بررسی برخی از صفات ریخت‌شناختی و فیتوشیمیایی میوه در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه *Ficus carica* L.

زهرا کیخا[۱]، اسماعیل سیفی[۲*]، فریال وارسته[۲]، عظیم قاسم‌نژاد[۲]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

[۲]استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۲/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۷/۰۵

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر مراحل رشد میوه و ژنوتیپ بر خصوصیات ریخت‌شناختی و برخی از ترکیبات فیتوشیمیایی میوه انجیر (*Ficus carica*) در منطقه گرگان انجام شد. میوه‌ها در چهار مرحله رشد و نمو از درختان سالم سه ژنوتیپ انجیر (گلبهار، قرمز جلین و رضوان) برداشت و صفات ریخت‌شناختی و فیتوشیمیایی در آن‌ها بر اساس دسکریپتور مخصوص انجیر و روش‌های استاندارد اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که با رشد میوه بر طول و قطر میوه، طول گردن و طول بخش گوشتی میوه به طور معنی‌داری افزوده شد. در هر سه ژنوتیپ، نسبت قطر به طول میوه بین ۰/۹ تا ۱/۱ و در نتیجه شکل میوه‌ها گرد بود. به علاوه در طی رشد، این نسبت افزایش یافت، در حالی که طول دم میوه تغییر معنی‌داری نکرد. از نظر میزان آنتوسیانین، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت وجود داشت، به‌طوری که میزان آنتوسیانین در میوه‌های سیاه رنگ ژنوتیپ گلبهار طی مراحل رشد افزایش یافت، ولی در ژنوتیپ‌های قرمز جلین و رضوان در مراحل پایانی رشد از میزان آن کاسته شد. از طرف دیگر در هر سه ژنوتیپ، از میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، فنول و فلاونوئید کاسته و بر میزان قند کل میوه افزوده شد. از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ژنوتیپ رضوان دارای بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین، فنول و فلاونوئید بود اما مقدار قند کل در آن در سطوح پایین‌تری قرار داشت.

واژهای کلیدی: آنتوسیانین، انجیر، صفات ریخت‌شناختی، فلاونوئید، فنول، قند

* نویسنده مسئول: esmaeilseifi@yahoo.com

مقدمه

انجیر با نام علمی (*Ficus carica* L.) از جمله گیاهان خوراکی متعلق به خانواده توت می‌باشد. میوه انجیر مجتمع و از شفت‌های کوچک یا شفتچه تشکیل شده است. شفتچه‌ها از نمو تخمدان‌های موجود در یک گل‌آذین کوزه‌ای معروف به سیکون یا سیکونیوم حاصل می‌شوند. بر اساس گزارش‌های کمیته غذا و تغذیه موسسه پزشکی ایالات‌متحده و با توجه به ترکیب غذایی انجیر خشک میورا و همکاران (Miura et al., 1988)، این میوه می‌تواند به‌عنوان منبع برتر مواد معدنی و ویتامین‌ها تلقی شود. انجیر یکی از محصولات مهم اقتصادی و با ارزش در ایران است. میزان کل تولید انجیر در ایران حدود ۷۸۰۰۰ تن در سال ۲۰۱۲ است (FAO, 2014).

میوه‌ها و سبزی‌ها، پلی‌فنول‌ها، ویتامین‌های آنتی‌اکسیدانی را در رژیم غذایی فراهم می‌کنند. ترکیبات آنتی اکسیدانی مانند ترکیبات فنولی، اسیدهای آلی و کاروتنوئیدها مهارکننده‌ی رادیکال‌های آزاد هستند (Silva et al., 2004؛ Du Toit et al., 2001).

ترکیبات فنولی متابولیت‌های ثانویه رایج در گیاهان هستند که نه تنها عملکرد فیزیولوژیکی در گیاهان دارند، بلکه اثرات مثبتی برای سلامتی بشر دارند (Merken and Beecher, 2000). این ترکیبات همچنین، ترکیبات مهم رنگ، طعم و عطر میوه‌های تازه و سبزیجات هستند که علاوه بر نقش آنتی‌اکسیدانی، نقش ضدجهش یا ضدسرطانی، ضدالتهابی و ضدمیکروبی نیز دارند (Kim et al., 2000; Eberhardt et al., 2000).

تنوع رنگ انجیر از بنفش تیره تا سبز است. انجیرها می‌توانند با پوست و خام مصرف شوند، اما اغلب پوست کنده می‌شوند. اخیرا سولومون و همکاران (Solomon et al., 2006) ترکیبات بالقوه‌ی موثر در سلامتی انسان را در شش رقم تجاری انجیر با رنگ‌های متفاوت (سیاه، قرمز، زرد و سبز) مطالعه کردند و میزان کل پلی‌فنول‌ها، میزان کل فلاونوئیدها، و مقدار و تنوع آنتوسیانین‌ها را مشخص نمودند. آنها نشان دادند که غلظت‌های بالای پلی‌فنول‌ها بخصوص آنتوسیانین‌ها در میوه انجیر فعالیت بالای آنتی‌اکسیدانی دارند.

جزییات رنگ میوه‌های نارس و رسیده‌ی انجیر توسط سولومون و همکاران (Solomon et al., 2006) اندازه‌گیری و سطح آنتوسیانین در انجیر رسیده و نارس مقایسه شد. در حقیقت آنتوسیانین کل در میوه‌های رسیده در مقایسه با نارس‌ها افزایش یافت. در بین همه ارقام، رقم میشن مقدار آنتوسیانین بیش‌تری نشان داد. در حالی که ارقام برونس‌ویسک و کادوتا مقدار آنتوسیانین کم‌تری داشتند. رقم میشن پنج برابر بیش‌تر از رقم تیره‌ی دیگر (چچیک) آنتوسیانین داشت. مقدار آنتوسیانین برای رقم قهوه‌ای ترکیه به طور قابل توجهی از رقم بنفش دیگر (بورسا) بالاتر بود. در هر دو میوه رسیده و نارس انجیر، پوست میوه‌های تیره آنتوسیانین بیش‌تری در مقایسه با ارقام بنفش یا روشن‌تر داشتند.

