

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیائی و آنتی اکسیدانی برخی ارقام سیب در منطقه زنجان

ولی ربیعی^{۱*}، رسول حیدرنژاد گیگلو^۲، فرهنگ رضوی^۳

۱- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- دانشجوی دکتری علوم باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۹)

چکیده

سیب‌ها یک منبع مهم پلی فنول در رژیم غذایی انسان بوده و مصرف این میوه با پیشگیری از بیماری‌های حادث‌شونده ارتباط دارد. این تحقیق در سال ۱۳۹۶ با اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیائی و آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت برخی ارقام سیب کشت شده در منطقه زنجان به‌عنوان راهکاری مناسب برای ارزش‌گذاری به آن‌ها انجام شد. میزان فنول کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین، کلروفیل، کارتنوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پکتین، مواد جامد محلول، اسید کل و شاخص طعم در پوست و گوشت نه رقم سیب (*Malus domestica*) از جمله "ناپ رد"، "گرانی اسمیت"، "دلبار استیوال"، "گلدن پرایمرز"، "آیدارد"، "رد دلشیز"، "رد استارکینگ"، "جنا گلد" و "گلدن دلشیز" ارزیابی و خوشه‌بندی شدند. مطابق با تجزیه خوشه‌ای بر اساس تجمع مواد فنولی در پوست میوه، رقم گرانی اسمیت و رد دلشیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و دارای حداقل اختلاف معنی‌دار با سیب رقم ناپ رد بود. نتایج حاصل نشان داد که مقدار ترکیب‌های فنولی در پوست میوه در مقایسه با گوشت بیشتر بوده و همچنین مقدار این ترکیبات در ارقام مختلف میوه متفاوت بود. به‌طوری‌که بیشترین میزان فنول کل، کلروفیل، کارتنوئید، فلاونوئید و آنتوسیانین در پوست میوه مشاهده شد. به‌عنوان یک نتیجه نهائی بیشترین مقدار فنول پوست (۶/۴ میلی‌گرم بر گرم)، فنول (۲/۳۱ درصد)، کلروفیل پوست (۸۰/۸۲ میلی‌گرم بر گرم) و خاصیت آنتی‌اکسیدانی (۸۳/۷۳ درصد) در رقم گرانی اسمیت در مقایسه با بقیه ارقام مشاهده شد.

کلید واژگان: ارقام سیب، اسید کل، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، خوشه‌بندی، خواص فیزیکوشیمیایی.

* مسئول مکاتبات: Rabiei@znu.ac.ir

۱- مقدمه

سیب یکی از مهم‌ترین محصولات باغبانی کشور بوده و نقش مهمی در اشتغال و اقتصاد مناطق وسیعی از کشور ایفا می‌کند. سیب میوه‌ای پرمصرف است که هم به دلیل خواص غذایی و هم به دلیل قابلیت انبارمانی طولانی، طی ماه‌های زیادی از سال در دسترس مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد [۱]. مصرف سیب با پیشگیری از سرطان و بیماری‌های قلبی عروقی همراه است [۲ و ۳]. تحقیقات انجام‌شده نیز نشان داده که کیفیت گوشت میوه سیب تحت تأثیر رقم [۴ و ۵] و طول دوره انبارمانی قرار می‌گیرد [۶]. البته برداشت زودتر از مرحله بلوغ فیزیولوژیک، میوه‌ها به دلیل بهره‌مندی از سطح رطوبت درون بافتی کمتر، غالباً از کیفیت حسی مطلوبی برخوردار نیستند [۷ و ۸]. میوه سیب منبع غنی از ترکیبات فنولی است. ترکیبات فنولی از مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه در گیاهان هستند که بیوسنتز آن‌ها در پوست میوه سیب و سایر بافت‌های گیاهی از طریق دو مسیر شیکمیک اسید و استات موانات تحت تأثیر مرحله نمو گیاه و فاکتورهای بیرونی انجام می‌گیرد [۹ و ۱۰].

ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی اغلب در پوست میوه سیب تجمع یافته و عمده‌ترین آن‌ها اسیدهای فنولی، فلاونول‌ها و آنتوسیانین‌ها هستند [۱۱]. آنتوسیانین‌ها به‌عنوان گروه بسیار مهمی از فلاونوئیدها عامل ایجاد رنگ قرمز در میوه سیب هستند. در رشد و نمو میوه بسته به نوع رقم تغییراتی در طعم میوه اتفاق می‌افتد. که این طعم و مزه؛ به دلیل ساختن، انتقال و حتی در اثر تجزیه برخی مواد صورت می‌گیرد. در میوه‌های فراز گرا اتیلن نقش مهمی در این وقایع دارد. میزان مواد جامد محلول و اسید قابل تیتراسیون نقش مهمی در ایجاد طعم و مزه دارد [۱۲ و ۱۳]. یکی از دلایل کاهش اسید قابل تیتراسیون در میوه‌های سیب شرکت اسیدهای آلی مانند اسید مالیک به‌عنوان سوپسترا در پدیده‌ی تنفس سلولی است. عوامل مختلفی ازجمله نوع رقم سیب، فعالیت و غلظت ترکیبات فیتوشیمیایی و فنولی با توجه به شرایط محیطی، رقم، مرحله بلوغ و بخش‌های مختلف گیاه متفاوت است [۱۴ و ۱۵]. از بین فاکتورهای محیطی، نور مهم‌ترین عامل در رنگ‌گیری سیب‌ها می‌باشد، بااین‌حال میزان

تحریک‌کنندگی به‌شدت نور، رقم سیب، و مرحله نمو بستگی دارد و این امر به خاطر افزایش فعالیت فنیل آلانین آمونیلایز (PAL) در برابر نور است. میوه‌های درون تاج درخت رنگ‌گیری کمتری دارند. اگر میوه بیش از ۷۰ درصد کل نور را دریافت نماید بهترین رنگ‌گیری را خواهد داشت و اگر کمتر از ۴۰ درصد نورتابشی را دریافت کند، رنگ خوبی نخواهد داشت. نور آبی و فرابنفش، به‌ویژه فرابنفش، در توسعه رنگ بسیار مؤثرند [۱۶ و ۱۷].

