Journal of Research in Horticultural Science
پژوهش در علوم باغبانی
Vol. 4, No. 2 Autumn and Winter 2025 (89–100)
جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴ (ص ۱۰۰-۸۹)
10.22092/rhsj.2026.371452.1137
مقاله علمی پژوهشی
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir

ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ترکیبات زیست‌فعال در میوه‌های مرکبات استان خوزستان

عباس دانایی‌فر[1*] و اسمعیل خالقی[2]

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۲/۲۰

چکیده

مرکبات متعلق به جنس *Citrus* از مهم‌ترین محصولات اقتصادی در سراسر جهان هستند که تجارت آن‌ها به شدت وابسته به کیفیت قبل و بعد از برداشت می‌باشد. ارزیابی پارامترهای کیفی یکی از مهم‌ترین فنون در مدیریت برداشت میوه است. آگاهی از خواص فیزیکی میوه برای طراحی تجهیزات پس از برداشت مانند تمیزکردن، مرتب‌سازی، درجه‌بندی و بسته‌بندی ضروری است. این پژوهش به منظور بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پانزده رقم مرکبات خوزستان (لیموترش اورکا، لیمو سنگی، لیمو شیرین، والنسیا، نارنج، گریپ‌فروت سفید، گریپ‌فروت مارش، گریپ‌فروت ردبلاش قرمز، گریپ‌فروت تومانگاه، نارنگی (کلمانتین، لی، تمپل، الجزایری، نوا و شمل) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز طی سال‌های ۱۴۰۲-۱۴۰۱ انجام گرفت. نتایج نشان داد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تحت تأثیر رقم قرار گرفت به طوری که در بین همه ارقام بیشترین نسبت طول به قطر میوه (۲/۶۸)، ضریب کرویت (۹۲/۴۷)، سفتی میوه (۸۲/۰۹) و فلاونوئید به ترتیب مربوط به لیموی اورکا، گریپ‌فروت مارش، گریپ‌فروت تومانگاه و نارنج بود. گریپ‌فروت سفید دارای بیشترین وزن (۳۶۳/۲ گرم)، پیرامون (۳۲/۷۴)، مساحت (۸۵/۳۶) و میانگین قطر حسابی میوه (۷۵/۲۹) در بین همه ارقام مورد آزمایش بود. میانگین قطر هندسی در لیموی اورکا افزایش ۸/۶۴ درصدی نسبت به لیموی سنگی و ۱۱/۸۹درصدی نسبت به لیمو شیرین داشت. میزان سفتی میوه در لیموی اورکا نسبت به لیمو سنگی ۱۴/۱۰ درصد و نسبت به لیمو شیرین ۳۸/۹۷ درصد بود. میزان فنول در گریپ‌فروت تومانگاه نسبت به گریپ‌فروت سفید، مارش و رد بلاش به ترتیب به میزان ۱/۳۶، ۲۹/۳۵ و ۹/۵۵ درصد افزایش داشت. کمترین میزان قند محلول (۶/۳۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در لیمو سنگی و بیشترین میزان قند محلول (۴۹/۹ میلی‌گرم در گرم) در نارنگی کلمانتین به دست آمد. به طور کلی نتایج نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مرکبات به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر رقم قرار گرفته و هر رقم خصوصیات منحصر به فردی در ترکیبات زیست‌فعال و شاخص‌های کیفی دارد.

واژگان کلیدی: رقم، فلاونوئید، فنول، کرویت و کیفیت.

Evaluation of physicochemical properties and bioactive compounds in citrus fruits of Khuzestan province

Abbas Danaeifar[1*] and Esmaeil Khaleghi[2]

1- Assistanat Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
2- Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Received: November 2025 Accepted: March 2026

Abstract

Citrus fruits belong to the genus *Citrus* and are one of the most important economic products around the worldwide, whose trade is highly dependent on pre- and post-harvest quality. Evaluation of quality parameters is one of the most important techniques in fruit harvest management. Knowledge of the physical properties of fruits is essential for designing post-harvest equipment such as cleaning, sorting, grading, and packaging. This research was conducted to evaluate some physical and chemical characteristics of fifteen citrus cultivars of Khuzestan (Eureka lemon, Lime Sang (acid lime), Sweet lemon, Valencia, Sour orange, White grapefruit, Marsh grapefruit, Redblush grapefruit, Tomangah grapefruit, and tangerines including Clementine, Lee, Temple, Algerian, Nova and Shaml) using a randomized complete block design (RCBD) in the laboratory of the Faculty of Agriculture of Shahid Chamran University of Ahvaz during 2022–2023. The results showed that the physical and chemical properties were significantly affected by the cultivar, such that among all cultivars, the highest fruit length-to-diameter ratio (2.68), sphericity coefficient (92.47), fruit firmness (82.09) and flavonoid content were observed in Eureka lemon, Marsh grapefruit, Tomangah grapefruit and sour orange, respectively. White grapefruit had the highest weight (363.2 g), circumference (32.74 cm), surface area (85.36 cm²), and mean arithmetic diameter (29.75 mm) among all cultivars studied. The mean geometric diameter of Eureka lemon showed a 64.8% increase compared to with lemon and an 11.89% increase compared with sweet lemon. Fruit firmness in Eureka lemon was 14.10% higher than lemon and 38.97% higher than sweet lemon. The phenolic content in Tomanganah grapefruit was 1.36%, 29.35% and 9.55% higher than that of White, Marsh and Red Blush grapefruits, respectively. The lowest soluble sugar content (6.35 mg/g fresh weight) was found in Lemon, the highest soluble sugar content (49.9 mg/g) occurred in Clementine. Overall, the results showed that the physicochemical properties of citrus fruits were significantly influenced by the cultivar and each cultivar possessed unique characteristics in terms of bioactive compounds and quality indices.

Keywords: Cultivar, Flavonoid, Phenol, Quality and Sphericity.

