نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۶، ص. ۴۸-۴۰
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 31, No. 1, Spring 2017, P. 40-48
ISSN: 2008 - 4730

تاثیر زمان برداشت و نوع بافت میوه بر میزان هسپریدین موجود در ارقام میوه لیموترش

فرناز مقدمی[۱]- خدایار همتی[۲]- وحید اکبرپور[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

چکیده

فلاونوئیدها از مواد غذایی هستند که خود بخشی از ترکیبات معطر پلی‌فنل‌ها می‌باشند. هسپریدین یکی از فلاونوئیدها می‌باشد که کاربرد زیادی در درمان بسیاری از بیماری‌ها بویژه واریس پا دارد. هدف از این تحقیق تاثیر نوع بافت و زمان برداشت میوه‌های لیموترش خوشه‌ای، اورکا و لیسبون بر تولید فلاونوئید هسپریدین می‌باشد. این تحقیق در قالب آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه عامل بافت (برون‌بر، میان‌بر و درون‌بر)، زمان برداشت (۴۵، ۷۵، ۱۰۵ و ۱۳۵ روز بعد از گلدهی کامل) و رقم (اورکا، لیسبون و خوشه‌ای) در ۳ تکرار انجام گرفت. متغییرهای اندازه‌گیری شده شامل وزن تر میوه، قطر میوه، ضخامت پوست میوه، درصد ماده خشک و مقدار هسپریدین موجود در عصاره بافت‌های مختلف میوه بوده است. استخراج مواد با استفاده از متانول و اندازه‌گیری فلاونوئید با دستگاه HPLC صورت گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که وزن میوه، قطر میوه، ضخامت پوست میوه، مقادیر ماده خشک میوه و همچنین مقدار هسپریدین به شدت تحت تاثیر زمان برداشت میوه بوده است. تغییرات قطر میوه متناسب با وزن آن بوده است. بیشترین میزان وزن میوه در ارقام لیموترش لیسبون و لیموترش اورکا به ترتیب (۸۸/۳۹ و ۸۴/۷۲ گرم) در مرحله چهارم برداشت (۱۳۵ روز پس از گلدهی کامل) و کمترین آن در لیموترش خوشه‌ای (۴/۱۶ گرم) در مرحله اول برداشت (۴۵ روز پس از گلدهی کامل) تولید شد. بیشترین میزان قطر میوه در رقم لیسبون (۵۴/۸۱ میلی‌متر) در مرحله چهارم برداشت وکمترین قطر میوه (۲۰/۷۵ میلی‌متر) در مرحله اول برداشت در رقم اورکا به وجود آمد. ضخامت پوست میوه ابتدا افزایش سپس کاهش یافته است. در بین ارقام، لیموترش خوشه‌ای بیشترین ضخامت پوست میوه (۷/۱۶ میلی‌متر) و لیموترش اورکا کمترین (۴/۶۶ میلی‌متر) ضخامت پوست را داشته است. درصد ماده خشک میوه‌ها در اولین مرحله برداشت افزایش، سپس کاهش یافت. بیشترین درصد وزن خشک در لیموترش خوشه‌ای (۲۲/۸۳درصد) و کمترین آن در لیموترش لیسبون (۱۱/۳۶ درصد) تولید شده‌است. بیشترین میزان هسپریدین (۱۶۰۶/۹۳ میلی‌گرم در لیتر) در لیموترش لیسبون، ۴۵ روز بعد ازگلدهی کامل به دست آمد و بعد از آن تا زمان برداشت کاهش یافت. بیشترین میزان هسپریدین در بافت میان‌بر میوه تولید گردید. لیموترش لیسبون بهترین رقم لیمو از لحاظ مقدار هسپریدین در مقایسه با دو رقم دیگر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: لیمو، فلاونوئید، متابولیت ثانویه، اورکا، لیسبون

مقدمه

درختان لیمو (C*itrus limon* Burm) بومی شرق هیمالیا و هند هستند و عقیده بر این است که دورگ ناشی از تلاقی لایم و بالنگ باشند (۱). پراکندگی این گونه در مناطق خشک و نیمه‌خشک در نواحی نیمه‌گرمسیری با دمای زمستان بالاتر از ۴- درجه مشاهده می‌شود. (۴ و ۸). فلاونوئیدها از مواد غذایی هستند که خود بخشی از ترکیبات معطر پلی‌فنل‌ها می‌باشند. گیاهان، پلی‌فنل‌ها را از اسیدآمینه فنیل‌آلانین و استات می‌سازند. فلاونوئیدهای مهم، ترکیبات هسپریدین، نارنجین، نئوهسپریدین، اریوسیترین و ناریروتین می‌باشند (۶ و ۱۲). فلاونوئیدها دارای وظایف بیولوژیکی متفاوتی هستند مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ضدحساسیت، ضدویروسی، ضدموتاژنی و ضدسرطانی دارند این مواد موثره می‌توانند گردش خون را بهبود بخشند و موجب کاهش فشار خون شوند (۲۲). پوست مرکبات نه تنها از جنبه محتوای فیبر، بلکه به دلیل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز مورد توجه است (۳).

