

## مقایسه ویژگی‌های بیوشیمیایی و کیفی میوه برخی نژادگان‌های ازگیل ژاپنی (*Eriobotrya japonica* L.) گرگان

رخساره رحیم‌خانی<sup>۱</sup>، فریال وارسته<sup>۲\*</sup> و اسماعیل سیفی<sup>۳</sup>

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، استادیار و دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۵)

### چکیده

ازگیل ژاپنی با نام علمی *Eriobotrya japonica* L. به دلیل داشتن مقادیر بالای ترکیب‌های فنولی و پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) خاصیت ضد سرطانی و ضدالتهابی داشته و در صنایع غذایی، پزشکی و دارویی کاربرد فراوان دارد. به‌منظور بررسی صفات کیفی میوه، بیست نژادگان (ژنوتیپ) ازگیل ژاپنی از مناطق مختلف شهر گرگان در استان گلستان انتخاب شدند. میوه‌ها در زمان رسیدن کامل در بهار سال ۱۳۹۳ گردآوری و ویژگی‌های بیوشیمیایی و کیفی میوه آن‌ها ارزیابی شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد، میزان فنول کل نژادگان‌ها بین ۳۱۶/۵۵-۱۳۱/۹۵ میکروگرم اسیدگالیک بر گرم وزن تر، میزان فلاونوئید کل بین ۸۷/۹۱-۳/۴۵ میکروگرم بر گرم وزن تر کوئرستین و ظرفیت پاداکسندگی بین ۷۶/۸۱-۱۱/۰۵ درصد، میزان کاروتنوئید کل پوست میوه بین ۱۸/۳۹-۳/۶۴ و کاروتنوئید کل گوشت میوه بین ۰/۲۴-۵/۰۸ میکروگرم بر گرم وزن تر متغیر بود. بنابراین میزان کاروتنوئید کل گوشت میوه کمتر از پوست میوه بود. نژادگان ۵ بیشترین  $L^*$  و  $b^*$  را داشت. نتایج نشان داد، میزان گلوکز بین ۱۳۶/۴۱-۴۱/۸۶، فروکتوز ۵۱/۲۶-۱۶/۰۴ و ساکارز ۰/۶۳-۰/۰۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر متغیر بود. افزون بر این نژادگان‌های مورد بررسی از نوع گوشت سفید، و قند غالب در آن‌ها گلوکز بود. به‌طورکلی نژادگان ۵، ۱۴ و ۹ به ترتیب بیشترین میزان فنول، فلاونوئید و ظرفیت پاداکسندگی را داشتند. در نهایت نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق بیانگر بالا بودن میزان متابولیت‌های ثانویه در میوه ازگیل ژاپنی است بنابراین این میوه می‌تواند در صنایع غذایی و دارویی بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** ازگیل ژاپنی، صنایع غذایی، ظرفیت پاداکسندگی، فلاونوئید، فنول کل، کاروتنوئید.

## Comparison of fruit biochemical and qualitative attributes of loquat genotypes (*Eriobotrya japonica* L.) of Gorgan

Rokhsareh Rahimkhani<sup>1</sup>, Feryal Varasteh<sup>2\*</sup> and Esmail Seifi<sup>3</sup>

1, 2, 3. Former M.Sc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: Mar. 6, 2016 - Accepted: Jul. 26, 2016)

### ABSTRACT

Loquat (*Eriobotrya japonica* L.) is used abundantly in the food, medical and pharmaceutical industries due to high levels of phenolic compounds and antioxidants and having anti-cancer and anti-inflammatory properties. In order to study fruit qualitative traits, 20 loquat genotypes from different regions of Gorgan in Golestan province were selected. The fruits of the genotypes were collected at ripening stage in spring, 2014 and their biochemical and qualitative attributes were assessed. The means comparison showed that the total phenol of the genotypes varied between 131.95-316.55  $\mu\text{g}$  gallic acid/g FW, total flavonoids 3.45-87.91  $\mu\text{g}$  quercetin/g FW, antioxidant capacity 11.05-76.81 %, total carotenoid of fruit skin 3.64-18.39 and total carotenoid of fruit flesh was 0.24-5.08  $\mu\text{g/g}$  FW. Therefore, total carotenoid of fruit flesh was less than fruit skin. Genotype 5 had the highest  $L^*$  and  $b^*$ . The results showed that the amount of glucose, fructose and sucrose was varied between 41.86-136.41, 16.04-51.26 and 0.07-0.63 mg/g 100 FW, respectively. In addition, the assessed genotypes had a white flesh and glucose was the dominant sugar. As a whole, genotypes 5, 14 and 9 had the highest content of phenolic, flavonoid and antioxidant capacity. In conclusion, the results of this research indicate the high content of secondary metabolites in the loquat fruit, thus the fruit can be more considered in food and medicinal industries.

**Keywords:** Antioxidant capacity, carotenoid, flavonoid, food industry, loquat, total phenol.

\* Corresponding author E-mail: f.varasteh@gau.ac.ir

### مقدمه

ازگیل ژاپنی یک درخت همیشه‌سبز نیمه گرمسیری متعلق به خانواده گل‌سرخیان و بومی جنوب‌شرق چین است (Mesejo *et al.*, 2010). پیشینه ازگیل ژاپنی در چین به بیش از ۲۰۰۰ سال پیش برمی‌گردد و در آنجا بسیاری از گونه‌های وحشی ازگیل ژاپنی وجود دارند (Lin *et al.*, 1999). هیچ آمار قابل دسترسی در سازمان خواربار و کشاورزی (فائو)<sup>۱</sup> از کشورهای تولیدکننده ازگیل ژاپنی وجود ندارد. ترکیه با تولید جهانی حدود ۱۲۰۰۰ تن در سال، پس از چین، ژاپن و اسپانیا یک کشور عمده تولیدکننده ازگیل ژاپنی است (Ercisli *et al.*, 2012). اسپانیا در رأس تولیدکنندگان ازگیل ژاپنی در کشورهای حاشیه مدیترانه است که بیش از ۵۰ درصد ازگیل ژاپنی این منطقه را تولید می‌کند (Amoros *et al.*, 2003 & Uzun *et al.*, 2012). بلوغ میوه ازگیل ژاپنی را می‌توان با استفاده از شاخص‌های مختلف مانند رنگ پوست، سفتی گوشت، مواد جامد محلول<sup>۲</sup>، اسیدیتته قابل عیارسنجی (تیترا<sup>۳</sup> و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیتته قابل عیارسنجی ارزیابی کرد. سطوح قند به اسید روی ویژگی‌های حسی (ارگانولپتیکی) میوه اثر می‌گذارد (Pinillos *et al.*, 2009). طعم خوب ازگیل ژاپنی به نسبت بین قند و اسید مرتبط است. رنگ میوه ازگیل ژاپنی یک فراسنجه مهم در برداشت است که بین رقم‌ها از زرد کم‌رنگ تا نارنجی پررنگ در فرآیند رسیدن متغیر است (Tian *et al.*, 2011). این میوه ممکن است به صورت تازه‌خوری یا در ترکیب با دیگر میوه‌ها در سالاد میوه، کلوچه، سس، مربا و ژله استفاده شود. همچنین ممکن است به صورت کنسرو، خشک‌شده، فریزشده و شربت تهیه شود (Cran & Calderia, 2013). کیفیت میوه ازگیل ژاپنی شامل رنگ، عطر و طعم و دیگر مواد شیمیایی به درجه رسیدگی میوه بستگی دارد (Baljinder *et al.*, 2010). میوه ازگیل ژاپنی منبع غنی از ویتامین‌ها و مواد کانی است (Cran & Calderia, 2013).