*نویسنده مسئول: a.danaei@scu.ac.ir

۱- مقدمه

مرکبات یکی از فراوان‌ترین محصولات هستند که در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری در سراسر جهان رشد می‌کند. اعتقاد بر این است که منشاء واقعی مرکبات دامنه‌های گرم جنوبی هیمالیا در شمال شرقی هند و شمال میانمار است. اگرچه پرتقال (*Citrus sinensis*) میوه اصلی این گروه است و ۷۰ تا ۷۵ درصد کل تولید و مصرف مرکبات را دارد اما سایر مرکبات مانند نارنگی یا ماندرین (*Citrus reticulata*)، گریپ‌فروت (*Citrus paradisi*)، لیموترش (*Citrus aurantifulia*) و لیمو (*Citrus limonum*) نیز به طور گسترده کشت و مصرف می‌شوند (Sharma *et al*., 2017). بر اساس جدیدترین آمار فائو، بیش از ۱۴۰ کشور تولید کننده مرکبات وجود دارد که بخش اعظم تولید مربوط به کشورهای چین، برزیل و هند هست (Fao, 2023). مرکبات با وجود تولید و اهمیت اقتصادی بالا بسیار مستعد ابتلا به اختلالات فیزیولوژی پوست یا لک‌های پوستی هستند که با علائم مورفولوژی متفاوت می‌توانند قبل یا بعد از برداشت ظاهر شوند. بروز این علائم کیفیت میوه را کاهش می‌دهد و یکی از عوامل اصلی عدم بازار پسندی و ضایعات پس از برداشت است. شرایط محیطی قبل و بعد از برداشت ممکن است باعث آسیب به سطح میوه شود که موجب تیره و قهوه‌ای شدن محصول می‌گردد (Zacarias *et al*., 2020). از مهم‌ترین تکنیک‌ها در مدیریت پس از برداشت میوه، ارزیابی پارامترهای کیفی است و یکی از قابل قبول‌ترین سیستم‌های طبقه‌بندی کیفیت مرکبات، بر اساس ارزیابی جنبه‌های خارجی قابل مشاهده میوه از جمله رنگ سطوح، اندازه، شکل و مشاهده آفات است (Magwaza *et al*., 2012) که این خصوصیات کیفی مرکبات تحت تأثیر رقم قرار می‌گیرند (Aguilar-Hernández *et al*., 2020). مرکبات به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات میوه از نظر اقتصادی در سراسر جهان کشت می‌شود. به منظور افزایش دوره برداشت و عرضه بیشتر صنعت و بازار، بررسی ویژگی‌های کیفی از جمله اندازه، مواد جامد محلول، رنگ و غیره ضروری است که این خصوصیات در ارقام مختلف متفاوت هستند (Xie *et al*., 2013). سینگ و همکارن (Singh *et al*., 2021) بیان کردند مرکبات دارای ارقام مختلفی هستند که بسته به شرایط اقلیمی رقم مناسب کشت می‌گردد و این ارقام خصوصیات کیفی متفاوتی دارند. هائوکیپ و همکاران (Haokip *et al*., 2020) در نتایج حاصل از پژوهش خود گزارش کردند که افزایش دما در طول رشد و نمو میوه موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های دیواره سلولی شده و رسیدن میوه را به تأخیر می‌اندازد. نواز و همکاران (Nawaz *et al*., 2020) براساس نتایج حاصل از پژوهش خود بیان کردند که مرکباتی در شرایط گرم رشد می‌کنند رشد و توسعه‌ی میوه آهسته داشته و معمولاً دیرتر بالغ می‌شوند. بنابراین، شرایط گرم در نهایت بر ویژگی‌های بیرونی و درونی میوه تأثیر می‌گذارد. میلر و همکاران (Miller *et al*., 2005) در نتایج حاصل از مطالعات خود بیان کردند که عوامل زیادی بر کیفیت میوه تأثیرگذار هستند برخی از این عوامل از جمله دما، رطوبت، قرار گرفتن در معرض نور، یا شیوه‌های کنترل آفات را با تغییر شیوه‌های مدیریتی می‌توان کنترل کرد اما از دیگر فاکتورهای بسیار تأثیرگذار بر کیفیت میوه رقم و مکان هست که فرصت تغییر آن محدود هست. حتی تصمیم گرفته شده قبل از کاشت باغ در مورد مکان و رقم ممکن است تأثیر عمیقی بر کیفیت میوه در طول عمر کاشت داشته باشد. تیلاهون و همکاران (Tilahun *et al*., 2018) در نتایج حاصل از یافته‌های خود بیان کردند که رقم نسبت به بستر کاشت به میزان بیشتری خصوصیات کیفی میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کوردینوسی و همکاران (Cordenunsi *et al*., 2002) در نتایج حاصل از مطالعات خود گزارش کردند که رقم، میزان قند، فنول و فلاونوئید را در توت‌فرنگی تحت تأثیر قرار می‌دهد. علی و همکاران (Ali *et al*., 2020) در نتایج حاصل از یافته‌های خود بیان کردند که کیفیت میوه مرکبات تحت تأثیر شرایط مختلفی از جمله اقلیم و رقم هست. گو و همکاران (Guo *et al*., 2023) در نتایج حاصل از مطالعات خود مبنی بر مقایسه خصوصیات کیفی ارقام مختلف مرکبات گزارش کرد که تفاوت‌های معناداری بین خصوصیات کیفی ۱۰ گونه مرکبات وجود دارد. برخی ارقام مرکبات قند محلول بیشتری دارند که نشان‌دهنده پتانسیل آن برای مصرف تازه و فرآوری مواد غذایی است. علاوه بر این، برخی دیگر از ارقام با محتوای بالاتر اسید آسکوربیک و اسیدهای فنولیک، به عنوان یک گونه ارزشمند با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عالی در نظر گرفته شد و

می‌تواند برای فرآوری با ارزش افزوده در صنعت مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرد. تجزیه و تحلیل همبستگی، سهم قابل توجه اسید آسکوربیک و اسیدهای فنولیک را در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مرکبات تأیید کرد. نتایج می‌تواند به عنوان مرجعی برای کشت و انتخاب میوه‌های مرکبات مغذی ارائه شود. پولات و همکاران (Polat *et al*., 2025) در نتایج حاصل از پژوهش خود بر مقایسه خصوصیات کیفی هفت رقم مرکبات گزارش کرد که محتوای فنولی کل از ۹۲/۳۷ تا ۵۵۰/۲۸ میلی‌گرم در گرم و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل از ۶۵/۰۳ تا ۹۲/۷۴ درصد متغیر بود و ساکارز به عنوان قند غالب در تمام ارقام شناسایی شد و بالاترین مقدار (۶۳/۶۶ گرم در کیلوگرم) در مورو بلاد یافت شد. اسید سیتریک، اسید آلی موجود در همه ارقام بود و پینک‌لیمو بالاترین سطح (۵۸/۹۱ گرم در کیلوگرم) را نشان داد. اسید اسکوربیک که به دلیل خواص ویتامینی و آنتی‌اکسیدانی ارزشمند است، در رقم مورو بلاد به اوج خود (۱/۰۳ گرم در کیلوگرم وزن‌تر) رسید. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پانزده رقم مرکبات در شرایط اقلیم خوزستان بود.

۲- مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی و مقایسه خصوصیات فیزیکی مرکبات در استان خوزستان آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. جهت انجام این آزمایش ابتدا ارقام مرکبات شامل لیموترش اورکا، لیمو سنگی، لیمو شیرین، والنسیا، نارنج، گریپ‌فروت سفید، گریپ‌فروت مارش، گریپ‌فروت رد بلاش قرمز، گریپ‌فروت تومانگاه، نارنگی (کلمانتین، لی، تمپل، الجزایری، نوا و شمل) از درختان هم سن (با میانگین سن درختان ۱۸ سال، از بخش‌های میانی هر درخت به صورت تصادفی نه میوه برای هر تکرار برداشت شد). نمونه‌ها از مرکز تحقیقات صفی‌آباد دزفول (طول جغرافیایی ۴۸:۴۱۷۳۵۰۲۰، عرض جغرافیایی ۳۲:۲۶۱۶۸۳۲۸ و ارتفاع جغرافیایی ۸۶ متر از سطح دریا) در استان خوزستان تهیه و به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی منتقل شد. سپس جهت مقایسه ارقام و بررسی خصوصیات فیزیکی، فاکتورهای زیر اندازه‌گیری گردید.

