

## Relationship of Color Indices with Some Chemical Characteristic in Red and White Apple Cultivars

Mitra Jabbari<sup>1</sup>, Mohammad Mehdi Sharifani<sup>2\*</sup> and Ahad Yamchi<sup>3</sup>

- 1- M.Sc. Student of Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
- 2- **\*Corresponding Author:** Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan, Iran (mmsharif2@gmail.com)
- 3- Assistant Professor, Plant Breeding and Biotechnology Department, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 22 August, 2017

Accepted: 3 October, 2018

### Abstract

#### Background and Objectives

Apple is one of the most important common fruit trees in temperate regions of the world with a lot of phenotypes and genotypes. Fruit surface color is one of the important factors in evaluating the qualities and appearance of fruits. This is the first component of acceptance by the customer, which indicates anomalies in agricultural products.

#### Materials and Methods

For this purpose, a study was conducted in 2016 in a completely randomized design with 12 varieties of native and imported apples in three replications. In this research, qualitative characteristics including anthocyanins for skin and flesh fruit, total sugar, flavor index, pH and EC and color indexes including brightness index (L), redness index (a), yellowness index (b), Hue (H), and Chroma (C) were measured for each apple cultivar.

#### Results

The results showed the highest indexes of a and C of skin. Moreover, the index of a related to the flesh of fruit in Mazand 2 had the highest levels of Hue skin, brightness and Hue flesh in Gala cultivar. The highest amount of brightness and yellowness of fruit skin and flesh was observed in Golden delicious cultivar. While the highest amount of anthocyanin in skin was found in Red delicious cultivar. the highest amount of anthocyanin in flesh was found in Mazand 2. Furthermore, the highest level of flavor index was found in Shahrod 10 and the maximum amount of total sugar was detected in Red delicious cultivar. The utmost EC juice and the highest juice pH were observed in Gol Ghermez and Golab Kohanz cultivars, respectively. The highest positive correlation was found between anthocyanin of skin and anthocyanin of fruit pulp in the red flesh apple (0.99). Based on the results of this research, the red index and the fruit flavor index correlated with skin Hue, brightness of skin correlated with yellow color of skin, and fruit EC correlated with sugar content of the fruit.

#### Discussion

Finally, the highest correlation was found between anthocyanin in skin and the red flesh apple. In



other apple cultivars, a significant correlation was found between index (a) and the yellowness of the apples (0.92). Further positive correlation was set between index C and anthocyanin content and flavor index. A positive correlation was observed between H and L indexes and the yellow color of the apple. Index b indicated a significant negative correlation with anthocyanin of skin and flesh of apple. The highest red content in red flesh apples indicated positive correlation with a and c indices, which has already been confirmed by the results of other researchers.

**Keywords:** Anthocyanin, Colorimeter, Correlation, Flavor index, Non-destructive measurement, Sugar total

## ارتباط شاخص‌های رنگ با ویژگی‌های شیمیایی میوه در ارقام سیب گوشت قرمز و سفید

میترا جباری<sup>۱</sup>، محمد مهدی شریفانی<sup>۲\*</sup> و احد یامچی<sup>۳</sup>

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم باغبانی، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- ۲- \*نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران (mmsharif2@gmail.com)
- ۳- استادیار، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۳۱

## چکیده

رنگ سطح میوه یکی از عوامل مهم در ارزیابی کیفی و ویژگی‌های ظاهری در میوه محسوب می‌شود، که اولین مؤلفه پذیرش توسط مشتری است. مطالعه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ رقم سیب بومی و وارداتی در سه تکرار در سال ۱۳۹۵ و در آزمایشگاه فیزیولوژی گروه باغبانی انجام شد. در این پژوهش، خصوصیات کیفی شامل آنتوسیانین پوست و گوشت میوه، قند کل، شاخص طعم، pH و هدایت الکتریکی و شاخص‌های مربوط به رنگ شامل شاخص روشنایی (L)، شاخص قرمزی (a) و شاخص زردی (b)، هیو (H) و کروما (C) برای هریک از ارقام سیب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین میزان شاخص قرمزی (۳۱) و کروما پوست (۳۳/۴) و قرمزی گوشت میوه (۲۷/۸۳) در رقم مازند ۲، بیشترین میزان هیو پوست (۸۷/۲۲)، روشنایی (۸۹/۶۷) و هیو گوشت (۸۷/۲۲) در رقم گالا و بیشترین میزان روشنایی (۸۶/۰۳) و زردی پوست میوه (۲۶/۸۳) و زردی گوشت میوه (۲۰/۸) در رقم گلدن دلشز مشاهده شد و همچنین بیشترین مقدار آنتوسیانین پوست (۱/۰۷ مول بر گرم وزن تر) در رقم رد دلشز و آنتوسیانین گوشت در رقم مازند ۲ (۰/۱۶ مول بر گرم وزن تر) به دست آمد. بالاترین میزان شاخص طعم در رقم شاهرود (۱۰/۳۱ درصد)، و بیشترین میزان قند کل (۲۲۵/۰۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در رقم رد دلشز، EC آب میوه (۶/۱۰ دسی‌زیمنس/متر) در رقم گل قرمز و pH آب میوه (۵/۳۶) در رقم گلاب کهنز مشاهده شد. بیشترین همبستگی مثبت در ارقام گوشت قرمز مربوط به آنتوسیانین پوست و گوشت میوه (۰/۹۹) و در سایر ارقام بیشترین همبستگی مربوط به روشنایی و زردی پوست (۰/۹۲) بود. طبق نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت شاخص قرمزی با مقدار آنتوسیانین میوه، شاخص طعم میوه با هیو پوست، مقدار روشنایی با زردی پوست میوه و هدایت الکتریکی با مقدار قند میوه در ارتباط بود. شاخص زردی (b) با آنتوسیانین پوست و گوشت ارتباط منفی معنی‌دار داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت‌های روشن در شاخص‌های رنگ بین ارقام گوشت قرمز و سایر ارقام وجود داشت.