ازگیل ژاپنی به علت داشتن مقادیر فراوان فنول و فلاونوئید ویژگی پاداکسندگی بالایی دارد (Hong *et al.*, 2008). ترکیب‌های فنولی با داشتن خاصیت پاداکسندگی و آنتی‌رادیکالی نقش مهمی در نگهداری محصولات غذایی و حفظ سلامتی انسان ایفا می‌کنند (Shariatifar *et al.*, 2012). عامل‌های چندی میزان ترکیب‌های فنولی موجود در بافت‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند که از آن جمله می‌توان به عامل‌های ژنتیکی، میزان نور خورشید، شرایط خاک، درجه رسیدگی در زمان برداشت، شرایط محیطی و آب و هوایی، عملیات پس از برداشت و شرایط نگهداری اشاره کرد (Ghaderi Ghahfarokhi *et al.*, 2011). شاخص‌ترین ترکیب‌های میوه رسیده ازگیل ژاپنی کلروژنیک اسید، نفوکلوژنیک اسید، هیدروکسی‌بنزوئیک اسید و ۵-فرولیل‌کوئینیک اسید است. این ترکیب‌های فنولی به علت مشارکت در فرآیند قهوه‌ای شدن آنزیمی، مورد توجه متخصصان صنایع غذایی هستند (Ding *et al.*, 2001).

رنگ به‌طور مستقیم بر ظاهر میوه و مشتری‌پسندی آن اثر می‌گذارد. کاروتنوئیدها یکی از رنگدانه‌های اصلی مسئول رنگ در میوه‌ها هستند و از مهم‌ترین جنبه‌های کیفیت ظاهری بسیاری از میوه‌های زرد تا قرمز مانند مرکبات و گوجه‌فرنگی هستند. کاروتنوئیدها نقش مهمی در حفظ سلامت انسان‌ها مانند جلوگیری از بیماری‌ها، حذف رادیکال‌های آزاد و افزایش ایمنی بدن ایفا می‌کنند. میوه ازگیل ژاپنی به دلیل داشتن دو نوع کاروتنوئید بتاکریپتوزانتین و بتاکاروتن، یک منبع پیش‌ویتامین A است که می‌تواند در بدن انسان و حیوانات به یکدیگر تبدیل شوند (Zhou *et al.*, 2007). بنابراین کاروتنوئید در رنگ میوه و سلامتی انسان تأثیر دارد. میزان کاروتنوئید بسته به رقم میوه بسیار متنوع است (Goulas *et al.*, 2014). رنگ پوست میوه در رقم‌های مختلف ازگیل ژاپنی از زرد تا نارنجی متمایل به قرمز و گوشت میوه‌ها از سفید تا نارنجی متنوع بوده و به دو گروه گوشت سفید و گوشت قرمز تقسیم می‌شوند (Zhou *et al.*, 2007). تجمع قند در آغاز مرحله بلوغ میوه سرعت زیادی دارد و تجمع ساکارز در این مرحله بیش

1. Food & Agriculture Organization (F.A.O)
2. Total soluble solids (TSS)
3. Titratable acidity (TA)

خوبی به فروش برسد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی ویژگی‌های بیوشیمیایی و کیفی میوه برخی از نژادگان (ژنوتیپ)های ازگیل ژاپنی گرگان است.

## مواد و روش‌ها

### مواد گیاهی

میوه‌های بیست نژادگان ناشی از افزودن توسط بذر ازگیل ژاپنی، در خردادماه سال ۱۳۹۳، در زمان رسیدن و تغییر رنگ کامل از قسمت بیرونی تاج درخت از اطراف شهر گرگان بنا بر جدول ۱ شناسایی، برداشت و به آزمایشگاه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انتقال یافتند. در آزمایشگاه در آغاز فراسنجه‌های رنگ پوست میوه تعیین شد. پس از آن بی‌درنگ پوست میوه‌ها از گوشت جدا و هر یک به‌طور جداگانه در نیتروژن مایع فرو برده شد و تا زمان اندازه‌گیری‌های بعدی درون فریزر ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شد. اندازه‌گیری همه صفات در سه تکرار انجام شد.

از هر قند دیگری است و قند اصلی در میوه‌های رسیده ازگیل ژاپنی است. سوربیتول یک قند الکلی پیش‌غالب در میوه‌های جوان است و میزان آن در فرآیند رشد و نمو میوه افزایش می‌یابد اما نسبت آن به قند کل کاهش می‌یابد و یک ترکیب جزئی در میوه‌های رسیده ازگیل ژاپنی است. درحالی‌که میزان گلوکز و فروکتوز با رسیدن میوه افزایش می‌یابد (Pareek *et al.*, 2014).

در ایران ازگیل ژاپنی به‌طور سنتی و خودرو در نواحی نزدیک دریای خزر پرورش می‌یابد. وزن این میوه ۲۳-۱۲ گرم بوده و به قطر ۳۴-۲۷ میلی‌متر، طول ۳۳-۲۵ میلی‌متر و ۱ تا ۴ عدد بذر دارد. نسبت گوشت به بذر این میوه ۲/۵ تا ۶ بوده و هنگام رسیدن میوه مواد جامد محلول آن به ۸ تا ۱۷ درصد می‌رسد (Rahimkhani *et al.*, 2016). از آنجایی که این میوه یکی از زودرس‌ترین میوه‌ها است و میوه آن در اواسط تا اواخر بهار هنگامی که هنوز دیگر میوه‌های تابستانه وارد بازار نشده‌اند قابل برداشت است می‌تواند در بازار با قیمت

جدول ۱. مناطق گردآوری میوه نژادگان‌های ازگیل ژاپنی با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه

Table 1. The collection regions of the loquat genotypes with 54° longitude and 36° latitude