۲-۱- خصوصیات فیزیکی میوه

برای اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی میوه ابتدا طول، عرض و قطر با استفاده از کولیس دیجیتال با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. میانگین وزن میوه با استفاده از ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک با استفاده از رابطه L/W به دست آمد. پیرامون میوه، مساحت میوه، میانگین قطر حسابی، میانگین قطر هندسی و ضریب کرویت با استفاده رابطه‌های زیر اندازه‌گیری شد (رضوی و اکبری ۱۳۹۱).

پیرامون میوه =قطر*π (۱)

مساحت میوه =πr2 (۲)

میانگین قطر حسابی = (L+W+T)/۳ (۳)

میانگین قطر هندسی =(LWT)۱/۳ (۴)

ضریب کرویت=(طول×عرض×ضخامت) / ۱/۳ بزرگترین قطر ×۱۰۰ (۵)

L (فاصله گلگاه تا دم میوه)، W (قطر کوچک) و T (ضخامت)

۲-۲- سفتی میوه

سفتی بافت میوه توسط دستگاه سفتی سنج SANTAM STM-1 ساخت ایران با پروب ۸ میلی‌متر و سرعت ۲۰ متر بر ثانیه بر حسب نیوتن بر میلی‌متر اندازه‌گیری گردید (شعبانی و همکاران، ۱۴۰۴).

۲-۳- اندازه‌گیری فنول کل

برای اندازه‌گیری فنول پوست میوه مرکبات یک گرم ازپوست میوه در هاون چینی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد همگن شد و سپس به مدت ۲ ساعت شیک شد و پس از آن، نمونه‌ها با دور ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. عصاره الکلی به دست آمده برای اندازه‌گیری فنول کل پوست استفاده شد. برای اندازه‌گیری فنول پوست، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره با یک میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد

رقیق‌سازی گردید (۱ به ۱۰ رقیق‌سازی شد). از عصاره رقیق شده به میزان ۲۵۰ میکرولیتر برداشته و به آن ۲/۵ میلی‌لیتر معرف فولین سیوکالتو ۱۰ درصد و دو میلی‌لیتر سدیم کربنات یک مولار اضافه شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در حمام آب گرم ۴۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از آن میزان جذب در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد (McDonald *et al*., 2001).

۲-۴- اندازه‌گیری فلاونوئید کل

برای اندازه‌گیری میزان فلاونوئید یگ گرم پوست میوه آسیاب شده در ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد حل شد و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار گرفت. از عصاره به دست آمده ۱۲۵ میکرولیتر درون لوله آزمایش ریخته و به هر نمونه ۱/۵ میلی‌لیتر متانول اضافه گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد (حل در اتانول یا آب) به هر نمونه اضافه شد. همچنین ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار به هر نمونه اضافه گردید. در آخر ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر به هر نمونه اضافه گردید و میزان جذب در طول موج ۴۱۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید (Chang *et al*., 2002).

۲-۵- استخراج عصاره برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل

بدین منظور، نیم گرم نمونه از گوشت میوه منجمد شده، با پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی له گردید. قسمت روشناور عصاره‌ی بدست آمده جمع‌آوری شد و عملیات استخراج بر روی رسوبات باقی مانده، طی دو مرحله شستشو و هر مرحله با پنج میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد ادامه یافت. عصاره‌های الکلی جمع‌آوری شده، به مدت ۱۰ دقیقه در دمای چهار درجه سلسیوس و سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید (Irigoyen *et al*., 1992)).

۲-۶- میزان کل قندهای محلول

برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل از روش اریگوین و همکاران (Irigoyen *et al*., 1992) استفاده شد. بدین صورت سه میلی‌لیتر معرف آنترون تازه آماده شده به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره الکلی تهیه شده افزوده شد. به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش و جذب نمونه‌ها و استانداردها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج مرئی فرابنفش خوانده شد (Irigoyen *et al*., 1992).

۲-۷- آنالیز آماری

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

۳- نتایج

۳-۱- خصوصیات فیزیکی

باتوجه به جدول تجزیه واریانس اثر رقم بر خواص فیزیکی میوه (جدول ۱) مشخص گردید که بین ارقام از نظر وزن میوه، نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک، پیرامون میوه، مساحت میوه و ضریب کرویت، قطر حسابی، میانگین قطر هندسی، سفتی میوه در سطح یک درصد تفاوت آماری معنادار وجود داشت.

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر رقم برخصوصیات فیزیکی میوه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن میوه	نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک	پیرامون میوه	مساحت میوه	ضریب کرویت
بلوک	۲	۹/۶۹**	۰/۰۳*	۰/۲۲^{ns}	۲/۵۷^{ns}	۲۸/۲۸^{ns}
رقم	۱۴	۲۵۵۴۶/۶۵**	۰/۲۵**	۶۵/۱۷**	۱۰۳۴/۴۱**	۱۸۵/۵۴**
خطا	۲۸	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۲	۱/۵۰	۱۹/۴۲
ضریب تغییرات (٪)		۷/۸	۵/۶۱	۱/۶۰	۲/۹۷	۵/۴۱

ns: عدم معنی‌داری؛ *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد؛ **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

ادامه جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر رقم بر خصوصیات فیزیکی میوه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		میانگین قطر حسابی	میانگین قطر هندسی	سفتی میوه
بلوک	۲	۵/۸۳^{ns}	۷/۱۱*	۶/۱۷**
رقم	۱۴	۲۵۶/۶۳**	۲۱۸/۵۰**	۱۲۷۹/۰۱**
خطا	۲۸	۲/۱۹	۲/۰۲	۰/۳۸
ضریب تغییرات (٪)		۲/۵۵	۲/۵۶	۵/۶

ns: عدم معنی‌داری؛ *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد؛ **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

