Archive of SID

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۴، تابستان ۱۳۹۸ / صفحات: ۱۱ -۱

بررسی صفات کیفی زردآلو رقم شاهرودی (*Prunus armeniaca* cv. *Shahroudi*) در طی مراحل مختلف برداشت

جسیم طه[1*]، جعفر حاجی‌لو[1]، غلامرضا دهقان[2]

[1]گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

[2]گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۳/۱۸

چکیده

امروزه توجه زیادی به کیفیت میوه‌ها از جمله میوه‌های هسته‌دار با توجه به عمر پس از برداشت کوتاه آنها می‌شود. هدف از این پژوهش ارزیابی بعضی از صفات کیفی در طی مراحل پایانی رشد و تعیین زمان مناسبت برداشت زردآلو رقم شاهرودی با توجه به زمان و بازار مصرف بود. میوه‌های زردآلو در فاصله ۳ زمان مختلف، (فاصله هر برداشت از برداشت دیگر سه روز بود) برداشت شدند. آزمایش بر طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تیمار (مراحل مختلف برداشت) و ٤ تکرار (جهت‌های اصلی جغرافیایی درخت) انجام شد. صفات کیفی اندازه‌گیری شده شامل: مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین C، سفتی‌بافت میوه، pH عصاره میوه، فنل، فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، آنتوسیانین کل، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پلی فنل اکسیداز) و پروتئین کل بودند. تمامی صفات در سطح ۵ درصد معنی‌دار بوده و در طول زمان‌های مختلف برداشت تغییر کردند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در طول برداشت بجز پلی فنل اکسیداز افزایش و فنل‌ها و فلاونوئیدها کاهش پیدا کردند. با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد بهترین زمان برداشت برای این رقم زردآلو برداشت دوم باشد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت، زردآلو، شاهرودی، زمان برداشت، افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

مقدمه

زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) به‌عنوان یکی از میوه‌های مناطق معتدله از تیره گلسرخیان می‌باشد. این میوه در طب سنتی برای درمان بیماری‌های مختلف (Gilani et al., 2010)، همچنین به عنوان تازه‌خوری و فرآوری در دسرها، چیپس، سالاد، پوره مربا، ترشی، کمپوت و غیره استفاده می‌شود (Ghasemnezhad and Shiri, 2010). زردآلو نقش بالایی در تغذیه و سلامتی انسان دارد چون دارای رنگدانه‌های کاروتن و لیکوپن هستند که برای چشم و قلب مفید است. میوه زردآلو غنی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی چون، کارتنوئیدها، ویتامین‌ها (El-Badawy and El-Sally, 2011)، پلی فنول‌ها (Sochor et al., 2010)، ویتامین K، نیاسین، تیامین، آهن، اسیدهای آلی، فنل‌ها و ترکیبات فرار هستند (Mandal et al., 2007).

در سال‌های اخیر تحقیقات و برنامه‌های زیادی در حیطه‌ی کیفیت، عملکرد و افزایش عمر انبارمانی این میوه انجام شده است. کیفیت میوه تحت تاثیر شرایط محیطی، نوع محصول، رسیدگی و شرایط قبل از برداشت تغییر پیدا می‌کند (Gunduz et al., 2013). پارامترهای بارز کیفی نظیر سفتی، مواد جامد محلول کل، اسیدیته کل، تولید اتیلن بسیار مهم هستند که مراحل بلوغ و زمان برداشت میوه را به ما نشان می‌دهند (Layne and Bassi, 2008).

*نویسنده مسئول: jasimtaha24@ gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از عوامل تاثیرگذار در کیفیت میوه‌ها زمان برداشت می‌باشد. عدم دقت در زمان مناسب برداشت صحیح منجر به تغییرات در کیفیت غذایی و حسی میوه‌ها از جمله زردآلو می‌شود، تحقیقات زیادی در مورد تاثیر زمان‌های برداشت بر کیفیت میوه‌های چون هلو (Remorini et al., 2008) و بادام (Piscopo et al., 2010) انجام گرفته است.

میزان رسیدگی و بلوغ محصول، تعیین کننده زمان مناسب برداشت است. معیارهایی که برای تشخیص بلوغ میوه به کار می‌رود، شامل رنگ گوشت یا پوست، سفتی گوشت، ویژگی‌های انتقال یا انعکاس نور، قابلیت هدایت الکتریکی، ترکیب شیمیایی (نشاسته، قندها و اسیدها)، اندازه و شکل، رفتار تنفسی و تولید اتیلن، مدت زمان لازم برای رسیدن از هنگام گلدهی یا کاشت و محاسبه واحدهای حرارتی می‌باشد (Rahemi, 2011). برداشت در مرحله بلوغ و رسیدگی ممکن است منجر به تغییرات در کیفیت غذایی و حسی میوه‌ها از جمله زردآلو شود. به‌طور معمول میوه‌های زردآلو در مرحله‌ای که رنگ پوست میوه زمینه زرد رنگ با لکه سبز داشته باشد، و از طعم مطلوبی برخوردار هستند، برداشت می‌شوند (Ganji Moghaddam, 2011) و معمولا مصرف‌کنندگان، زردآلو را در تمام مراحل بلوغ مصرف نمی‌کنند؛ بنابراین تأثیر مرحله رسیدگی بر خواص آنتی‌اکسیدانی و کیفیت میوه یک موضوع مهمی می‌باشد (Gunduz et al., 2013).