خواص آنتی‌اکسیدانی میوه کرن‌بری طی چهار مرحله‌ی رسیدن این میوه (سبز روشن، سرخابی، قرمز روشن و قرمز تیره) توسط سلیک و همکاران (Celik et al., 2008) بررسی شد. فنول کل در هر یک از مراحل بلوغ آمار متفاوتی نشان داد. با این حال، متغیرها ارتباط معکوس نشان دادند. طی رسیدن از سبز تا مرحله‌ی قرمز تیره، مقدار فنول کل از ۷۹۹۰ به ٤۷٤۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه کاهش یافت، در حالی که مقدار کل آنتوسیانین از ۰/۸ به ۱۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه افزایش داشت. مقدار فنول کل در حبه‌های قرمز رسیده‌ی کرن‌بری یکی از بیش‌ترین مقادیر در میوه‌ها بود. کاهش میزان فنول کل و افزایش

میـزان آنتوسـیانین در مرحلـه‌ی رسـیدن تعجـب‌آور نیست. با این‌حال تفاوت بین فنول کـل مرحلـه قرمـز تیره و سبز حدود ۷۰ درصـد بـود. در ایـن پـژوهش، تغییر صفات ریخت‌شناختی و فیتوشیمیایی میوه انجیر طی چهار مرحله رشد در سه ژنوتیـپ گلبهـار، قرمـز جلین و رضوان مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ایـن تحقیـق در سـال زراعـی ۹۲-۹۱ در اسـتان گلستان صـورت پـذیرفت. آزمـایش در قالـب طـرح فاکتوریل بر پایه‌ی کاملا تصادفی انجام گردید. فاکتور اول نوع انجیر در سه سطح (ژنوتیـپ) و فـاکتور دوم مرحله رشد میوه در چهار سطح بود که در سه تکـرار اعمال گردید. ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از انجیرهـای تازه‌خوری منطقه انتخاب و میوه‌ها از چهـار مرحلـه‌ی رشدی مختلف، شامل میوه‌های با قطر تقریبـی یـک، دو، سه و چهار سانتی‌متر (میوه بالغ)، برداشت شـدند. میزان قند در این چهار مرحله به ترتیب عبارت بودند از: ۷/۹۱، ۸/۷۰، ۱۰/۱۲ و ۱۵/۴۵ میلی گرم بـر گـرم گوشت میوه). میوه‌ها به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقـل شدند و صفات ریخت‌شناختی و فیتوشـیمیایی آن‌هـا مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

صفات ریخت شناختی شامل طول و قطـر میـوه، نسبت قطر به طول میوه، طول گردن، طـول دم، قطـر روزن طول بخش گوشتی میوه بودند. نسبت قطـر بـه طول میوه برای تشخیص شکل میوه بـه کـار مـی‌رود، بدین ترتیب که اگر ایـن نسـبت کـم‌تـر از ۰/۹ باشـد شکل میوه کشیده، بین ۰/۹ تا ۱/۱ باشـد شـکل میـوه گرد و بیش‌تر از ۱/۱ باشد شکل میوه شلجمی خواهد بود. منظور از طـول گـردن فاصـله‌ی بـین دم میـوه و بخش اصلی میـوه اسـت و یکـی از صـفات ریخـت شناختی مهم در میوه‌ی انجیر می‌باشد. این صفات بـا استفاده از وسایل اندازه‌گیری شامل خط‌کش و کولیس و بر اساس دسکریپتور انجیر بررسی شدند (IPGRI, 2003).

به‌منظور تعیین میزان آنتوسـیانین میـوه، ۱ گـرم از گوشت میوه با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی ساییده شد و عصاره‌ها بـرای ۲۴ سـاعت در تـاریکی و دمـای ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس در دسـتگاه سانتریفیوژ با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به‌مـدت ۱۰ دقیقه قرار گرفت و جذب محلول رویی با اسـتفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شـد. مقدار آنتوسیانین با استفاده از رابطه A=Ebc بـه‌دسـت آمد، که در آن مقدار E یـا ضـریب خاموشـی معـادل ۳۳۰۰ میلی‌مولار بـر سـانتی‌متـر، a مقـدار جـذب، b عرض کووت اندازه‌گیری برابـر بـا ۱ سـانتی‌متـر و c مقدار آنتوسیانین بر حسب مول بر گرم وزن تـر گیـاه مـی‌باشـد. در نهایـت میـزان آنتوسـیانین بـر حسـب میکرومول بر گرم وزن تر گوشت بیان شد (Wanger, 1979).

برای اندازه‌گیری فنول و فلاونویید، ابتـدا عصـاره متانولی نمونه‌ها تهیه شد. به این ترتیب کـه ۵ گـرم از گوشت نمونه‌ها در ۱۰ میلـی‌لیتـر متـانول ۸۰ درصـد مخلوط گردید و پس از همگن‌سـازی بـا متـانول ۸۰ درصد به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید. پس از آن نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت روی شیکر قرار گرفت و سپس از کاغذ صافی عبور داده شد. در نهایـت از ایـن عصـاره جهت اندازه‌گیری مواد فوق استفاده شد.

