بررسی تغییرات فعالیت ضد اکسایشی میوه زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) در شرایط نگهداری در سردخانه

محمود کوشش صبا [۱]، کاظم ارزانی [۲*]، محسن برزگر [۳]

۱- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان
۲- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشیار گروه صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

(تاریخ دریافت: ۸۹/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۲۰)

چکیده

استفاده از میوه زردآلو به دلیل غنی بودن آن از کارتنوئید، ترکیبات فنلی، املاح و ویتامین‌ها و ارزش غذایی آن مورد توجه است. این تحقیق با هدف مطالعه تغییرات کیفی میوه در فرایند رسیدگی و نگهداری پس از برداشت صورت گرفت. میوه رقم "عسگرآبادی" برداشت و به مدت ۲۱ روز در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در زمان برداشت، ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز پس از برداشت نمونه برداری از سردخانه صورت گرفته و برخی خصوصیات کیفی میوه مانند املاح محلول، اسیدیته، کارتنوئید، رنگ، محتوای فنل و خاصیت ضد اکسایشی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان املاح محلول میوه افزایش یافت و از ۱۵/۵ به ۱۷/۷ درصد رسید در حالیکه اسیدیته قابل تیتراسیون کاهش یافت. میزان کارتنوئید کل میوه روند افزایشی نشان داد که همراه با کاهش شاخص رنگ میوه بود. محتوی فنل کل میوه در ابتدا ۱۰۱ میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه بود و تغییر معنی داری در طول نگهداری نداشت. علیرغم ثابت بودن محتوی فنلی، خاصیت بازدارندگی رادیکال کاهش یافت. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که علیرقم کاهش برخی خواص ضد اکسایشی، نگهداری زردآلو در مای پایین منجر به افزایش عمر پس از برداشت میوه شده و ضمن حفظ محتوی فنل، محتوی کارتنوئید و رنگ میوه بهبود پیدا کرد.

کلید واژگان: ترکیبات فنلی، کارتنوئیدها، آنزیم های اکساینده، نگهداری میوه، کیفیت پس از برداشت

* مسئول مکاتبات: arzani_k@modares.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه تقاضای مصرف کنندگان برای میوه تازه رو به افزایش است و یکی از اهداف تولید کنندگان عرضه محصول در مدت طولانی می‌باشد که برای این منظور نیاز به رقم هایی با زمان رسیدگی متفاوت [۱] و استفاده از روش‌هایی جهت طولانی نمودن عمر پس از برداشت محصول می‌باشد. با توجه به زنده بودن محصول در زمان پس از برداشت، برخی محصولات دستخوش تغییرات سریعی می گردند و ممکن است کیفیت محصول عرضه شده در بازار علیرغم ظاهر مناسب کاهش چشم گیری پیدا کرده باشد [۲]. کیفیت محصول در بر گیرنده مشخصه های متعددی می‌باشد که یکی از این مشخصه های مهم برای میوه و سبزیجات خواص ضد اکسایشی می‌باشد.

مواد ضد اکسایش ترکیباتی هستند که از اکسایش ترکیبات دیگر جلوگیری کرده یا باعث ایجاد تاخیر در این واکنش ها می‌شوند [۳]. ترکیبات ضد اکسایش به دو صورت کلی طبیعی و ساخته شده وجود دارند. عموماً ترکیبات ضد اکسایش مصنوعی دارای ساختار فنلیک با درجه های متفاوت از الکیل‌های استخلافی [۱] هستند درحالی که ضد اکسایش‌های طبیعی به صورت های مختلف از جمله ترکیبات فنلیک (توکوفرول ها، فلاونوئید ها و اسید های فنلی) ترکیبات نیتروژنی (آلکالوئیدها، مشتقات کلروفیل، اسیدهای آمینه و آمین‌ها)، کارتنوئیدها و ویتامین ث یا اسکوربیک اسید وجود دارند [۴ و۵]. ضد اکسایش‌های مصنوعی از قبیل BHA[2] و BHT[3] در طول قرن اخیر به کار برده شده اند اما استفاده از آنها با محدودیت هایی همراه می‌باشد [۶ و۷].

امروزه دانشمندان و مصرف کنندگان توجه ویژه‌ای به ضد اکسایش‌های طبیعی به ویژه ضد اکسایش‌های موجود در میوه و سبزی دارند زیرا مطالعات برخی امراض شایع مشخص نموده که استفاده مکرر آنها منجر به کاهش خطر بیماری های دستگاه گردش خون و سرطان می گردد [۸ و۹] و نیز گزارش هایی مبنی بر خواص ضد باکتریایی، و ضد ویروسی و ضد حساسیت این ترکیبات گزارش شده است [۱۰].

زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) یکی از محصولات مهم باغبانی کشور بوده و سالانه حجم زیادی از این محصول تولید می شود و ایران با سطح زیر کشت ۶۳۹۵۸ هکتار و تولید ۴۸۷۳۳۳ تن دومین تولید کننده این محصول در دنیا می باشد [۱۱]. خصوصیاتی از قبیل اندازه، رنگ، طعم، مواد معطر و سفتی تعیین کننده کیفیت میوه از نظر میوه کاری می باشند [۱۲] هم چنین خصوصیاتی از قبیل قند، محتوای اسید های آلی و ترکیبات فرار در این میوه مورد توجه است [۱۳]. در طول دهه اخیر مصرف کنندگان علاوه بر خصوصیات ذکر شده به ارزش تغذیه ای و تاثیر آنها بر سلامت یا خصوصیت بازدارندگی از بیماری ها توجه ویژه‌ای دارند [۱۴]. میوه زردآلو دارای سطح بسیار بالای از ترکیبات فتوشیمیایی از قبیل ویتامین‌ها، کارتنوئید ها و پلی فنل ها می‌باشد که گزارش های متعدی در ارتباط با خواص ضد اکسایشی این ترکیبات وجود دارد [۱۵، ۱۶ و ۱۷].

زردآلو از جمله محصولات فرازگرا بوده و در زمان رسیدگی تولید اتیلن و سرعت تنفس به شدت افزایش و به همین دلیل درجه فساد پذیری بالایی دارد [۱۳ و ۱۴]. با توجه به این ویژگی‌ها، نگهداری این محصول در شرایط کنترل شده اجتناب ناپذیر می‌باشد. استفاده از دمای پایین روش متداولی جهت این منظور می‌باشد اما آگاهی از تغییرات کیفی میوه در طول دوره نگهداری اهمیت ویژه‌ای داشته و نیازمند پژوهش‌هایی در این زمینه است. به این منظور تحقیق حاضر با هدف مطالعه تغییرات برخی خصوصیات کیفی میوه از قبیل قند، محتوای اسیدی و مواد با خاصیت ضد اکسایشی در شرایط سردخانه و نیز بررسی ارتباط بین این ترکیبات صورت گرفت.

۲- مواد و روش ها

در این پژوهش از زردآلو رقم "عسگر آبادی" استفاده شد. برداشت میوه بر اساس انتخاب قبلی درختان در باغ که از نظر شرایط آبیاری، تغذیه و شرایط خاک در وضعیت یکسانی قرار داشتند، انجام شد. میوه در مرحله رسیدگی تجاری از کلیه قسمت های تاج درخت به صورت تصادفی برداشت شده و میوه ها پس از برداشت سریعاً به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس انتقال یافتند. در آزمایشگاه

1. Alkyl substitution
2. Butylated hydroxyl anisole
3. Butylated hydroxyl toluene

میوه های سالم و عاری از هر گونه علائم آفت و بیماری و یکسان از نظر ظاهری انتخاب شده، سپس نمونه ها سریعاً به سردخانه با دمای یک درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵ ± ۹۰ درصد منتقل شدند. بلافاصله پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه تعداد ۳۰ میوه سالم و یکسان جهت اندازه گیری فاکتورهای مورد نظر و به عنوان روز صفر مورد استفاده قرار گرفت. زمان های نمونه برداری از سردخانه شامل روز ۱، ۷، ۱۴و ۲۱ بوده، نمونه ها پس از خارج شدن از انبار جهت شبیه سازی شرایط عرضه محصول به مدت دو روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند داده شوند و سپس نمونه برداری جهت اندازه گیری صفات مورد نظر صورت گرفت.

۲-۱- اندازه گیری درصد مواد جامد محلول کل

برای اندازه گیری درصد مواد جامد محلول کل، یک یا دو قطره از آب میوه صاف شده روی دستگاه رفراکتومتر (Atago, Tokyo, Japan)قرار داده شد و مقدار آن قرائت و نتیجه به صورت درجه بریکس بیان گردید [۱۸].

۲-۲- اندازه گیری اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

به این منظور از روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH= ۸/۲ استفاده شد. ابتدا ۱۰ میلی لیتر از آب میوه صاف شده با ۹۰ میلی لیتر آب مقطر رقیق گردید و سپس به وسیله سود ۰/۱ نرمال و با استفاده از همزن مغناطیسی عمل تیتراسیون تا رسیدن به pH= ۸/۲ انجام شد و حجم سود مصرفی یادداشت گردید. برای اندازه گیری pH از دستگاه پ هاش متر Metrohm مدل ۷۴۴ (ساخت سوئیس) استفاده شد. نتایج به صورت درصد اسیدمالیک بیان گردید [۱۴].