با توجه به موارد ذکر شده و اهمیت این موضوع هدف از این پژوهش بررسی زمان‌های مختلف برداشت بر ویژگی‌های کیفی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی میوه زردآلو رقم شاهرودی به منظور تعیین زمان مناسب برداشت با بهترین کیفیت و بازارپسندی میوه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایش: میوه‌های مورد نیاز برای انجام این تحقیق بر اساس رنگ‌گیری اولیه، مواد جامد محلول کل و تعداد روز پس از گلدهی در ۳ زمان مختلف (۳ روز قبل از رسیدن تجاری، رسیدن تجاری و ۳ روز بعد از رسیدن تجاری) و ٤ تکرار (درختان ده ساله بوده و روی پایه‌های بذری زردآلو پیوند شده‌اند)، در ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان (کیلومتر ۱۰ جاده باسمنج وابسته به دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز، ارتفاع این منطقه از سطح دریا حدودا ۱۵۸۵ متر و در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه شرقی و طول جغرافیایی ٤٦ درجه قرار دارد. این ایستگاه با ۲۸ هکتار وسعت در سال ۱۳٤٥ در اختیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز قرار گرفت) برداشت و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تیمار و ٤ تکرار اجرا و صفات کیفی مورد نظر ارزیابی شدند.

اندازه‌گیری صفات کیفی

سفتی بافت میوه، مواد جامد محلول کل (TSS) و اسدیته قابل تیتراسیون: سفتی بافت با استفاده از دستگاه پنترومتر[1] مدل FT 011، روی ۳ عدد میوه در هر تکرار از دو سمت مقابل هم و بعد از برداشتن پوست میوه انجام شد. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ میله (تا محل مشخص شده) در میوه بر حسب نیوتن بیان شد، میزان مواد جامد محلول (بریکس) با دستگاه رفراکتومتر[2] مدل PAL-1 اندازه‌گیری گردید.

برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون کل میوه از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال استفاده شد و از روی سود مصرفی مقدار TA بر اساس اسید مالیک محاسبه شد (Horwitz et al., 1975).

1Penetrometer, Italy
2Refractometer

www.SID.ir

Archive of SID

اسید آسکوربیک (ویتامین C)، pH عصاره میوه و محتوای ترکیبات فنلی: برای اندازه‌گیری ویتامین C، عصاره میوه‌ها با استفاده از اسید متافسفریک ۳ درصد استخراج و با روش رنگ ۲و ٦ دی کلروفنل ایندوفنل ناتریوم ۰/۰٤ درصد تیتر شد (AOAC, 1984). pH عصاره میوه با استفاده از pH متر مدل HI 9811 اندازه‌گیری شد.

محتوای ترکیبات فنلی در عصاره متانولی با استفاده از روش Folin-Ciocalteu اندازه‌گیری شد (Waterhouse, 2002). عصاره میوه‌ها با فولین سیوکالتو و محلول کربنات سدیم ۲۰ درصد مخلوط و بعد از ۲ ساعت نگهداری در تاریکی و دمای اتاق، جذب نمونه‌ها در طول موج ۷٦٥ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. منحنی کالیبراسیون با استفاده از اسید گالیک تهیه گردید.

فلاونوئید کل، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل و آنتوسیانین کل: محتوای فلاونوئید کل به روش کلرومتری (Chang et al., 2002) اندازه‌گیری شد، برای این منظور، ۲۰۰ میکرو لیتر عصاره میوه استخراج شده با متانول، با ٦۰۰ میکرو لیتر متانول ۹۵ درصد، ٤۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد، ٤۰ میکرولیتر استات پتاسیم یک مولار و ۱/۱۲۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه مخلوط شد. پس از ٤۰ دقیقه نگهداری در تاریکی، میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ٤۱٥ نانومتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با استفاده از روش DPPH (Brand-Williams et al., 1995) اندازه‌گیری شد. ۲٥ میکرولیتر از عصاره متانولی، ۲٥ میکرولیتر آب مقطر به ۱۹٥۰ میکرولیتر محلول تازه تهیه شده DPPH (٦۰ میکرومول در لیتر) اضافه شد و در شرایط تاریکی در دمای اتاق ورتکس گردید. بعد از ۳۰ دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی جذب نمونه ها در طول موج ٥۱٥ نانومتر اندازه‌گیری شد. آنتوسیانین کل در عصاره‌ها با استفاده از روش اختلاف جذب در pHهای مختلف اندازه‌گیری شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج‌های ٥۲۰ و ۷۰۰ نانومتر در هر دو بافر دارای pH ۱ و ٤/٥، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. سپس میزان آنتوسیانین کل بر اساس میلی‌گرم معادل سیانیدین-۳-گلوکوزید در لیتر محاسبه شد (Giusti and Wrolstad, 2001).

فعالیت ویژه آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسید دسیموتاز و پلی فنل اکسیداز: فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز با روش(Pütter, 1974) تعیین گردید، و از آب اکسیژنه ٤۰ میلی مولار و گایاکول ۱۱/٥ میلی مولار استفاده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ٤۷۰ نانومتر قرائت سپس واحد فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس پروتئین آنزیمی مورد نیاز برای تشکیل یک میکرو مولار تتراگایاکول در یک دقیقه گزارش گردید.

میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، با اندازه‌گیری کاهش جذب مربوط به مصرف پراکسید هیدروژن در طول موج ۲٤۰ نانومتر بر طبق روش (Aebi, 1984) انجام شد. و جذب در طول موج ۲٤۰ نانومتر قرائت و محاسبه به‌صورت واحد بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد. یک واحد، مقداری از این آنزیم بود که یک میکرومول پراکسید هیدروژن را در یک دقیقه تجزیه کرد.

