مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۲، تابستان ۱۴۰۰ / صفحات: ۱۷-۱
Doi: 10.30495/iper.2021.679533 ***Dor:20.1001.1.76712423.1400.16.62.1.1***

بررسی اثر اندازه میوه و موقعیت آن روی تاج درخت بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، کربوهیدرات و ترکیبات زیست فعال پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* cv. Thomson Navel)

سمیه رضایی[۱]، پروانه راهداری[۱]، جواد فتاحی‌مقدم[۲*]، محمود اسدی[۱]، بابک باباخانی[۱]

[۱]گروه زیست‌شناسی، فیزیولوژی گیاهی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

[۲]مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۱/۱۵

چکیده

میوه مرکبات سرشار از ترکیبات زیست‌فعال متعدد و مفیدی شامل ویتامین ث، ترکیبات فنلی، انواع فلاوونوئیدها، کاروتنوئیدها و قندها هستند که ارزش غذایی و آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند. موقعیت میوه روی تاج پوششی درخت و اندازه میوه تأثیر بسزایی در کیفیت و کمیت این ترکیبات در مرکبات دارد. به‌همین منظور این پژوهش با هدف بررسی میزان تأثیر موقعیت میوه روی تاج درخت و اندازه میوه بر خصوصیات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی میوه پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* cv. Thomson Navel) انجام شد. در آزمایش اول میوه‌ها با اندازه متوسط و یکنواخت از دو موقعیت داخل و خارج تاج درخت برداشت شدند و در آزمایش دوم میوه‌ها پس از برداشت به سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ گروه‌بندی شدند. سپس وزن، حجم، طول و عرض میوه، رنگ پوست، ضخامت پوست، میزان عصاره، درصد ماده خشک، TA، TSS، TSS/TA، کلروفیل و کاروتنوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل‌کل، ویتامین ث، قند کل و قندهای احیاکننده به‌طور جداگانه در پوست و گوشت میوه ارزیابی و هم‌چنین ارزیابی حسی نیز انجام شد. نتایج نشان داد که میوه‌های برداشت شده از خارج تاج درخت سطح بالاتری را در شاخص‌های حجم میوه، ضخامت پوست، TSS/TA، میزان *a**، CCI، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و قند کل پوست دارا بودند و در مقابل، میزان TA، *L**، C، *h*° و *b** در میوه‌های داخل تاج بالاتر بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که اندازه میوه بر شاخص‌های فیزیکی میوه، میزان CCI و *h*°، میزان عصاره و درصد ماده خشک تأثیر معنی‌داری داشت اما این میوه‌ها در صفات کیفی و شیمیایی تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که میوه پرتقال با موقعیت خارج از تاج و اندازه بزرگ افزایش معنی‌داری در محتوای عصاره، میزان حجم واقعی، میانگین قطر میوه، عطر، طعم و شیرینی در مقایسه با موقعیت داخل تاج با اندازه کوچک دارد.

واژه‌های کلیدی: پرتقال، رنگدانه‌ی پوست، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، کربوهیدرات، موقعیت میوه.

*نویسنده مسئول: fatahi.jvd@gmail.com

مقدمه

بر اساس جدیدترین آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، در سال ۱۳۹۷ بیشترین میزان تولید از بین محصولات باغبانی مربوط به میوه پرتقال با تولید حدود ۳/۱ میلیون تن و سهم ۱۵/۱ درصد از کل میزان تولید محصولات باغبانی می‌باشد (Anonymous, 2018). کشورمان از نظر میزان تولید (٦١٦٨٦٤ تن) دارای رتبه چهارم و از نظر عملکرد (۲۲۲٦۹۷ کیلوگرم در هکتار) در رده پنجم جهانی قرار دارد (FAO, 2020). میوه مرکبات از جمله پرتقال سرشار از ترکیبات زیست‌فعال متعدد شامل متابولیت‌های اولیه و ثانویه مختلف هستند که به‌طور بالقوه برای سلامتی انسان مفید می‌باشند. از متابولیت‌های اولیه غالب در پوست و گوشت میوه مرکبات، کربوهیدرات‌ها هستند که ۳۰ تا ۵۰ درصد از وزن خشک را تشکیل می‌دهند (Liu et al., 2012; Lv et al., 2015). اسیدهای آلی نظیر آسکوربیک اسید، سیتریک اسید و مالیک اسید از دیگر متابولیت‌های اولیه در آنها می‌باشند. کاروتنوئیدها و فنل‌ها نیز از جمله متابولیت‌های ثانویه در میوه‌های مرکبات بوده و دلیل بالا بودن اثرات آنتی‌اکسیدانی در آنها محسوب می‌شوند (Iglesias et al., 2007).

ترکیبات زیست فعال و خصوصیات فیزیکوشیمیایی میوه‌های مرکبات می‌تواند تحت‌تأثیر عوامل متعددی از جمله شرایط آب و هوایی منطقه تولید، نوع رقم و پایه، مواد معدنی، بلوغ، نحوه کشت درختان، موقعیت میوه روی درخت و اندازه میوه قرار گیرند (Boonyakiat et al., 2012). امروزه کشت متراکم درختان با هدف سهولت در مدیریت باغ مورد توجه قرار گرفته است و در این نوع طراحی باغ، درخت دارای تاج فشرده است که می‌تواند کیفیت ظاهری و داخلی میوه را تحت‌تأثیر قرار دهد. برخی مطالعات در این زمینه گزارش کردند که موقعیت میوه روی تاج درخت، نقش مؤثری در کیفیت داخلی و برخی خصوصیات فیزیکی آنها دارد (Awad et al., 2001; Magwaza et al., 2013). میکروکلیمای تاج به‌عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار در فیزیولوژی رشد میوه شناخته شده است و همبستگی مثبت میان سطح تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR)، دما و تجمع کربوهیدرات در میوه پرتقال گزارش شده است (Cronje et al.,2011). از لحاظ سطح تشعشع فعال فتوسنتزی، تفاوت معنی‌داری بین میوه‌های داخل تاج درخت (بدون نور مستقیم خورشید) و خارج تاج (نور کامل خورشید در طول بخشی از روز) وجود دارد که می‌تواند نقش مستقیم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی از قبیل فتوسنتز، تولید رنگدانه‌های فتوسنتزی، هدایت روزنه‌ای و تعرق داشته باشد (Magwazaa et al., 2013). در این راستا، گزارش شده است که میوه‌های برداشت شده از داخل تاج درخت، دارای کلروفیل و کاروتنوئید پایین‌تر و در نتیجه رنگ پوست نامرغوب‌تری بودند و میوه‌های خارج تاج، به‌دلیل فتوسنتز بالاتر، میزان بالاتری از کربوهیدرات‌ها را سنتز و متابولیزه کرده و مقدار ساکارز، گلوکز و فروکتوز در آنها بالاتر بود (Cronje et al., 2013). مشاهده شده است که غلظت ناکافی کربوهیدرات، نه تنها موجب کیفیت کمتر میوه درون تاج شد؛ بلکه غلظت بالای آن در میوه‌های برداشت شده از خارج تاج، وضعیت پوست را در شرایط پس از برداشت، نسبت به آسیب‌های فیزیولوژی مقاوم‌تر کرد (Holland et al., 2002). همچنین گزارش شده است که موقعیت میوه روی تاج به‌طور قابل‌توجهی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را در زمان برداشت تحت‌تأثیر قرار داد (Cronje et al., 2011). Khalid و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که در قسمت بیرونی تاج درختان نارنگی "کینو"، محتوای آب میوه، مقدار اسیدیته و مواد جامد محلول (TSS) بالاتر و اندازه میوه و درصد پوست پایین‌تر بود.

Verreynne و همکاران (۲۰۰٤) بیان کردند که میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) در میوه‌های داخل تاج بالاتر بود. با این‌حال، تفاوت‌های ناچیز و غیرمعنی‌داری نیز در اسیدیته قابل تیتراسیون بین موقعیت‌های مختلف تاج میوه مرکبات گزارش شده است (Morales et al., 2000; Barry and castle, 2004).

