

ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی ارقام تجاری میوه گوجه‌فرنگی کاشته شده در ایران

سبا بلقیسی¹، علی معتمدزادگان^{2*}، جعفر میلانی³، لادن رشیدی⁴، علی رافع⁵

1- دانشجوی دکتری تکنولوژی صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

2- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

3- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

4- استادیار گروه پژوهشی مواد غذایی، پژوهشکده صنایع غذایی و فرآورده‌های کشاورزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

5- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

(تاریخ دریافت: 98/09/20 تاریخ پذیرش: 98/10/23)

چکیده

با توجه به ارزش غذایی، توسعه تکنولوژی و افزایش روزافزون مصرف گوجه‌فرنگی و فرآورده‌های آن، شناخت دقیق از ویژگی‌های رقم‌های مختلف گوجه‌فرنگی ضروری است. باتوجه به تنوع بسیار زیاد رقم‌های گوجه‌فرنگی، نیاز است قبل از تولید هر محصول بررسی دقیقی بر روی ویژگی‌های آن صورت گیرد تا بتوان براساس نوع کاربری، بهترین رقم را پیشنهاد کرد چراکه نخستین گام در بهینه‌سازی روش‌های فرآوری، انتخاب واریته مناسب است. با این هدف، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی چهار رقم گوجه‌فرنگی (کارون، 3402، LS0019 و H1015) با یکدیگر مقایسه شدند. به این منظور میزان مواد جامد محلول، کل مواد جامد، ماده خشک، pH، میزان رنگدانه‌های کاروتنوئیدی لیکوپن، β -کاروتن، لوتئین و β -کرپتوگزانتین و شاخص‌های رنگی (a^* ، L^* ، b^*)، زاویه رنگ (h)، خلوص رنگ (C)، پلی‌فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری شدند. میزان مواد جامد محلول، کل مواد جامد، رنگدانه‌های کاروتنوئیدی (لیکوپن، بتا-کاروتن، لوتئین و بتا-کرپتوگزانتین)، پلی‌فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی رقم‌های مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار داشتند ($P < 0.05$). رقم H1015 غنی از رنگدانه‌های کاروتنوئیدی به‌ویژه لیکوپن بود و بیشترین میزان مواد جامد، شاخص رنگی a^* ، پلی‌فنول کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که برای مقاصد اقتصادی و تجاری مانند فرآوری و استخراج ترکیبات زیست فعال، رقم H1015 نسبت به سایر رقم‌های مورد مطالعه برتری دارد و استفاده از آن برای اهدافی همچون کشت و فرآوری توصیه می‌شود.

کلید واژگان: آنالیز بیوشیمیایی، پلی‌فنل کل، رقم، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کاروتنوئید، گوجه‌فرنگی

*مسئول مکاتبات: amotgan@yahoo.com

1- مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) یکی از سبزیجاتی است که نه تنها در کشور ایران، بلکه در سراسر جهان بصورت گسترده کشت می‌شود. پژوهشگران دریافته‌اند که مصرف گوجه‌فرنگی و فراورده‌های آن سبب کاهش ریسک ابتلا به انواع خاصی از سرطان و بیماری‌های قلبی-عروقی می‌شود. مزایای سلامت‌بخشی گوجه‌فرنگی بدلیل حضور متابولیت‌های ثانویه مانند لیکوپن¹، β -کاروتن²، لوتئین³، β -کریپتوگزانتین⁴ و ترکیبات فنولی⁵ است [1 و 2]. کیفیت و کمیت بسیاری از ترکیبات شیمیایی (کاروتنوئیدها، پلی‌فنول‌ها) و همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنها در میوه گوجه‌فرنگی، به ژنوتیپ گیاه و همچنین شرایط محیطی که گیاه در آن رشد و نمو کرده است، بستگی دارد [3-5]. اگرچه تحقیقات فراوانی درباره خواص تغذیه‌ای و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گوجه‌فرنگی در مناطق جغرافیایی مختلف صورت گرفته است، اما بیشتر آنها با اهداف متفاوتی از جمله بررسی مراحل مختلف رسیدن میوه و شرایط کشت متمرکز بوده‌اند [6 و 7]. بیشتر پژوهش‌های صورت گرفته روی خواص فیزیکی-شیمیایی رقم‌های مختلف گوجه‌فرنگی محدود به ترکیبات فنولی و میزان رنگدانه لیکوپن بوده است. چنانچه جورج و همکاران [8] بیان کردند که ژنوتیپ به شکل قابل توجهی بر میزان محتوای پلی‌فنولی گوجه‌فرنگی تأثیر دارد. همچنین ساک و فرانسیس [9] و دیویس و همکاران [10]، گزارش دادند که رقم‌های مختلف گوجه‌فرنگی حاوی مقادیر زیادی لیکوپن هستند و در رقم‌های مختلف گوجه‌فرنگی، لیکوپن اصلی‌ترین رنگدانه کاروتنوئیدی محسوب می‌شود. امروزه عمل‌آوری میوه گوجه‌فرنگی به دلایل اقتصادی و بویژه استخراج ترکیبات فعال زیستی⁶ آن در حال گسترش است و برخی پژوهش‌ها بر معرفی رقم‌های با ارزش برای اهداف صنعتی متمرکز بوده‌اند. چنانچه آرمنداریز و همکاران [11]، میزان رنگدانه لیکوپن را در رقم‌های گوجه‌فرنگی با میزان لیکوپن بالا برای

1. lycopene
2. β -carotene
3. lutein
4. β -cryptoxanthin
5. phenolic compound
6. bioactive compounds

