

ارزیابی کیفیت مورفو-فیزیولوژی برخی ژنوتیپ‌های پرتقال توسرخ طی رسیدن

مریم شجاع‌شفیعی^۱، بابک باباخانی^۲، جواد فتاحی‌مقدم^۳، محمود اسدی^۴ و پروانه راهداری^۵

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۷)

چکیده

با توجه به ارزش غذایی و جذابیت بالا، کشت و تولید میوه پرتقال توسرخ در سال‌های اخیر افزایش چشمگیری در سطح جهان داشته است. با توجه به ماهیت مرکبات و ایجاد دورگ‌ها و ژنوتیپ‌های طبیعی و مصنوعی، شناسایی و گزینش ژنوتیپ‌های برتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، پژوهش حاضر به منظور ارزیابی مورفو-فیزیولوژی میوه برخی از ژنوتیپ‌های پرتقال خونی طی مراحل مختلف رسیدگی در سال ۱۳۹۹ انجام شد. در این آزمایش ۶ ژنوتیپ پرتقال توسرخ و دو رقم تجاری سانگین و گروس-سانگین، در چهار زمان به فواصل ۳۰ روز (از ۲۰ آبان تا ۲۰ بهمن) برداشت شده و از نظر برخی صفات مورفو-فیزیولوژی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد با تأخیر در زمان برداشت، وزن، طول، قطر و ضخامت، حجم، میزان عصاره، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و شاخصه‌های L^* و hue رنگ پوست میوه به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین مشخص شد که ضخامت پوست، میزان مواد جامد محلول کل، نسبت TSS/TA و شاخصه‌های $chroma$ و a^* رنگ پوست میوه با تأخیر در برداشت افزایش معنی‌داری را نشان داد. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های G2 و G3 از لحاظ اندازه، رنگ میوه و همچنین خوش طعمی (TA کم‌تر و نسبت TSS/TA بالاتر) نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای برتری نسبی بودند. بنابراین، ژنوتیپ‌های پرتقال G2 و G3 با برداشت زود هنگام (۲۰ آبان)، می‌توانند برای کشت و تولید میوه با کیفیت و توسرخ مورد توجه قرار گیرند.

کلمات کلیدی: اندازه میوه، بازارپسندی، پرتقال خونی، طعم و مزه، مواد جامد محلول

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۲- دانشیار گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۳- استاد پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و استاد گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۴- استادیار گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

۵- دانشیار گروه زیست شناسی، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران.

* پست الکترونیک: babakhani.babak@iaui.ac.ir و j.fattahi@areeo.ac.ir

مقدمه

کشت مرکبات در ایران به ۳۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد و با ورود اولین ارقام اصلاح شده و تجاری از کشورهای ترکیه، لبنان و ایتالیا در سال ۱۳۰۹، تولید اقتصادی آن شروع و پیوند مرکبات در ایران معمول گشت. امروزه کشورمان در امر تولید مرکبات با سهم ۳/۷۴ درصدی از تولید مرکبات جهان، جزو هفت کشور اول تولیدکننده این محصول است. کشت و پرورش مرکبات به‌ویژه پرتقال، یک صنعت سودآور جهانی محسوب می‌شود (آمارنامه کشاورزی، ۱۴۰۱؛ آمی‌سما، ۱۴۰۰).

پرتقال از خانواده روتاسه (Rutaceae) می‌باشد، میوه پرتقال غنی از ویتامین، فولات، فیبر، عناصر معدنی و ترکیبات زیست‌فعال شامل انواع فلاونوئیدها، آمینواسیدها، تری‌ترپن‌ها، اسید فنولیک و کاروتنوئیدها می‌باشد که باعث کاهش خطر بیماری‌های قلبی و برخی انواع سرطان‌ها می‌شود. خواستگاه و منشأ پرتقال از چین و آسیای جنوب شرقی می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی انجام شده انواع پرتقال به دو دسته کلی شامل پرتقال شیرین و پرتقال ترش تقسیم می‌شود. انواع پرتقال شیرین به چهار دسته کلی بنام پرتقال معمولی، توسرخ (خونی)، غیراسیدی و ناف‌دار تقسیم می‌شوند (اینگلس و سورتینو^۱، ۲۰۱۹؛ شیمیزو^۲ و همکاران، ۲۰۲۰؛ سینگ^۳ و همکاران، ۲۰۲۱).

پرتقال توسرخ که از جهش جوانه به‌وجود آمده است، میوه خوشمزه و بازارپسندی است که برای اولین بار در منطقه مدیترانه پیدا شد. رنگ قرمز میوه و پوست پرتقال توسرخ ناشی از وجود آنتوسیانین‌های متعلق به فلاوانون‌ها می‌باشد. پرتقال توسرخ نسبت به سایر پرتقال‌ها به‌دلیل وجود رنگ‌دانه‌های دارای توانایی آنتی‌اکسیدانی بیش‌تری است. بازارپسندی، کیفیت ظاهری و همچنین کیفیت تغذیه‌ای (تغییرات ترکیبات زیست‌فعال) میوه پرتقال توسرخ تحت تأثیر عوامل قبل و پس از برداشت و از همه مهم‌تر زمان برداشت قرار دارد (روسو^۴ و همکاران، ۲۰۲۱؛ حبیب^۵ و همکاران، ۲۰۲۳).

برداشت میوه‌های مرکبات در مناطق مختلف مازندران از اوایل مهر ماه شروع و معمولاً تا اواخر دی ماه ادامه می‌یابد. پرتقال جزء میوه‌های غیرفرازگرا است و مرحله رسیدگی را

روی درخت طی کرده و به صورت نارس برداشت نمی‌شود. از این رو مرحله بلوغ و رسیدگی نه تنها روی کیفیت و بازارپسندی میوه در زمان برداشت تأثیر می‌گذارد، بلکه حتی بر عمرانباری میوه پس از برداشت نیز مؤثر است. برداشت زود هنگام باعث عدم تشکیل کامل مواد جامد محلول (TSS) در عصاره و کاهش کیفیت محصول شده و برداشت دیر هنگام نیز باعث سرمازدگی و آسیب‌های ناشی از آن شده که کاهش بازارپسندی و از بین رفتن میوه را موجب می‌شود. از طرف دیگر، تأخیر در برداشت، عامل اصلی بازدارنده انگیزش گل در مرکبات و کاهش گل‌دهی سال بعد بوده و موجب افزایش سال‌آوری می‌شود (کیاشکوریان و همکاران، ۱۳۹۸).

