نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۸۰۲-۷۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 789-802
ISSN: 2008 - 4730

ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه

زهرا فلاتی[1*]- محمدرضا فتاحی‌مقدم[2]- علی عبادی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳

چکیده

آلوها (*Prunus* spp.) به عنوان یکی از رایج‌ترین میوه‌های هسته‌دار، دارای کالری پایین و ارزش غذایی نسبتاً بالایی هستند. تنوع زیاد در آلوها سبب ایجاد تفاوت در ترکیبات شیمیایی میوه نیز شده است. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در فاصله زمانی ۱۳۹۲-۱۳۹۴ اجرا شده است. خصوصیات کیفی میوه نظیر محتوای ویتامین ث، صفات مربوط به رنگ پوست و گوشت میوه، محتوای کارتنوئید، آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۱۶ رقم و ژنوتیپ آلو مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی‌دار ارقام بررسی شده را از لحاظ تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد. ارقام 'گوجه قرمز' و 'ژاپنی' بالاترین میزان ویتامین ث را با ۱۸/۵ میلی‌گرم ویتامین ث در ۱۰۰ گرم وزن تازه ، رقم 'قطره طلا' با ۵۳/۹۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه بالاترین میزان کارتنوئید کل را داشتند. رقم 'گوجه قرمز' بالاترین میزان شاخص آنتوسیانین را با ۰/۵۲۱ جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر دارا بود و رقم 'ازارک' بالاترین میزان فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را به ترتیب با ۳۷۲/۶ میلی‌گرم اسید گلیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه برای فنل کل و ۹۶/۳۴ درصد برای درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین ارقام بررسی شده داشتند. ضرایب همبستگی بین صفات نشان داد که عمده ترکیبات فنلی میوه‌های آلو در پوست میوه تجمع دارند و همبستگی بالایی بین شدت رنگ پوست میوه و محتوای فنل کل در آلوها وجود دارد. از این‌رو رقم 'ازارک' با دارا بودن بالاترین میزان شاخص رنگ a* پوست میوه، بیشترین میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در بین ارقام بررسی شده دارا بود.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کارتنوئید، فنل کل، ویتامین ث

مقدمه

مطالعات متعددی نشان داده است که مصرف میوه‌ها، سبزیجات و مواد غذایی حاصل از آن‌ها فوائد زیادی در برابر بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی و انواع مختلف سرطان‌ها دارد. این خاصیت میوه‌ها و سبزیجات به دلیل حضور برخی ویتامین‌ها مانند ویتامین‌های A، E و C، فیبرها و ترکیبات فیتوشیمیایی می‌باشد (۸). در میان ترکیبات فیتوشیمیایی، پلی‌فنل‌ها نه فقط به دلیل اثر آن‌ها بر کیفیت میوه‌ها و سبزیجات (رنگ، طعم و عطر) بلکه به دلیل فعالیت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد، خاصیت ضدسرطانی، ضدمیکروبی، ضدآلرژیک و ضدفساد اهمیت زیادی دارند (۱). پلی‌فنل‌های موجود در میوه‌ها شامل گروه وسیعی از ترکیبات با فعالیت آنتی‌رادیکالی مانند هیدروکسی‌سینامیت‌ها، فلاون‌ها، مشتقات اسید گالیک، فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها می‌باشند. مطالعات بسیاری نیز همبستگی بالای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را با ترکیبات فنلی نسبت به آسکوربیک اسید، توکوفرول و کارتنوئیدها به اثبات رسانیده‌اند (۵ و ۱۸). ترکیب، مقدار و توزیع مواد فنلی در میوه‌ها به میزان رسیدگی میوه، رقم، عملیات پرورش، شرایط جغرافیایی، فصل رشد و شرایط انبار در طول دوره پس از برداشت بستگی دارد (۷). تحقیقات چند ساله، شواهد زیادی را در زمینه ترکیبات زیست فعال میوه‌ها ارائه داده و استخراج این متابولیت‌ها به سرعت رو به گسترش است.

آلوها (*Prunus* spp.) به عنوان یکی از رایج‌ترین میوه‌های هسته‌دار، دارای کالری پایین و ارزش غذایی نسبتاً بالایی هستند. آلوها محتوی کربوهیدرات هایی نظیر ساکارز، گلوکز، فروکتوز و همچنین اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک و اسید مالیک، فیبرها (پکتین‌ها)، تانن‌ها، مواد آروماتیک و آنزیم‌ها هستند که این مواد ارزش غذایی و طعم آلوها را تعیین می‌کند (۱). با توجه به دامنه وسیع اندازه، شکل، طعم، عطر، بافت و رنگ در آلوها که گسترده‌تر از تمامی گونه‌های میوه‌ای کشت شده می‌باشد این میوه در سراسر جهان مورد

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد فیزیولوژی و اصلاح درختان میوه و استادان گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: zahra.falati@alumni.ut.ac.ir)
DOI: 10.22067/jhorts4.v31i4.61581

کشت و کار قرار می‌گیرد (۱۰) و تولید و پرورش آن رو به افزایش می‌باشد. در طول دهه‌های گذشته تولید جهانی آلوهای اروپایی و آلوهای ژاپنی از ۶,۱۱۰,۸۷۱ تن در سال ۱۹۹۰ به ۱۱,۵۲۸,۳۳۷ در سال ۲۰۱۳ رسیده و با افزایش ۶۱ درصدی همراه بوده است. در همین فاصله زمانی تولید آلو در ایران از ۱۱۸,۹۳۶ تن به ۳۰۵,۲۶۲ تن رسیده و افزایش ۳۹ درصدی داشته است (۶).

تنوع زیاد در آلوها سبب ایجاد تفاوت در ترکیبات شیمیایی میوه نیز شده است. آلوها میوه‌هایی سرشار از ترکیبات زیست فعال یا مواد بیوشیمیایی نظیر ویتامین‌های (A، C و E)، آنتوسیانین‌ها و ترکیبات فنلی دیگر هستند که موجب فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر آن‌ها از پرتقال، سیب و توت‌فرنگی شده است. همچنین این میوه منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بوده و می‌تواند سلامتی مصرف‌کنندگان را تأمین نماید، عصاره آلو فعالیت آنتی‌رادیکالی شدیدی را در شرایط آزمایشگاهی نشان داده که مربوط به ترکیبات پلی‌فنلی آنهاست. کلروژنیک اسید و نئوکلروژنیک اسید دو ترکیب فنلی عمده در میوه های جنس *Prunus* می‌باشند که دارای خصوصیات آنتی‌اکسیدانی هستند (۱۷).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی، کارتنوئیدها و محتوای ویتامین ث برخی از ارقام هلو، شلیل و آلو در کالیفرنیا بررسی شده است. بر اساس نتایج به دست آمده ترکیبات فنلی، تنها اجزای میوه های هسته‌دار هستند که با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل همبستگی داشتند (۸). بررسی ۱۴ ژنوتیپ آلوی گوشت قرمز و ۸ ژنوتیپ هلو برای محتوای فنل کل و محتوای آنتوسیانین نشان داد که ژنوتیپ های غنی از ترکیبات فنلی گزینش شده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا، خصوصیات رنگی تثبیت شده و فعالیت ضدمیکروبی بالایی دارند. در این بررسی محتوای آنتوسیانین در ارقام آلو بیشتر از ارقام هلو بود (۲). ارزیابی محتوای آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۹ رقم آلو و ۹ رقم گیلاس نشان داده که بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل کل و همچنین آنتوسیانین همبستگی شدیدی وجود دارد (۱۸). به منظور تعیین ترکیبات شیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، سه رقم آلو (۲۱) بررسی شده است. نتایج حاصله نشان داده که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها از ۳/۱۰ میلی‌مول بر کیلوگرم در رقم "Elena" تا ۳/۱۷ میلی‌مول بر کیلوگرم در رقم "Bistrica" متغیر بود. بین رقم "Elena" و دو رقم دیگر از لحاظ فنل کل و محتوای غیرفلاونوئیدی اختلاف معنی‌داری وجود داشت درحالی‌که در مورد ظرفیت آنتی اکسیدانی تفاوت معنی‌دار نبود. در بررسی دیگری در ایران نشان داده شد که بین میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های آلو ارتباط مستقیمی وجود دارد (۸).