۲-۳- اندازه گیری رنگ میوه

برای اندازه گیری رنگ میوه از دستگاه رنگ سنج (Hunterlab, ColorFlex, USA) استفاده شد. برای این منظور ۱۵ میوه در هر تکرار مورد استفاده قرار گرفته و اندازه گیری در دو طرف هر میوه صورت گرفت. رنگ ظاهری بر اساس پارامترهای a* و b* مشخص گردید. پارامترهای اندازه گیری شده با استفاده از رابطه زیر به Hue angle ($h°$) تبدیل شدند [۱۹].

$$h° = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

۲-۴- اندازه گیری کارتنوئید کل

برای استخراج کارتنوئید کل از روش دروگودی[1] و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد [۲۰]. برای این منظور ۱ گرم نمونه منجمد شده در داخل هاون چینی آسیاب و سپس با ۸ میلی لیتر محلول استون، اتانول، هگزان (۱ به ۱ به ۲) حاوی ۰/۱ درصد BHT کاملا همگن شد. سپس سانتریفیوژ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت (سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۵ دقیقه). بخش رویی جدا گردیده و عمل استخراج روی قسمت باقی مانده تا بی رنگ شدن آن ادامه پیدا کرد. جذب محلول در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف سنج جذبی اندازه گیری گردید و برای محاسبه کارتنوئید کل از روش گراس[2](۱۹۹۱) استفاده شد [۲۱] و غلظت کارتنوئید کل به صورت میکروگرم در ۱۰۰ گرم وزن تر میوه تازه بیان گردید.

۲-۵- اندازه گیری فنل کل

در زمان نمونه گیری، نمونه ها با ازت مایع منجمد شده و در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان استخراج نگهداری شدند. جهت استخراج فنل از یک گرم نمونه منجمد آسیاب شده و ۵ میلی لیتر متانول اسیدی سرد استفاده شد. محلول حاصل ۵ دقیقه روی دستگاه تکان دهنده قرار گرفته و سپس به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید (سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد). محلول رویی جهت اندازه گیری فنل مورد استفاده قرار گرفت. اندازه گیری فنل کل بر اساس روش فولین صورت گرفته [۲۲] و از استاندارد اسید گالیگ استفاده شد. میزان جذب نمونه ها در طول موج ۷۲۵ نانومتر توسط دستگاه طیف سنجی اندازه گیری شده و ترکیبات فنلی کل به صورت میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه[3] گزارش شده اند.

۲-۶- ارزیابی خواص ضد اکسایشی کل

جهت استخراج مواد ضد اکسایش میوه از روش دروگودی[4] و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد [۲۰]. به این منظور حدود ۱ گرم از بافت منجمد شده با ۸ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد کاملاً همگن شده و سپس ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتریفیوژ گردید.

1.Drogoudi
2. Gross
3. mg gallic acid 100 gr $^{-1}$ F.W.
4. Drogaudi

بررسی فعالیت ضد اکسایشی با استفاده از رادیکال های پایدار DPPH[1] مطابق با روش دی انکوس[2] و همکاران (۲۰۰۲) انجام گرفت [۲۳]. برای این منظور ۰/۵ میلی لیتر عصاره به ۲ میلی لیتر از محلول متانولی ۰/۲۵ میلی مولار رادیکال آزاد DPPH اضافه شده و مدت ۲ ساعت در تاریکی قرار گرفته وجذب محلول در ۵۱۷ نانومتر با دستگاه طیف سنج نوری اندازه گیری شد و از نمونه حاوی ۰/۵ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد به همراه ۲ میلی لیتر محلول رادیکال آزاد به عنوان نمونه کنترل استفاده شد. نتایج به صورت درصد بازدارندگی رادیکال DPPH بیان گردید.

۲-۷- عصاره گیری جهت سنجش فعالیت آنزیمی و پروتئین

به دلیل اهمیت آنزیم‌های ضد اکسایش، ۰/۲ گرم از بافت منجمد شده در نیتروژن مایع با ۱+۲ میلی لیتر بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی مولار با pH = ۶/۸ عصاره گیری شد. همگن های حاصل در ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه، به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. سپس محلول روئی به عنوان عصاره خام آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت. کلیه مراحل عصاره گیری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انجام شد [۲۴].

۲-۷-۱- اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز[3](CAT)

سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز در نمونه ها بر اساس روش کاک ماک و هورست[4] (۱۹۹۱) انجام شد [۲۵]. به این منظور از بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی مولار با pH = ۶/۵، آب اکسیژنه ۱۰ میلی مولار و عصاره آنزیمی استفاده شد. میزان تجزیه آب اکسیژنه با کاهش جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت یک دقیقه پیگیری شد و فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس تغییرات در میزان جذب ۲۴۰ نانومتر به ازای هر میلی گرم پروتئین در عصاره آنزیمی بیان شده است.

۲-۷-۲- اندازه گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز[5](POX)

سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز در نمونه ها بر اساس روش قناتی و همکاران (۲۰۰۲) با کمی تغییر انجام شد [۲۴]. به این منظور از بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی مولار با pH = ۶/۸، آب اکسیژنه ۵ میلی مولار، گایاکول[6] ۲۸ میلی مولار و عصاره آنزیمی استفاده شد. تغییرات در شدت اکسیداسیون گایاکول در حضور پراکسید هیدروژن در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه با دستگاه طیف سنجی نوری ثبت گردید. فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس تغییرات در میزان جذب ۴۷۰ نانومتر به ازای هر میلی گرم پروتئین در عصاره آنزیمی بیان شده است.