2- مواد و روش‌ها

2-1- کشت گوجه‌فرنگی

میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicon* L.) در مزرعه کشت و صنعت روزین تاک⁹ در کرمانشاه (در میانه ضلع غربی کشور بین 33 درجه و 36 دقیقه تا 35 درجه و 15 دقیقه عرض شمالی و 45 درجه و 24 دقیقه و 48 درجه و 30 دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و در ارتفاع 1430 متری از سطح دریا) در ماه‌های فروردین تا مرداد سال 1397 کشت شد. چهار رقم گوجه‌فرنگی از جمله کارون (فلات، ایران) 3402 (هاینتز، آمریکا)، LS 0019 (هاینتز، آمریکا) و H1015 (هاینتز، آمریکا) در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. کشت در مزرعه و فضای باز و در ردیف‌های چهارتایی با فاصله بوته‌ها در هر ردیف 50cm و فاصله ردیف‌ها از یکدیگر 100 cm و با آبیاری قطره‌ای انجام شد. گوجه‌فرنگی‌ها پس از رسیدن و قرمز شدن (بیش از نود درصد سطح قرمز) و در مرحله بلوغ (میانگین وزن 210-250 گرم)، بصورت تصادفی برداشت شدند. حداقل دو کیلوگرم از هر رقم برداشت شدند و به سرعت به آزمایشگاه انتقال داده شدند. میوه‌های گوجه‌فرنگی به کمک یک مخلوط‌کن خانگی خرد شدند (دستگاه مولینکس، مدل DP705، ساخت فرانسه) و به صورت پوره در آمدند و در کیسه‌های پلاستیکی در دمای 20 °C - تا زمان اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و

7. soluble solids
8. total solids
9. The Rojin Crop Industry

شیمیایی (طی یک هفته) نگهداری شدند.

2-2- اندازه‌گیری مواد جامد محلول و مواد جامد کل

میزان مواد جامد محلول در هر وارپته گوجه‌فرنگی بر حسب درجه بریکس با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال (ATR A اشمیت و هنش، آلمان) اندازه‌گیری شد. به این منظور یک قطره از آب گوجه‌فرنگی صاف شده بر روی منشور دستگاه رفراکتومتر قرار گرفت و میزان مواد جامد محلول در هر نمونه میوه گوجه‌فرنگی به طور مستقیم از روی دستگاه خوانده شد. جهت تعیین میزان مواد جامد کل در هر رقم گوجه‌فرنگی، ابتدا میزان رطوبت هر نمونه از طریق گرم‌خانه‌گذاری به مدت ۲h در $103 \pm 0^\circ\text{C}$ بدست آمد. سپس میزان کل مواد جامد مطابق با روش آددیجی و همکاران در سال 2005، از طریق اختلاف توزین نمونه‌ها پیش و پس از خشک‌کردن با قراردادن در فرمول زیر تعیین شد [12].

درصد ماده خشک = $100 -$ اختلاف توزین

2-3- اندازه‌گیری pH

میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر (pH متر مدل 3510، جنوی، بریتانیا) اندازه‌گیری شد.

2-4- اندازه‌گیری شاخص‌های رنگی

رنگ با استفاده از کالرومتر (رنگ‌سنج) هانتز-لب (مدل A60-1010-615، کالرفلکس، آمریکا) و بر اساس متد دامیان و همکاران [13] سنجیده شد. رنگ در واحدهای a^* ، b^* و L^* بیان شد و همچنین زاویه رنگ 10° و خلوص رنگ 11° نیز مطابق با فرمول‌های زیر اندازه‌گیری شدند.

$$\text{Hue angle} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

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

2-5- اندازه‌گیری کاروتنوئیدها

میزان رنگدانه‌های لیکوپن، β -کاروتن، لوتئین و β -کریتوگزانتین مطابق با روش سادلر و همکاران [14] و پرکینز-وازی و همکاران [15] از نمونه‌های گوجه‌فرنگی استخراج و با دستگاه HPLC اندازه‌گیری شدند. به این منظور، حدود 2gr از نمونه گوجه‌فرنگی خرد شده، با 40ml مخلوط

حلال‌های هگزان: استون:اتانول (1:1:2)، به مدت 30 min به شدت همزده شد. سپس با افزودن 10 ml آب مقطر 5 min دیگر نیز عمل هم زدن ادامه پیدا کرد. مخلوط به دو فاز آبی و آلی تفکیک شد و فاز آلی پس از دور ریختن فاز آبی جهت آزمون‌های بعدی به کار رفت. 10 μl از عصاره استخراجی، مطابق با روش کوتیکوا و همکاران [5] و ایاهی و همکاران [16]، پس از عبور از صافی $0.45 \mu\text{m}$ ، با دستگاه HPLC مجهز به دتکتور UV-Vis و ستون C_{18} (5_m, 250mm $\times$ 4.6 mm) در دمای 31°C اندازه‌گیری گردید. جداسازی با جریان خطی استونیتریل (A)، هگزان (B) و متانول (C) به صورت 70% A، 7%B و 23% C تا 70% A، 4%B و 26% C به مدت 35 min با سرعت جریان 1.5 ml/min انجام شد. پیک‌ها در 407 nm و 503 nm قرائت شدند و نتایج به صورت mg/100g نمونه گوجه‌فرنگی تازه با توجه به منحنی استاندارد رسم شده برای هر رنگدانه کاروتنوئیدی، از سطح زیر منحنی‌های کروماتوگرام به دست آمد.