هسپریدین که فلاونوئید اصلی در لیمو و سایر گونه‌های مرکبات است رادیکال‌های آزاد را جذب و از سرطان جلوگیری می‌کند (۴، ۵ و ۲۱). این فلاونوئید یک فلاون گلوکوزید بوده و از دو قسمت تشکیل شده است، یک قسمت به نام هسپرتین و یک قسمت قندی شامل

۱ و ۲- دانش‌آموخته و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: v_akbarpour@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v0i0.24655

گلوکوز و رامنوز به نام روتینوز (۱۳ و ۱۶). طی بررسی‌های بـه عمـل آمده میزان فلاونوئیدهای موجود در مرکبات به شدت بستگی به زمان برداشت میوه‌های آن دارد (۲). بنابر پژوهش رینالدو و همکاران (۱۸)، بر روی چند گونه از مرکبات، میزان هسپریدین در میوه‌های نـارس در مراحل اولیه رشد بیشتر از مراحل بعدی رشدونمو میوه بوده اسـت. بـه عبارتی در میوه‌های نارس با قطر کمتر، بیشتر از میـوه‌هـایی بـا قطـر بیشتر بوده‌است. دل–ریو و همکاران (۷) نیز در بررسی‌های خـود کـه بر روی فلاونوئیدهای موجود در میوه دو رقم لمون در مراحل مختلف رشد انجام دادند، گزارش کردند که بیشترین میزان هسپریدین در هـر دو رقم میـوه در مرحلـه ۳۰ روز پـس از تشـکیل میـوه تولیـد شـد و کمترین میزان هسپریدین در ۱۵۰ روز پس از تشکیل میوه تولید شـد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که قطر میوه تعیین کننده زمان برداشت میوه جهت استفاده از فلاونوئیدهای آن می‌باشد. اما سن میـوه (تعـداد روزهای بعد از تشکیل میوه) پارامتر بهتر و دقیقتـری مـی‌باشـد. زیـرا نتایج نشان می‌دهد که تولید فلاونوئیدها مستقیما تحت تـاثیر مرحلـه رشد میوه می‌باشند و مقدار آن‌ها تا پایان مرحله تقسیم سلولی و تمایز یابی به حداکثر می‌رسد (۱۳ و ۱).

کشور ایران دارای ارقام متعدد مرکبات می‌باشد که به طور عمـده ارزش تازه‌خوری کمتری دارند و با توجه به ارزش مواد موثره آنها (بـه ویژه فلاونوئیدها) در صنایع مدرن داروسازی و رویکرد این صنعت بـه سمت مواد گیاهی (گیاه‌درمانی) بخشـی از نیـاز صـنایع دارویـی را بـر طرف کرده و همچنین می‌توان آن را به عنوان ماده اولیـه در صـنعت داروسازی به کشورهای دیگر صادر نمود و ارز وارد کشور کرد. با توجه به اهمیت فلاونوئید هسپریدین در درمان بیماری‌هـا، هـدف از انجـام این تحقیق مطالعه تـاثیر زمـان برداشـت روی میـزان هسـپریدین در بافت‌های مختلف میوه ارقام لیموترش و تعیین بهترین زمان برداشـت برای تولید فلاونوئید بیشتر در بافت میوه سه رقم لیموترش (خوشه‌ای، اورکا و لیسبون) بوده است.

مواد و روش‌ها

این بررسی در ایستگاه تحقیقات مرکبات شهید یاسینی کترا واقـع در شهرستان تنکابن استان مازندران، در قالب آزمـایش فاکتوریـل بـر پایه طرح کاملاً تصادفی بـا سـه عامـل بافـت (بـرون‌بـر، میـان‌بـر و درون‌بر)، زمان برداشت (۴۵، ۷۵، ۱۰۵ و ۱۳۵ روز بعد از تشکیل میوه) و رقم (اورکا، لیسبون و خوشه‌ای) در ۳ تکرار به مدت یک سال انجام گرفت. درختان مورد مطالعـه در ایـن ایسـتگاه تحقیقـات، بـه عنـوان درختان مادری برای کارهای تحقیقاتی استفاده می‌شوند. این درختـان روی پایه نارنج پیوند شده و بالای ۲۰ سال سن داشتند. خاک موسسه لومی‌رسی، pH=۵/۲ ،EC خاک ۱/۱۷ میلـی‌مـوس بـر سـانتی‌متـر و آبیاری باغات از طریق نزولات جوی (دیم) صـورت گرفتـه و فقـط در فصل تابستان آبیاری می‌شوند. در انتخاب درختان یکنـواختی ارتفـاع، اندازه تاج و دیگر موارد ظاهری رعایت شد. از آنجا کـه ممکـن اسـت کیفیت میوه در قسمت‌های مختلف تاج تغییـر کنـد، لـذا میـوه‌هـا در جهات مختلف تاج درخت به طور تصادفی انتخاب شدند. نمونه‌هـا ۴۵ روز پس از گلدهی کامل در چهار نوبت به فاصـله ۳۰ روز جمع‌آوری شدند. پس از برداشت، صفاتی مانند وزن میـوه، میـزان مـاده خشـک (تقسیم مقدار ماده خشک بر وزن تر اولیه میوه ضرب در ۱۰۰) توسـط ترازوی دیجیتالی مدلBRAND ، قطر میوه و ضخامت پوست توسط کولیس دیجیتالی مدل TRICLE و میزان هسپریدین توسط دسـتگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا مورد مطالعه قرار گرفتند.

آماده سازی نمونه

میوه‌های برداشت شده به ۳ قسمت بافت مجزا گردیده و در دمای معمولی در شرایط سایه به مدت ۱ هفته قرار گرفتند. سپس بـه مـدت ۴۸ ساعت در دستگاه آون مدل BM120 در دمـای۴۰ درجـه سـانتی گراد قرار داده شدند.