۲-۷-۳- اندازه گیری فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز[7](SOD)

سنجش فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز در نمونه ها بر اساس روش جیانوپولیس و رایس[8] (۱۹۷۷) با کمی تغییر انجام شد [۲۶]. به این منظور از بافر سدیم فسفات ۲۵ میلی مولار با pH = ۶/۸، کربنات سدیم ۵۰ میلی مولار با pH = ۱۰/۲، ال-متیونین[9] ۱۲ میلی مولار، نیترو بلو تترازولیوم[10] ۷۵ میکرو مولار، ریبوفلاوین ۱ میکرو مولار و عصاره آنزیمی استفاده شد. نمونه ها به مدت ۳۰ دقیقه در معرض نور شدید قرار داده شدند و سپس میزان جذب آنها در طول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه طیف سنجی قرائت شد. از لوله آزمایش بدون عصاره آنزیمی به عنوان شاهد و یا به عنوان مرجع مقایسه با لوله آزمایش مقابل (دارای عصاره آنزیمی با شدت نور مشابه) استفاده شد. از مخلوط واکنش بدون تیمار نوری (نمونه تاریکی) برای صفر کردن دستگاه استفاده گردید. یک واحد فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به عنوان مقدار آنزیمی در نظر گرفته شد که منجر به مهار ۵۰ درصدی در احیای نوری نیترو بلو تترازولیوم می گردد.

۲-۷-۴- اندازه گیری پروتئین محلول کل

با توجه به اینکه فعالیت آنزیم براساس میلی گرم پروتئین موجود در عصاره بیان گردیده پروتئین محلول کل با استفاده از روش برادفورد[11] (۱۹۷۶) اندازه گیری شد [۲۷]. به این منظور میزان جذب ۱ میلی لیتر از معرف برادفورد به همراه ۱۰۰ µL عصار آنزیمی پس از مخلوط شدن کامل در طول موج ۵۹۵ نانومتر ثبت

1. 2 - 2-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)
2. De Ancos
3. Catalase (CAT)
4. Cakmak and Horst
5. Peroxidase (POX)
6. Guaiacol
7. Superoxide dismutase (SOD)
8. Giannopolitis and Ries
9. L-methionin
10. Nitro Blue Tetrazolium (NBT)
11. Bradford

گردید. غلظت پروتئین بر حسب میلی گرم بر گرم بافت تازه با استفاده از منحنی استاندارد سرم آلبومین گاوی (BSA)[1] محاسبه شد.

۲-۸- تجزیه و تحلیل داده ها

جهت ثبت و مرتب سازی داده ها از نرم افزار Excel استفاده شد. پس از آزمون نرمال بودن توزیع کلیه داده ها، تجزیه و تحلیل واریانس در قالب طرح بلوک کامل تصادفی (منبع تغییرات زمان ها مختلف نمونه برداری) با چهار تکرار، با نرم افزار MSTATC انجام شد و در صورت معنی دار بودن واریانس از آزمون چند دامنه ای دانکن جهت مقایسه میانگین ها استفاده شد.

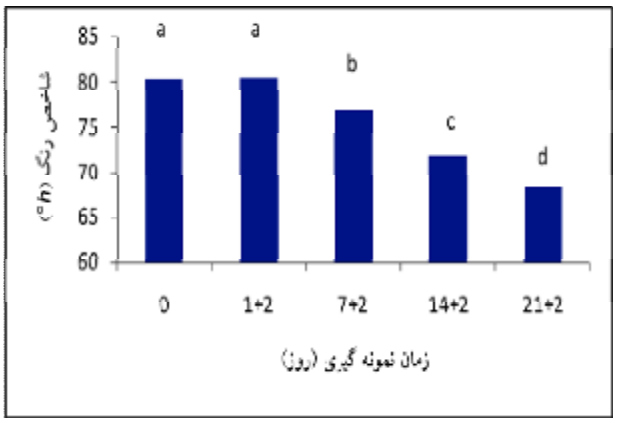
۳- نتایج و بحث

۳-۱- میزان مواد جامد محلول و اسیدیته قابل تیتراسیون

میزان مواد جامد محلول و اسیدیته شاخص مهمی برای درجه رسیدگی میوه می باشند [۱۹]. در این مطالعه میزان مواد جامد محلول در زمان نمونه برداری نهایی ۱۴/۷ درصد بیش از زمان برداشت بود. اسیدیته قابل تیتراسیون در طول نگهداری میوه کاهش یافت و از میانگین ۰/۳۹ در ابتدای آزمایش به ۰/۲۱ رسید (جدول۱). نتایج مشابهی توسط پورتا گومز[2] و سیسنروس زوالوس[3] در سال ۲۰۱۱ در مرحله رسیدگی پس از برداشت هلو گزارش شده است [۳]. افزایش مواد جامد محلول، احتمالاً به دلیل ادامه فعالیت های سوخت و ساز در میوه و تولید قندهای ساده بیشتر باشد [۲۸].