2-6- اندازه‌گیری پلی‌فنولی کل

تهیه عصاره میوه جهت اندازه‌گیری میزان پلی‌فنل کل مطابق با روش تاپپونگ و همکاران [17] انجام شد. 3g از نمونه گوجه‌فرنگی با 25 ml متانول مخلوط و در 4°C به مدت 12 h ساعت نگه‌داری شد. سپس در 15000 rpm به مدت 20 دقیقه سانتریفوژ و مایع رویی در 20°C تا زمان آزمون نگه‌داری شد. مطابق با روش ایاهی و همکاران [16]، 100 ml از عصاره گوجه‌فرنگی به ویال 12 ml منتقل شده و به آن 7.9 ml آب مقطر اضافه شد. مخلوط به مدت 10-20s به شدت همزده شد، سپس 500 ml معرف فولین-سیوکالتیو به آن اضافه شد. مخلوط حاصل مجدداً به مدت 20-30 s به شدت هم زده شد. سپس 1.5 ml محلول کربنات سدیم 20% پس از 1min و قبل از 8 min از افزودن معرف فولین سیوکالتیو اضافه شد. این به عنوان زمان اولیه در نظر گرفته شد و سپس مجدداً به مدت 20-30 s ثانیه پس از افزودن کربنات سدیم، مخلوط به دست آمده به شدت همزده شد و پس از 2 h در دمای محیط میزان جذب کمپلکس رنگی به دست آمده در 765 nm خوانده شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از غلظت‌های مختلف از محلول‌های

10. hue angle

11. chroma

آسکوربیک در هر 100 گرم نمونه گوجه‌فرنگی گزارش گردید. غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک برای رسم منحنی کالیبراسیون جهت سنجش قدرت احیاکنندگی به کار رفت. (50-
 $(300\mu\text{g/ml}, y = 0.011x - 0.285, R^2 = 0.975)$

فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل مطابق با روش پری‌تو در سال 1999 [20] با کمی اصلاحات اندازه‌گیری شد. 0.5 ml از عصاره به دست آمده مطابق با آنچه در بالا شرح داده شد با 5 ml از معرف فسفومولیدات (مخلوطی از اسید سولفوریک 0.06M فسفات سدیم 28 mM و مولیدات آمونیوم 4 mM) مخلوط شدند و سپس در حمام آب 95°C به مدت 90 min نگه‌داری شدند. پس از آنکه مخلوط حاصل تا دمای اتاق خنک شد میزان جذب در طول موج 695 nm در برابر یک نمونه شاهد قرائت شد. نمونه شاهد حاوی 5 ml معرف فسفومولیدات و 0.5 ml حلال استفاده شده است که در شرایط مشابه با سایر نمونه‌ها گرمخانه‌گذاری شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل عصاره‌ها برحسب میلی‌گرم اسید آسکوربیک در هر 100 گرم نمونه گوجه‌فرنگی گزارش می‌شود. غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک برای رسم منحنی کالیبراسیون جهت سنجش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل به کار رفت.

$$(50-300\mu\text{g/ml}, y = 0.011x - 0.325, R^2 = 0.981)$$

2-8- تحلیل آماری

آزمون‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و به صورت، میانگین $\pm$ انحراف از استاندارد، بیان شد. تحلیل آماری داده‌ها با آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) با استفاده از نرم افزار SPSS¹⁶ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح معنی‌داری 0/05 با آزمون دانکن انجام شد و نمودارهای مربوط به تغییرات در برنامه Excel رسم گردید.

3- نتایج و بحث

3-1- میزان مواد جامد محلول، مواد جامد کل و pH

جدول 1 مقادیر میانگین مواد جامد محلول، مواد جامد کل و pH رقم‌های مختلف گوجه‌فرنگی را نشان می‌دهد.

استاندارد اسیدگالیک رسم گردید. به این منظور 0/5 g اسید گالیک در 10ml اتانول حل و با آب مقطر به حجم 100 ml رسانده شد. سپس 0، 1، 2، 3، 5 و 10 میلی‌لیتر از محلول مادر اسید گالیک با آب مقطر به حجم 100 ml رسانده شد تا غلظت‌های 0، 50، 100، 150، 250 و 500 میلی‌گرم در لیتر اسید گالیک به دست آید. میزان پلی‌فنل کل برحسب میلی‌گرم اسیدگالیک در هر 100 گرم نمونه گوجه‌فرنگی از معادله خطی به دست آمده از رسم منحنی کالیبراسیون محاسبه گردید.

$$50-500\mu\text{g/ml}, y = 0.396x - 0.364, R^2 = 0.999$$

2-7- اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی

به منظور تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس مهار رادیکال آزاد، مطابق با روش دامیان و همکاران [13] و اجیدیو و همکاران [18]، محلول مادر DPPH با انحلال 24mg از آن در 100 ml متانول تهیه شد و در 20°C تا زمان آزمون نگه‌داری شد. محلول کاری با مخلوط کردن 10 ml از محلول مادر با 45 ml متانول تا رسیدن به جذب $1/1 \pm 0/02$ در طول موج 515 nm تهیه شد. 150 μl از عصاره حاصل به مدت 30 min در تاریکی با 2850 μl از محلول DPPH جهت انجام واکنش نگه‌داری شد پس از آن جذب در 515 nm قرائت شد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی براساس درصد مهار رادیکال آزاد از معادله زیر محاسبه گردید:

$$A = \left[\frac{Ac - As}{Ac} \right] \times 100$$

A_c جذب نمونه‌های حاوی عصاره

A_s جذب نمونه‌های حاوی متانول به جای عصاره

سنجش قدرت احیاکنندگی¹² مطابق با روش شهرکی [19] انجام شد. 1 ml از عصاره به دست آمده مطابق با آنچه در بالا شرح داده شد با 2/5 ml بافر فسفات (pH=6.6 و M=0.2) و 2/5 فری‌سیانیدپتاسیم (10g/l) کاملاً مخلوط و به مدت 30 min در دمای 50°C نگه‌داری شد. سپس 2/5 ml تری‌کلرواستیک اسید (100 g/l) به مخلوط فوق افزوده شد و نمونه‌ها به مدت 10 min در دور 1700 rpm سانتریفیوژ شدند. پس از آن، 2/5 ml از محلول رویی با 2/5 ml آب مقطر و 0/5 ml کلرید آهن (1 g/l) III مخلوط و میزان جذب آن در طول موج 700 nm خوانده شد. قدرت احیاکنندگی بر حسب میلی‌گرم اسید

12. power assay reduction

Table 1 Mean value of soluble solids, total solids, and pH in tomato cultivars

Cultivars	Soluble Solids (°Brix)	Total Solids (%)	pH
Karoon	5.75±0.1 ^b	6.11±0.005 ^a	4.68±0.03 ^a
3402	5.966±0.07 ^a	6.855±0.01 ^b	4.71±0.03 ^a
LS0019	5.183± 0.076 ^c	7.56±0.005 ^c	4.72±0.02 ^a
H1015	5.066±0.152 ^c	8.71±0.01 ^d	4.740±0.02 ^a

Values with different letters are significantly different in each column (p < 0.05)

Values represent Mean± S.E of three replicates.