از عوامل دیگری که بر کیفیت ظاهری و داخلی میوه مرکبات مؤثر است اندازه میوه می‌باشد. تفاوت در اندازه میوه و کیفیت آن می‌تواند در نتیجه رقابت در درخت بین منبع و مقصدهای اندام‌های رویشی و زایشی ایجاد شود (Ceccarelli et al., 2016). در شرایطی که باردهی درخت در یک سال کم باشد و یا میوه‌ها تنک شوند، متقابلاً اندازه میوه افزایش می‌یابد (Reginato et al., 2007)، که در این حالت ممکن است باعث افزایش کیفیت میوه به‌دلیل افزایش مواد فتوسنتزی ورودی به میوه گردد (Crisosto et al., 2008). هم‌چنین اندازه بزرگ میوه ممکن است به دلیل ژنوتیپ درخت، شرایط آب و هوایی محلی، کیفیت گل، تعداد بذر زیاد درون میوه (گرده‌افشانی مناسب) و در نتیجه افزایش سطح تنظیم‌کننده‌های رشد چون سیتوکینین و جیبرلین در بافت میوه و بلوغ میوه باشد (Kumar et al., 2011). در یک مطالعه گزارش شد که با افزایش اندازه و بلوغ میوه، میزان قند در آنها افزایش و مقدار اسیدها کاهش می‌یابد. در مقابل، غلظت قند در میوه‌های کوچک، بالاتر از میوه‌های بزرگ‌تر گزارش شده است (Ikpechukwu et al., 2011). در این زمینه، Ikpechukwu و همکاران (۲۰۱۱) بیان کردند که اندازه میوه بر زاویه رنگ پوست ($h°$)، pH، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون در نارنگی رقم "سای‌نم‌فوئینگ" مؤثر است، اما تأثیری در میزان O_2 و CO_2 داخلی میوه، L^* و کرومای رنگ پوست، نسبت TSS/TA و ویتامین ث نداشت.

با این وجود یکی از عوامل تعیین‌کننده در بازارپسندی، بسته‌بندی و ذخیره میوه، اندازه میوه و رنگ آن است (Usenik et al., 2015). با توجه به بازارپسندی میوه‌های با اندازه بزرگ توسط مصرف‌کنندگان و یا ضرورت تولید میوه‌های با اندازه یکنواخت جهت صادرات، نیاز به بررسی رابطه بین اندازه میوه، با کیفیت و ترکیبات زیست فعال و هم‌چنین کیفیت بسته‌بندی است. از طرفی رابطه بین اندازه میوه و موقعیت آن روی تاج درخت بر کیفیت و ترکیبات بیوشیمیایی میوه‌ی پرتقال تامسون کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. در این پژوهش تلاش شد تا ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه پرتقال تامسون ناول پیوندی روی پایه پاکوتاه کننده‌ی فلائینگ‌دراگون (کشت متراکم) تحت تأثیر دو موقعیت داخلی و خارجی تاج درخت و هم‌چنین اندازه میوه مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: در این پژوهش از میوه پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* cv. Thomson Navel) پیوند شده روی پایه‌ی فلائینگ دراگون (۲۰ ساله) استفاده شد. در آزمایش اول میوه‌ها از درختانی یکنواخت و عاری از بیماری (۱۲ درخت) از باغ تحقیقاتی پژوهشکده‌ی مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) از دو موقعیت داخل و خارج تاج درخت، به تعداد ۳۰ عدد میوه در هر تکرار برداشت شدند. در آزمایش دوم میوه‌ها پس از برداشت در سه اندازه‌ی کوچک (میانگین وزن=۱۳۰ گرم)، متوسط (۲۲۰ گرم) و بزرگ (۳۱۰ گرم) گروه‌بندی شدند.

اندازه‌گیری وزن، طول و دو قطر میوه و صفات مرتبط: وزن میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول میوه (L) (فاصله گلگاه تا دم میوه) و قطر کوچک (W) و

ضخامت میوه (T) بر حسب میلی‌متر از دستگاه کولیس (مدل Digit-Cal ساخت سوئیس) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر استفاده شد. سپس مقادیر میانگین قطر حسابی (Da)، میانگین قطر هندسی (Dg)، قطر معادل (Deq) و قطر هم‌ساز (Dh)، نسبت جانبی یا ضریب رعنایی (Aspect ratio=%Ra)، کرویت میوه، مساحت رویه (S) با استفاده از معادله‌های $D_a = \frac{(L+W+T)}{3}$ ، $D_g = (LWT)^{1/3}$، $D_p = [L \times \frac{(W+T)^2}{4}]^{1/3}$، $D_h = \frac{3}{\left(\frac{1}{\text{طول}}\right)+\left(\frac{1}{\text{قطرکوچک}}\right)+\left(\frac{1}{\text{قطربزرگ}}\right)}$، $\%R_a = \left(\frac{W}{L}\right) \times 100$ ، $\emptyset = \frac{(LWT)^{1/3}}{L}$ و $S = \pi {D_g}^2$ محاسبه شدند (Mohsenin,1986).

اندازه‌گیری حجم واقعی (Vt)، **حجم ظاهری** (Va)، **و خطای دو حجم**: مقدار حجم واقعی با استفاده از اصل جابجایی آب اندازه‌گیری شد. بدین منظور، تک‌تک میوه‌ها در بشر یک لیتری لبریز از آب فرو برده شد و با اندازه‌گیری حجم آب خارج شده حجم میوه بر حسب سانتی‌متر مکعب بدست آمد. حجم ظاهری با استفاده از معادله $V_a = \frac{\pi}{6} LWT$ محاسبه شد و با استفاده از معادله $\%e_v = \frac{V_a - V_t}{V_t} \times 100$ درصد خطای حجم ظاهری به واقعی مشخص شد (Mohsenin,1986).

چگالی واقعی: چگالی واقعی با استفاده از رابطه $Pt = \frac{Ma}{Vt}$ تعیین شد. در این رابطه Ma جرم میوه و Vt حجم واقعی میوه است.

ضخامت پوست میوه: ضخامت پوست میوه با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتال (مدل Digit-Cal ساخت سوئیس) بر حسب میلی‌متر با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

رنگ پوست میوه: رنگ پوست در نقطه تقریباً میانی میوه‌ها توسط دستگاه کرومومتر (مدل CR400 – Minolta ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر a^* (سبزی (–) به قرمزی (+))، L^* (درخشندگی)، b^* (آبی (–) به زردی (+))، زاویه رنگ (Hue angle) و کروما (Chroma) مستقیماً از روی دستگاه خوانده شدند و سپس با قرار دادن مولفه‌های اصلی بدست آمده از کرومومتر در فرمول CCI= 1000 *a*/L*.b، شاخص رنگ برون‌بر میوه مرکبات به روش Jimenez و همکاران (۱۹۸۱) محاسبه شد.

درصد ماده خشک: مقداری از پوست میوه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال (مدل SATERUSE) با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شده (وزن تر) و سپس در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، به‌مدت ٤٨ ساعت قرار داده شد. بعد از این زمان دوباره نمونه‌ها وزن گردیده (وزن خشک) و سپس درصد ماده خشک محاسبه شد.

درصد عصاره: عصاره‌گیری بوسیله‌ی آب‌میوه‌گیری دستی انجام شده و پس از اندازه‌گیری وزن عصاره، با محاسبه درصد نسبت حجم عصاره به وزن میوه، درصد عصاره میوه محاسبه شد.

مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و TSS/TA: مقدار TSS با استفاده از دستگاه رفرکتومتر چشمی (مدل Atago-ATC-20E ساخت ژاپن) با دامنه ۲۰-۰ درصد اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری TA، از روش تیتراسیون با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال استفاده شد. میزان TA از حاصل‌ضرب حجم سود مصرفی در عدد ۰/۰٦٤ و بر حسب درصد اسید سیتریک به‌دست آمد. پس از اندازه‌گیری TSS و TA، نسبت TSS:TA محاسبه شد.

ویتامین ث (اسید آسکوربیک): میزان ویتامین ث در پوست و گوشت نمونه‌ها بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲، ٦- دی کلروفنل ایندوفنل (DCIP) توسط اسیدآسکوربیک اندازه گیری شد (Bor et al., 2006). در این روش مقدار یک میلی‌لیتر از آب‌میوه با ۳ میلی‌لیتر متافسفریک اسید (۳ درصد) مخلوط شد. سپس توسط محلول رنگی DCIP تا ظهور رنگ

ارغوانی تیتر شد. مقدار ویتامین ث با استفاده از فرمول $\text{VIT C} = \frac{A}{V2-V1} \times B$ بر حسب میلی‌گرم در صد میلی‌لیتر محاسبه شد. در این فرمول A: حجم DCIP مصرفی برای ۱ میلی‌لیتر آب میوه، V2: حجم DCIP مصرفی برای یک میلی‌لیتر ویتامین ث، V1: حجم DCIP مصرفی برای یک میلی‌لیتر Blank و B: حجم آب میوه در ۱۰۰ گرم پرتقال می‌باشد.