برای اندازه‌گیری فنول کـل ۴۰ میلـی‌لیتـر عصـاره متانولی با ۲/۲۲ میلی‌لیتر آب مقطـر و ۲۰۰ میلـی‌لیتـر معرف فـولین سـیو کـالتو ترکیـب گردیـد و پـس از گذشت ۱ تا ۸ دقیقه، ۶۰ میلی‌لیتـر کربنـات سـدیم ۱ مولار به آن اضافه گردید. در ادامه، ترکیب حاصل بـه مدت ۳۰ دقیقـه در دمـای ۴۰ درجـه سـانتی‌گـراد در بن‌ماری تاریک نگه‌داری شد. سپس جذب نمونه‌ها در

طول موج ۷٦۵ نانومتر به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت و در نهایت مقدار فنول کل طبق رابطه Y=5.306x - 0.001 بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان شد که در آن Y عدد قرائت دستگاه اسپکتروفتومتر و x مقدار فنول است (Ebrahimzadeh et al., 2008).

به‌منظور اندازه‌گیری میزان فلاونوئید میوه، مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر عصاره‌ی متانولی با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول خالص و ۰/۱ میلی‌لیتر آلومینیوم کلراید و ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم یک مولار و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب گردید. سپس جذب نمونه‌ها در طول موج ٤۱۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. در نهایت میزان فلاونوئید طبق رابطه Y=7.939x-0.037 بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بیان شد که در آن Y عدد قرائت دستگاه اسپکتروفتومتر و X مقدار فلاونوئید است (Ebrahimzadeh et al., 2008).

به‌منظور استخراج قندهای محلول ٤۰ میلی‌گرم از بافت تر میوه با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط و به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آبگرم با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس عصاره‌های الکلی به‌دست آمده در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت و محلول شفاف به دست آمده حاوی قندهای محلول به یک بشر منتقل شد و عمل فوق چهار مرتبه دیگر روی بقایای بافتی باقیمانده تکرار گردید. در نهایت، عصاره الکلی با حرارت تغلیظ شده و حجم آن به یک پنجم اولیه رسید. از این عصاره برای اندازه‌گیری قندهای محلول استفاده شد (Omokolo et al., 1996). میزان قند کل از طریق رابطه Y=0.625x–0.011 و بر حسب میلی‌گرم بر گرم اندازه‌گیری شد که در آن Y عدد قرائت دستگاه اسپکتروفتومتر و x مقدار قند است. در پایان تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار SigmaPlot استفاده گردید.

نتایج

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، اثر متقابل ژنوتیپ و مرحله رشد بر صفات طول و قطر میوه، طول گردن و قطر روزن معنی‌دار بود، اما بر نسبت قطر به طول، طول دم و طول بخش گوشتی میوه معنی‌دار نبود. نتایج همچنین بیانگر آن است که ژنوتیپ بر تمام صفات اثر معنی‌دار داشته است. اثر مراحل رشد نیز بر تمام صفات به‌جز طول دم میوه معنی‌دار بوده است. با توجه به این نتایج، در مورد چهار صفت اول مقایسه‌ی میانگین‌ها در مورد اثرات متقابل انجام گردید و در مورد بقیه صفات اثرات ساده مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات ریخت‌شناختی میوه در مراحل چهارگانه رشد

منابع تغییرات		میانگین مربعات						
	درجه آزادی	طول میوه	قطر میوه	قطر/ طول میوه	طول گردن	طول دم	قطر روزن	طول بخش گوشتی
ژنوتیپ	۲	۵/۷***	٤/۹***	۰/۰۹٦**	۲۷/۰۵*	۷۳۰/۵***	۱٦/۱**	٦/٤***
مرحله‌ی رشد	۳	۲۵/۵***	٤۳/۹***	۰/۷٤۳***	۱۰۳/۲***	۷۱/۳^{ns}	۲٦/۸**	۲٦/٦***
ژنوتیپ * مرحله رشد	٦	۳/۷***	۲/۱***	۰/۰۷٦^{ns}	٦۲/۸*	۱۱٤/۰^{ns}	۹۱/۸**	۰/٤۳^{ns}
خطا	۱۰۸	۱۱/۵۸	۷/۸۳	۰/۹۳۱	۳۸۲/۱۰	۱۵۳۱/٤۹	۱۵۹/٦۰	٦/۰۰

***، **، * و ^{ns}: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار.

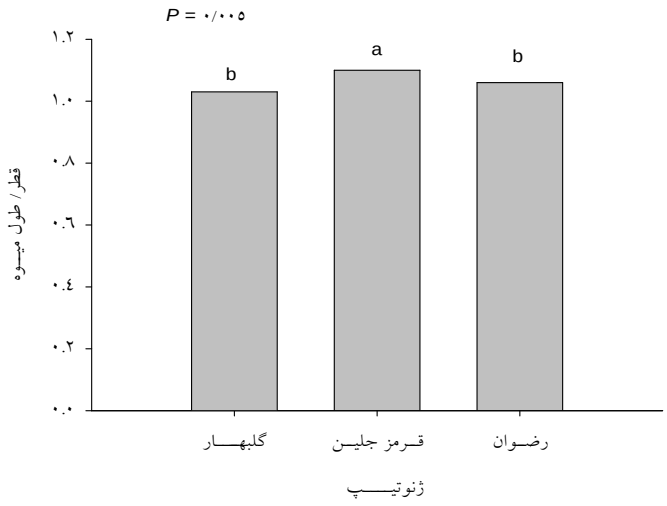
کم‌ترین طول میوه در هر سه ژنوتیپ مربوط به مرحله‌ی ۱ رشد بود (جدول ۲). قطر میوه نیز از مرحله‌ی ۱ تا ٤ در هر سه ژنوتیپ به صورت معنی‌دار افزایش یافت. نتایج همچنین نشان داد که بیش‌ترین طول گردن (٤/۲۰ میلی‌متر) در ژنوتیپ گلبهار در مرحله‌ی ۳ بود. در ژنوتیپ قرمز جلین، طول گردن در مراحل ۱ و ۲ کم‌تر از مراحل ۳ و ٤ بود. این صفت در ژنوتیپ رضوان اختلاف معنی‌داری نشان نداد. بیش‌ترین قطر روزن (۱۳/۷۰ میلی‌متر) مربوط به مرحله ۳ ژنوتیپ گلبهار بود که با مراحل ۱ و ۲ تفاوت معنی‌دار داشت. دو ژنوتیپ دیگر در این صفت اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند.