فناحی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۶) با ارزیابی ویژگی‌های فیزیولوژیکی میوه نارنگی‌های جدید نوشین و شاهین طی زمان‌های مختلف برداشت (شاهین از آبان تا اسفند و نوشین از آبان تا دی) گزارش نمودند که اندازه میوه، میانگین قطرهای حسابی، هندسی و هم‌ساز در هر دو رقم طی برداشت‌های بعدی نسبت به برداشت اول تغییر معنی‌داری نداشت. چگالی میوه نسبت به زمان برداشت روندی افزایشی داشت. تغییرات شاخصه‌های رنگ سبز پوست هر دو رقم تابع زمان برداشت بود. همچنین، متوسط ضخامت پوست میوه‌ها طی زمان‌های مختلف برداشت نکرد. شاخص بلوغ تجاری میوه‌های مرکبات، نسبت TSS به اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) است که تعیین زمان برداشت براساس آن انجام می‌شود (لادانی^۶، ۲۰۲۲؛ ژائو^۷ و همکاران، ۲۰۲۲). در ایران، میوه پرتقال توسرخ در زمان بلوغ تجاری با مشکلاتی مانند رنگ‌گیری کم و کیفیت پایین میوه مواجه است. علاوه بر مقدار آنتوسیانین، بسیاری از ویژگی‌های کمی و کیفی میوه پرتقال توسرخ نیز تحت تأثیر بلوغ و زمان برداشت هستند. با توجه به مشکلات اشاره شده، باغداران از معیار دقیقی برای برداشت میوه‌های خود استفاده نمی‌کنند و برداشت این میوه‌ها در یک بازه زمانی از دی ماه تا اسفند ماه انجام می‌شود. شناخت تغییرهای مورفو-فیزیولوژیکی^۸ میوه در دوره بلوغ و پس از آن و بررسی همبستگی بین ویژگی‌ها می‌تواند امکان تعیین بهترین زمان برداشت میوه‌ها به گونه‌ای که از بیش‌ترین

5. Habib
6. Ladaniya
7. Zhao
8. Morpho-physiological

1. Inglese and Sortino
2. Shimizu
3. Singh
4. Russo

کمیت و کیفیت خوراکی و تغذیه‌ای برخوردار باشند را فراهم آورد. هم‌چنین تخمین بهترین تاریخ برداشت میوه می‌تواند در کاهش تناوب باردهی درختان نیز موثر باشد (حبیبی و رمضانیان، ۱۳۹۶؛ اوردونز-دیاز^۱ و همکاران، ۲۰۲۰).

گزارشات بسیار اندکی در ارتباط با تغییرات مورفو-فیزیولوژیکی میوه پرتقال توسرخ در دوره رسیدن میوه روی درخت ارائه شده است. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی مورفو-فیزیولوژی میوه چهار ژنوتیپ پرتقال توسرخ در زمان بلوغ تجاری و رسیدن میوه و هم‌چنین تعیین بهترین زمان برداشت آن‌ها می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

این پژوهش با استفاده از مواد گیاهی کلکسیون مرکبات ایستگاه تحقیقاتی کترا متعلق به پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری (رامسر) واقع در ۳۶ درجه عرض شمالی و ۵۰ درجه طول شرقی با ارتفاع ۶۰ متر از سطح دریا، متوسط دمای ۲۱ درجه سلسیوس و متوسط بارندگی ۱۲۰۰ میلی‌متر در سال ۱۳۹۹ انجام گرفته شد. پژوهش حاضر روی ۶ ژنوتیپ پرتقال توسرخ (*Citrus sinensis* L. Osbeck) و دو رقم سانگین (Sanguine) و گروس‌سانگین (Gross Sanguine) (به عنوان شاهد) با سن ۱۸ سال و فواصل کشت ۳×۴ متر با سه تکرار انجام شد. هر دو ارقام شاهد حاصل جهش شاخه‌ای بوده، جزء ارقام پرمحصول و میان‌رس می‌باشند که از نظر ماندگاری روی درخت و قابلیت انبارداری وضعیت رضایت بخشی دارند. برخی ویژگی‌های فیزیوشیمیایی خاک باغ مورد مطالعه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ مورد مطالعه

عمق خاک	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	pH
۰-۳۰	۳۷۰	۲۳	۰/۱۴	۱/۳۶	۰/۶۵	۵/۶
۳۰-۶۰	۱۰۵	۱۱	۰/۰۸	۰/۳۱	۰/۱۷	۵/۳

میوه همه ژنوتیپ‌ها در چهار مرحله بلوغ به فواصل زمانی ۳۰ روزه از ۲۰ آبان ۱۳۹۹ تا ۲۰ بهمن ۱۳۹۹ برداشت شدند. میوه‌ها از قسمت‌های مختلف تاج درختان جمع‌آوری و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. در هر تکرار فقط میوه‌هایی با اندازه، رنگ و شکل مشابه و بدون هیچ‌گونه آسیب فیزیکی یا بیماری انتخاب شدند. برخی از صفات مورفو-فیزیولوژیکی میوه در هر یک از زمان‌های برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند.

