مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۲۱ شماره ۴ صفحه های ۳۴۳ تا ۳۵۶ (۱۳۹۹)
مقاله پژوهشی

بررسی تغییرهای فیزیکی و فیتوشیمیایی بخش‌های مختلف میوه نارنج در مراحل مختلف بلوغ[۱]

Investigation on the Physical and Phytochemical Variation of Different Parts of Sour Orange Fruit (*Citrus aurantium* L.) During Maturity Stages

عسکر غنی*، سلما جمالیان و سعیده محتشمی[۲]

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر مرحله رسیدن میوه بر ویژگی‌های فیزیکی و فیتوشیمیایی میوه نارنج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل مراحل بلوغ میوه در چهار مرحله (سبز نارس، نیمه‌رسیده، رسیده و بسیار رسیده) بود. فاکتور دوم، بخش‌های مختلف میوه نارنج شامل پوست بیرونی (فلاودو)، سپیدبر (آلبیدو)، آب میوه، تفاله و بذر بود. نتیجه‌ها نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار مرحله بلوغ میوه بر بسیاری از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده (درصد و عملکرد اسانس، تغییرهای وزن تر و خشک بخش‌های میوه، میزان فلاون و فلاونول، فلاونوئید کل، ترکیب‌های فنولی و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی) بود. تغییرهای میزان اسانس در پوست نارنج در محدوده ۳/۱۳ ٪ (حجمی-وزنی) تا ۱۰/۳۰ ٪ متغیر بود (کمترین و بیشترین میزان به‌ترتیب در مرحله بسیار رسیده و مرحله سبز نارس) و در طی بلوغ کاهش محسوسی در میزان آن مشاهده شد. بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۷۵/۷۹ درصد) مربوط به بافت سپیدبر میوه در مرحله نیمه‌رسیده بود. هم‌چنین با پیشرفت بلوغ، میزان ترکیب‌های فنولی میوه نارنج کاهش یافت (از ۱۲/۳۸ به ۶/۳۹ میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم ماده خشک). به‌طور کلی، بافت فلاودو در مرحله سبز نارس از نظر بیشتر ویژگی‌ها، دارای بالاترین میزان ترکیب‌های زیست فعال بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بلوغ، ترکیب‌های فنولی، تغییرهای وزن، فلاونوئیدها، نارنج.

مقدمه

نارنج با نام علمی *Citrus aurantium* L. درختی است از تیره مرکبات و بومی جنوب شرق آسیا که امروزه در مناطق مختلفی از جهان مورد کشت قرار می‌گیرد. هم‌چنین، در نقاطی از ایران از جمله استان‌های گیلان، مازندران و فارس به فراوانی یافت می‌شود. ترکیب‌های آنتی‌اکسیدانی موجود در مرکبات از جمله ویتامین‌ها و ماده‌های فنولی، نقش بسزایی در کاهش خطر ابتلا به برخی از بیماری‌های حاد از جمله سرطان و بیماری‌های قلبی دارد. ترکیب‌های فنولی[۳] نیز تأثیر زیادی بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی[۴] کل در میوه‌ها دارند (۲۷). امروزه به اثرهای مفید این ترکیب‌ها بر سلامت انسان توجه زیادی شده است. افزون بر خاصیت آنتی‌اکسیدانی، قابلیت‌های ضد میکروبی و ضد حساسیت نیز در این ترکیب‌ها گزارش شده است (۲۶). ترکیب‌های فنولی میوه مرکبات شامل فلاونوئیدها[۵] و اسیدهای فنولی است و در این میان فلاونوئید گلیکوزیدها[۶] در مرکبات بیشتر یافت می‌شوند (۱۴). ترکیب‌های شیمیایی موجود در میوه نارنج به طور کلی ویتامین‌ها، ماده‌های معدنی، ترکیب‌های فنولی و ترپنوئیدها[۷] را شامل می‌شوند (۱۹). پوست میوه نارنج در مقایسه با سایر بخش‌های میوه، دارای انواع گوناگونی از متابولیت‌های ثانویه است. این بخش از میوه سرشار از ترکیب‌های فنولی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا می‌باشد (۱۵). بررسی فیتوشیمیایی

۱- تاریخ دریافت: ۹۹/۱/۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۴/۱۴
۲- به‌ترتیب استادیاران گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جهرم، صندوق پستی ۱۱۱-۷۴۱۳۵، جهرم، ایران.
* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: (askar.ghani11@yahoo.com).

۳- Phenolic compounds ۴- Antioxidant activity ۵- Flavonoids ۶- Flavonoid glycosides ۷- Terpenoids

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

پوست میوه نارنج به وجود سیترال[۱] لیمونن[۲] و بیوفلاونوئیدهای متعدد شامل هسپریدین[۳]، نئوهسپریدین[۴]، نارینجین[۵] و روتین[۶] اشاره دارد (۲۷). در پژوهشی برای اولین بار برخی ترکیب‌های شیمیایی و ویژگی آنتی‌اکسیدانی گل‌ها، برگ‌ها و میوه بالنگ (*Citrus medica* L. cv. Diamante) در دو مرحله بلوغ مورد بررسی قرار گرفت. براساس پژوهش آن‌ها، بیشترین میزان فلاونوئید و فنول کل در گل‌ها و برگ‌ها یافت شد و در طول رسیدن میوه، این ترکیب‌ها روند کاهشی نشان دادند. هم‌چنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در گل‌ها و بخش درون‌بر[۷] میوه بیشتر از سایر بخش‌ها بود (۲۰). براساس نتیجه‌های پژوهش‌های انجام شده، پوست میوه در مرکبات منبع اصلی ترکیب‌های فنولی و به طور خاص، فلاونوئید گلیکوزیدها از جمله نارینجین، هسپریدین، ناریروتین[۸] و نئوهسپریدین است (۲۱). میزان فلاونوئید، هسپریدین و نارینجین در پوست میوه سه گونه مرکبات شامل لیمو شیرین (*Citrus lemon*)، پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* cv. Thomson Navel) و نارنج (*Citrus aurantium*) در شمال ایران و در شهرستان تنکابن مورد بررسی قرار گرفت و بالاترین مقدار نارینجین در پوست میوه نارنج شناسایی شد (۱۶). در پژوهش دیگری، مقدار فنول‌های کل، فلاونوئیدها و تانن‌ها[۹] در بذر نارنج اندازه‌گیری شده است. از بین ترکیب‌های پلی‌فنولی اندازه‌گیری شده، تانن‌ها و فلاونوئیدها بیشترین مقدار موجود در بذر را دارا هستند. از بین فلاونوئیدهای موجود در بذر، اتیل استات[۱۰] منبع مهم فعالیت آنتی‌اکسیدانی به شمار می‌رود (۶). در یک مطالعه، برخی ترکیب‌های شیمیایی میوه نارنج، خالص‌سازی و دو ترکیب جدید از انواع گلیکوزیدهای فنولی از آب میوه استخراج شدند (۳۴). ترکیب‌های فنولی و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در بخش‌های مختلف میوه گریپ‌فروت (*Citrus paradisi* Macfadyen) مورد بررسی قرار گرفتند و در تمامی رقم‌های مورد بررسی، نارینجین و نئوهسپریدین مهمترین نوع فلاونوئید و گالیک اسید[۱۱]، ترکیب فنولی اصلی موجود در میوه بودند (۳۱). عصاره بافت فلاودو[۱۲] در حدود ۲۰ واریته از انواع مرکبات مورد بررسی قرار گرفت و مقدار فلاونون[۱۳] و هسپریدین بیشتر از سایر انواع فلاونوئیدها گزارش شد (۲۴). بر اساس یافته‌های آقاجانپور و همکاران (۲)، نارنگی انشو (*Citrus unshiu*) در بررسی رقم‌ها و پایه پونسیروس (*Poncirus trifoliata*) در بین هشت پایه نارنگی باکیفیت‌ترین میوه را از نظر استخراج ترکیب‌های فلاونوئیدی (از جمله هسپریدین و نارینجین) داراست. در یک آزمایش، میوهای چهار گونه از انواع مرکبات شامل نارنگی محلی، پرتقال محلی، نارنج و لیموترش مازندران در چهار جهت جغرافیایی تاج درخت و در مراحل اولیه رشد جهت اندازه‌گیری نارینجین و هسپریدین مورد استفاده قرار گرفتند و لیموترش در جهت شمال بهترین گونه به منظور استخراج نارینجین معرفی شد (۱۳).