استخراج عصاره

نمونه‌های خشک شده توسط آسیاب برقی کاملا پـودر شـدند تـا نمونه‌های یکنواختی به دست آید. پس ازاینکه نمونـه‌هـا از الـک ۰/۵ میلی‌متری گذرانده شدند، ۱ گـرم از نمونـه بـه ۱۰میلـی لیتـر حـلال متانول اضافه شده و به مدت ۱ ساعت بر روی شیکر قرار داده شـدند. سپس سایر مواد از طریق قیف بوخنر با کاغـذ صـافی واتمـن ۱ جـدا گردیدند. در مرحله آخر یک میلی‌لیتر از عصاره به دسـت آمـده تـا ۲۰ برابر رقیق شد. نمونه‌ها در شیشه کوچک و مات دربدار ریختـه شـد و تا زمان تزریق به دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا در یخچال با دمای ۱–۳ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

اندازه‌گیری هسپریدین

به منظور اندازه گیری هسپریدین موجود در عصاره کل از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا با مشخصـات زیـر اسـتفاده گردیـد: پمپ: لاکروم –مدل: ل–۷۱۰۰ –آشکارساز (دتکتور): UV –ستون:C-18 با ابعاد ۴/۶×۲۵۰ میلی‌متر –اندازه ذرات: ۵ میکرومتر –طول مـوج ۲۸۵ نانومتر –فاز متحرک: اسید استیک (۵): استونیتریل (۱۰): متانول (۱۰): آب (۷۵)

تزریق به دستگاه کروماتوگرافی

کلیه نمونه‌ها اعم از استاندارد و مجهول توسـط فیلتـرهـای ۰/۴۵ میکرون یک‌بار مصرف صاف و مقدار ۱۰ میکرولیتر به دستگاه تزریق شد. از غلظت‌های مختلف نارنجین و هسپریدین بـرای تهیـه منحنـی استاندارد استفاده شد. زمان تاخیر برای پیـک مربـوط بـه هسـپریدین

بافت‌های میان‌برارقام اورکا، لیسبون و خوشه‌ای به ترتیب ۱۱/۹۰، ۱۱/۸۸و۱۱/۲۵دقیقه بوده‌است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل ازطریق نرم‌افزار SAS انجام شده و برای ترسیم نمودارها و گراف‌ها از برنامه EXCEL و برای کلاسه‌بندی و مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شده‌است. عملیات آزمایشگاهی مربوط به استخراج و اندازه‌گیری فلاونوئید در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داد که در بین سطوح رقم، بافت و زمان برداشت از نظر میزان هسپریدین اختلاف معنی‌داری در بین ارقام و زمان برداشت وجود دارد. همچنین در این آزمایش مشخص گردید که اثرات متقابل بین ارقام، بافت و زمان برداشت در صفات مختلف وجود دارد.

جدول ۱- تجزیه مرکب هسپریدین در بافت های مختلف ارقام میوه لیمو ترش در زمان های مختلف برداشت

Table 1- The compound analysis of hesperidin in fruit of lemon cultivars

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی DF	هسپریدین Hesperidin
رقم Cultivar	2	4129314.47**
زمان Time	3	1493251.43**
بافت Tissue	2	1251771.18** 1251771.18**
رقم×زمان Cultivar*Time	6	156240.16**
رقم×بافت Cultivar*Tissue	4	262491.41**
زمان×بافت Time*Tissue	6	46713.21**
رقم×بافت×زمان Cultivar*Tissue*Time	12	18182.46**
خطا Error	70	4.22
خطای کل Total Error	107	-
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	11.12

**معنی‌دار در سطح ۱ درصد

**Significant at 1%

جدول ۲- تجزیه مرکب برخی صفات میوه در زمان های مختلف برداشت در ارقام میوه لیمو ترش

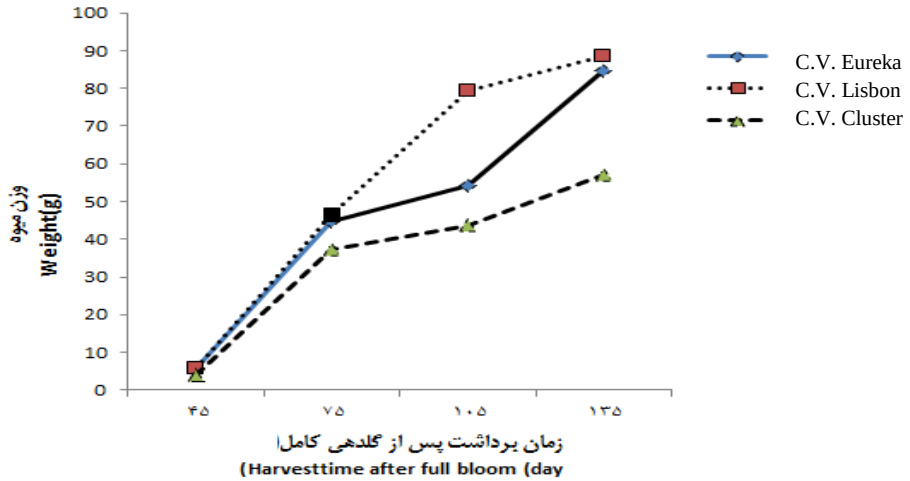
Table 2- Combined analysis of some fruit traits of lemon cultivars

منابع تغییرات Source of Variations	درجه آزادی DF	وزن تر میوه Fruit Fresh Weight	قطر میوه Fruit Diameter	ضخامت پوست Peel Thickness	درصد وزن خشک Dry Weight (%)
رقم Cultivar	2	5.84*	20.20*	3.53**	2.20*
زمان Time	3	220.01**	1445.68**	2.99**	148.27**
رقم×زمان Cultivar*Time	6	5.20**	23.05**	0.16*	3.45**
خطا Error	22	4.74	4.49	0.16	0.62
خطای کل Total Error	35	-	-	-	-
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	6.96	5.23	7.07	4.68