Genotype No.	Location	Altitude (m)	Genotype No.	Location	Altitude (m)	Genotype No.	Location	Altitude (m)
1	Gorgan	126	8	Ahangar mahaleh	180	15	Qorogh	128
2	Nomal	284	9	Ahangar mahaleh	182	16	Ali abad	132
3	Nomal	290	10	Ahangar mahaleh	182	17	Alid abad	134
4	Nomal	291	11	Spooh mahaleh	64	18	Saed abad	80
5	Nomal	295	12	Anjirab	56	19	Nodijeh	14
6	Ahangar mahaleh	167	13	Qarn abad	272	20	Nasr abad	159
7	Ahangar mahaleh	171	14	Qarn abad	261			

سه تکرار (هر تکرار شامل هفت عدد میوه) اندازه‌گیری شد و زاویه هیو و خلوص رنگ (کروما) با استفاده از رابطه ۱ تعیین شد (Salehi & Kashaninejad, 2014).

$$H^{\circ} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad a^* > 0, b^* > 0 \quad (1)$$

$$H^{\circ} = 180 + \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad a^* < 0$$

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

پس از تهیه عصاره متانولی میوه (۱ گرم نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد)، اندازه‌گیری فنول کل گوشت میوه با معرف فولین سیوکالچپو انجام و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری (اسپکتروفوتومتر) مدل (M501

### اندازه‌گیری رنگ و ویژگی‌های کیفی میوه

$L^*a^*b^*$  یا CIELab<sup>۱</sup> در آن  $L^*$  بیانگر روشنایی است که دامنه آن از ۰ تا ۱۰۰ است و  $a^*$  (قرمزی) و  $b^*$  (زردی) بیانگر ترکیب‌های رنگی هستند که از ۱۲۰- تا ۱۲۰+ هستند (Farahnaky *et al.*, 2009).

برای اندازه‌گیری فراسنجه‌های رنگ  $L^*a^*b^*$  پوست میوه، از دستگاه اسکنر مدل Hp Scanjet 3110 و نرم‌افزار Image J استفاده شد. تصاویر به‌دست‌آمده از مدل RGB به Lab تبدیل شدند. فراسنجه‌های رنگ پوست میوه در سه قسمت از محور استوایی میوه در

1. International Commission on Illumination

اسید کلریدریک رقیق و قرار دادن در حمام آب گرم انجام شد و سپس میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری خوانده شد (Ashwell, 1957). ساکارز با استفاده از معرف آنترون و تعیین میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Handel, 1968). میزان قندها بر پایه میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌های آماری

تجزیه و آریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (9.1) و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD صورت گرفت.

### نتایج و بحث

نتایج نشان داد، نژادگان‌های ازگیل ژاپنی مورد بررسی در همه صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، میزان فنول کل گوشت میوه نژادگان‌ها از ۱۳۱/۹۵ تا ۳۱۶/۵۵ میکروگرم اسیدگالیک بر گرم وزن تر متغیر بود (جدول ۱). نژادگان ۵ بیشترین و نژادگان ۱۰ کمترین میزان فنول کل را داشتند. میزان فنول کل در گوشت میوه ازگیل ژاپنی ۲۵۰-۱۰۰ میلی‌گرم اسیدگالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر در زمان رسیدن میوه بیان شده است (Ghasemnezhad & Ashournezhad, 2011; ) در نتایج (Ashournejad & Ghasemnezhad, 2012). در تحقیق دیگری، میزان فنول کل در این میوه را ۲۵۳-۱۴۰ میکروگرم اسید گالیک بر گرم وزن تر گزارش کردند (Ercisli *et al.*, 2012). میزان فنول کل در میوه‌ها و سبزی‌ها به ژنتیک و عامل‌های محیطی و همچنین شرایط فرآوری پس از برداشت بستگی دارد (Ercisli *et al.*, 2012). محققان در نتایج بررسی‌های خود، حضور یازده ترکیب فنولی را در پوست و گوشت ازگیل ژاپنی گزارش کردند و اظهار داشتند پوست میوه ازگیل ژاپنی حاوی فنول و فلاونول بیشتری نسبت به گوشت میوه است. میزان فنول کل در گوشت میوه ازگیل ژاپنی ۱۵-۱۰ و در پوست میوه ۴۵-۳۰ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن خشک

(Camspec) خوانده شد. محتوای فنول کل با استفاده از منحنی استاندارد ( $Y = 0.54x - 0.005$ ) بر پایه میکروگرم اسیدگالیک در گرم وزن تر گزارش شد (Ebrahimzade *et al.*, 2008). محتوای فلاونوئید کل گوشت میوه با استفاده از آلومینیوم کلرید و استات پتاسیم اندازه‌گیری و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر خوانده شد. سپس با استفاده از رابطه  $Y = 0.793x - 0.037$  بر پایه میکروگرم کوئرستین در گرم وزن تر گزارش شد (Ebrahimzade *et al.*, 2008).

برای سنجش میزان ظرفیت پاداکسندگی گوشت میوه از معرف ۲ و ۲- دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده شد و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. ظرفیت پاداکسندگی با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Ebrahimzade *et al.*, 2008).

$$(2) \quad \text{ظرفیت پاداکسندگی} = \frac{\text{جذب نمونه} - \text{جذب شاهد}}{\text{جذب شاهد}} \times 100$$

برای اندازه‌گیری کاروتنوئید کل گوشت و پوست میوه، رنگدانه‌ها توسط دی‌متیل سولفوکساید (DMSO) استخراج شدند. سپس جذب محلول به دست آمده با استفاده از دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج‌های ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر خوانده شد. میزان کاروتنوئید کل با استفاده از رابطه (۳) محاسبه شد (Barnes *et al.*, 1992).

$$(3) \quad \text{کاروتنوئید کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)} =$$

$$\frac{\text{میزان رقیق سازی} \times \text{حجم} \times (1.49 \times O.D 510) - (7.6 \times O.D 480)}{\text{وزن نمونه} \times 1000}$$

به منظور استخراج قندهای محلول نیز از اتانول ۸۰ درصد استفاده شد. پس از آن نمونه‌ها در حمام آب گرم قرار داده و سپس سانتریفیوژ شدند (Omokolo *et al.*, 1996). برای سنجش گلوکز عصاره تغلیظ شده با معرف دی نیترو سالیسیلیک اسید مخلوط و در حمام آب گرم قرار داده شد و پس از افزودن پتاسیم سدیم تارتارات، میزان جذب در طول موج ۵۷۵ نانومتر خوانده شد (Miller, 1959). اندازه‌گیری فروکتوز نیز با ترکیب عصاره تغلیظ شده با معرف ری سورسینول و

میزان کاروتنوئید کل پوست میوه بین ۳/۶۴ تا ۱۸/۳۹ میکروگرم بر گرم وزن تر بود که بیشترین میزان در نژادگان ۶ و کمترین میزان در نژادگان ۱۶ ثبت شد. میزان کاروتنوئید کل گوشت میوه از ۰/۲۴ (نژادگان ۴) تا ۵/۰۸ (نژادگان ۳) میکروگرم بر گرم وزن تر متغیر بود. کاروتنوئید کل در ازگیل ژاپنی از ۳۸/۹ تا ۷۸/۵ میکروگرم بر گرم وزن تر بیان شده است (Ercisli *et al.*, 2012). همچنین میزان کاروتنوئید گوشت میوه در ازگیل ژاپنی از ۱ تا ۱/۳ میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شده است (Goulas *et al.*, 2014). در پژوهش دیگری میزان کاروتنوئید کل گوشت میوه ازگیل ژاپنی بین ۲۳/۴ تا ۴۹۶/۳۶ میکروگرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد (Xu & Chen, 2011). میزان کاروتنوئید کل در گوشت میوه ازگیل ژاپنی کمتر از پوست میوه است (Zhou *et al.*, 2012; Fu *et al.*, 2007) که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت. بتا کاروتن و لوتئین عمده‌ترین کاروتنوئیدهای موجود در پوست میوه ازگیل ژاپنی هستند (Zhou *et al.*, 2007).