سنجش رنگیزه‌های کلروفیلی و کاروتنوئیدی: برای سنجش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها از روش (Lichtenthaller, 1987) استفاده شد. ابتدا ۰/۱ گرم نمونه با ٤ میلی‌لیتر استن ۸۰ درصد در هاون چوبی سائیده شد و سپس محلول حاصل به‌مدت ۵ دقیقه در ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شده و سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل ها و کارتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ در طول موج‌های ٦٤٧، ٦٦٤ و ٤٧٠ نانومتر قرائت گردید. جهت صفر کردن دستگاه از استن ۸۰ درصد استفاده شد. میزان کلروفیل a، b کلروفیل کل و کاروتنوئید از طریق معادله‌های (۱) تا (٤) محاسبه گردید:

معادله (۱) $Chl_a=12/21(A_{664})-2/79(A_{647})$

معادله (۲) $Chl_b=21/21(A_{647})-5/1(A_{664})$

معادله (۳)

$$Carotenoid = (1000\ A_{470}-1/8Chl_a-85/02Chl_b)/198$$

معادله (٤) $Chl_T= Chl_a + Chl_b$

استخراج و اندازه‌گیری ترکیبات فنلی: جهت استخراج ترکیب‌های فنلی پوست و گوشت میوه‌ها از حلال متانولی استفاده شد . بدین منظور نمونه‌ها با نسبت ۱:۲ به مدت ٢٤ ساعت در داخل حلال قرار داده شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه و با سرعت ٦۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ (مدل Micro 22R ساخت آلمان) شدند. قسمت شناور نمونه‌ها برداشته شده و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. اندازه‌گیری ترکیبات فنلی از طریق روش فولین سیوکالتو (Singleton et al., 1999) انجام شد. در این روش به ۲۰۰ میکرولیتر عصاره متانولی سانتریفیوژ شده، ۲۵۰ میکرولیتر فولین ۱۰ درصد اضافه و پس از ۵ دقیقه ۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ دصد به مخلوط حاصله افزوده شد. پس از ۱/۵ ساعت نگهداری در دمای اتاق و شرایط تاریکی میزان جذب عصاره در طول موج ٦٧٥ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV-1601) قرائت شد. آنگاه میزان ترکیبات فنلی با استفاده از معادله خط استاندارد $y = ۰/۰۰٤٤ + ۰/۱۹۹$ و به‌صورت میلی‌گرم در گرم اسیدگالیک به‌دست آمد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی: ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت و پوست میوه از روش خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH (۲ و ۲- دی‌فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل) اندازه‌گیری شد (Brand-Williams, 1995). فعالیت مهار رادیکال DPPH از فرمول درصد خنثی‌کنندگی رادیکال $\text{DPPH} = 100\ (1 - As/Ac)$ محاسبه شد. در این معادله Ac جذب رادیکال DPPH بدون عصاره به‌عنوان کنترل و As جذب DPPH به‌علاوه نمونه است.

استخراج و اندازه‌گیری قند کل و قندهای احیا کننده: بدین‌منظور ابتدا ۰/۱ گرم از بافت پوست و گوشت میوه با ۱۰ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصدمخلوط و به‌مدت ده دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. عصاره‌های الکلی به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه در ٤۰۰۰×g سانتریفیوژ شدند و عمل فوق یکبار دیگر تکرار گردید. از عصاره بدست آمده برای اندازه‌گیری قندهای محلول استفاده گردید. اندازه‌گیری قند کل به روش McCready و همکاران (۱۹۵۰) انجام شد. برای اندازه‌گیری قند کل ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره الکلی با ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون مخلوط و به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم

با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از سرد شدن میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ٦٢٠ نانومتر دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل UV- 1601) قرائت شد. سپس مقدار قند کل پوست و گوشت میوه از روی منحنی استاندارد گلوکز و معادله خط y = ۰/۰۰۸۸x – ۰/۰۰۸٦ بر حسب میلی‌گرم در گرم بیان شد. قندهای احیایی نمونه‌های میوه به روش میلر (Miller, 1959) اندازه‌گیری شدند. بدین‌منظور ۱/۵ میلی‌لیتر از عصاره با ۱/۵ میلی لیتر از معرف دی‌نیترو-سالیسیلیک اسید مخلوط شد و به‌مدت ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. پس از آن بلافاصله ۰/۵ میلی‌لیتر پتاسیم سدیم تارتارات ٤٠ درصد به آن افزوده و میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۷۵ نانو متر قرائت شد. سپس میزان قندهای احیایی از روی منحنی استاندارد گلوکز و معادله خط y = ۰/۰۰۰٦x + ۰/۲۷۸۵ و مقدار آن بر حسب میلی‌گرم در گرم بیان شد.

آنالیز حسی: جهت آزمون حسی، تعداد ۹ ارزیاب به‌صورت تصادفی از مجموع کارکنان زن و مرد با رده‌های سنی و شغلی مختلف انتخاب شدند و به ویژگی‌هایی شامل خصوصیات ظاهری پوست و گوشت، عطر، طعم، شیرینی، ترشی، تلخی و پذیرش کلی میوه نمره دادند. حدود نمره‌ها در دامنه‌ی ۱ تا ۱۰ و به‌صورت ۱= ضعیف، ۵=رضایت‌بخش و ۱۰= عالی بود.

تجزیه و تحلیل آماری: این پژوهش به صورت دو آزمایش جداگانه روی پرتقال تامسون ناول اجرا گردید. در آزمایش اول تیمارها شامل سه سایز میوه (کوچک، متوسط و بزرگ) و در آزمایش دوم تیمارها شامل دو موقعیت داخل و خارج تاج بودند. هر دو آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی اجرا گردید. تجزیه‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها به وسیله نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ صورت گرفت (Shiri et al., 2016). داده‌های توصیفی مربوط به ارزیابی حسی با استفاده از آزمون ناپارامتری چند گروهی وابسته فریدمن در برنامه SPSS نسخه ۲۳ تحلیل گردید (Carabante and Prinyawiwatkul, 2018).

نتایج

ویژگی‌های فیزیکی میوه: بررسی تجزیه واریانس داده‌ها در ارزیابی خواص فیزیکی میوه‌ها در دو موقعیت داخل و خارج تاج نشان داد که موقعیت میوه در تاج تأثیر معنی‌داری روی صفات وزن، طول و هم‌چنین مؤلفه‌های میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی، قطر معادل، قطر همساز، ضریب رعنایی، کرویت، مساحت رویه نداشت (جداول ۱ و ۳). اما حجم واقعی میوه‌های قرار گرفته در بیرون تاج (۲۱۵/٤۱ سانتی‌متر مکعب) نسبت به داخل تاج (۱۵۱/۹۷ سانتی‌مترمکعب) بطور معنی‌داری بالاتر بود. ضخامت پوست میوه‌های بیرونی تاج نیز از داخل تاج بالاتر بود. در بررسی اثر اندازه میوه نتایج نشان داد که میانگین قطر حسابی، قطر هندسی، قطر معادل، قطر همساز، ضریب رعنایی، کرویت، مساحت رویه، حجم واقعی و حجم ظاهری میوه در میوه‌های اندازه بزرگ بیشتر از میوه‌ها با اندازه‌های متوسط و کوچک بود. اما در کرویت، ضریب رعنایی و چگالی میوه تفاوت معنی‌داری نداشتند (جداول ۲ و ۳).

شاخص‌های رنگ پوست میوه: نتایج تجزیه واریانس داده‌های اثر موقعیت و اندازه میوه در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱: تجزیه واریانس اثر موقعیت میوه روی تاج درخت بر ویژگی های اندازه‌گیری شده پرتقال تامسون ناول.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات																			
		وزن	طول	عرض	مساحت زوبه	ضریب رخنایی	کلروفیل کل پوست	TSS/TA	کاروتنوئیدکل پوست	ترکیبات فنلی گوشت	ترکیبات فنلی پوست	ویتامین ث	Hue (h°)	a^*	b^*	CCI	قطر معادل	قطر همساز	قطر هندسی	قطر حسابی	ضخامت پوست	حجم	L^*	Chroma	کروما
تیمار	۲	۰/۹۹ ns	۰/۲۹ ns	۱/۰۶ ns	۳/۲۸ ns	۶/۵۳ **	۰/۱۷۶ ns	۳۳۹ ns	۰/۰۶۲ ns	۰/۰۲۵ *	۰/۱۷ ns	۱۲/۹۷ ns	۱۸/۲۹ **	۲۱/۷۷ *	۳۲/۱۲ *	۳/۵۷ **	۰/۰۲۹ ns	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۲۹ ns	۰/۰۰۲۰ ns	۱/۰۷ *	۶۰۳۷ **	۷۳/۰۱ *	۱۵/۲۹ ns	۰/۰۰۰۲۶ *
خطای آزمایشی	۶	۳۶۹/۶۷	۲/۳۸	۶/۱۳	۱۱۲/۲۲	۰/۴۶	۰/۰۳۸	۰/۷۵	۰/۰۱۹	۰/۰۰۲	۰/۰۵۸	۶/۴۱	۰/۵۶	۹/۴۸	۱/۹۰	۳۹۸	۰/۰۵۴۷	۰/۰۵۴	۰/۰۵۴۶	۰/۱۲	۴۸۱	۹/۴۸	۵/۴۲	۰/۰۰۰۰۳
ضریب تغییرات	-	۹/۷۷	۳/۰۵	۳/۳۹	۳/۲۸	۷/۶۴	۱۲/۳۳	۱۰/۸۸	۱۰/۵۲	۱۲/۶۵	۱۲/۵۳	۵/۷۴	۵/۹۸	۴/۷۵	۸/۵۶	۱۱/۳۶	۳/۲۴	۳/۲۴	۳/۲۶	۹/۲۴	۱۱/۹۴	۴/۹۵	۳/۱۴	۷/۹۹