۳-۲- تغییرات شاخص رنگ

نتایج بررسی تغییرات رنگ میوه نشان داد که شاخص رنگ در طول دوره نگهداری میوه کاهش معنی‌داری داشت به طوری‌که میانگین شاخص رنگ در مرحله برداشت میوه ۸۰/۳۴ بوده و این میزان به ۶۸/۲۹ در زمان ۲۱ رسید (شکل۱). کاهش شاخص رنگ (h°)، بیانگر تیره شدن بافت میوه می باشد که تیره تر شدن بافت میوه ناشی از افزایش محتوی کارتنوئید می باشد. نتایج مشابهی توسط لس‌کس[4] و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شده است [۲۹].



شکل۱ تغییرات شاخص رنگ میوه زردآلو رقم "عسگرآبادی" در طول نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد، حروف a تا c بیانگر اختلاف معنی دار میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در $P \leq 0.05$

۳-۳- میزان کارتنوئید کل

کارتنوئید ها وسیع‌ترین گروه رنگیزه ها در طبیعت بوده و عامل رنگ زرد تا قرمز در میوه هستند [۳۰]. رسیدگی میوه شامل یک‌سری واکنش های بیوشیمیایی پیچیده است که منجر به تولید کارتنوئید و مواد معطر می گردد [۳۱ و۳۲]. میوه زردآلو منبع غنی کارتنوئید ها بویژه بتا کاروتن می‌باشد که بیش از ۵۰ درصد کاروتن کل میوه را تشکیل می دهد. علاوه بر بتاکاروتن در زردآلو مقدار کمی آلفا کاروتن، زئاگزانتین[5]نیزگزارش شده است [۳۰].

اطلاعات کاملی در مورد تغییرات کارتنوئید ها در طول نگهداری میوه در دمای پایین گزارش نشده است. اما رسیدگی زردآلو همراه با افزایش چشم گیر تولید کارتنوئید است [۳۳].

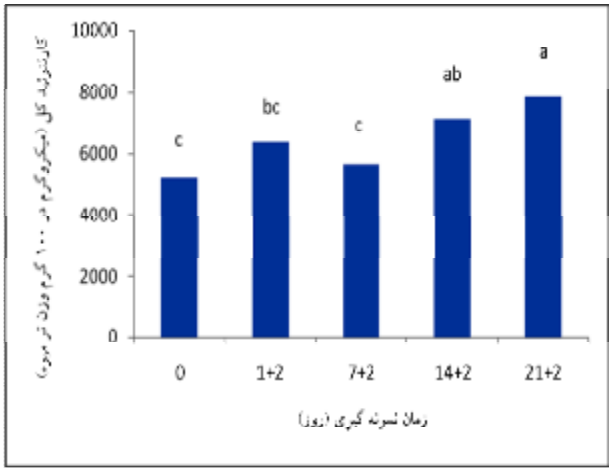
1. Bovine serum albomin (BSA)
2. Puerta-Gomez
3. Cisneros-Zevallos
4. Leccese
5. zeaxanthin

جدول ۱ میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد اسید مالیک)، املاح محلول کل (درصد) و محتوی فنل کل (میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه) میوه زردآلو رقم "عسگرآبادی" در طول نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

زمان نمونه برداری (روز)	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد مالیک اسید)	املاح محلول کل (درصد)	محتوی فنل کل (میلی گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن تازه)
صفر (زمان برداشت)	۰/۳۹ [a]	۱۵/۳۰ [c]	۱۰۱/۷۵ [a]
۱+۲	۰/۲۷ [b]	۱۵/۴۰ [c]	۱۰۶/۳۲ [a]
۷+۲	۰/۲۹ [b]	۱۵/۱۳ [c]	۹۹/۵۱ [a]
۱۴+۲	۰/۱۹ [c]	۱۶/۶۷ [b]	۱۰۲/۲۰ [a]
۲۱+۲	۰/۲۱ [c]	۱۷/۵۵ [a]	۱۰۱/۶۷ [a]
LSD	۰/۰۴۹	۰/۶۱	۷/۷۶

اعداد میانگین چهار اندازه گیری، حروف a تا c در هر ستون بیانگر اختلاف میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در $P \leq 0.05$ و LSD حداقل اختلاف معنی دار