با توجه به اینکه بخش‌های مختلف میوه مرکبات، حتی قسمت‌هایی که مصرف خوراکی ندارند ممکن است دارای ترکیب‌های زیست‌فعال بالایی باشند، شناسایی و جداسازی این ترکیب‌ها می‌تواند در راستای افزایش بهره‌وری و پیشگیری از ضایعات محصول‌های باغبانی بسیار ارزشمند باشد. هم‌چنین، با توجه به میزان به نسبت بالای تولید نارنج در استان فارس و عدم استخراج اسانس در پوست و عدم توجه به تاثیر مرحله برداشت بر میزان اسانس و سایر ترکیب‌های زیست‌فعال بخش‌های مختلف میوه نارنج (تغییرهای مقدار ترکیب‌های بیوشیمیایی در حین بلوغ و رسیدن در بخش‌های مختلف میوه نارنج تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است)، این تحقیق با هدف بررسی تغییرهای فیزیکی و برخی ترکیب‌های زیست‌فعال در بخش‌های مختلف میوه نارنج در طی بلوغ انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مادههای آزمایشی و تیمارها

برای انجام این پژوهش، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور و چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول، شامل مراحل بلوغ میوه در چهار مرحله میوه سبز نارس، میوه نیمه‌رسیده (مرحله تغییر رنگ)، میوه رسیده بالغ و میوه بسیار رسیده[۱۴] بود. فاکتور دوم دارای پنج سطح شامل پوست بیرونی یا فلاودو، سپیدبر یا آلبیدو[۱۵]، آب میوه، تفاله و بذر بود. مهمترین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل تغییرهای وزن تر و خشک بخش‌های مختلف میوه، میزان فلاون و فلاونول،

۱- Gallic acid ۲- Limonene ۳- Hesperidin ۴- Neohesperidin ۵- Naringin ۶- Routine ۷- Endocarp
۸- Narirutin ۹- Tannins ۱۰- Ethyl acetate ۱۱- Gallic Acid ۱۲- Flavedo ۱۳- Flavanone
۱۴- Over-ripe ۱۵- Albedo

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

فلاونوئید کل، میزان ترکیب‌های فنولی و درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی بود. هم‌چنین درصد و عملکرد اسانس و رنگدانه‌های فتوسنتزی پوست بیرونی میوه در مراحل بلوغ اندازه‌گیری شد. در ادامه به روش اندازه‌گیری برخی ویژگی‌ها اشاره می‌شود.

تهیه ماده‌های گیاهی و زمان برداشت

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ در آزمایشگاه گیاهان دارویی دانشگاه جهرم انجام شد. میوه‌های نارنج در مراحل مختلف بلوغ از باغ مرکبات واقع در شهرستان جهرم-فرهنگ شهر (۵۳ درجه و ۳۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۲۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض جغرافیایی، ۱۰۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا) با مساحت یک هکتار و فاصله کشت ۶*۶ برداشت شدند. عمر درختان ۱۲ ساله (پایه بذری) و آبیاری بسته به شرایط اقلیمی هر ۳ تا ۵ روز یکبار انجام شد. زمان گلدهی کامل درختان مصادف با دهه سوم فروردین (۲۵ فروردین ماه) بود و زمان برداشت در رابطه با مراحل مختلف شامل مراحل زیر بود. مرحله سبز نارس مصادف با ۳۰ مهر (۱۹۱ روز بعد از گلدهی)، مرحله تغییر رنگ میوه مصادف با ۳۰ آبان ماه (۲۲۲ روز پس از گلدهی)، مرحله میوه رسیده بالغ مصادف با ۱۵ بهمن ماه (۲۹۷ روز پس از گلدهی) و مرحله بسیار رسیده مصادف با ۲۴ اسفند ماه (۳۳۶ روز پس از گلدهی) بود. برداشت میوه در زمان‌های مختلف در چهار جهت درخت (شمال، جنوب، شرق و غرب) در سه ارتفاع مختلف (۵۰ تا ۱۲۰، ۱۲۰ تا ۲۰۰ و ۲۰۰ تا ۳۲۰ سانتی‌متر) به تعداد تقریبی ۱۵ الی ۲۰ عدد میوه انجام و نمونه‌ها با هم کامل مخلوط شدند. بعد از انتقال به آزمایشگاه، میوه‌ها به صورت کامل با آب شسته شده و پوست نازک رویی (فلاودو) جداگانه به روش دستی با استفاده از چاقوی تیز جدا شد. بخش‌های مختلف میوه به قطعه‌های کوچک (۲ تا ۳ سانتی‌متر) تقسیم شدند و به مدت ۷ تا ۱۰ روز در سایه، در دمای اتاق (۲±۳۰ درجه سلسیوس) خشک شدند (۴). پس از خشک کردن بخش‌های مختلف میوه هرکدام جداگانه بسته‌بندی و جهت پیشگیری از تغییرهای ناشی از محیط، در یخچال (دمای ۴ درجه سلسیوس) نگهداری شدند.

استخراج اسانس

با توجه به اینکه اسانس فقط در پوست بیرونی میوه نارنج قرار دارد (۱)، استخراج اسانس از این بخش انجام شد. برای این کار در هر تکرار میزان ۱۰۰ گرم پوست خشک شده (فلاودو خالص و بدون سپیدبر) در هر مرحله، توسط دستگاه کلونجر و با روش تقطیر با آب به مدت دو ساعت پس از جوش آمدن نمونه‌ها و در شرایط به‌طورمعمول یکسان اسانس‌گیری انجام شد. لازم به ذکر است با توجه به فراریت بالای اسانس نارنج، بیشترین میزان استخراج به طور معمول در نیم ساعت اول انجام شد، اما جهت استخراج کامل و پیشگیری از خطا تا دو ساعت ادامه یافت. بازده اسانس بر اساس وزن خشک نمونه‌ها به‌صورت حجمی-وزنی (v/w میلی‌لیتر در ۱۰۰ گرم نمونه خشک) محاسبه شد. اسانس‌های بدست آمده در ظرف‌های شیشه‌ای تیره استریل (جهت پیشگیری از هر گونه تغییر) ریخته شد و در فریزر (دمای ۲۰- درجه سلسیوس) نگهداری شدند. عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب درصد اسانس در عملکرد ماده خشک فلاودو در میوه در هر مرحله بر حسب میلی‌لیتر در میوه محاسبه شد.

اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی

عصاره‌گیری از نمونه‌های خشک شده در مراحل مختلف بلوغ میوه، توسط حلال متانولی به نسبت ۵ به ۱ (حجمی-وزنی) با استفاده از حلال متانول ۷۰ ٪ به روش خیساندن در حلال (Maceration) انجام شد (۳۰). میزان فلاون و فلاونول به روش Popova و همکاران (۲۳) با اندکی تغییر اندازه‌گیری شد و نتیجه‌ها به صورت میلی‌گرم اکی‌والانت کوئرستین در گرم وزن خشک بیان شد. هم‌چنین برای رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف کوئرستین[۱] استفاده شد (۲۳). اندازه‌گیری میزان فلاونوئید کل با استفاده از معرف کلراید آلومینیوم انجام شد. تبدیل داده‌های حاصل از جذب به غلظت‌های مختلف کوئرستین با رسم منحنی استاندارد کوئرستین (غلظت‌های صفر تا ۴۰۰ پی‌پی‌ام) انجام شد و نتیجه‌ها بر اساس میلی‌گرم کوئرستین در گرم وزن خشک بیان شد (۲۰). ترکیب‌های فنولی کل بر اساس معرف فولین سیوکالتئو[۲] در طول موج ۷۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت‌های مختلف گالیک اسید به عنوان استاندارد مورد استفاده قرار گرفت و داده‌ها به صورت میلی‌گرم گالیک اسید در گرم وزن خشک بیان شد (۳۰). اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها بر اساس آزمون دی‌پی‌پی‌اچ[۳] با اضافه کردن ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره به ۵ میلی‌لیتر محلول دی‌پی‌پی‌اچ (۰/۰۰۴ درصد) انجام شد (۲۲).

۱- Quercetine ۲- Folin-ciocalteu ۳- DPPH, 2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

اندازه‌گیری رنگدانه‌های فتوسنتزی، میزان پی‌اچ (pH) و ماده‌های جامد محلول (TSS)

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل بر اساس روش Dere و همکاران (۹) با استفاده از حلال متانول و خواندن میزان جذب در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر انجام شد. پی‌اچ آب میوه با استفاده از دستگاه pH متر آزمایشگاهی (مدل AZ86P3) اندازه‌گیری شد. در برداشت‌های مختلف در هر تکرار سه خوانش انجام شد. جهت اندازه‌گیری ماده‌های جامد محلول، در هر مرحله از برداشت، میزان یک قطره از آب میوه (صاف شده و بدون ترکیب‌های زائد) روی دستگاه قندسنج دیجیتالی (مدل MA 871) اضافه شد و پس از ثابت شدن عدد نمونه بر حسب بریکس با سه خوانش در هر تکرار یادداشت گردید.

واکاوی آماری

واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار JMP (نسخه ۸) انجام شد و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی (Tukey's test) در سطح احتمال ۵ ٪ انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ویژگی‌های زیست‌شیمیایی عصاره میوه نارنج

نتیجه‌های حاصل از تجزیه واریانس ویژگی‌های بیوشیمیایی عصاره میوه نارنج نشان داد که تاثیر تیمارها بر همه ویژگی‌های اندازه‌گیری شده (فلاون و فلاونون‌ها، ترکیب‌های فنولی‌کل، درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فلاونوئید کل) در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شده است (نتیجه‌ها ارائه نشده است).

تاثیر مرحله رسیدن بر میزان فلاون و فلاونول و فلاونوئید کل در اندام‌های مختلف میوه نارنج

نتیجه‌های مربوط به تغییر میزان فلاون و فلاونول در بخش‌های مختلف میوه نارنج در مراحل بلوغ در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در بخش پوست بیرونی میوه (فلاودو)، طی بلوغ میزان این ترکیب تا مرحله رسیده بالغ کاهش یافت و سپس در مرحله بسیار رسیده کمی افزایش یافت. در بخش سپیدبر (آلبیدو)، در مرحله نیمه رسیده به بیشینه مقدار خود رسید (۱/۲۰۰ میلی‌گرم در گرم نمونه خشک) و سپس کاهش شدیدی یافت. در نمونه‌های تفاله و آب میوه بین مراحل میوه نارس تا میوه رسیده بالغ اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت در حالی که در مرحله بسیار رسیده به شدت افزایش یافت. در نمونه بذر، میزان فلاون و فلاونول طی بلوغ میوه افزایش یافت. صرف نظر از نوع اندام، بیشترین میزان فلاون و فلاونول (۰/۴۸۸ و ۰/۴۷۳ میلی‌گرم در گرم) مربوط به تیمارهای میوه نارس و نیمه‌رسیده بود و کمترین میزان (۰/۱۵۰ میلی‌گرم در گرم) در میوه رسیده بالغ اندازه‌گیری شد و در مرحله بسیار رسیده میزان این ترکیب دوباره افزایش یافت. صرف نظر از مرحله بلوغ، بیشترین میزان فلاون و فلاونول (۰/۸۴۸ میلی‌گرم در گرم) مربوط به نمونه پوست بیرونی و بعد از آن نمونه سپیدبر بود در حالی که کمترین میزان (۰/۰۸۲ میلی‌گرم در گرم) مربوط به نمونه بذر بود (جدول ۱).