محققین طی مطالعه دو رقم آل استار و جنا گلد متوجه شدند که پوست میوه‌هایی که در معرض نور خورشید قرار دارند، دارای سیانیدین ۳-گالاکتوزید (آنتوسیانین) و کوئرستین ۳-گالاکتوزید بیشتری نسبت به قسمتی که در سایه هستند، می‌باشند، درحالی‌که فلوریدزین، کاتچین و کلروژنیک اسید در پوست هر دو طرف مشابه است [۱۱ و ۱۸]. میوه‌های موجود در قسمت‌های بالایی درخت و بخش‌های بیرونی تاج دارای فلاونوئید بیشتری هستند. تفاوت‌های بارزی بین ارقام مختلف سیب در میزان کل مواد فنولی و فلاونوئیدی وجود دارد بنابراین فعالیت آنتی‌اکسیدانی سیب‌ها بین ارقام مختلف بسته به منطقه کشت‌شده متفاوت است و ارقام دارای مواد فنولی بیشتر، فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری هم دارند [۱۸ و ۱۹]. با توجه به اینکه مطالعات اخیر نشان داده است که در ارقام مختلف سیب میزان ترکیبات فنولی در مقایسه با هم متفاوت بوده، لذا پژوهش حاضر باهدف مطالعه ارقام سیب کشت‌شده در منطقه زنجان و مقایسه خصوصیات فیزیکوشیمیایی، ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی به‌عنوان راهکار مناسب برای ارزش‌گذاری ارقام موجود در منطقه زنجان به بررسی این موضوع پرداخته است.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی ۹ رقم سیب از جمله تاپ رد، گرانی اسمیت، دلبار استیوال، گلدن پرایمرز، ایدارد، رد دلشیز، رد استارکینگ، جنا گلد و گلدن دلشیز انجام شد. این ارقام تجاری سیب در باغ پرهام واقع در شهر قیدار استان زنجان پرورش داده شده‌اند. تمام ارقام روی پایه‌مالینگ مرتون ۱۱۶ پیوند شده‌فرم تربیت آن‌ها به‌صورت مرکز باز و سن ارقام در زمان انجام تحقیق

(سود نرمال) اضافه می‌شود و به مدت ۱ شب نگه داشته شده، سپس ۵۰ میلی‌لیتر محلول استیک اسید نرمال و ۲۵ میلی‌لیتر محلول کلرید کلسیم ۱ نرمال اضافه می‌شود، پس از یک ساعت نگهداری یک دقیقه جوشانده و با کاغذ صافی صاف‌کرده و سپس چند قطره محلول نیترات نقره اضافه می‌شود و با ظرف پتری در آون قرار داده و در پایان توزین می‌گردد [۲۰].

۳-۲ - فنول کل، فلاونوئید کل و خاصیت آنتی-

اکسیدانی

میزان فنول کل (TPC) با استفاده از معرف فولین سیوکالتو^۲ اندازه‌گیری گردید [۲۱]. برای این منظور ۰/۱ میلی‌لیتر از نمونه-های رقیق‌شده همراه ۲ میلی‌لیتر (۲ W/V) در لوله‌آزمایش ریخته شد و به مدت دو دقیقه در دمای اتاق نگه‌داشته شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از واکنش‌گر فولین سیوکالتو (۵۰ درصد) به آن اضافه شد. مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شد و سپس میزان جذب آن در طول موج ۷۲۰ نانومتر خوانده شد. برای به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از اسید گالیک به‌عنوان استاندارد استفاده شد [۲۱]. برای اندازه‌گیری فلاونوئید کل، بر روی ۰/۲۵ میلی‌لیتر از نمونه‌ها با رقت مناسب، ۷۵ میکرو لیتر NaNO_2 (۵ W/V) و ۰/۱۵ میلی‌لیتر AlCl_3 (۱۰ W/V) و ۰/۵ میلی‌لیتر NaOH یک مولار اضافه شد و با افزودن آب مقطر حجم نهایی به ۲/۵ میلی‌لیتر رسید. جذب محلول پس از ۵ دقیقه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Specorp 250) در طول موج ۵۰۷ نانومتر خوانده شد. جهت به دست آوردن منحنی کالیبراسیون از کوئرستین به‌عنوان استاندارد استفاده شد و منحنی بر اساس میزان جذب در غلظت-های مشخص رسم گردید [۲۲]. برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی-اکسیدانی از روش DPPH استفاده شد ابتدا محلول ۰/۱ میلی مولار از DPPH در متانول مطلق تهیه شد. سپس حجم مشخصی از عصاره (۵۰ میکرو لیتر) به محلول DPPH (۱۹۵۰ میکرو لیتر) اضافه شد به‌طوری‌که حجم نهایی دو میلی‌لیتر شد. جذب آن بعد از ۱۰ دقیقه در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. برای مقایسه جذب نمونه‌ها از محلول DPPH حاوی عصاره گیاهی به‌مرور زمان کم شده و مقدار جذب آن در مقایسه با محلول

۱۰ سال بود. در این مطالعه صفاتی از جمله: مواد جامد محلول، اسید قابل تیتراسیون، شاخص طعم، میزان پکتین، میزان فنول کل، فلاونوئید کل، کلروفیل، کارتنوئید و آنتوسیانین موجود در پوست و گوشت میوه ارقام مورد ارزیابی قرار گرفت.

۱-۲ - اسید کل، مواد جامد محلول و نسبت قند

به اسید

برای اندازه‌گیری اسید کل از روش عیارسنجی با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد و اسید قابل عیارسنجی برحسب گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید مالیک بیان شد. برای این منظور ۱۰ میلی‌لیتر آب‌میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و سپس عیارسنجی شد و با استفاده از رابطه زیر، میزان اسید کل به دست آمد.

$$A = \text{SNEF/C} \times 100 \quad (1)$$

A: مقدار اسیدهای آلی موجود در عصاره میوه (g/100ml); S: مقدار NaOH مصرف شده (ml), N: نرمالیه NaOH ; F: فاکتور یا ضریب نرمال که برای NaOH برابر با ۱ است، C: مقدار عصاره میوه (ml), E: اکی والان اسید موردنظر (اسید مالیک). برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول از دستگاه رفاکتومتر دستی (مدل K-۰۰۳۲-ساخت ژاپن) استفاده شد و درصد مواد جامد محلول برحسب درجه بریکس به دست آمد. برای این منظور چند قطره از آب‌میوه روی رفاکتومتر دستی ریخته شد و عدد مربوطه از روی ستون مدرج قرائت گردید. البته قبل از اقدام به اندازه‌گیری رفاکتومتر کالیبره شد. شاخص طعم میوه‌های از طریق نسبت مواد جامد کل محلول به اسید قابل عیارسنجی، مورد محاسبه قرار گرفت. این رابطه به‌صورت رابطه زیر بیان می‌گردد:

$$I = S/A \quad (2)$$

A مواد جامد محلول کل (درجه بریکس) و S، در این معادله اسید قابل عیارسنجی (گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید تارتاریک) است.