با توجه به جدول ۲ میانگین وزن میوه تحت تأثیر رقم قرار گرفت به طوری که بیشترین وزن میوه (۲/ ۳۶۳ گرم) در بین همه ارقام مربوط به گریپ‌فروت سفید بود و کمترین وزن میوه (۷۴/۰۵ گرم) در نارنگی کلمانتین به دست آمد. از میان سه لیموی مورد آزمایش لیموی اورکا دارای بیشترین وزن و لیمو شیرین کمترین وزن را داشت که کاهش ۳۲/۰۹ درصدی نسبت به اورکا داشت و این کاهش نسبت به دو لیموی دیگر معنی‌دار بود. در بین نارنگی‌های مورد آزمایش بیشترین وزن میوه مربوط به نارنگی تمپل بود که افزایش ۴۱/۲۳ درصدی نسبت به نارنگی لی و ۴۷/۲۲ درصدی نسبت به نارنگی شمل داشت. مقایسه میانگین داده‌های حاصل از جدول ۲ نشان داد که بیشترین نسبت طول به قطر میوه در لیموی اورکا و کمترین نسبت طول به قطر میوه در نوا به دست آمد که ۴۵/۱۴ درصد نسبت به اورکا کمتر بود. در بین لیموها کمترین نسبت طول به قطر میوه در لیموشیرین به دست آمد که کاهش ۳۷/۶۸ درصدی نسبت به اورکا داشت. در بین ارقام گریپ‌فروت بیشترین نسبت مربوط به رقم ردبلاش و کمترین نسبت مربوط به رقم مارش بود که کاهش ۱۵/۵ درصدی نسبت به ردبلاش داشت. در بین ارقام نارنگی بیشترین نسبت طول به قطر در نارنگی دنسی ماندرین به دست آمد که نسبت به ارقام نوا و شمل افزایش معنی‌داری داشت. پیرامون میوه در گریپ‌فروت سفید دارای افزایش معنی‌داری نسبت به بقیه ارقام بود. در بین لیموهای مورد آزمایش، لیمو سنگی افزایش ۸/۸۳ درصدی نسبت به اورکا و ۱۲/۶۱ درصدی نسبت به لیمو شیرین در پیرامون میوه داشت. در بین ارقام گریپ‌فروت، رقم مارش کاهش ۲۰/۱۲ درصدی نسبت به رقم سفید داشت. بیشترین مساحت میوه مربوط به رقم گریپ‌فروت سفید است که افزایش معنی‌داری نسبت به بقیه ارقام داشت. در بین لیموها، لیمو سنگی و در بین نارنگی‌ها، تمپل دارای بیشترین میزان مساحت میوه بودند. لیمو سنگی افزایش ۱۶/۸۷ درصدی مساحت میوه نسبت به لیموی اورکا و ۲۱/۱۶ درصدی نسبت به لیموشیرین داشت. مساحت میوه در گریپ‌فروت سفید نسبت به مارش، ردبلاش و تومانگاه به ترتیب افزایش ۳۶/۱۸، ۱۰/۲۰ و ۳۵/۱۱ درصدی داشت. درصد ضریب کرویت در ارقام مختلف میوه مرکبات متفاوت بود به طوری که در بین ۱۵ رقم میوه مرکبات در استان خوزستان، گریپ‌فروت مارش دارای بیشترین و لیموی اورکا دارای کمترین درصد ضریب کرویت بود. از میان نارنگی‌های مورد بررسی در این آزمایش نوا دارای بیشترین ضریب کرویت بود که افزایش معنی‌داری (۱۱/۳۸درصد) نسبت به دنسی ماندرین داشت (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که گریپ‌فروت سفید به ترتیب دارای افزایش ۱۰/۲۱، ۵/۱۵ و ۱۱/۱۷ درصدی میانگین قطر حسابی نسبت به مارش، ردبلاش و تومانگاه بود و همچنین افزایش ۲۲/۸۹ درصدی نسبت به والنسیا داشت. در بین شش رقم نارنگی بیشترین قطر حسابی مربوط به نارنگی تمپل بود که افزایش ۲۸/۵۱ درصدی نسبت به کلمانتین، ۱۱/۳۸ درصدی نسبت به لی، ۱۹/۳۸ درصدی نسبت به دنسی ماندرین، ۱۸/۰۳ درصد نسبت به نوا و ۲۰/۸۲ درصدی نسبت به شمل داشت. میانگین قطر هندسی در لیموی اورکا افزایش معنی‌دار ۸/۶۴ درصد و ۱۱/۸۹ درصدی

نسبت به لیمو سنگی و لیمو شیرین داشت. میانگین قطر هندسی در پرتقال والنسیا نسبت به نارنج کمتر بود که این کاهش معنی‌دار نبود اما نسبت به سه رقم لیمو بیشتر بود که این افزایش در لیمو سنگی و لیمو شیرین معنی‌دار گردید. میانگین قطر هندسی در گریپ‌فروت سفید نسبت به بقیه گریپ‌فروت‌ها افزایش معنی‌داری داشت. در بین نارنگی‌ها بیشترین میانگین قطر هندسی مربوط به نارنگی تمپل و کمترین آن مربوط به نارنگی کلمانتین بود. براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها از میان ۱۵رقم میوه مورد آزمایش بیشترین سفتی میوه مربوط به گریپ‌فروت تومانگاه و بعد از آن لیموی اورکا بود. میزان سفتی میوه در لیموی اورکا نسبت به لیمو سنگی ۱۴/۱۰ درصد و نسبت به لیمو شیرین ۳۸/۹۷درصد بود. در بین ارقام گریپ‌فروت بیشترین سفتی میوه مربوط به گریپ‌فروت تومانگا بود که افزایش ۴۷/۴۷، ۳۹/۷۲ و ۳۷/۷۹ درصدی به ترتیب نسبت به گریپ‌فروت سفید، مارش و رد بلاش داشت (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات رقم بر خصوصیات فیزیکی میوه مرکبات.