در این مطالعه نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت معنی داری بین زمان های مختلف نمونه برداری وجود دارد و میزان کارتنوئید کل در طول دوره پس از برداشت روند افزایشی داشته و میانگین زمان برداشت کمترین مقدار بوده در حالی که میانگین در زمان نمونه گیری نهایی بیشترین مقدار بود (شکل ۲). نتایج این آزمایش با نتایج رویز[1] و همکاران (۲۰۰۵) هماهنگ بود که آنها ارتباط خطی بین رنگ و میزان کارتنوئید در میوه تازه گزارش کردند [۳۴]. هم چنین گزارش هایی وجود دارد که سنتز آنتوسیانین در میوه آلو و کارتنوئید در میوه هلو در فرایند رسیدگی پس از برداشت افزایش یافته است. دراگویک ازلاک[2] و همکاران ۲۰۰۷ بیان داشته اند که میزان کارتنوئید میوه، بسته به درجه بلوغ میوه متفاوت بود وعلاوه بر تفاوت بین ارقام، منطقه جغرافیایی نیز بر میزان کارتنوئید موثر می‌باشد [۳۵].



شکل۲ تغییرات میزان کارتنوئید کل میوه زردآلو رقم "عسگرآبادی" در طول نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد، حروف a تا c بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در $P \leq 0.05$

۳-۴- میزان فنل کل

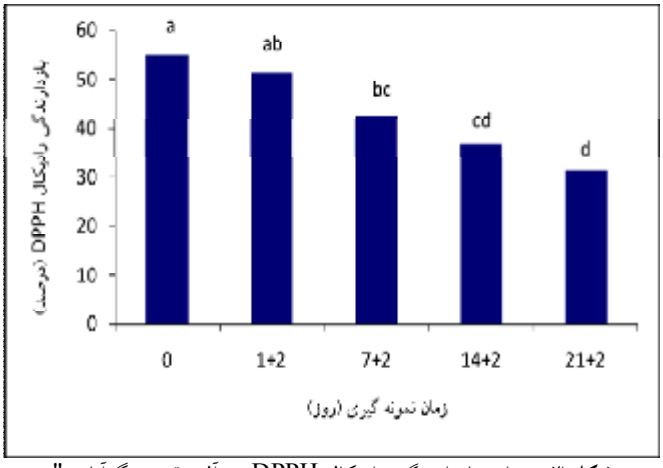
ترکیبات فنلی اثرات ضد اکسایشی داشته وبخشی از اثرات مفید استفاده از میوه ها به دلیل محتوای فنل آنها می‌باشد. همبستگی بالایی بین محتوای فنلی میوه و توانایی ضد اکسایشی در ارقام مختلف میوه های هسته دار گزارش شده است [۳۶و۳۷]. ترکیبات فنلی عمده زردآلو اسید کلروجنیک ، اپی کاتکین،

1. Ruiz
2. Draovic- uzelac

سیانیدین و مشتقات اسید کافئیک می‌باشد [۳۵]. میزان محتوای فنل کل در طول نگهداری میوه زردآلو رقم "عسگرآبادی" در دمای پایین نسبتاً ثابت بود و تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول ۱).سنتر و فوبس[1](۱۹۹۲) نیز در مطالعه تغییرات فنل میوه آلو نتایج مشابهی گزارش نموده اند [۳۸]. علاوه بر این توماس باربارن[2]و همکاران ۲۰۰۱ روند یکسانی در محتوی فنل ارقام مختلف هلو، آلو و شلیل در فرایند رسیدگی مشاهده نکردند [۳۹].

۳-۵- تغییرات خواص ضد اکسایشی

بررسی تغییرات خاصیت ضد اکسایش DPPH نشان داد که میزان بازدارندگی در طول فرایند پس از برداشت کاهش معنی داری داشت ($P\leq0.05$). بیشترین میزان بازدارندگی در زمان صفر بوده و کمترین مقدار در روز ۲۱ مشاهده گردید (شکل ۳). بخشی از خاصیت ضد اکسایشی میوه ناشی از محتوای فنل می‌باشد. در این پژوهش علیرغم ثابت بودن محتوی فنل میوه خاصیت ضد اکسایشی DPPH کاهش یافت. بر خلاف نتایج این مطالعه پورتا گومز و سیسنروس زوالوس در سال ۲۰۱۱ تغییر معنی داری در خاصیت ضد اکسایشی (بر اساس ترولکس[3]) میوه آلو در فرایند پس از برداشت مشاهده نکردند [۲]. به نظر می رسد این تفاوت در نتایج ناشی از پاسخ ارقام مختلف و یا تفاوت در ارزیابی خاصیت ضد اکسایشی باشد.