جدول ۲: اثر متقابل ژنوتیپ و مرحله رشد بر برخی از صفات ریخت‌شناختی میوه انجیر

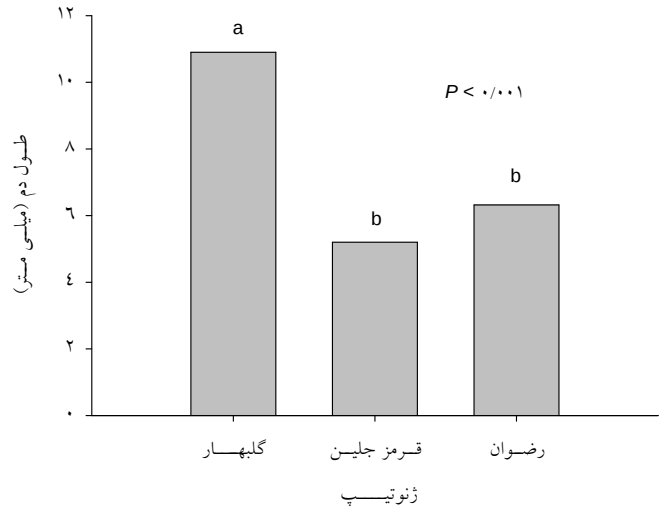
ژنوتیپ	مرحله **رشد**	طول میوه (سانتی‌متر)	قطر میوه (سانتی‌متر)	طول گردن (میلی‌متر)	قطر وزن (میلی‌متر)
		P<۰/۰۰۱	P<۰/۰۰۱	P=۰/۰۱	P<۰/۰۰۱
گلبهار	۱	۲/۲۱^{g}	۲/۳۲^{h}	۰/۸۰^{d}	۹/۷۰^{b}
	۲	۲/۸۷^{de}	۲/۹۲^{ef}	۱/٦۰^{cd}	۹/٦۰^{b}
	۳	۳/۵۷^{b}	۳/٤٦^{cd}	٤/۲۰^{a}	۱۳/۷۰^{a}
	٤	٤/۰۲^{a}	٤/٤۲^{a}	۲/۵۰^{bc}	۱۰/٦۰^{ab}
قرمز جلین	۱	۲/۳۸^{fg}	۲/۵۵^{gh}	۰/٦۰^{d}	۵/۵۰^{cd}
	۲	۲/۸۳^{de}	۲/۹۲^{ef}	۱/۹۰^{cd}	٦/۳۰^{c}
	۳	۳/۱۸^{c}	۳/۲۳^{d}	٤/۱۰^{ab}	۵/٤۰^{cd}
	٤	۳/۰٦^{cd}	۳/۹٤^{b}	٤/۲۰^{a}	۳/٦۰^{de}
رضوان	۱	۱/۹۲^{h}	۲/۰۰^{i}	۱/۸۰^{cd}	٤/۷۰^{cd}
	۲	۲/٦٤^{ef}	۲/۷۱^{fg}	۱/۳۰^{cd}	٦/٦۰^{c}
	۳	۳/۰۳^{cd}	۲/۹۸^{e}	۲/۰^{cd}	۷/۰۰^{bc}
	٤	۲/۹۸^{cd}	۳/۵۱^{c}	۰/۹۰^{cd}	۷/۰۰^{bc}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار (بسته به مورد، ال.اس.دی ۱ و ۵ درصد) هستند.

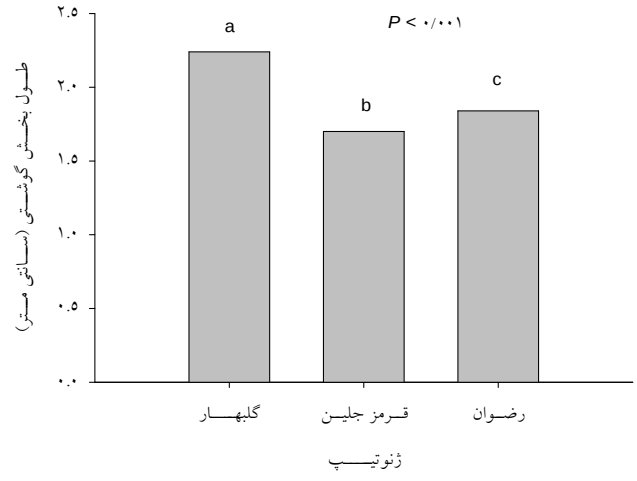
نتایج نشان داد که اثر ژنوتیپ بر نسبت قطر به طول میوه (P=۰/۰۰۵)، طول دم (P<۰/۰۰۱) و طول بخش گوشتی میوه (P<۰/۰۰۱) معنی‌دار بود. هر سه ژنوتیپ دارای نسبت قطر به طول بین ۰/۹ تا ۱/۱ و در نتیجه شکل میوه گرد بودند، هر چند که ژنوتیپ‌های گلبهار و رضوان نسبت قطر به طول کم‌تری از ژنوتیپ قرمز جلین داشتند، یعنی دارای میوه‌های گردتری بودند (شکل ۱). بیش‌ترین طول دم (شکل ۲) و طول بخش گوشتی (شکل ۳) مربوط به ژنوتیپ گلبهار بود (به‌ترتیب، ۱۰/۹۰ میلی‌متر و ۲/۲٤ سانتی‌متر) و در هر دو صفت با سایر ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. کم‌ترین طول بخش گوشتی میوه در ژنوتیپ قرمز جلین دیده شد. این اختلاف در طول دم و بخش گوشتی می‌تواند ناشی از تنوع بین ژنوتیپ‌ها باشد.