از نظر فلاونوئید کل، اثرهای ساده و متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار شده است (جدول ۱) به طوری که در نمونه پوست بیرونی و سپیدبر طی بلوغ از مرحله سبز نارس تا میوه رسیده بالغ میزان این ترکیب کاهش یافت و در مرحله بسیار رسیده افزایش یافت. در نمونه تفاله نوسان‌های این ترکیب بیشتر بود به طوری که با پیشرفت بلوغ میزان این ترکیب ابتدا کاهش و سپس کمی افزایش و در میوه بسیار رسیده افزایش یافت (۲۲/۷۵۰ میلی‌گرم بر گرم نمونه خشک). در نمونه آب میوه با پیشرفت بلوغ تا مرحله میوه رسیده این ترکیب افزایش چشمگیری داشت (از ۲/۷۴۳ به ۱۱/۹۲۳ میلی‌گرم در گرم) در حالی که در مرحله بسیار رسیده کاهش یافت (۰/۸۴۵ میلی‌گرم در گرم). در نمونه بذر در سه مرحله اول بلوغ تفاوت معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت ولی در مرحله بسیار رسیده میزان آن افزایش یافت. صرف نظر از نوع نمونه، بیشترین میزان فلاونوئید کل (۱۷/۱۱۴ میلی‌گرم در گرم) مربوط به میوه بسیار رسیده بود و اختلاف معنی‌داری از نظر آماری بین سایر مراحل وجود نداشت.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

جدول ۱- میزان ترکیب‌های فلاون، فلاونول و فلاونوئید کل در بخش‌های مختلف میوه نارنج در مراحل مختلف بلوغ.

Table 1. The content of flavone, flavonol and total flavonoid in different parts of sour orange fruit during different maturation stages.

	پوست بیرونی Flavedo	سپیدبر Albedo	تفاله Dross	بذر Seed	آب میوه Fruit juice	میانگین Mean
فلاون و فلاونول کل Flavon and Flavonol (mg g^{-1} dry weight)						
میوه نارس Immature fruit	1.266^{a}	0.895^{b}	0.068^{hi}	0.030^{hi}	0.181^{g}	0.49^{A}
میوه نیمه رسیده Half-ripened fruit	0.0903^{b}	1.200^{a}	0.095^{ghi}	0.080^{hi}	0.085^{hi}	0.47^{A}
میوه رسیده بالغ Ripened fruit	0.508^{d}	0.080^{hi}	0.016^{i}	0.123^{gh}	0.023^{i}	0.15^{C}
میوه بسیار رسیده Over-ripened fruit	0.711^{c}	0.282^{f}	0.433^{de}	0.360^{ef}	0.306^{hi}	0.37^{B}
میانگین Mean	0.080^{D}	0.850^{A}	0.610^{B}	0.150^{C}	0.150^{C}	-
فلاونوئید کل Total flavonoid (mg g^{-1} dry weight)						
میوه نارس Immature fruit	14.806^{e}	16.165^{d}	12.373^{f}	10.823^{ghi}	2.743^{j}	11.38^{B}
میوه نیمه رسیده Half-ripened fruit	10.748^{ghi}	15.003^{de}	10.373^{i}	10.030^{i}	10.511^{hi}	11.33^{B}
میوه رسیده بالغ Ripened fruit	11.648^{fgh}	11.928^{fg}	11.868^{fg}	10.768^{ghi}	11.923^{fg}	11.63^{B}
میوه بسیار رسیده Over-ripened fruit	28.560^{a}	19.770^{c}	22.570^{b}	13.823^{e}	0.845^{a}	17.11^{A}
میانگین Mean	6.51^{B}	16.44^{A}	15.72^{B}	14.30^{C}	11.37^{A}	

Means followed by the same letters in each column and row are not significantly different at 5% probability level using HSD test. The data including means of four replications that each replication has been derived from an average of three observations.

حرف‌های مشابه در هر ستون و در هر ردیف با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار نیستند. داده‌ها شامل میانگین (±ER) از چهار تکرار بوده و هر تکرار از میانگین سه اندازه‌گیری به دست آمده است.

بدون در نظر گرفتن مرحله بلوغ میوه، بیشترین مقدار به ترتیب مربوط به نمونه‌های پوست بیرونی و سپیدبر (به ترتیب ۱۶/۴۴۱ و ۱۵/۷۱۷ میلی‌گرم در گرم) و کمترین میزان (۶/۵۰۶ میلی‌گرم در گرم) مربوط به نمونه بذر بود (جدول ۱). بر اساس نتیجه‌های آزمایش حاضر، بیشترین میزان فلاونوئید در سپیدبر و پوست سبز در مرحله بسیار رسیده بود که با گزارش Yoo و همکاران (۳۳) روی میوه *Citrus junos* Sieb. ex Tanaka همخوانی داشت. اما براساس گزارشهای همتی و امیدبیگی (۱۲)، بیشترین میزان فلاونوئید در گریپ‌فروت مارش در مرحله نارس بود. نتیجه‌های پژوهش آن‌ها نشان داد که با رشد میوه گریپ‌فروت، فلاونوئید آن کاسته می‌شود و بیشترین میزان فلاونوئید مربوط به مرحله اول برداشت (نارس) است (۱۲). در پژوهش دیگری که روی میزان ترکیب‌های فلاونوئید، فنول کل و ویتامین C سه رقم میوه Yuzu (*Citrus ichangensis* × *Citrus reticulata*) شامل Wando، 'Goheung' و 'Sadeung' و در سه زمان (نارس، نیمه‌رسیده و رسیده بالغ) انجام شد، نتیجه‌ها نشان داد میزان ترکیب‌های فلاونوئید، فنول کل و ویتامین C در هر سه رقم در بخش پوست بیشتر از گوشت می‌باشد (۳۳). فلاونون از اصلی‌ترین فلاونوئیدهای موجود در پرتقال گزارش شده است (۲۹).

تاثیر مرحله رسیدن بر میزان ترکیب‌های فنولی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندام‌های مختلف میوه نارنج

در نمونه پوست بیرونی، میزان ترکیب‌های فنولی در طی بلوغ روند کاهشی را طی کرده است (شکل ۱) و کمترین میزان (۵/۳۱ میلی‌گرم در گرم نمونه خشک) در مرحله نیمه‌رسیده مشاهده شد. بیشترین میزان ترکیب‌های فنولی در سپیدبر میوه نارنج (۲۰/۹۲ و ۲۰/۰۸ میلی‌گرم در گرم) در نمونه‌های میوه‌های نارس و نیمه‌رسیده اندازه‌گیری شد و با پیشرفت بلوغ مقدار آن کاهش یافت. ترکیب‌های فنولی در نمونه تفاله در طی بلوغ میوه دارای تغییرهایی بود به نحوی که بیشترین میزان (۱۵/۹۸

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

میلی‌گرم در گرم) در میوه نارس مشاهده شد و در مرحله نیمه‌رسیده به شدت کاهش یافت و به کمترین میزان رسید و در میوه رسیده بالغ افزایش و در میوه بسیار رسیده دوباره کاهش یافت. روند تغییرهای ترکیب‌های فنولی در نمونه بذر مشابه تغییرهای پوست بیرونی بود. به طور کلی صرف نظر از نوع نمونه، با پیشرفت بلوغ میزان ترکیب‌های فنولی میوه نارنج کاهش یافت (از ۱۲/۳۸ به ۶/۳۹ میلی‌گرم در گرم) و بدون در نظر گرفتن تاثیر مرحله بلوغ، بیشترین و کمترین میزان ترکیب‌های فنولی کل (۱۴/۱۹ و ۵/۲۹ میلی‌گرم در گرم) به ترتیب مربوط به نمونه‌های آلبیدو و بذر بود.

بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره پوست بیرونی (۵۵/۴۴ ٪) در مرحله میوه نارس اندازه‌گیری شد در حالی که در میوه نیمه‌رسیده به شدت کاهش یافت و در مراحل بعدی یک روند افزایشی-کاهشی داشت (شکل ۲). در نمونه آلبیدو، بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۷۵/۷۹ و ۷۰/۶۵ درصد) مربوط به میوه‌های نیمه رسیده و نارس بود که حائز بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بین تمام تیمارها بودند، در حالی که با پیشرفت بلوغ به شدت کاهش یافت (۳۲/۳۴ درصد). تغییرهای فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره تفاله میوه نارنج در طی بلوغ روند کاهشی داشت، البته این کاهش در مرحله نیمه رسیده شدیدتر بود. نمونه‌های آب میوه در مراحل میوه نیمه‌رسیده و بسیار رسیده دارای بیشینه مقدارها بودند در حالی که در دو مرحله دیگر در کمینه مقدار اندازه‌گیری شدند. در نمونه بذر، طی بلوغ میوه از فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن کاسته شد، البته در مرحله بسیار رسیده به میزان کمی افزایش یافت. به طور کلی صرف نظر از نوع اندام، در طی بلوغ، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه نارنج کاهش یافت. هم‌چنین بدون در نظر گرفتن تاثیر مرحله بلوغ، بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۵۲/۹۱ درصد) در نمونه سپیدبر و کمترین میزان (۲۴/۲۴ درصد) در نمونه بذر اندازه‌گیری شد. نتیجه‌های این آزمایش نشان داد که بیشترین میزان ترکیب‌های فنولی کل در سپیدبر، تفاله و پوست سبز مربوط به مرحله نارس است که با گزارش Yoo و همکاران، (۳۳) که روی میوه *Citrus junos* Sieb. ex Tanaka انجام شد، همخوانی داشت. پژوهش‌های انجام شده در رابطه با میوه بالنگ انگشتی (*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis*) و گونه‌ای دیگر از مرکبات *Citrus junos* Sieb. ex Tanaka بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در مرحله رسیده گزارش کرده‌اند (۳۱، ۳۳). براساس بررسی‌های انجام شده، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل و ویتامین C در پوست برخی رقم‌های مرکبات (۱۶ بیوتیپ پیوند شده روی پایه نارنج) بالاتر از گوشت میوه بود. میزان فنول کل در گوشت میوه تا حدودی بالاتر از پوست گزارش شد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پوست و گوشت میوه‌ها همبستگی ضعیفی با ویتامین C و فنول کل داشت (۳). در پژوهش دیگری مشخص شد قدرت آنتی‌اکسیدانی میوه بالنگ در مرحله نارس بیش از سایر مراحل است و مراحل نیمه‌رسیده و رسیده در رتبه بعدی قرار دارد و افزایش بلوغ باعث کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌شود.

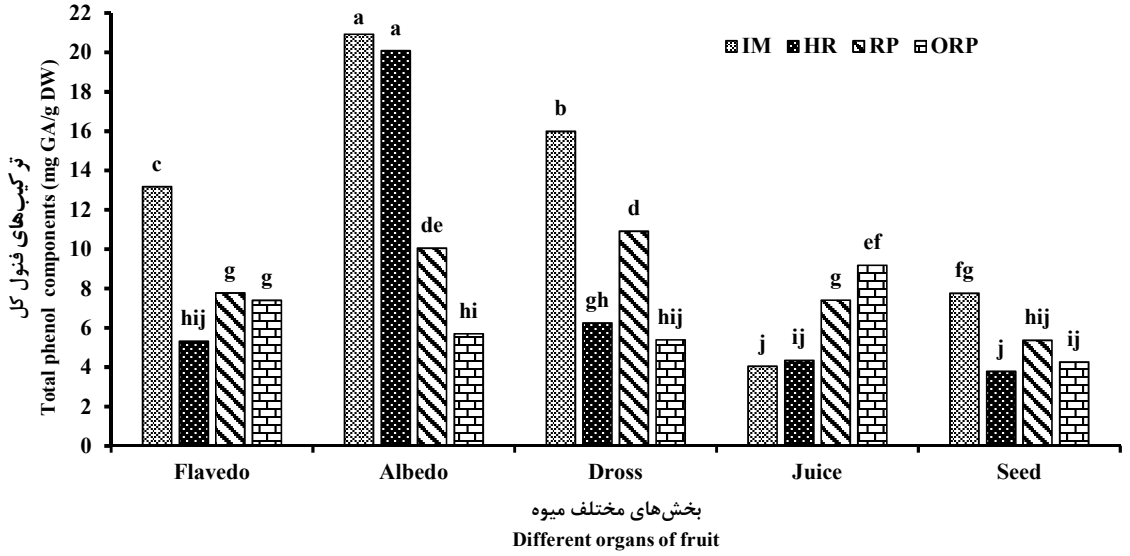

Fig. 1. Interaction among different parts of sour orange fruit and maturation stages on total phenol compounds. IM: Immature fruit, HR: Half-ripened fruit, RP: Ripened fruit, ORP: Over-ripened fruit. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using HSD test.

شکل ۱- بر همکنش میان بخش‌های مختلف میوه نارنج و مراحل بلوغ میوه بر ترکیب‌های فنول کل. IM: میوه نارس، HR: میوه نیمه رسیده، RP: میوه رسیده بالغ، ORP: میوه بسیار رسیده. حرف‌های مشابه با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار نیستند.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

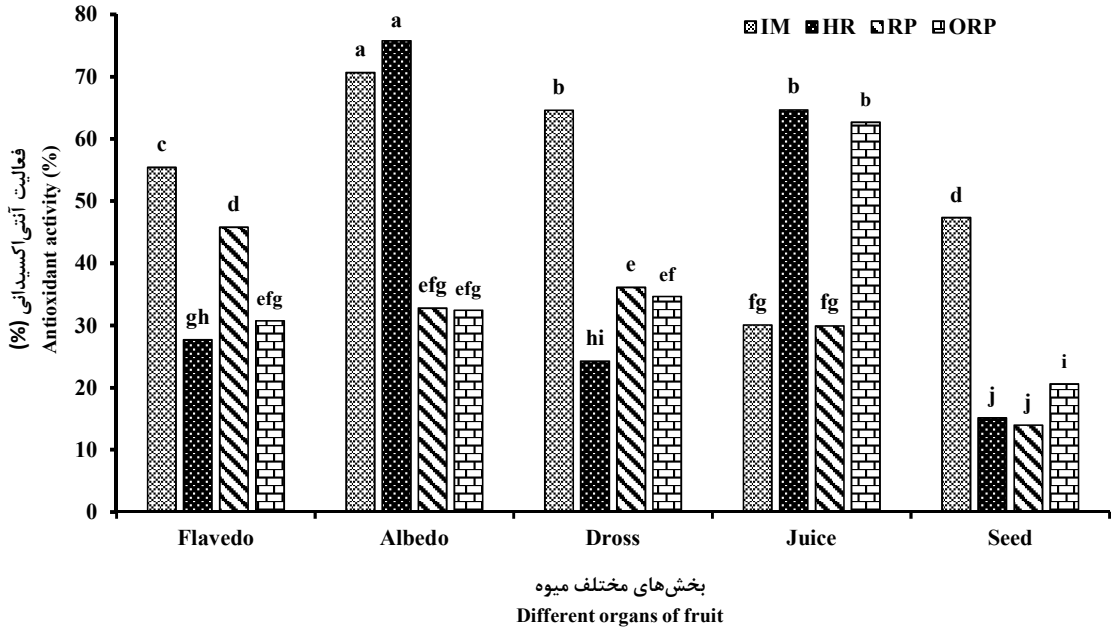

Fig. 2. Interaction among different parts of sour orange fruit and maturation stages on antioxidant activity of sour orange. IM: Immature fruit, HR: Half-ripened fruit, RP: Ripened fruit, ORP: Over-ripened fruit. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using HSD test.

شکل ۲- برهمکنش میان بخش‌های مختلف میوه نارنج و مراحل بلوغ میوه بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی. IM: میوه نارس، HR: میوه نیمه رسیده، RP: میوه رسیده بالغ، ORP: میوه بسیار رسیده. حرف‌های مشابه با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نیستند.

قدرت آنتی‌اکسیدانی یک اسانس به ترکیب‌های اصلی آن و هم‌چنین اثرهای هم‌افزایی[1] و ضدیت[2] ترکیب‌های موجود در آن بستگی دارد (۳۱). در پژوهش انجام شده توسط حبیبی و رمضانیان (۱۳۹۶) در رابطه با پرتقال خونی رقم سانگین، مشخص گردید که مقدار آنتوسیانین کل تا مرحله دوم بلوغ (۲۵۵ روز بعد از تمام گل) افزایش و سپس در آخرین مرحله برداشت (۳۱۵ روز بعد از تمام گل) کاهش یافت. در حالی که از نظر فعالیت آنتی‌اکسیدانی با پیشرفت بلوغ میزان این فعالیت افزایش یافت (۱۱). نتیجه‌های ارزیابی محتوای فنول و فلاونوئید بافت‌های مختلف میوه دارابی یا پومیلو *Citrus grandis* L. Osb نشان داد که بالاترین میزان فنول کل در عصاره متانولی برگ و کمترین میزان فلاونوئید مربوط به عصاره متانولی بذر است (۲۵). در مطالعه‌ای که روی ترکیب‌های فنولی رقم‌های مختلف گریپ‌فروت انجام شد، فلاونوئید در بافت پوست بیرونی بیشترین مقدار را نشان داد و در آب میوه مقدار اسیدهای فنولی بیشینه بود (۳۲). طی پژوهشی که به سنجش درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان ترکیب‌های فنولی کل و بیوفلاونوئید در عصاره پوست و گوشت میوه *Citrus junos* Sieb ex Tanaka، در سه زمان (نارس، نیمه‌رسیده و رسیده بالغ) پرداخته‌شده بود، بافت پوست، بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیب‌های فنولی کل و بیوفلاونوئید را در مرحله رسیده بالغ نشان داد. در بافت گوشت میوه نیز بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در مرحله رسیده بالغ بود اما میزان ترکیب‌های فنولی‌کل و بیوفلاونوئید در مرحله نارس بیشترین مقدار را داشت (۳۳). درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس پوست میوه بالنگ انگشتی *Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* طی مراحل مختلف رسیدن مورد مطالعه قرار گرفت. نتیجه‌ها نشان داد که با رشد این میوه درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز افزایش پیدا می‌کند و در مرحله رسیده دارای بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی است (۳۱). فعالیت آنتی اکسیدانی که در انواع مرکبات دیده می‌شود با توجه به نوع بافت مورد مطالعه و گونه و رقم متفاوت است. این پتانسیل ممکن است به دلیل وجود فنول‌ها، فلاونوئیدها، کاروتنوئیدها و اسکوربیک اسید باشد (۱). در پژوهشی دیگر یادآوری شده است که پلی فنول‌ها و فلاونوئیدها به طور مستقیم در افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تمام رقم‌های نارنگی‌های کلمانتین (*Citrus × clementine*) و ماندارین (*Citrus reticulata*) نقش دارند (۵). از عوامل اثرگذار روی فعالیت

۱- Synergistic ۲- Antagonistic

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

آنتی‌اکسیدانی می‌توان تغییرهای فصلی مرتبط با دما و رطوبت را نام برد. از سوی دیگر، طی مراحل مختلف تا رسیدن به بلوغ میوه متابولیسم کل درخت بسیار متغیر است (۳۱). تغذیه ضعیف یا قوی نیز تاثیر بسزایی بر تغییرهای میزان متابولیت‌های ثانویه دارد ولی به طور کلی با توجه به هدف مورد مطالعه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و وجود ترکیب‌های فنولی نشان‌دهنده غنی بودن و قابلیت بالای پوست این رقم‌ها جهت فرآوری به منظور دستیابی به آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشد (۱۰).