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات																			
		چگالی ظاهری	حجم واقعی	میزان عصاره	ماده خشک پوست	CCI	قند کل پوست	قند کل گوشت	قند احیا کننده پوست	قند احیاکننده گوشت	TA	TSS	چگالی واقعی	خطا دو حجم	حجم واقعی	میزان عصاره	قند کل گوشت	قند احیا کننده پوست	قند احیاکننده گوشت	TA	TSS
تیمار	۲	۶/۲۶ ns	۶۰۳۷ *	۰/۹۳ ns	۲/۰۳ ns	۳/۵۷ **	۲۸۲ ns	۴۱/۳۴ ns	۲۳۲ ns	۳/۱۱ ns	۰/۰۶۸ ns	۰/۱۲۳ ns	۰/۲۱۶۶ **	۱۹۱۷ **	۶۰۳۷ *	۰/۹۳ ns	۱۳۰ ns	۲۳۲ ns	۳/۱۱ ns	۰/۰۶۸ ns	۰/۱۲۳ ns
خطای آزمایشی	۶	۳۷۸/۸۲	۴۸۱	۱/۸۸	۱/۲۷	۰/۱۷	۳۹۸	۵۷	۱۳۸/۴۷	۱۳۸/۴۷	۰/۰۲۱	۰/۰۹۰	۱	۱	۴۸۱	۱/۸۸	۵۷	۳۸۳	۱۳۸/۴۷	۰/۰۲۱	۰/۰۹۰
ضریب تغییرات	-	۱۰/۰۵	۱۱/۹۴	۳/۸۸	۳/۹۲	۱۰/۲۵	۱۱/۳۶	۵۰۴	۱۱/۵۲	۱۱/۵۲	۱۰/۵۰	۲/۷۲	۱/۵۱	۱/۲۲	۱۱/۹۴	۳/۸۸	۵۰۴	۱۱/۲۳	۱۱/۵۲	۱۰/۵۰	۲/۷۲

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر اندازه میوه بر ویژگی های اندازه‌گیری شده پرتقال تامسون ناول.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات																		
		وزن	طول	عرض	حجم	ضخامت پوست	قطر حسابی	Hue (h^o)	Chroma	L^*	ترکیبات فنلی کل	کاروتنوئیدکل پوست	ضریب رنگابی	مساحت رویه	کلروفیل کل پوست	TSS/TA	کربوهیدرات	CCI	b^*	a^*
تیمار	۲	۲۵۶۹۰/۰**	۳۶۵**	۳۷۷**	۲۳۶۵۶**	۰/۸۹۲*	۳/۷۳**	۴/۳۰*	۲/۶۷ ns	۲۵ ns ۵۱	۰/۰۰۰۰۲۲**	۰/۰۳۳ ns	۱۲/۳۳ ns	۷۶۳۶**	۰/۰۱۲ ns	۴/۹۹ ns	۰/۰۰۰۳ ns	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۹
خطای آزمایشی	۶	۲۵۴	۸	۹	۴۷۶	۰/۱۷۲	۰/۰۷	۰/۸۶	۴/۹۲	۲/۱۵	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۵۰	۲۰/۸۲	۱۱۵	۰/۰۶۹	۲/۲۵	۰/۰۰۰۹	۴/۶۰	۱/۹۹	۰/۰۰۰۹
ضریب تغییرات	-	۷/۲۸	۴/۱۵	۴/۰۵	۹/۶۰	۱۲/۶۹	۳/۶۱	۱/۲۶	۲/۸۸	۲/۲۸	۰/۰۰۰۰۰۲۲	۶/۲۶	۴/۲۲	۶/۲۶	۱۳/۶۰	۱۳/۸۵	۲/۸۰	۶/۵۴	۲/۹۱	۶/۵۴

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات																		
		TSS	TA	میزان عصاره	ماده خشک پوست	CCI	قند کل پوست	آنتی اکسیدان گوشت	آنتی اکسیدان پوست	ویتامین ث	ترکیبات فنلی پوست	ترکیبات فنلی گوشت	کاروتنوئیدکل پوست	ضریب رنگابی	کلروفیل کل پوست	TSS/TA	کربوهیدرات	قند کل گوشت	قند احیا کننده پوست	قند احیاکننده گوشت
تیمار	۲	۰/۰۵۸ ns	۰/۱۵۴ ns	۲۲/۸۳ ns	۱۵/۷۶*	۰/۵۴۹*	۶۰۰/۸۱ ns	۸۳/۹۰ ns	۳۲/۶۳ ns	۹/۳۱ ns	۰/۰۰۰۲۹ ns	۰/۰۰۰۰۲۲**	۰/۰۳۳ ns	۱۲/۳۳ ns	۰/۰۱۲ ns	۴/۹۹ ns	۶۴۸/۸۹ ns	۴۲/۸۹ ns	۶۲۸/۷۱ ns	۶۵۶/۴۲ ns
خطای آزمایشی	۶	۰/۱۱۵	۰/۰۷۰	۶/۴۹	۳/۲۲	۰/۱۱۳	۳۰۹/۹۹	۱۰۷/۹۱	۵۰/۸۵	۱۳/۶۰	۰/۰۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۳	۰/۰۵۰	۲۰/۸۲	۰/۰۶۹	۲/۲۵	۸۰۷/۰۸	۴۲/۸۹	۳۱۴/۶۱	۶۵۷/۱۵
ضریب تغییرات	-	۳/۱۲	۱۶/۰۷	۶/۹۷	۵/۶۵	۷/۳۳	۱۵/۳۹	۱۴/۲۳	۱۳/۸۸	۸/۱۷	۱۵/۰۸	۷/۲۳	۱۳/۶۰	۶/۲۶	۱۳/۸۵	۱۴/۳۷	۲۲/۲۸	۱۵/۶۲	۲۲/۳۹	۱۲/۳۹

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان شاخص a^* و شاخص CCI در میوه‌های خارج تاج بالاتر از داخل تاج بود. در مقابل میوه‌های داخل تاج به‌طور معنی‌داری مقادیر L^*، C، $h°$ و b^* بالاتری نسبت به خارج تاج نشان دادند (جدول ٤). در بررسی اثر اندازه میوه، داده‌ها نشان داد که میزان L^*، a^*، b^* و کروما در تمامی اندازه‌ها تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ اما در میزان هیو و شاخص CCI تفاوت معنی‌دار نشان دادند بطوری‌که میوه‌ها با اندازه کوچک بالاترین میزان (٧٤/٦٠) و اندازه متوسط کمترین مقدار (٧٢/٣١) $h°$ را داشتند. در شاخص CCI میوه‌های اندازه متوسط مقدار بالاتری را دارا بودند (جدول ٤).

جدول ۳: ویژگی‌های فیزیکی میوه پرتقال تامسون ناول بسته به موقعیت میوه روی تاج درخت و اندازه میوه.

	وزن میوه (گرم)	طول میوه (سانتی‌متر)	عرض (سانتی‌متر)	ضخامت پوست (میلی‌متر)	میانگین قطر حسابی (سانتی‌متر)	میانگین قطر هندسی (سانتی‌متر)	قطر همساز (سانتی‌متر)	قطر معادل (سانتی‌متر)
موقعیت میوه								
داخل تاج	۱۹۷/۰٤a*	٦/۸۹a	۷/۲٥b	۳/۳٥b	۷/۱۳a	۷/۱۳a	۷/۱۳a	۷/۱۳a
خارج تاج	۱۹٦/٥۰a	٦/۸٥a	۷/۳۲a	٤/۱۹a	۷/۱۷a	۷/۱۷a	۷/۱۷a	۷/۱۷a
اندازه میوه								
کوچک	۱۲۷/٦٥c	٥/۰۳c	٦۰/۳۰a	۲/٦٥b	٦/۱٥c	٦/۱٥c	٦/۱٤c	٦/۱٥c
متوسط	۲۱۷/۲۲b	۷/۱۱b	۷/٦۲a	۳/٦۹a	۷/٤۳b	۷/٤۳b	۷/٤۲b	۷/٤۳b
بزرگ	۳۱۲/٥٤a	۸/۰۳a	۸/٤۲a	۳/٥٤a	۸/۳۷a	۸/۳۷a	۸/۳٦a	۸/۳۷a

* در هر ستون و برای هر آزمایش میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ٥ درصد با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم دارند.

ادامه جدول ۳: ویژگی‌های فیزیکی میوه پرتقال تامسون ناول بسته به موقعیت میوه روی تاج درخت و اندازه میوه.