میزان فروکتوز، گلوکز و ساکارز در نژادگان‌های مورد بررسی به ترتیب از ۵۱/۲۶-۱۶/۰۴، ۱۳۶/۴۱-۴۱/۸۶ و ۰/۶۳-۰/۰۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر متغیر بود. بیشترین میزان فروکتوز در نژادگان ۱۷ و کمترین آن در نژادگان ۱۲ ثبت شد. بیشترین میزان گلوکز در نژادگان ۶ و کمترین میزان در نژادگان ۱۲ اندازه‌گیری شد.

فروکتوز و گلوکز فراوان‌ترین قندها در میوه ازگیل ژاپنی هستند و ساکارز، مالتوز و سوربیتول دیگر قندهای موجود در آن هستند. میزان گلوکز ۷/۴۸-۵/۹۲ درصد، فروکتوز ۵/۴۵-۴/۰۶ درصد و ساکارز ۰/۷۰۴-۰/۰۰۵ درصد در رقم‌های مختلف است (Toker *et al.*, 2012). همچنین میزان ساکارز ۵/۰۲-۱/۵۹ میلی‌گرم بر گرم، میزان گلوکز ۵۳/۶-۲۷/۴ میلی‌گرم بر گرم، میزان فروکتوز ۵۴/۲-۴۰/۵ میلی‌گرم بر گرم در برخی رقم‌ها گزارش شد (Xu & Chen, 2011). در نتایج پژوهش دیگری، پژوهشگران میزان گلوکز را در ازگیل ژاپنی ۸-۴/۵ میلی‌گرم بر گرم، میزان فروکتوز را ۲۰-۱۵ میلی‌گرم بر گرم و

اندازه‌گیری کردند (Zhang *et al.*, 2015). همچنین میزان فنول کل در رقم کارانتوکی ۳۰-۲۰ و در رقم مورفیتیکی ۴۲-۳۰ میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم وزن تر گزارش شده است (Goulas *et al.*, 2014). فنول کل در برخی رقم‌های مورد بررسی ۵۷۲/۳-۲۴۰/۵ میکروگرم اسید گالیک بر گرم ثبت شد (Xu & Chen, 2011).

میزان فلاونوئید کل در نژادگان‌ها از ۳/۴۵ تا ۸۷/۹۱ میکروگرم بر گرم وزن تر کوئرستین تفاوت داشت که بیشترین میزان در نژادگان ۱۴ و کمترین میزان در نژادگان ۱۲ ثبت شد. میزان فلاونوئید کل در گوشت میوه ازگیل ژاپنی از ۲۱/۲ در رقم تایپینگ‌بای<sup>۱</sup> تا ۷۷/۵ میکروگرم بر گرم روتین در رقم تیانشانگ<sup>۲</sup> گزارش شد (Xu & Chen, 2011).

بیشترین و کمترین میزان ظرفیت پاداکسندگی به ترتیب در نژادگان ۹ (۷۶/۸۱ درصد) و ۱۴ (۱۱/۰۵ درصد) مشاهده شد. میزان پاداکسندگی در ازگیل ژاپنی EC50<sup>۳</sup> ۱۹-۲۱ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر ثبت شده است (Goulas *et al.*, 2014). همچنین میزان فعالیت پاداکسندگی در میوه ازگیل ژاپنی ۶۰-۲۲ درصد بیان شد (Ghasemnezhad & Ashour Nezhad, 2011; Ashournejad & Ghasemnezhad, 2012). فعالیت پاداکسندگی در پوست میوه ازگیل ژاپنی، ۲۵/۱۹ تا ۳۶/۶۴ میلی‌گرم ترولاکس<sup>۴</sup> بر گرم وزن خشک، و در گوشت میوه ۱۱/۷۹-۶/۶۲ میلی‌گرم ترولاکس بر گرم وزن خشک بود (Zhang *et al.*, 2015). ظرفیت پاداکسندگی در رقم‌های ازگیل ژاپنی ۱/۱۹ تا ۳/۲۳ میکرومول ترولاکس بر گرم و به روش ۲ و ۲ آزینو بیس (۳-اتیل بنزین تیازولین-۶-سولفونیک اسید)<sup>۵</sup> ۱/۳۲ تا ۳/۳۰ میکرومول ترولاکس بر گرم و در روش احیای آهن پلاسما<sup>۶</sup> ۲/۱۷-۳/۷۲ میکرومول ترولاکس بر گرم است (Xu & Chen, 2011).

1. Taipingbai
2. Tianzhong
3. Half Maximal Effective Concentration
4. TEAC: Trolox Equivalent Antioxidant Capacity
5. ABTS: 2,2 Azino Bis- (3 ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
6. FRAP: Ferric Reducing Ability of Plasma

در این پژوهش میزان فراسنجه<sup>a\*</sup> پوست میوه ازگیل ژاپنی از ۱/۰۶ تا ۱۳/۱۱ متغیر بود و بیشترین و کمترین میزان به ترتیب در نژادگان ۱۸ و ۳ ثبت شد. میزان<sup>b\*</sup> از ۶۶/۰۵ (نژادگان ۶) تا ۷۲/۰۹ (نژادگان ۵) اندازه‌گیری شد. میزان<sup>a\*</sup> در پوست میوه ازگیل ژاپنی از ۳/۰۹ تا ۱۳/۹۸ و در گوشت میوه از ۳/۵۵- تا ۱۲/۴۵ و میزان<sup>b\*</sup> در پوست میوه ازگیل ژاپنی از ۴۷/۱۰ تا ۵۰/۴۴ و در گوشت میوه از ۲۳/۸۶ تا ۴۴/۶۹ بوده است (Ercisli et al., 2012).