۲-۲ - پکتین

روش استخراج پکتین در این آزمایش به این گونه بود که ۲۵ گرم از نمونه (پوست + گوشت) را با ۴۰۰ میلی‌لیتر آب به مدت ۱ ساعت جوشانده و پس از صاف کردن با کاغذ واتمن شماره ۴ به آن ۳۰۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه و ۱۰ میلی‌لیتر NaOH

DPPH کاهش می‌یابد. هر قدر قدرت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها بیشتر باشد کاهش رنگ نیز بیشتر خواهد بود. فعالیت جمع‌آوری رادیکال بر اساس درصد رادیکال جمع‌آوری شده DPPH³ با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید [۲۳].

$$\text{RSA}\% = 100 (\text{Ac-As})/\text{Ac} \quad \text{رابطه (۳):}$$

As: جذب نمونه حاوی عصاره Ac: جذب کنترل.

۲-۴- اندازه گیری رنگی‌های پوست و گوشت

میوه

اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید به روش آرنسون (۱۹۶۷) انجام شد. برای اندازه‌گیری مقدار آنتوسیانین ۰/۱ گرم از بافت گیاهی را کاملاً خرد کرده و آن را در هاون ریخته و با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول متانول اسیدی (یک میلی‌لیتر اسید کلریدریک محلول در ۹۹ میلی‌لیتر متانول) کاملاً ساییده شد و سپس عصاره حاصل را به مدت ۲۴ ساعت در محل تاریک با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس عصاره به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ نموده و پس از انتقال محلول رویی به لوله آزمایش جدید جذب محلول را به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ نانومتر قرائت می‌شود. محاسبه میزان آنتوسیانین از طریق رابطه زیر انجام می‌شود [۲۴].

$$A = \epsilon bc \quad \text{رابطه (۴):}$$

ϵ : ضریب خاموشی معادل ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر. B: عرض کوت برابر یک سانتی‌متر. C: مقدار آنتوسیانین بر حسب مول بر گرم. A: مقدار جذب.

۲-۵- تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (Institute Inc., Cary, NC, USA) SAS (V9.1) تجزیه و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

۳- نتایج و بحث

در بررسی‌های مقایسه‌ای انجام شده صفاتی از جمله "اسید کل، مواد جامد محلول، شاخص طعم، پکتین، خاصیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل (پوست و گوشت) فلاونوئید کل (پوست و گوشت)

آنتوسیانین کل (پوست و گوشت) کارتنوئید و کلروفیل (پوست و گوشت) بین ۹ رقم مهم تجاری سیب (تاپ رد، گرانی اسمیت، دلبار استیوال، گلدن پرایمرز، ایدارد، رد دلشیز، رد استارکینگ، جانا گلد و گلدن دلشیز مشخص شد که نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر، نشان‌دهنده وجود تفاوت بین ارقام مختلف در مقدار صفات مذکور و همچنین مقدار هریک از این ترکیبات به صورت جداگانه می‌باشد. که این یافته‌ها با نتایج تحقیقات دیگر مطابقت دارد [۲۱ و ۲۵]. وجود این اختلاف می‌تواند بیانگر نقش رقم و ژنتیک در خواص فیتوشیمیایی، سنتز و میزان ترکیبات فنولی و همچنین خصوصیات آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های سیب باشد. با توجه به این‌که از ارقام بارنگ پوست زرد، قرمز و سبز استفاده شده است. در ارقام سیب قرمز، رنگ قرمز پوست میوه به دلیل وجود آنتوسیانین است و در ارقام سیب با پوست زرد، رنگ زرد به دلیل وجود کارتنوئید است [۲۶ و ۲۷].

۳-۱- اسید کل، مواد جامد محلول و شاخص طعم

در تحقیق حاضر (مطابق با جدول ۱) سیب رقم گرانی اسمیت بیشترین میزان اسید کل (۰/۷۹ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) را دارا بود همچنین بیشترین میزان مواد جامد محلول در سیب رقم جانا گلد (۱۵/۲۳ درصد بریکس) مشاهده شده که با میزان مواد جامد محلول در سیب رقم گلدن دلشیز تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین بیشترین میزان شاخص طعم (نسبت مواد جامد محلول به اسید کل) در سیب رقم رد دلشیز (۴۵/۴۲۵) مشاهده شد. در تجزیه خوشه‌ای بر اساس میزان مواد جامد محلول (شکل ۱-A) ارقام مختلف سیب بر پایه فاصله نزدیکترین همسایه در سه گروه مجزا و ۴ زیرگروه قرار گرفته‌اند. که ارقام دلبار استیوال و رد استارکینگ اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر نداشته ولی با سایر ارقام دارای بیشترین تفاوت معنی‌دار را دارا هستند و در گروه جداگانه‌ای را قرار گرفته‌اند. همچنین ارقام جانا گلد و گلدن دلشیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و در یک گروه قرار دارند. همچنین در تجزیه خوشه‌ای ارقام سیب مورد مطالعه بر اساس میزان اسید کل در (شکل ۱-B) آورده شده است. ارقام بر پایه نزدیکترین همسایه در ۲ گروه و ۴ زیرگروه قرار گرفته است، ارقام گرانی اسمیت و ایدارد از نظر میزان اسید کل تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته ولی با رقم جانا گلد دارای کمترین اختلاف معنی‌دار می‌باشد و نسبت به سایر ارقام بیشترین تفاوت معنی‌دار

جامد محلول ارقام تحت آزمایش عکس این نتیجه مشاهده شد، زیرا مقایسات تکمیلی نشان داد که رقم جناگلد ضمن داشتن بیشترین میزان مواد جامد محلول از نظر مقدار پکتین در سطح مطلوبی نسبت به رقم گرانی اسمیت نبود (جدول ۱).