فعالیت ویژه آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اساس سنجش مهار احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم در طول موج ٥٦۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Giannopolitis and Ries, 1977). فعالیت ویژه این آنزیم در هر نمونه عصاره آنزیمی با کمک رابطه مربوطه محاسبه و به‌صورت واحد بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

برای سنجش فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO) از روش (Flurkey, 1986) و متیل کاتکول یک مولار به عنوان سوبسترا انجام شد جذب نمونه‌ها در طول موج ٤۲۰ نانومتر قرائت شد. فعالیت ویژه آنزیم

www.SID.ir

Archive of SID

بـه وسـیله منحنـی جـذب و ضـریب خاموشـی متیـل کاتکول محاسبه گردید برای اندازه گیری پروتئین کل، عصاره استفاده شده در سنجش آنزیم‌ها مورد اسـتفاده قرار گرفت.

بـــرای ســـنجش پـــروتیین از روش برادفـــورد (Bradford, 1976) استفاده و جـذب در ۵۹۵ نـانومتر توسـط اسـپکتوفتومتر قرائـت شـد. تجزیـه و تحلیـل داده‌ها با استفاده از نسخه ۲٤ نرم‌افزار آماری SPSS و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. همچنین برای ثبت داده‌ها و رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج

در تمامی صفات مورد ارزیابی تفاوت معنـی‌داری در طول مراحل مختلـف بلـوغ مشـاهده شـد. نتـایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد کـه اکثـر صـفات در سطح ۱٪ معنی‌دار هستند، اما میزان فلاونوئید کـل در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

TSS، TA و pH: نتایج مقایسه میانگین‌هـا نشـان داد TSS، در طـی برداشـت‌هـای مختلـف افـزایش پیـدا می‌کند، بطوری‌که کمترین TSS مربـوط بـه برداشـت اول و بیشترین TSS مربـوط بـه برداشـت سـوم بـود (جـدول ۲). کمتـرین میـزان pH در برداشـت اول و بیشـترین در برداشـت سـوم مشـاهده شـد، همچنـین بیشترین میزان TA میوه‌ها در برداشت اول و کمتـرین هم در برداشت سوم مشاهده شد (جدول ۲).

سفتی بافت میوه، ویتامین C : نتایج نشـان داد سـفتی در طول برداشت و با پیشرفت رسـیدن میـوه کـاهش می‌یابد، طوری که بیشترین سفتی مربوط به برداشـت اول و کمترین سفتی مربـوط بـه برداشـت سـوم بـود (جدول ۲). میزان اسید آسـکوربیک در برداشـت دوم دارای بـالاترین سـطح (٦/۰۲) بـود. ایـن میـزان در برداشت اول تـا دوم رونـد صـعودی و پـس از آن در برداشت سوم (۵/۲۲) کاهش پیدا کرد (جدول ۲).

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در میوه زردآلو رقم شاهرودی در ۳ زمان مختلف برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		TSS	TA	pH	سفتی	ویتامین C	فنل کل	فلاونوئید
بلوک	۳	/۳۷۲ ns	/۰۰۱ ns	/۰۰۱ ns	/۰۷۹ ns	/۱٦۸ ns	۱۰/۷۸ ns	/۵۷ ns
تیمار	۲	٦/۷۱**	/۰۳۳**	/۲۹۱**	٤۳/۳۸۲**	/۹۱۰**	٤۰۱/۰۹**	۱/۱٤۳*
خطا	٦	/۲٦۲	/۰۰۲	/۰۰۱	/۱۵۳	/۰٦۰	۳/۷۹	/۱٤٤
ضریب‌تغییرات		۳/۱۱	۵/۹۸	/۷٤	٤/۳۳	٤/٤۷	۱/۱۷	۹/۸۷

ns ،* ،**، به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در میوه زردآلو رقم شاهرودی در ۳ زمان مختلف برداشت

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		آنتی‌اکسیدان کل	آنتوسیانین	فعالیت پراکسیداز	فعالیت کاتالاز	فعالیت SOD	فعالیت PPO	پروتئین کل
بلوک	۳	/۹۷٤ ns	/۲۰۱ ns	/۰۷٦ ns	/۰۹۹ ns	۲/۹۵۳ ns	/۳۲۳ ns	/۰۲۳ ns
تیمار	۲	۲۵/٦۹۵**	۳/۹۳۱**	٦/٦۲۷**	۱۳/٤۱۷**	٦۹/٤۳۳**	۱٤/۸۹۵**	۸/۷۱٦**
خطا	٦	/۳۱۳	/۱٤۰	/۲۵٤	/۳۷۲	۲/۱۰٤	/۱۲۰	/۲۷۳
ضریب‌تغییرات		/٦۳	۹/۲۳	۱۹/۱۷	٦/۸٤	۸/۰۳	٤/۱۸٤	۷/۸۹۷

ns ،* ،**، به‌ترتیب غیر معنی دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در میوه زردآلو رقم شاهرودی در طی ۳ زمان برداشت