هیو که در فارسی به آن رنگ یا فام گفته می‌شود در یک مختصات ۳۶۰ درجه بیان می‌شود (Wrolstad et al., 2005). بیشترین میزان زاویه هیو در نژادگان ۳ بود و کمترین میزان آن در نژادگان ۱۸ (۷۹/۱۸) بود و نژادگان‌های ۲، ۴ و ۵ از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با نژادگان ۳ نداشتند. میزان زاویه هیو در پوست میوه ازگیل ژاپنی ۷۵/۴۶ تا ۸۵/۸۶ و در گوشت میوه از ۷۵/۰۴ تا ۹۷/۵۷ اندازه‌گیری شد (Ercisli et al., 2012). در نتایج تحقیقی، میزان زاویه هیو در ازگیل ژاپنی را ۶۳ تا ۷۵/۳ بیان کردند (Xu & Chen, 2011).

کروما سیری یا خلوص رنگ را نشان می‌دهد (Wrolstad et al., 2005). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین میزان خلوص رنگ در نژادگان ۵ و کمترین میزان در نژادگان ۱۷ مشاهده شد. میزان خلوص رنگ در پوست میوه ازگیل ژاپنی از ۴۶/۸۲ تا ۵۱/۶۹ و در گوشت میوه از ۲۴/۲۳ تا ۴۶/۳۲ است (Ercisli et al., 2012). همچنین میزان خلوص رنگ در رقم‌های ازگیل ژاپنی ۴۰/۹ تا ۴۷/۵ گزارش شده است (Xu & Chen, 2011). میزان<sup>L\*</sup> و خلوص رنگ در رقم‌های گوشت قرمز کمتر از رقم‌های گوشت سفید ازگیل ژاپنی است که نشان‌دهنده شفافیت و شدت رنگ بیشتر است. این رقم‌ها کاروتنوئید بیشتری نیز دارند. همچنین در رقم‌های گوشت قرمز میزان<sup>a\*</sup> و <sup>b\*</sup>/a بیشتر است و رقم‌های گوشت قرمز<sup>b\*</sup> کمتری نسبت به رقم‌های گوشت سفید دارند. افزون بر این رقم‌های گوشت سفید میزان زاویه هیو بیشتری نسبت به رقم‌های گوشت قرمز دارند (Zhou et al., 2007). بررسی تغییرپذیری ویژگی‌های میوه ازگیل ژاپنی رقم «آلگری» در فرآیند مرحله بلوغ میوه نشان داد که

میزان ساکارز را ۶-۴/۵ میلی‌گرم بر گرم بیان کردند (Shao et al., 2013). میزان ساکارز در رقم داهنوگ‌پاوا<sup>۱</sup> ۳/۵-۲/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و در رقم ناینگ‌هیبا<sup>۲</sup> ۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر، میزان گلوکز ۳۵-۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در رقم داهنوگ‌پاوا و ۴۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در رقم ناینگ‌هیبا و میزان فروکتوز ۶۵-۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر ثبت شده است (Cao et al., 2013). بر پایه یافته‌های برخی محققان فروکتوز قند اصلی میوه‌های جوان ازگیل ژاپنی بود و در فرآیند رسیدن افزایش یافت. قند سوربیتول در آغاز در سطح بالاتری بود و به تدریج در فرآیند مرحله‌های اولیه رشد میوه کاهش یافت و ساکارز همزمان با تغییر رنگ و یک هفته پیش از گلوکز به شدت افزایش یافت (Amoros et al., 2003). میزان گلوکز در میوه رسیده ازگیل ژاپنی ۱/۵۱-۰/۹۳، میزان فروکتوز ۱/۸۲-۰/۸۹، میزان ساکارز ۴/۹۶-۲/۷۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه است (Hasegawa et al., 2010).

تغییر رنگ یک از مهم‌ترین تغییرهای آشکاری است که در بسیاری از میوه‌ها صورت می‌گیرد و اغلب به‌عنوان معیار اصلی از سوی مصرف‌کننده، برای تشخیص میوه رسیده از نارس استفاده می‌شود (Rahemi, 2005).

مقایسه میانگین فراسنجه‌های رنگ پوست میوه نژادگان‌های ازگیل ژاپنی در جدول ۲ آورده شده است. بیشترین میزان<sup>L\*</sup> پوست میوه در نژادگان ۵ و کمترین آن در نژادگان ۹ ثبت شد. میزان<sup>L\*</sup> در پوست میوه ازگیل ژاپنی از ۶۵/۸۷ تا ۶۸/۳۴ و در گوشت میوه از ۶۶/۱۰ تا ۷۱/۸۰ گزارش شده است (Ercisli et al., 2012). در نتایج تحقیقی دیگر مشخص شد، میزان<sup>L\*</sup> در رقم‌های گوشت قرمز کمتر از رقم‌های گوشت سفید است (Zhou et al., 2007). در بررسی کیفیت تجاری، میزان مواد زیست فعال (بیواکتیو) و پاداکسندگی ۱۲ رقم ازگیل ژاپنی، میزان<sup>L\*</sup> در پوست میوه ازگیل ژاپنی از ۶۰/۳ تا ۶۷/۸ گزارش شد (Xu & Chen, 2011).

هیو با  $a^*$  و  $b^*$  L همبستگی مثبت در سطح ۵ درصد و با  $a^*$  همبستگی منفی در سطح ۱ درصد داشت. بنا بر نتایج به دست آمده نژادگان ۱۸ کمترین میزان زاویه هیو و بیشترین  $a^*$  را داشت. دیگر محققان در نتایج بررسی‌های خود گزارش کردند، فراسنجه  $a^*$  با  $b^*$  همبستگی منفی و غیر معنی‌دار دارد که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت (Pareek *et al.*, 2014).

میزان  $a^*$  در زمان برداشت از ۶ به ۱۱ افزایش و فراسنجه‌های  $b^*$ ، هیو و خلوص رنگ کاهش یافت (Pinillos *et al.*, 2009).

بنابر جدول همبستگی صفات (جدول ۳)، فراسنجه  $L^*$  با  $b^*$  همبستگی مثبت معنی‌دار در سطح ۱ درصد داشت. همچنین خلوص رنگ با  $b^*$  و  $L^*$  همبستگی مثبت در سطح ۱ درصد نشان داد. زاویه

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی میوه نژادگان‌های ازگیل ژاپنی