در این پژوهش از خود نشان داد و pH تمام رقم‌ها کمتر یا برابر 4/7 بود. میزان pH در ایجاد مزه مطلوب میوه مهم است. طیف تغییرات ثبت شده با مقادیر توصیف شده توسط اریفج و همکاران [21] و گومز و همکاران [22] اختلاف چندانی نداشت.

3-2- شاخص‌های رنگی

جدول 2 میانگین شاخص‌های رنگ (L*, b*, a*)، زاویه رنگ و خلوص رنگ) بدست آمده از رقم‌های مختلف را نشان می‌دهد. اختلاف معنی‌داری میان رقم‌های گوجه فرنگی مشاهده نشد (P<0.05).

میزان مواد محلول در رقم‌های مختلف گوجه فرنگی، با یکدیگر تفاوت معناداری دارند (P<0.05). بیشینه غلظت مواد محلول در رقم 3402 مشاهده شد. نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری مقدار کل مواد حاکی از آن هستند که این متغیر در رقم‌های گوجه‌فرنگی به شکل معناداری متفاوت است (P<0.05). گونه H1015 بیشترین میزان کل مواد موجود را داشت و این موضوع در بحث فرآوری اهمیت می‌یابد؛ زیرا که این موضوع باعث می‌شود تعداد کمتری گوجه فرنگی برای تولید محصولات همانند پوره و رب مصرف شوند و اینگونه هزینه تولید کاهش می‌یابد. پارامتر pH کمترین تفاوت را در میان پارامترهای مورد بررسی

Table 2 Mean values of Color indexes (a*, red–green component; b*, yellow–blue component; L*, brightness; C, chroma; h, hue angle) in tomato cultivars

Tomato Cultivars	a*	b*	L*	C	h
Karoon	36.866±0.159 ^c	32.07±0.402 ^b	32.213±0.066 ^c	38.63±0.4 ^a	50.196±0.322 ^a
3402	38.223±0.144 ^b	34.073±0.436 ^a	32.20±0.06 ^c	39.99±0.28 ^a	49.88±0.35 ^a
LS0019	36.836±0.037 ^c	33.883±0.104 ^a	40.22±0.026 ^a	42.60±0.11 ^a	50.04±0.049 ^a
H1015	38.57±0.53 ^a	32.03±0.079 ^b	35.833±0.209 ^b	39.70±0.06 ^a	50.126±0.07 ^a

Values with different letters are significantly different in each column (p < 0.05)

Values represent Mean± S.E of three replicates.

شاخص تعیین میزان خلوص رنگ است [22]. رقم‌های مورد بررسی، هیچ تفاوت مهمی میان میزان C و زاویه رنگ نداشتند (p>0.05)؛ بنابراین خلوص رنگ آنها تقریباً یکسان است. این نتایج با داده‌های ارائه شده توسط گومز و همکاران [22] مطابقت دارند.

3-3- شناسایی کاروتنوئیدها

شکل 1 نمونه‌ای از کروماتوگرام به دست آمده از اندازه‌گیری کاروتنوئیدهای گوجه‌فرنگی را به کمک دستگاه HPLC نشان می‌دهد.

تفاوت معنی‌داری میان مقادیر a* رقم‌های مختلف گوجه فرنگی وجود داشت (p<0.05). بیشترین مقادیر شاخص قرمز-سبز (a*) در رقم‌های 3402 و H1015 مشاهده شد. شاخص زرد-آبی (b*) در رقم 3402 بیشترین میزان را داشت. میزان روشنی و درخشندگی (L*) گونه‌های کارون و 3402 به یک اندازه بود و آنها با میوه‌هایی با رنگ قرمزکدر، کمترین میزان درخشندگی را نشان دادند. میوه‌هایی با این شاخص (درخشندگی) پایین برای مقاصد تجاری و بازار مناسب نیستند، زیرا که این میوه‌ها مورد پسند مشتریان نیستند. در عوض، رنگ قرمز روشن (دارای C بالا) برای بازار بسیار مطلوب است. میزان کروما (C)

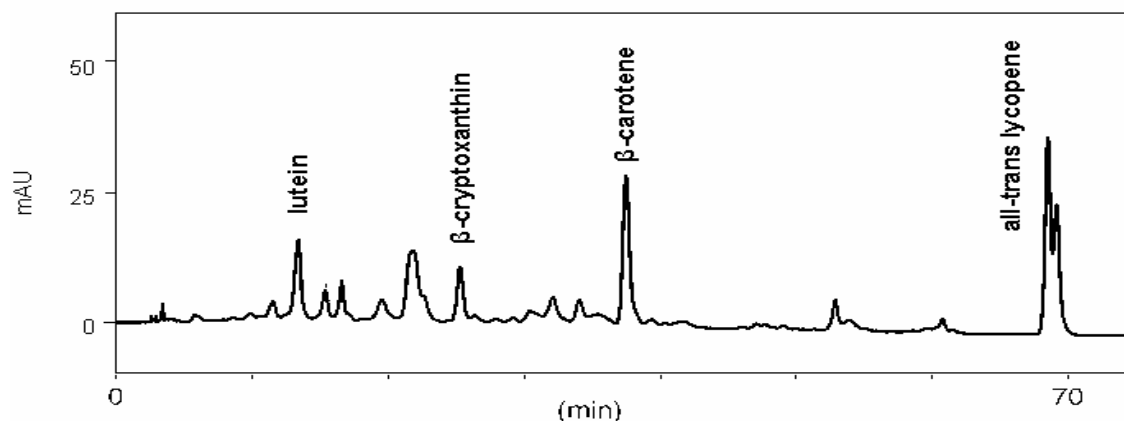


Fig 1 Carotenoids detection in tomato by HPLC

گوجه‌فرنگی مورد بررسی در این پژوهش، متفاوت بود، اما لوتئین میان رقم‌های 3402 و H1015 تفاوت معناداری نشان نداد ($P > 0.05$).