اندازه‌گیری‌ها

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفو-فیزیولوژیکی میوه از هر تکرار ۱۰ عدد میوه در هریک از زمان‌های برداشت، استفاده شد. جهت تعیین طول (فاصله گلگاه تا دم میوه)، قطر و ضخامت پوست میوه‌ها از کولیس دیجیتال (مدل Digit-Cal ساخت سوئیس با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر) استفاده شد. برای اندازه‌گیری وزن و درصد عصاره، ابتدا وزن هر میوه با استفاده از ترازوی دیجیتالی (مدل Sartorius با دقت ۰/۰۱

گرم) اندازه‌گیری شد. سپس با استفاده از آبمیوه‌گیر دستی، آب‌میوه استخراج شده و با محاسبه درصد نسبت وزن آب‌میوه به وزن میوه، درصد عصاره تعیین شد. مقدار حجم واقعی با استفاده از اصل جابجایی آب محاسبه شد. بر این اساس هر یک از میوه‌ها در بشر یک لیتری لبریز از آب فرو برده شدند، حجم آب خارج شده از بشر برابر با حجم میوه بر حسب سانتی‌متر مکعب بدست آمد (فتاحی‌مقدم و سیدقاسمی، ۱۳۹۸).

میزان مواد جامد محلول (TSS) میوه‌ها به‌وسیله دستگاه رفرکتومتر چشمی (مدل Atago-ATC-20E، ساخت کشور ژاپن، با دامنه ۰ تا ۲۰ درصد) اندازه‌گیری شد. اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) با استفاده از روش تیتراسیون به‌دست آمد. برای این منظور، ۱۰ میلی‌لیتر از آب‌میوه با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۲ قطره فنل‌فتالین بعنوان شناساگر مخلوط شد، سپس با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا ظهور رنگ صورتی تیتر شد. حجم سود مصرفی در عدد

1. Ordóñez-Díaz

بیش‌ترین طول میوه به ترتیب در ژنوتیپ‌های G3 (۸۰/۹۵ میلی‌متر) و G2 (۷۹/۹۶ میلی‌متر) مشاهده شد (جدول ۴). همانند طول میوه، قطر و ضخامت میوه پرتقال توسرخ نیز فقط تحت تأثیر اثرات ساده زمان برداشت و نوع ژنوتیپ قرار داشتند (جدول ۲). با تأخیر در زمان برداشت، قطر و ضخامت میوه پرتقال توسرخ کاهش معنی‌داری را نشان داد به طوری که بالاترین میزان در زمان برداشت اول (۲۰ آبان) مشاهده شد (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز بالاترین میزان قطر و ضخامت میوه پرتقال توسرخ به ترتیب در ژنوتیپ‌های G2 و G3 به دست آمد (جدول ۴).

حجم میوه

مطابق جدول ۲، اثرات ساده و هم‌چنین اثرات متقابل زمان برداشت و نوع ژنوتیپ به طور معنی‌داری و در سطح احتمال یک درصد حجم میوه پرتقال توسرخ را تحت تأثیر قرار داد. مقایسات میانگین حاکی از آن بود که به‌طور کلی حجم میوه در اولین زمان برداشت ۱۹۶/۴۶ سانتی‌متر مکعب بود که در زمان‌های دوم و سوم برداشت به طور معنی‌داری کاهش یافت و به‌ترتیب به ۱۸۶/۹۳ و ۱۷۳/۴۲ سانتی‌متر مکعب رسید. در ادامه در زمان چهارم برداشت، حجم میوه افزایش معنی‌داری را نشان و به ۱۸۰/۹۵ سانتی‌متر مکعب رسید که البته در مقایسه با زمان اول برداشت کم‌تر بود (جدول ۲). تقریباً در تمامی زمان‌های برداشت، میوه ژنوتیپ‌های G2 و G3 بیش‌ترین حجم میوه را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

نتایج حاصل حاکی از آن بود که بین ژنوتیپ‌های ارزیابی شده از نظر صفات مورفو-فیزیولوژیکی اختلاف زیادی وجود داشت. ویژگی‌های مورفولوژیکی و اندازه میوه از جمله مهم‌ترین شاخص‌های بصری از نظر مصرف‌کننده می‌باشد که در انتخاب محصول نقش اساسی دارد. نتایج بررسی حاضر با یافته‌های کیاشکوریان و همکاران (۱۳۹۸) در مورد بررسی اثر زمان برداشت بر میوه پرتقال تامسون مطابقت دارد. مشخص شده است که اندازه میوه مرکبات با افزایش زمان بلوغ و رسیدگی ابتدا تا حد بهینه افزایش یافته و پس از رسیدن به مرحله حداکثری خود با سپری شدن زمان کاهش خواهد یافت (اینگلس و سورتینو، ۲۰۱۹؛ لادانیا، ۲۰۲۲).

ضخامت پوست

تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن بود که ضخامت پوست میوه پرتقال توسرخ به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثرات

ضرب شده و مقدار TA بر حسب درصد سیتریک اسید به دست آمد (فتاحی‌مقدم و سیدقاسمی، ۱۳۹۸). پس از اندازه‌گیری TSS و TA، نسبت TSS/TA نیز محاسبه شد. شاخص‌های رنگ پوست میوه‌ها در هر یک از زمان‌های برداشت، مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور رنگ پوست میوه در دو نقطه روبروی هر میوه توسط دستگاه کرومومتر مدل (CR-400, Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر L^* (شفافیت رنگ)، a^* (سبزی-قرمزی)، b^* (آبی-زردی)، $chroma^*$ (خلوص رنگ) و hue^* (ته‌رنگ)، بطور مستقیم توسط دستگاه قرائت شد.

آنالیز آماری

آزمایش حاضر به صورت طرح فاکتوریل شامل دو فاکتور ژنوتیپ (در چهار سطح) و زمان برداشت (در چهار زمان) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. آنالیز آماری آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (Version 9.1) (SAS Institute, Cary, NC, 2002-2003) صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. لازم به ذکر است که قبل از آنالیز آماری، داده‌ها از لحاظ نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

وزن میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن میوه به‌طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر نوع ژنوتیپ و زمان برداشت قرار گرفت (جدول ۲). به طور کلی با تأخیر در زمان برداشت وزن میوه کاهش یافت، به‌طوری که بیش‌ترین وزن میوه (۱۷۴/۶۰ گرم) در زمان برداشت اول (۲۰ آبان) مشاهده شد (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌ها نیز به طور کلی G2 و G3 سنگین‌ترین میوه‌ها را در تمامی برداشت‌ها داشتند (جدول ۳).