**معنی‌دار در سطح ۱٪،* معنی‌دار در سطح ۵٪

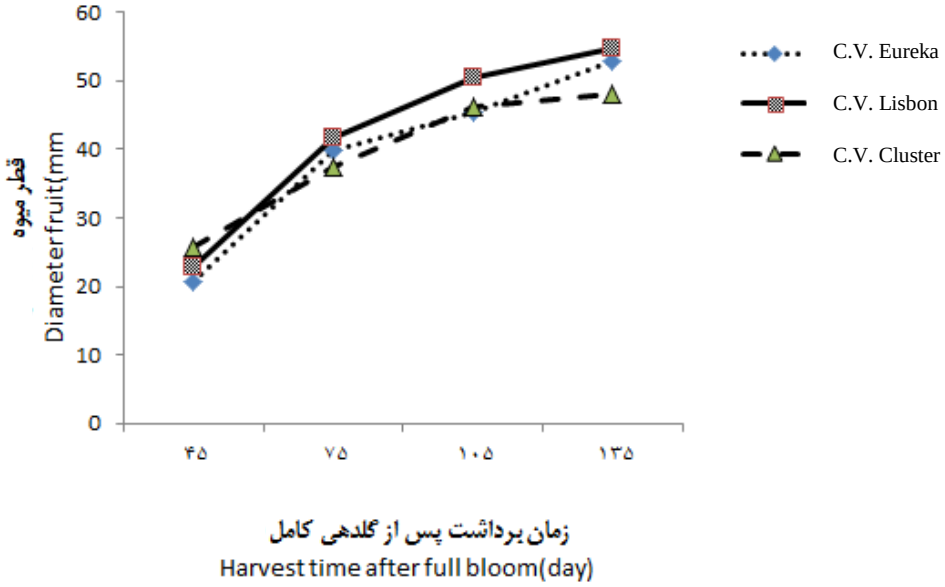
**Significant at 1%,* Significant at 5%

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که زمان‌های برداشت روی وزن، قطر و ضخامت پوست میوه موثر بوده و در سطح یک درصد معنی‌دار شده‌اند (جدول ۲). اندازه وزن و قطر میوه‌ها در طی مراحل مختلف رشد، روند صعودی داشته است . طبق نتایج این تحقیق (شکل ۱) بیشترین میزان وزن میوه در ارقام لیمو ترش لیسبون و اورکا به ترتیب (۸۸/۳۹ و ۸۴/۷۲ گرم) در مرحله چهارم برداشت (۱۳۵ روز پس از گلدهی کامل) و کمترین در مرحله اول برداشت (۴۵ روز پس از گلدهی کامل) در هر سه رقم تولید شد و بیشترین میزان قطر میوه در رقم لیسبون (۵۴/۸۱ میلی‌متر) در مرحله چهارم برداشت وکمترین قطرمیوه (۲۰/۷۵ میلی‌متر) در مرحله اول برداشت در رقم اورکا به وجود آمد (شکل۲).



شکل ۱- تغییرات وزن میوه در مراحل مختلف برداشت در ارقام میوه لیمو ترش

Figure 1- Fruit weight changes at different harveststages of lemon cultivars



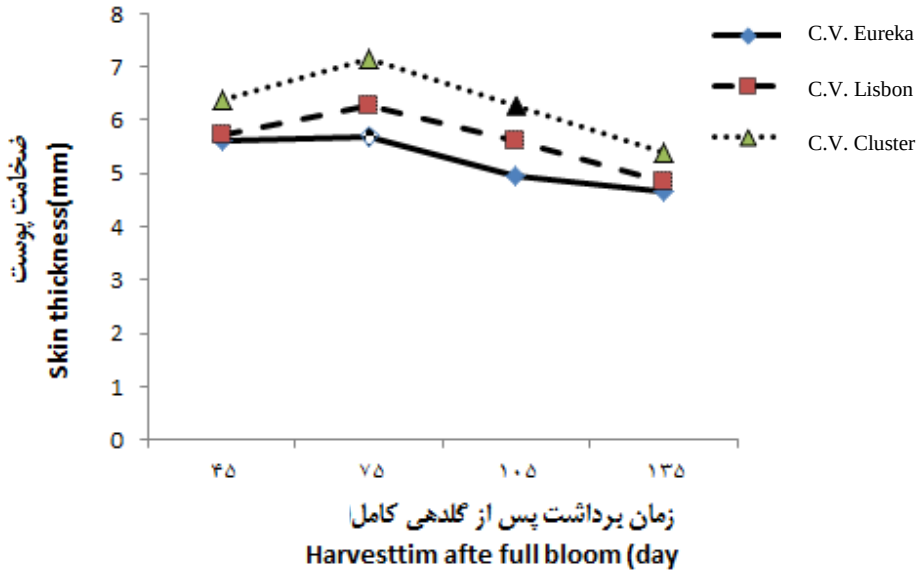
شکل ۲- تغییرات قطرمیوه در مراحل مختلف برداشت در ارقام میوه لیمو ترش

Figure 2- The changes of fruit diameter at different harvest stages of lemon cultivars

از آنجا که میوه مرکبات از نظر ژنتیکی دارای رشد سریع هستند در نتیجه با افزایش رشد بر مواد تشکیل دهنده میوه افزوده شده و سبب افزایش وزن به‌ویژه در مرحله رشد سریع (فاز لگاریتمی) می شود. نتایج تحقیق حاضر با نتایج امیدبیگی و همکاران (۱۷) که بر

روی پرتقال‌محلی و تامسون ناول انجام گرفت و همچنین با نتایجی که همتی و امیدبیگی (۹، ۱۰)، بر روی گریپ‌فروت‌مارش و نارنگی محلی به‌دست آوردند، مبنی برافزایش وزن و قطر میوه در مراحل مختلف برداشت مطابقت دارد.