۳-۳- میزان فنول کل، فلاونوئید و خاصیت آنتی اکسیدان کل

در بررسی مقایسه‌ای بین ارقام مختلف سبب بیشترین (۸۳/۷۳ درصد) و کمترین (۶۲/۴۲ درصد) میزان خاصیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب در ارقام گرانی اسمیت و رد استارکینگ مشاهده شد. همچنین در مورد فنول کل (مطابق با جدول ۱) در ارقام گرانی اسمیت و جناگلد به ترتیب بیشترین (۶/۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) و کمترین (۰/۲۶۱ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در پوست میوه سبب و همچنین در بررسی میزان فنول گوشت بیشترین (۳/۷۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) و کمترین (۰/۴۷۷ میلی‌گرم بر وزن‌تر) میزان به ترتیب در ارقام جناگلد و دلبار استیوال مشاهده شد. در بررسی میزان فلاونوئید در بین ارقام مختلف سبب بیشترین (۴/۴۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) میزان فلاونوئید پوست در سبب رقم گرانی اسمیت و کمترین (۰/۴۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) میزان آن در رقم گلدن پرایمرز و همچنین در بررسی میزان فلاونوئید گوشت بیشترین میزان (۱/۴۱ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در رقم گلدن پرایمرز و کمترین (۰/۵۰۱ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) مقدار آن در رقم جناگلد مشاهده شد.

در تجزیه خوشه‌ای بر اساس میزان تجمع مواد فنولی در گوشت میوه (شکل ۱-D) ارقام مختلف سبب بر پایه فاصله نزدیکترین همسایه در ۲ گروه مجزا و ۳ زیرگروه قرار گرفته‌اند. ارقام رد استارکینگ و جناگلد تفاوت معنی‌داری در میزان تجمع مواد فنولی در گوشت میوه نداشته و دارای حداقل اختلاف معنی‌دار با رقم گرانی اسمیت است. همچنین مطابق با تجزیه خوشه‌ای بر اساس تجمع مواد فنولی در پوست میوه ارقام مختلف سبب (شکل ۱-E) بر پایه فاصله نزدیکترین همسایه در ۲ گروه مجزا و ۴ زیرگروه قرار گرفت. رقم گرانی اسمیت و رد دلشیز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و دارای حداقل اختلاف معنی‌دار با سبب رقم تاپ رد بود که این سه رقم بیشترین اختلاف معنی‌دار را با سایر ارقام داشت. بر اساس میزان تجمع فلاونوئید در گوشت میوه ارقام مختلف سبب بر پایه فاصله نزدیکترین همسایه در ۳ گروه و ۴ زیرگروه مجزا قرار گرفت (شکل ۱-F).

را در میزان اسید کل داشته و در زیر گروه جداگانه‌ای قرار گرفته اند، همچنین ارقام تاپ رد و دلبار استیوال تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و دارای کمترین اختلاف معنی‌دار در میزان اسید کل با ارقام گلدن دلشیز، رد استارکینگ، گلدن پرایمرز و رد دلشیز دارند. نسبت قند به اسید تعیین‌کننده طعم و مزه میوه‌ها است. می‌توان علت افزایش نسبت شاخص طعم را به افزایش مواد جامد محلول و کاهش اسید کل در طی رسیدن میوه نسبت داد [۲۸]. در پژوهش حاضر، بالا رفتن نسبت شاخص طعم در ارقام مختلف سبب را می‌توان به دلیل از دست دهی بخش زیادی از آب‌میوه و در نتیجه تغلیظ و بالا رفتن مواد جامد محلول در ارقام مختلف سبب در طی رسیدن میوه و مصرف بالای اسیدهای آلی دانست.

۳-۲- میزان پکتین

مطابق با جدول مقایسه میانگین (جدول ۱) بیشترین میزان پکتین (۲۳/۱ درصد) در سبب رقم گرانی اسمیت مشاهده شد که با نتایج بررسی بیوستتر پکتین بین ارقام سبب، سایر پژوهشگران مطابقت دارد [۲۹]. بر اساس نتایج حاصل از شکل (۱-C) ارقام مختلف سبب بر پایه فاصله نزدیکترین همسایه در دو گروه مجزا و ۴ زیر گروه قرار گرفته اند. رقم جناگلد بیشترین تفاوت معنی‌دار را میزان پکتین داشته و به دلیل اینکه با ارقام رد دلشیز و ایدارد حداقل اختلاف معنی‌دار را دارد در یک گروه قرار گرفته است. ارقام گلدن دلشیز و گلدن پرایمرز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و دارای حداقل اختلاف معنی‌دار با دلبار استیوال است و از لحاظ میزان پکتین در یک گروه قرار می‌گیرند. با توجه به نتایج می‌توان گفت که احتمالاً در گیاهان در دست آزمایش از دیدگاه زیست‌شناسی گیاهی بیوستتر پکتین در بافت میوه با اسید کل رابطه مستقیم دارد، با توجه به نتایج سایر پژوهشگران، تغییرات اسیدیته عصاره میوه در زمان رسیدن بیشتر در بین ارقام مختلف گیاهان ناشی از تفاوت میزان نشت اسیدهای آلی از واکوئل‌ها به سیتوپلاسم سلولی است، که مقایسه روند تغییرات اسیدیته و اسید کل نیز این مطلب را تأیید می‌کند که با رسیدن بیش از حد میوه، اسیدیته میوه افزایش یافته و خاصیت اسیدی میوه کاهش می‌یابد [۳۰]. بنابراین یک همبستگی منفی بین میزان بیوستتر پکتین با سطح اسیدیته وجود دارد به‌طوری‌که بیوستتر پکتین با کاهش اسیدیته و بالا رفتن میزان اسید کل در سلول افزایش می‌یابد. در نتایج به‌دست‌آمده از اندازه‌گیری مواد