برداشت‌ها	TSS (درصد)	pH	TA (درصد)	سفتی (نیوتن)	ویتامین C (mg/100g)	فنل کل mg) (GAE/100gFW	فلاونوئید (µMQ/100µE)	آنتی اکسیدان کل(درصد)	آنتوسیانین cyanidin-3-glucoside/L
برداشت‌اول	۱۵/۱۰۰^{c}	٤/۳۷^{c}	/۸۳۹^{a}	۱۲/۰۳^{a}	۵/۱۷^{b}	۱۷٦/۲۲^{a}	٤/٤۷^{a}	۹۰/۲۳^{a}	۲/۹۱^{b}
برداشت‌دوم	۱٦/۵۲۵^{b}	٤/٤۷^{b}	/۷٤۳^{b}	۹/۵٤^{b}	٦/۰۲^{a}	۱٦۰/۲۰^{b}	۳/٦۰^{b}	۸۹/۸۹^{a}	٤/۵۱^{a}
برداشت‌سوم	۱۷/۷۰۰^{a}	٤/۸۰^{a}	/٦۵۸^{c}	۵/۵۰^{c}	۵/۲۲^{b}	۱۵۳/۷۰^{c}	٤/۵۰^{b}	۸۵/٦۸^{b}	٤/۷۳^{a}

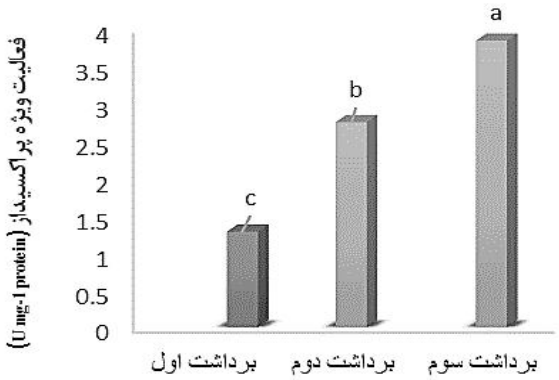
میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ با استفاده از آزمون دانکن می‌باشد.

فنل کل، فلاونوئید کل، آنتی‌اکسیدان کل و آنتوسیانین کل: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با پیشرفت روند رسیدن محتوای فنل کل میوه‌ها کاهش پیدا می‌کند (جدول ۲).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس‌ها تاثیر زمان‌های برداشت بر میزان فلاونوئید کل در سطح ۵٪ معنی دار بود (جدول ۱)، بیشترین فلاونوئید مربوط به برداشت اول و کمترین مربوط به برداشت دوم و سوم بود، اما بین برداشت اول و دوم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که آنتی‌اکسیدان کل در طول برداشت اول و دوم ثابت و در برداشت سوم کاهش پیدا کرد (جدول ۲) ونتایج در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۱).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز: فعالیت ویژه این آنزیم در طول برداشت روند صعودی را نشان داد به طوری که بیشترین و کمترین فعالیت این آنزیم به ترتیب مربوط به برداشت سوم و اول بود (شکل ۱).

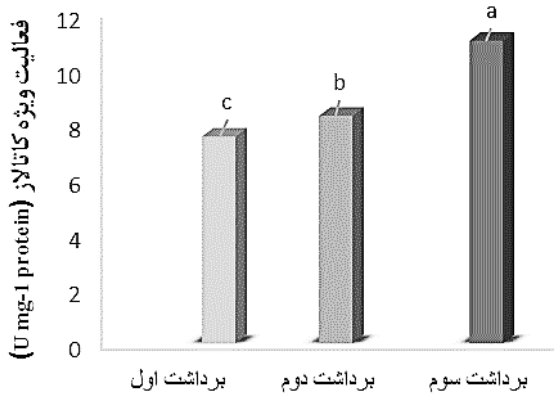


شکل ۱: نتایج مقایسه میانگین تاثیر زمان های مختلف برداشت بر میزان فعالیت ویژه آنزیم پراکسیداز میوه زردآلو رقم شاهرودی

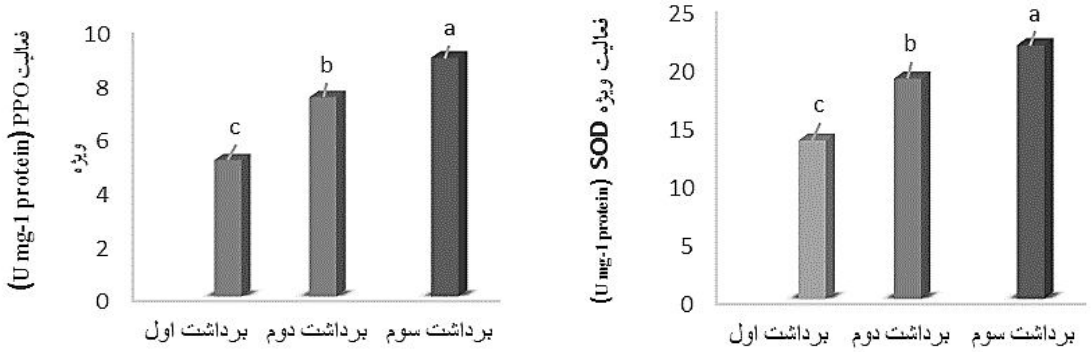
آنزیم کاتالاز: نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که کاتالاز به طور قابل توجهی در طول برداشت افزایش پیدا می‌کند به طوری‌که بیشترین میزان فعالیت ویژه این آنزیم در برداشت سوم (۱۰/۹۸) مشاهده شد (شکل ۲).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲: نتایج مقایسه میانگین تاثیر زمان های مختلف برداشت بر میزان فعالیت ویژه آنزیم کاتالاز میوه زردآلو رقم شاهرودی



شکل ۳: نتایج مقایسه میانگین تاثیر زمان های مختلف برداشت بر میزان فعالیت ویژه آنزیم‌های SOD (الف) و PPO (ب) میوه زردآلو رقم شاهرودی

فعالیت ویژه آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)[1]: نتایج نشان داد که در طی برداشت میزان فعالیت این آنزیم به طور چشمگیری افزایش میابد (شکل ۳-الف). به‌طوری که بیشترین میزان فعالیت این آنزیم در برداشت سوم (۲۱/۷) بود.