کلیدواژه‌ها: اندازه‌گیری غیر تخریبی، آنتوسیانین، رنگ سنج، شاخص طعم، قند کل، همبستگی

## مقدمه

مرکز این تنوع آسیای صغیر در بخش غربی آسیا شامل نواحی شمال غرب ایران، شرق ترکیه و مناطقی از کشورهای ترکمنستان و قزاقستان است (Hudina and Stampar, 2000). سیب وحشی ایرانی را از گونه *M. Pumila Mill* می‌دانند (Meybodi, 2003 Mir Mohammadi). با توجه

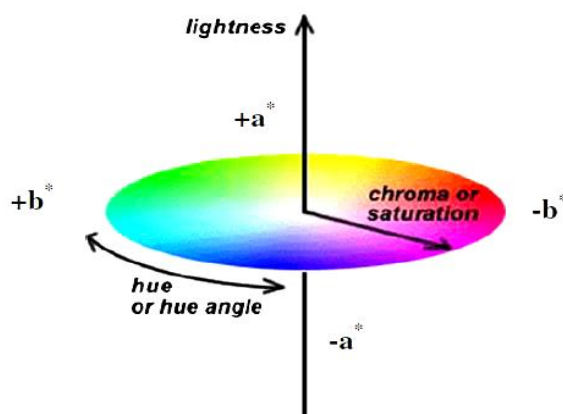
سیب با نام علمی *Malus × domestica Borkh* متعلق به خانواده رزاسه (Rosaceae) می‌باشد سیب بعد از مرکبات، انگور و موز چهارمین میوه مهم جهان و مهم‌ترین میوه مناطق معتدله به شمار می‌آید (Janick et al., 1996).

انسان دارای این توانایی ادراکی است که از هر رنگ سه عامل مختلف روشنایی (Value)، خلوص (Chroma) و فام (Hue) را درک کند، لذا در فضا رنگ دکارتی CIE  $L^*a^*b^*$  (Cartesian coordinate) محور عمودی به‌عنوان محور روشنایی با علامت  $L^*$ ، از صفر به نشانه سیاه ایده‌آل تا ۱۰۰ که سفید مرجع است توصیف می‌گردد. در این فضا رنگ از دو محور قرمز-سبز ( $a^*$ ) و زرد-آبی ( $b^*$ ) مانند محورهای مختصات استفاده شده است، که در آن  $a^*$  با مقادیر مثبت نشانگر مقدار قرمزی و مقادیر منفی نشانگر سبزی است. همچنین محور  $b^*$  با مقادیر مثبت نشانگر مقدار زردی و با مقادیر منفی نشانگر آبی بودن رنگ است. از طرف دیگر با یک انتقال ساده از فضای دکارتی به فضای قطبی، فضا رنگ  $CIE\ L^*C^*H^*$  حاصل می‌شود که در آن  $C^*$  نشانگر فاصله خلوص (Chroma distance) و  $H^*$  نشانگر زاویه فام (Hue angle) است (Ansari and Mahmodi, 2012).  $H^*$  یا زاویه هیو، زاویه‌ای بین صفر-۳۶۰ درجه را بیان می‌کند که در آن زوایای بین صفر-۹۰ نشانگر رنگ در منطقه قرمز-زرد، زاویه ۹۰-۱۸۰ نشانگر منطقه زرد-سبز، زاویه ۱۸۰-۲۷۰ منطقه سبز-آبی و زاویه ۲۷۰-۳۶۰ منطقه آبی-قرمز را مشخص می‌سازد (Elyatem and Kader, 1984). مؤلفه  $C^*$  فاصله از محور خاکستری مشخص کرده و تعیین می‌کند که رنگی با اشباعیت رنگ بالاتر، مقدار  $C^*$  بیشتری نیز دارد (Pathare et al., 2013) (شکل ۱). Farahnaky et al. (2009) بیان کردند که پارامترهای  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  در فرایند خشک کردن رطوبت واریته کبکاب با افزایش دما و زمان خشک کردن به‌طور منظم کاهش می‌یابند. (Pordarban et al., 2009) از پردازش تصویر برای درجه‌بندی کیفی سیب استفاده کرده که اساس درجه‌بندی صدمات سطحی بود. برخی دانشمندان رنگ آب مرکبات را با استفاده از پارامترهای رنگ‌سنجی در سیستم رنگ‌سنجی هانتر مورد بررسی قرار دادند (Nagy, 1980; Deman, 1990).

به این موضوع می‌توان سیب گوشت قرمز (Red flesh apple) را نیز جز این‌گونه دانست. در ایران سیب از میوه‌های پر اهمیت و دارای تنوع در بسیاری از استان‌های کشور است (Mokhtarian et al., 2016).

رنگیزه آنتوسیانین عامل قرمزی سیب‌های گوشت قرمز است که در سایر بخش‌های گیاه اعم از تنه، برگ، گل و بذر وجود دارد، سیب گوشت قرمز یکی از نژادهای سیب ایرانی است که دارای مقادیر متفاوتی از آنتوسیانین (کم تا زیاد) در کورتکس میوه می‌باشد و همین امر سبب تمایز آن از سیب معمولی و ایجاد ظاهر جذاب شده است (Faramarzi, 2011). محتوای آنتوسیانین‌ها توسط عوامل زیست‌محیطی و نیز عوامل زراعی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. در مطالعات اخیر نشان داده شده است که سیب‌هایی با رنگ قرمز تر دارای غلظت بیشتری از آنتوسیانین‌ها هستند (Honda et al., 2002).

رنگ ظاهری یک ویژگی بسیار مهم است، زیرا اولین خاصیتی است که مصرف‌کننده با آن مواجه می‌شود. بنابراین مشاهده رنگ در تشخیص بعضی از نقص‌های میوه می‌تواند بکار گرفته شود (Kumara et al., 2006). در حال حاضر از فضاهای رنگی و ارزش‌های وابسته عددی برای ایجاد و ارائه و تصویرسازی رنگ‌ها در فضاهای دو و سه‌بعدی استفاده می‌شود (Yam and Papadakis, 2004). رنگ و تغییرات انعکاس طیفی، دو مورد اساسی تفکیک میوه در درجه‌بندی تجاری محسوب می‌شوند (Lancaster, 1992). اندازه‌گیری رنگ و تحلیل آن در اکثر مواد غذایی از جمله سبزی‌ها و میوه‌ها (سیب و گوجه‌فرنگی) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Tao et al., 1995; Gerrard et al., 1996). در سال ۱۹۷۶ مدل  $L^*a^*b^*$  به‌وسیله کمیسیون بین‌المللی روشنایی (Comission International de L'Éclairage (CIE)) به‌عنوان یک استاندارد بین‌المللی برای اندازه‌گیری رنگ شناخته شد (CIE, 1986). از آنجا که