Table 2. Mean comparison of biochemical traits in loquat genotypes

Genotype No	Total phenol ( $\mu\text{g GAL/g FW}$ )	Total flavonoid ( $\mu\text{g QE/g FW}$ )	Antioxidant capacity (%)	Peel carotenoid ( $\mu\text{g/g FW}$ )	Flesh carotenoid ( $\mu\text{g/g FW}$ )	Fructose (mg/100 g FW)	Glucose (mg/100 g FW)	Sucrose (mg/100 g FW)
	P= 0.003	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
1	223.01 <sup>def</sup>	18.53 <sup>fgh</sup>	57.43 <sup>cde</sup>	12.94 <sup>cde</sup>	0.81 <sup>h</sup>	27.04 <sup>ef</sup>	107.05 <sup>bcd</sup>	0.63 <sup>a</sup>
2	187.08 <sup>hij</sup>	8.62 <sup>ij</sup>	66.30 <sup>abc</sup>	15.68 <sup>b</sup>	1.98 <sup>d</sup>	20.31 <sup>ghij</sup>	74.30 <sup>ghi</sup>	0.62 <sup>a</sup>
3	166.64 <sup>j</sup>	39.64 <sup>d</sup>	44.56 <sup>ef</sup>	12.42 <sup>cde</sup>	5.08 <sup>a</sup>	20.69 <sup>ghij</sup>	66.10 <sup>hij</sup>	0.34 <sup>de</sup>
4	218.05 <sup>efg</sup>	80.15 <sup>ab</sup>	67.03 <sup>abc</sup>	11.29 <sup>def</sup>	0.24 <sup>i</sup>	21.37 <sup>ghi</sup>	46.68 <sup>jk</sup>	0.26 <sup>efg</sup>
5	316.55 <sup>a</sup>	76.28 <sup>b</sup>	67.03 <sup>abc</sup>	7.02 <sup>gh</sup>	1.92 <sup>de</sup>	22.91 <sup>fgh</sup>	73.71 <sup>ghi</sup>	0.09 <sup>h</sup>
6	187.70 <sup>hij</sup>	17.67 <sup>fgh</sup>	74.64 <sup>a</sup>	18.39 <sup>a</sup>	2.95 <sup>c</sup>	31.80 <sup>cde</sup>	136.41 <sup>a</sup>	0.22 <sup>fg</sup>
7	248.40 <sup>bcd</sup>	16.37 <sup>ghi</sup>	70.29 <sup>abc</sup>	13.93 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>defg</sup>	17.80 <sup>hij</sup>	53.05 <sup>jk</sup>	0.28 <sup>ef</sup>
8	222.39 <sup>def</sup>	46.97 <sup>d</sup>	20.47 <sup>g</sup>	10.83 <sup>def</sup>	2.86 <sup>c</sup>	24.26 <sup>fg</sup>	85.81 <sup>fgh</sup>	0.07 <sup>h</sup>
9	224.25 <sup>def</sup>	12.06 <sup>hi</sup>	76.81 <sup>a</sup>	6.71 <sup>h</sup>	1.98 <sup>d</sup>	21.56 <sup>ghi</sup>	65.33 <sup>ij</sup>	0.26 <sup>efg</sup>
10	131.95 <sup>k</sup>	42.23 <sup>d</sup>	19.56 <sup>g</sup>	14.41 <sup>bc</sup>	3.46 <sup>b</sup>	16.47 <sup>ij</sup>	62.86 <sup>ij</sup>	0.11 <sup>h</sup>
11	244.07 <sup>cde</sup>	25.85 <sup>ef</sup>	59.06 <sup>bcd</sup>	9.19 <sup>fg</sup>	2.92 <sup>c</sup>	30.26 <sup>de</sup>	133.43 <sup>a</sup>	0.33 <sup>def</sup>
12	255.22 <sup>bc</sup>	3.45 <sup>j</sup>	71.19 <sup>ab</sup>	10.96 <sup>def</sup>	2.53 <sup>c</sup>	16.04 <sup>j</sup>	41.86 <sup>k</sup>	0.23 <sup>efg</sup>
13	212.48 <sup>fgh</sup>	28.44 <sup>e</sup>	49.09 <sup>def</sup>	13.01 <sup>cd</sup>	1.32 <sup>fg</sup>	37.80 <sup>b</sup>	126.48 <sup>ab</sup>	0.27 <sup>ef</sup>
14	218.05 <sup>efg</sup>	87.91 <sup>a</sup>	11.05 <sup>g</sup>	10.99 <sup>def</sup>	1.70 <sup>def</sup>	35.91 <sup>bc</sup>	74.05 <sup>ghi</sup>	0.42 <sup>cd</sup>
15	253.98 <sup>bc</sup>	29.73 <sup>e</sup>	68.66 <sup>abc</sup>	6.80 <sup>gh</sup>	0.41 <sup>hi</sup>	22.45 <sup>fgh</sup>	91.01 <sup>efg</sup>	0.48 <sup>bc</sup>
16	193.89 <sup>ghi</sup>	23.70 <sup>efg</sup>	45.47 <sup>ef</sup>	3.64 <sup>i</sup>	0.68 <sup>h</sup>	34.38 <sup>bcd</sup>	117.45 <sup>abcd</sup>	0.53 <sup>ab</sup>
17	266.37 <sup>b</sup>	10.77 <sup>hij</sup>	72.82 <sup>a</sup>	9.20 <sup>fg</sup>	0.51 <sup>hi</sup>	51.26 <sup>a</sup>	100.55 <sup>def</sup>	0.27 <sup>ef</sup>
18	270.70 <sup>b</sup>	62.05 <sup>c</sup>	63.58 <sup>abc</sup>	11.05 <sup>def</sup>	1.55 <sup>efg</sup>	22.62 <sup>fgh</sup>	120.81 <sup>abc</sup>	0.16 <sup>gh</sup>
19	209.38 <sup>fgh</sup>	21.97 <sup>efg</sup>	63.40 <sup>abc</sup>	10.48 <sup>ef</sup>	1.24 <sup>g</sup>	30.31 <sup>de</sup>	104.86 <sup>cdef</sup>	0.40 <sup>cd</sup>
20	179.03 <sup>ij</sup>	41.36 <sup>d</sup>	38.76 <sup>f</sup>	11.97 <sup>cde</sup>	1.52 <sup>efg</sup>	24.71 <sup>fg</sup>	105.36 <sup>cdef</sup>	0.25 <sup>efg</sup>

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد از نظر آماری است.

The same letters in each column indicates statistically no-significant difference at probability level of P<0.01.

