L., Cabús C. 2002. Orchard cooling with overtree microsprinkler irrigation to improve fruit color and quality of 'Topred Delicious' apples. Scientia Horticulturae, 93: 39–51.
19. Joseph J.A., Shukitt-Hale B., Denisova N.A., Bielinski D., Martin A., McEwen J.J., and Bickford P.C. 1999. Reversals of age-related declines in neuronal signal transduction, cognitive, and motor behavioral deficits with blueberry, spinach, or strawberry dietary supplementation. Journal of Neuroscience, 19: 8114-8121.
20. Khanizadeh Sh., Tsao R., Rekika D., Yang R., Charles M.T., and Rupasinghe H.P.V. 2008. Polyphenol composition and total antioxidant capacity of selected apple genotypes for processing. Journal of Food Composition and Analysis, 21: 396-401.
21. Kliebenstein D. J. 2004. Secondary metabolites and plant/environment interactions: a view through *Arabidopsis thaliana* tinged glasses. Plant Cell and Environment, 27: 675-684.
22. Kuczyski A. P. 1995. The effect of cultivar on apple slice whiteness and enzymatic browning. Zemedelska

Technika, 41: 51-54.
23. Lata B., Przeradzka M., and Bi"kowska M. 2005. Great differences in antioxidant properties exist between 56 apple cultivars and vegetation seasons. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 8970-8978.
24. Lata B., Trampczynska A., and Pazesna J. 2009. Cultivar variation in apple peel and whole fruit phenolic composition. Scientia Horticulturae, 121: 176-181.
25. Le Bourvellec C.L., Le Quéré J.M., Sanoner P., Drilleau J.F., and Guyot S. 2004. Inhibition of apple polyphenol oxidase activity by procyanidins and polyphenol oxidation products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 122-130.
26. Lee C.Y., and Smith N. L. 2000. Apples: an important source of antioxidants in the American diet. New York Fruit Quarterly, 8(2): 8-10.
27. Lee C.Y., and Smith N. L. 1995. Minimal processing of New York apples. New York's Food and Life Sciences Bulletin, 145: 1-11.
28. Li X.J., Hou J.H., Zhang G.L., Liu R.S., Yang Y.G., Hu Y.X., and Lin J.X. 2004. Comparison of anthocyanin accumulation and morpho-anatomical feature in apple skin during color formation at tow habitats. Scientia Horticulturae, 99: 41-53.
29. Liu R. H., Eberhardt M. V., and Lee C. Y. 2001. Antioxidant and antiproliferative activities of selected New York apple cultivars. New York Fruit Quarterly, 9(2): 9-11.
30. Lozano J. E., Drudis-Biscarri R., and Ibarz-Ribas A. 1994. Enzymatic browning in apple pulps. Journal of Food Science, 59(3): 564-567.
31. Markowski J., and P"ocharski W. 2006. Determination of phenolic compounds in apples and processed apple products. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14: 133-142.
32. Matsumoto H., Nakamura Y., Tachibanaki S., Kawamura S., and Hirayama M. 2003. Stimulatory effect of cyanidin 3-glycosides on the regeneration of rhodopsin. J. Agric. Food Chem, 51: 3560-3563.
33. Mazza G., and Velioglu Y.S. 1992. Anthocyanin and other phenolic compounds infruits of red-flesh apples. Food Chem, 43: 113-117
34. Merwin I. A., Valois S., and Padilla-Zakour O. I. 2008. Cider apples and cidermaking techniques in Europe and North America. Horticultural Reviews. J. Janick, John Wiley & Sons, Inc., 34**:** 365-414.
35. Milani J., and Hamedi M. 2005. Susceptibility of five apple cultivars to enzymatic browning. Proceedings of the 5th International Postharvest Symposium, 682: 2221-2226.
36. Murata M., Tsurutani M., Tomita M., Homma S., and Kaneko K. 1995. Relationship between apple ripening and browning: changes in polyphenol content and polyphenol oxidase. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 1115-1121.
37. Nicolas J.J., Richard-Forget F. C., Goupy P. M., Amiot M.J., & Aubert S. Y. 1994. Enzymatic browning reactions in apple and apple products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 34(2): 109-157.
38. Peterson F. 2008. "Company Website." Retrieved 4/27/09, 2009, fromhttp://petersonfarmsinc.com/.
39. Petkovsek M. M., Stampar F., and Veberic R. 2007. Parameters of inner quality of the apple scab resistant and susceptible apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). Scientia Horticulturae, 114: 37-44.
40. Rafiee M., Naseri L., Bakhshi D., Alizadeh A. 2012. Phenolic compounds and antioxidant activity of some Iranian and commercial apple varieties in West Azarbaijan province. Journal of Crops Improvement, 14(2): 43-55.
41. Renaud, S., and M.de Lorgeril. 1992. Wine, alcohol, platelets, and the French paradox for coronary heart disease. Lancet 339, 1523-1526.
42. Rezaee R. 2009. Locating of suitable organic sites for organic apple production in Urmia. Final report. West Azerbaijan Agriculture Research Center, Urmia, Iran.145p. (in Persian with English absract).
43. Sapers G. M., and Douglas F. W. 1987. Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. Journal of Food Science 52:1258-1262.
44. Smith M.A.L., Marley K.A., Seigler D., Singletary K., and Meline W.B. 2000. Bioactiveproperties of wild blueberry fruits. J. Food Sci, 65, 352-356.
45. Song Y., Yao Y. X., Zhai H., Du Y. P., Chen F., and Wei S. W. 2007. Polyphenolic compound and the degree of browning in processing apple varieties. Agricultural Sciences in China, 6(5): 607-612.
46. Sun J., Chu Y.F., Wu X., and Liu R.H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. Agricultural and Food Chemistry, 50: 7449-7454.
47. Tattini M., Remorini D., Pinelli P., Agati G., Sarasini E., Traversi M. L., and Massai R. 2006. Morpho-anatomical, physiological and biochemical adjustment in response rot ozone salinity stress and high solar radiation in two Mediteranean evergreen shrubs, Myrtus communis and Pistacia lentiscus. New phytologist, 170: 779-794.
48. Valentines M. C., Vilaplana R., Torres R., Usall J., and Larrigaudière C. 2005. Specific roles of enzymatic browning and lignification in apple disease resistance. Postharvest Biology and Technology**,** 36: 227-234.
49. Velioglu Y. S., Mazza G., Gao L., & Oomah B.D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 4113–4117.
50. Vinson J.A., Su X., Zubik L., Bose P. 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. Journal of