شکل ۱- فضاهای رنگی CIE Lab  
Figure 1. CIELab colour space

رنگ‌سنجی از هر رقم ۳ میوه به تصادف انتخاب گردید و میانگین این سه اندازه‌گیری، برای محاسبه مؤلفه‌های  $a^*$ ،  $b^*$  و  $H$  و  $C$  محاسبه شد. کروما ( $C$ ) و زاویه هیو ( $H$ ) با استفاده از مقادیر  $a^*$  و  $b^*$  و از طریق معادلات زیر محاسبه شد: (Pathare *et al.*, 2013)

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$H = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

اندازه‌گیری آنتوسیانین به روش Wanger (1979) صورت گرفت. یک گرم از نمونه را با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی سائیده و عصاره برای ۲۴ ساعت در تاریکی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۴۰۰۰ گرم سانتریفیوژ نموده و جذب محلول رویی با استفاده از اسپکتروفوتومتر، در طول موج ۵۲۰ نانومتر خوانده شد.

قند کل به روش McCready *et al.* (1950) انجام شد. ۲۰۰ میکرولیتر از عصاره تغلیظ‌شده با سه میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط و به مدت ۲۰ دقیقه در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. میزان جذب نور نمونه‌ها پس از سرد شدن در طول موج ۶۲۰ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتری قرائت گردید. هدایت الکتریکی آب‌میوه، توسط EC متر و میزان درجه اسیدی توسط pH متر پس از کالیبره شدن با محلول بافر ۷ و ۴، اندازه‌گیری شد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و تجزیه

(Fernandez-Vazquez *et al.*, 2011) نشان دادند که روابط معنی‌داری میان ویژگی‌های رنگ همچون روشنایی، خلوص و فام با خواص حسی شربت‌های پرتقال وجود دارد، به طوری که ضریب همبستگی این خصوصیات حسی با روشنایی و فام به ترتیب  $r = 0/92$  و  $r = 0/96$  بود. از آنجایی که آزمون رنگ روشی غیرمخرب برای میوه است، می‌توان با بررسی روابط بین شاخص‌های رنگ و خصوصیات کیفی به یک روش مطمئن و غیرتخریبی در گزینش میوه رسید. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی روابط بین شاخص‌های رنگ و خصوصیات کیفی میوه سیب‌های بومی ایران با ارقام وارداتی با روش‌های علمی و استاندارد است.

### مواد و روش‌ها

ارقام مختلف میوه‌های سیب جهت آزمایش از ایستگاه باغبانی کمال‌شهر کرج و دو رقم گوشت قرمز از استان مازندران تهیه شدند. میوه‌های سیب در مرحله رسیدگی کامل، برداشت و به سرعت به آزمایشگاه بخش علوم باغبانی دانشکده کشاورزی، دانشگاه گرگان منتقل شدند.

### اندازه‌گیری شاخص‌های مورد بررسی

اندازه‌گیری رنگ نمونه با استفاده از دستگاه‌انترلب مدل (Minolta CR-400, Japan) صورت گرفت. برای

به میزان ۱۵/۴۶ مشاهده شد. بیشترین میزان هیو پوست میوه در رقم گالا به میزان ۸۷/۲۲ و همچنین بیشترین میزان هیو گوشت میوه در رقم گالا به میزان ۸۷/۲۲ و کمترین میزان آن در رقم رد دلشز به میزان ۲۰/۳ می باشد (جدول ۳).

بیشترین میزان آنتوسیانین پوست میوه در رقم رددلشز به میزان ۱/۰۷۶ مول بر گرم وزن تر و کمترین میزان آن در رقم گل سفید به میزان ۰/۰۴۶ مول بر گرم وزن تر مشاهده شد. بیشترین میزان آنتوسیانین گوشت میوه در رقم مازند ۲ به میزان ۰/۱۶ مول بر گرم وزن تر و کمترین میزان آن در رقم گلدن دلشز به میزان ۰/۰۴۳ مول بر گرم وزن تر می باشد (جدول ۴). در نتیجه ساخت آنتوسیانین وابسته به عوامل متعددی از جمله، ژنوتیپ، عوامل فیزیولوژیکی و عوامل محیطی به ویژه دما و نور است. (Bakhshi and Ghorbani (2012) طی تحقیقی نشان دادند که بیشترین میزان آنتوسیانین در سیب های گوشت قرمز در پوست میوه نسبت به گوشت وجود دارد. همچنین طبق آزمایش Wang *et al.* (2015) میزان آنتوسیانین در پوست ارقام گوشت قرمز و گوشت سفید بیشتر از گوشت ارقام گوشت قرمز و گوشت سفید بوده است، که در اکثر ارقام این پژوهش مشابهنه داشته است. بیشترین میزان قند کل در رقم رد دلشز به میزان ۲۲۵/۰۳ میلی گرم در گرم وزن تر میوه و کمترین میزان قند کل در رقم گوشت قرمز ۲ به میزان ۴/۴۷ میلی گرم در گرم وزن تر میوه حاصل شد (جدول ۴).

بیشترین میزان شاخص طعم میوه در رقم شاهرود ۱۰ به میزان ۸۰/۳۱ درصد و کمترین میزان آن در رقم گل سفید به میزان ۱۹/۶۶ درصد به دست آمد (جدول ۴). نسبت TSS به TA تعیین کننده طعم میوه است (Iacopini *et al.*, 2010). شاخص تعیین طعم میوه، نسبت قند به اسید می باشد، هر چقدر این نسبت بالاتر باشد طعم میوه شیرین تر و هرچه این نسبت پایین تر باشد میوه ها ترش تر خواهند بود. در سیب به طور کلی اگر این نسبت کمتر از ۲۰ باشد میوه مناسب برای مصرف تازه خوری نبوده و باید فرآوری گردد (Mratinic and Fotiric, 2011).

و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار (SAS 9.1) و مقایسه میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن ارزیابی گردید. ضریب همبستگی بین صفات با نرم افزار (SPSS 19) مورد بررسی قرار گرفت.