ابعاد میوه

اثرات ساده زمان برداشت و نوع ژنوتیپ به طور معنی‌داری طول میوه پرتقال توسرخ را تحت تأثیر قرار داد، درحالی که اثرات متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲). بر اساس جدول ۳، طول میوه اگرچه کاهش اندکی را در سه زمان اولی برداشت نشان داد ولی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، در حالی که میوه‌های برداشت شده در مرحله چهارم (۲۰ بهمن) دارای کم‌ترین طول میوه بودند.

به ۴/۰۸ میلی‌متر رسید (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی تقریباً در تمامی زمان‌های برداشت، ژنوتیپ‌های G2 و G3 جزء ژنوتیپ‌هایی بودند که ضخیم‌ترین پوست را داشتند (جدول ۳).

ساده و همچنین اثرات متقابل زمان برداشت و نوع ژنوتیپ قرار داشت (جدول ۲). به طور کلی، میزان ضخامت پوست میوه‌های برداشت شده در زمان اول ۳/۸۶ میلی‌متر بود که در زمان دوم به طور معنی‌داری به ۴/۴۰ میلی‌متر، در زمان سوم برداشت به ۴/۳۴ میلی‌متر و در زمان چهارم برداشت

جدول ۲- تغییرات برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی برخی ژنوتیپ‌های پرتقال توسرخ در پاسخ به زمان‌های مختلف برداشت

وزن (گرم)	طول (میلی‌متر)	قطر (میلی‌متر)	ضخامت (میلی‌متر)	حجم (سانتی‌متر مکعب)	ضخامت پوست (میلی‌متر)	عصاره (درصد وزن میوه)
برداشت	**	*	*	**	**	**
ژنوتیپ	**	**	**	**	**	**
برداشت×ژنوتیپ	**	ns	ns	ns	*	**
زمان برداشت						
اول	۱۷۴/۶۰a	۷۳/۷۶a	۷۰/۰۵a	۶۹/۶۳a	۱۹۶/۴۶a	۷۵/۸۵a
دوم	۱۶۸/۹۰ab	۷۳/۱۵a	۶۸/۱۲ab	۶۷/۹۸ab	۱۸۶/۹۳b	۶۴/۹۳b
سوم	۱۵۶/۷۸c	۷۲/۱۴ab	۶۶/۸۳b	۶۶/۸۱b	۱۷۳/۴۲c	۶۳/۸۵b
چهارم	۱۶۲/۴۹bc	۷۰/۴۹b	۶۷/۸۰b	۶۷/۳۲b	۱۸۰/۹۵b	۶۴/۶۸b
زمان برداشت						
برداشت	**	**	**	**	**	**
ژنوتیپ	**	**	**	**	*	**
برداشت×ژنوتیپ	ns	**	**	ns	ns	ns
زمان برداشت						
اول	۱۰/۸۸c	۲/۰۲a	۵/۴۷c	۶۳/۵۲a	۷۲/۰۹c	۷۱/۰۹b
دوم	۱۱/۰۴c	۲/۰۱a	۵/۶۶bc	۶۴/۸۷a	۷۶/۷۳a	۷۴/۸۴a
سوم	۱۱/۷۴b	۱/۹۹a	۵/۹۲b	۶۴/۴۰a	۷۵/۶۷ab	۷۳/۷۷a
چهارم	۱۲/۴۷a	۱/۷۸b	۷/۲۶a	۶۰/۷۲b	۷۴/۲۴b	۷۰/۴۸b

**، * و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری. حروف مشترک نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

و سایر زمان‌های برداشت در حالی که با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند، از میزان عصاره کم‌تری برخوردار بودند (جدول ۲). تقریباً در تمامی مراحل برداشت، بیش‌ترین میزان عصاره میوه پرتقال توسرخ در ژنوتیپ‌های G2 و G3 به دست آمد (جدول ۳).

میزان عصاره میوه هم از نظر تازه‌خوری و هم از منظر صنعت آبمیوه‌گیری ویژگی بسیار مهم به شمار می‌آید که تحت تأثیر عوامل مختلفی از جمله شرایط آب و هوایی، نوع تغذیه و کودهای مورد استفاده، نوع رقم و ژنوتیپ و نیز بروز تنش‌های محیطی را می‌توان اشاره کرد. مشخص شده است که با تأخیر در برداشت میوه، به دلیل فرآیندهای رسیدگی بیش از حد و حتی کاهش آب میوه، میزان عصاره و آب میوه می‌تواند کاهش یابد (اینگلس و سورتینو، ۲۰۱۹؛ لادانیا، ۲۰۲۲).

ضخامت پوست میوه از خصوصیات مهم میوه است که تحت تأثیر ژنوتیپ، شرایط محیطی، نوع پایه، تغذیه و تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. ضخامت پوست ایده‌آل می‌تواند در بحث پوست‌گیری در زمان تازه‌خوری و همچنین در صنعت آبمیوه‌گیری حائز اهمیت باشد. مطالعات قبلی افزایش ضخامت پوست با تأخیر در برداشت و افزایش اندازه میوه مرکبات را گزارش کردند (فتاحی‌مقدم، ۱۳۹۱).