Agricultural and Food Chemistry, 49(11): 5315-21.
51. Volz R.K., McGhie T.K. 2011. Genetic variability in apple fruit polyphenol composition in Malus x domestica and Malus sieversii germplasm grown in New Zealand. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 59: 11509–11521.
52. Vrhovsek U., Rigo A., Tonon D., and Mattivi F. 2004. Quantitation of polyphenols in different apple varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 6532-6538.
53. Wang K.L., Micheletti D., Palmer J., Volz R., Lozano L., Espley R., Hellens R.P., Chagnè D., Rowan D.D., Troggio M., et al. (2011). High temperature reduces apple fruit color via modulation of theanthocyanin regulatory complex. Plant Cell Environ, 34: 1176–1190.
54. Wrolstad R.E. 1976. Color and pigment analyses in fruit products. Station bulletin 624. Corvallis, OR: Agricultural Experiment Station Oregon State University.
55. Yoo K. M., Lee C. H., Lee H., Moon B., and Lee C. Y. 2008. Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. Food Chemistry, 106: 929-936.
56. Zhishen J., Mengcheng T., and Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, 64: 555-559.

Journal of Horticultural Science
Vol. 33, No.4, Winter 2019, P. 609-622
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص. ۶۲۲-۶۰۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Evaluation of Physical Properties of Fruit, Secondary Metabolites, and Browning Index of Bekran Red Flesh apple genotype and Some Spring Apple Cultivars

B. Abedi[1]*- T. Parvaneh[2]- E. Ardakani[3]

Received: 17-06-2018
Accepted: 07-10-2019

Introduction: Apple is one of the most important horticultural crops in Iran. The aim of this study was to investigate the effect of genotype on physical and chemical properties of fruit; to evaluate the amount of fruit secondary metabolites and correlation between them with the enzymatic browning in some Iranian apple cultivars. Recently red-fleshed apples have been attracted the attention of many researchers and fruit marketers because the flesh of those cultivars contains a high amount of red pigment anthocyanins, which show strong antioxidant activity. These cultivars have a better place in the market for the consumers because of the attractiveness, quality and high levels of anthocyanins and other phenolic compounds in fruits. Development of such new varieties with unique properties is important for improving the apple breeding and processing industry in the world. Phenolic compounds and flavonoids are products of the phenylpropanoid pathway. They are secondary metabolites and are responsible for different functions in the plant life cycle. Secondary metabolites play an important role in the quality of food (color, flavor, and odor). Also production of secondary metabolites may be a part of the plant defense system.