بر اساس آزمون دانکن ضخامت پوست میوه ابتدا افزایش یافته سپس در برداشت‌های بعدی کاهش یافته است به‌طوریکه کمترین ضخامت پوست میوه در ارقام مورد آزمایش در چهارمین مرحله برداشت (۱۳۵ روز بعد از گلدهی کامل) و بیشترین آن در مرحله دوم برداشت (۷۵ روز بعد از گلدهی کامل) اندازه‌گیری شد. در بین ارقام، لیموترش خوشه‌ای بیشترین ضخامت پوست میوه (۷/۱۶ میلی‌متر) و لیموترش اورکا کمترین (۴/۶۶ میلی‌متر) ضخامت پوست را داشته است (شکل ۳). ضخامت پوست میوه در مرحله اولیه رشد رو به افزایش سپس با توسعه درون‌بر میوه و تشکیل کیسه‌های وزیکولی روند نزولی پیدا می‌کند. در مراحل اولیه میوه هیچگونه تمایزی در بافت درون‌بر (آندوکارپ) صورت نمی‌گیرد و در برش عرضی میوه، فقط بافت میان‌بر (آلبیدو) که سفیدرنگ می‌باشد مشاهده می‌شود. سپس با گذشت زمان و توسعه رشد میوه بافت درون‌بر افزایش یافته و به تدریج از ضخامت پوست میوه کاسته می‌شود (۲۰). میزان ضخامت پوست مرکبات در مراحل مختلف متفاوت بوده و علاوه بر عامل ژنتیکی عوامل محیطی نیز در توسعه‌پذیری ضخامت پوست میوه نقش دارد (۱۸).

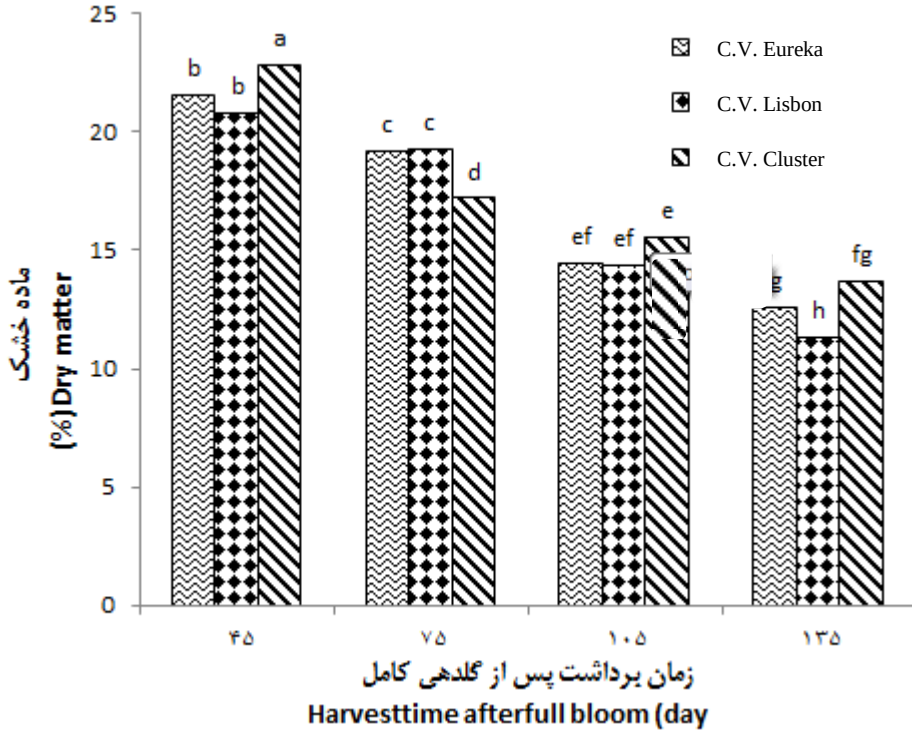


شکل۳- تغییرات ضخامت پوست میوه در مراحل مختلف برداشت در ارقام میوه لیمو ترش

Figure 3- The Changes in fruit skin thickness at different harvest stages of lemon cultivars

نتایج حاکی از آن است که زمان برداشت بر میزان ماده خشک میوه ارقام تاثیر دارد. بیشترین درصد وزن خشک در لیموترش خوشه ای (۲۲/۸۳درصد) و کمترین آن در لیموترش لیسبون (۱۱/۳۶ درصد) تولید شده‌است (شکل ۴). در کلیه ارقام بیشترین درصد ماده خشک در اولین مرحله برداشت و کمترین آن در چهارمین مرحله برداشت تولید گردید. در نتیجه با افزایش وزن و قطر میوه از درصد وزن خشک کاسته می‌شود و یک همبستگی معکوس بین مراحل مختلف برداشت و درصد وزن خشک وجود دارد. کیمبل (۱۱) بیان کرد که در مراحل اولیه رشد میوه به علت تقسیم سلولی زیاد، پروتوپلاسم غلیظ سلول‌های تشکیل‌دهنده بافت و فقدان یا کوچک بودن حفره‌های پروتوپلاسمی درصد وزن خشک میوه زیاد شده سپس با گذشت زمان کاهش پیدا می‌کند (۶).