تنوع وسیع آلوها، توزیع گسترده آن در اکثر نقاط جهان و سازگاری آن با شرایط مختلف توسعه آن را نه فقط در شرایط کنونی بلکه در آینده نیز مهم ساخته است (۱۵). از این‌رو با توجه به ارزش اقتصادی، ارزش غذایی و تنوع وسیع آلوها، هدف از این تحقیق ارزیابی ترکیبات فیتوشیمیایی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو به منظور شناسایی ارقام و ژنوتیپ‌های دارای خصوصیات و کیفیت مورد نظر برای اهداف اصلاحی و پرورش اقتصادی این میوه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این آزمایش در ایستگاه تحقیقاتی گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در فاصله زمانی اسفند ۱۳۹۲ الی شهریور ۱۳۹۴ اجرا شده است. تمامی ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده در شرایط مدیریتی یکسانی قرار داشتند. سن درختان مورد نظر در زمان آزمایش ۶ سال بود. ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده‌اند. نقشه کاشت درختان مورد نظر در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و هر تکرار شامل سه درخت بود. میوه‌ها پس از بلوغ تجاری برداشت شده و برای خصوصیات کیفی نظیر محتوای ویتامین ث، صفات رنگی مربوط به پوست و گوشت میوه، محتوای کارتنوئید، آنتوسیانین، فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. بلوغ میوه‌ها به صورت تجربی و همزمان با رنگ‌گیری، نرم شدن میوه و افزایش قند میوه تعیین شد.

اندازه‌گیری میزان ویتامین ث آب میوه

اندازه‌گیری ویتامین ث با روش تیتراسیون و با محلول یدیدور (۱۶ گرم یدور پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در یک لیتر) و معرف نشاسته صورت گرفت. برای این منظور ۵ میلی‌لیتر از آب صاف شده میوه که از مخلوط ۱۰ عدد میوه حاصل شده بود به همراه ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ میلی‌لیتر نشاسته ۱٪ با یدور پتاسیم (۱۶ گرم یدور پتاسیم به علاوه ۱/۲۷ گرم کریستال ید در یک لیتر) تا زمان ظهور رنگ تیره آبی با دوام تیتر شد. سپس مقدار ویتامین ث در آب میوه از فرمول (۲-۱) بدست آمد.

فرمول ۲-۱

(۵/ میزان ید مصرفی × ۰/۸۸) = میلی‌گرم ویتامین ث در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه

اندازه‌گیری رنگ پوست و گوشت میوه

رنگ میوه با استفاده از رنگ سنج مینولتا مدل CR-400 مطالعه گردید. برای هر رقم از هر تکرار ۱۰ میوه به تصادف انتخاب گردید و قرائت‌ها از دو نقطه مقابل هم بر روی میوه انجام شد سپس با برش لایه‌ای از گوشت میوه رنگ‌سنجی از گوشت میوه نیز در دو نقطه

مقابل هم انجام شد و شاخص‌های رنگ L^* (درخشندگی)، a^* (قرمز– سبز) و b^* (زرد– آبی) اندازه گیری شده و کروما (شدت رنگ) با فرمول (۲-۲) محاسبه گردید.

فرمول ۲-۲ $c = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$

جدول ۱- ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بررسی شده

Table 1- Evaluated plum cultivars and genotypes

ردیف Row	ژنوتیپ یا رقم Cultivars or genotypes	گروه Group	ردیف Row	ژنوتیپ یا رقم Cultivars or genotypes	گروه Group
1	بلک استار Black Star	*P. salicina*	9	سانتارزا Santarosa	*P. salicina*
2	قطره طلا Golden Drop	*P. domestica*	10	شابلون Shablon	*P. salicina*
3	سیمکا Simka	*P. salicina*	11	ازارک Ozarak	*P. domestica*
4	شوگر Sugar	احتمالاً *P. domestica*	12	تنسگل Tanasgo	هیبرید آلو و زردآلو
5	استنلی Stanly	*P. domestica*	13	ژاپنی Japanese	*P. salicina*
6	بخارا Bokhara	*P. domestica*	14	درگزی Dargazi	احتمالاً *P. salicina*
7	شمس Shams	*P. domestica*	15	کمپوتی Compooti	احتمالاً *P. domestica*
8	گوجه قرمز Gogeh Germez	*P. cerasifera*	16	گوجه سبز Gogeh Sabz	*P. cerasifera*

اندازه‌گیری شاخص آنتوسیانین

جهت اندازه‌گیری میزان آنتوسیانین، ابتدا آب میوه توسط دستگاه سانتریفیوژ فازبندی گردید، سپس یک میلی‌لیتر از آب صاف شده میوه با سه میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد رقیق شده و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Lambda EZ 201 در طول موج ۵۳۰ نانومتر قرائت گردید.

اندازه‌گیری کارتنوئید کل

جهت اندازه‌گیری مقدار کارتنوئید کل میوه مقدار ۲ گرم از گوشت میوه در محلول ترکیبی ۴۰ قسمت استون و ۶۰ قسمت هگزن (C_6H_{14}) داخل یک هاون چینی همگن گردید و سپس به مدت ۵ دقیقه در ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. محلول رویی جدا و رسوبات مجدداً توسط محلول ترکیبی استون- هگزن رنگ‌گیری و سانتریفیوژ شد. عمل استخراج تا آنجا ادامه پیدا کرد که رسوبات باقی مانده کاملاً بی‌رنگ شدند. سپس حداکثر جذب عصاره کارتنوئیدی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در ۴۸۰ نانومتر قرائت گردید. مقدار کارتنوئید کل بر اساس فرمول زیر محاسبه و به صورت میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن میوه بیان گردید.

فرمول ۲-۳

میزان کارتنوئید (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه) = $OD_{۴۸۰} \times ۴۰$

$OD_{۴۸۰}$: میزان جذب در طول موج ۴۸۰ نانومتر

۴۰: ضریب رقت نمونه

اندازه گیری میزان فنل کل میوه

برای این منظور نیم گرم از گوشت میوه در ۴ میلی‌لیتر الکل اتانول همگن شده و سپس عصاره توسط سانتریفوژ صاف گردید. سپس به ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین، یک میلی‌لیتر کربنات سدیم ۷٪ و ۸ میلی‌لیتر آب مقطر، به ۱۰۰۰ میکرولیتر از عصاره فوق افزوده شد. میزان جذب پس از قرارگیری در حمام آب گرم به مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید. فنل کل بر اساس میلی‌گرم اسیدگالیک موجود در یک گرم وزن تر نمونه بیان شد. غلظت فنل کل بر اساس منحنی استاندارد اسیدگالیک خالص محاسبه شد.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی اکسیدان‌های کل

یک گرم از بافت میوه با ۸ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد همگن شده و مخلوط حاصل در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ گردیده سپس محلول رویی جمع‌آوری شد. در مرحله بعدی ۳۴۰۰

میکرولیتر از محلول ۱،۱-دی فنیل - ۲- پیکریل هیدرازیل[1] داخل کووت شیشه‌ای ریخته شده و مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره متانولی تهیه شده نیز به آن اضافه شد. محلول حاصل به مدت دو ساعت در شرایط تاریکی نگهداری گردید و سپس میزان جذب نوری آن در ۵۲۰ نانومتر قرائت شد. ظرفیت آنتی اکسیدانی کل بر اساس فرمول (۲۳-۱۱)، به صورت درصد بازدارندگی DPPH محاسبه گردید.