Materials and Methods: The fruits of 'Morabaee-Mashhad', 'Top Red Delicious', 'Golab Kohanz', 'Winter Banana', 'Golab-e Kermanshah', 'Early Devan' and 'Pepin' apple cultivars were harvested manually from trees at commercial maturity stage in Mashhad city, and 'Red-flash' apple cultivar was harvested in Shahrood city (Bekran Village), Iran. Fruits were transported to the laboratory soon after harvest. The measured chemical properties were consisted of total soluble solids (TSS), titrable acidity (TA), TSS: TA, total phenol content (TPC) and Antioxidant. Titratable acidity (TA) was determined by Korean models GMK855 and reported g 100 g^{-1} of malic acid. Total soluble solids (TSS) was determined at 20 ◦C with a refractometer and reported as ◦Brix. The pH value of fruit was measured with a pH meter at 20◦C. The pH differential method was used to determine the total anthocyanin content. The absorbance of the solution was measured at 510 nm. The total phenolic content was determined by a modified Folin-Ciocalteu reagent method. This experiment was conducted according to the completely randomized design; with thirty replicates. Data were analyzed statistically by SPSS statistical software and differences among means were determined for significance at $p< 0.05$ using Duncan's multiple range test.

Results and Discussion: The highest and lowest of enzymatic browning was found in 'Pepin' and Red-flash apple cultivars, respectively. Red Delicious, Macintosh, and Liberty showed high levels of enzymatic browning. According to some researchers, there is a strong correlation between the amount of browning and total phenol content of apple varieties "Empire", "Rome", "Golden Delicious" and "Delicious"(Coseteng and Lee 1987; Milani and Hamedi 2005). San *et al*. (2002) revealed that there was a direct correlation between fruit phenolic content and antioxidant activity in 11 fruit species, indicating a significant contribution of phenolic compounds in the antioxidant activity of fruits. The results showed that the effect of cultivar on physic-chemical properties of fruit was significant at 5% probability level. The concentration of total soluble solids was significantly affected by cultivar, the highest concentration of total soluble solids was observed for Red-flesh apple cultivar while the lowest was recorded in Golab-e Kermanshah. Red-flesh and Golab-e Kermanshah cultivars had the highest and the lowest anthocyanin contents andthe highest and lowest of pH values were observed in Red-flesh and Golab Kohanz cultivars, respectively. The highest concentration of total phenolics was observed for

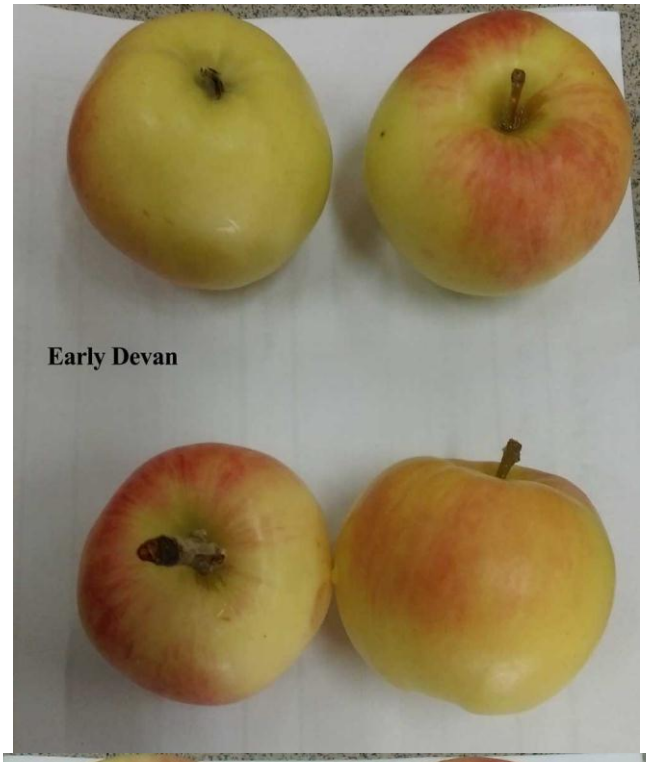
۱ and 3- Assistant Professor and PhD Student, Department of Horticulcure, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: abedy@um.ac.ir)
2– Instructor, Horticulture Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), AREEO, Shahrood, Iran

Morabaee-Mashhad while the lowest was seen in Early Devan cultivars. The correlation between the enzymatic browning and antioxidant capacity of fruits was -0.507*.

Conclusions: The present research confirms that Red-flesh apple cultivar as a native fruit has been of interest to researchers and consumers because of its high amount of soluble solids, anthocyanins and flavonoids content, high level of antioxidant capacity and having a specific flavor and taste. Therefore, it can be a worthy cultivar for apple breeding programs and development in future.

Keywords: Antioxidant capacity, Bekran, Physical and chemical characteristics, Red-flesh apple.

تصویر ارقام



Golab Kohanz

Golab-e Kermanshah

red-fleshed (Bekran)

Winter Banana