رقم	وزن میوه	نسبت قطر بزرگ به قطر کوچک	پیرامون میوه	مساحت میوه	ضریب کرویت	میانگین قطر حسابی	میانگین قطر هندسی	سفتی میوه
لیمو اورکا	۱۸۴/۱^{e}	۲/۶۸^{a}	۲۰/۴۳^{fg}	۳۳/۲۶^{fg}	۶۲/۳۹^{e}	۵۹/۲۸^{de}	۵۴/۸۱^{fg}	۷۷/۰۵^{b}
لیمو سنگی	۱۵۶/۱۶^{g}	۲/۱۹^{b}	۲۲/۴۱^{d}	۴۰/۰۱^{d}	۶۸/۲۵^{e}	۵۲/۶۵^{fg}	۵۰/۰۷^{h}	۶۶/۱۸^{c}
لیمو شیرین	۱۲۵/۰۲^{j}	۱/۶۷^{ef}	۱۹/۹^{g}	۳۱/۵۴^{g}	۸۴/۰۴^{bcd}	۴۹/۶۲^{h}	۴۸/۲۹^{hi}	۴۷/۰۲^{g}
والنسیا	۱۵۷/۳۲^{f}	۱/۸۲^{cde}	۲۰/۳۸^{fg}	۳۳/۱۲^{fg}	۸۰/۳۹^{cd}	۵۸/۰۵^{e}	۵۶/۱۱^{ef}	۵۶/۰۴^{d}
نارنج	۱۵۴/۲۳^{h}	۱/۸۵^{cde}	۲۱/۲۳^{e}	۳۵/۹۱^{e}	۸۲/۸^{bcd}	۶۰/۱^{de}	۵۷/۶۲^{de}	۲۷/۴۳^{k}
گریپ فروت سفید	۳۶۳/۲^{a}	۱/۹۵^{c}	۳۲/۷۴^{a}	۸۵/۳۶^{a}	۷۶/۶۱^{d}	۷۵/۲۹^{a}	۷۲/۳۷^{a}	۴۳/۱۲^{h}
گریپ فروت مارش	۳۴۲/۰۲^{b}	۱/۶۹^{def}	۲۶/۱۵^{c}	۵۴/۴۷^{c}	۹۲/۴۷^{a}	۶۷/۵۴^{c}	۶۴/۲^{c}	۴۹/۴۸^{f}
گریپ فروت رد بلاش قرمز	۳۶۱/۱۷^{a}	۲^{c}	۳۱/۰۲^{b}	۷۶/۶۵^{b}	۸۱/۰۵^{cd}	۷۱/۴۱^{b}	۶۷/۶۴^{b}	۵۱/۰۶^{e}
گریپ فروت تومانگاه	۲۶۲/۰۷^{c}	۱/۹۸^{c}	۲۶/۳۷^{c}	۵۵/۳۹^{c}	۷۹/۱۴^{cd}	۶۶/۸۸^{c}	۶۳/۸۴^{c}	۸۲/۰۹^{a}
نارنگی کلمانتین	۷۴/۰۵^{n}	۱/۷۱^{def}	۱۷/۶۸^{i}	۲۴/۹^{j}	۸۵/۴۱^{abc}	۴۳/۸۸^{i}	۴۲/۳۹^{j}	۱۳/۱۶^{n}
نارنگی لی	۱۴۱/۰۶^{i}	۱/۷^{def}	۲۰/۱۵^{g}	۳۲/۳۴^{fg}	۸۴/۵^{abcd}	۵۴/۳۹^{f}	۵۲/۷۳^{g}	۳۳/۲۵^{i}
نارنگی تمپل	۱۹۹/۲۳^{d}	۱/۷۵^{def}	۲۰/۸۱^{ef}	۳۴/۴۸^{ef}	۸۶/۹^{abc}	۶۱/۳۸^{d}	۵۸/۷۷^{d}	۳۱/۰۳^{j}
نارنگی الجزایری	۹۲/۱۷^{l}	۱/۸۷^{cd}	۱۷/۸۹^{i}	۲۵/۵۲^{ij}	۸۰^{cd}	۴۹/۴۸^{h}	۴۷/۶۲^{hi}	۱۸/۲۱^{m}
نارنگی نوا	۹۱/۰۷^{m}	۱/۴۷^{g}	۱۸/۵۸^{h}	۲۷/۴۹^{hi}	۹۰/۲۸^{ab}	۵۰/۳۱^{gh}	۴۹/۳۲^{hi}	۴۶/۱۸^{g}
نارنگی شمل	۱۰۵/۱۵^{k}	۱/۵۷^{fg}	۱۸/۸۲^{h}	۲۸/۲۱^{h}	۸۷/۲۸^{abc}	۴۸/۶^{h}	۴۷/۲۶^{i}	۲۱/۲۰^{l}

در هر ستون میانگین‌هایی که حدأقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

۳-۲- خصوصیات بیوشیمیایی میوه

باتوجه به جدول تجزیه واریانس اثر رقم بر خواص بیوشیمیایی میوه (جدول ۳) مشخص گردید که بین ارقام از نظر فنول کل، فلاونوئید و قند محلول در سطح یک درصد تفاوت معنادار آماری وجود داشت.

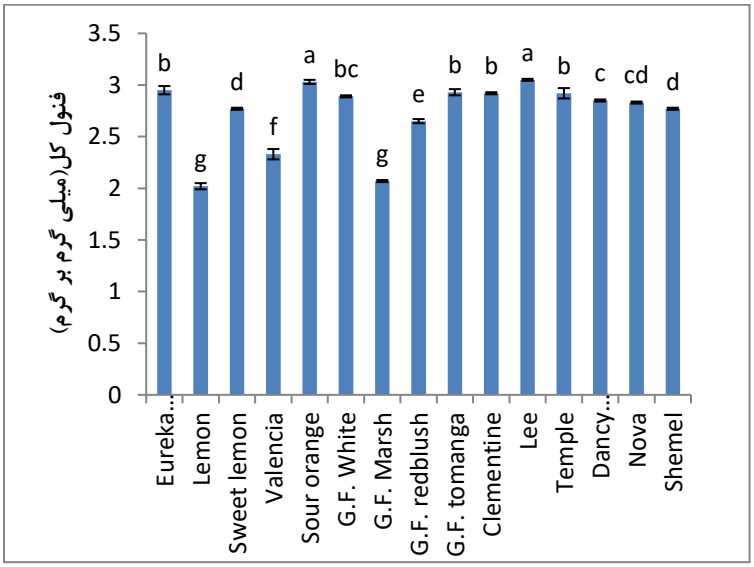
جدول ۳- جدول تجزیه واریانس اثر رقم بر خواص بیوشیمیایی میوه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		فنول پوست	فلاونوئید پوست	قند محلول
بلوک	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۱۷۷/۲۱**	۷/۰۶^{ns}
رقم	۱۴	۰/۳۲**	۷۷۳۰/۸۰**	۵۲۰/۷۸**
خطا	۲۸	۰/۰۰۱	۵/۷۱	۸/۶۷
ضریب تغییرات (٪)		۵/۸	۶/۷	۸/۰۱

ns: عدم معنی‌داری؛ *: معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد؛ **: معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد.

۳-۳- فنول پوست

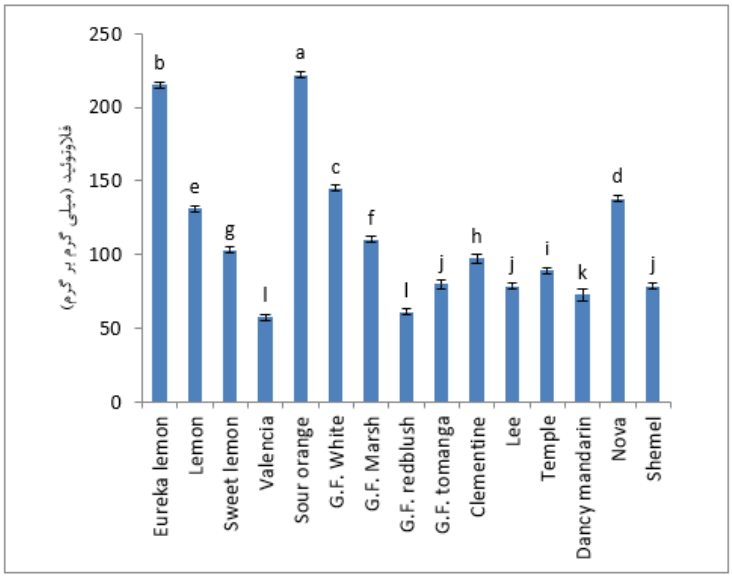
مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱) نشان داد که نارنگی لی و نارنج دارای بیشترین میزان فنول هستند که افزایش معنی‌داری نسبت به بقیه ارقام داشتند. کمترین میزان فنول در لیمو سنگی به دست آمد. در بین لیموهای مورد آزمایش لیمو سنگی، در میان گریپ‌فروت‌ها نوع مارش و از میان نارنگی‌ها شمل دارای کمترین میزان فنول بود. لیموی اورکا نسبت به لیمو سنگی دارای افزایش ۳۱/۵۲ درصد و نسبت به لیمو شیرین افزایش۶/۱۰ درصدی در میزان فنول داشت. گریپ‌فروت تومانگاه موجب افزایش میزان فنول به نسبت ۱/۳۶، ۲۹/۳۵ و ۹/۵۵ درصدی به ترتیب در گریپ‌فروت سفید، مارش و رد بلاش گردید.