## نتایج و بحث

کیفیت میوه شامل مشخصات متعددی است. (Moradi and Koushesh Saba (2015) رنگ یکی از مهم ترین عوامل مؤثر در کیفیت میوه ها است که تحت تأثیر محیط، نوع و رقم میوه می باشد، که در جلب مشتری تأثیر زیادی دارد. بر اساس نتایج این پژوهش بین سیب های ارقام مطالعه شده، تفاوت معنی داری را در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول های ۱ و ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها جدول (۳)، بیشترین میزان L پوست میوه در رقم گلدن دلشز به میزان ۸۶/۰۳ و کمترین مقدار در رقم رددلشز ۳۳/۸۳ مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان L گوشت میوه در رقم گالا به میزان ۸۹/۶۷ و کمترین مقدار آن در رقم گل قرمز به میزان ۶۲/۶ وجود داشت.

بیشترین میزان a پوست میوه در رقم مازند ۲ به میزان ۳۱ و کمترین میزان آن در رقم گلدن دلشز به میزان ۱/۹۶ می باشد. بیشترین میزان a گوشت میوه در رقم مازند ۲ به میزان ۲۷/۸۳ و کمترین مقدار آن در رقم گالا به میزان ۰/۹۳ بود. بنابراین یکی از دلایل افزایش قرمزی (\*a) می تواند حفظ رنگ دانه های آنتوسیانین موجود در پوست و گوشت میوه سیب باشد. بیشترین میزان b پوست میوه در رقم گلدن دلشز به میزان ۲۶/۸۳ و کمترین مقدار آن در رقم رددلشز به میزان ۴/۰۶ می باشد. بیشترین میزان b گوشت میوه در رقم گلدن دلشز به میزان ۲۰/۸ و کمترین مقدار آن در ارقام رددلشز به میزان ۱۰/۳۳ مشاهده شد (جدول ۳).

بیشترین میزان کروما پوست میوه در ژنوتیپ مازند ۲ به میزان ۳۳/۴ و رقم گالا (۳۱/۱۸) و کمترین مقدار آن در رقم گل قرمز (۱۷/۷۴) می باشد. همچنین در گوشت میوه بیشترین میزان کروما در رقم رددلشز به میزان ۲۹/۷۶ می باشد و کمترین مقدار آن در رقم گلاب کهنز

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص های رنگ پوست و گوشت ارقام مختلف سیب

Table 1. Analysis of variances for skin and flesh color indices for different varieties of apples

H (گوشت میوه)	C (گوشت میوه)	B (گوشت میوه)	A (گوشت میوه)	L (گوشت میوه)	H (پوست میوه)	C (پوست میوه)	b (پوست میوه)	a (پوست میوه)	L (پوست میوه)	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
H (Fruit flesh)	C (Fruit flesh)	b (Fruit flesh)	a (Fruit flesh)	L (Fruit flesh)	H (Fruit skin)	C (Fruit Skin)	b (Fruit skin)	a (Fruit skin)	L (Fruit skin)		
1214.58**	38**	29.89**	171.11**	607.53**	1214.5**	56.03**	103.92**	200.67**	646.24**	11	تیمار Treatments
29.99	1.53	2.60	2.18	7.96	29.99	7.67	5.95	11.58	29.37	24	خطا Error
8.15	6.25	9.62	19.38	3.73	14.75	8.15	21.46	9.79	11.23		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

\* and \*\*: significant in 0.05 and 0.01 level, respectively.

\*\* و \* به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص های شیمیایی پوست و گوشت ارقام مختلف میوه سیب

Table 2. Analysis of variances for skin and flesh chemical indices for different varieties of apples

هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	شاخص طعم Fruit Flavor Index	قند کل Total suger	آنتوسیانین گوشت Anthocyanin flesh	آنتوسیانین پوست Anthocyanin skin	درجه آزادی df	منابع تغییرات Source of variation
3.77**	0.96**	965.82**	2609.97**	0.0055**	0.313**	11	تیمار Treatments
0.13	0.046	68.92	961.98	0.008	0.0115	24	خطا Error
12.31	5.12	18.18	4.69	13.72	18.6		ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)

\* and \*\*: significant in 0.05 and 0.01 level, respectively.

\*\* و \* به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های رنگ پوست و گوشت ارقام مختلف سیب

Table 3. Mean comparisons of indices skin color and flesh of different varieties of apple