فعالیت ویژه آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO)[2]: نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در طی برداشت‌های مختلف به‌طور معنی‌داری فعالیت این آنزیم افزایش پیدا می‌کند، به طوری‌که بیشترین فعالیت این آنزیم در برداشت سوم مشاهده شد (شکل ۳-ب).

بحث

گزارشاتی مبنی بر اینکه TSS با رسیدن در میوه‌های زغال‌اخته و شلیل افزایش پیدا می‌کند وجود دارد (Iglesias and Echeverría, 2009; Gunduz et al., 2013). آنزیم ساکارز فسفات در طی رسیدن میوه یک آنزیم مهم در بیوسنتز قندها می‌باشد که این آنزیم با رسیدن توسط هورمون اتیلن فعال می‌شود

1 Superoxide dismutase
2 polyphenol oxidase

www.SID.ir

Archive of SID

(Hubbard et al., 1991)، که به نظر می‌رسد فعالیت این آنزیم در برداشت سوم بیشتر باشد.

افزایش pH را می‌توان به فرآیند رسیدن نسبت داد. در ٤ رقم زردآلو گزارش شده است که در ۳ مرحله‌ی رسیدن با تاخیر در برداشت میزان pH عصاره میوه‌ها افزایش می‌یابد (Zarrinebal et al., 2011)، در ازگیل نیز چنین الگویی گزارش شده است (Altuntas et al., 2013). گزارشاتی در مورد کاهش TA در طی مراحل مختلف برداشت در زغال اخته ثابت شده است (Gunduz et al., 2013)، این کاهش ممکن است به خاطر تبدیل اسیدهای آلی به قندها در اثر تنفس باشد که منبع انرژی هستند و مصرف می‌شوند (Rahemi, 2011).

در آلو (Guerra and Casquero, 2008) گزارش کرده‌اند که سفتی در طی مرحل مختلف برداشت کاهش می‌یابد. آنزیم‌های نرم‌کننده دیواره سلولی نقش مهمی در تخریب دیواره سلولی و نرم شدن میوه‌ها دارند که می‌توان به پکتین استراز و پلی‌گالاکتروناز اشاره کرد که باعث تجزیه دیواره پکتین می‌شوند (Roe and Bruemmer, 1981). همچنین به نظر می‌رسد با فرآیند رسیدن فعالیت این آنزیم‌ها بیشتر شود. فعالیت آنزیم لیپواکسیژناز با تولید رادیکال سوپر اکسید در طی رسیدن سبب تخریب غشا میگردد و میوه در طی رسیدن از سفتی کمتری برخوردار می‌شود (Zhang et al., 2003).

میزان اسید آسکوربیک که یکی از آنتی‌اکسیدان‌های مهم است در طی نگهداری محصولات کاهش می‌یابد که دلیل آن مصرف این ویتامین بعنوان دهنده الکترون به اکسیدان‌ها برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد می‌باشد (Smirnoff, 1995). در این پژوهش کاهش ویتامین ث در برداشت سوم ممکن است به دلیل تخریب بیش از حد بافت میوه باشد که با سفتی هم رابطه مستقیمی دارد (جدول ۲).

هر چه ترکیبات فنلی کمتر باشد میزان گسی میوه هم کمتر است، این ترکیبات مسئول قهوه‌ای شدن آنزیمی هستند، بنابراین به نظر می‌رسد ترکیبات فنلی با بلوغ میوه مصرف شده و شیوع قهوه‌ای شدن آنزیمی را کاهش می‌دهند (Kulkarni and Aradhya, 2005)، که نتایج ما با دیگر محققان در میوه‌های تمشک سیاه و انار همخوانی داشت (Al-Maiman and Ahmad, 2002; Tosun et al., 2008).

نتایج بدست آمده فلاونوئید کل ما با دیگر پژوهشگران در میوه‌های توت‌فرنگی (Shin et al., 2008)، زیتون (Rostami et al., 2015) و شلیل (Ghasemi et al., 2012) مطابقت داشت.

نتایج حاصل از این پژوهش در مورد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل با دیگر محققین در میوه زغال‌اخته (Gunduz et al., 2013) همخوانی داشت. محتویات فنل کل، آنتوسیانین و ویتامین C روی مهار رادیکال DPPH تاثیرگزارند که در هلو همبستگی بالایی بین میزان این پارامترها مشاهده شده است (Remorini et al., 2008). در این تحقیق نیز فنل کل، ویتامین C و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی رابطه مستقیمی وجود دارد و هر سه پارامتر در طول برداشت کاهش پیدا کرده‌اند.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در طول مراحل مختلف برداشت و با پیشرفت روند رسیدن میوه‌ها میزان آنتوسیانین افزایش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که بیشرین میزان آنتوسیانین کل مربوط به برداشت سوم بود (جدول ۲). نتایج مشابهی در میوه زغال‌اخته (Panahi et al., 2015) و انار (Kulkarni and Aradhya, 2005) مشاهده شده است.

آنتوسیانین‌ها دسته‌ای از ترکیبات فنلی هستند که تولید رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش را بر عهده دارند. در تمشک سیاه آنتوسیانین با پیشرفت رسیدن میوه

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش پیدا می‌کند (Tosun et al., 2008). افزایش آنتوسیانین‌ها ممکن است به خاطر تخریب کلروفیل و سنتز آنتوسیانین در طی رسیدن میوه باشد (Ozgen et al., 2009). در تحقیقی گزارش شده است که افزایش آنتوسیانین در پرتقال خونی در طی رسیدن ممکن است به دلیل افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاز (PAL) باشد (Hamadani et al., 2015). همبستگی مثبتی بین میزان TSS و آنتوسیانین گزارش شده است (Sadighi et al., 2013). در این پژوهش آنتوسیانین کل و TSS به ترتیب درطی برداشت اول، دوم و سوم افزایش پیدا کرده‌اند.