شکل ۱- میزان فنول کل در ۱۵ رقم مرکبات در استان خوزستان.

۳-۴- فلاونوئید پوست

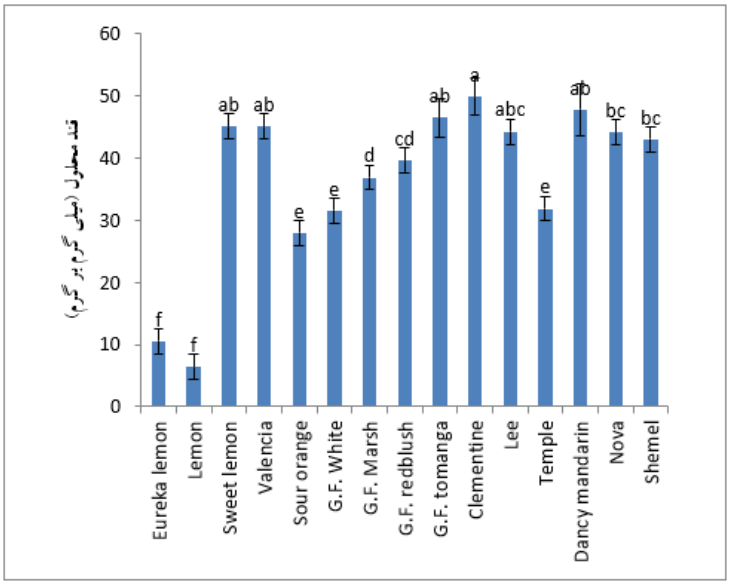
مطابق با نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) میزان فلاونوئید پوست با توجه به رقم متفاوت بود و بیشترین میزان فلاونوئید در نارنج و کمترین میزان فلاونوئید در والنسیا به دست آمد. در بین لیموها اورکا دارای بیشترین و لیموشیرین دارای کمترین میزان فلاونوئید بود. گریپ‌فروت سفید نسبت به بقیه گریپ‌فروت‌ها افزایش معنی‌داری در میزان فلاونوئید داشت. در میان نارنگی‌ها، نوا دارای بیشترین میزان فلاونوئید بود که افزایش ۲۹/۵۹ درصدی نسبت به کلمانتین، ۴۳/۱۱ درصدی نسبت به لی، ۳۵/۵۰ درصدی نسبت به تمپل، ۴۷/۳۴ درصدی نسبت به دنسی ماندرین و ۴۳/۱۱ درصدی نسبت به شمل داشت.



شکل ۲- میزان فلاونوئید در ۱۵ رقم مرکبات در استان خوزستان.

۳-۵- قند محلول

بر اساس نتایج به دست آمده از شکل ۳ کمترین میزان قند محلول در لیمو سنگی و بیشترین میزان قند محلول در نارنگی کلمانتین به دست آمد که این افزایش نسبت به برخی ارقام از جمله لیموشیرین، پرتقال والنسیا، گریپ‌فروت تومانگاه، نارنگی لی و ماندرین معنی‌دار نگردید. از میان سه رقم لیمو بیشترین میزان قند محلول مربوط به لیمو شیرین و کمترین میزان آن در لیمو سنگی به دست آمد. بین لیمو سنگی و لیموی اورکا از نظر میزان قند محلول اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. گریپ‌فروت تومانگاه نسبت به گریپ‌فروت سفید افزایش ۳۲/۱۴، نسبت به مارش افزایش ۲۵/۹۶ و نسبت به ردبلاش افزایش ۱۴/۷۱ درصدی داشت. در میان نارنگی‌های مورد استفاده در این پژوهش کلمانتین افزایش معنی‌دار (۳۶/۱۱ درصد) نسبت به تمپل، (۱۱/۶۶ درصد) نسبت به نوا و ۱۳/۷۰ درصد نسبت به شمل داشت.



شکل ۳- میزان قند محلول در ۱۵ رقم مرکبات در استان خوزستان.