	حجم ظاهری (سانتی‌مترمکعب)	حجم واقعی (سانتی‌مترمکعب)	خطای دو حجم(درصد)	چگالی واقعی (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	کرویت	ضریب رعنایی (درصد)	مساحت رویه (سانتی‌مترمربع)
موقعیت میوه							
داخل تاج	۱۹۲/٦۱a*	۱٥۱/۹۷b	۲٦/۲۰a	۱/۲۹a	۱/۰۳a	۱۰٥/۲۱a	۱٦۰/٦۰a
خارج تاج	۱۹٤/٦٥a	۲۱٥/٤۱a	-۹/٥٤a	۰/۹۱b	۱/۰٤a	۱۰۷/۲۹a	۱٦۲/۰۹a
اندازه میوه							
کوچک	۱۲۳/۹۱c	۱۳۷/۸۸c	-۹/٦۹a	۰/۹۳a	۱/۰٥a	۱۰۸/٤٤a	۱۱۹/٥۳c
متوسط	۲۱٥/٦۸b	۲۲۸/۷۸b	-٥/٥۸a	۰/۹٤a	۱/۰٦a	۱۰۹/۸۲a	۱۷۳/۸۳b
بزرگ	۳۰۸/۰۱a	۳۱٥/٤۱a	-۰/۸۷a	۱/۰۰a	۱/۰٤a	۱۰٥/۸۳a	۲۲۰/۳٤a

* در هر ستون و برای هر آزمایش میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ٥ درصد با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم دارند.

درصد ماده خشک و درصد عصاره: نتایج تجزیه واریانس داده‌های اثر موقعیت و اندازه میوه در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. بر اساس داده‌های جدول ۱، موقعیت میوه روی تاج تأثیر معنی‌داری بر درصد ماده خشک پوست نداشت. اما درصد ماده خشک در میوه‌های اندازه کوچک (٣٤/٣ درصد) در مقایسه با میوه‌های بزرگ‌تر (٣٠/٣ درصد) بالاتر بود. هم‌چنین موقعیت میوه روی تاج بر درصد عصاره میوه‌ها تأثیری نداشت. در مقابل میوه‌های اندازه بزرگ درصد بیشتری از عصاره را در مقایسه با اندازه متوسط و کوچک داشتند (جدول ٥).

جدول ٤: قایسه میانگین شاخص‌های رنگ پوست میوه پرتقال تامسون ناول بسته به موقعیت میوه روی تاج و اندازه میوه.

	L^*	Chroma	Hue ($h°$)	a^*	b^*	CCI
موقعیت میوه						
داخل تاج	٦٥/٠٤a*	٧٥/٦٢a	٧٨/١٤a	١٥/٣٥b	٧٤/٦٢a	٣/١٩b
خارج تاج	٥٨/٠٦b	٧٢/٤٧b	٧٤/٦٥b	١٩/١٧a	٦٩/٨٥b	٤/٧٤a
اندازه میوه						
کوچک	٦٤/٢٢a	٧٧/٤١a	٧٤/٦٠a	٢٠/٥٢a	٧٤/٦٣a	٤/٣٠b
متوسط	٦٢/٩٥a	٧٥/٨٤a	٧٢/٣١b	٢٢/٩٩a	٧٢/٢٦a	٥/٠٧a
بزرگ	٦٥/٥٩a	٧٧/٥٢a	٧٤/٠٦a	٢١/٢٧a	٧٤/٥٠a	٤/٣٧b

*در هر ستون و برای هر آزمایش میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ٥ درصد با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم دارند.

شاخص‌های TSS، TA و TSS/TA: نتایج تجزیه واریانس داده‌های اثر موقعیت و اندازه میوه بر میزان شاخص‌های TSS، TA و TSS/TA میوه پرتقال تامسون ناول در جداول ١ و ٢ آورده شده است. مقدار TA در میوه‌های خارج تاج بالاتر (١/٥١ درصد) از داخل تاج (١/٣١ درصد) بود. میزان TSS/TA نیز در میوه‌های خارج تاج به طور معنی‌داری بالاتر بود. هم‌چنین میوه‌ها با اندازه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری را در شاخص‌های TA، TSS و نسبت TSS/TA نشان ندادند (جدول ٥).

جدول ٥: ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه پرتقال تامسون ناول بسته به موقعیت و در اندازه میوه

موقعیت و اندازه میوه	ماده خشک پوست (٪)	میزان عصاره(٪)	TA (%)	TSS (%)	TSS/TA
موقعیت میوه					
داخل تاج	٣٤/ ٣٦a*	٣٤/٩٣ a	١/٥١ a	١٠/٩١ a	٧/٢٤ b
خارج تاج	٢٨/١٨ a	٣٥/٧٢ a	١/٣١ b	١١/٢٠ a	٨/٧٣ a
اندازه میوه					
کوچک	٣٤/٣٩ a	٣٤/٦٤ b	١/٧٢ a	١٠/٨٠ a	٦/٢٦ b
متوسط	٣٠/٣٨ b	٣٥/٣٠ b	١/٣٢ a	١١/٠٦ a	٦/٢٦ b
بزرگ	٣٠/٤٧ b	٣٩/٧٦ a	١/٣٦ a	١٠/٨٦ a	٨/٣٥ a

*در هر ستون و برای هر آزمایش میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ٥ درصد با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم دارند.
TA: اسیدیته قابل تیتراسیون، TSS: مواد جامد محلول کل

قند کل و قندهای احیاکننده پوست و گوشت میوه: نتایج تجزیه واریانس داده‌های اثر موقعیت و اندازه میوه بر میزان قند کل و قندهای احیاکننده پوست و گوشت میوه پرتقال تامسون ناول در جداول ١ و ٢ آورده شده است. محتوای قند در پوست میوه‌های برداشت شده از موقعیت خارجی تاج به‌طور معنی‌داری بالاتر (١٩٢/٣٦ میلی‌گرم بر گرم) از میوه برداشت شده از بخش داخلی تاج بود (جدول ٦). همچنین نتایج نشان داد که اندازه‌ی میوه تأثیر معنی‌داری بر قند کل و قندهای احیاکننده در پوست و گوشت میوه‌ها نداشت (جدول ٦).

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت میوه: نتایج تجزیه واریانس داده‌های اثر موقعیت و اندازه میوه بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست و گوشت میوه پرتقال تامسون ناول در جداول ١ و ٢ آورده شده است. نتایج نشان داد که موقعیت میوه روی تاج درخت میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد بطوری‌که میوه‌های خارج تاج ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

بالاتری را نسبت به داخل تاج داشتند. در بررسی اثر اندازه میوه، نتایج نشان داد که اندازه میوه تأثیر معنی‌داری بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها نداشت (جدول ٦).

جدول ٦: ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه پرتقال تامسون ناول بسته به موقعیت و در اندازه میوه

موقعیت و اندازه میوه	کلروفیل a پوست ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل b پوست ($mg.g^{-1}FW$)	کلروفیل کل پوست ($mg.g^{-1}FW$)	کاروتنوئیدکل پوست ($mg.g^{-1}FW$)	ترکیبات فنلی گوشت ($mg.g^{-1}FW$)	ترکیبات فنلی پوست ($mg.g^{-1}FW$)	ویتامین ث میوه ($mg.100g^{-1}FW$)
موقعیت میوه							
داخل تاج	۲/۳٦a*	٤/۱٦a	٦/٥۳a	۰/۳۹a	۰/۳۷a	۱/۷۰a	٤۲/٥٥a
خارج تاج	۲/٤۸a	٤/۳۷a	٦/۸٥a	۰/٤۷a	۰/۲٥a	۱/۸۱a	٤٥/٦۷a
اندازه میوه							
کوچک	۱/۸۷a	۳/۳۳a	٥/۲۱a	۰/۳۷a	۰/۱۹a	۰/۰۱۸a	٤۷/۰٦a
متوسط	۱/٤۸a	٤/۳۷a	٦/۸٥a	۰/۲٥a	۰/۲٤a	۰/۰۲۲a	٤۳/٦٤a
بزرگ	۱/۸٦a	۳/۲۹a	٦/۱۳a	۰/۱٥a	۰/۲٤a	۰/۰۲۸a	٤٤/٦۲a

*در هر ستون و برای هر آزمایش میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ٥ درصد با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم دارند.

ادامه جدول ٦: ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه پرتقال تامسون ناول بسته به موقعیت و اندازه میوه.

موقعیت و اندازه میوه	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست (٪)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی گوشت (٪)	قند کل پوست ($mg.g^{-1}FW$)	قند کل گوشت ($mg.g^{-1}FW$)	قندهای احیاکننده پوست ($mg.g^{-1}FW$)	قندهای احیاکننده گوشت ($mg.g^{-1}FW$)
موقعیت میوه						
داخل تاج	٥۱/۰۰b*	٦۸/۳۳a	۱۲۱/٦٤b	۱۰۸/۱۲a	۱۱٤/۳۱a	۱۰۳/۳٥a
خارج تاج	٦٤/٤۱a	۷۳/٥۸a	۱۹۲/۳٦a	۱۱۹/۸۹a	۱۱٦/۲٥a	۱۰۱/۸٦a
اندازه میوه						
کوچک	٤۷/٥۸a	۷٥/٥۸a	۱٥٥/۷۸a	۹۷/٥۰a	۱۱٤/۳۷a	۷۳/۱٤a
متوسط	٥۳/٦٦a	٦٦/۹۱a	۱۷٤/۸۱a	۱۰۱/٤٤a	۱۱۱/٦۰a	٦۸/۰۲a
بزرگ	٥۲/۸۳a	۷٦/٥۰a	۱۷۱/۷٦a	۱۰۳/۲۰a	۱۱۰/۸۱a	٦۱/٥۱a

*در هر ستون و برای هر آزمایش میانگین‌های دارای حروف متفاوت در سطح احتمال ٥ درصد با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری باهم دارند.