فرمول ۲-۱۱

۱۰۰ × میزان جذب شاهد/ (میزان جذب شاهد - میزان جذب نمونه)= درصد فعالیت آنتی‌اکسیدان

آنالیزهای آماری

داده‌های به دست آمده پس از نرمال‌سازی با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. تبدیل داده‌های عددی به روش ریشه دوم و داده‌های درصدی به روش زاویه انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس تفاوت معنی‌دار ارقام بررسی شده را از لحاظ خصوصیات کیفی میوه (شاخص‌های رنگ مربوط به پوست و گوشت میوه) و محتوای ترکیبات بیوشیمیایی نظیر میزان ویتامین ث، محتوای آنتوسیانین‌ها، محتوای کارتنوئید، فنل کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۲).

شاخص‌های رنگ پوست و گوشت میوه ارقام و ژنوتیپ های آلو

بالاترین میزان شاخص L^* (درخشندگی) پوست میوه در ارقام "تنسگل" و "کمپوتی" و پس از آن در ارقام "قطره طلا" و "شمس" مشاهده شد. پایین‌ترین میزان این شاخص نیز در ارقام "شوگر" و "گوجه سبز" مشاهده شد. ارقام "بلک استار" و "گوجه قرمز" بالاترین میزان درخشندگی گوشت میوه را در بین ارقام بررسی شده نشان دادند و پس از آن‌ها ارقام "تنسگل"، "سیمکا" و "درگزی" قرار داشتند. رقم "شوگر" پایین‌ترین میزان درخشندگی گوشت میوه را در بین ارقام بررسی شده دارا بود (جدول ۳). شاخص رنگ (a^*) پوست و گوشت میوه نیز در بین ارقام بررسی شده تفاوت های معنی‌داری را نشان داد و بالاترین میزان این شاخص در رقم "ازارک" مشاهده شد. ارقام "گوجه سبز" و "قطره طلا" نیز پایین-ترین میزان این شاخص را دارا بودند. رقم "گوجه قرمز" بالاترین میزان شاخص رنگ a^* گوشت میوه را نشان داد و رقم "ژاپنی" در جایگاه بعدی قرار داشت. ارقام "ازارک" و "شمس" نیز پایین‌ترین میزان این شاخص را در بین ارقام بررسی شده داشتند (جدول ۳). ارقام "تنسگل" و "کمپوتی" بالاترین میزان شاخص رنگ b^* پوست میوه را در بین ارقام بررسی شده نشان دادند و پس از این ارقام رقم "قطره طلا" قرار داشت. ارقام "سانتارزا"، "شوگر"، "استنلی" و "بخارا" پایین‌ترین میزان شاخص رنگ b^* پوست میوه را دارا بودند. رقم "بلک استار" و پس از آن ارقام "تنسگل" و "درگزی" بالاترین میزان شاخص رنگ b^* گوشت میوه و رقم "ژاپنی" پایین‌ترین میزان شاخص رنگ b^* گوشت میوه را نشان دادند (جدول ۳).

میزان شدت یا خلوص رنگ در بین ارقام مختلف متفاوت بوده و بالاترین میزان آن در ارقام "تنسگل" و "کمپوتی" و پس از آن در رقم "ازارک" مشاهده شد. رقم "بلک استار" با دارا بودن پایین‌ترین میزان کروما‌ی پوست میوه بالاترین میزان کروما گوشت میوه را نشان داد و پس از آن ارقام "تنسگل" و "درگزی" بالاترین میزان شدت رنگ گوشت میوه را دارا بودند. پایین‌ترین میزان این شاخص در گوشت میوه نیز در ارقام "سانتارزا"، "شوگر" و "ژاپنی" مشاهده شد (جدول ۳).

رنگ میوه‌های آلو به حضور آنتوسیانین‌ها و کارتنوئیدها در آن‌ها مربوط می‌باشد (۱۴). هر دو گروه از رنگدانه‌های مذکور عموماً در پوست میوه تجمع بیشتری دارند ولی آنتوسیانین‌ها در ایجاد رنگ سطحی میوه‌ها بیشتر مسئول می‌باشند (۱۴). رنگ میوه به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بلوغ و کیفیت میوه در بسیاری از گونه‌ها می‌باشد (۴) که با فاکتورهای مختلفی نظیر غلظت و توزیع آنتوسیانین‌ها در پوست و همچنین با فاکتورهای دیگری مانند نور، دما، اتیلن و عملیات باغبانی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (۱۳). آنتوسیانین‌ها که زیرگروهی از فلاونوئیدها بوده و محلول در آب هستند مسئول ایجاد رنگ قرمز، آبی و بنفش در بافت‌های گیاهی بوده و به طور وسیعی در کیفیت قابل مشاهده میوه‌ها دخیل هستند (۸).

عمده‌ترین کارتنوئیدهای موجود در ارقام آلو شامل بتاکاروتن و کریپتوزانتین می‌باشند (۸) که عمدتاً در ایجاد رنگ زرد و نارنجی در پوست و گوشت میوه مشارکت دارند. بالاتر بودن میزان شاخص رنگ a^* (محدوه رنگ- سبز) پوست و گوشت میوه به ترتیب در ارقام "ازارک" و "گوجه قرمز" نشان دهنده بالاتر بودن میزان آنتوسیانین در این ارقام می‌باشد. بالاتر بودن شاخص b^* (محدوده زرد- آبی) پوست میوه در ارقام "تنسگل "و "کمپوتی" و گوشت میوه در رقم قطره طلا نیز احتمالاً حاکی از بالاتر بودن میزان کارتنوئیدها در این ارقام می‌باشد. بالا بودن ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام و ژنوتیپ‌های آلو به خواص رنگی آن‌ها مربوط دانسته شده است (۲). همچنین بیان

1- DPPH

شده که تفاوت در میزان آنتوسیانین ارقام مختلف گیلاس موجب تفاوت در میزان همبستگی محتوای آنتوسیانینی و شاخص‌های رنگ میوه می‌شود (۹).

میزان ویتامین ث عصاره میوه ارقام و ژنوتیپ‌های آلو

میزان ویتامین ث (آسکوربیک اسید) ارقام بررسی شده بین ۷/۰۴ تا ۱۸/۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه متغیر بود. ارقام "گوجه قرمز" و "ژاپنی" با ۱۸/۵ (میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه) بالاترین میزان ویتامین ث و رقم "استنلی" پایین‌ترین میزان ویتامین ث را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند (شکل ۱). در مطالعه‌ای میزان ویتامین ث ارقام آلو ۱۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه گزارش شده که تا حدودی با میانگین ویتامین ث در ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده در تحقیق پیش‌رو (۱۳/۵۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن) تطابق دارد. در مطالعات دیگری میزان ویتامین ث در ارقام بررسی شده آلو ۱۲/۰۵ میلی گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه، ۱۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه و ۲/۲–۱/۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه گزارش شده است (۲۱، ۱۷ و ۲۰). تفاوت در میزان ویتامین ث در مناطق مختلف به تأثیر شرایط آب و هوایی و خاک مربوط می‌باشد.