C (گوشت میوه) C (Fruit flesh)	H (گوشت میوه) H (Fruit flesh)	b (گوشت میوه) B (Fruit flesh)	a (گوشت میوه) a (Fruit flesh)	L (گوشت میوه) L (Fruit flesh)	C (پوست میوه) C (Fruit skin)	H (پوست میوه) H (Fruit skin)	b (پوست میوه) b (Fruit skin)	a (پوست میوه) a (Fruit skin)	L (پوست میوه) L (Fruit skin)	رقم Variety
16.45 <sup>de</sup>	60.02 <sup>bc</sup>	14.1 <sup>de</sup>	12.4 <sup>b</sup>	78.03 <sup>cd</sup>	21.44 <sup>de</sup>	60.02 <sup>bc</sup>	13.86 <sup>e</sup>	16.2 <sup>bcd</sup>	44.7 <sup>e</sup>	*مازند ۱ Mazand1
18.14 <sup>cd</sup>	46.3 <sup>d</sup>	12.93 <sup>ef</sup>	27.83 <sup>a</sup>	70.43 <sup>ef</sup>	33.4 <sup>a</sup>	46.3 <sup>d</sup>	12.43 <sup>e</sup>	31 <sup>a</sup>	42.5 <sup>ef</sup>	*مازند ۲ Mazand2
19.47 <sup>bc</sup>	54.01 <sup>cd</sup>	15.66 <sup>cd</sup>	11.36 <sup>bc</sup>	73.86 <sup>de</sup>	23.12 <sup>cd</sup>	54.01 <sup>cd</sup>	18.43 <sup>cd</sup>	13.93 <sup>cde</sup>	67.83 <sup>b</sup>	*گوشت قرمز ۲ GH2
19.58 <sup>bc</sup>	52.62 <sup>bc</sup>	17.36 <sup>bc</sup>	9 <sup>cd</sup>	76.06 <sup>d</sup>	23.26 <sup>cd</sup>	62.52 <sup>bc</sup>	20.8 <sup>bc</sup>	10.73 <sup>ef</sup>	66 <sup>b</sup>	*شاهرود ۱۰ SH10
21.08 <sup>b</sup>	63.89 <sup>b</sup>	18.93 <sup>ab</sup>	9.26 <sup>cd</sup>	68.4 <sup>f</sup>	25.79 <sup>cd</sup>	63.89 <sup>b</sup>	21.06 <sup>bc</sup>	14.76 <sup>cde</sup>	60 <sup>bc</sup>	گل سفید Gol sefid
18.26 <sup>cd</sup>	78.08 <sup>a</sup>	17.86 <sup>bc</sup>	3.76 <sup>e</sup>	62.6 <sup>g</sup>	17.74 <sup>e</sup>	78.08 <sup>a</sup>	15 <sup>de</sup>	7.16 <sup>fg</sup>	44.86 <sup>e</sup>	گل قرمز Gol ghermez
19.95 <sup>bc</sup>	82.1 <sup>a</sup>	19.46 <sup>ab</sup>	2.7 <sup>ef</sup>	82.33 <sup>bc</sup>	24.2 <sup>cd</sup>	82.1 <sup>a</sup>	13.73 <sup>e</sup>	19.76 <sup>bc</sup>	49.53 <sup>de</sup>	قرمز جنگلی Ghermez jangali
15.46 <sup>e</sup>	81.98 <sup>a</sup>	15.3 <sup>cde</sup>	2.2 <sup>ef</sup>	86.53 <sup>ab</sup>	25.22 <sup>cd</sup>	81.98 <sup>a</sup>	22.6 <sup>b</sup>	11.1 <sup>def</sup>	68.10 <sup>b</sup>	گلاب کهنز Golab Kohanz
18.46 <sup>cd</sup>	87.22 <sup>a</sup>	18.43 <sup>ab</sup>	0.93 <sup>f</sup>	89.67 <sup>a</sup>	31.18 <sup>ab</sup>	87.22 <sup>a</sup>	14.53 <sup>de</sup>	27.56 <sup>a</sup>	45.9 <sup>de</sup>	گالا Gala
20.10 <sup>bc</sup>	84.37 <sup>a</sup>	20 <sup>ab</sup>	1.96 <sup>ef</sup>	89.66 <sup>a</sup>	21.71 <sup>de</sup>	84.37 <sup>a</sup>	15.03 <sup>de</sup>	15.53 <sup>cde</sup>	55.03 <sup>cd</sup>	فوجی Fuji
29.76 <sup>a</sup>	20.3 <sup>e</sup>	10.33 <sup>f</sup>	8.13 <sup>d</sup>	40.63 <sup>h</sup>	21.75 <sup>de</sup>	20.3 <sup>e</sup>	4.06 <sup>f</sup>	21.3 <sup>b</sup>	33.83 <sup>f</sup>	رد دلیشز Red delicious
20.9 <sup>b</sup>	84.65 <sup>a</sup>	20.8 <sup>a</sup>	1.96 <sup>ef</sup>	89.3 <sup>a</sup>	26.91 <sup>bc</sup>	84.65 <sup>a</sup>	26.83 <sup>a</sup>	1.96 <sup>g</sup>	86.03 <sup>a</sup>	گلدن دلیشز Golden delicious

\* Red flesh apple varieties

Means with the same letters are not significantly different.

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

\* ژنوتیپ‌های گوشت قرمز



جدول ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های شیمیایی پوست و گوشت ارقام مختلف میوه سیب

Table 4. Mean comparisons of chemical indexes of skin and flesh of different varieties of apple

رقم Variety	آنتوسیانین پوست میوه (مول بر گرم وزن تر) Anthocyanin skin (mol/gr fw <sup>-1</sup> )	آنتوسیانین گوشت میوه (مول بر گرم وزن تر) Anthocyanin flesh (mol/gr fw <sup>-1</sup> )	شاخص طعم میوه (درصد) Fruit flavor index (%)	قند کل (میلی گرم در گرم وزن تر) Total sugar (mgr/gr fw)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس/متر) EC (dS/m)	اسید پته pH
*مازند ۱ Mazand 1	0.100 <sup>c</sup>	0.15 <sup>a</sup>	57.42 <sup>bc</sup>	37.54 <sup>c</sup>	3.44 <sup>bc</sup>	3.66 <sup>e</sup>
*مازند ۲ Mazand2	0.546 <sup>b</sup>	0.16 <sup>a</sup>	36.58 <sup>d</sup>	30.41 <sup>d</sup>	3.26 <sup>c</sup>	4.01 <sup>cd</sup>
*گوشت قرمز ۲ GH2	0.070 <sup>c</sup>	0.13 <sup>a</sup>	45.83 <sup>cd</sup>	4.47 <sup>g</sup>	2.25 <sup>e</sup>	4.27 <sup>cd</sup>
*شاهرود ۱۰ SH10	0.066 <sup>c</sup>	0.13 <sup>a</sup>	80.31 <sup>a</sup>	5.07 <sup>g</sup>	2.23 <sup>e</sup>	4.26 <sup>cd</sup>
گل سفید Gol Sefid	0.046 <sup>c</sup>	0.045 <sup>c</sup>	19.66 <sup>f</sup>	12.47 <sup>ef</sup>	3.91 <sup>b</sup>	4.17 <sup>cd</sup>
گل قرمز Gol ghermez	0.123 <sup>c</sup>	0.03 <sup>b</sup>	20.45 <sup>ef</sup>	14.9 <sup>e</sup>	6.1 <sup>a</sup>	3.13 <sup>f</sup>
قرمز جنگلی Ghermez jangali	0.096 <sup>c</sup>	0.091 <sup>c</sup>	43.25 <sup>d</sup>	11.03 <sup>ef</sup>	2.26 <sup>e</sup>	4.73 <sup>b</sup>
گلاب کهنز Golab Kohanz	0.060 <sup>c</sup>	0.096 <sup>c</sup>	67.93 <sup>ab</sup>	7.7 <sup>fg</sup>	2.5 <sup>e</sup>	5.36 <sup>a</sup>
گالا Gala	0.536 <sup>b</sup>	0.063 <sup>c</sup>	44.09 <sup>cd</sup>	9.25 <sup>fg</sup>	2.09 <sup>e</sup>	4.76 <sup>b</sup>
فوجی Fuji	0.523 <sup>b</sup>	0.051 <sup>c</sup>	40.03 <sup>d</sup>	220.03 <sup>a</sup>	2.58 <sup>de</sup>	3.92 <sup>de</sup>
رد دلیشز Red delicious	1.076 <sup>a</sup>	0.046 <sup>c</sup>	57.74 <sup>bc</sup>	225.03 <sup>a</sup>	3.15 <sup>cd</sup>	4.33 <sup>c</sup>
گلدن دلیشز Golden delicious	0.086 <sup>c</sup>	0.043 <sup>c</sup>	34.43 <sup>de</sup>	214.25 <sup>b</sup>	2.57 <sup>de</sup>	4.10 <sup>cd</sup>

\* Red flesh apple genotypes

\* ژنوتیپ‌های گوشت قرمز

Means with the same letters are not significantly different.