آنزیم پراکسیداز از آنزیم‌های مهم آنتی‌اکسیدانی بوده که پلیمریزاسیون ترکیبات فنلی را انجام می‌دهد، این آنزیم H_2O_2 را توسط اکسیداسیون ترکیبات فنلی تجزیه و از پراکسیداسیون لیپیدهای غشا جلوگیری می‌کند (Chakraborty and Tongden, 2005). فعالیت بالای پراکسیداز در طی رسیدن در هلو گزارش شده است که مانع از قهوه‌ای شدن هلو می‌شود (Meng et al., 2009). وقتی که میوه‌های برداشت شده در شرایط تنش قرار می‌گیرند سیستم آنتی‌اکسیدانی آن‌ها با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی نقش حفاظتی در برابر شرایط تنش‌زا ایفا می‌کند (Shi et al., 2006). نتایج مشابهی در فلفل دلمه‌ای در مورد افزایش فعالیت این آنزیم در مورد تاخیر پیری گزارش شده است (Rao et al., 2011). افزایش فعالیت این آنزیم در بسیاری از بافت‌های گیاهی گزارش شده است که در عملکردهای مختلف مانند سنتز دیواره سلولی و تغییرات در انعطاف‌پذیری دیواره سلولی، تخریب ایندول-۳-استیک اسید و تجزیه آنتوسیانین که مربوط به رسیدن میوه می‌باشد وجود دارد (Miesle et al., 1991). کاتالاز یکی از آنزیم‌های هیدروژن پراکسید اکسیدو ردوکتاز می‌باشد که تقریبا در هر موجود زنده‌ای که در معرض اکسیژن باشد مشاهده می‌شود (Chelikani et al., 2004). افزایش فعالیت کاتالاز و پراکسیداز ممکن است به این دلیل باشد که کاتالاز باعث تخریب H_2O_2 به اکسیژن و آب می‌شود در حالی که پراکسیداز H_2O_2 را به اکسیداسیون ترکیبات فنلی تجزیه می‌کند (Tommasi et al., 2001; Wang et al., 2005). در گوجه فرنگی نشان دادند که فعالیت این آنزیم در طی رسیدن افزایش میابد (Andrews et al., 2004). افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در این پژوهش ممکن است به خاطر جلوگیری از تخریب بافت و تنش افزایش یابد.

SOD یک آنزیم آنتی‌اکسیدانی مهم می‌باشد که رادیکال‌های سوپراکسید را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌کند و از این طریق تنش را در بافت‌ها کاهش می‌دهد (Kochhar et al., 2003). SOD اولین خط دفاعی سلول در برابر رادیکال‌های آزاد می‌باشد و افزایش آن مقاومت در مقابل استرس‌ها بیشتر می‌شود (Mondal et al., 2004). نتایج مشابهی با این پژوهش در میوه‌های خیار ، فلفل و گوجه‌فرنگی گزارش شده است (Rabinowitch and Sklan, 1981; Andrews et al., 2004).

PPO یک نام کلی برای گروهی از آنزیم‌های است که قادر به کاتالیز واکنش‌های مختلف فنول‌ها هستند (Mathew and Parpia, 1971; Matheis and Whitaker, 1984). به نظر می‌رسد رابطه‌ی عکسی بین میزان فنل کل و آنزیم PPO وجود داشته باشد. کاهش محتوای فنل کل در طول رسیدن در هلو و سیب گزارش شده است (Coseteng and Lee, 1987; Lee et al., 1990) و همبستگی مثبتی بین قهوه‌ای شدن با فعالیت این آنزیم گزارش شده است برای همین دلیل این آنزیم در حفاظت از رشد گیاهان در برابر بیماری‌ها و آسیب‌ها نقش حیاتی دارد (Thygesen et al., 1995). در هلو (Montero-Prado et al., 2011) و زردالو (Koushesh saba et al., 2012) افزایش فعالیت این

www.SID.ir

Archive of SID

آنزیم در طی انبارمانی گزارش شده است. در تحقیقی گزارش شده است که فعالیت این آنزیم در میوه‌های گیلاس در طی انبارمانی بیشتر می‌شود (Asghari et al., 2014) در این تحقیق میزان فنل در طی برداشت کاهش و فعالیت این آنزیم هم در طول برداشت افزایش یافته است (شکل ۳-ب).

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان دادند که زمان‌های برداشت تاثیر بالایی بر کیفیت میوه‌ها می‌گذارد. در طول برداشت و با افزایش روند رسیدن زردآلو کیفیت میوه‌ها تغییر پیدا می‌کند. در برداشت سوم میوه دارای فعالیت بالای آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی هستند که یک پیام تخریب بافت و روند پیر شدن سریع میوه می‌باشد. در برداشت اول میوه‌ها نارس هستند و با توجه به بازار مصرف تولید کننده می‌تواند تصمیم بگیرد. به نظر ما در رقم شاهرودی و با توجه به بازار مصرف و در تعادل بودن همه صفات کیفی در برداشت دوم میوه‌ها چیده شوند.