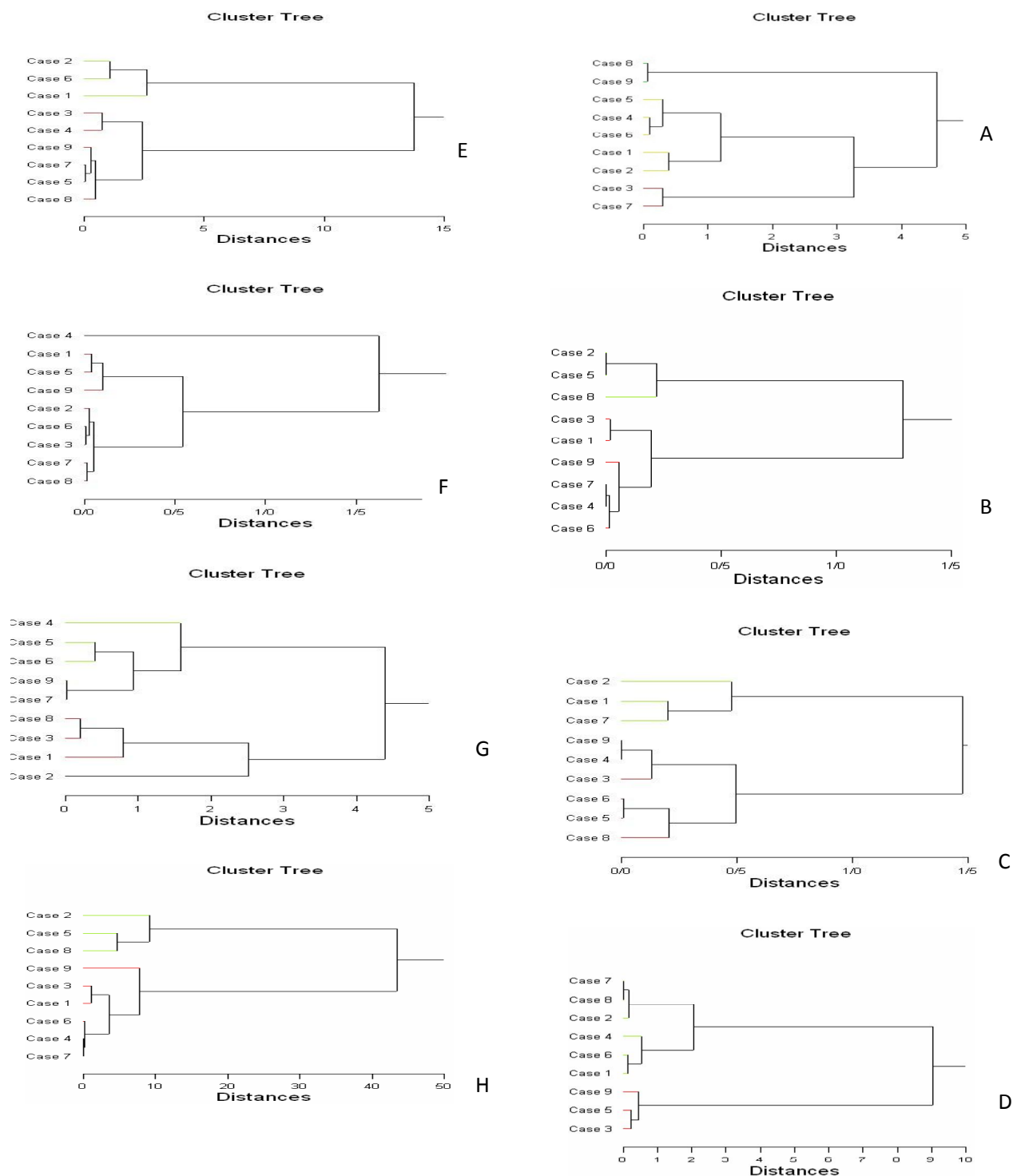


Fig 1 Dendrogram generated by cluster analysis (Ward) based on Titrateable acidity (A), Soluble solids (B), Pectin (C), Total phenol in Pomace (D) and skin of fruit (E) of fruit, Flavonoid in Pomace (F) and skin of fruit (G) and antioxidant properties (H), of nine commercial apple cultivars in Zanzan. (1- Top Red, 2- Granny Smith, 3- Dellbar Stewal, 4- Golden Primorz, 5- Idared, 6- Red Delectious, 7- Red Starking, 8- Jonagold and 9- Golden Delicious)

پرایمرز و رد استارکینگ را دارا بود.

ترکیبات فنولی در همه بافت‌های میوه وجود داشته و غالباً فراوان‌ترین متابولیت ثانویه در میوه‌ها را تشکیل می‌دهد. بیوستنز ترکیبات فنولی از فنول آلانین به‌عنوان پیش‌ساز معمول در گیاهان عالی شروع می‌شود. فنول آلانین آنزیم کلیدی در سنتز ترکیبات فنولی است که آمین‌زدایی از فنیل آلانین را کاتالیز می‌کند. تغییرات در میزان فنول کل میوه‌ها در طول دوره‌ی پس از برداشت به فاکتورهای مختلفی مثل ژنوتیپ، مرحله رسیدگی در زمان برداشت، رقم، شرایط فصل رشدی بستگی دارد؛ ترکیبات فنولی مهارکننده قوی برای تنش اکسایشی هستند و در همکاری با پراکسیدازها در جمع‌آوری یا حذف پراکسید هیدروژن شرکت می‌کنند [۶]. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که یک ارتباط مثبت و قوی مابین مقدار فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد که با نتایج مطالعات اخیر مطابقت دارد. همچنین در این تحقیق میزان فنول کل و فلاونوئید کل در پوست میوه در تعداد زیادی از ارقام موردبررسی از گوشت میوه بیشتر است که با یافته‌های محققین دیگر مطابقت دارد [۲۷ و ۲۸].

رقم گلدن پرایمرز نسبت به سایر ارقام بیشترین تفاوت معنی‌دار را در تجمع مواد فلاونوئیدی در گوشت میوه را داشته و گروه جداگانه‌ای را به خود اختصاص داده است. همچنین رقم گرانی اسمیت حداقل اختلاف معنی‌دار را با ارقام رد دلشیز، دلبار استیوال، رد استارکینگ و جانا گلد داشت. همچنین مطابق با تجزیه خوشه‌ای بر اساس تجمع فلاونوئید در پوست میوه ارقام مختلف سیب (شکل ۴-G) بر پایه فاصله نزدیکترین همسایه در ۳ گروه مجزا و ۴ زیرگروه قرار گرفت. رقم گرانی اسمیت در یک گروه جداگانه‌ای قرار گرفت که بیشترین اختلاف معنی‌دار را با سایر ارقام داشت. ارقام جاناگلد و دلبار استیوال بایکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشته و حداقل اختلاف معنی‌دار را با رقم تاب رد داشتند. در تجزیه خوشه‌ای بر اساس میزان تجمع مواد فنولی در گوشت میوه (شکل ۱-H) ارقام مختلف سیب بر پایه فاصله نزدیکترین همسایه در ۳ گروه مجزا و ۵ زیرگروه قرار گرفته‌اند. رقم گرانی اسمیت در بین ارقام به غیر از رقم ایدارد و جاناگلد بیشترین تفاوت معنی‌دار با سایر ارقام را داراست. همچنین ارقام دلبار استیوال و تاب‌رد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته و حداقل اختلاف معنی‌دار را با ارقام رد دلشیز، گلدن

Table 1 Mean comparison of physicochemical and antioxidant properties of the apple cultivars
Means in each column followed by similar letter are not significantly different at the $P \leq 0.05$ using Duncan Multiple Range Test.