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌های دارای یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌داری نمی‌باشند.

همبستگی مثبتی داشتند که در سایر ارقام سیب مشاهده نشد. همچنین شاخص طعم با قرمزی پوست ( $r = 0.69^*$ ) همبستگی منفی داشته است. در سایر ارقام شاخص طعم با pH همبستگی مثبت ( $r = 0.73^{**}$ ) نشان داد. قند کل در ژنوتیپ‌های گوشت قرمز با هدایت الکتریکی ( $r = 0.94^{**}$ ) همبستگی مثبت داشت و در سایر ارقام نیز با شاخص کروما گوشت همبستگی مثبت ( $r = 0.61^{**}$ ) داشته است. همبستگی آنتوسیانین پوست و گوشت در ارقام گوشت قرمز با قرمزی پوست ( $r = 0.93^{**}$ )، آنتوسیانین پوست با قرمزی گوشت ( $r = 0.86^{**}$ )، آنتوسیانین گوشت با قرمزی گوشت ( $r = 0.92^{**}$ )، آنتوسیانین پوست با گوشت ( $r = 0.93^{**}$ ) معنی دار شده است (جدول‌های ۵ و ۶). میزان همبستگی این شاخص‌ها به اندازه‌ای است که به ما اجازه می‌دهد تا از طریق اندازه‌گیری هر کدام از متغیرهای مستقل به تغییرات متغیر وابسته پی ببریم و به‌طور غیرمستقیم اندازه‌گیری یک صفت به کمک روش‌های دستگاهی و نرم‌افزار جهت ارزیابی میوه در این صنعت انجام شود. در این راستا تحقیقات (Fernandez-Vazquez *et al.*, 2011) نشان داد که مصرف کنندگان آب پرتقال رنگ آب پرتقالی را دوست می‌دارند که دارای شاخص‌های هیو و شاخص و شاخص روشنایی متوسط بودند.

### نتیجه‌گیری

ژنوتیپ‌های گوشت قرمز جزو ارقام وحشی بوده و آب میوه آن‌ها نسبت به سایر ارقام اسیدیته بیشتری داشتند. همچنین می‌توان عامل pH را شاخصی مرتبط با تعیین خصوصیت کیفی این ژنوتیپ‌ها دانست. در ژنوتیپ‌های گوشت قرمز روابط معنی داری بین قند کل، آنتوسیانین پوست، قرمزی پوست و pH مشاهده شد و به این دلیل که آنتوسیانین‌ها جزو ترکیبات فنلی هستند و در محافظت گیاه نقش دارند ساخت آن‌ها در پوست میوه بیشتر می‌باشد. از آنجایی که این ژنوتیپ‌ها جزو ژنوتیپ‌های وحشی هستند، رابطه منفی معنی دار بین pH با قند کل میوه وجود داشت. نتایج نشان داد که بین مقدار هدایت الکتریکی و مقدار قند میوه رابطه

pH آب میوه در صنعت تولید نوشیدنی برای تعیین کیفیت آب میوه کاربرد گسترده‌ای دارد (Wills *et al.*, 1998). بیشترین مقدار اسیدیته در رقم گلاب کهیز به میزان ۵/۳۶ و کمترین میزان آن در رقم گل قرمز به میزان ۳/۱۳ می‌باشد. بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در رقم گل قرمز به میزان ۶/۱ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. کمترین میزان آن در رقم شاهرود ۱۰ به میزان ۲/۲۳ دسی‌زیمنس بر متر بوده است (جدول ۴). (Khandare *et al.*, 2011) بیان کردند که با افزایش محتوای آنتوسیانین آب میوه، مقدار  $a^*$  نیز افزایش می‌یابد. (Bakhshi *et al.*, 2010) گزارش کردند شاخص روشنایی با کاهش رنگ قرمز در پوست سیب جاناتان افزایش یافت. در سیب جاناگلد کروما با افزایش رنگ قرمز، افزایش نشان داد اما در سیب فوجی تفاوت چندانی بین این پارامترها و تغییر رنگ ظاهری پوست مشاهده نشد، در هر سه رقم، آنتوسیانین با افزایش رنگ قرمز افزایش یافت. در تحقیقی بیان شد که هرچقدر میوه انار قرمزتر باشد ویژگی رنگی  $a$  (میزان قرمزی) و  $C$  (شدت رنگ) بیشتر است (Opara *et al.*, 2009). این موضوع با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد. علاوه بر نتایج فوق نمونه‌ها مورد مطالعه در طیف وسیعی از مقدار آنتوسیانین و مقدار قند و شاخص‌های آنالیز رنگ قرار داشتند (جدول‌های ۱، ۲ و ۳). سیب‌های گوشت قرمز در این مطالعه رفتار متفاوتی از نظر شاخص‌های رنگ و مقدار قند و آنتوسیانین، شاخص طعم و اسیدیته را نسبت به ارقام گوشت سفید از خود نشان دادند (جدول ۴).