شکل ۱: اثر ژنوتیپ بر نسبت قطر به طول میوه انجیر

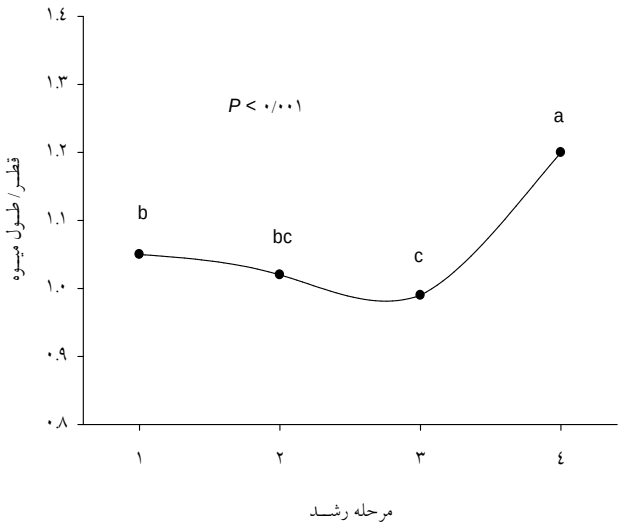


شکل ۲: اثر ژنوتیپ بر طول دم میوه انجیر

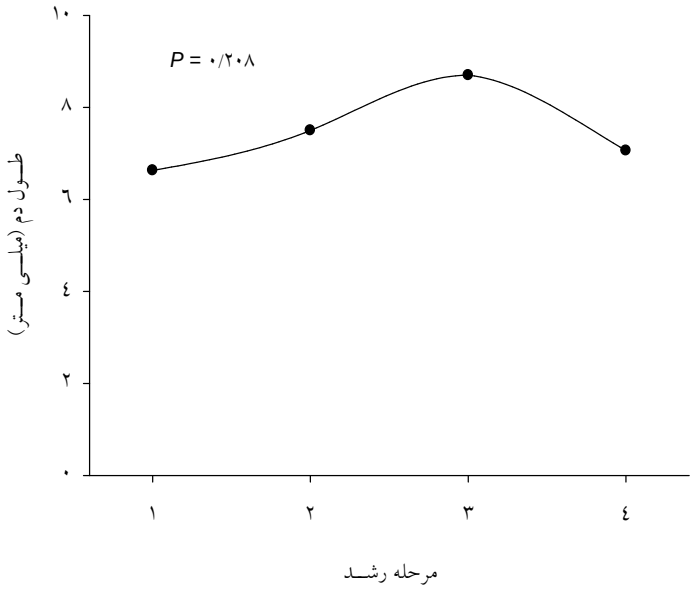


شکل ۳: اثر ژنوتیپ بر طول بخش گوشتی میوه انجیر

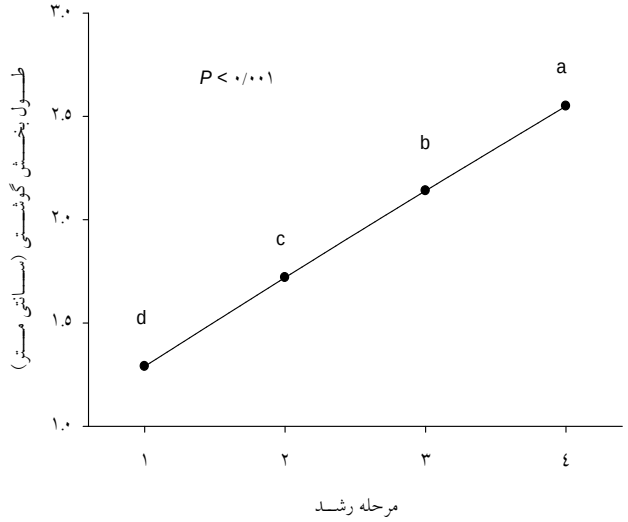
نتایج همچنین نشان داد که اثر مرحله رشد بر نسبت قطر به طول میوه ($P<۰/۰۰۱$) و طول بخش گوشتی ($P<۰/۰۰۱$) معنی‌دار بود، اما بر طول دم میوه ($P=۰/۲۰۸$) معنی‌دار نبود. طی رشد میوه‌ها، نسبت قطر به طول افزایش یافت، به عبارت دیگر شکل میوه از حالت گرد در مراحل ۱، ۲ و ۳ به حالت شلجمی در مرحله‌ی ٤ رسید (شکل ٤). طبق نتایج حاصل، طول دم میوه در حین مراحل رشد تغییر معنی‌داری نکرد (شکل ۵). بیش‌ترین طول بخش گوشتی میوه نیز مربوط به مرحله‌ی ٤ بود که با سایر مراحل اختلاف معنی‌دار داشت، به عبارت دیگر گوشت که یکی از بخش‌های خوراکی میوه است طی مراحل رشد میوه به افزایش طول ادامه می‌دهد (شکل ٦).



شکل ٤: اثر مرحله رشد بر نسبت قطر به طول میوه انجیر



شکل ۵: اثر مرحله رشد بر طول دم میوه انجیر



شکل ٦: اثر مرحله رشد بر طول بخش گوشتی میوه انجیر

تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ژنوتیپ و مرحله رشد بر میزان آنتوسیانین (P<۰/۰۰۱)، فنول (P<۰/۰۰۱)، فلاونوئید (P<۰/۰۰۱) و قند کل میوه (P=۰/۰۱۵) معنی‌دار بود (جدول ۳). اثرات ساده ژنوتیپ و مرحله رشد نیز بر تمام صفات یاد شده در سطح احتمال ۰/۱ و ۱ درصد معنی‌دار بود.