References

Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. Methods in enzymology. 105(1):121-126

Al-Maiman, S.A. and Ahmad, D. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit maturation. Food Chemistry. 76: 437-441

Altuntas, E., Gul, E. and Bayram, M. (2013). The physical, chemical and mechanical properties of medlar (*Mespilus germanica* L.) during physiological maturity and ripening period. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa. 30:33-40.

Asghari, M. and Khalili, H. (2014). The effect of aloe vera gel on the activity of polyphenol oxidase enzyme, qualitative properties and persistence of cherry fruit Black Mashhad. Journal of Horticulture Iran. 28(3):399-406.

Andrews, P.K., Fahy, D.A. and Foyer, C.H. (2004). Relationships between fruit exocarp antioxidants in the tomato *Lycopersicon esculentum*) high pigment-1 mutant during development. Physiologia Plantarum. 120:519-528.

Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry. 72: 248-254.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology. 28:25-30.

Chakraborty, U. and Tongden, C. (2005). Evaluation of heat acclimation and salicylic acid treatments as potent inducers of thermotolerance in *Cicer arietinum* L. Current Science. 12: 384-389.

Chang ,C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M. and Chern, J.-C. (2002). Estimation of total flavonoid content i propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis. 10:178-182.

Chelikani, P., Fita, I. and Loewen, P. (2004). Diversity of structures and properties among catalases. Cellula and Molecular Life Sciences. 61:192-208.

Coseteng, M. and Lee, C. (1987). Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. Journal of Food Science. 52:985-989.

El-Badawy, H. and El-Sally, F. (2011). Physical and chemical of canino apricot fruits during cold storage as influenced by some postharvest treatment. Basic Apple. 5: 537-548.

Flurkey, W.H. (1986). Polyphenoloxidase in higher plants immunological detection and analysis of in vitro translation products. Plant Physiology. 81: 614-618.

Ganji Moghaddam, A. (2011). Fruits in temperate regions. Agricultural Education and Promotion Publications. P. 295.

Ghasemi, Y., Nematzadeh, G.A., Ebrahimzadeh, M.A. and Dehpour, A.A. (2012). Influence of harvesting date on some physicochemical properties of nectarine leaf and fruit. Journal of Medicinal Plants Research. 6: 5552-5556.

Ghasemnezhad, M. and Shiri, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. Caspian Journal of Environmental Sciences. 8: 25-33.

www.SID.ir

Archive of SID

Giannopolitis, C.N. and Ries, S.K. (1977). Superoxide dismutases I. Occurrence in higher plants. Plant physiology. 59(4): 309-31.

Gilani, S.A., Qureshi, R.A., Khan, A.M. and Potter, D. (2010). Morphological characterization of the pollens of the selected species of genus *Prunus Linn*. from Northern Pakistan. African Journal of Biotechnology. 9:28-72.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. (2001). Characterization and measurement of anthocyanins by UV - visible spectroscopy. Current protocols in food analytical chemistry. 1:1-11

Guerra, M. and Casquero, P. (2008). Effect of harvest date on cold storage and postharvest quality of plum cv *Green Gage*. Postharvest Biology and Technology. 47:325-332.

Gunduz, K., Saracoglu, O., Ozgen, M. and Serce, S. (2013). Antioxidant, physical and chemical characteristics of cornelian cherry fruits (*Cornus mas* L.) at different stages of ripeness, Hortorum Cultus. 12:59-66.

Hamedani, M. and Ghanbari. (2015). Effect of harvesting time and storage life on the quality orang fruits of the variety "Moro" (*Citrus sinensis* cv. *Moro*). Journal of Horticultural Science. 28(2): 252-259.

Hubbard, N.L., Pharr, D.M. and Huber, S.C. (1991). Sucrose phosphate synthase and other sucrose metabolizing enzymes in fruits of various species. Physiologia Plantarum. 82:191-196.

Iglesias, I. and Echeverría, G. (2009). Differential effect of cultivar and harvest date on nectarine colour, quality and consumer acceptance. Scientia Horticulturae. 120: 41-50.

Kochhar, S., Watkins, C.B., Conklin, P.L. and Brown, S.K. (2003). A quantitative and qualitative analysis of antioxidant enzymes in relation to susceptibility of apples to superficial scald. Journal of the American Society for Horticultural Science. 128: 910-916.

Koushesh saba, M., Arzani, K. and Barzegar, M. (2012). Postharvest polyamine application alleviates chilling injury and affects apricot storage ability. Journal of Agricultural and Food Chemistry 60: 8947-8953.

Kulkarni, A.P. and Aradhya, S.M. (2005). Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. Food Chemistry. 93: 319-324.

Layne, D.R., Bassi, D. (2008). The peach: botany, production and uses. CABI. 1: 230-240

Lee, C.Y., Kagan, V., Jaworski, A.W. and Brown, S.K. (1990). Enzymic browning in relation to phenolic compounds and polyphenoloxidase activity among various peach cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 38: 99-101.

Mandal, S., Suneja, P., Malik, S. and Mishra, S. (2007). Variability in kernel oil, its fatty acid and protein contents of different apricot (*Prunus armeniaca*) genotypes. Indian Journal of Agricultural Science. 77: 464-466.

Matheis, G. and Whitaker, J.R. (1984). Modification of proteins by polyphenol oxidase and peroxidase and their products. Journal of Food Biochemistry. 8: 137-162.

Mathew, A. and Parpia, H. (1971). Food browning as a polyphenol reaction. Advances in food research 19: 7145-5.

Meng, X., Han, J., Wang, Q. and Tian, S. (2009). Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. Food Chemistry. 114: 1028-1035.