Apple Cultivars	Flavonoid (pomace) (mg.gr ⁻¹ FW)	Flavonoids (Skin) (mg.gr ⁻¹ FW)	Total phenol (pomace) mg.gr ⁻¹ (FW)	Total phenol (skin) (mg.gr ⁻¹ FW)	Antioxidant properties (skin+pomace) (%)	Pectin (%)	TSS/TA	TSS ⁵ (%)	TA ⁴ (%)
Top Red	0.766b	3.06b	2.701b	3.84b	65.78e	2.007ab	33.58c	13.66cd	0.397c
Granny Smith	0.558bc	4.47a	3.66ab	6.64a	83.73a	2.31a	16.38f	12.93d	0.79a
Dalbar Stewal	0.531c	2.51c	0.477cd	2.14c	66.91e	1.533cd	29.65d	12.23e	0.410bc
Golden Primor	1.41a	0.433g	3.201ab	1.37d	63.50e	1.631bc	44.15a	13.76bc	0.312c
Idared	0.717bc	1.11f	0.691c	0.543e	77.98b	1.42cd	17.76f	13.96b	0.786a
Red Delicious	0.539c	1.51e	2.84ab	3.54b	63.63e	1.433cd	45.425a	13.66bc	0.301c
Red Starking	0.518c	1.89d	0.379cd	0.591e	62.42ef	1.801bc	38.38b	11.96e	0.312c
Jonagold	0.501cd	2.301c	3.77a	0.261ef	73.55c	1.266d	24.26e	15.033a	0.620ab
Golden Delicious	0.651cd	1.868d	0.972c	0.804ed	70.45d	1.631bc	30.023d	14.96a	0.350c

4. Total soluble solids

5. Titrable acidity

۳-۴- میزان رنگیزه‌های پوست و گوشت میوه

در بررسی مقایسه‌ای میزان آنتوسیانین پوست و گوشت در بین شش رقم از ارقام سیب مورد بررسی در این پژوهش بیشترین میزان (۲۹/۱۵۷ میلی گرم در گرم) آنتوسیانین پوست در رقم رد استارکینگ و کمترین مقدار (۱۳/۶۰۵ میلی گرم در گرم) آن در

رقم دلبار استیوال، همچنین بیشترین (۵/۶۶۶ میلی گرم در گرم) و کمترین میزان (۰/۶۵۰ میلی گرم در گرم) آنتوسیانین گوشت میوه به ترتیب در رقم رد استارکینگ و دلبار استیوال مشاهده شد (شکل ۲).

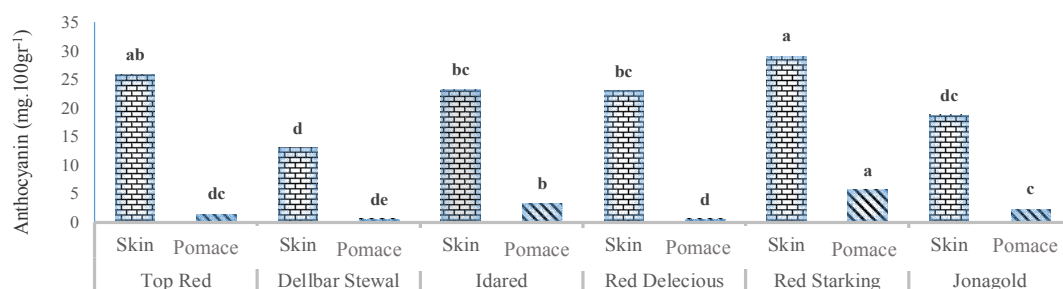


Fig 2 Skin and Pomace anthocyanin content in different apple cultivars
For each column means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

گوشت دو رقم گلدن دلشیز و گلدن پرایمرز تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴).

از دست‌دان رنگ سبز یا رنگ زمینه در بسیاری از میوه‌ها شاخص مناسبی برای تشخیص بلوغ و رسیدن میوه است. همزمان با فرآیند رسیدن میوه، رنگ زمینه پوست از سبز تیره به سبز روشن تغییر یافته و در برخی از گیاهان مانند عروسک پشت پرده، رنگ سبز تقریباً به‌طور کامل از بین رفته و رنگ‌های زرد، قرمز یا بنفش پدیدار می‌شود. تجزیه کلروفیل و تبدیل شدن آن به فتوفیتین و فتوفورید منجر به تغییر رنگ میوه‌ها و سبزی‌ها از سبز به سبز روشن و در نهایت زرد، قرمز یا بنفش می‌شود [۱۶]. از دست دادن رنگ زمینه با مجموعه فعالیت‌های بیوشیمیایی میوه در زمان رسیدن نظیر میزان تنفس، تولید اتیلن و تجزیه پروتئین‌ها در ارتباط است [۳].