جدول ۳. مقایسه میانگین فراسنجه‌های رنگ پوست میوه نژادگان‌های ازگیل ژاپنی

Table 3. Mean comparison of color parameters of fruit peel in loquat genotypes

Genotype	L*	a*	b*	Hue angle	Chroma
	P=0.005	P<0.001	P<0.001	P<0.001	P<0.001
1	71.14 <sup>abc</sup>	8.31 <sup>cd</sup>	70.12 <sup>ab</sup>	83.2 <sup>bcd</sup>	70.61 <sup>ab</sup>
2	68.21 <sup>abcde</sup>	2.57 <sup>f</sup>	66.67 <sup>def</sup>	87.78 <sup>a</sup>	66.73 <sup>de</sup>
3	71.03 <sup>abc</sup>	1.06 <sup>f</sup>	71.94 <sup>a</sup>	89.14 <sup>a</sup>	71.97 <sup>a</sup>
4	68.00 <sup>bcd</sup>	1.36 <sup>f</sup>	67.91 <sup>bcd</sup>	88.85 <sup>a</sup>	67.93 <sup>cde</sup>
5	72.84 <sup>a</sup>	1.49 <sup>f</sup>	72.09 <sup>a</sup>	88.81 <sup>a</sup>	72.11 <sup>a</sup>
6	64.53 <sup>def</sup>	10.25 <sup>bc</sup>	67.59 <sup>bcd</sup>	81.35 <sup>efg</sup>	68.41 <sup>bcd</sup>
7	65.83 <sup>def</sup>	5.33 <sup>e</sup>	66.77 <sup>def</sup>	85.43 <sup>b</sup>	66.99 <sup>de</sup>
8	67.22 <sup>cdef</sup>	7.21 <sup>de</sup>	66.40 <sup>def</sup>	83.78 <sup>bcd</sup>	66.82 <sup>de</sup>
9	63.00 <sup>f</sup>	7.65 <sup>cde</sup>	65.01 <sup>fg</sup>	83.27 <sup>bcd</sup>	65.48 <sup>ef</sup>
10	68.30 <sup>abcde</sup>	6.54 <sup>de</sup>	67.70 <sup>bcd</sup>	84.47 <sup>bc</sup>	68.02 <sup>bcd</sup>
11	69.15 <sup>abcd</sup>	8.40 <sup>cd</sup>	67.48 <sup>bcd</sup>	82.91 <sup>cde</sup>	68.00 <sup>bcd</sup>
12	67.59 <sup>bcd</sup>	6.65 <sup>de</sup>	69.58 <sup>abc</sup>	84.54 <sup>bc</sup>	69.89 <sup>abc</sup>
13	68.26 <sup>abcde</sup>	10.06 <sup>bc</sup>	67.28 <sup>cdef</sup>	81.45 <sup>defg</sup>	68.05 <sup>bcd</sup>
14	65.78 <sup>def</sup>	12.16 <sup>ab</sup>	65.43 <sup>efg</sup>	79.49 <sup>fg</sup>	66.56 <sup>de</sup>
15	72.24 <sup>ab</sup>	8.88 <sup>cd</sup>	71.72 <sup>a</sup>	82.94 <sup>cde</sup>	72.27 <sup>a</sup>
16	65.53 <sup>def</sup>	11.92 <sup>ab</sup>	65.94 <sup>def</sup>	79.75 <sup>fg</sup>	67.02 <sup>de</sup>
17	63.86 <sup>ef</sup>	9.14 <sup>cd</sup>	62.98 <sup>g</sup>	81.71 <sup>def</sup>	63.67 <sup>f</sup>
18	69.07 <sup>abcd</sup>	13.11 <sup>a</sup>	68.61 <sup>bcd</sup>	79.18 <sup>g</sup>	69.89 <sup>abc</sup>
19	66.15 <sup>def</sup>	11.97 <sup>ab</sup>	66.05 <sup>def</sup>	79.73 <sup>fg</sup>	67.13 <sup>de</sup>
20	67.07 <sup>cdef</sup>	7.74 <sup>cde</sup>	65.88 <sup>def</sup>	83.29 <sup>bcd</sup>	66.35 <sup>de</sup>

حرف‌های همسان در هر ستون نشان‌دهنده نبود اختلاف معنی‌دار از نظر آماری در سطح احتمال ۱ درصد است.

The same letters in each column indicates statistically no-significant difference at probability level of P<0.01.

جدول ۴. ضریب‌های همبستگی بین فراسنجه‌های رنگ پوست میوه و کاروتنوئید نژادگان‌های ازگیل ژاپنی با روش پیرسون  
Table 4. Correlation coefficients between the fruit peel color parameters and carotenoid in the loquat genotypes by Pearson method

	Peel carotenoid	Flesh carotenoid	b*	a*	L*	Chroma	Hue Angle
Peel carotenoid	1						
Flesh carotenoid	0.372	1					
b*	0.005	0.027	1				
a*	-0.160	0.31	-0.42	1			
L*	-0.05	0.12	0.88**	-0.39	1		
Chroma	0.020	0.23	0.98**	-0.28	0.86**	1	
Hue Angle	0.170	0.31	0.48*	-0.99**	0.44*	0.34	1

\*\* and \*: Significant at  $P < 0.01$  and  $P < 0.05$ , respectively.

\*\* و \* به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد.

### نتیجه‌گیری کلی

صنایع غذایی و دارویی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. با توجه به زمان رسیدن و برداشت میوه ازگیل ژاپنی در فصل بهار، هنگامی که هنوز میوه تازه دیگری به بازار عرضه نشده، این میوه از نظر وجود خلاء در بازار میوه تازه در این زمان از سال اهمیت ویژه‌ای می‌تواند داشته و به قیمت مناسبی به فروش برسد. توده‌های ازگیل ژاپنی زیادی در شمال کشور به صورت خودرو وجود دارد و تحقیقات بیشتر برای بررسی ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی میوه این نژادگان‌ها برای توسعه کشت و حفظ تنوع موجود ضروری است.

در این تحقیق نژادگان‌های ۵، ۱۴ و ۹ به ترتیب بیشترین میزان فنول، فلاونوئید و ظرفیت پاداکسندگی را داشتند. همچنین نژادگان ۶ بیشترین کاروتنوئید پوست میوه و نژادگان ۳ بیشترین کاروتنوئید گوشت میوه را داشتند. نتایج به دست آمده از این تحقیق بیانگر میزان بالای متابولیت‌های ثانویه از جمله ترکیب‌های فنولی، فلاونوئیدی، کاروتنوئیدها و فعالیت پاداکسندگی در میوه نژادگان‌های ازگیل ژاپنی گرگان است، بنابراین این میوه می‌تواند در