### همبستگی بین صفات

نتایج ضرایب همبستگی (جدول‌های ۵ و ۶) نشان داده است که در ارقام گوشت قرمز و گوشت سفید هدایت الکتریکی و pH رابطه منفی باهم داشته‌اند. در ارقام گوشت قرمز هدایت الکتریکی با شاخص‌های پوست شامل زردی ( $r = 0.85^{**}$ )، روشنایی ( $r = 0.91^{**}$ ) و هیو ( $r = 0.76^{**}$ ) همبستگی مثبت نشان داد. pH ارقام گوشت قرمز با شاخص قرمزی گوشت ( $r = 0.80^*$ )، روشنایی پوست ( $r = 0.71^{**}$ ) و کروما گوشت ( $r = 0.74^{**}$ )

جدول ۵- همبستگی ساده بین شاخص‌های مورد بررسی شده در ژنوتیپ‌های سیب گوشت قرمز  
 Table 5. Simple correlations among the indices studied in red flesh apple genotypes

شاخص میوه Fruit index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1															
2	-0.71**	1														
3	0.92**	-0.75**	1													
4	0.86**	-0.93**	0.92**	1												
5	-0.38	0.89**	-0.38	-0.68*	1											
6	0.09	-0.50	0.23	0.39	-0.54	1										
7	-0.05	0.92**	-0.27	-0.36	0.41	-0.89**	1									
8	0.67*	-0.59*	0.74**	0.69*	-0.33	0.38	-0.48	1								
9	0.32	-0.54	0.50	0.54	-0.43	0.80**	0.78**	0.01	1							
10	-0.37	0.23	-0.57	0.41	0.05	-0.39	0.89**	-0.47	0.01	1						
11	0.91**	-0.29	0.85**	0.76**	0.25	0.01	-0.01	0.67*	-0.26	-0.72**	1					
12	0.71**	0.58*	-0.61*	0.50	0.02	-0.17	0.80*	0.54	0.06	0.74**	-0.78**	1				
13	0.37	-0.69*	0.58*	0.70**	-0.53	0.45	-0.45	0.42	0.47	0.79	-0.24	0.18	1			
14	-0.90**	0.59*	-0.83**	-0.77**	0.27	0.03	-0.09	0.56	-0.15	-0.68*	0.94**	-0.86**	0.35	1		
15	-0.60*	0.93**	-0.60*	-0.81**	0.92**	-0.54	0.86**	-0.63*	-0.63*	0.72**	0.49	-0.19	0.60*	0.01	1	
16	-0.15	0.93**	0.06	0.01	0.90**	-0.07	0.92**	0.18	0.11	0.82**	0.01	0.15	-0.05	0.99**	1	
(1) پوست L (L Skin)					(5) پوست C (C Skin)					(9) گوشت H (H Flesh)						(13) شاخص طعم (Fruit flavor index)
(2) پوست a (a Skin)					(6) گوشت L (L Flesh)					(10) گوشت C (C Flesh)						(14) قند کل (Total sugar)
(3) پوست b (b Skin)					(7) گوشت a (a Flesh)					(11) هدایت الکتریکی (EC)						(15) آنتوسیانین پوست (Antocyanin skin)
(4) پوست H (H Skin)					(8) گوشت b (b Flesh)					(12) اسیدیته (pH)						(16) آنتوسیانین گوشت (Antocyanin skin)

\*\* و \* به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

\* and \*\* significant in 0.05 and 0.01 level, respectivel.

جدول ۶- همبستگی ساده بین شاخص های مورد بررسی شده در سایر ارقام سیب

Table 6. Simple correlations between the indices studied in other apple varieties

																شاخص میوه
16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Fruit index
															1	1
														1	-0.67**	2
													1	-0.60**	0.92**	3
												1	0.90**	-0.85**	0.85**	4
											1	0.01	0.37	0.43*	0.28	5
										1	0.45*	0.41*	0.61**	-0.09	0.59**	6
									1	0.92**	-0.23	-0.55**	-0.62**	0.25	-0.49*	7
								1	-0.77**	0.71**	0.32	0.53**	0.62**	-0.22	0.53**	8
							1	0.79**	-0.99**	0.90**	0.27	0.54**	0.62**	-0.22	0.50*	9
						1	-0.87**	0.62*	0.37	-0.72**	-0.10	-0.49*	-0.55**	0.24	0.67*	10
					1	0.02	-0.15	-0.05	0.13	-0.50*	-0.53**	0.18	-0.08	-0.32	-0.24	11
				1	-0.69**	-0.19	-0.08	-0.21	-0.06	0.32	0.48*	-0.17	0.10	0.34	0.15	12
			1	0.73**	-0.54**	0.04	0.19	-0.56**	0.21	0.04	0.14	-0.33	-0.22	0.28	-0.08	13
		1	0.14	-0.24	-0.21	0.61**	-0.38	-0.15	0.41*	-0.16	-0.16	-0.06	-0.17	-0.17	0.11	14
	1	0.55**	0.34	0.01	-0.16	-0.18	-0.67**	-0.55**	0.49	-0.49*	-0.03	-0.71**	-0.73**	0.53	-0.58**	15
1	0.07	0.20	0.34	0.01	-0.16	0.27	-0.67**	-0.55**	0.68	-0.49*	-0.03	-0.71**	-0.73**	-0.53	-0.58**	16
(Fruit flavor index) شاخص طعم (13)							(H Flesh) H گوشت (9)				(C Skin) C پوست (5)				(L Skin) L پوست (1)	
(Total sugar) قند کل (14)							(C Flesh) C گوشت (10)				(L Flesh) L گوشت (6)				(a Skin) a پوست (2)	
(Antocyanin skin) آنتوسیانین پوست (15)							(EC) هدایت الکتریکی (11)				(a Flesh) a گوشت (7)				(b Skin) b پوست (3)	
(Antocyanin skin) آنتوسیانین گوشت (16)							(pH) اسیدیته (12)				(b Flesh) b گوشت (8)				(H Skin) H پوست (4)	

\*\* و \* به ترتیب نشان دهنده معنی دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

\* and \*\* significant in 0.05 and 0.01 level, respectivel.

مقادیر مساوی آنتوسیانین ولی دارای تفاوت در مقدار انواع آنتوسیانین هستند انجام گیرد و همبستگی پارامترهای رنگ با شاخص های کیفی میوه محاسبه شود تا تأثیر محیط و نوع آنتوسیانین و فنل بر شاخص های رنگ روشن گردد و الگوی استاندارد بین روابط رنگ و مقادیر اجزا میوه شامل قند و درجه اسیدی و آنتوسیانین تشکیل گردد. همچنین از روش های تحقیقی مدل سازی برای تعیین ارتباط محیط و ژنتیک میوه در رابطه با پارامترهای های رنگ در میوه استفاده جست.