شکل 2 میانگین برخی از کاروتنوئیدهای موجود در رقم‌های مختلف گوجه‌فرنگی را نشان می‌دهد. میزان لیکوپن، β -کاروتن و β -کریپتوزانتین به شکل معناداری ($P < 0.05$) میان رقم‌های

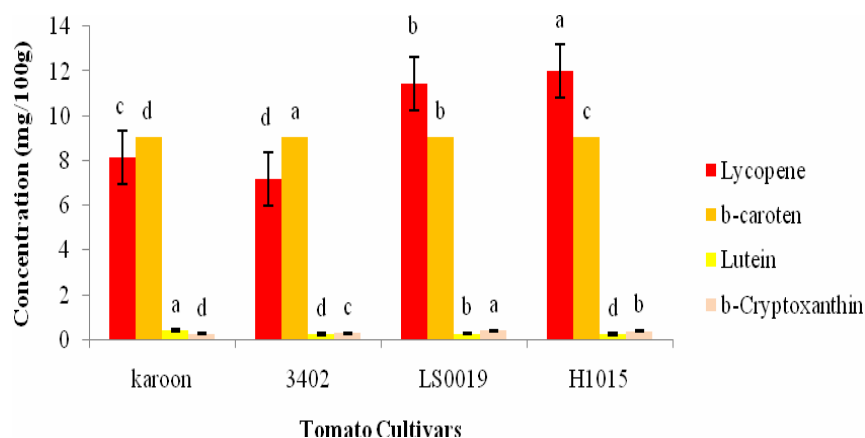


Fig 2 Mean values of carotenoids in tomato cultivars
Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

لوتئین را داشت در حالی که رقم H1015 کمترین میزان لوتئین را داشت. بعلاوه، β -کریپتوزانتین رقم‌ها بین 3/65 mg/kg - 2/43 محاسبه شد و رقم H1015 بیشترین میزان β -کریپتوزانتین را داشت. میزان لیکوپن در رقم کارون برابر 81/062 mg/kg در رقم 3402 برابر 71/95 mg/kg در رقم LS0019 برابر 114/64 mg/kg و در رقم H1015 برابر 120/18 mg/kg محاسبه شدند. تمامی رقم‌های گوجه‌فرنگی

لیکوپن از 71/95 mg/kg در رقم 3402 تا 120/18 mg/kg در رقم H1015 متغیر بود، درحالی که β -کاروتن از 90/55 mg/kg در رقم 3402 تا 17/55 mg/kg در رقم کارون متغیر است. رقم H1015 بیشترین میزان لیکوپن را داشت (120/18 mg/kg) و رقم 3402 بیشترین میزان β -کاروتن را داشت (90/55 mg/kg) میان رقم‌های مختلف از 2/44-4/18 mg/kg متغیر بود. رقم کارون بیشترین میزان

دارند. مطالعات ما با پژوهش های قبلی انجام شده در این زمینه مطابقت دارد [9 و 23]. در رقم های مختلف گوجه فرنگی، لیکوپن اصلی ترین کاروتنوئید محسوب می شود و اصلی ترین کاروتنوئید شناسایی شده در تمامی نمونه های مورد بررسی در این پژوهش نیز لیکوپن بود و آنها مقادیر کمتری β -کاروتن، لوتین و β -کرپتوگزانتین داشتند.

3-4- تعیین میزان پلی فنول تام و فعالیت آنتی اکسیدانی

پلی فنول تام، توانایی مهار رادیکال آزاد (DPPH)، قدرت احیا-کنندگی و ظرفیت تام آنتی اکسیدانی گونه های گوجه فرنگی مورد بررسی، به صورت معنی داری متفاوت از یکدیگر بودند ($p < 0.05$) (شکل 3).

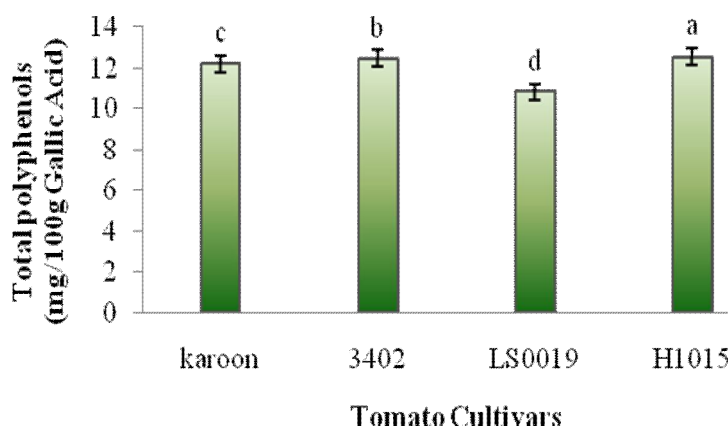


Fig 3 Mean values of total polyphenol contents in tomato cultivars
Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

میزان محتوای پلی فنولی گوجه فرنگی اثر می گذارد. آزمون مهار رادیکال آزاد میزان فعالیت مهار رادیکال آزاد توسط رقم های گوجه فرنگی را نشان می دهد. این تاثیر در شکل 3 نشان داده شده است. درصد مهارکنندگی از 30/58% در رقم کارون، تا 49/03% در رقم H1015 متغیر بود.