آنالیز حسی: براساس فرض H_1 صفات طعم، شیرینی، بدطعمی و تلخی میوه بسته به موقعیت میوه روی درخت با سطح احتمال ٥ درصد تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. بدین صورت که میوه‌های خارج تاج دارای امتیاز بالاتری از نظر طعم مطلوب (با مقدار کای اسکوآر ٦/۲٥ و سطح معنی‌داری ۰/۰۱) و شیرینی (با مقدار کای اسکوآر ٦/۲۳ و سطح معنی‌داری ۰/۰۱۳) نسبت به داخل تاج بودند. در مقابل میوه‌های داخل تاج به طور معنی داری امتیاز تلخی بالاتری (۱/٦٦) دریافت نمودند. هم‌چنین کلیه صفات مربوط به آنالیز حسی بسته به اندازه میوه تفاوت معنی داری با هم نشان ندادند (جدول ۷).

جدول ۷: نتایج ارزیابی حسی پرتقال تامسون ناول بسته به دو موقعیت داخلی و خارجی تاج و در سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ

موقعیت و اندازه میوه	ظاهر پوست	ظاهر گوشت	عطر	طعم	شیرینی	بد طعمی	ترشی	تلخی	پذیرش کلی
موقعیت میوه									
داخل تاج	۷/۳۳*	۸/۰۰	٦/۷۲	٦/۳۸	۵/۵۵	۲/۱٦	٤/۰۵	۱/٦٦	۷/۰۵
خارج تاج	۷/۲۷	۸/۰۱	۷/٤٤	۷/۷۲	٦/٦۱	۱/۲۲	۳/۱٦	۱/۰۰	۷/۱٦
کای اسکوار	۰/۰۷	۰/٤۰	۱/٦۰	٦/۲۵	٦/۲۳	٦/۲۳	۱/۱٤	٦/۰۰	۰/۰۰
سطح معنی‌داری	۰/۷۸	۰/۵۲	۰/۲۰	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۰۱	۱/۰۰
اندازه میوه									
کوچک	٦/۵۰	۸/۸۳	۷/۰۰	۷/۵۰	۷/۳۳	۱/۱٦	۲/۳۳	۱/۳۳	۷/۱٦
متوسط	٦/۸۳	۸/۳۳	۷/۰۰	۷/٤۰	٦/۸۳	۱/۰۰	۲/۵۰	۱/۱٦	۷/۵۰
بزرگ	۷/۵۰	۸/۵۰	۷/۵۰	۸/۱٦	۸/۰۰	۱/۰۰	۲/۰۰	۱/۱٦	۸/۰۰
کای اسکوار	٤/۵۲	۲/۰۰	۰/۳۳	۳/۹۰	۳/۱۱	۲/۰۰	۰/۸۰	۰/۰۰	٤/۰۰
سطح معنی‌داری	۰/۱	۰/۳٦	۰/۸٤	۰/۱٤	۰/۲۱	۰/۳٦	۰/٦۷	۱/۰۰	۰/۱۳

*میانگین.

بحث

براساس نتایج پژوهش حاضر، شاخص‌های حجم واقعی میوه و ضخامت پوست در میوه‌های برداشت شده از موقعیت خارج تاج درخت، نسبت به داخل تاج به‌طور معنی‌داری بالاتر بودند. در این رابطه به‌طور مشابه گزارش شده است که میوه‌های خارج تاج درخت در نارنگی " کینو" به‌صورت معنی‌داری حجم میوه بالاتر (Khan et al., 2009) و هم‌چنین ضخامت و حجم پوست بالاتری (Khalid et al., 2012) داشتند. به نظر می‌رسد میزان نفوذ نور کمتر در داخل تاج درخت، میزان فتوسنتز میوه را کاهش داده و به نوبه‌ی خود باعث کاهش تجمع املاح، پتانسیل اسمزی و کاهش ضخامت پوست می‌شود (Cronje et al., 2013).

به‌طورکلی، خواص فیزیکومکانیکی میوه بر پذیرش و بازارپسندی آنها تأثیر داشته و اندازه میوه یک مسئله حیاتی برای مدیریت تولیدکنندگان مرکبات است. اکثر بازارهای داخلی و صادراتی میوه‌های بزرگ را ترجیح می‌دهند و میوه‌های کوچک‌تر به سختی به فروش می‌رسد. نتایج حاضر نیز تأییدکننده این مطلب است که میوه‌های بزرگ‌تر در ویژگی‌های فیزیکی و ظاهری کیفیت بالاتری داشتند.

در مورد شاخص‌های رنگ پوست میوه نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میزان شاخص رنگ a^* و شاخص CCI در میوه‌های خارج تاج بالاتر از داخل تاج بود. براساس گزارش Cronje و همکاران (۲۰۱۳) تمام پارامترهای رنگ پوست می‌توانند تحت‌تأثیر موقعیت میوه قرار گیرند. به‌طور مشابه، آنها دریافتند که میزان درخشندگی (L^*) و زاویه رنگ (h°) در میوه‌های قرار گرفته در سایه (داخل تاج)، بالاتر از میوه‌های خارج تاج بود. رنگ پوست میوه نیز از اولویت‌های اصلی مصرف‌کنندگان در هنگام خرید مرکبات محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که رنگ‌های نارنجی پررنگ و درخشنده برای مصرف‌کنندگان جذاب هستند. زاویه رنگ بالاتر (زرد رنگ)، در پوست میوه‌های داخل تاج می‌تواند به‌عنوان یک علامت بصری تفسیر شود و نشان‌دهنده‌ی وضعیت نامرغوب‌تر پوست در این میوه‌ها باشد (Khalid et al.,

2012). در این‌صورت، میوه‌های رشد کرده در داخل تاج ارزش بازارپسندی (شانس انتخاب) کمتری با توجه به کیفیت پایین‌تر رنگ پوست دارند.

Boonyakiat و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود گزارش کردند که اندازه میوه بر زاویه رنگ پوست، مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون مؤثر بود، اما هیچ تأثیری در کرومای رنگ پوست، نسبت TSS/TA و ویتامین ث نداشت که نتایج تحقیق حاضر با آن مطابقت دارد.

براساس نتایج پژوهش حاضر درصد ماده خشک در میوه‌ها با اندازه کوچک، در مقایسه با میوه‌های بزرگ‌تر بالاتر بود. در تحقیقی Lu و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که درصد ماده خشک در میوه خیار با افزایش اندازه میوه کاهش یافت. آنها بیان کردند که در میوه‌های سته، تعداد سلول‌ها طی طویل شدن و بلوغ ثابت باقی می‌ماند و زمانی که میوه با جذب آب، وزن گرفته و بزرگ می‌شود ممکن است اجزای غیرآبدار افزایش پیدا نکنند. بنابراین درصد ماده‌ی خشک در میوه‌ای که بیشتر رشد می‌کند کاهش می‌یابد.

براساس نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر، میوه‌های بزرگ درصد بیشتری از عصاره را در مقایسه با اندازه متوسط و کوچک داشتند. در این راستا Gill و همکاران (۲۰۰۲) نیز بالاترین محتوای آب میوه، درصد مواد جامد محلول و رتبه‌بندی خوش خوراکی را برای میوه با اندازه بزرگ گزارش کردند. در برخی موارد، اندازه‌های متنوع میوه به تعداد سلول‌ها در بافت مرتبط است. بطوری‌که میوه‌های بزرگ‌تر در هلو (*Prunus persica*) تعداد سلول‌های مزوکارپ بیشتری داشتند (Olmstead et al., 2007) و در میوه توت فرنگی (*Fragaria xananassa*) اندازه میوه با تعداد سلول‌های نهنج مرتبط بود (Johnson et al., 2011) و در میوه سیب (Malus sp.) هر دو عامل تقسیم سلولی و رشد طولی بیشتر سلول‌های گلپوش با اندازه‌های بزرگ‌تر میوه همراه بود (Harada et al., 2005). اندازه بزرگ‌تر میوه‌های نارنگی (*Citrus aurantium*) را به افزایش رشد کیسه‌های آب میوه از طریق افزایش اندازه سلول‌ها در طی طویل شدن بیشتر سلول‌ها نسبت می‌دهند (Wetzstein & Ravid, 2008) که در این‌صورت اندازه‌های بزرگ‌تر میوه درصد بیشتری از عصاره را دارند که یافته‌های پژوهش حاضر با آن مطابقت دارد.

نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار TA در میوه‌های داخل تاج و میزان TSS/TA در میوه‌های خارج تاج بالاتر بود. میزان پایین‌تر TA و TSS/TA بالاتر در خارج تاج می‌تواند بدلیل دسترسی بیشتر میوه‌های خارج تاج به فتواسیمیلات‌های تولید شده توسط برگ‌های خارج تاج باشد که فتوسنتز بالاتری را به‌علت دریافت نور بیشتر دارند (Cronje, 2014). هم‌چنین میوه‌های خارج تاج میزان بالاتری از کربوهیدرات‌ها را سنتز می‌کنند که باعث TSS بالاتر در میوه‌های این بخش تاج می‌شود (Cronje et al., 2013).

محتوای قند در پوست میوه‌های برداشت شده از موقعیت خارجی تاج، به‌طور معنی‌داری بالاتر از میوه برداشت شده از بخش داخلی تاج بود. این نتایج با نتایج حاصل از بررسی رابطه‌ی موقعیت میوه بر میزان قند کل در ماندارین "کینو" (Khan et al., 2009) مطابقت داشت؛ لیکن با بررسی اثر آن بر میزان قند کل آب‌میوه نارنگی "ساتسوما"مغایرت داشت (Diato Tominaga, 1981). Cronje و همکاران (۲۰۱۳) طی تحقیقی گزارش کردند که میوه‌های داخل و خارج تاج حاوی سطوح مختلف از قندهای احیاکننده و غیراحیاکننده بودند و فلاودوی میوه‌های داخل تاج، مجموع غلظت قند پایین‌تری داشتند. به‌نظر می‌رسد که میوه‌های خارج تاج میزان فتوسنتز و سرعت تنفس بالاتری دارند و در نتیجه میوه خارج در

مقایسه با میوه داخل، میزان بالاتری از کربوهیدرات‌ها را سنتز و متابولیزه می‌کند (Cronje et al., 2013). دلیل دیگر بالاتر بودن غلظت قند در پوست میوه خارج تاج می‌تواند انجام دهیدراسیون پس از تعرق از روزنه در سطوح میوه‌های قرارگرفته در نور آفتاب و تجمع قند (تنظیم اسمزی) در این بخش باشد (Yakushiji et al., 1998).

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که موقعیت میوه روی تاج درخت میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی پوست را تحت‌تأثیر قرار داد. تحقیقات قبلی نشان داده است که شرایط آب و هوایی مانند نور و درجه حرارت تأثیر زیادی بر روی محتوای آنتی‌اکسیدانی محصولات باغی از جمله اسید آسکوربیک، فنل‌ها و فلاونوئیدها دارد (Lee and Kader, 2000). در این رابطه، مطالعه انجام شده بر روی سیب برداشت شده از فضاهای با نور کم (داخل تاج) نشان داد که این میوه‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی پایین‌تر و میزان فنل کمتری نسبت به میوه برداشت شده از محیط با نور بالا (خارج تاج) داشتند (Ma and Cheng, 2004) که با نتایج پژوهش حاضر با نتایج آنها مطابقت دارد.

براساس نتایج حاصل از آنالیز حسی داده‌ها، صفات طعم و شیرینی در میوه‌های خارج تاج امتیاز بالاتری را نسبت به میوه‌های داخل تاج دریافت کردند که این امر می‌تواند مربوط به میزان بالاتر TSS/TA در این میوه‌ها باشد که نسبت آن مزه و طعم را در میوه‌های مرکبات تعیین می‌کند. صفات مربوط به آنالیز حسی بسته به اندازه میوه تفاوت معنی‌داری با هم نشان ندادند. بر این اساس، به نظر می‌رسد میوه‌ها با اندازه‌های مختلف در زمان برداشت از نظر ویژگی‌های ارگانولپتیک مشابه هستند.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج نشان داد که عوامل محیطی از جمله موقعیت میوه روی تاج درخت بر کیفیت و کمیت برخی ترکیبات زیست فعال پرتقال تامسون ناول مؤثر است؛ بطوری‌که میوه‌هایی که در موقعیت خارجی تاج درخت رشد می‌کنند نسبت به میوه‌هایی که در بخش داخلی تاج درخت قرار داشتند، نه تنها در ویژگی‌های فیزیکی از جمله حجم، چگالی، رنگ پوست دارای کیفیت بالاتری بودند بلکه از نظر برخی ترکیبات بیوشیمیایی مثل کربوهیدرات‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز میزان بالاتری داشتند. این نتایج اهمیت قرار گرفتن میوه در نور را بر کیفیت میوه نشان می‌دهد. در بررسی اثر اندازه میوه نیز اندازه‌های مختلف در ویژگی‌های فیزیکی و ظاهری میوه و هم‌چنین پذیرش کلی میوه از نظر بازارپسندی تفاوت نشان دادند اما تأثیر معنی‌داری بر ترکیبات شیمیایی و کیفیت داخلی میوه نداشتند.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۹۶۰۴۹۳-۰۴۱-۳۳-۱۷-۷ در قالب پایان‌نامه است که بدین‌وسیله از همکاری کارکنان و حمایت مالی پژوهشکده‌ی مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن قدردانی می‌شود.

Refrences

Anonymous. (2018). Agricultural Statistics, Horticultural Products, Ministry of Agriculture, Deputy Director of Planning and Economics, Center for Information and Communication Technology (In Persian).

Apak, R., Guclu, K., Demirata, B., Ozyurek, M., Celik, S.E., Bektasoglu, B. and Ozyurt, D. (2007). Comparative evaluation of various total antioxidant

capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay. Molecules. 12: 1496-1547.

Awad, M.A., de Jager, A., van der Plas, L.H. and van der Krol, A.R. (2001). Flavonoid and chlorogenic acid changes in skin of 'Elstar'and 'Jonagold'apples during development and ripening. Scientia Horticulturae. 90: 69-83.

Barry, G.H. and Castle, W.S. (2004). Soluble solids accumulations in 'Valencia' sweet orange as related to rootstock selection and fruit size. Horticulture Science. 129: 594-598.

Boonyakiat, D., Seehanam, P. and Rattanapanone, N. (2012). Effect of fruit size and coating material on quality of tangerine fruit cv. Sai Nam Phueng. Chiang Mai University Journal of Natural Sciences. 11: 213-230.

Bor, J.Y., Chen, H.Y. and Yen G.C. (2006). Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxid production of some common vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 54: 1680-1686**.**

Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E. and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT- Food Science and Technology. 28: 25-30.

Carabante, K.M. and Prinyawiwatkul, W. (2018). Data analyses of a multiple-samples sensory ranking test and its duplicated test: A review. Journal of Sensory Studies. 33(4), e12435.

Ceccarelli, D., Talento, C., Sartori, A., Terlizzi, M., Caboni, E. and Carbone, K. (2016). Comparative characterization of fruit quality, phenols and antioxidant activity of de-pigmented "Ghiaccio" and white flesh peaches. Advances in Horticultural Science. 30: 175-181.

Crisosto, C. H. and Valero, D. (2008). Harvesting and Postharvest Handling of Peaches for the Fresh Market. The Peach: Botany, Production and Uses, CAB International, Wallingford. 575-596.

Cronje, A. (2014). Effect of canopy position on fruit quality and consumer preference for the appearance and taste of pears. MSc thesis. Department of Food Science Faculty of AgriSciences Stellenbosch University.

Cronje, P.J., Barry, G.H. and Huysamer, M. (2011). Fruiting position during development of 'Nules Clementine' mandarin affects the concentration of K, Mg and Ca in the flavedo. Scientia horticulturae. 130(4): 829-837.

Cronje, P.J., Barry, G.H. and Huysamer, M. (2013). Canopy position affects pigment expression and accumulation of flavedo carbohydrates of 'Nules Clementine'mandarin fruit, thereby affecting rind condition. Journal of the American Society for Horticultural Science. 138: 217-224**.**

Datio, H. and Tominaga, S. (1981). Organic acids and amino acids in the juice of fruit at various locations within the canopies of differently trained Satsuma trees. Journal of Horticulture Science. 50: 143-156.

FAO. (2020). Citrus fruit fresh and processed annual statistics. Commodities and Trade Division, FAO of the UN, Rome.

Gill, P.S., Singh, S.N. and Dhatt, A.S. (2002). Fruit quality of Kinnow mandarin in response to foliar application of K and N fertilizers. Indian Journal of Citricult, 1(2): 150-153.

Harada, T., Kurahashi, W., Yanai, M., Wakasa, Y. and Satoh, T. (2005). Involvement of cell proliferation and cell enlargement in increasing the fruit size of Malus species. Scientia Horticulturae. 105(4): 447-456.

HE, F.L., Fei, W.A. N.G., WEI, Q.P., WANG, X.W. and ZHANG, Q. (2008). Relationships between the distribution of relative canopy light intensity and the peach yield and quality. Agricultural Sciences in China. 7(3): 297-302.

Holland, N., Menezes, H.C. and Lafuente, M.T. (2002). Carbohydrates as related to the heat-induced chilling tolerance and respiratory rate of 'Fortune'mandarin fruit harvested at different maturity stages. Postharvest Biology and Technology. 25(2): 181-191.