میزان کارتنوئید کل

میزان کارتنوئید کل در ارقام بررسی شده تفاوت‌های معنی‌داری داشته و دامنه تغییرات آن بین ۲۰/۷۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه در رقم "گوجه قرمز" تا ۵۳/۹۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه در رقم "قطره طلا" متغیر بود. شکل ۲ میزان کارتنوئید ۱۶ رقم بررسی شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. ارقام "قطره طلا"، "سانتارزا" و "کمپوتی" بالاترین میزان کارتنوئید کل را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند. میزان کارتنوئید ارقام بررسی شده آلو ۳۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه گزارش شده و آلفا کاروتن به عنوان مهم‌ترین کارتنوئید موجود در میوه‌های آلو معرفی شده است (۸). در بررسی دیگری محتوای کارتنوئید ارقام بررسی شده آلو از ۱۳/۳ تا ۲۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن میوه به ترتیب در ارقام "Kale" و "Cherry plum" گزارش شده است (۱۴). میزان کارتنوئید موجود در میوه‌ها به فاکتورهایی از قبیل رقم، دما، pH خاک، غلظت رنگیزه، عملیات باغبانی، نور و ... بستگی دارد (۱۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات کیفی میوه در ارقام و ژنوتیپ‌های آلو

Table 2- Analysis of variance of fruit quality in plum cultivars and genotypes

		میانگین مربعات Mean of squares												
منابع تغییرات Source of Variation	درجه آزادی df	l* پوست میوه l* of fruit skin	a* پوست میوه a* of fruit skin	b* پوست میوه b* of fruit skin	کروما‌ی پوست میوه fruit skin chroma	l* گوشت میوه l* of fruit flesh	a* گوشت میوه a* of fruit flesh	b* گوشت میوه b* of fruit flesh	کروما‌ی گوشت میوه fruit flesh chroma	میزان ویتامین ث vitamin C content	میزان آنتوسیانین anthocyanins content	محتوای کارتنوئید carotenoids content	محتوای فنل کل total phenolics	ظرفیت آنتی اکسیدانی antioxidant capacity
بلوک Block	2	1.73 ns	1.07 ns	1.27 ns	2.67 ns	1.27 ns	1.17 ns	1.05 ns	0.44 ns	0.03 ns	0.001 ns	1.60 ns	949.80 ns	5.23 ns
رقم Cultivar	15	372.33 **	110.6 **	365.78 **	279.48 **	365.68 **	29.64 **	266.74 **	201.29 **	31.97 **	0.05 **	366.13 **	23420.34 **	2147.46 **
خطای آزمایش Error	30	1.73	0.53	1.12	1.10	0.79	0.20	0.86	0.85	0.03	0.01	0.94	364.28	8.45
ضریب تغییرات Coefficient of variation (%)		1.08	6.49	7.22	5.29	2.15	10.68	3.38	3.29	1.24	6.65	2.73	10.55	5.10

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌دای، معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد

ns, *, **, non-significant, significant at $p \leq 0.05$ and significant at $p \leq 0.01$, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی میوه برخی از ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه

Table 3- Mean comparison of fruit quality in plum and prune cultivars and genotypes

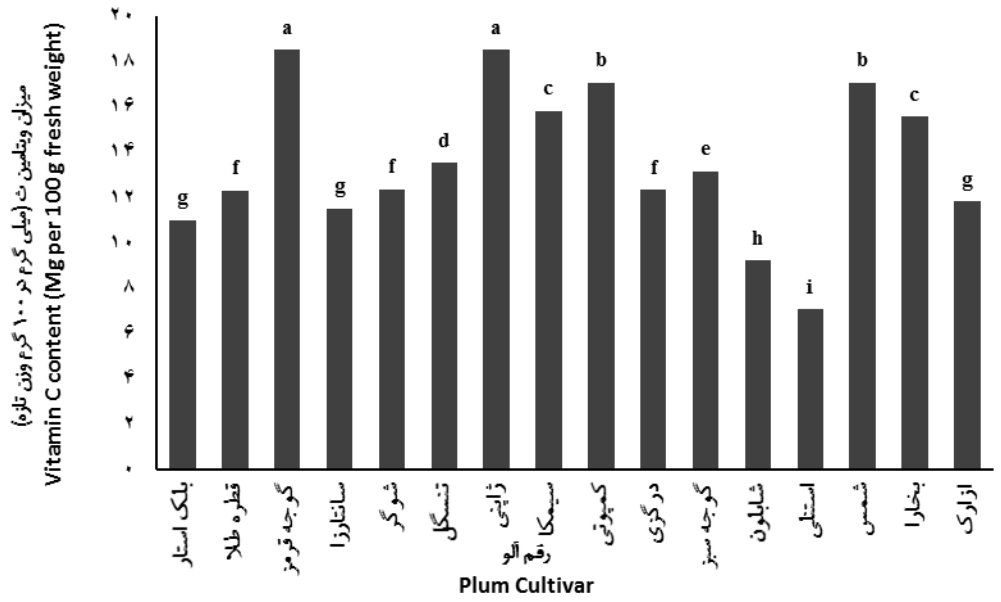
ردیف Row	رقم Cultivar	پوست میوه l* l* of fruit skin	پوست میوه a* a* of fruit skin	پوست میوه b* b* of fruit skin	کرومای پوست میوه Fruit skin chroma	گوشت میوه l* l* of fruit flesh	گوشت میوه a* a*of fruit flesh	گوشت میوه b* b* of fruit flesh	کرومای گوشت میوه Fruit flesh chroma
1	بلک استار **Black Star**	33.90 e	12.31 d	7.62 e	1.48 e	56.54 a	2.98 f	43.17 a	43.27 a
2	قطره طلا Golden Drop	44.81 b	4.44 h	26.61 b	26.98 c	37.69 h	5.71 cd	27.98 ef	28.53 ef
3	گوجه قرمز Gogeh Germez	30.33 f	16.62 b	12.49 d	20.81 d	57.39 a	12.8 a	19.32 h	23.18 g
4	سانتارزا **Santarosa**	31.17 f	6.09 fg	0.56 f	6.12 g	30.82 j	4.24 e	16.22 i	16.86 h
5	شوگر **Sugar**	20.68 h	16.00 bc	1.54 f	3.27 h	22.44 l	2.87 fg	16.10 i	16.34 h
6	تنس‌گل Tanasgo	58.31 a	4.79 g	34.84 a	30.17 a	51.57 bc	3.06 f	38.68 b	38.80 b
7	ژاپنی Japanese	34.09 e	14.38 c	16.77 c	22.39 d	26.40 k	7.98 b	13.66 j	15.84 h
8	سیمکا Simka	35.80 de	15.65 c	11.91 d	19.96 d	53.23 b	5.43 d	34.89 c	35.31 c
9	کمپوتی Compooti	60.66 a	5.99 fg	34.41 a	35.92 a	45.27 e	3.21 fg	32.76 d	32.82 d
10	درگزی Dargazi	38.33 cd	14.54 c	13.61 d	19.94 d	50.48 c	1.85 g	38.04 b	38.09 b
11	گوجه سبز Gogeh Sabz	21.34 h	2.93 h	19.21 c	21.14 d	34.42 i	3.32 ef	28.23 ef	28.43 ef
12	شابلون Shablon	26.54 g	16.33 bc	14.3 d	21.71 d	29.46 j	6.68 c	22.69 g	23.67 g
13	استنلی Stanly	39.94 c	9.05 e	2.00 f	9.28 f	34.37 i	5.80 cd	22.27 g	23.10 g
14	شمس Shams	44.03 b	6.60 f	19.21 c	20.35 d	43.25 f	0.29 h	27.50 f	27.50 f
15	بخارا Bokhara	37.67 cd	8.85 e	0.57 f	8.87 f	40.27 g	2.90 fg	28.21 ef	28.35 ef
16	ازارک Ozarak	39.51 c	24.96 a	17.57 c	30.62 b	47.53 d	0.26 h	29.83 e	29.83 e