شکل ۳ تغییرات بازدارندگی رادیکال DPPH زردآلو رقم عسگرآبادی" در طول نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد، حروف a تا d بیانگر اختلاف معنی‌دار میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در $P\leq0.05$

۳-۶- میزان فعالیت آنزیم های موثر در اکسیداسیون

برخی از محققین پیری میوه را شکل پیشرفت یافته رسیدگی می دانند که تغییرات بیوشمیایی متعددی در آن صورت می‌گیرد [۴۰]. سیستم های ضد اکسایشی که در فرایند رسیدگی و پیری میوه نقش مهمی دارند شامل سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز و پراکسیداز می باشند [۴۱]. فعالیت پراکسیداز در فرایند رسیدگی میوه دارای نوساناتی بود و تفاوت معنی داری بین زمان های مختلف نمونه برداری وجود داشت. به طورکلی فعالیت پراکسیداز روند افزایشی داشت به طوری که در روز ۲۱ حداکثر فعالیت مشاهده گردید (جدول ۲). فعالیت آنزیم کاتالاز در طول نگهداری میوه روند مشخصی داشته و تفاوت معنی داری بین زمان های مختلف مشاهده گردید. میانگین کاتالاز دارای بیشترین مقدار در ابتدای آزمایش بوده و پس از آن روند کاهشی نشان داد (جدول ۲). فعالیت این آنزیم در طول نگهداری میوه انبه روند افزایشی نشان داده است [۴۲]. فعالیت سوپراکسید دیسموتاز تا روز ۷ روند افزایشی داشته و سپس کاهش یافت و حداقل مقدار فعالیت در روز ۲۱ مشاهده شد. در مطالعه ای که توسط لوپز و همکاران (۲۰۱۰) روی توت فرنگی صورت گرفته نیز فعالیت سوپراکسید دیسموتاز از مرحله سفید تا قرمز در طول رسیدگی میوه کاهش یافت [۴۱].

۴- نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش چنین به نظر می رسد که در صورت به کار بردن روشهای مناسب می توان میوه را برای مدت طولانی تری نگه داری کرد. علیرغم این که برخی خواص ضد اکسایشی میوه روند کاهش نشان داد اما میزان کارتنوئید روند افزایشی داشته و تغییر چشم گیری در محتوای فنل کل مشاهده نشد. به طور کلی نتایج نشان داد نگهداری زردآلو در مای پایین منجر به افزایش عمر پس از برداشت میوه شده و ضمن حفظ محتوی فنل، محتوی کارتنوئید و رنگ میوه بهبود پیدا کرد.

1. Senter and Fobes
2. Thomas Barbaran
3. Trolox

جدول ۲ میزان آنزیم های موثر در اکسیداسیون کاتالاز (واحد آنزیم در میلی گرم پروتئین)، پراکسیداز (واحد آنزیم در میلی گرم پروتئین) و سوپراکسید دیسموتاز (واحد آنزیم در میلی گرم پروتئین) میوه زردآلو رقم "عسگرآبادی" در طول نگهداری در دمای ۱ درجه سانتی‌گراد

زمان نمونه برداری (روز)	کاتالاز (واحد آنزیم در میلی گرم پروتئین)	پراکسیداز (واحد آنزیم در میلی گرم پروتئین)	سوپراکسید دیسموتاز (واحد آنزیم در میلی گرم پروتئین)
صفر (زمان برداشت)	۳۴/۶۶ a	۲۱/۰۰ c	۱/۱۱ab
۱+۲	۲۹/۷۴ b	۲۲/۴۲bc	۱/۳۲ab
۷+۲	۱۵/۹۲ c	۲۶/۵۰ a	۱/۵۹ a
۱۴+۲	۱۶/۳۶ c	۲۵/۱۶ab	۱/۴۱ab
۲۱+۲	۱۸/۲۸ c	۲۸/۴۳ a	۱/۲۱ b
LSD	۲/۴۸	۳/۴۵	۰/۲۸

اعداد میانگین چهار اندازه گیری، حروف a تا c در هر ستون بیانگر اختلاف میانگین ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در $P\leq 0.05$ و LSD حداقل اختلاف معنی دار

۴- منابع

[1] Arzani K., Imani, A., 1998. The importance of orchard establishment and factors affecting fruit industry. Pub. By Agricultural Education Publisher, Ministry of Agriculture, Karaj, Iran. 26 p.

[2] Puerta-Gomez, A.F., Cisneros-Zevallos, L., 2011. Postharvest studies beyond fresh market eating quality: Phytochemical antioxidant changes in peach and plum fruit during ripening and advanced senescence. Postharvest Biology and Technology, 60, 220–224.

[3] Hudson, B. J. F., 1990. Food antioxidants; Elsevier Applied Science: London.

[4] Hall, C. A., Cuppett, S. L., 1997. Structure activities of natural antioxidants. In Antioxidant methodology*In Vivo and In Vitro* Concepts; Aruoma, O. I., Cuppett, S. L., Eds.; AOCS Press: Champaign, IL, pp 2-29.

[5] Larson, R. A., 1988. The antioxidants of higher plants.Phytochemistry, 27 (4), 969-978.

[6] Ito, N., Fukushima, S., Hasegawa, A., Shibata, M., Ogiso, T., 1983. Carcinogenicity of butylatedhydroxy anisole in F344 rats. J. Natl. Cancer Inst., 70, 343-347.