درصد عصاره

اثرات ساده و همچنین اثرات متقابل زمان برداشت و نوع ژنوتیپ به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد میزان عصاره میوه پرتقال توسرخ را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). مقایسات میانگین نشان داد که بیش‌ترین میزان عصاره ژنوتیپ‌های مختلف پرتقال توسرخ در مجموع با ۷۵/۸۵ درصد در زمان برداشت اول (۲۰ آبان) مشاهده شد

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ‌های پرتقال توسرخ و زمان‌های مختلف برداشت بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی

زمان برداشت	ژنوتیپ	وزن (گرم)	حجم (سانتی متر مکعب)	ضخامت پوست (میلی متر)	عصاره (درصد وزن میوه)	TA (درصد)	TSS/TA	a*
اول	G1	۱۶۸/۸۸cd*	۱۸۸/۰۲c	۳/۸۵bc	۷۹/۷۷b	۲/۰۱bc	۵/۰۳bc	۸/۸۸e
	G2	۲۵۸/۳۰a	۳۰۷/۴۰a	۴/۸۵a	۱۰۶/۴۶a	۱/۹۸bc	۵/۱۲bc	۱۲/۶۱bc
	G3	۲۳۲/۷۳b	۲۶۲/۵۲b	۴/۳۴ab	۹۶/۹۷a	۱/۸۰c	۵/۶۴bc	۱۵/۲۸a
	G4	۱۵۶/۴۴d	۱۷۶/۴۵c	۴/۱۹ab	۷۹/۲۶b	۲/۰۹bc	۴/۹۲c	۱۱/۲۶cd
	G5	۱۷۹/۵۷c	۱۹۸/۱۰c	۴/۱۱bc	۸۴/۹۳b	۱/۸۷bc	۶/۱۴ab	۱۴/۸۴a
	G6	۱۵۷/۲۸d	۱۷۴/۸۷c	۳/۴۷c	۶۰/۷۶c	۱/۷۶c	۶/۸۲a	۱۴/۰۹ab
دوم	سانگین	۱۱۸/۳۰e	۱۲۶/۵۳d	۲/۶۴d	۴۷/۳۰d	۲/۲۰ab	۵/۵۳bc	۱۰/۴۷de
	گروس سانگین	۱۲۵/۳۲e	۱۳۷/۸۳d	۳/۴۸c	۵۱/۳۳cd	۲/۴۳a	۴/۵۷c	۹/۴۳de
	G1	۱۷۴/۸۲c	۱۹۸/۲۸c	۴/۹۹a	۵۶/۲۶cd	۲/۲۶ab	۴/۶۹cd	۱۸/۳۸a
	G2	۲۵۵/۹۸a	۲۹۴/۱۷a	۶/۰۷a	۸۷/۱۶a	۲/۱۱ab	۵/۰۱bcd	۱۷/۲۶a
	G3	۲۰۴/۳۴b	۲۲۱/۹۲b	۴/۲۲bc	۸۷/۹۰a	۱/۵۷d	۶/۶۹a	۱۸/۰۷a
	G4	۱۵۲/۴۸d	۱۷۴/۷۳de	۴/۲۹bc	۵۷/۲۶cd	۲/۳۷a	۴/۲۷d	۱۴/۸۴a
سوم	G5	۱۷۷/۳۷c	۱۹۱/۵۲cd	۴/۰۷bc	۷۰/۸۰b	۱/۸۳cd	۶/۳۳a	۱۷/۶۴a
	G6	۱۵۷/۷۵de	۱۶۰/۳۶e	۴/۰۵bc	۶۲/۳۰c	۱/۸۴cd	۶/۴۱a	۱۵/۲۵a
	سانگین	۱۲۹/۳۵ef	۱۲۸/۴۰f	۳/۴۲c	۵۳/۶۳d	۱/۹۷bc	۶/۰۷ab	۱۴/۷۷a
	گروس سانگین	۱۰۹/۱۵f	۱۱۶/۰۷g	۴/۰۸bc	۴۴/۱۳e	۲/۰۲abc	۵/۸۲abc	۱۶/۶۵a
	G1	۱۳۴/۴۸b	۱۴۸/۶۵b	۴/۱۱c	۵۷/۹۲de	۲/۲۹ab	۴/۸۴d	۱۷/۵۱bc
	G2	۱۸۵/۹۸a	۲۰۹/۶۸a	۵/۰۲a	۵۸/۷۹d	۲/۳۷a	۴/۶۷d	۱۶/۲۳bc
چهارم	G3	۱۹۹/۹۳a	۲۱۶/۹۰a	۴/۴۶abc	۷۵/۶۱ab	۱/۷۰d	۶/۸۱a	۱۸/۰۴bc
	G4	۱۳۷/۲۲b	۱۶۲/۱۵b	۴/۷۵ab	۶۱/۲۹cd	۲/۰۲bc	۵/۳۲cd	۱۶/۳۹c
	G5	۱۸۹/۵۳a	۲۰۸/۲۲a	۴/۶۱ab	۷۸/۴۷a	۲/۰۳bc	۵/۹۱bc	۱۹/۱۴ab
	G6	۱۲۹/۹۵b	۱۴۱/۶۵b	۳/۹۰bc	۴۹/۵۲e	۱/۷۸cd	۷/۰۲a	۱۹/۹۳ab
	سانگین	۱۴۱/۹۵b	۱۵۱/۲۷b	۳/۷۴c	۶۸/۰۲bc	۱/۹۹c	۶/۴۹ab	۱۶/۱۷c
	گروس سانگین	۱۳۴/۱۸b	۱۴۸/۸۷b	۴/۱۲bc	۶۱/۱۸cd	۱/۹۴cd	۶/۳۴ab	۲۱/۲۹a
چهارم	G1	۱۵۲/۳۲c	۱۷۲/۶۲c	۳/۶۴c	۶۴/۷۵b	۱/۹۷ab	۵/۹۲c	۲۳/۰۹a
	G2	۲۳۷/۶۳a	۲۷۴/۸۵a	۵/۶۲a	۸۲/۹۷a	۱/۹۹ab	۵/۹۳c	۲۲/۷۹b
	G3	۲۱۱/۷۵b	۲۳۴/۱۲b	۴/۷۲ab	۸۲/۶۹a	۱/۲۹d	۹/۸۵a	۲۰/۶۹bc
	G4	۱۶۶/۲۷c	۱۸۶/۶۹c	۴/۶۰bc	۶۶/۹۹b	۱/۶۹bc	۶/۸۱c	۲۱/۰۳bc
	G5	۱۵۹/۹۷c	۱۷۱/۹۴c	۳/۷۷bc	۶۷/۵۲b	۱/۶۷bc	۷/۴۸bc	۲۲/۶۵b
	G6	۱۵۰/۳۲c	۱۶۶/۰۷c	۳/۷۹bc	۶۴/۷۱b	۱/۴۳cd	۹/۰۵ab	۲۳/۷۸b
سانگین	سانگین	۱۰۳/۶۳d	۱۰۹/۱۴d	۲/۷۱d	۴۲/۸۴c	۱/۹۰ab	۷/۳۵c	۱۹/۳۶c
	گروس سانگین	۱۱۸/۰۷d	۱۳۲/۱۹d	۳/۷۶bc	۴۴/۹۸c	۲/۱۶a	۵/۹۳c	۲۷/۹۷a