درصد و عملکرد اسانس

عملکرد اسانس پوست بیرونی میوه نارنج طی بلوغ کاهش یافت و بیشترین میزان در میوه نارس اندازه‌گیری شد (بین مراحل دوم تا چهارم بلوغ از نظر آماری اختلاف معنی‌داری از این نظر وجود نداشت). درصد اسانس نیز زیر تاثیر مرحله بلوغ میوه قرار گرفت به طوری که میزان اسانس با پیشرفت بلوغ به شدت کاهش یافت (از ۱۰/۳۰ درصد به ۳/۱۳ درصد). پژوهشی در کشور چین در رابطه با تغییرهای کمی و کیفی اسانس واریته‌ای از بالنگ (*Citrus medica* var. sarcodactylis) انجام گرفت. در این پژوهش تغییرهای اسانس در سه مرحله بلوغ (نابالغ، تغییر رنگ و میوه بالغ) بررسی شد. نتیجه‌ها نشان داد که طی رسیدن میزان اسانس افزایش می‌یابد (۳۱). در پژوهش دیگری در کشور تونس در رابطه با تغییرهای اسانس ۴ گونه مرکبات در ۳ مرحله بلوغ (سبز رسیده، نیمه‌رسیده و رسیده) مشخص گردید که در میوه نارنج طی فرآیند بلوغ میزان اسانس ابتدا کاهش و سپس افزایش چشمگیری داشت، به گونه‌ای که بیشترین میزان اسانس مربوط به مرحله رسیده و کمترین میزان مربوط به مرحله نیمه‌رسیده بود. به هر حال، در لیمو بیشترین میزان اسانس در مرحله سبز رسیده اندازه‌گیری شد و با پیشرفت بلوغ میزان اسانس کاهش یافت. درحالیکه در دو گونه دیگر مرکبات شامل پرتقال و نارنگی، بیشترین میزان اسانس در مرحله نیمه‌رسیده گزارش شد (۷).

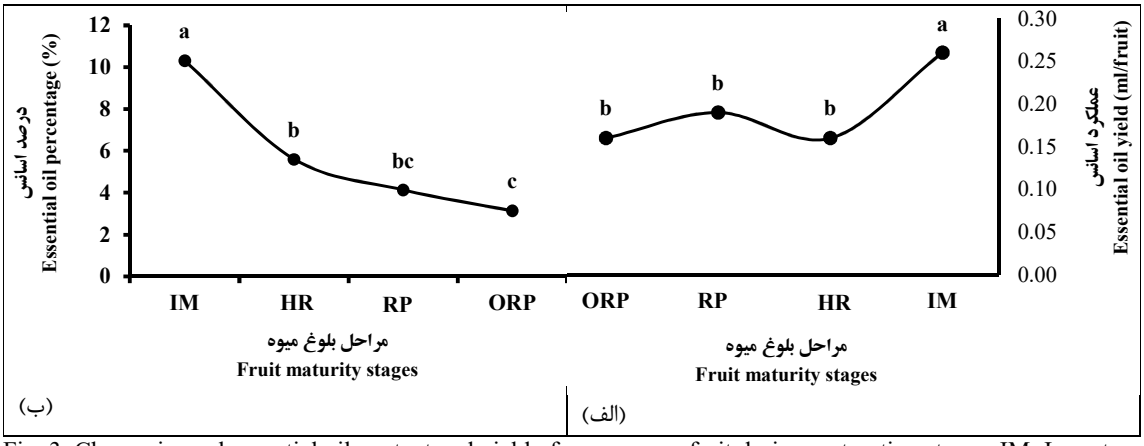

Fig. 3. Change in peel essential oil content and yield of sour orange fruit during maturation stages. IM: Immature fruit, HR: Half-ripened fruit, RP: Ripened fruit, ORP: Over-ripened fruit. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using HSD test.

شکل ۳- تغییر میزان و عملکرد اسانس پوست میوه[۲] نارنج در مراحل مختلف بلوغ میوه. IM: میوه نارس، HR: میوه نیمه رسیده، RP: میوه رسیده بالغ، ORP: میوه بسیار رسیده. حرف‌های مشابه با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نیستند.

این تغییرهای شدید رفتاری را می‌توان به ساختار ژنتیکی متفاوت گونه‌های مرکبات نسبت داد. سایر پژوهشگران نیز این تغییرها را طی بلوغ گزارش کرده‌اند (۴، ۲۸، ۳۱). بالاترین مقدار اسانس پوست نارنگی (*Citrus reticulata* Blanco) رقم 'Khasi' در مرحله تغییر رنگ و پائین‌ترین مقدار آن در مرحله رسیدن کامل میوه گزارش شده است (۴). البته، باید بیان شود که شرایط اقلیمی منطقه کشت، شرایط تغذیه‌ای مختلف، تغییرهای اقلیمی در زمان برداشت مانند میانگین دما و بارش فصلی، نوع نمونه (تر یا خشک)، رطوبت در طی فصل رشد و روش استخراج نیز می‌تواند بر عکس‌العمل گونه‌های مرکبات تأثیرگذار باشد (۲۸). در دو پژوهش مربوط به رقم‌های مرکبات در دو منطقه دارای شرایط آب و هوایی متفاوت (نیمه خشک و مرطوب) در کشور تونس نتیجه‌های متفاوت گزارش شده است (۳۱).

۲- Peel

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

میزان پی‌اچ (pH) و ماده‌های جامد محلول (TSS) آب میوه

میزان پی‌اچ آب میوه در طی بلوغ میوه دارای تغییرهای کمی بود به طوری که در مرحله میوه نیمه‌رسیده کمی افزایش یافت. بین سایر مراحل بلوغ از این نظر اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت (شکل ۴-الف). در طی بلوغ تا مرحله میوه رسیده بالغ، میزان ماده‌های جامد محلول افزایش یافت، اما در مرحله بسیار رسیده مقداری کاهش یافت (شکل ۴-ب). به‌طور کلی معیار برداشت برخی از رقم‌های مرکبات بر اساس میزان TSS، نسبت TSS/TA است که همان ترش و شیرینی مزه هم می‌گویند. زمان برداشت میوه مرکبات در منطقه شمال به درصد قند و پی‌اچ ارتباط دارد و در نتیجه بین میزان قند میوه و پی‌اچ در زمان برداشت باید تعادلی وجود داشته باشد (۱۳). در یک پژوهش در رابطه با نارنگی (*Citrus reticulata* Blanco) بیشترین پی‌اچ مربوط به مرحله نارس گزارش شده است (۴).

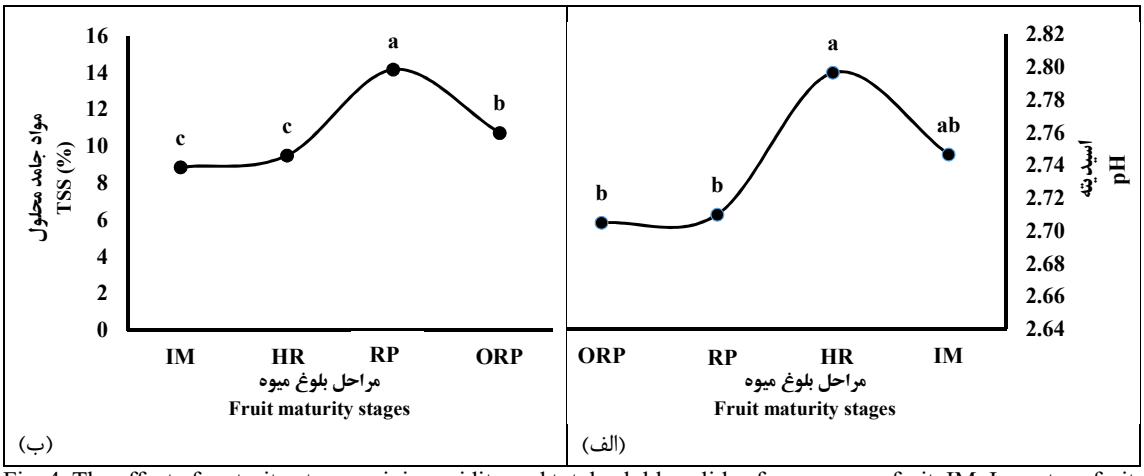

Fig. 4. The effect of maturity stage on juice acidity and total soluble solids of sour orange fruit. IM: Immature fruit, HR: Half-ripened fruit, RP: Ripened fruit, ORP: Over-ripened fruit. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using HSD test.