همچنین در بررسی میزان کلروفیل و کارتنوئید پوست و گوشت میوه بین سه رقم سیب مورد بررسی بیشترین و کمترین میزان کلروفیل پوست میوه به ترتیب در ارقام گرانی اسمیت (۸۰/۸۲۷ میلی گرم در گرم) و گلدن پرایمرز (۳۹/۹۲ میلی گرم در گرم) و بیشترین (۹/۵۹ میلی گرم در گرم) و کمترین (۳/۰۸۳ میلی گرم در گرم) میزان کلروفیل گوشت میوه به ترتیب در ارقام گرانی اسمیت و گلدن دلشیز مشاهده شد که میزان کلروفیل پوست و گوشت در دو رقم گلدن پرایمرز و گلدن دلشیز اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۳). بیشترین و کمترین میزان کارتنوئید پوست به ترتیب در ارقام گرانی اسمیت (۲۷/۸۱ میلی گرم در گرم) و گلدن دلشیز (۷/۵۵ میلی گرم در گرم) و همچنین بیشترین میزان کارتنوئید گوشت در رقم گلدن دلشیز (۲/۰۱ میلی گرم در گرم) و کمترین میزان آن در رقم گرانی اسمیت (۱/۱۱ میلی گرم در گرم) مشاهده شد؛ که میزان کارتنوئید در پوست و

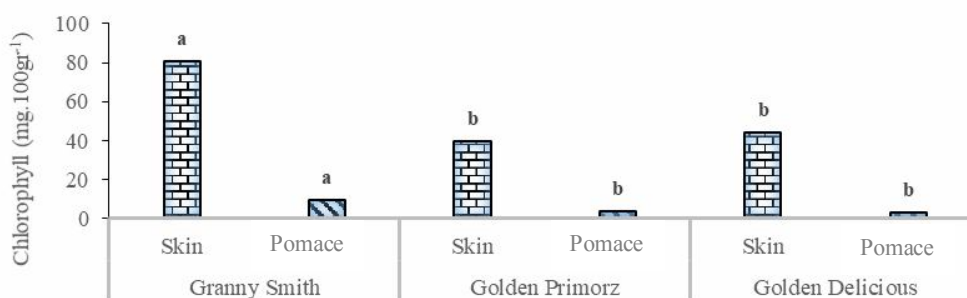


Fig 3 Skin and Pomace chlorophyll content in different apple cultivars
For each column means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

بیماری‌های انسانی مرتبط با آسیب‌های اکسیداسیونی مانند سرطان و بیماری‌های قلبی دارد [۳۲]. وقتی محصولات باغبانی در معرض برخی تنش‌های غیرزنده از جمله تنش سرمایی قرار می‌گیرند، مقدار زیادی رادیکال‌های آزاد اکسیژن درون سلولی تولید می‌شود. سمیت‌زدایی رادیکال‌های آزاد اکسیژن به آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی از جمله میزان آنتوسیانین و ترکیبات فنولی بستگی دارد [۱۱ و ۲۱].

کارتونوئیدها رنگ‌دانه‌هایی هستند که نقش مهمی در حمایت گیاهان در برابر فرآیندهای اکسیداتیو دارند که می‌تواند به عنوان یک عامل آنتی‌اکسیدانی با اکسیژن منفرد و رادیکال پراکسید واکنش دهند. عوامل متعددی در میزان ترکیبات کارتونوئیدها مانند مرحله رسیدگی، واریته و شرایط آب و هوایی مؤثر است [۳] و [۳۱]. میزان آنتوسیانین یکی از عوامل اصلی مؤثر در ظرفیت آنتی‌اکسیدان است و به همین دلیل نیز نقش بیشتری در جلوگیری از

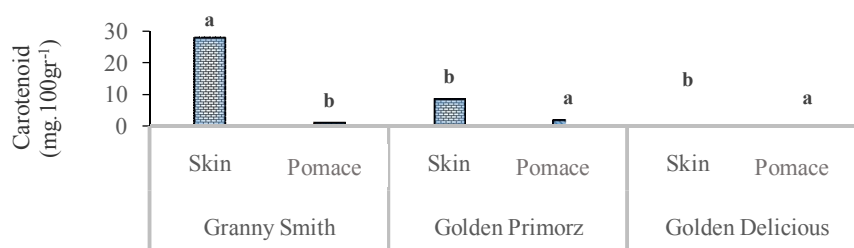


Fig 4 Skin and Pomace carotenoid content in different apple cultivars
For each column means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).

جدا می‌شود می‌توان ترکیب‌های فنولی از پوست میوه استخراج کرد و به محصول فرآوری شده اضافه نمود.

۵- منابع

- [1] Drogouadi, P. D., and Pantelidis, G. 2011. Effects of position on canopy and harvest time on fruit physico-chemical and antioxidant properties in different apple cultivars. *Scientia Horticulture*. 129:752-760
- [2] Knekt, P., Ja'rvinen, R., Seppa'nen, R.,

۴- نتیجه گیری کلی

در این مطالعه مشاهده شد که محتوای ترکیب‌های فنولی در پوست میوه در مقایسه با گوشت و مرکز میوه بالاتر است و همچنین فعالیت و غلظت ترکیب‌های فنولی با توجه به رقم سیب متفاوت است. به طوری که بیشترین میزان فنول کل، کلروفیل، کارتونوئید، فلاونوئید و آنتوسیانین در پوست میوه مشاهده شد؛ با توجه به اینکه بخش عمده ترکیب‌های فنولی میوه سیب در بخش پوست آن موجود است و در فرآیندهای فرآوری، پوست از میوه