طبق نتایج به دست آمده، زمان برداشت، بافت میوه و ارقام روی فلاونوئید هسپریدین موثر بوده و در سطح یک درصد معنی‌دار شده‌اند (جدول ۱). آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که میزان هسپریدین در تمامی بافت ها از مرحله اول برداشت تا مرحله چهارم برداشت سیر نزولی داشته است (اشکال ۵، ۶ و۷) و در تمامی بافتها بیشترین میزان فلاونوئید هسپریدین در لیموترش لیسبون در اولین مرحله برداشت (۴۵ روز بعد از گلدهی کامل) و کمترین میزان آن در مرحله چهارم برداشت (۱۳۵ روز بعد از گلدهی کامل) در لیموترش خوشه‌ای بوده‌است. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان فلاونوئید هسپریدین در بافت میان‌بر، در لیموترش لیسبون در اولین مرحله برداشت و به میزان ۱۶۰۶/۹۳ میلی‌گرم در لیتر و کمترین میزان آن در مرحله چهارم برداشت در تمامی بافت‌های لیموترش خوشه‌ای بود (شکل‌های ۵، ۶ و۷).



شکل ٤- تغییرات درصد وزن خشک میوه در مراحل مختلف در ارقام میوه لیمو ترش

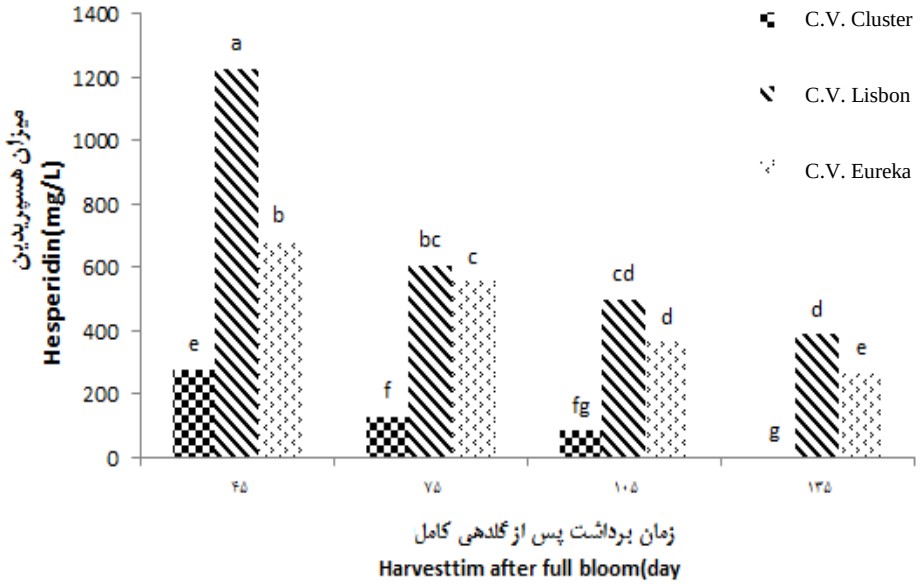
Figure 4- The changes of fruit dry weight percentage at different harvest stages of lemon cultivars

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ است

Similar letters indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test in 5% probability level.

قاسمی و همکاران (۱۱) نیز با مقایسه ۱۳ رقم از مرکبات اعلام نمودند که اختلاف معنی‌داری بین ارقام مختلف مرکبات در رابطه با میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل و فلاونوئید وجود دارد. االگه و همکاران (۱۶) نیز طی تحقیقاتی اظهار داشتند که بیشترین میزان هسپریدین دربافت میان‌بر (آلبیدو) به وجود می‌آید و همچنین میزان هسپریدین در پوست غنی‌تر از عصاره میوه پرتقال و نارنگی گزارش گردیده است.

این نتایج با نتایج امیدبیگی و همکاران (۲۰) مبنی بر اینکه میزان هسپریدین در بافت‌های جوان نارنگی گالتا بیشتر از مقدار آن در بافت‌های میوه بالغ بوده نیز مطابقت دارد. به طوری که بیشترین مقدار هسپریدین ضمن مرحله تقسیم سلولی فاز لگاریتمی تولید شده است. همچنین در مطالعاتی که قاسمی (۶) بر روی فلاونوئیدهای میوه لیموآب در استان هرمزگان انجام داد، مشخص شد که بیشترین میزان فلاونوئیدها (هسپریدین و نارنجین) در پوست میوه در مرحله ۳۰ روز پس از تشکیل و در درون‌بر میوه نیز بیشترین میزان هسپریدین، نارنجین و روتین درمرحله ۵۰ روز پس از تشکیل میوه به دست آمد. نوریا و همکاران (۱۴) در آلمان روی صفات کمی و کیفی برخی فلاونوئیدها شامل نارنجین، هسپریدین و نئوهسپریدین در میوه لیمو به روش الکتروفروز تحقیق نموده و گزارش کردند که بیشترین فلاونوئیدها در مراحل اولیه رشد میوه تولید شده‌است. نظر به نقشی که فلاونوئیدها در بیان ژن و نسخه‌بردای «DNA» دارند، افزایش سریع میزان فلاونوئیدها در مرحله تقسیم سلولی و تا شروع مرحله بزرگ شدن قابل توجیه است. از طرفی احتمالا بیشترین میزان هسپریدین را در مراحل اولیه رشد، می‌توان مربوط به حفاظت میوه درمقابل آفات و بیماری‌ها دانست زیرا بالاترین فعالیت میتوزی در بافت‌های جوان (تخمدان) مانع از بروز برخی بیماری‌ها می‌گردد. همچنین تولید بالای هسپریدین در میوه‌های نارس مرکبات ممکن است ناشی از تغییر در برخی فعالیت‌های آنزیمی باشد. در حمایت از این فرضیه محققین بیان داشتند که تنظیم کننده‌های رشد و نمو مانند سیتوکنین و اسید جیبرلیک ممکن است برخی آنزیم‌های تولید کننده فلاونوئیدها را فعال کنند. هورمون سیتوکینین در ارتباط با پدیده منبع و مصرف در گیاهان موثر است و ممکن است سبب انتقال فلاونوئیدها به سمت میوه‌ها شود (۱۵).