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p\leq ۰/۰۵$ نداشتند

Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p\leq 0.05$

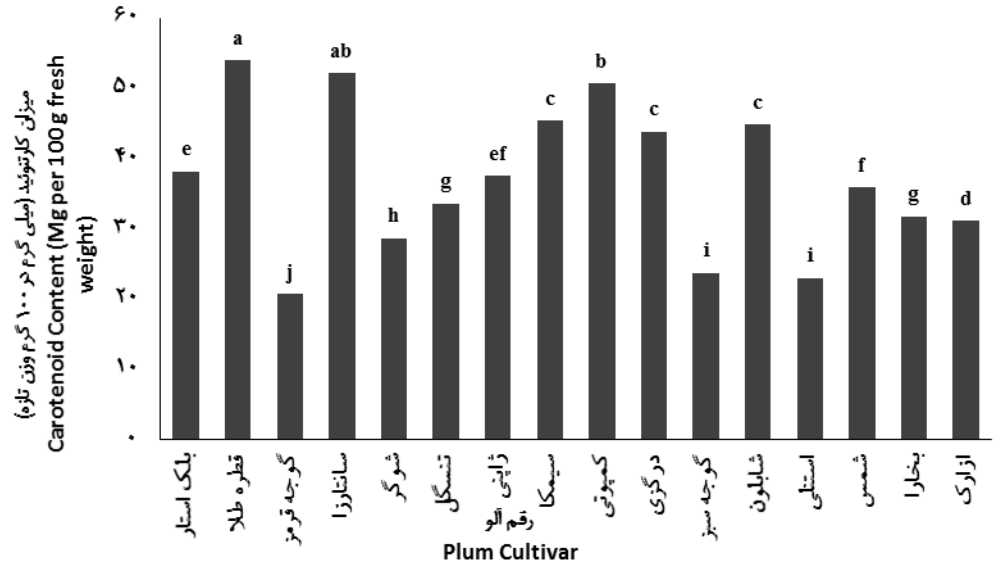
میزان شاخص آنتوسیانین

بالاترین میزان شاخص آنتوسیانین با ۰/۵۲۱ جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر مربوط به رقم "گوجه قرمز" بود. پس از رقم "گوجه قرمز" ارقام "ازارک" و "ژاپنی" آنتوسیانین بالایی در بین ارقام بررسی شده داشتند. رقم "کمپوتی" با ۰/۰۱۸ جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر پایین‌ترین میزان آنتوسیانین را دارا بود. شکل ۳ میزان آنتوسیانین ارقام بررسی شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. نتایج آزمایش‌های مختلفی تفاوت در میزان آنتوسیانین ارقام و زنوتیپ‌های مختلف آلو را نشان داده‌اند (۲ و ۱۶). تفاوت در میزان آنتوسیانین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف آلو ناشی از تأثیر منشأ ژنتیکی در میزان ترکیبات موجود در میوه می‌باشد. از طرفی منشأ جغرافیایی متفاوت در بین نمونه‌ها نیز می‌تواند سبب تفاوت در محتوای ترکیبات موجود در میوه‌ها گردد. عوامل دیگری از قبیل میزان باردهی و عملیات باغبانی نیز می‌تواند در این مسئله دخیل باشد (۱۲).



شکل ۱- مقایسه میانگین محتوای ویتامین ث ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه. میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p\leq ۰/۰۵$ نداشتند

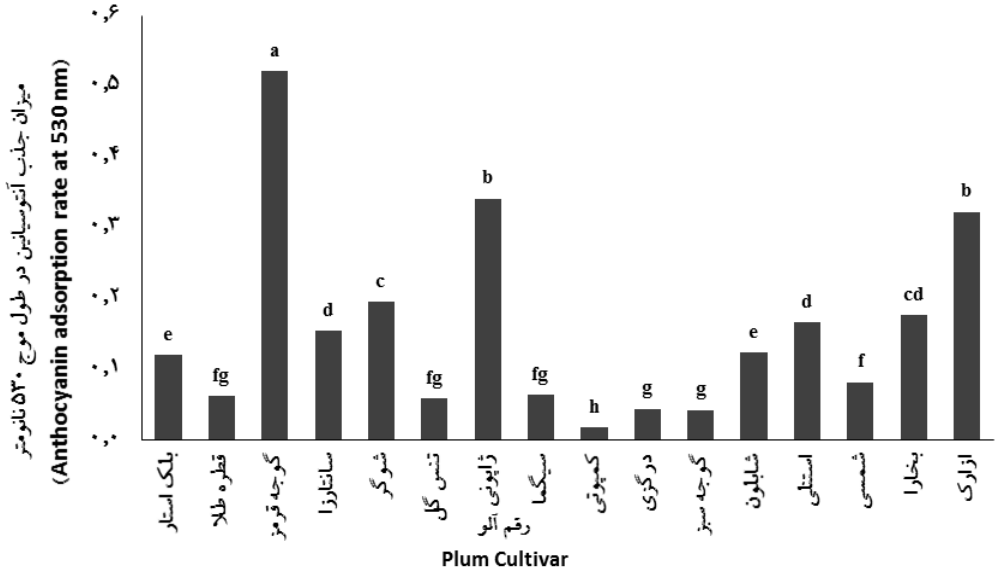
Figure 1- Mean comparison of vitamin C content in plum and prune cultivars and genotypes according to milligram per 100 grams of fresh fruit Weight. Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p\leq 0.05$



شکل ۲- مقایسه میانگین محتوای کارتنوئید ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p\leq ۰/۰۵$ نداشتند

Figure 2- Mean comparison of carotenoid content **in plum and prune cultivars and genotypes according to milligram per 100 grams of fresh fruit weight. Means with similar letters had no significant differences based onDuncan's multiple range test at $p\leq 0/05$**



شکل ۳- مقایسه میانگین میزان شاخص آنتوسیانین ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میزان جذب در طول موج ۵۳۰ نانومتر
میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p\leq 0/05$ نداشتند

Figure 3- Mean comparison of the anthocyanin index in plum and prune cultivars and genotypes according to absorption at a wavelength of 530 nm. Means with similar letters have no significant differences by using Duncan's multiple range test at $p\leq 0.05$