### REFERENCES

- Amoros, A., Zapata, P., Pretel, M. T., Botella, M. A. & Serrano, M. (2003). Physico- chemical and physiological changes during fruit development and ripening of five loquat (*Eriobotrya japonica* L.) cultivars. *Food Science and Technology International*, 9(1), 43-49.
- Ashournejad, M & Ghasemnezhad, M. (2012). Effects of cellophane-film packaging and cold storage on the keeping quality and storage life of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* L.). *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 7(2), 95- 102. (In Farsi)
- Ashwell, G. (1957). *Methods in enzymology*; Eds. Colowick, SP and Kaplan NO, vol. 3. Academic Press, Inc., New York, 75.
- Baljinder, S., Seema, G., Dharmendra, K., Vikas, G. & Parveen, B. (2010). Pharmacological potential of *Eriobotrya japonica*: an overview. *International Research Journal of Pharmacy*, 1, 95-99.
- Barnes, J. D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S. & Davison, A. W. (1992). A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophyll 'a' and 'b' in lichens and higher plants. *Environmental and Experimental Botany*, 32(2), 85-90.
- Cao, Sh., Yang, Zh. & Zheng, Y. (2013). Sugar metabolism in relation to chilling tolerance of loquat fruit. *Food Chemistry*, 136, 139-143.
- Cran, J.H. & Calderia, M.L. (2013). Loquat growing the Florida home landscape. IFAS extension. University of Florida.
- Ding, C. K., Chachin, K., Ueda, Y., Imahori, Y. & Wang, C. (2001). Metabolism of phenolic compounds during loquat fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 2883-2888.
- Ebrahimzade, M.A., Pourmorad, F. & Hafezi, S. (2008). Antioxidant activities of Iranian corn silk. *Turkish Journal of Biology*, 32, 43-49.
- Ercisli, S., Gozlekci, S., Sengul, M., Hegedus, A. & Tepe, S. (2012). Some physiochemical characteristics, bioactive content and antioxidant capacity of loquat (*Eriobotrya japonica* L.) fruits from Turkey. *Scientia Horticulturae*, 148, 185-189.
- Farahnaky, A., Askari, H. & Mesbahi, G. H. (2009). The use of digital imaging for evaluating color changes of rutab during drying in a cabinet drier. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 6(2), 43- 52. (in Farsi)
- Fu, X., Kong, W., Peng, G., Zhou, J., Azam, M., Changjie, X., Grierson, D. & Kongsong, Ch. (2012). Plastid structure and carotenogenic gene expression in red- and white fleshed loquat (*Eriobotrya japonica* L.) fruits. *Experimental Botany*, 63, 341-354.

13. Ghaderi Ghahfarokhi, M., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A., Ghorbani, M. & Azizi, M. (2011). Chemical composition and effect of thermal processing methods on polyphenol content of two Iranian acorn varieties. *Journal of Food Research*, 21(4), 421- 430. (In Farsi)
14. Ghasemnezhad, M., Ashour Nezhad, M. & Gerayloo, S. (2011). Change in postharvest quality of Loquat (*Eriobotrya japonica* L.) fruit influence by chitosan. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, 52(1), 40-45.
15. Goulas, V., Minas, I.S., Kourdoulas, P.M., Vicente, A.R. & Manganaris, G.A. (2014). Phytochemical content, antioxidants and cell wall metabolism of two loquat (*Eriobotrya japonica* L.) cultivars under different storage regimes. *Food Chemistry*, 155, 227-234.
16. Handel, E. V. (1968). Direct microdetermination of sucrose. *Analytical Biochemistry*, 22, 280-283.
17. Hasegawa, P. N., Faria, A. F., Mercadante, A. Z., Chagas, E. A., Pio, R., Lajolo, F. M., Cordenusi, B. R. & Purgatto, E. (2010). Chemical composition of loquat cultivars planted in Brazil. *Food Science and Technology*, 30(2), 552-559.
18. Hong, Y., Lin, S., Jiang, Y. & Ashraf, M. (2008). Variation in contents of total phenolics and flavonoids and antioxidant activities in the leaves of 11 *Eriobotrya* species. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63, 200-204.
19. Lin, S., Sharpe, R. H. & Janick, J. (1999). Loquat: botany and horticulture. *Horticultural Reviews*, 23, 233-276.
20. Mesejo, C., Reig, C., Martinez-Fuentes, A. & Agusti, M. (2010). Parthenocarpic fruit production in loquat (*Eriobotrya japonica* L.) by using gibberellic acid. *Scientia Horticulturae*, 126(1), 37-41.
21. Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31, 426-428.
22. Omokolo, D. N., Tsala, N. & Djogoue, P. F. (1996). Change in carbohydrate, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection with *Phytophthora megakarya* Bra and Grif. *Annals of Botany*, 77(2), 153-158.
23. Pareek, S., Benkeblia, N., Janick, J., Cao, Sh. & Yahia, E. M. (2014). Postharvest physiology and technology of loquat (*Eriobotrya japonica* L.) fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94(8), 1495-1504.
24. Pinillos, V., Hueso, J., Marcon Filho, J. L. & Cuevas, J. (2011) Change in fruit maturity indices along the harvest season in 'Algerie' loquat. *Scientia Horticulturae*, 129, 769-776.
25. Rahemi, M. (2005). *Postharvest, An introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals*. (5<sup>th</sup> ed). Shiraz University. 437pages. (iIn Farsi)
26. Rahimkhani, R., Varasteh, F. & Seifi, E. (2016). Evaluation of genetic diversity in some loquat genotypes based on pomological characteristics in Golestan province. *Journal of Plant Production Research*, 23(1), 157-177. (in Farsi)
27. Salehi, F. & Kashaninejad, M. (2014). Effect of different drying methods on rheological and textural properties of balangu seed gum. *Drying Technology*, 32, 720-727.
28. Shao, X., Zhu, Y., Cao, Sh., Wang, H. & Song, Y. (2013). Soluble sugar content and metabolism as related to the heat- induced chilling tolerance of Loquat fruit during cold storage. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 3490-3498.
29. Shariatifar, N., Kamkar, A., Shams Ardekani, M., Misaghi, A., Jamshidi, A. H. & Jahed Khaniki, G. H. (2012). Quantitative and qualitative study of phenolic compounds and antioxidant activity of plant pulicaria gnaphalodes. *Ofegh-e-Danesh; Journal of Gonabad University of Medical Sciences*, 17(4), 35- 41. (in Farsi)
30. Tian, S., Qin, G. & Li, B. (2011). Loquat (*Eriobotrya japonica* L.). P 424-444, In: Yahia, E.M (ed), *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*, Vol. 3, Woodhead publishing, UK.
31. Toker, R., Golukcu, M., Tokgoz, H. & Tepe, S. (2013). Organic acids and sugar compositions of some loquat cultivars (*Eriobotrya japonica* L.) grown in Turkey. *Journal of Agricultural Science*, 19, 121-128.
32. Uzun, A., Sedayo, U. & Turkay, C. (2012). Fruit quality parameters and molecular characterization of some loquat accessions. *Pakistan Journal of Botany*, 44, 209-213.
33. Wrolstad, R. E., Durst, R. W. & Lee, J. (2005). Tracking colour and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science and Technology*, 16, 423-428.
34. Xu, H. X. & Chen, J. W. (2011). Commercial quality, major bioactive compound content and antioxidant capacity of 12 cultivars of loquat (*Eriobotrya japonica* L.) fruits. *Journal Science of Food and Agriculture*, 91, 1057-1063.
35. Zhang, W., Zhao, X., Sun, Ch., Li, X. & Chen, K. (2015). Phenolic composition from different loquat (*Eriobotrya japonica* L.) cultivars grown in China and their antioxidant properties. *Molecules*, 20, 542-555.
36. Zhou, C. H., Xu, C. J., Sun, C. D., Li, X. & Chen, K. S. (2007). Carotenoids in white- and red-fleshed loquat fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 7822-7830.