شکل ۴- اثر مرحله بلوغ میوه بر پی اچ و ماده‌های جامد محلول آب میوه نارنج. IM: میوه نارس، HR: میوه نیمه رسیده، RP: میوه رسیده بالغ، ORP: میوه بسیار رسیده. حرف‌های مشابه با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار نیستند.

تغییرهای وزن تر و خشک اجزای میوه نارنج

نتیجه‌های مربوط به تغییرهای اجزای میوه نارنج در طی بلوغ در شکل ۵ آورده شده است. با پیشرفت مرحله بلوغ، وزن تر و وزن خشک سپیدبر افزایش یافته است و بین میوه نارس و میوه رسیده بالغ از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل ۵-الف). تغییرهای وزن تر پوست بیرونی (فلاودو) همانند سپیدبر بود و طی بلوغ افزایش یافت (شکل ۵-ب). وزن تر بذر تغییر زیادی نداشت و تنها در مرحله نیمه‌رسیده مقداری کاهش یافت، در حالی که میزان وزن خشک بذر در میوه‌های رسیده بالغ و بسیار رسیده افزایش یافت (شکل ۵-ج). وزن تر و خشک تفاله میوه نارنج دستخوش تغییرهای مرحله بلوغ میوه بود، به طوری که وزن تر تفاله طی بلوغ به جز در میوه رسیده (که افت به نسبت شدیدی داشت) روند افزایشی داشت، اما وزن خشک تفاله در مراحل میوه نیمه‌رسیده و رسیده بالغ کاهش و سپس دوباره افزایش یافت (شکل ۵-د). با پیشرفت بلوغ، وزن تر و خشک میوه افزایش یافت و بیشترین میزان در مرحله بسیار رسیده اندازه‌گیری شد (شکل ۶-الف). وزن و حجم آب میوه با پیشرفت بلوغ افزایش یافت، البته در مرحله رسیده بالغ، یک کاهش نسبی مشاهده شد (شکل ۶-ب). نسبت سپیدبر به پوست بیرونی با پیشرفت بلوغ تا مرحله رسیده بالغ روند کاهشی داشت، اما در میوه بسیار رسیده افزایش یافت (شکل ۶-ج). این فاکتور از بابت اینکه پوست بیرونی محل انباشت اسانس پوست این گیاه می‌باشد بسیار حائز اهمیت می‌باشد. نسبت پوست میوه (مجموع پوست بیرونی و درونی) به وزن کل میوه در طی بلوغ روند افزایشی داشت و این تغییرها در مراحل مختلف معنی‌دار بود (شکل ۶-ج). نسبت سپیدبر به وزن کل میوه تا مرحله رسیده بالغ افزایش و در مرحله بسیار رسیده کاهش یافت در حالی که نسبت پوست

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

بیرونی به وزن خشک میوه در مرحله نیمه‌رسیده کمی افزایش، در میوه رسیده کاهش و در میوه بسیار رسیده افزایش چشمگیری داشت. نسبت وزن خشک بذر به وزن کل میوه روند کاهشی-افزایشی-کاهشی داشت (شکل ۶-د).

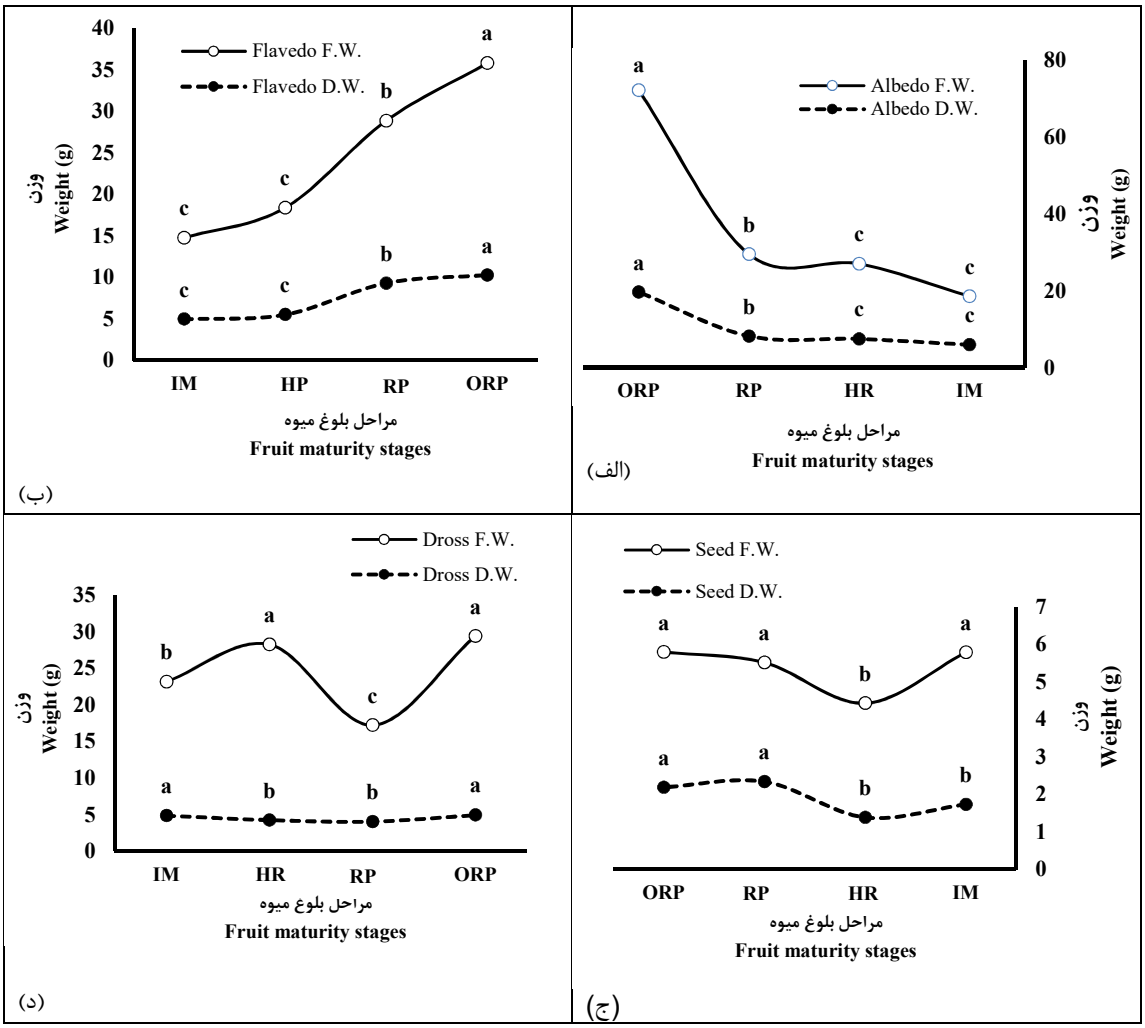

Fig. 5. Changes in weight of different parts of sour orange during maturity stages. IM: Immature fruit, HR: Half-ripened fruit, RP: Ripened fruit, ORP: Over-ripened fruit. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using HSD test.

شکل ۵- تغییرهای وزنی اجزای مختلف میوه نارنج در مراحل بلوغ. IM: میوه نارس، HR: میوه نیمه رسیده، RP: میوه رسیده بالغ، ORP: میوه بسیار رسیده. حرف‌های مشابه با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار نیستند.

پژوهش‌های کمی در رابطه با تغییرهای وزن تر یا خشک اندام‌های مختلف میوه مرکبات طی بلوغ میوه صورت گرفته است. همتی و امید بیگی، (۱۲) در رابطه با میوه گریپ‌فروت دریافتند که با گذشت زمان میزان وزن تر در گریپ فروت افزایش می‌یابد که یافته‌های ما با نتیجه‌های این پژوهش در یک راستاست. در پژوهش حاضر، وزن خشک پوست بیرونی با گذشت زمان سیر صعودی داشته به طوری‌که در میوه بسیار رسیده در بالاترین مقدار قرار داشت که این نتیجه با نتیجه‌های همتی و امیدبیگی (۱۲) همخوانی ندارد. آن‌ها دریافتند که با گذشت زمان میزان درصد ماده خشک در گریپ‌فروت کاهش می‌یابد. البته همیشه میوه درشت‌تر، به حتم آبدارتر نیست و به الزام همراه با افزایش وزن تر، وزن خشک کاهش نشان نمی‌دهد. افزون بر عوامل متغیر محیطی از جمله شدت بارندگی، عوامل متابولیکی نیز در این خصوص نقش مهمی دارند. غلظت انواع اسیدها در میوه مرکبات با رسیدن به مرحله بلوغ تغییرهای چشمگیری دارند که این تغییرها بستگی زیادی به گونه مورد مطالعه دارد. همین‌طور طی مرحله

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

بلوغ، افزایش مقدار ماده‌های جامد محلول مشهود است. بنابراین، با قاطعیت نمی‌توان گفت با افزایش وزن تر در حین بلوغ، وزن خشک کاهش نشان می‌دهد (۱۸).