میزان فنل کل

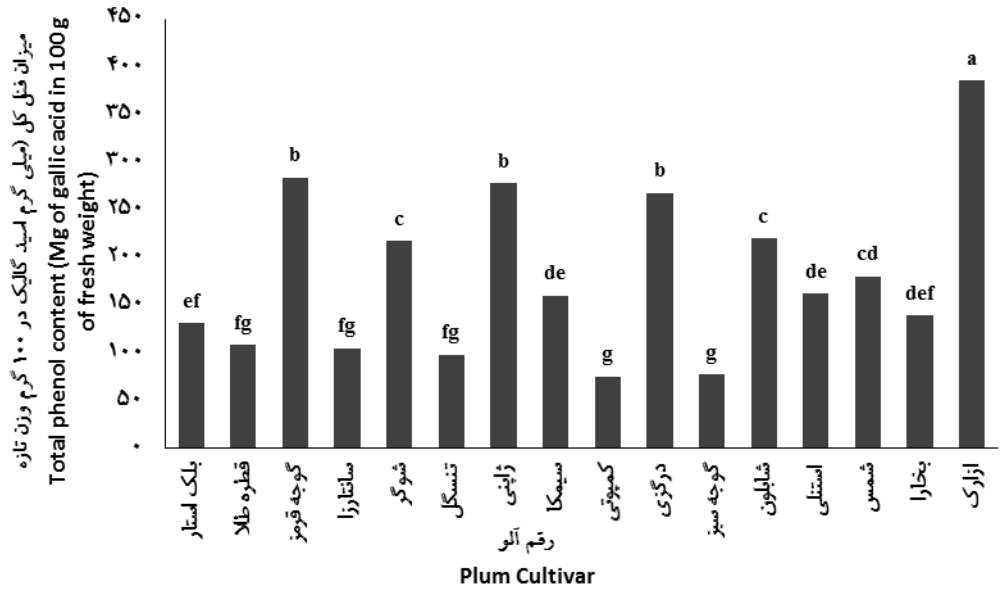
میزان فنل کل در ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده بین ۳۸۶/۷۹–۷۱/۵۱ میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه متغیر بود. رقم "ازارک" و پس از آن ارقام "ژاپنی"، "درگزی" و "گوجه قرمز" بالاترین میزان فنل کل را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند. شکل ۴ محتوای فنل کل را در ارقام بررسی شده نشان می‌دهد. مشتقات هیدروکسی سینامیک اسید نظیر کلروژنیک اسید و نئوکلروژنیک اسید به عنوان ترکیبات فنلی غالب در آلوها شناسایی شده‌اند (۱۹). ترکیبات فنلی موجود در آلوها شامل نئوکلروژنیک اسید، کلروژنیک اسید، روتین و مشتقات سیانیدین، پئونیدین و کوئرسیتین می‌باشند.

محتوای فنلی ارقام مختلف آلو بین ۱۲۵ تا ۳۷۲/۶ (میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه) را گزارش شده و بیان شده که میوه‌های با رنگ پوست آبی تیره تا بنفش دارای بالاترین میزان ترکیبات فنلی هستند (۱۲). بررسی ارقام "جون‌بلک"، "بلک استار"، "سانتارزا" و "راویوتا" میزان فنل کل را ۳۲۰ (میلی‌گرم اسید گلیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه) نشان داده است (۱۲). همچنین گزارش شده که کردند که ترکیبات فنلی پوست ارقام آلو ۴-۳ برابر بیشتر از ترکیبات فنلی موجود در گوشت میوه‌ها است به نحوی که توزیع ترکیبات فنلی در پوست و گوشت میوه‌ها به ترتیب ۷۰٪ به ۳۰٪ می باشد (۲). میزان ترکیبات فنلی در ارقام دیگر آلو نیز ۲۹۸ تا ۵۶۳ (میلی‌گرم اسید گلیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه) متغیر بوده است (۸).

میزان و توزیع ترکیبات فنلی در میوه‌ها به رقم، میزان رسیدن میوه، عملیات باغبانی، ناحیه جغرافیایی، فصل رشد و شرایط پس از برداشت بستگی دارد (۱۲).

درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی

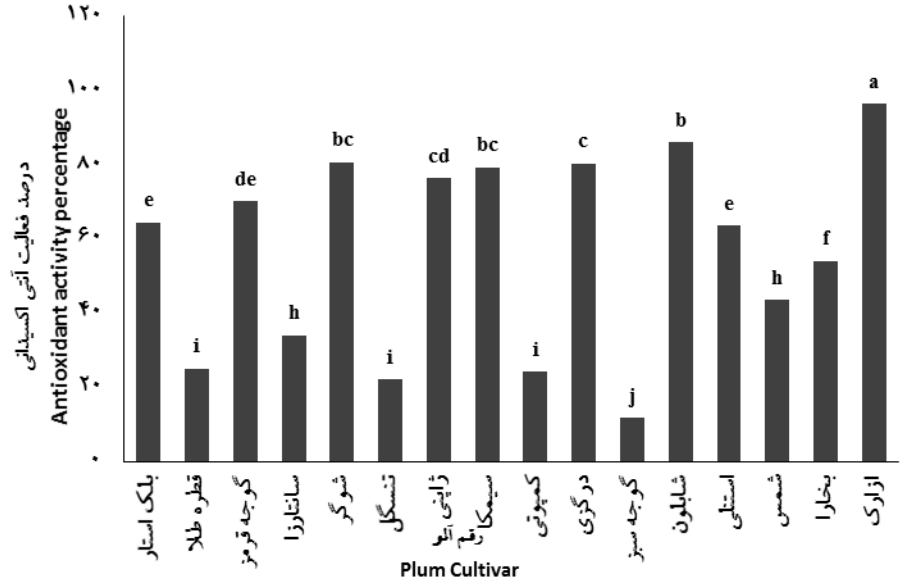
درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام بین ۹۶/۳۴–۱۱/۶۹ درصد متغیر بود (شکل ۵). بالاترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی با ۹۶/۳۴ درصد به رقم "ازارک" تعلق داشت. پایین‌ترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هم در رقم "گوجه‌سبز" (۱۱/۶۹ درصد) اندازه‌گیری شد. تفاوت معنی‌دار در میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام به تأثیر نوع رقم و عوامل محیطی برمی‌گردد. رادیکال‌های آزاد مانند آنیون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و اکسیژن منفرد، به طور عادی در اثر فعالیت‌های فیزیولوژیکی بدن تولید می‌شوند (۱۲). بسیاری از رادیکال‌های آزادی که در موجودات زنده تولید می‌شوند بسیار واکنش‌پذیر بوده و به عنوان محصول بیولوژیکی کاهش جزئی اکسیژن مولکولی شناخته شده‌اند (۲۳). آسیب‌های ایجاد شده در اثر رادیکال‌های آزاد در بدن شامل سیالیت غشا، واسرشته شده پروتئین‌ها، پراکسیداسیون چربی‌ها، اکسیداسیون DNA و تغییر در عملکرد پلاکت‌ها می‌باشد (۱۲). مقادیر معنی‌داری از مواد آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها و سبزیجات وجود دارند که می‌توانند از اکسید شدن مولکول‌های بدن در اثر رادیکال‌های آزاد جلوگیری نمایند (۱۲).



شکل ٤- مقایسه میانگین محتوای فنل کل ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن میوه

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p\leq ۰/۰۵$ نداشتند

Figure 4- Mean comparison of total phenol content in plum and prune cultivars and genotypes according to milligram gallic acid per 100 grams of fruit weight. Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p\leq 0.05$



شکل ٥- مقایسه میانگین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام و ژنوتیپ‌های آلو و گوجه

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری با استفاده از مقایسه میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در $p\leq ۰/۰۵$ نداشتند

Figure 5- Mean comparison of antioxidant activity percentage in plum and prune cultivars and genotypes. Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p\leq 0.05$

در بحث تغذیه، آلوها به عنوان منابع غنی از انرژی، منابع با قدرت محافظت کنندگی بالا و ارزش غذایی و درمانی بالا مطرح هستند

(۲۱). آلوها همچین منابع غنی از ترکیبات بیوشیمیایی نظیر فلاونوئیدها، فنل‌ها، آنتوسیانین‌ها و سایر ترکیبات بیوشیمیایی هستند که سبب ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالای این میوه می‌شود (۳). ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آلوها از میوه‌هایی مانند پرتقال، سیب و توت فرنگی بالاتر می‌باشد (۲۲). میوه‌های آلو ۳۶٪ ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری از ارقام بلوبری نشان داده‌اند (۲). محتوای ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام آلو بیشتر از ارقام بررسی شده هلو و شلیل گزارش شده است (۸). به همین دلیل هنگام ارزیابی ارقام تعیین ویژگی‌های کیفی و ارزش غذایی میوه‌های آلو بر اساس آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی اهمیت و توجه بالایی دارد (۲۱).