جدول ۳: تجزیه واریانس صفات فیتوشیمیایی میوه انجیر

		میانگین مربعات			
منابع تغییرات	درجه‌ی آزادی	آنتوسیانین	فنول	فلاونوئید	قند کل
ژنوتیپ	۲	۰/۳۱۸***	٤/۸۰***	۲۷/۵۹***	۱/۸۰***
مرحله رشد	۳	۰/۱٦٦**	۳/۹۲***	۲۹/٦۰***	٦/٦٤***
ژنوتیپ * مرحله رشد	٦	۰/٦٤۲***	۲/٦۷***	۳۲/۷۵***	۰/۷٦*
خطا	۲٤	۰/۲۳۸	۱/۵۸	۵/۸۹	۰/۹٦۹

***،**و *: به‌ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵ درصد.

در ژنوتیپ گلبهار، همزمان با رسیدن میوه، میزان آنتوسیانین نیز به طور معنی‌داری افزایش یافت. اما در دو ژنوتیپ دیگر عکس این حالت مشاهده شد که می‌تواند به دلیل تفاوت در رنگ میوه باشد. ژنوتیپ گلبهار دارای رنگ میوه سیاه در زمان رسیدگی کامل است (جدول ٤). میزان فنول در میوه‌های نابالغ بیش‌تر از میوه‌های رسیده بود. بیش‌ترین میزان فنول مربوط به مرحله ۱ در ژنوتیپ گلبهار (۱/۳۱۲ میلی‌گرم بر گرم) و مرحله ۳ در ژنوتیپ‌های قرمز جلین (۱/۸۸۷ میلی‌گرم بر گرم) و رضوان (۲/۸۰۵ میلی‌گرم بر گرم) بود و کم‌ترین میزان آن در مرحله ٤ هر سه ژنوتیپ مشاهده شد. به طور مشابه، میزان فلاونوئیدها نیز در مرحله رسیدگی کم‌تر از مراحل دیگر بود. کم‌ترین میزان آن در مراحل ٤ هر سه ژنوتیپ و بیش‌ترین میزان آن در مرحله ۲ ژنوتیپ‌های گلبهار (۲/٤٤۷ میلی‌گرم بر گرم) و رضوان (٦/۰۰۱ میلی‌گرم بر گرم) و مرحله ۳ ژنوتیپ قرمز جلین (۱/۰۷٤ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده گردید، هر چند در

برخی موارد این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که همزمان با رسیدن میوه، بر میزان قند میوه افزوده شده و در هر سه ژنوتیپ بیش‌ترین میزان قند میوه در مرحله ٤ مشاهده شد (جدول ٤). در مرحله ١ از رشد و نمو میوه‌ها، میزان قند کل در تمام ژنوتیپ‌ها برابر بود، اما در مرحله ٤ مقادیر بالاتری از قند کل در ژنوتیپ گلبهار (٥/٧٢ میلی‌گرم بر گرم) نسبت به ژنوتیپ‌های قرمز جلین و رضوان (به‌ترتیب ٥/١٥ و ٤/٥٨ میلی‌گرم بر گرم) مشاهده شد.

جدول ٤: اثر متقابل ژنوتیپ و مرحله رشد بر صفات فیتوشیمیایی میوه انجیر

ژنوتیپ	مرحله رشد	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم)	فنول (میلی‌گرم بر گرم)	فلاونویید (میلی‌گرم بر گرم)	قند کل (میلی‌گرم برگرم)
		P<٠/٠٠١	P<٠/٠٠١	P<٠/٠٠١	P=٠/٠١٥
گلبهار	١	٠/١٧٢^{de}	١/٣١٢^{cd}	١/٨٣٣^{cd}	٢/٧١^{cde}
	٢	٠/٢٦٤^{cde}	١/٢١٥^{de}	٢/٤٤٧^{c}	٣/٥^{c}
	٣	٠/٣٠٣^{cd}	٠/٨٥٣^{ef}	١/٧٧٥^{cd}	٤/٥^{b}
	٤	٠/٥١٦^{ab}	٠/٤٧٩^{f}	٠/٤٥٨^{f}	٥/٧٢^{a}
قرمز جلین	١	٠/٢٥٧^{cde}	١/٦٦٤^{bc}	٠/٩٢٢^{ef}	٢/٨^{cde}
	٢	٠/٣٤٧^{c}	١/٥١٢^{bcd}	٠/٨٧٨^{ef}	٢/٦^{de}
	٣	٠/٣٩٧^{bc}	١/٨٨٧^{b}	١/٠٧٤^{def}	٣/٤٢^{cd}
	٤	٠/١٢٧^{e}	١/١٦٠^{de}	٠/٦٤٣^{f}	٥/١٥^{b}
رضوان	١	٠/٥٨٣^{a}	١/٥٣٥^{bcd}	٣/٩٥^{b}	٢/٤^{e}
	٢	٠/٦٦٣^{a}	١/٨٧١^{b}	٦/٠٠١^{a}	٢/٦^{de}
	٣	٠/٥٨٧^{a}	٢/٨٠٥^{a}	١/٦٠^{de}	٢/٢^{e}
	٤	٠/١٤٩^{de}	١/١٥٩^{de}	٠/٤٠٧^{f}	٤/٥٨^{b}

حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار (بسته به مورد، ال.اس.دی ١٪ و ٥٪) هستند.