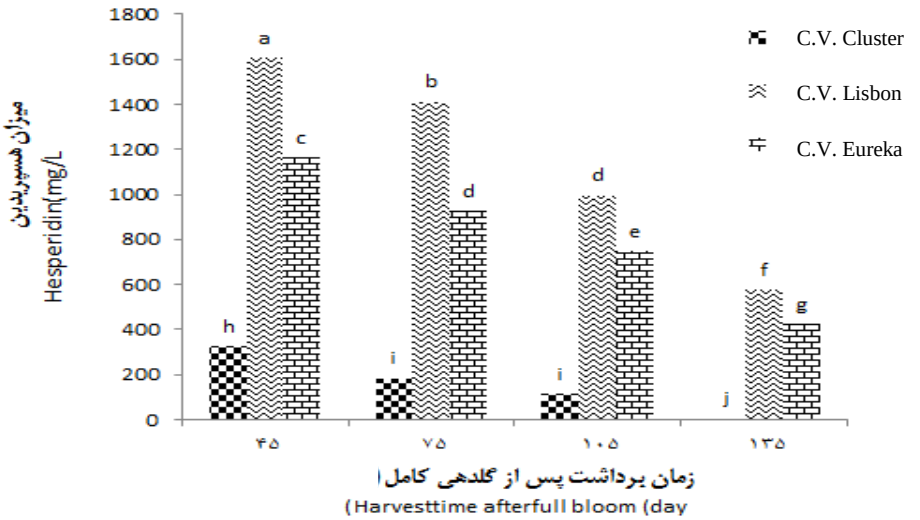


شکل ۵- تغییرات هسپریدین برون‌بر میوه در مراحل مختلف برداشت در ارقام میوه لیمو ترش

Figure 5- The changes of fruit flavedo hesperidin at different stages of harvesting in lemon cultivars

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ است

Similar letters indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test in 5% probability level.

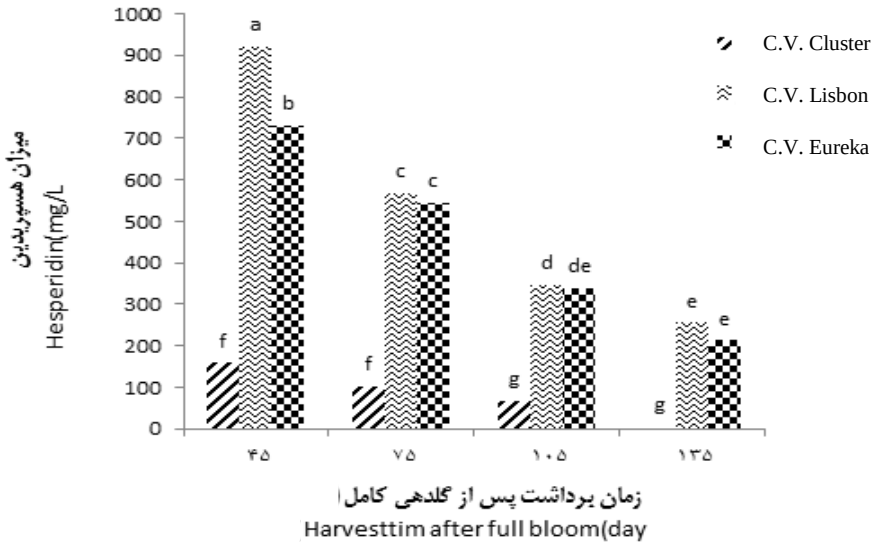


شکل -٦، تغییرات هسپریدین میان‌بر میوه در مراحل مختلف برداشت در ارقام میوه لیمو ترش

Figure 6- The changes of fruit albedo hesperidin at different stages of harvesting in lemon cultivars

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ است

Similar letters indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test in 5% probability level.



شکل ۷- تغییرات هسپریدین درون‌بر میوه در مراحل مختلف برداشت در ارقام میوه لیمو ترش

Figure 7- The changes of fruit flesh hesperidin at different stages of harvesting in lemon cultivars

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ است

Similar letters indicate no significant difference based on Duncan's Multiple Range Test in 5% probability level.

نتیجه‌گیری کلی

بیشترین میزان وزن در رقم لیموترش لیسبون و اورکا و کمترین آن در لیموترش خوشه‌ای به دست آمد. بیشترین میزان قطر در لیموترش لیسبون و کمترین آن در لیموترش اورکا به‌وجودآمد. با افزایش وزن و قطر میوه در کلیه ارقام از میزان هسپریدین کاسته شد. ضخامت پوست میوه در مراحل اولیه رشد در کلیه ارقام افزایش و سپس کاهش یافت، به طورکلی با کاهش ضخامت پوست میوه (به دلیل افزایش درون‌بر و رقیق شدن آن) میزان فلاونوئید مذکور کاهش یافت. مناسب‌ترین زمان برداشت میوه نارس ارقام، ۴۵ روز پس از گلدهی کامل می‌باشد که در این زمان قطر میوه برای ارقام لیموترش اورکا، لیسبون و خوشه‌ای به ترتیب ۲۰/۷، ۲۲/۸ و ۲۵/۸ میلی‌متر بود.

فلاونوئید هسپریدین در تمامی ارقام در بافت میان‌بر بیشتر از بافت‌های دیگر تولید شده‌است. در نتیجه بهترین بافت جهت استخراج فلاونوئید هسپریدین، بافت میان‌بر میوه می‌باشد.