Miesle, T., Proctor, A. and Lagrimini, L. (1991). Peroxidase activity, isoenzymes, and tissue localizatio in developing highbush blueberry fruit. Journal of the American Society for Horticultural Science. 116: 827-830.

Mondal, K., Sharma, N., Malhotra, S.P., Dhawan, K. and Singh, R. (2004). Antioxidant systems in ripening tomato fruits. Biologia Plantarum. 48:49-53.

Montero-Prado, P., Rodriguez-Lafuente, A. and Nerin, C. (2011). Active label-based packaging to extend the shelf-life of "Calanda" peach fruit: Changes in fruit quality and enzymatic activity. Postharvest Biology and Technology. 60: 211-219.

Ozgen, M., Serçe, S. and Kaya, C. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich Morus nigra and Morus rubra fruits. Scientia Horticulturae. 119: 275-279.

Piscopo, A., Romeo, F.V., Petrovicova, B. and Poiana, M. (2010). Effect of the harvest time on kernel quality of several almond varieties (*Prunus dulcis* Mill.). Scientia horticulturae. 125(1): 41-46.

Panahi, M., Hajilo, J. and Chaparazadeh, N. (2015). Evaluation of some quantitative and qualitative characteristics of Blueberries (*Cornus mas* L.) fruit during stages The end

www.SID.ir

Archive of SID

of growth. Journal ofPlant Environmental Physiology. 43:1-11.

Pütter, J. (1974). Peroxidases. Methods of Enzymatic Analysis (Second Edition), Volume 2. Elsevier, pp. 685-690.

Rabinowitch, H. and Sklan, D. (1981). Superoxide dismutase activity in ripening cucumber and pepper fruit (*Capsicum annuum*,maturation, photodynamic reaction). Physiologia Plantarum. 1: 1-15

Rahemi, M. (2011). Post-harvest physiology (introduction to the physiology and movement of fruits vegetables and ornamental plants). Sixth Edition, University of Shiraz Publication. pp. 437

Rahimi, M. (2010). Postharvest Physiology (Introduction to the physiology and movement of fruits and vegetables). Ed 6. Shiraz University Press, p. 437.

Rostami, S., Ghasemnejad, M. and Ramezani Malik Rudi, M. (2015). Effect of fruit harvesting time on amount of antioxidant compounds of some olive cultivars (*Olea europaea* L.) in Rudbar area. Journal of Food Science and Technology. 13(52):35-45.

Rao, T.R., Gol, N.B. and Shah, K.K. (2011). Effect of postharvest treatments and storage temperatures on the quality and shelf life of sweet pepper (*Capsicum annum* L.). Scientia Horticulturae. 132: 18-26.

Remorini, D., Tavarini, S., Degl' Innocenti, E., Loreti, F., Massai, R. and Guidi, L. (2008). Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. Food Chemistry. 110: 361-367.

Roe, B. and Bruemmer, J.H. (1981). Changes in pectic substances and enzymes during ripening and storage of "Keitt" mangos. Journal of Food Science. 46: 186-189.

Sadiqi, A., Gholami, M., Sari-e Khani, H. and Guidance, A. (2013). The Effect of Salicylic Acid and GibberellicAcid on Release Time, Anthocyanin Levels and Ethylene Production in Cherry Cherries in Black Mashhad. Journal of Horticultural Science and Technology. 26:146-141.

Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q. and Qian, Q. (2006). Effects of different treatments of salicylic acid on hea tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant growth regulation. 48:127-135.

Shin, Y., Ryu, J.-A., Liu, R.H., Nock, J.F. and Watkins, C.B. (2008). Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology. 49: 201-209.

Smirnoff, N. (1995). Antioxidant systems and plant response to the environment. Environment and plant metabolism: Flexibility and acclimation. 243-317.

Smirnoff, N. (1996). Botanical briefing: the function and metabolism of ascorbic acid in plants. Annals of botany. 78: 661-669.

Sochor, J., Zitka, O., Skutkova, H., Pavlik, D., Babula, P., Krska, B., Horna, A., Adam, V., Provaznik, I. and Kizek, R. (2010). Content of phenolic compounds and antioxidant capacity in fruits of apricot genotypes. Molecules. 15:6285-6305.

Thygesen, P.W., Dry, I.B. and Robinson, S.P. (1995). Polyphenol oxidase in potato (a multigene family that exhibits differential expression patterns). Plant Physiology. 109: 525-531.

Tommasi, F., Paciolla, C., de Pinto, M.C. and Gara, L.D. (2001). A comparative study of glutathione an ascorbate metabolism during germination of P*inus pinea* L. seeds. Journal of Experimental Botany. 52:1647-1654.

Tosun, I., Ustun ,N.S. and Tekguler, B. (2008). Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. Scientia agricola. 65: 87-90.

Wang, Y.S., Tian, S.P. and Xu, Y. (2005). Effects of high oxygen concentration on pro- and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. Food chemistry. 91:99-104.

Waterhouse, A.L. (2002). Determination of total phenolics. Current protocols in food analytical chemistry. 11(1): 3-8.

Zhang, Y., Chen, K.S., Chen, Q.J., Zhang, S.L. and Ren, Y.P. (2003). Effects of acetylsalicylic acid (AS and ethylene treatments on ripening and softening of postharvest kiwifruit. Acta Botanica Sinic. 45: 1447-1452.

Zarrinebal, M., Soleimani, J., Eskandari, S., Dabagh Mohammadi Nasab, AS. and Prophecy Prophet, R. (2011). Effect of harvesting time and packing with modified atmosphere on the storage life of fruit of some apricot cultivars. Journal of Horticulture Science and Technology of Agriculture. 24: 91-101.

www.SID.ir