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده ژنوتیپ‌های پرتقال توسرخ بر تغییرات برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی میوه در زمان‌های مختلف برداشت.

ژنوتیپ	طول (میلی متر)	قطر (میلی متر)	ضخامت (میلی متر)	TSS (درصد)	L*	chroma	hue	b*
G1	۷۱/۸۷c*	۶۷/۶۲c	۶۷/۶۱c	۱۰/۷۹cd	۶۲/۵۳b	۷۳/۲۲bc	۷۶/۷۷abc	۷۱/۰۷cd
G2	۷۹/۹۶ab	۷۸/۲۳a	۷۸/۲۶a	۱۰/۸۷cd	۶۳/۴۳b	۷۵/۷۱ab	۷۷/۰۱ab	۷۴/۲۶ab
G3	۸۰/۹۵a	۷۴/۴۴b	۷۳/۶۸b	۱۱/۰۷c	۶۳/۷۲b	۷۵/۲۵ab	۷۶/۱۲bc	۷۳/۰۲abc
G4	۶۹/۱۶c	۶۸/۳۵c	۶۷/۹۱c	۱۰/۶۴d	۶۳/۷۱b	۷۴/۵۲abc	۷۷/۷۱ab	۷۲/۷۳abc
G5	۷۱/۶۹c	۷۰/۲۱c	۷۰/۲۴c	۱۲/۰۲b	۶۳/۱۰b	۷۴/۰۸bc	۷۵/۴۷bc	۷۱/۶۴bcd
G6	۷۶/۴۷b	۶۲/۷۶d	۶۲/۷۸d	۱۲/۱۷b	۶۴/۵۲ab	۷۵/۶۹ab	۷۶/۰۸bc	۷۳/۴۹abc
سانگین	۶۳/۶۴d	۶۱/۳۰d	۶۱/۵۳d	۱۲/۷۴a	۶۶/۰۴a	۷۷/۰۶a	۷۸/۵۴a	۷۵/۴۰a
گروس سانگین	۶۵/۳۳d	۶۲/۹۷d	۶۱/۴۶d	۱۱/۹۶b	۵۹/۹۹c	۷۱/۹۳c	۷۴/۴۵c	۶۸/۷۸d

حروف مشترک در هر ستون نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

خصوصیات فیزیولوژی

میزان مواد جامد محلول کل (TSS) میوه پرتقال توسرخ به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد فقط تحت تأثیر اثرات ساده زمان برداشت و نوع ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۲). با تأخیر در زمان برداشت، میزان TSS میوه به طور معنی‌داری از ۱۰/۸۸ درصد در زمان اول برداشت به ۱۲/۴۷ درصد در زمان چهارم برداشت، افزایش یافت (جدول ۲). رقم سانگین با ۱۲/۷۴ درصد بیش‌ترین و ژنوتیپ G4 با ۱۰/۶۴ درصد، کم‌ترین میزان TSS را دارا بودند (جدول ۴).

بر اساس جدول ۲، اثرات ساده و اثرات متقابل زمان برداشت و نوع ژنوتیپ به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد، میزان اسیدیت قابل تیتراسیون (TA) میوه را تحت تأثیر قرار داد. در حالی که بین سه زمان اول برداشت میوه از نظر TA اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، میوه‌های برداشت شده در برداشت چهارم (۲۰ بهمن) با ۱/۷۸ درصد، کم‌ترین میزان TA را دارا بودند (جدول ۲). تغییرات میزان TA میوه در زمان‌های مختلف برداشت، در ژنوتیپ‌های مختلف، متفاوت بود، اما در مجموع، کم‌ترین میزان TA میوه در اکثر زمان‌های برداشت در ژنوتیپ G3 مشاهده شد (جدول ۳).

مطابق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص شد که TSS/TA میوه پرتقال توسرخ به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده و اثرات متقابل زمان برداشت و نوع ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۲). مقایسات میانگین حاکی از آن بود که به طور کلی TSS/TA میوه در اولین زمان برداشت ۵/۴۷ بود که در زمان‌های بعدی برداشت افزایش یافت و به ترتیب به ۵/۶۶، ۵/۹۲ و ۷/۲۶ رسید (جدول ۲). در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در اکثر زمان‌های برداشت، بالاترین میزان TSS/TA در ژنوتیپ‌های G6 و G3 مشاهده شد (جدول ۳).