ضرایب همبستگی ساده صفات

ضرایب همبستگی بین صفات در جدول ۴ ارائه شده‌اند. نتایج به دست آمده نشان داد بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و شاخص رنگ a^* پوست میوه همبستگی بالایی (r=۰/۹۳) وجود دارد. همبستگی بالایی (r=۰/۸۳) بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و محتوای فنل میوه‌ها مشاهده شد. بین میزان شاخص رنگ a^* پوست میوه و محتوای فنلی نیز همبستگی بالایی (r=۰/۸۹) مشاهده شد. همچنین بین میزان آنتوسیانین و محتوای فنلی و بین میزان آنتوسیانین و میزان شاخص رنگ a^* پوست میوه نیز به ترتیب با (r=۰/۶۸) و (r=۰/۵۹) همبستگی وجود داشت. عمده ترکیبات فنلی میوه‌های آلو در پوست میوه تجمع دارند و همبستگی مثبتی بین شدت رنگ پوست میوه و محتوای ترکیبات فنلی کل در آلوها وجود دارد (۱۹). محتوای فنل کل، کارتنوئید و آسکوربیک اسید پوست میوه‌های شلیل هم در ارقام با گوشت سفید و هم در ارقام با گوشت زرد بالاتر از گوشت میوه می باشد (۸). همچنین گزارش شده که ارقام آلوی با محتوای آنتوسیانینی بالا ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشتند (۲). میزان ترکیبات پلی-فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام آلوی با رنگ پوست و گوشت قرمز بالاتر از ارقام با پوست و گوشت زرد گزارش شده است (۲۰).

جدول ٤- ضرایب همبستگی ساده صفات ١٦ رقم و ژنوتیپ آلو و گوجه.

Table 4- Simple correlation coefficient of 16 plum and prune cultivars.

	پوست میوه a* a* of fruit skin	پوست میوه b* b* of fruit skin	گوشت میوه a* a* of fruit flesh	گوشت میوه b* b* of fruit flesh	ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین Anthocyanins	کارتنوئید Carotenoids	فنل کل Total phenolics	ظرفیت آنتی اکسیدانی Antioxidant capacity
a* پوست میوه a* of fruit skin	1								
b* پوست میوه b* of fruit skin	-0.29	1							
a* گوشت میوه a* of fruit flesh	0.14	-0.13	1						
b* گوشت میوه b* of fruit flesh	-0.12	0.39	-0.47	1					
ویتامین ث Vitamin C	-0.02	-0.32	0.20	-0.07	1				
آنتوسیانین Anthocyanins	0.59*	-0.31	0.59*	0.55**	0.28	1			
کارتنوئید Carotenoids	0.45	-0.51	-0.25	-0.21	-0.21	-0.03	1		
فنل کل Total phenolics	0.89**	-0.19	0.15	-0.26	0.07	0.68**	0.30	1	
ظرفیت آنتی اکسیدانی Antioxidant capacity	0.94**	0.46	0.15	-0.15	-0.12	0.49	0.54*	0.83**	1

نتایج به دست آمده در بررسی پیش‌رو نیز نشان داد که عمده ترکیبات فنلی میوه آلو در پوست میوه تجمع دارد. از این رو رقم "ازارک" با دارا بودن بالاترین میزان شاخص رنگ a^* پوست میوه بیشترین میزان فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در بین ارقام بررسی شده دارا بود ولی رقم گوجه قرمز با داشتن بالاترین میزان شاخص رنگ a^* گوشت میوه و محتوای آنتوسیانین بالاتر نسبت به رقم ازارک، محتوای فنل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پایین‌تری را در مقایسه با رقم ازارک داشت.

ترکیبات فنلی تنها ترکیبات بیوشیمیایی هستند که با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها همبستگی دارند و هیچ همبستگی با میزان ویتامین ث و کارتنوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها وجود ندارد (۸). وجود این همبستگی از نقطه نظر گزینش ارقام با محتوای آنتوسیانین و فنلی بالا به منظور داشتن ارقام با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر در برنامه‌های اصلاحی حائز اهمیت است.

نتیجه‌گیری کلی

رقم "ازارک" از لحاظ درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان فنل کل جزء ارقام برتر بود. بالاترین میزان آنتوسیانین مربوط به رقم "گوجه قرمز" بود. ارقام "قطره طلا"، "سانتارزا" و "کمپوتی" بالاترین میزان کارتنوئید کل و ارقام "گوجه قرمز" و "ژاپنی" بالاترین میزان ویتامین ث را در بین ارقام بررسی شده دارا بودند. با مشخص شدن ارقام و ژنوتیپ‌های برتر از لحاظ ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در میوه این ارقام می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی به منظور ارتقای کیفیت تغذیه‌ای میوه‌ها مورد استفاده قرار بگیرند.

منابع

1- Arion C.M., Tabart J., Kevers C., Niculaua M., Filimon R., Beceanu D., and Dommes J. 2014. Antioxidant potential of different plum cultivars during storage. Food Chemistry, 146:485–491.

2- Cevallos– Casals B.A., Byrne D., Okie W.R., and Zevallos L.C. 2006. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. Food Chemistry, 96:273–280.

3- Chun O.K., Kim D.O., Moon H.Y., Kang H.G., and Lee C.Y. 2003. Contribution of individual polyphenolics to total antioxidant capacity of plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 7240-7245.

4- Drake S. R., Proebsting E. L., and Spayd S. E. 1982. Maturity index for the colour grade of canned dark sweet cherries. Journal of the American Society of Horticultural Science, 107-180.

5- Drogoudi P.D., Vemmos S., Pantelidis G., Petri E., Tzoutzoukou C., and Karayiannis I. 2008. Physical characters and antioxidant, sugar, and mineral nutrient contents in fruit from 29 apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars and hybrids. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56:10754–10760.

6- FAO Yearbook. 2013. FAO Statisitcal Yearbook, online access: http//apps. Fao. Org.

7- Forough S., Noori Amlashi S., Rabiei V., and Bakhshi D. 2014. Evaluation of some qualitative characteristics of wild plum genotypes in northern Iran. Biological Forum – An International Journal 6(1): 92-99.

8- Gil M. I., Barbran F. A. T., Pierce B. H., and Kader A. A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4976-4982.

9- Goncalves B., Silva A. P., Moutinho-Pereira J., Bacelar E., Rosa E., and Meyer A. S. 2007. Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (*Prunus avium* L.). Food Chemistry, 10:976–984.

10- Hartmann W., and Neumuller M. 2009. Plum breeding. In: Jain, S.M., and Priyadarshan P.M: Breeding plantation tree crops: Temperate species, 161-232.

11- Kayano S., Kikuzaki H., Fukutsaka N., Mitani T., and Nakatani N. 2002. Antioxidant activity of prune (*Prunus domestica* L.) constituents and a new synergist. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:3708-3712.