- duration. HortScience, 32: 903-908.
- [13] Defilippi, B. G., Dandekar, A. M. and Kader, A. A. 2004. Impact of suppression of ethylene action or biosynthesis on flavor metabolites in apple 'Malus domestica Borkh.' Fruit, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52: 5701-5710.
- [14] Chinici, F., Bendini, A., Gaiani, A. and Riponi, C. 2004. Radical scavenging activities of peels and pulps from cv. Golden Delicious apples as related to their phenolic composition. Agricultural and Food Chemistry. 52: 4684-4689.
- [15] Skrzyński, J., Poniedziałek, W. and Dziedzic, W. 2004. Wstępna ocena wybranych cech jakości parchoodpornych odmian jabłek i ich przydatności do suszenia. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis Agricultura, 240(96): 175-178. (In polish).
- [16] Morgan, J. and Alison, R. 2002. Apples. Ebury press. England. 316 pp.
- [17] Ritenour, M. and Khemira, H. 2007. Red color development of apple: a literature review. Washington State University, Tree Fruit Research and Extension Center.
- [18] Awad, M. A., De Jager, A. and Van Westing, L. M. 2000. Flavonoid and chlorogenic acid levels in apple fruit: characterization of variation. Scientia Horticulturae. 83: 249-263.
- [19] Boyer, J. and Liu, R. H. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. Nutrition. 3: 5.
- [20] Saini, R. S., Sharma, K. D., Dhankhar, O. P. and Kaushik, R. A. 2006. Laboratory Manual of Analytical Techniques in Horticulture/Jodhpur, Agrobios, viii, tables, figs., ISBN81-7754-76-9:16-38.
- [21] Podsedek, A., Wilska-Jeszka, J. and Anders, B. 2000. Compositional characterization of some apple varieties. European Food Research and Technology. 210: 268-272.
- [22] Kaijv, M., Sheng, L. and Chao, C. 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Science and Technology, 27: 110-115.
- [23] Dehghan, G. and Khoshkam, Z. 2012. Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chemistry. 131: 422-427.
- [24] Wagner, G. J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of Hello~vaara, M., Teppo, L., Pukkala, E. and Aromaa, A. 1997. Dietary flavonoids and the risk of lung cancer and other malignant neoplasms. Am. Journal of. Epidemiology. 146, 223-230.
- [3] Le Marchand, L., Murphy, S. P., Hankin, J. H., Wilkens, L. R. and Kolonel, L. N. 2000. Intake of flavonoids and lung cancer. Journal of Nutrition. Cancer Inst. 92, 154-160.
- [4] Solovchenko, A. and Schmitz-Eiberger, M. 2003. Significance of skin flavonoids for UV-B-protection in apple fruits. Experimental Botany. 54: 1977-1984.
- [5] Takos, A. M., Ubi, B. E., Robinson, S. P. and Walker, A. R. 2006. Condensed tannin biosynthesis gene are regulated separately from other flavonoid biosynthesis genes in apple fruit skin. Plant Science 170: 487-499.
- [6] Błaszczyk, J., Zeszyty Naukowe, A. R. and Krakowie, w. 1998. Wstępne wyniki badań nad przechowywaniem jabłek odmian. Rubin i., RubINETTE w., chłodni KA. 333: 383-387. (In polish).
- [7] Juan, J. L., Frances, J., Montesinos, E., Camps, F. and Bonany, J. 1999. Effect of harvest date on quality and decay losses after cold storage of Golden Delicious apples in Girona. Acta Horticulturae. 485: 195-201.
- [8] Zerbini, P. E., Pianezzola, A. and Grassi, M. 1999. Poststorage sensory profiles of fruit of apple cultivars harvested at different maturity stages. Journal of Food Quality, 22(1): 1-17.
- [9] Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3):144-158
- [10] Van der Sluis, A., Dekker, M., De Jager, A. and Jongen, W. 2001. Activity and concentration of polyphenolic antioxidants in apple: effect of cultivar, harvest year and storage conditions. Agricultural and Food Chemistry. 49: 3606-3613.
- [11] Awad, M. A., Jager, A.D. and Wagenmakers, P. S. 2001. Effects of light on flavonoids and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apple. Scientia Horticulturae 88:289-298.
- [12] Anne, P. 1997. Eating quality of 'Gala' and 'Fuji' apples from multiple harvest and storage

- [29] Tarrahi, Sh., Haj najjari, H. and Badiei, F. 2009. Compare the power of pectin biosynthesis and physicochemical properties of the native cultivar "Azayesh" with commercial varieties of apples. Regional Food and Biotechnology Conference.
- [30] Wills, R. B., Mc Glasson, D., Graham, and Joyce, D. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology and Handling of Fruit, Vegetables and Ornamentals. 4th ed., Hyde Park Press, Australia.
- [31] Ayala-Zavala, J. F., Wang, S. Y. and Wang, C. Y. 2004. Effect of storage temperature on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensm-Wiss. Food Science and Technology*. 37: 687-695.
- [32] Santiago, L. J., Ricardo, P. and Oliveira, D. 2000. Compartmentation of phenolic compounds and phenylalanine ammonia-lyase in leaves of *Phyllanthus tenellus* Roxb. And their induction by copper sulphate. *Annals of Botany* 86: 1023-1032.
- neutralsugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. *Plant Physiology*. 64: 88-93.
- [25] Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D. and Mattivi, F. 2004. Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *Agricultural and Food Chemistry*. 52: 6532-6538.
- [26] Amzad Hossain, M., Salehuddin, S. M., Kabir, M. J., Rahman, S. M. M. and Vasantha Rupasinghe, H. P. 2009. Sinensetin, rutin 3-hydroxy- 5, 6, 7, 4-tetramethoxyflavone and rosmarinic acid contents and antioxidative effect of the skin of apple fruit. *Food Chemistry*. 113: 185-190.
- [27] Szklarz, M. and Pacholak, E. 2000. Niektóre parametry jabłek odmian i klonów jabłoni parchoodpornych i mało wrażliwych na parcha po przechowaniu. *Zeszyty Naukowe IIsiK*. 8: 345-348. (In polish).
- [28] Knee, M. and Finger, F. L. 1992. NADP+-malic enzyme and organic acid levels in developing tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117: 799-801.

Study of physicochemical and antioxidant properties of some apple cultivars in Zanjan region

Rabiei, V. ^{1*}, Heydarnajad giglou, R. ², Razavi, F. ³

1. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Phd. Student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

(Received: 2018/06/01 Accepted: 2019/06/09)

Apples are an important source of polyphenols in the human diet and the consumption of this fruit has been linked to the prevention of degenerative diseases. This study deliberation of the physicochemical and antioxidant properties of some cultivars of apples cultivated in Zanjan province were measured as a suitable strategy for their evaluation in 2017. The total phenol content, total flavonoid, anthocyanin, chlorophyll, carotenoid, antioxidant properties, pectin, soluble solids, total acid and flavor index in the skin and pomace of nine apple cultivars (*Malus domestica*) including "Top Red", "Granny Smith", "Dellbar Stewal", "Golden Primorz", "Idared", "Red Delecious", "Red Starking", "Jonagold" and "Golden Delicious" were evaluated and clustered. According to the cluster analysis based on the accumulation of phenolic substances in the skin of fruits, there was no significant difference between Granny Smith and Red Delecious cultivars and had at least a significant difference with Top Red. The results showed that the amount of phenolic compounds in fruit skin was higher than pomace, and the amount of these compounds were distinct in various cultivars. The highest amount of total phenol, chlorophyll, carotenoid, flavonoids and anthocyanin was measured in fruit skin. As the final result, the highest amount of skin phenol (6.4 mg.kg^{-1}), pectin (2.31%), skin chlorophyll (80.82 mg.g^{-1}) and antioxidant properties (83.73%) were observed in Granny Smith variety compared to the others.

Keywords: Antioxidant Properties, Apple Cultivars, Clustering, physicochemical Properties, Total Acid

* Corresponding Author E-Mail Address: Rabiei@znu.ac.ir