مثبت وجود داشت و با افزایش هدایت الکتریکی مقدار اسید میوه در نمونه های آزمایشی کاهش می یابد. بین شاخص قرمزی و روشنایی رابطه منفی به دست آمد و شاخص روشنایی با زردی پوست در ارتباط معنی دار بود. همچنین بین مقدار آنتوسیانین و شدت رنگ (C) رابطه مثبت وجود داشت و بین شاخص زردی (a) با آنتوسیانین پوست و گوشت ارتباط مثبت معنی دار وجود داشت. به منظور اطمینان از استاندارد بودن نتایج پیشنهاد می گردد پارامترهای رنگ در ارقام یکسان که در مناطق مختلف کشت شده اند و همچنین ارقامی که دارای

## References

- Ansari, K. and Mahmodi, A. (2012). *Color management in displays*. Tehran: Publisher Naghshe Bayan. [In Farsi]
- Bakhshi, D. and Ghorbani, E. (2012). Evaluation of phenolic compounds in different part of a native red-flesh apple (*Malus baccata*) in Northern Iran. *Journal of Plant Science and Biotechnology*, 6(1), 68-71.
- Bakhshi, D., Fatollahi, S. and Arakawa, O. (2010). Investigating the relationship between phenolic compounds and skin color in three red apple cultivars in Japan. *Journal of Horticultural Science*, 24(2), 251-258. [In Farsi]
- CIE. (1986). *Technical report: Colorimetry*. Commission international de l'éclairage, Vienna, Austria.
- Demian, J. M. (1990). *Principle of food chemistry* (2 ed.). New York: Van Nostrand Reinhold.
- Elyatem, S. M. and Kader, A. A. (1984). Postharvest physiology and storage behavior of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 24(3-4), 287-298.
- Farahnaky, A., Askari, H. and Mesbahi, G. R. (2009). The use of digital imaging for evaluating color changes of rutab during drying in a cabinet drier. *Journal of Food Science and Technology*, 6(2), 43-52. [In Farsi]
- Faramarzi, S. (2011). *Study of morphological traits and genetic diversity among Iranian red flesh apples using microsatellite markers*. M.Sc. thesis of Horticultural Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. [In Farsi]
- Fernandez-Vazquez, R., Stinco, C. M., Melendez-Martinez, A. J., Heredia, F. J. and Vicario, I. M. (2011). Visual and instrumental evaluation of orange juice color: A consumers' preference study. *Journal of Sensory Studies*, 26(6), 436-444.
- Gerrard, D. E., Gao, X. and Tan, J. (1996). Beef marbling and color score determination by image processing. *Journal of Food Science*, 61(1), 145-148.
- Honda Ch., Kotoda N., Wada, M., Kondo, S., Kobayashi Sh., Soejima J., Zhang Z., Tsuda T. and Moriguchi, T. (2002). Anthocyanin biosynthetic genes are coordinately expressed during red coloration in apple skin. *Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 40(11), 955-962.
- Hudina, M. and Stampar, F. (2000). Sugars and organic acids contents of European (*Pyrus communis* L.) and Asian (*Pyrus serotina* Rehd.) pear cultivars. *Acta Alimentaria*, 29(3), 217-230.
- Iacopini, P., Camangi, F., Stefani, A. and Sebastiani, L. (2010). Antiradical potential of ancient Italian apple varieties of *Malus domestica* Borkh. in a peroxynitrite-induced oxidative process. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), 518-524.

- Janick, J., Cummins, J. N. Susan, K. Brown, S. K. and Hemmat, M. (1996). Fruit breeding. In J. Janick, & J. N. Moore (Eds.). *Tree and tropical fruits* (pp. 1-77, Vol. I). New York: John Wiley and Sons.
- Khandare, V., Walia, S., Singh, M. and Kaur, Ch. (2011). Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: Processing effects on antioxidant composition and color. *Journal Food & Bioproducts Processing*, 89(4), 482-486.
- Kumara, A., Ganjyal, G. M., Jones D. D. and Hanna M. A. (2006). Digital image processing for measurement of residence Time distribution in a laboratory extruder. *Journal of Food Engineering*, 75(2), 237-244.
- Lancaster, J. E. (1992). Regulation of skin color in apple. *Journal of Critical Reviews in Plant Sciences*, 10(6), 487-502.
- McCready, R. M., Guggolz, J., Silviera, V. and Owens H. S. (1950). Determination of starch and amylase in vegetables. *Analytical Chemistry*, 22(9), 1156-1158.
- Mir Mohammadi Meybodi, A. M. (2003). *Plant breeding in horticulture*. Isfahan: Isfahan University of Technology Publication. [In Farsi]
- Mokhtarian, M., Asgharzadeh, A., Ganji Moghaddam, E., Khavari Khorasani, S. and Hamidi, H. (2016). Investigation of genetic diversity of razavikhorasan province local apple (*Malus communis* L.) genotypes using morphological and pomological characters. *Plant Productions*, 39(1), 66-78. [In Farsi]
- Moradi, S. and Koushesh Saba, M. (2015). Biochemical and physical changes in some west part of iran pear cultivars during storage. *Plant Productions*, 38(4), 81-92. [In Farsi]
- Mratinic, E. and Fotiric Aksic, M. (2011). Evaluation of phenotypic diversity of apple germplasm through the principle component analysis. *Genetika*, 43(2), 331-340.
- Nagy, S. (1980). Vitamin C content of citrus fruit and their product. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 8-18.
- Opara, L. U., Al-Ani, M. R. and Al-Shuaibi, Y. S. (2009). Physico-chemical properties, vitamin C content, and antimicrobial properties of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.). *Food Bioprocess Technology*, 2(3), 315-321.
- Pathare, P. B., Opara, L. U. and Al-Said, A. F. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed food: A review. *Food Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60.
- Pordarbani, R., Gasemzadeh, H. R., Agha Golzadeh, A. and Behfar, H. (2009). Feasibility study of apple quality grading using image processing. *Journal of Food Research*, 19(1), 75-85. [In Farsi]
- Tao, Y., Heinemann, P. H., Varghese, Z., Morrow, C. T. and Sommer, H. J. (1995). Machine vision for color inspection of potatoes and apples. *Transactions of the ASAE*, 38(5), 1555-1561.
- Wang, X., Li, C., Liang, D., Zou, Y., Li, P. and Ma, F. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity in red-fleshed apples. *Journal of Functional Foods*, 18, 1086-1094.
- Wanger, G. J. (1979). Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids and anthocyanins in proposes. *Plant Physiology*, 64(1), 88-93.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D. and Joyce, D. (1998). *Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals* (4 ed.). Sydney: UNSW Press.
- Yam, K. L. and Papadakis, S. E. (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61(1), 137-142.