لیکوپن و β -کاروتن زیاد داشتند. در بین کاروتنوئیدها، لیکوپن بیشترین مقدار را به خود اختصاص می دهد و این موضوع قبلاً توسط ساس-کیس و همکاران [23] گزارش شده است. مقادیر ترکیبات کاروتنوئیدی بدست آمده در پژوهش پیش رو، بیشتر از مقادیر توصیف شده توسط جرج و همکاران [24] است و این مطلب حاکی از وجود تفاوت مهم میان میزان ترکیبات کاروتنوئید رقم های مختلف است. در گوجه فرنگی های رسیده و قرمز، میزان لیکوپن بسیار بیشتر از میزان سایر کاروتنوئید است. میزان β -کاروتن، لوتین و β -کرپتوگزانتین هم در این پژوهش محاسبه شدند. بعلاوه، میزان β -کاروتن نیز مشابه لیکوپن بود. رقم 3402 بیشترین میزان میانگین β -کاروتن را داشت که نشان می دهد میزان لیکوپن با میزان β -کاروتن ارتباط دارد. در همین حال، ساک و فرانسیس [9] گزارش کردند که رقم های گوجه فرنگی حاوی مقادیر زیادی لیکوپن، میزان کمتری β -کاروتن

دامنه تغییرات میزان پلی فنول تام بر حسب استاندارد گالیک اسید برابر 10/83-12/57 mg/100g بود. پلی فنول کل در رقم 1015 H بیشترین میزان و در رقم LS0019 کمترین میزان را داشتند. این موضوع نشان دهنده آن است که -همانگونه که جورج و همکاران [24] هم بیان کرده اند- ژنوتیپ به شکل قابل توجهی بر

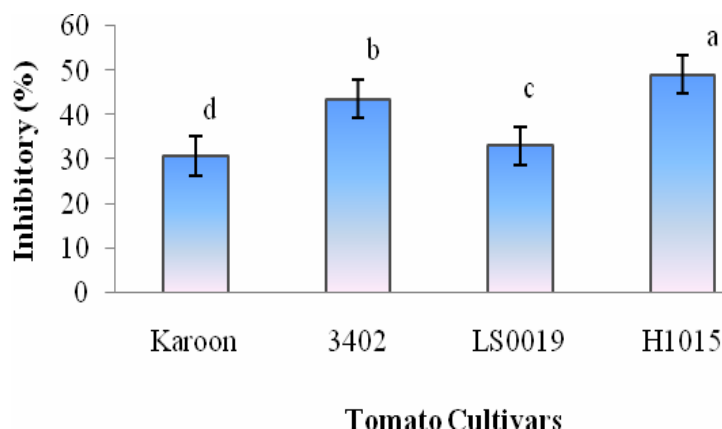


Fig 4 Mean values of inhibitory percentage in tomato cultivars
Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

بررسی در شکل 5 نشان داده شده‌اند.

در این مقاله، رقم H1015 تا حدودی فعالیت بیشتری از خود نشان داد. قدرت احیاکنندگی رقم‌ها نیز تعیین شد؛ نتایج این

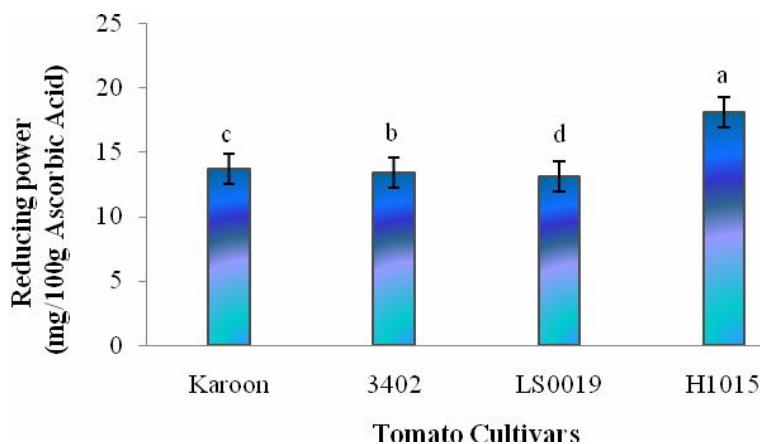


Fig 5 Mean values of Reducing Power in tomato cultivars
Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

آنتی‌اکسیدانی دارند، توانایی احیاکنندگی این رقم در مقایسه با سایر رقم‌ها بیشتر بود. ظرفیت تام آنتی‌اکسیدانی (TAC) رقم‌های گوجه‌فرنگی با آزمون فسفومولیدات (شکل 5) سنجیده شد.

مقادیر قدرت احیاکنندگی از 13/11 mg/100g (برحسب آسکوربیک اسید) در رقم LS0019 تا 18/13mg/100g (برحسب آسکوربیک اسید) در رقم H1015 متغیر بود. از آنجایی که H1015 در مقایسه با سایر رقم‌ها، میزان بیشتری لیکوپن و پلی‌فنول کل دارد و از آنجایی که این ترکیبات خواص

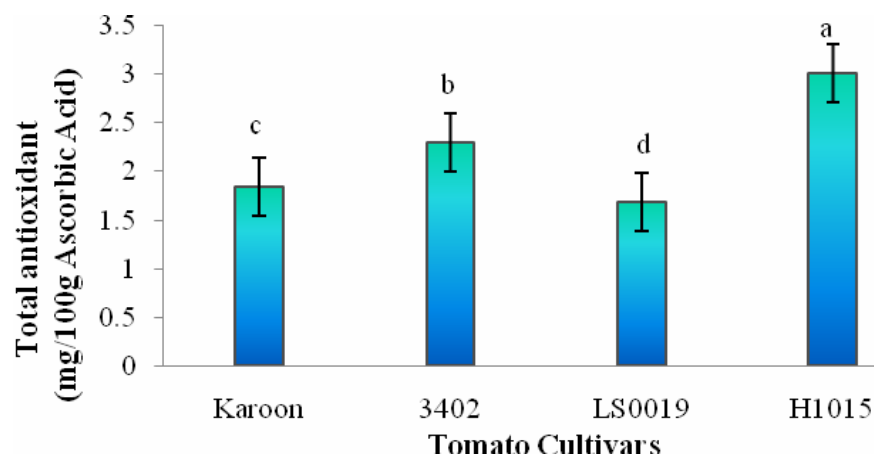


Fig 6 Mean values of total antioxidant capacity in tomato cultivars
Values with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

آنتی اکسیدانی کل را دارد.