۴- بحث

بر اساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، خصوصیات فیزیکی میوه در مرکبات تحت تأثیر رقم قرار گرفت به طوری که کمترین وزن میوه در نارنگی کلمانتین به دست آمد. این نتایج با نتایج حاصل از مطالعات رامین و علی‌رضانژاد (Ramin and Alirezanezhad, 2005) مطابقت دارد که بیان کردند خصوصیات فیزیکی از جمله وزن میوه وابسته به رقم هست. وزن میوه یک ویژگی رقم محور است و تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام مرکبات باعث تغییرات قابل‌توجه در وزن میوه می‌شود. این تغییرات نه‌تنها بر کیفیت تازه‌خوری و بازارپسندی اثر دارند، بلکه در فرآیندهای صنعتی مثل آبگیری و تولید کنسانتره نیز نقش کلیدی ایفا می‌کنند (Jiao *et al*., 2023). علاوه بر رقم، خصوصیات فیزیکی از جمله رشد میوه تحت تأثیر فاکتورهای مختلفی از جمله، تغذیه، حمله آفات و بیماری‌ها و شرایط اقلیمی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه رشد میوه مرکبات به صورت سیگوئید هست فاکتورهای داخلی و خارجی زیادی وجود دارد که رشد میوه را در طی مراحل مختلف رشد تنظیم می‌کنند. شرایط اقلیمی از جمله دمای بالا موجب کاهش عملکرد در ارقام مختلف مرکبات می‌گردد (Abobatta., 2019). براساس نتایج حاصل از پژوهش حاضر، ضریب کرویت همچنین تحت تأثیر رقم قرار گرفت، به‌طوری که مارش بیشترین و اورکا کمترین درصد را داشت. ضریب کرویت مرکبات بر ارزش تجاری و فراوری محصولات تأثیر دارد، میوه‌هایی که بیشتر گرد باشند یعنی نسبت طول به قطر نزدیکتری دارند دارای ضریب کرویت بالاتر و در نتیجه ارزش فراوری و تجاری بالایی دارند و شاخصی بسیار ضروری در صنایع فرآوری است (پورمیر و همکاران، ۱۳۹۳). این نتایج همچنین با نتایج حاصل از مطالعات چاری و سماوی (Chaari and Smaoui, 2024) مطابقت دارد که گزارش کردند رقم‌های مختلف مرکبات تفاوت قابل‌توجهی در قطر، طول، پیرامون و مساحت سطح دارند. این تفاوت‌ها ناشی از ویژگی‌های ژنتیکی هر رقم است و بر قابلیت مصرف تازه و فرآوری صنعتی اثر می‌گذارد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی که تحت تأثیر رقم قرار دارد، ضخامت پوست است. ارقامی با پوست ضخیم‌تر معمولاً مقاومت مکانیکی بیشتری دارند و برای حمل‌ونقل و انبارمانی مناسب‌ترند، در حالی که ارقام با پوست نازک‌تر راحت‌تر پوست‌گیری می‌شوند و برای تازه‌خوری مطلوب‌ترند. براساس نتایج به دست آمده، سفتی میوه تحت تأثیر ارقام مختلف مرکبات قرار گرفت و رقم گریپ‌فروت تومانگاه دارای سفتی بالایی نسبت به بقیه ارقام بود. سفتی میوه‌های مختلف با استفاده از تست فشاری مخرب ارزیابی شده است. در این اندازه‌گیری‌های مکانیکی، روش تثبیت نمونه، شکل پروب و سرعت فشرده‌سازی نمونه برای اندازه‌گیری دقیق نمونه مهم است (Muramatsu *et al*., 1999). سفتی میوه و مقاومت در برابر فشار نیز به رقم وابسته است. ارقامی با بافت محکم‌تر دیرتر دچار آسیب مکانیکی می‌شوند، اما ممکن است آبدهی کمتری داشته باشند. ویژگی‌های فیزیکی مثل قطر، ضخامت پوست و سفتی، به‌طور مستقیم بر کیفیت آبگیری و میزان آب قابل استخراج اثر می‌گذارند. بنابراین انتخاب رقم مناسب برای صنایع غذایی اهمیت حیاتی دارد (Chaari and Smaoui, 2024). مطابق با نتایج حاصل از پژوهش حاضر، میزان فنول و فلاونوئید تحت تأثیر رقم قرار گرفت. فنول‌ها گروهی از متابولیت‌های ثانویه هستند که از طریق شیکمیک اسید تولید می‌شوند (Hijaz *et al*., 2020) و به عنوان تعدیل کننده هورمون و دارای توانایی مسدود کردن آنزیم‌های خاصی هستند (Athira, 2017). همچنین به عنوان سیگنال‌دهی سلولی عمل می‌کنند که بسیاری از این فعالیت‌ها از مهار رادیکال‌های آزاد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنها سرچشمه می‌گیرد (Ramful, 2011). میزان این ترکیبات در ارقام مختلف مرکبات متفاوت بود به طوری که نارنج دارای بیشترین میزان فنول و فلاونوئید بود و کمترین میزان فنول در لیمو سنگی و فلاونوئید در والنسیا به دست آمد. این نتایج با نتایج پارا و همکاران (Parra *et al*., 2020) مطابقت دارد که بیان کردند بسته به زمان برداشت، میزان ترکیبات فنولی در ارقام مختلف متفاوت هستند و هر چه از زمان بلوغ محصول بگذرد میزان ترکیبات فنولی متفاوت هستند که ناشی از خصوصیات ژنتیکی ارقام مختلف هست. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در میزان فنول کل گیاهانی که در شرایط محیطی مشابه رشد می‌کنند انتخاب رقم است (Slimestad and Verheul, 2009). اخوان و همکاران (Akhavan *et al*., 2015) در نتایج حاصل از یافته‌های خود

بیان کردند که عوامل مختلفی از جمله روش اندازه‌گیری، بلوغ، شرایط محیطی و رقم بر میزان ترکیبات فنولی انار تأثیر دارند که از مهم‌ترین این فاکتورها رقم هست که میزان فنول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. قاسمی و همکاران (Ghasemi *et al*., 2009) در نتایج حاصل از یافته‌های خود گزارش کردند که ارتباط نزدیکی بین میزان فنول و فلاونوئید با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد به طوری که افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش میزان فنول و فلاونوئید در میوه‌ها گردید. کاندرا و همکاران (Chandra *et al*., 2014) در نتایج حاصل از پژوهش خود گزارش کردند که فعالیت آنتی-اکسیدانی فنولیک‌ها عمدتاً به دلیل خواص احیاء آنها است که به آنها اجازه می‌دهد به عنوان عوامل کاهنده، (دهنده هیدروژن) و خاموش‌کننده‌های اکسیژن منفرد عمل کنند. بنابراین علاقه به ترکیبات فنولی و نقش آنها در تغذیه در حال افزایش است. نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که ارقام مختلف مرکبات دارای میزان قند محلول متفاوتی هستند. مرکبات ارزش کالری بالایی دارد که ممکن است به دلیل محتوای قند محلول میوه‌های این گونه باشد. محتوای قند محلول همچنین به عنوان ملین طبیعی ملایم برای انسان عمل می‌کند. محتوای قند محلول مرکبات عمدتاً از فیبر رژیمی، ساکارز، گلوکز و فروکتوز تشکیل شده است. به استثنای فیبر غذایی، تمام کربوهیدرات‌های دیگر (گلوکز، فروکتوز و ساکارز) قندهای محلول در آب و دارای طعم شیرین هستند. همین مقدار قند زمانی که به شکل طبیعی آن در میوه‌های حاوی اسیدهای آلی و متابولیت ثانویه مصرف شود بهتر است (Athira, 2017). گو و همکاران (Guo *et al*., 2023) بیان کردند ارقامی که سفتی بیشتری دارند جهت حمل و نقل و ماندگاری مناسب‌ترند و ارقامی که دارای قند بالاتری هستند برای تازه‌خوری مناسب‌تر هستند. همچنین ارقامی که دارای ترکیبات فنولی بیشتر هستند می‌توانند بیشتر در صنعت فراوری مورد استفاده قرار بگیرند.

۵- نتیجه‌گیری کلی

نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی در ارقام مختلف مرکبات متفاوت هستند. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مرکبات جهت درجه بندی آن‌ها در خصوص صادرات و فراوری بسیار ضروری است. ضریب کرویت و سفتی میوه از فاکتورهای بسیار تأثیرگذار در بحث صادرات مرکبات هستند که گریپ-فروت مارش دارای بیشترین ضریب کرویت و گریپ‌فروت تومانگاه دارای بیشترین میزان سفتی در بین ۱۵ رقم مرکبات هست.

تضاد و تعارض منافع- نویسنده هرگونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می نمایند.

منابع

شعبانی، ا.، زیودار، ش.، راهنما قهفرخی، ا. و م. داوودی ارشد. (۱۴۰۴). اثرات ترکیبی آمینوکلات سیلیسیم و فسفر بر شاخص‌های فتوسنتزی و ویژگی‌های کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم پاروس (*Fragaria ananassa* cv. Paros) در کشت خاکی گلخانه‌ای. *تولیدات گیاهی*، ۴۸ (۲)، ۲۲۷-۲۴۵.

رضوی، س. م. ع. و ر. اکبری. (۱۳۹۱). خواص بیوفیزیکی محصولات کشاورزی و مواد غذایی. *انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد*، صفحات ۴۱- ۱۴.