بحث

همان طور که بیان شد، در هر سه ژنوتیپ مورد مطالعه، طی مراحل رشد و نمو بر طول و قطر میوه‌ها افزوده شد. این نتایج در تطابق با گزارش گوزلکی و کایناک (Gozlekci and Kaynak, 2000) در بررسی تغییرات فیزیکوشیمیایی گیاه انار، نشان دادند که میانگین طول میوه در فاصله ماه ژوئن تا اکتبر افزایش یافت و به‌ترتیب ٢٢/٦٧، ٤٦/٤٥، ٥٨/٦٤، ٦٦/٠٢و ٧٤/٤٦ میلی‌متر بود. طبق این گزارش، قطر میوه نیز از ژوئن تا اکتبر افزایش نشان داد. همچنین، سلمانی (Salmani, 2012) با بررسی تاثیر زمان برداشت بر طول و قطر میوه زیتون اظهار داشت که طول و قطر میوه روند افزایشی داشتند تا اینکه به یک مقدار ثابت رسیدند. این گزارش نیز با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

نتایج همچنین نشان داد که اثر مرحله رشد بر نسبت قطر به طول میوه و طول بخش گوشتی معنی‌دار بود، ولی بر طول دم میوه معنی‌دار نبود. طی رشد، شکل میوه از حالت گرد در مراحل اولیه رشد به حالت شلجمی در مرحله پایانی رشد رسید. وارسته و همکاران (Varasteh et al., 2008) گزارش کردند که طی رشد قطر میوه انار افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که میوه در اواخر دوره رسیدن از حالت کشیده اولیه‌ی خود تقریباً به حالت گرد تبدیل می‌شود که با نتایج این

تحقیق مطابقت دارد. فائول و اپارا (Fawole and Opara, 2013) نیز بیان داشتند که طول و قطر میوه انگور در طی رسیدن افزایش می‌یابد، در حالی که نسبت طول به قطر کاهش می‌یابد. یعنی قطر میوه بیش‌تر از طول آن رشد می‌کند. سلمانی (Salmani, 2012) گزارش کرد که به طور کلی نسبت طول به قطر میوه‌ی زیتون طی مراحل برداشت روند کاهشی داشت و میوه به مرور گردتر شد که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. نتایج نشان داد که طول دم میوه در حین مراحل رشد تغییر معنی‌داری نکرد. این امر به این علت است که دم میوه در واقع دم گل‌آذین کوزه ای شکل انجیر است که تا قبل از شروع رشد بخش گوشتی‌اش، یعنی میوه دروغین انجیر، به حداکثر طول خود رسیده است.

میزان آنتوسیانین در ژنوتیپ گلبهار همزمان با رسیدن میوه به طور معنی‌داری افزایش یافت. اما در دو ژنوتیپ دیگر عکس این حالت مشاهده شد که می‌تواند به دلیل تفاوت در رنگ میوه باشد. میزان فنول و فلاونوئید در میوه‌های نابالغ بیش‌تر از میوه‌های رسیده بود. در تحقیق کولکارنی و ارادیا (Kulkarni and Aradhya, 2005) کاهش ۵۰ درصد در میزان فنول کل طی مراحل رسیدن میوه در انگور را گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. تاثیر مرحله رسیدن و منطقه رشد بر غلظت ترکیبات فنولی یک رقم انار توسط لاب و همکاران (Labbe et al., 2010) گزارش شد؛ بیش‌ترین غلظت فنول کل در مرحله سبز رسیده و کم‌ترین غلظت آن در مرحله‌ی رسیدگی کامل مشاهده گردید. سلیک و همکاران (Celik et al., 2008) خواص آنتی‌اکسیدانی میوه کرنبری طی چهار مرحله رسیدن این میوه (سبز روشن، سرخابی، قرمز روشن و قرمز تیره) را بررسی کردند. نتایج نشان داد که فنول کل و محتویات آنتی‌اکسیدانی آن طی مراحل بلوغ تغییر نمودند. طی رسیدن میوه از سبز تا مرحله قرمز تیره، مقدار فنول کل از ۷۹۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه به ٤۷٤۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه کاهش یافت و تفاوت بین فنول کل میوه در مرحله قرمز تیره و سبز حدود ۷۰ درصد بود، در حالی که مقدار کل آنتوسیانین از ۰/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه به ۱۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه افزایش داشت. بیش‌ترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز در مرحله سبز مشاهده شد.

احتمالاً، کاهش در میزان ترکیبات فنولی میوه، می‌تواند در اثر تبدیل شدن آن به ترکیبات دیگر مانند گلیکوزیدها باشد. برای مثال در میوه زیتون نشان دادند در طی رشد اولئوروپین تجمع می‌یابد و سپس به آرامی به گلیکوزید النولیک و دی‌متیل الئوروپین تبدیل می‌شود (Su et al., 2002). در تحقیق مشابه در مورد گیاه انار نیز فائول و اپارا (Fawole and Opara, 2013) گزارش کردند که در ارقام انار (رابی و باگوای)، کاهش میزان ترکیبات فنولی می‌تواند به علت کاهش در میزان فلاونوئید کل و گالوتانین کل باشد. هیند و همکاران (Hind et al., 2003) با مقایسه ترکیبات فنولی در میوه گواوا طی مراحل رسیدن، گزارش کردند که با کاهش سفتی پوست میزان این ترکیبات نیز کاهش می‌یابد. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که همزمان با رسیدن میوه، بر میزان قند میوه افزوده شده و در هر سه ژنوتیپ بیش‌ترین میزان قند میوه در مرحله ٤ مشاهده شد (جدول ٤). هیند و همکاران (Hind et al., 2003) افزایش قابل توجه در میزان قند کل پس از نقطه اوج فرازگرایی در میوه گواوا را مشاهده کردند. آنها این افزایش در میزان مواد جامد محلول و قند کل طی رسیدن میوه را به هیدرولیز نشاسته به قند نسبت دادند. طبق گزارش حسن‌پور و همکاران (Hasanpour et al., 2010) نیز، مقدار قند کل در مدت رسیدن میوه انگور سفید بی‌دانه، از ۱۳/۵ درصد به ۱۹/۱ درصد افزایش یافت.