همراستا با نتایج بررسی حاضر، کياشکوریان و همکاران (۱۳۹۸) گزارش نمودند که در پرتقال تامسون با تأخیر در زمان برداشت میزان TSS و نسبت TSS/TA به‌طور معناداری افزایش یافت، درحالی که میزان TA کاهش معناداری را نشان داد. بررسی‌ها نشان داده است که نگهداری طولانی‌تر میوه روی درخت (تأخیر در برداشت) موجب افزایش سنتز و تجمع مواد جامد محلول در میوه

می‌شود که در نتیجه آن میزان TSS به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (ماچادو^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین، علت کاهش میزان اسیدیت با تأخیر در زمان برداشت می‌تواند در نتیجه تبدیل ترکیبات اسیدی میوه به قند با تأخیر در برداشت باشد. اسیدیت به طور مستقیم در ارتباط با غلظت اسید آلی در میوه است که یک عامل مهم در کیفیت میوه است. از آنجا که اسیدهای آلی به عنوان سوسترا برای واکنش‌های آنزیمی تنفس به کار می‌روند، انتظار می‌رود طی نگهداری اسیدیت میوه کاهش یابد. خواص ارگانولپتیک میوه‌های مختلف به شدت وابسته به میزان مواد جامد محلول، اسیدیت کل و نسبت آن‌هاست. به طور کلی، هر یک از عوامل قبل و پس از برداشت، باید از کاهش اسیدیت جلوگیری کرده و نسبت متعادل از TSS/TA را برای بهبود عطر و طعم میوه فراهم کند (کياشکوریان و همکاران، ۱۳۹۸). بر اساس نتایج جدید نیاز به بازنویسی است.

شاخص‌های رنگ پوست میوه

اثرات ساده زمان برداشت و نوع ژنوتیپ به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد، میزان شاخص L میوه را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). درحالی که در سه زمان اول برداشت از لحاظ شاخص L میوه تغییرات معنی‌داری مشاهده نشد، اما در زمان چهارم برداشت شاخص L میوه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). بالاترین شاخص L میوه در رقم سانگین (۶۶/۰۴) و کم‌ترین میزان در رقم گروس‌سانگین (۵۹/۹۹) به دست آمد (جدول ۴).

شاخص *chroma* میوه به طور معنی‌داری فقط تحت تأثیر اثرات ساده زمان برداشت و نوع ژنوتیپ قرار گرفت (جدول ۲). شاخص C میوه در زمان اول برداشت ۷۲/۰۹ بود که در زمان دوم برداشت به طور معنی‌داری به ۷۶/۷۳ افزایش یافت و در زمان‌های سوم و چهارم دوباره کاهش یافت (جدول ۲). بالاترین شاخص C میوه در رقم سانگین (۷۷/۰۶) و کم‌ترین میزان در رقم گروس‌سانگین (۷۱/۹۳) مشاهده شد (جدول ۴).

بر اساس تجزیه واریانس داده‌ها اثرات ساده زمان برداشت و نوع ژنوتیپ به طور معنی‌داری شاخص h میوه پرتقال توسرخ را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). با تأخیر در زمان برداشت شاخص h میوه به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). رقم سانگین و رقم گروس‌سانگین به‌ترتیب با

۷۸/۵۴ و ۷۴/۴۵ بالاترین و کمترین شاخص h میوه پرتقال توسرخ را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

شاخص a میوه پرتقال توسرخ به طور معنی‌دار و در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر اثرات ساده و هم‌چنین اثرات متقابل زمان برداشت و نوع ژنوتیپ قرار داشت (جدول ۲). با تأخیر در زمان برداشت شاخص a میوه افزایش معنی‌داری را نشان داد به طوری که میزان این شاخص از ۱۲/۱۰ در زمان اول برداشت به ۲۲/۶۷ در زمان چهارم برداشت رسید (جدول ۲). مقایسات میانگین اثرات متقابل نشان داد که تغییرات شاخص a میوه در ژنوتیپ‌های مختلف و در زمان‌های مختلف، متفاوت بود (جدول ۳).

مطابق جدول ۲، اثرات ساده زمان برداشت و نوع ژنوتیپ به طور معنی‌داری شاخص b میوه پرتقال توسرخ را تحت تأثیر قرار داد. مشخص شد که شاخص b میوه در زمان اول برداشت ۷۱/۰۹ بود که در زمان دوم برداشت به ۷۴/۸۴ و در زمان سوم به ۷۳/۷۷ رسید، در ادامه دوباره به ۷۰/۴۸ کاهش یافت (جدول ۲). بالاترین شاخص b میوه در رقم سانگین (۷۵/۴۰) و کمترین میزان در رقم گروس‌سانگین (۶۸/۷۸) به دست آمد و سایر ژنوتیپ‌ها بین این دو رقم قرار داشتند (جدول ۴).

رنگ پوست یک ویژگی مهم در تعیین کیفیت میوه مرکبات است که بر پذیرش مصرف‌کننده تأثیر می‌گذارد. مصرف‌کنندگان رنگ پوست نارنجی پررنگ و براق را ترجیح می‌دهند. هم‌زمان با بلوغ میوه تغییر در رنگ پوست به دلیل کاهش کلروفیل و افزایش غلظت کارتنوئید اتفاق می‌افتد. در ارتباط با کیفیت ظاهری میوه، رنگ پوست همبستگی بالایی با قابلیت خوراکی میوه دارد، اگرچه به طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط آب و هوایی مثل نور و دما واقع