Huff, A. (1984). Sugar regulation of plastid interconversions in epicarp of citrus fruit. Plant Physiology. 76(2): 307-312.

Iglesias, D.J., Cercós, M., Colmenero-Flores, J.M., Naranjo, M.A., Ríos, G., Carrera, E. and Talon, M. (2007). Physiology of citrus fruiting. Brazilian Journal of Plant Physiology. 19(4): 333-362.

Ikpechukwu, C.O., Sims, C.A., Danyluk, M.D., Spann, T.M. and Goodrich, R. M. (2011). Effect of fruit size and huanglongbing disease on orange juice attributes. In Proc. Fla. State. Horticulture Science. 124: 202-206.

Jimenez, C.M., Cuquerella, J., and Martinez-Javaga, J.M. (1981). Determination of a color index for citrus fruit degreening. Proc. Int. Soc. Citricul. 2: 750-753.

Johnson, L.K., Malladi, A. and NeSmith, D.S. (2011). Differences in cell number facilitate fruit size variation in rabbiteye blueberry genotypes. Journal of the American Society for Horticultural Science. 136(1): 10-15.

Khalid, S., Malik, A.U., Saleem, B.A., Khan, A.S., Khalid, M.S. and Amin, M. (2012). Treeage and canopy position affect rind quality, fruit quality and rind nutrient con-tent of 'Kinnow' mandarin (*Citrus nobilis* Lour × *Citrus deliciosa* Tenora). Scientia Horticulturae. 135: 137–144.

Khan, A.S., Malik, A.U., Pervez, M.A., Saleem, B.A., Rajwana, I.A., Shaheen, T. and Anwar, R. (2009). Foliar application of low-biuret urea and fruit canopy position in the tree influence the leaf nitrogen status and physicochemical characteristics of 'Kinnow' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). Pakistan Journal of Botany. 41: 73-85.

Kumar, A., Avasthe, R.K., Pandey, B., Lepcha, B. and Rahman, H. (2011). Effect of fruit size and orchard location on fruit quality and seed traits of mandarin (Citrus reticulata) in Sikkim Himalayas. Indian Journal of Agricultural Sciences. 81(9): 821.

Lee, S.K. and Kader, A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin Ccontent of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology. 20: 207-220.

Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology. 148: 350-382**.**

Liu, Y., Heying, E. and Tanumihardjo, S.A. (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 11(6): 530-545.

Lu, Z., Fleming, H. P. and McFeeters, R.F. (2002). Effects of fruit size on fresh cucumber composition and the chemical and physical consequences of fermentation. Journal of food science. 67(8): 2934-2939.

Lv, X., Zhao, S., Ning, Z., Zeng, H., Shu, Y., Tao, O. and Liu, Y. (2015). Citrus fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health. Chemistry Central Journal. 9(1): 68-75.

Ma, F. and Cheng, L. (2004). Exposure of the shaded side of apple fruit to full sun leads to up-regulation of both the xanthophyll cycle and the ascorbate–glutathione cycle. Plant Science. 166(6): 1479-1486.

Magwaza, L.S., Opara, U.L., Cronje, P.J., Landahl, S. and Terry, L.A. (2013). Canopy position affects rind biochemical profile of 'Nules Clementine'mandarin fruit during postharvest storage. Postharvest biology and technology. 86: 300-308.

McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V. and Ownes, H.S. (1950). Determination of starch and amylase in vegetables, application to peas. Anals Chemistary. 22: 1156-1158.

Miller, G.L. (1959). Modified DNS method for reducing sugars. Anals Chemistary. 31(3): 426-428.

Mohsenin, N.N. (1986). Physical Properties of Plant and Animal Materials. 2nd, Edn. Gordon and Breach Science Publishers 742 Pp. NewYork.

Morales, P., Davies, F.S. and Littell, R.C. (2000). Pruning and skirting affect canopy microclimate, yields, and fruit

quality oforlando tangelo. HortScience. 35(1): 30-35.

Olmstead, J.W., Iezzoni, A.F. and Whiting, M.D. (2007). Genotypic differences in sweet cherry fruit size are primarily a function of cell number. Journal of the American Society for Horticultural Science, 132(5): 697-703.

Prakash, A., Rigelhof, F. and Miller, E. (2001). Medallion laboratories analytical progress: Antioxidant activity.Medallion Labs publication. 19(2): 1-4.

Reginato, G.H., de Cortazar, V.G. and Robinson, T.L. (2007). Predicted crop value for nectarines and cling peaches of different harvest season as a function of crop load. HortScience. 42(2): 239-245.

Roberts, S.C. and Steyn, W.J. (2008). Effect of rootstock on red colour of bi-coloured 'Forelle' pears. Acta Horticulturae. 800: 625-631.

Roux, S. and Barry, G. (2006). Preharvest manipulation of rind pigments of *Citrus spp*. MS Thesis, Department of Horticultural Science, Stellenbosch University.

Shiri, M.A., Ghasemnezhad, M., Fattahi Moghaddam, J. and Ebrahimi, R. (2016). Enhancing and maintaining nutritional quality and bioactive compounds of 'Hayward' kiwifruit: Comparison the effectiveness of different $CaCl_2$ spraying times. Journal of Food Processing and Preservation. 40(5): 850-862.

Singleton, VL., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, RS. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Method Enzymol. 299:152-178.

Tsai, H. L., Chang, S.K. and Chang, S.J. (2007). Antioxidant content and free radical scavenging ability of fresh red pummelo [*Citrus grandis* (L.) Osbeck] juice and freeze-dried products. Journal of agricultural and food chemistry. 55(8): 2867-2872.

Usenik, V., Stampar, F., Petkovsek, M. M. and Kastelec, D. (2015). The effect of fruit size and fruit colour on chemical composition in 'Kordia'sweet cherry (*Prunus avium* L.). Journal of Food Composition and Analysis. 38: 121-130.

Verreynne, J. S., Rabe, E. and Theron, K.I. (2004). Effect of bearing position on fruit quality of mandarin types. South African Journal of Plant and Soil. 21(1): 1-7.

Wetzstein, H. and Ravid, N. (2008). Floral initiation and development in pomegranate. In HortScience. 43: 1140-1140.

Yakushiji, H., Morinaga, K. and Nonami, H. (1998). Sugar accumulation and partitioningin Satsuma mandarin tree tissues and fruit in response to drought stress. Journalof the American Society for Horticultural Science, 123: 719-726.

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 62, 16th year, Number 2, Summer 2021

Effect of size and canopy position on physicochemical properties, carbohydrate, and bioactive compounds of Thomson Navel orange (*Citrus sinensis* cv. Thomson Navel)

Rezaee, S.[1], Rahdari, P.[1], Fatahi Moghadam, J.[2]*, Asadi, M.[1], and Babakhani, B.[1]
[1]Department of Biology Sciences, Islamic Azad University, Tonekabon Branch, Tonekabon, Iran
[2]Agriculture Research Institute, Citrus and Semitropical Fruits Research, Organization of Research, Education, and Extension of Agriculture, Ramsar, Iran

Received date: 2019/12/02 Accepted date: 2020/04/03

Abstract

Citrus fruits contain numerous beneficial bioactive compounds including vitamin C, phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, and sugars which have high nutritional and antioxidant value. Some factors such as the canopy position of the fruit and fruit size affect the quality and quantity of these compounds. The aim of this study was to investigate the effect of canopy position and fruit size on morphophysiological and biochemical properties of Thomson orange fruit. In the first experiment, fruits with medium and uniform size were harvested from inside and outside canopy positions of the tree. In the second experiment, after harvest the fruits were grouped into three sizes of small, medium, and large. Traits such as weight, volume, length, and width of fruit, skin color, skin thickness, extract content, dry matter percentage, TA, TSS, TSS/TA, total chlorophyll and total carotenoids, antioxidant capacity, phenolic acid content, vitamin C, total sugars, and reducing sugars were evaluated on the peel and pulp of fruit along with a panel test. Results revealed that fruit volume, peel thickness, TSS/TA, a* value, CCI value, peel antioxidant capacity, and peel total sugars were higher in the fruits from the external canopy position while TA, L*, C*, h°, and b* in the fruits from internal canopies were significantly higher. Fruit size had a significant effect on physical parameters of fruit, CCI, h°, juice, and dry matter while it did not affect the quality and chemical traits of fruit. The results of this study showed that orange fruit with a position outside the crown and a large size has a significant increase in extract content, actual volume, average fruit diameter, aroma, taste, and sweetness compared to the position inside the crown with a small size.

***Keywords*:** Antioxidant capacity, Canopy position, Carbohydrate, Orange, Rind pigment.

Abbreviations: TA: Titratable acidity; TSS: Total soluble solids; a*, CIE red (+) /green (-) color attribute; b*: CIE yellow (+) / blue (-) color attribute; C*: Chroma; CIE: Commission Internationale de l'Eclairage; h°: hue angle; L*: CIE lightness coordinate; CCI: Citrus color index; LSD: least significant difference; PAR: photosynthetically active radiation

*Corresponding author; fatahi.jvd@gmail.com