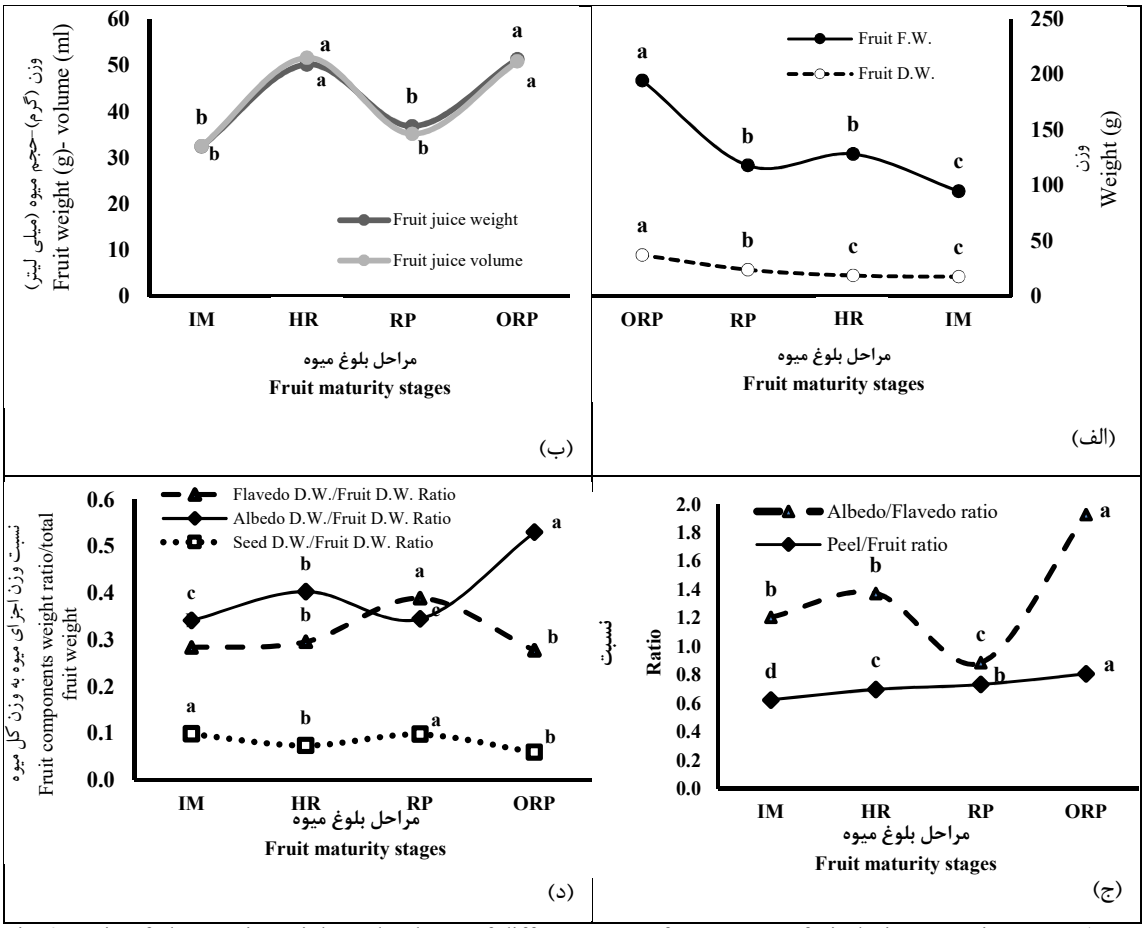

Fig 6. Ratio of changes in weight and volume of different parts of sour orange fruit during maturity stages (F.W: Fresh weight, D.W.: Dry weight). IM: Immature fruit, HR: Half-ripened fruit, RP: Ripened fruit, ORP: Over-ripened fruit. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using HSD test.

شکل ۶- نسبت تغییرهای وزنی و حجمی اجزای مختلف میوه نارنج در طول مراحل بلوغ. (F.W. و D.W. به ترتیب وزن تر و وزن خشک). IM: میوه نارس، HR: میوه نیمه رسیده، RP: میوه رسیده بالغ، ORP: میوه بسیار رسیده. حرف‌های مشابه با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار نیستند.

رنگدانه‌های فتوسنتزی

با پیشرفت بلوغ، رنگدانه‌های فتوسنتزی شامل محتوای کلروفیل آ، ب و کلروفیل کل روند کاهشی داشتند گرچه در بیشتر موارد بین میوه رسیده بالغ و بسیار رسیده از این نظر اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود نداشت. از طرف دیگر میزان کاروتنوئید کل، روند عکس محتوای کلروفیل را داشت و با پیشرفت بلوغ میزان آن افزایش یافت. البته، بین میوه رسیده بالغ و بسیار رسیده اختلاف معنی‌داری از این نظر وجود نداشت (شکل ۷). همزمان با بلوغ میوه مرکبات، رنگ پوست به دلیل اختلاف دمای شب و روز و به دنبال آن کاهش کلروفیل و افزایش غلظت کاروتنوئید، تغییر رنگ می‌دهد. کاروتنوئیدهای گوناگونی مسئول ایجاد رنگ در گونه‌های مرکبات هستند و فراهم شدن شرایط دمایی مناسب سبب افزایش بیان ژن‌های مربوط به ساخت کاروتنوئیدهای کلیدی در پوست شده است (۸). رنگ سبز زمینه سبزی‌ها و میوه‌ها به دلیل وجود رنگدانه‌هایی به نام کلروفیل

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]
[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

است (۱۷). تجزیه کلروفیل و تبدیل شدن آن به فئوفیتین[۳]و فئوفوربایدِ[۲] منجر به تغییر رنگ میوه‌ها و سبزی‌ها از سبز به سبز روشن و در نهایت زرد، قرمز یا بنفش می‌شود (۱۷).

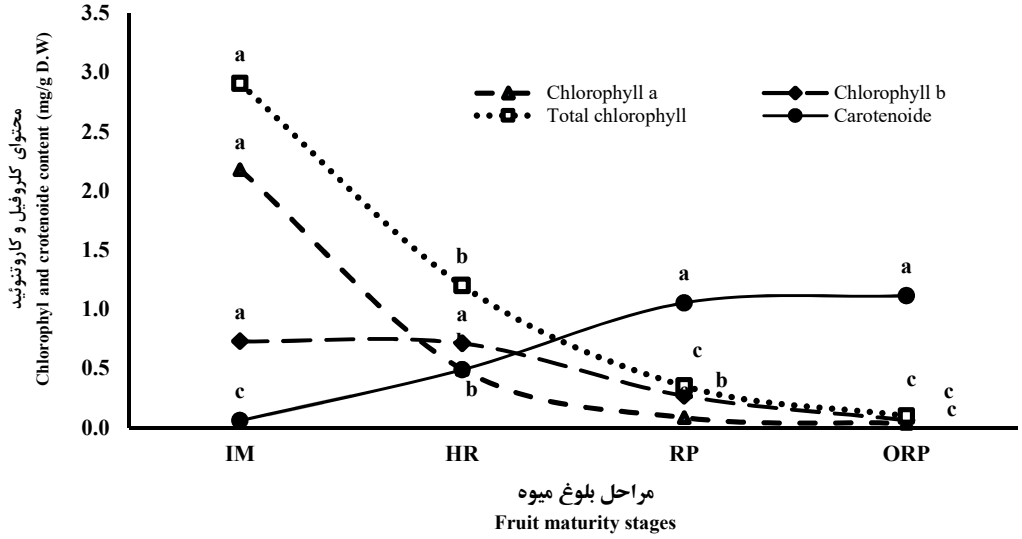

Fig 7. Changes in chlorophyll and carotenoid content at different maturity stages of sour orange fruit. IM: Immature fruit, HR: Half-ripened fruit, RP: Ripened fruit, ORP: Over-ripened fruit. Means followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using HSD test.

شکل ۷- تغییرهای محتوای کلروفیل و کارتنوئید در مراحل مختلف بلوغ میوه نارنج. IM: میوه نارس، HR: میوه نیمه رسیده، RP: میوه رسیده بالغ، ORP: میوه بسیار رسیده. حرف‌های مشابه با توجه به آزمون HSD در سطح احتمال ٪۵ معنی‌دار نیستند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتیجه‌های این پژوهش نشان داد که مرحله بلوغ میوه و نوع اندام تاثیر مهمی بر ترکیب‌های زیست‌فعال میوه نارنج دارد و بسته به هدف (نوع ترکیب‌های زیست‌فعال) می‌توان اقدام به برداشت کرد. نمونه‌های پوست بیرونی (فلاودو) و سپیدبر (آلبیدو) در بیشتر ویژگی‌ها دارای بیشترین مقدار بودند. میزان اسانس موجود در پوست بیرونی به‌عنوان یکی از ترکیب‌های زیست‌فعال اصلی میوه نارنج زیر تاثیر مرحله بلوغ میوه قرار گرفت و با پیشرفت بلوغ میزان آن کاهش یافت و بهترین زمان برداشت (از نظر کمی) جهت جداسازی بیشینه اسانس مرحله سبز نارس می‌باشد. با شناسایی تجزیه اسانس و بررسی کیفیت مجموعه ترکیب‌های آن، می‌توان در آینده تخمینی از بهترین زمان برداشت (از نظر کمیت و کیفیت) را به دست آورد. هم‌چنین محتوای کلروفیل (آ، ب و کل) طی بلوغ کاهش یافت در حالی که میزان کارتنوئیدها با پیشرفت بلوغ افزایش یافت.

منابع

References

1. Abeysinghe, D.C., X., Li, C.D., Sun, W.S., Zhang, C. H., Zhou and K.S. Chen. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. Food Chem. 104: 1338-1344.
2. Aghajanpoor, M., A. Ghasemnejhad, M., Faghinasiri and M. Rastegar. 2014. Study the Effect of Rootstock on the Fruit Hesperidin and Naringin Contents of Five Commercial Mandarins. Plant Prod. Technol. 14 (2): 119-126. (In Persian)
3. Ahankoub, R.M., R., Foutohi Ghazvini and J. Fattahi Moghadam. 2014. Investigation biochemical diversity of peel and pulp from some natural citrus biotypes. J. Plant Prod. Res. 21 (4): 81-98. (In Persian).
4. Bhuyan, N., P.C., Barua, P., Kalita and A. Saikia. 2015. Physico-chemical variation in peel oils of Khasi mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) during ripening. Indian J. Plant Physiol. 20(3): 227-231.