چنانچه قبلا نیز با اندازه گیری میزان درصد مهار رادیکال آزاد DPPH و قدرت احیا کنندگی عصاره حاصل از آن، این موضوع اثبات شده بود. واریته H1015 بیشترین میزان لیکوپن و ترکیبات پلی فنلی را دارا است که برای فعالیت های آنتی اکسیدانی ضروری هستند. براساس مطالعات کانو و همکاران [6] و ایهای و همکاران در سال [16 و 25]، ارتباط مهمی بین میزان غلظت لیکوپن و فعالیت آنتی اکسیدانی گوجه فرنگی وجود دارد.

4- نتیجه گیری

ویژگی های فیزیکی و شیمیایی چهار رقم گوجه فرنگی (کارون، 3402، LS0019 و H1015) باهم مقایسه شدند. برخی ویژگی ها همچون pH، کروما و زاویه رنگ تفاوت معناداری نداشتند، در حالی که ویژگی هایی همچون مواد محلول، مواد جامد کل، کاروتنوئیدها (لیکوپن، β -کاروتن، لوتئین و β -کرپتوگزانتین)، پلی فنول کل و فعالیت آنتی اکسیدانی، قدرت احیا کنندگی و ظرفیت تام آنتی اکسیدانی میان رقم های مورد مطالعه اختلاف معنی داری داشتند. رقم H1015 بیشترین میزان مواد جامد کل، شاخص های رنگ (بیشترین میزان a^* و a^*/b^*) و پلی فنول کل را داشت و همچنین غنی از کاروتنوئیدهایی همچون لیکوپن بود. درصد مهار رادیکال آزاد، قدرت احیا کنندگی و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل در رقم های مورد بررسی متفاوت بودند. فعالیت آنتی اکسیدانی رقم H1015 به شکل معناداری

فعالیت آنتی اکسیدانی کل رقم ها در محدوده $3.02 \text{ mg}/100 \text{ gr}$ -1/68 (رحسب آسکوربیک اسید) محاسبه شد. رقم H1015 بیشترین میزان فعالیت آنتی اکسیدانی کل را داشت در حالی که رقم LS0019 از کمترین میزان برخوردار بود. بیشترین میزان درصد مهار رادیکال آزاد، قدرت احیا کنندگی و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل متعلق به رقم H1015 بود. مزایای سلامت بخشی گوجه فرنگی و فرآورده های آن با فعالیت آنتی اکسیدانی ترکیبات زیست فعال موجود در آن مرتبط است. بنابراین، میزان فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره های حاصل از رقم های مختلف گوجه فرنگی به عنوان شاخصی مهم در ارزیابی کیفیت محصول، بررسی شدند. آزمون مهار رادیکال آزاد DPPH، نشان دهنده میزان قدرت مهار رادیکال آزاد توسط ترکیبات زیست فعال موجود در گوجه فرنگی است. در این پژوهش، عصاره حاصل از واریته H1015 درصد بالایی از مهار رادیکال آزاد DPPH را نشان داد. قدرت احیا کنندگی عصاره حاصل از میوه جات و سبزیجات، شاخصی جهت سنجش فعالیت آنتی اکسیدانی آن ها می باشد. با این منظور قدرت احیا کنندگی عصاره های حاصل از واریته های مختلف مطالعه شدند. یافته ها نشان داد که عصاره واریته H1015 در مقایسه با سایر واریته ها، قدرت احیا کنندگی بیشتری دارد که با میزان بالای لیکوپن و ترکیبات پلی فنلی موجود در آن قابل توجه است. همچنین، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل واریته های مختلف گوجه فرنگی اندازه گیری شد.

یافته ها نشان داد که واریته H1015 بیشترین میزان فعالیت

phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes, *Food Chemistry*, 124(4), 1603–1611.

[9] Sacks, E.J. and Francis, D.M. 2001. Genetic and environmental variation for tomato flesh color in a population of modern breeding lines, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126, 221–226.

[10] Davis, A.R., Fish, W.W. and Perkins-Veazie P. 2003. A rapid spectrophotometric method for analyzing lycopene content, in tomato and tomato products, *Postharvest Biology and Technology*, 28, 425–430.

[11] Armendariz, R., Macua, J.I., Lahoz, I., Gamica, J. and Bozal, J.M. 2006. Lycopene content in commercial tomato cultivars for paste in Navarra, *Acta Horticulturae (ISHS)*, 724, 259–262.

[12] Adedeji, O., Taiwo, K.A., Akanbi C.T., and Ajani, R. (2005). Physicochemical properties of four tomato cultivars grown in Nigeria, *Journal of Food Processing and Preservation*, 30, 79–86.

[13] Damian, C., Carpiuc, N., Leahu, A., Oroian, M. and Avramiuc, M. 2013. A study on the thermal effect on quality characteristics of tomato purée, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 19(2), 237–240.

[14] Sadler, G., Davis, J. and Dezman, D. 1990. Rapid extraction of lycopene and β -Carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenate, *Journal of Food Science*, 55, 1460–1461.

[15] Perkins-Veazie, P., Collins, J.K., Pair, S.D. and Roberts, W. 2001. Lycopene content differs among red-fleshed watermelon cultivars, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 983–987.

[16] Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M.S., Tlili, I. and Dalessandro, G. 2011. Antioxidant activity and bioactive compound changes during fruit ripening of high-lycopene tomato cultivars, *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, 588–595.