12- Kim D.O., Chun O.K., Kim Y.J., Moon H.Y., and Lee C.Y. 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51:6509–15.

13- Lancaster J. E., Lister C. E., Reay P. F., and Trigs C. M. 1997. Influence of pigment composition on skin colour in a wide range of fruit and vegetables. Journal of Horticultural Science, 122:594–598.

14- Manganaris G.A., Vicente A.R., and Crisosto C.H. 2008. Effect of preharvest and post-harvest conditions and treatments on plum fruit quality. Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources, 3:0-10.

15- Okie W.R., and Hancock J.F. 2008. Plums, In: Hancock, J.F. Temperate fruit crop breeding germplasm to genomics. Michigan state university, 337-357.

16- Ozturk B., Kucuker E., Karaman E., and Ozkan K. 2012. The effects of cold storage and aminoethoxyvinylglycine (AVG) on bioactive compounds of plum fruit (*Prunus salicina* Lindell cv. 'Black Amber'). Postharvest Biology and

Technology, 72:35–41.
17- Rupasinghe H. P. V., Jayasankar S., and Lay W. 2006. Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. Scientia Horticulturae, 108, 243–246.
18- Serrano M., Guillen F., Martinez-Romero D., Castillo S., and Valero D. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53:2741–2745.
19- Tomas-Barberan F.A., Gil M.I., Cremin P., Waterhouse A.L., Hess-Pierce B., and Kader A.A. 2001. HPLC-DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines, peaches, and plums. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 49:4748-4760.
20- Venter A., Joubert E., and Beer D.D. 2014. Nutraceutical Value of Yellow- and Red-Fleshed South African Plums (*Prunus salicina* Lindl.): Evaluation of total Antioxidant Capacity and Phenolic Composition Molecules, 19: 3084-3109.
21- Voca S., Galic A., Sindrak Z., Dobricevic N., Pliestic S., and Druzic J. 2009. Chemical composition and antioxidant capacity of three plum cultivars. Agriculturae Conspectus Scientificus, 74: 273-276.
22- Vangdal E., and S limestad R. 2005. Methods to determine antioxidative capacity in fruit. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 14:123-131.
23- Wang H., Cao G., and Prior R. L. 1996. Total antioxidant capacity of fruits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 44:701–705.
24- Williams G.M., and Jeffrey A.M. 2000. Oxidative DNA damage: endogenous and chemically induced. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 32:283–292.

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 4, Winter 2018, P. 789-802
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۶، ص. ۸۰۲-۷۸۹
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

The Evaluation of Phytochemical Compounds of Fruits in some Plum and Prune Cultivars and Genotypes

Z. Falati[*1]- M. R. Fatahi Moghadam[2]-A. Ebadi[3]

Received: 29-01-2017
Accepted: 25-10-2017

Introduction: Plums (*Prunus* spp.) as one of the most popular stone fruits, have low calories and high nutritional value. Over the past decades global production of European and Japanese plums reached from 6,110,870 tons in 1990 to 11,528,337 tons in 2013. In the same period plum production in Iran reached from 118,936 tons to 305,262 tons. Great variety of plum fruits caused differences in chemical composition as well. Plum fruits are rich in bioactive compounds or biochemicals such as vitamins (A, C and E), anthocyanins and other phenolic compounds which have high antioxidant activity.

Materials and Methods: This research was done in a randomized complete block design with three replications in Horticultural Research Station at College of Agriculture and Natural Resources of Tehran University in 2013-2015. Fruit quality characteristics such as vitamin C content, color traits of the fruit skin and flesh, the content of carotenoids, anthocyanins, total phenolics and antioxidant capacity of 16 plum and prune cultivars and genotypes were evaluated.

Results and Discussion: Analysis of variance showed significant differences in terms of all measured factors. The highest L^* index (brightness) of fruit skin was observed in 'Tanasgol" and "Compooti" and then in "Golden Drop" and "Shams" cultivars and the lowest level of that was measured in "Sugar" and "Gogeh Sabz" cultivars. "Black Star" and "Gogeh Germez" Showed the highest brightness of fruit flesh among examined cultivars and the lowest brightness of fruit flesh was investigated in "Sugar". A^* color index of skin and flesh of fruit also showed significant differences among investigated cultivars and the highest level of that in "Ozarak" cultivar was observed. "Gogeh Sabz" and "Golden Drop" also had the lowest level of this index. "Gogeh Germez" had the highest of a^*color index of fruit flesh and "Japanese" cultivar was in second place. The lowest level of this index was measured in "Ozarak" and "Shams" cultivars. "Tanasgol" and "Compooti" had the highest fruit skin b^*color index among cultivars and "Santarsa", "Sugar," "Stanley" and "Bukhara" showed the lowest of that. "Black Star" and after that "Tanasgol" and "Dargazi" had the highest b^*color index of fruit flesh. "Japanese" had also the lowest b^* color index of fruit flesh. The intensity or color purity varied among cultivars and the highest of that was observed in "Tanasgol" and "Compooti" and then in "Ozarak". "Black Star" had the highest chroma of fruit skin and the highest fruit flesh color intensity. The lowest of this index in the fruit flesh was observed in "Santarosa", "Sugar" and "Japanese" cultivars. Vitamin C (ascorbic acid) content varied in investigate cultivars. "Gogeh Germez" and "Japanese" had the highest vitamin C content and "Stanley" was showed the lowest amount of vitamin C. "Golden Drop ","Santarosa" and "Compooti" showed the highest total carotenoid among examined cultivars and "Gogeh Germez" had the lowest total carotenoid. "Gogeh Germez" and "Compooti" had the highest and lowest amount of anthocyanin index respectively. The highest total phenol and antioxidant activity was measured in "Ozarak". The lowest total antioxidant capacity was in"Gogeh Sabz". The results showed that There was high correlation (r= 0.93) between antioxidant capacity and a^* fruit skin color index. High correlation (r= 0.83) between phenol content and antioxidant capacity of fruits was also observed. Between a^* color index of fruit skin and phenolic content was observed high correlation (r= 0.89). As well as between anthocyanin and phenolic content and between anthocyanin and a^* fruit skin color index, respectively (r= 0.86) and (r= 0.59) high correlation was detected.

Conclusions: "Ozarak" in terms of antioxidant activity and total phenol component was superior. The highest amount of anthocyanin related to the "Gogeh Germez". "Golden Drop"," Santarosa" and "Compooti " had the highest total carotenoid and "Gogeh Germez" and "Japanese" had the highest vitamin C content among investigated cultivars. By identification of superior cultivars In terms of phytochemical compounds, these cultivars can be used in breeding programs to improve these nutritional quality of fruits. The results showed that

1, 2 and 3- MA Degree Graduated in Physiology and Breeding of Fruit Trees and Professors, Deportment of Horticultural Science and Landscape, College of Agriculture and Natural Resources of University of Tehran, Respectively
(*- Corresponding Author Email: zahra.falati@alumni.ut.ac.ir)

the major phenolic compounds were gathered on the skin of plum fruits. Hence the "Ozarak" cultivar having the highest a*color index of fruit skin had the highest total phenol and antioxidant capacity among the investigated cultivars but "Gogeh Germez" by having the highest a*color index of fruit flesh and anthocyanins content higher than "Ozarak" cultivar, had low phenolic content and antioxidant capacity compared to the "Ozarak".

Keywords: Antioxidant capacity, Anthocyanins, Carotenoids, Total phenolics, Vitamin C