۲- Pheophorbide

۳- Pheophytin

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

5. Boudries, H., K. Madani, N. Touati, S. Samiha, S. Medouni and M. Chibane. 2012. Pulp antioxidant activities, mineral contents and juice nutritional properties of Algerian "Clementine" cultivars and "Mandarin". Afr. J. Biotech. 11(18): 4258-4267.
6. Bourgou, S.F.Z., F.Z. Rahali, I. Ourghemmi and M. Saidani Tounsi. 2012. Changes of peel essential oil composition of four Tunisian citruses during fruit maturation. Sci. World J. 528593(4): 1-10.
7. Brixi Gormet, B.N., M. Belarbi, Z. Mamt and F.Z. Djaziri. 2015. Physico-Chemical characteristics and antioxidant activity of phenolic compounds and oil of *Citrus aurantium* seeds from northwest Algeria. Int. J. Phytomedicine, 7(4): 370-378.
8. Carmona, L., L. Zacarias and M.J. Rodrigo. 2012. Simulation of coloration and carotenoid biosynthesis during postharvest stage of 'Navelina' orange fruit at 12˚C. Postharvest Biol. Technol. 74: 108-117.
9. Dere, S., T. Gunes, R. Sivaci. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. J. Bot. 22: 13- 17.
10. Fattahi, J., Y. Hamidoghli, R. Fotouhi, M. Ghasemnejad and D. Bakhshi. 2011. Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activity of the peel of different commercial citrus species. J. Hort. Sci. 25 (2): 211-217. (In Persian)
11. Habibi, F. and A. Ramezanian. 2017. Changes in Physicochemical and Bioactive Compounds of Blood Orange Fruit 'Sanguine' during Ripening. Iranian J. Hort. Sci. Technol. 18 (4):365-376. (In Persian).
12. Hemati Kh. and R. Omidbaigi. 2003. Investigation of the naringin flavonoid content during different fruit development of marsh grapefruit (*Citrus paradisii* Macf.). J. Agr. Sci. 10 (2): 65-72. (In Persian).
13. Hemati Kh., E. Shabani, Z.A. Bashiri-sadr and V. Akbarpour. 2014. The Effect of Tree Canopy Geography on Naringin and Hesperidin Flavonoids in Immature Fruits of Four Citrus Species. Eco-Phytochem. J. Med. Plants, 2 (2): 10-19. (In Persian).
14. Hemmati, N., A. Ghasemnejhad, J. Fattahi Moghadam and P. Ebrahimi. 2014. The Role of Rootstock in Antioxidant Activity of Citrus Fruit: Comparison of Antioxidant Activity of the Fruits of two Commercial Citrus Varieties with the Fruits of Four Different Rootstocks. J. Hort. Sci. 29 (2): 277-286. (In Persian).
15. Jabri Karoui, I. and B. Mazouk. 2013. Characterization of bioactive compounds in Tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel and juice and determination of their antioxidant activities. Bio. Med. Res. Int. 345415: 1-12.
16. Khaleghjou, E., Sh. Kiaei and B. Babakhani. 2013. The study of hesperidin and narinjin content in three citrus pell: Navel orange (*Citrus sinensis* cv. Thomson Navel), lemon (*Citrus limon*) and sour orange (*Citrus aurantium* L.) cultivated in North of Iran by HPLC. Regional Conference on Medicinal Plants in the North of Iran. (In Persian).
17. Koca, N., F. Karadeniz and H.S. Burdurlu. 2006. Effect of pH on chlorophyll degradation and color loss in blanched green peas. Food Chem. 100(2): 609-615.
18. Ladanyia, M. 2010. Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Academic Press. 576 pp.
19. Marya Khan, H. S.M. Nabavi and S. Habtemariam. 2018. Anti-diabetic potential of peptides: future prospects as therapeutic agents. Life Sci.193: 153-158.
20. Menchini, F. and R. Tundis. 2011. Phytochemichal profile, antioxidant, anti-inflammatory and hypoglycemic potential of hydroalcoholic extracts from *Citrus medica* L. Cv. Diamante flowers, leaves and fruits at two maturity stages. Food Chem. Toxicol. 49: 1549-55.
21. Mhiri, N., I. Ioannou, M. Ghoul and N. Mihoubi Boudhrioua. 2015. Proximate chemical composition of orange peel and variation of phenols and antioxidant activity during convective air drying. J. New Sci. 9: 881-890.
22. Oke, F., B. Aslim, S. Ozturk and S. Altundag. 2009. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. Food Chem. 112: 874-879.
23. Popova, M.P., V., Bankova, D., Butovska and V. Petkov. 2004. Validated methods for the quantification of biologically active constituents of poplar-type propolis. Phytochem. Anal. 15(4): 235-240.
24. Ramful, D., T. Bahorun, E. Bourdon, E. Tarnus and O.I. Aruoma. 2010. Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. Toxicology, 278: 75-87.
25. Shojaeimehr, M. and S. Nazeri. 2013. Evaluation of phenol content, flavonoid and antioxidant activity different parts of Pomelo (*Citrus grandis* L. Osb) In order to use citrus waste. The First National Conference on Agricultural Engineering and Management, Environment and Sustainable Natural Resources. (In Persian).
26. Teneva, D., R. Denkova-Kostova, B. Goranov, Y. Hristova-Ivanova, A. Slavchev, Z. Denkova, and G. Kostov. 2019. Chemical composition, antioxidant activity and antimicrobial activity of essential oil from *Citrus aurantium* L. zest against some pathogenic microorganisms. A J. Biosci.: Zeitschrift für Naturforschung C (ZNC). 74(5-6): 105-111.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

27. Tripathy, P.P. and O.D. George. 2017. Evaluation of antimicrobial fogging solution with special reference for infection prevention and control in hospital environments and all other clean room facilities. Int. J. Cur. Microbiol. App. Sci. 6: 1822-37.
28. Vekiari, S.A., E.E. Protopapadakis, P. Papadopoulou, D. Papanicolaou, C. M. Panou and M. Vamvakias. 2002. Composition and seasonal variation of the essential oil from leaves and peel of a Cretan lemon variety. J. Agr. Food Chem. 50(1): 147-153.
29. Wang, Y.C., Y.C. Chuang and Y.H. Ku. 2006. Quantification of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. Food Chem. 102: 1163-1171.
30. Wojdylo, A., J. Oszmianski and R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compound in 32 selected herbs. Food Chem. 1005: 940-949.
31. Wu, Z., H. Li, Y. Yang, Y. Zhan and T. Dawei. 2013. Variation in the components and antioxidant activity of *Citrus medica* L. var. sarcodactylis essential oils at different stages of maturity. Ind. Crops Prod. 46: 311-316.
32. Xi, W., G. Zhang, D. Jiang and Zh. Zhiqin. 2015. Phenolic compositions and antioxidant activities of grapefruit (*Citrus paradisi* Macfadyen) varieties cultivated in China. Int. J. Food Sci. Nut. 66(8): 858-866.
33. Yoo., K.M., K.W. Lee, J.B. Park, H.J. Lee and I.K. Hwang. 2004. Variation in major antioxidants and total antioxidant activity of Yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. J. Agr. and Food Chem. 52(19): 5907-5913.
34. Zhang, X.L., W.F. Xu, G. Chen, H.F. Wang and Y.H. Pei. 2017. Two new phenolic glycosides isolated from the fruits of *Citrus aurantium*. Chin. J. Nat. Medicines. 15(1): 41-44.

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]

Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 21(4): 343- 356 (2020)
Research article

Investigation on the Physical and Phytochemical Variation of Different Parts of Sour Orange Fruit (*Citrus aurantium* L.) During Maturity Stages

A. Ghani, S. Jamalian and S. Mohtashami[1)]

In order to evaluate the effects of fruit maturation stages on physical and phytochemical characteristics in sour orange, a factorial experiment was performed based on complete randomized block design (RCBD) with two factors and four replications. Four maturation stages of the fruit including green immature, half-ripened, ripened and over ripened stages constituted the first factor and different parts of the sour orange fruit containing flavedo, albedo, fruit juice, dross and seed built up the second factor. The results demonstrated a significant effect of maturation stage on most of the measured traits (essential oil percentage and yield, fresh and dry weight of fruit parts, flavon and flavenol content, total flavonoid, phenolic compounds and antioxidant activity). Essential oil content in sour orange peel varied between minimum 3.13 % (v/w) to maximum 10.30 % at over ripened stage and green immature stage, respectively. This factor significantly decreased during fruit maturation. The maximum antioxidant activity (75.79%) related to albedo tissue at half-ripened stage. Phenolic compounds decreased during fruit maturation (from 12.38 to 6.39 mg gallic acid/g dry matter). Generally, flavedo tissue at the green immature stage contained the maximum bioactive compounds rate concerning most of the traits.

Key Words: Essential oil, Maturation, Phenolic compounds, Weight variations, Flavonoids, Sour orange.

1. Assistant Professors, Horticultural Science, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Jahrom University, PO BOX 74135-111, Jahrom, Iran.
* Corresponding author, E-mail: (askar.ghani11@yahoo.com).

[Downloaded from journal-irshs.ir on 2025-10-20]

[DOR: 20.1001.1.16807154.1399.21.4.19.9]