پورمیر، س. ی.، صادقی، م.، فتاحی‌مقدم، ع. و ع. مهران. (۱۳۹۳). مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ترکیب‌های زیست‌فعال میوه چهار رقم مرکبات با هدف بهره‌گیری در صنعت آبگیری و تولید کنسانتره. *علوم غذایی و تغذیه*، ۱۲، ۲۱-۳۲.

Abobatta, W. F. (2019). Potential impacts of global climate change on citrus cultivation. *MOJ Ecology and Environmental Sciences*, *4*, 308-312.

Aguilar-Hernández, M. G., Sánchez-Rodríguez, L., Hernández, F., Forner-Giner, M. Á., Pastor-Pérez, J. J., & Legua, P. (2020). Influence of New Citrus Rootstocks on Lemon Quality. *Agronomy*, *10*(7), 974.

Akhavan, H., Barzegar, M., Weidlich, H., & Zimmermann, B. F. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of juices from ten Iranian pomegranate cultivars depend on extraction. *Journal of Chemistry*, *4*(2), 1-7.

Ali, S., Ejaz, S., Anjum, M. A., Nawaz, A., & Ahmad, S. (2020). Impact of climate change on postharvest physiology of edible plant products. In *Plant ecophysiology and adaptation under climate change: Mechanisms and perspectives I: General consequences and plant responses* (pp. 87-115). Singapore: Springer Singapore.

Athira, U. (2017). Evaluation of carbohydrate and phenol content of citrus fruits species. *International Journal of Applied Research in Natural Products*, *3*, 160-164.

Chahidi, B., El-Otmani, M., Luro, F., Srairi, I., & Tijane, M. H. (2007). Fruit quality characterization of seven clementine cultivars. *Journal of Applied Horticulture*, *9*, 162-166.

Chandra, S., Khan, S., Avula, B., Lata, H., Yang, M. H., ElSohly, M. A., & Khan, I. A. (2014). Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: A comparative study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2014*(1), 253875.

Chaari, M., & Smaoui, S. (2024). Physicochemical properties of citrus fruits: Analytical approach for physicochemical parameters of citrus fruit and juice. In *Citrus fruits and juice: Processing and quality profiling* (pp. 69-87). Singapore: Springer Nature Singapore.

Cordenunsi, B. R., Oliveira do Nascimento, J. R., Genovese, M. I., & Lajolo, F. M. (2002). Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruits grown in Brazil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*, 2581-2586.

FAO. (2023). https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL.

Ghasemi, K., Ghasemi, Y., & Ebrahimzadeh, M. A. (2009). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, *22:* 277-281.

Guo, H., Zheng, Y. J., Wu, DT., Du, X., Gao, H., Ayyash, M., Zeng, D.G., Li, H.B., Liu, H.Y., & Gan, R.Y. (2023). Quality evaluation of citrus varieties based on phytochemical profiles and nutritional properties. *Frontiers in Nutrition, 18*, 10-21.

Haokip, S. W., Shankar, K., & Lalrinngheta, J. (2020). Climate change and its impact on fruit crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9*(1), 435-438.

Hijaz, F., Al-Rimawi, F., Manthey, J. A. & Killiny, N. (2020). Phenolics, flavonoids and antioxidant capacities in Citrus species with different degree of tolerance to Huanglongbing. *Plant Signaling & Behavior*, *15*, 1752447.

Irigoyen, J.J, Einerich, D.W., & Sánchez-Díaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativd*) plants. *Physiologia Plantarum*, *84*, 55-60.

Jiao, Y., Zhang, S., Jin, H., Wang, Y., Jia, Y., Zhang, H., & Guo, J. (2023). Fruit quality assessment based on mineral elements and juice properties in nine citrus cultivars. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1280495.

Magwaza, L. S., Opara, U. L., Nieuwoudt, H., Cronje, P. J., Saeys, W., & Nicolaï, B. (2012). NIR spectroscopy applications for internal and external quality analysis of citrus fruit—a review. *Food and Bioprocess Technology*, *5*, 425-444.

McDonald, S., Prenzler, P.D., Antolovich, M., & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food chemistry*, *73*, 73-84.

Miller, S. S., McNew, R. W., Barritt, B. H., Berkett, L., Brown, S. K., Cline, J. A., & Stover, E. (2005). Effect of cultivar and site on fruit quality as demonstrated by the NE-183 regional project on apple cultivars. *Horticulture Technology*, *15*(4), 886-895.

Muramatsu, N., Takahara, T., Ogata, T., & Kojima, K. (1999). Changes in rind firmness and cell wall polysaccharides during citrus fruit development and maturation. *Horticulture Science*, *34*, 79-81.

Nawaz, R., Abbasi, N. A., Hafiz, I. A., & Khalid, A. (2020). Impact of climate variables on growth and development of Kinnow fruit (*Citrus nobilis* Lour x *Citrus deliciosa* Tenora) grown at different ecological zones under climate change scenario. *Scientia Horticulturae*, *260*, 108868.

Parra-Palma, C., Morales-Quintana, L., & Ramos, P. (2020). Phenolic content, color development, and pigment–related gene expression: A comparative analysis in different cultivars of strawberry during the ripening process. *Agronomy*, *10*(4), 588.

Polat, Y., Cimen, B., Celik, F., Eksi, E., Koc, G., Aberkani, K., Iqbal, Z., & Kafkas, N., (2025). Comparative analysis of fruit quality parameters and volatile compounds in commercially grown citrus cultivars. O*pen Chemistry*, *23*, 1-10.

Ramin, A. A., & Alirezanezhad, A. (2005). Effects of citrus rootstocks on fruit yield and quality of Ruby Red and Marsh grapefruit. *Fruits*, *60*, 311-317.

Ramful, D., Tarnus, E., Aruoma, O. I., Bourdon, E., & Bahorun, T. (2011). Polyphenol composition, vitamin C content and antioxidant capacity of Mauritian citrus fruit pulps. *Food Research International*, *44*, 2088-2099.

Sharma, K., Mahato, N., Cho, M. H., & Lee, Y. R. (2017). Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmently friendly approaches. *Nutrition*, *34*, 29-46.

Singh, J., Sharma, V., Pandey, K., Manveen, A. K., & Singh Sidhu, G. (2021). Horticultural classification of citrus cultivars. *Citrus Research, Development and Biotechnology*, 1-24.

Slimestad, R., & Verheul, M. (2009). Review of flavonoids and other phenolics from fruits of different tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*, 1255-1270.

Tilahun, S., Seo, M. H., Park, D. S., & Jeong, C. S. (2018). Effect of cultivar and growing medium on the fruit quality attributes and antioxidant properties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *59*, 215-223.

Xie, R. J., Zheng, L., Jing, L., He, S. L., Xi, W. P., Lv, Q., & Deng, L. (2013). The effect of cultivar and bagging on physicochemical properties and antioxidant activity of three sweet orange cultivars (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, *13*, 139-147.

Zacarias, L., Cronje, P. J., & Palou, L. (2020). Postharvest technology of citrus fruits. In *The genus citrus* (pp. 421-446). Woodhead Publishing.