می‌شود (اینگلس و سورتینو، ۲۰۱۹؛ لادانیا، ۲۰۲۲). بر اساس گزارشات ارائه شده بهترین زمان برداشت از نظر شاخص رنگ در مرکبات زمانی است که میزان درخشندگی (L) بین ۶۵ تا ۷۰، کروما (C) به بالای ۶۰، و زاویه رنگ (h) کم‌تر از ۸۰ برسد (لی رووکس^۱، ۲۰۰۶) که در بررسی حاضر در زمان برداشت اول این شاخص‌ها به حد بهینه خود رسیده بودند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج ما نشان‌دهنده تنوع زیادی در صفات مورفو فیزیولوژیکی مورد بررسی در ژنوتیپ‌های مورد نظر پرتقال توسرخ بود. مشخص شد که صفات مورفولوژیکی میوه شامل وزن، طول، قطر و ضخامت، حجم، میزان عصاره، هم‌چنین اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و شاخص‌های L و hue رنگ پوست با تأخیر در زمان برداشت به طور معنی‌داری کاهش یافتند. از طرف دیگر با تأخیر در برداشت میوه ژنوتیپ‌های مختلف پرتقال توسرخ، ضخامت پوست، میزان مواد جامد محلول کل (TSS)، نسبت TSS/TA و شاخص‌های chroma و a رنگ پوست میوه افزایش معنی‌داری یافتند. ژنوتیپ‌های G2 و G3 از نظر وزن، طول، قطر و حجم، میزان عصاره، رنگ میوه و هم‌چنین مطلوبیت طعم و مزه (TA کم‌تر و نسبت TSS/TS بالاتر) در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در وضعیت بهتری قرار داشتند. در نهایت با توجه به نتایج به دست آمده، کشت و کار ژنوتیپ‌های G2 و G3 و هم‌چنین برداشت زودهنگام (۲۰ آبان) میوه آن‌ها به منظور تولید میوه توسرخ با کیفیت توصیه می‌شود.

منابع

- آمارنامه کشاورزی. ۱۴۰۱. آمارنامه کشاورزی، محصولات باغبانی و گلخانه‌ای. وزارت جهاد کشاورزی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. ۳۰۷ ص.
- آمی‌سما، ر. ۱۴۰۰. اقتصاد مرکبات و کیوی؛ تحلیل دانش و مهارت تولید در مدیریت باغ. دوازدهمین کنفرانس ملی اقتصاد کشاورزی. سنج، کردستان.
- حبیبی، ف. و رضانیان، ا. ۱۳۹۶. تغییرهای فیزیوشیمیایی و ترکیب‌های زیست‌فعال میوه پرتقال خونی رقم سانگین در دوره رسیدن. مجله علوم و فنون باغبانی ایران، ۱۸(۴): ۳۶۵-۳۷۶.
- فتاحی‌مقدم، ج. ۱۳۹۱. بررسی رابطه خصوصیات فیزیوشیمیایی بهینه میوه و زمان برداشت در برخی ارقام مرکبات. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری، رامسر.

- فتاحی‌مقدم، ج. و سیدقاسمی، س.ا. ۱۳۹۸. تعیین ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی و آنتی‌اکسیدانی آب‌میوه میوه دو رقم لیموترش کوک‌اورکا و خوشه‌ای (*C. limon* cvs. Cook Eureka & Khouzhehi) طی رسیدن و عمر قفسه‌ای. مجله علوم و صنایع غذایی ایران، ۱۶(۹۴): ۱۳۹-۱۵۲.
- فتاحی‌مقدم، ج.، سیدقاسمی، س.ا. و نجفی، ک. ۱۳۹۶. ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی میوه نارنگی‌های جدید نوشین (*Citrus reticulata* cv. Noushin) و شاهین (*Citrus reticulata* cv. Shahin) طی زمان‌های مختلف برداشت. تولیدات گیاهی، ۴۰(۴): ۷۷-۹۰.
- کیاشکوریان، م.، فتاحی‌مقدم، ج.، فقیه‌نصیری، م. و نجفی، ک. ۱۳۹۸. بررسی اثر زمان برداشت بر کیفیت میوه پرتقال تامسون. یازدهمین کنگره علوم باغبانی. دانشگاه ارومیه، ارومیه.
- Habibi, F., García-Pastor, M.E., Puente-Moreno, J., Garrido-Auñón, F., Serrano, M. and Valero, D. 2023. Anthocyanin in blood oranges: A review on postharvest approaches for its enhancement and preservation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(33): 12089-12101.
- Inglese, P. and Sortino, G. 2019. Citrus history, taxonomy, breeding, and fruit quality. *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389414.013.221>
- Ladaniya, M. 2022. Citrus Fruit, Biology, Technology, and Evaluation, 2nd Edition, Academic Press, 858 p.
- Machado, F.L.D.C., Costa, J.D.P.D., Teixeira, A.D.S. and Costa, J.M.C.D. 2015. The influence of rootstock and time of harvest on the fruit quality during storage of in two grapefruit cultivars. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(3): 339-346.
- Ordóñez-Díaz, J.L., Hervalejo, A., Pereira-Caro, G., Muñoz-Redondo, J.M., Romero-Rodríguez, E., Arenas-Arenas, F.J. and Moreno-Rojas, J.M. 2020. Effect of rootstock and harvesting period on the bioactive compounds and antioxidant activity of two orange cultivars ('Salustiana' and 'Sanguinelli') widely used in juice industry. *Processes*, 8(10):1212.
- Le Roux, S. 2006. Preharvest manipulation of rind pigments of *Citrus* spp. Doctoral dissertation, Stellenbosch: University of Stellenbosch.
- Russo, M., Bonaccorsi, I.L., Arigò, A., Cacciola, F., De Gara, L., Dugo, P. and Mondello, L. 2021. Blood orange (*Citrus sinensis*) as a rich source of nutraceuticals: investigation of bioactive compounds in different parts of the fruit by HPLC-PDA/MS. *Natural Product Research*, 35(22): 4606-4610.
- Shimizu, T., Aka Kacar, Y., Cristofani-Yaly, M., Curtolo, M. and Machado, M.A. 2020. Markers, maps, and marker-assisted selection. *The Citrus Genome*, Springer Cham, pp.107-139.
- Singh, J., Sharma, V., Pandey, K., Ahmed, S., Kaur, M. and Sidhu, G.S. 2021. Horticultural classification of citrus cultivars. *Citrus Research, Development and Biotechnology*, pp.1-24.
- Zhao, J.C., Miao, A.O., He, X.Q., Li, W.Z., Deng, L.L., Zeng, K.F. and Jian, M.I.N.G. 2022. Changes in phenolic content, composition, and antioxidant activity of blood oranges during cold and on-tree storage. *Journal of Integrative Agriculture*, 21(12): 3669-3683.