[17] Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., and Byrne, D. H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant

بیشتر از سایر رقم‌ها بود. بنابراین می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که برای مقاصد اقتصادی و تجاری - همچون فرآوری و استخراج ترکیبات زیست فعال - رقم H1015 مناسب‌تر از سایر رقم‌های مورد بررسی در این پژوهش است.

5- منابع

[1] Motamedzadegan, A. and Tabarestani, H.S. 2010. Tomato Processing, Quality, and Nutrition, in: Sinha NK (ed) *Handbook of Vegetables and Vegetable Processing*, first ed. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.

[2] Aghaei, P., Hosseini Tafreshi, S.A., Ebrahimi, M.A. and Haerinasab, M. 2018. Tolerance evaluation and clustering of fourteen tomato cultivars grown under mild and severe drought conditions, *Scientia Horticulturae*, 232, 1–12.

[3] Flores, P., Sanchez, E., Fenoll and J., Hellin, P. 2016. Genotypic variability of carotenoids in traditional tomato cultivars, *Food Research International*, 100 (3), 510–516

[4] Ahmad khan, M., Shahid Javed, B., Ahmed Khan, K., Nadeem, F., Yousaf, B. and Umer Javed, H. 2017. Morphological and physico-biochemical characterization of various tomato cultivars in a simplified soilless media, *Annals of Agricultural Sciences*, 62, 139–143.

[5] Kavitha, P., Shivashankara, K.S., Rao, V.K., Sadashiva, A.T., Ravishankar, K.V. and Sathish, G.J. 2014. Genotypic variability for antioxidant and quality parameters among tomato cultivars, hybrids, cherry tomatoes and wild species, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(5), 993–999.

[6] Cano, A., Acosta, M., Arnao and M.B. 2003. Hydrophilic and lipophilic antioxidant activity changes during on-vine ripening of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.), *Postharvest Biology and Technology*, 28 (1), 59–65.

[7] Cantore, V., Boari, F., Vanadia, S., Pace, B., Depalma, E., Leo, L. and Zacheo, G. 2008. Evaluation of yield and qualitative parameters of high lycopene tomato cultivars, *Acta Horticulturae (ISHS)*, 789, 173–180.

[8] Georgé, S., Tourniaire, F., Gautier, H., Goupy, P., Rock, E. and Caris-Veyrat, C. (2011). Changes in the contents of carotenoids,

- 171-174.
- [22] Gomez-Prieto, M.S., Caja, M.M., Herraiz, M. and Santa-Maria, G. 2003. Supercritical Fluid Extraction of all-trans-Lycopene from Tomato, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (1), 3-7.
- [23] Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M.M. and Toth-Markus, M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables, *Food Research International*, 38, 1023-1029.
- [24] George, B., Kaur, C., Khurdiya, D.S. and Kapoor, H.C. 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype, *Food Chemistry*, 84, 45-51.
- [25] Ilahy, R., Hdider, C., Lenucci, M.S., Tlili, I. and Dalessandro, G. 2011. Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum L.*) cultivars grown in Southern Italy, *Scientia Horticulturae*, 127, 255-261.
- activity from guava fruit extracts, *Journal of food composition and analysis*, 19(6-7), 669-675.
- [18] Egydio, A.J., Moraes, M.A. and Rosa, T.V. 2010. Supercritical fluid extraction of lycopene from tomato juice and characterization of its antioxidation activity, *Journal of Supercritical Fluids*, 54, 159-164.
- [19] Shahraki, E. 2013. Antioxidant activity of *Polygonum Putulam* M.Bieb, *Phytoscience*, 1(1), 1-5.
- [20] Prieto, P., Pineda, M., and Aguilar, M. (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry* 269 (2), 337-341.
- [21] Ereifej, K.I., Shibli, R.A., Ajlouni, M.M. and Hussain, A. 1997. Physico-chemical characteristics and processing quality of newly introduced seven tomato cultivars into Jordan in comparison with local variety, *Journal of Food Science and Technology -Mysore*, 34,

Physicochemical characterization of different tomato commercial cultivars grown in Iran

Belgheisi, S. ¹, Motamedzadegan, A. ^{2*}, Milani, M. J. ³, Rashidi, L. ⁴, Rafe, A. ⁵

1. PHD Student of Food Technology, Dept. of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
2. Associate Professor, Dept. of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
3. Associate Professor, Dept. of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.
4. Assistant Professor, Dept. of Food Science & Technology, Faculty of Food Industry and Agriculture, Standard Research Institute (SRI), Karaj, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran.

(Received: 2019/12/11 Accepted: 2020/03/01)

The purpose of the present research was to investigate four commercial cultivars of tomato (Karooon, 3402, LS0019 and H1015) in order to determine the physicochemical attributes of the cultivar. During this investigation, fruit qualities were evaluated: Soluble solids, total solids, and moisture, pH, lycopene, β -carotene, lutein, and β -cryptoxanthin contents, color indexes (CIE a^* b^* L^*), hue angle (h), chroma (C), total polyphenols and antioxidant activity. The amounts of total solids, a^* , b^* , L^* , carotenoids (lycopene, β -carotene, lutein, β -cryptoxanthin), total polyphenols, and antioxidant activity (Free radical scavenging capacity, reducing power, total antioxidant capacity) remained significantly different among the investigated cultivars ($p < 0.05$). The results showed that the H1015 cultivar had the highest antioxidant activity and carotenoids content especially lycopene. Moreover, this cultivar had the best color indexes (highest a^*) in comparison with the other cultivars, it is concluded that the H1015 cultivar is comparable to other cultivars and thus is recommended for cultivation and processing.

Keywords: Antioxidant capacity; Biochemical analysis; Carotenoids; Total polyphenols; Cultivar; Tomato

* Corresponding Author E-Mail Address: amotgan@yahoo.com