میزان فلاونوئید هسپریدین به شدت تحت تاثیر زمان، بافت و رقم بود. فلاونوئید هسپریدین در اولین مرحله برداشت در لیموترش لیسبون (۱۶۰۶/۹۳ میلی‌گرم در لیتر) بیشترین میزان فلاونوئید هسپریدین را در بین ارقام داشته‌است. در نتیجه بهترین رقم جهت استخراج فلاونوئید هسپریدین لیموترش لیسبون می‌باشد.

پیشنهادات

با توجه به فراوانی مرکبات و تنوع بالای ارقام و گونه‌ها (دورگ های طبیعی) و غیرخوراکی بودن برخی از آنها، پیشنهاد می‌گردد که شناسایی بیشتری صورت گرفته و فلاونوئیدهای غالبشان مشخص گردد تا بتوان جهت استخراج مواد مؤثره دارویی مورد استفاده قرار گیرند. نظر به اینکه مصرف تازه‌خوری ارقام لیموترش لیسبون، اورکا و به خصوص خوشه‌ای بسیار کم است پیشنهاد می‌گردد امکاناتی فراهم آید تا بتوان از آنها در صنایع دارویی استفاده کرد.

منابع

1- Bilbao, M.D.L.M., Andres-Lacueva, C., Jauregu, O. and Lamuela Raventos, R.M. 2007. Determination of flavonoids in a citrus fruit extract by LC-DAD and LC-MS. Food Chemistry, 101 (4): 1742-1747.

2- Castillo J., Benavente O., and Del Rio J.A. 1992. Naringin and neohesperidin levels during development of leaves, flower buds, and fruits of Citrus aurantium. Plant Physiology, 99 (1): 67-73.

3- Chau, C.F., and Huang, Y.L. 2003. Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of Citrus sinensis L. cv. Liucheng. Agricultural and Food Chemistry, 51 (9): 2615–2618.

4- Davis, F.S. and Albrigo, L.G. 1994. Citrus CAB International Press. Wallington. UK. pp: 12-77.

5- Del-Rio, J.A., Fuster M.D., Gomes, P., Porass, I., Garcia-Liodon, A. and Ortuno, A. 2004. *Citrus limon*: a source of

flavonoids of pharmaceutical interest. Food Chemistry, 84 (3): 457-461.
6- Ghasemi, SH. 2008. Effects of different harvesting stages and type of tissue on some fruit flavonoids Lymuab (*Citrus aurantifolia*) in the province. Master thesis. Gorgan Agricultural Sciences and Natural Resources University. pp 93.
7-Ghasemi, K., Ghasemi, Y. and Ebrahimzadeh, M.A. 2009. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. Pakistan Journal of Pharmacology Science, 22 (3): 277-281.
8- Hemati, Kh. 2003. The effect of climate on the quality and quantity of fruit and some varieties of citrus flavonoids. College of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Tehran, PhD thesis.
9- Hemati, Kh. and Omidbigi, R. 2003. Investigation of the naringin flavonoid content during different fruit development of marsh grapefruit (*Citrus paradisii* Macf.). Journal of Agricultural Sciences, 10 (2): 65-72. (In Persian with English Abstract).
10- Hemati, Kh. and Omidbigi, R. 2005. Astudy of the variations of hesperidin flavonoid during fruit development of local mandarin (*Citrus reticulate* Blanco). Journal of Agricultural Sciences, 28 (1): 91-99. (In Persian with English Abstract).
11- Kimball, D. (Ed) 2012. Citrus processing quality control and technology. Van. Nastrand Reinhold New York. P. 136-137.
12- Mortazavi, A. and Ziaolhagh, H.M. 2004. Accessories products citrus processing technology. University of Mashhad.
13- Nasiri, M. 1998. The effect of the citrus harvest on the quality and quantity of hesperidin in northern Iran. Master thesis. Tarbiat Modarres University.
14- Nuria, G., Rene, S. and Rudolf, G. 2001. Chiral sepration of six diastereomeric flavonon-7-o glycosides by capillary electrophoresis and analysis of lemon juice. Choromatography, 926: 279-289.
15- Ortuno, A., Reynaldo, I., Fuster, M.D., Botia, J., Puig, D.J., Sabater, F., Lidon, A.Q., Porras, I. and Rio, J.L. 1997. Citrus cultivars with high flavonoids content in the fruits. Scientia Horticulture, 68 (1): 231-236.
16- Oohg, W.C., Oohg, S.J., Detavernier, C.L.M. and Huyghebaert, A. 1994. Charactristion of orang juice (*Citrus sinensis*) by polymetoxylated flavones. Agricultural and Food Chemistry, 42 (10): 2191-2195.
17- Omidbaigi, R., Faghih Nasiri, M. and Bashiri, Z. 2001. Hesperidin in citrus species, quantitative distribution during Fruit maturation and optimal harvesting time. Acta Horticulturae, 576: 91-97.
18- Pinhas, S. and Elizer, E. 1996. Biology of Citrus. Cambridge University Press. English.
19- Renaldo, I., Fuster, M.D., Botia, J.M. Garcia-Phing, D., Ortuno, A., Del Rio, J.D. 1999. Flavonoids found in several citrus species cultivated in Cuba and Spain for the industrial application (No. 175).
20- Symour, G.B., Taylor, J.E. and Tuker, G.A. 1993. Banana. In Biochemestry of fruit ripening. Chapman and Hall Press. Springer Netherlands.
21- Wang, Y.C., Chuang, Y.C. and Ku, Y.H. 2007. Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. Food Chemistry, 102 (4): 1163-1171.
22- Xu, Y., zhang, R. and Fu, H. 2005. Studdies on the optimal process to extract flavonoids from Red-raspberry fruits. Journal of Nature and Science, 3 (2): 43-46.