همچنین طبق گزارش کاند و همکاران (Conde et al., 2007)، کم‌ترین میزان قند در مرحله سبز شدن حبه انگور و بیش‌ترین میزان آن در مرحله رسیدن و برداشت انگور دیده شد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی، نتایج نشان می‌دهد که خصوصیات ریخت‌شناختی و ترکیبات فیتوشیمیایی میوه انجیر طی مراحل مختلف رسیدن تغییرات قابل توجهی می‌یابند. طی مراحل چهارگانه رشد میوه انجیر که در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفت، بر طول و قطر میوه‌ها، نسبت قطر به طول میوه، طول بخش گوشتی و طول گردن افزوده می‌شود، در حالی که طول دم میوه ثابت باقی می‌ماند، به عبارت دیگر اجزا میوه رشد طولی می‌کنند، اما طول دم میوه که در واقع دم گل‌آذین کوزه ای شکل انجیر است ثابت باقی می‌ماند. به علاوه در طی مراحل رسیدن از میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی بخش گوشتی میوه کاسته و به میزان قند آن افزوده شد. از نظر میزان آنتوسیانین، بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت وجود داشت، به طوری که در میوه‌های سیاه رنگ ژنوتیپ گلبهار طی مراحل رشد بر میزان آنتوسیانین افزوده شد، ولی در ژنوتیپ‌های قرمز جلین و رضوان در مراحل پایانی رشد از میزان آن کاسته شد.

References

1. Celik, H., Ozgen, M., Serce, S. and Kaya, C. 2008. Phytochemical accumulation and antioxidant capacity at four maturity stage of cranberry fruit. Scientia Horticulturae, 117: 345-348.
2. Conde, C., Silva, P. and Fontes, N. 2007. Grape development and wine quality. Global Science Book, pp: 1-22.
3. Du Toit, R., Volsteedt, Y. and Apostolides, Z. 2001. Comparison of the antioxidant content of fruits, vegetables and teas measured as vitamin C equivalents. Toxicology, 166:63-69.
4. Eberhardt, M.V., Lee, C.Y. and Liu, R.H. 2000. Antioxidant activity of fresh apples. Nature, 405: 903-904.
5. Ebrahimzade, M.A., Pourmorad, F. and Hafezi, S. 2008. Antioxidant Activities of Iranian Corn Silk. Turkish Journal of Biology, 32: 43-49.
6. FAO. 2014. Agricultural data. Faostat.fao.org/faostat/collections? subset=agriculture, Aug. 2014.
7. Fawole, O.A. and Opara, U.L. 2013. Developmental changes in maturity indices of pomegranate fruit: A descriptive review. Scientia Horticlturae, 159: 152-161.
8. Gozlekci, S. and Kaynak, L. 2000. Physical and chemical changes during fruit development and flowering in pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivar Hicaznar grown in Antalya region. CIHEAM, 79-85.
9. Hassanpour, A., Esmaiili, M., Modarres Motlagh, A., and Rahmani Didar, A. 2010. Changes in viscoelastic properties of thompson seedless grapes during ripening. Journal of Food Research, 20 (2): 133-145.
10. Hind, A. Bashir, A. and Abu-Goukh, A. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. Food Chemistry, 80: 557-563.
11. IPGRI. 2003. Descriptors for Figs. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 52 p.
12. Kim, M.Y., Choi, S.W. and Chung, S.K. 2000. Antioxidative flavonoids from the garlic (*Allium sativum* L.) shoot. Food Science and Biotechnology, 9: 199-203.
13. Kulkarni, A.P. and Aradhya, S.M. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. Food Chemistry, 93: 319-324.
14. Labbe, M., Pena, A. and Saens, C. 2010. Antioxidant capacity and phenolic composition of juices from pomegranates stored in refrigeration, In: International Conference on Food Innovation.
15. Merken, H.M. and Beecher, G.R. 2000. Measurement of food flavonoids by high performance liquid chromatography: a review. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48: 577-599.
16. Miura, Y., Kondo, K., Saito, T., Shimada, H., Fraser, P.D. and Misawa, N. 1998. Production of carotenoids lycopene, β-caroten and astaxanthin in the food yeast Candida utilise. Apple. Environmental Microbiology, 64: 1226.
17. Omokolo, N.D., Tsala, N.G. and Djocgoue, P.F. 1996. Change in carbohydrate in, amino acid and phenol content in cocoa pods from three clones after infection and dwarfing in

tomato seedlings. Plant Physiology and Biochemistry, 41: 283-288.
18. Salmani, A. 2012. The effect of fruit harvesting time on the quantity and quality of oil and the percent of seed germination in olive cultivar Koroneiki. M.Sc thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
19. Silva, R.H., Abilio, V.C., Takatsu, A.L., Kameda, S.R., Grassl, C., Chehin, A.B., Medrano, W.A., Calzavara, M.B., Registro, S., Andersen, M.L., Machado, R.B., Carvalho, R.C., Ribeiro, A., Tufik, S. and Frussa-Filho, R. 2004. Role of hippocampal oxidative stress in memory deficits induced by sleep deprivation in mice. Neuropharmacology, 46: 895-903.
20. Solomon, A., Golubowicz, S., Yablowicz, Z., Grossman, S., Bergman, M., Gottlieb, H., Altman, A., Kerem, Z. and Flaishman, M.A. 2006. Antioxidant activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (*Ficus carica* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 7717-7723.
21. Su, Q., Rowley, K.G., Itsiopoulos, C. and Dea, O'K. 2002. Identification and quantitation of major carotenoids in selected components of the mediterranean diet: green leafy vegetables, figs and olive oil. European Journal of Clinical Nutrition, 56: 1149-1154.
22. Varaste, V., Arzani, K., and Zamani, Z. 2008. An Investigation of the Physicochemical Seasonal Changes of Pomegranate (*Punica granatum* L.) Fruit cv. Malas-e-Torsh-e-Saveh'. Iranian Journal of Horticultural Sciences, 39 (1): 29-38.
23. Wanger, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant physiology, 64:88-93.