[7] Branen, A. L., 1975. Toxicology and biochemistry of butylatedhydroxylanisole and butylatedhydroxy toluene. Journal of American OilChemist Society, 52, 59-63.

[8] Temple, N.J., 2000. Antioxidants and disease: more questions than answers. Nutrition Research, 20, 449–459.

[9] Renaud, S.C., Gueguen, R., Schenker, J., Houtaud, A., 1998. Alcohol and mortality in middle aged men from eastern France. Epidemiology, 9, 184–188.

[10] Nilsson, J., Pillai, D., Onning, G., Persson, C., Nilsson, A., Akesson, B., 2005. Comparison of the ABTS and FRAP methods to assess the total antioxidant capacity in extracts of fruit and vegetables. Molecular Nutrition and Food Research, 49: 239-246.

[11] FAO Stat, 2001. FAO statistical databases.

[12] Souty, M., Audergon, J.M., Duprat, F., 1991. Physical and biochemical criteria for apricot varieties characterization.Acta Horticulture. 293, 95–109.

[13] Ruiz, D., Egea, J., 2008. Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in apricot (*Prunusarmeniaca* L.) germplasm.Euphytica, 163, 143–158.

[14] Roussos, P.A., Sefferou, V., Denaxa, N.K., Tsantili, E., Stathis, V., 2011. Apricot (*Prunusarmeniaca* L.) fruit quality attributes and phytochemicals under different crop load. ScientiaHorticulturae, 129, 472–478.

[15] Gardner, P.T., White, T.A.C., McPhail, D.B., Duthie, G.G., 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. Food Chemistry, 68, 471–474.

[16] Rice Evans, C.A., Miller, J., Paganga, G., 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. Trends in Plant Science, 2, 152–159.

[17] Vinson, J.A., Hao, Y., Su, X.H., Zubik, L., 1998. Phenol antioxidant quantity and quality in foods and vegetables. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 46, 3630–3634.

[18]Arzani, K. and M. Koushesh-Saba 2005. Enhancement of Sultana grape (*Vitisvinifera* L.) maturity by pre-veraison ethanol and methanol spray Indian Journal of Agricultural Science. 75(10): 670-672.

[19] Antunes, M.D.C., Correia, M.P., Miguel, M.G., Martins, M.A., Neves, M.A., 2003.The effect of calcium chloride postharvest application on fruit storage ability and quality of 'Beliana' and 'Lindo' apricot (*Prunusarmeniaca* L.) cultivars. ActaHorticulturae, 604, 721–726.

[20] Drogoudi, P.D., Vemmos, S., Pantelidis, G., Petri, E., Tzoutzoukou, C., Karayiannis, I., 2008. Physical characters and antioxidant, sugar, and mineral nutrient contents in fruit from 29 apricot (*Prunusarmeniaca* L.) cultivars and hybrids.J. Agric. Food Chem**,** 56*,* 10754–10760.

[22] Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M., Lester, P., 1999.Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folinciocalteureagent.Methods Enzymol.299, 152–178.

[23] De Ancos, B., Sgroppo, S., Plaza, L., Cano, M. P., 2002. Possible nutritional and health related value promotion in orange juice preserved by high-pressure treatment. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82, 790–796.

[24]Ghanati, F., Morita, A., Yokota, H., 2002.Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cells.Soil Science Plant Nutrition, 48, 357–364.

[25]Cakmak, I., Horst, J.H., 1991. Effects of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*).PhysiolyPlantarum, 83, 463–468.

[26]Giannopolitis, C.N., Ries, S.K., 1977. Superoxide dismutases. I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol. 59, 309–314.

[27]Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle-dye binding.Anal.Biochem. 72, 248–254.

[28] Paliyath, g., Murr, D.G., 2008. Biochemistry of fruit, p. 19-50. In: Paliyath, G., Murr, D.G., Handa, A.K., Lurie, S.,.Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers.Wiley-Blackwell. 467.

[29] Leccese, A., Bartolini, S., Bureau, S., Reich, M., Renard, C.M.G.C., Audergon, J.M., Viti, R., 2010. Carotenoid composition in apricot fruits: A preliminary investigation on three Italian cultivars. ActaHorticulture.. 862, 551-556.

[30] Fraser, P. D., Bramley, P. M., 2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. Progress in Lipid Research, 43, 228–265.

[31] Radi, M., Mahrouz, M., Jaouad, A., 1997. Phenolic content, browning susceptibility and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. Horticultural Science, 32, 1087–1091.

[32] Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M.M., Toth-Markus, M. 2005. Differences in athocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. Food Research International, 38, 1023–1029.

[33] Katayama, T., Nakayama, T.O. M., Lee, T. H., Chichester, C. O., 1971. Carotenoid transformations in ripening apricots and peaches. Journal of Food Science, 36, 804–806.

[34] Ruiz, D., Egea, J., Tomas-Barberan, F. A., Gil, M.I., 2005. Carotenoids from new apricot (*Prunusarmeniaca* L.) varieties and their relationship with flesh and skin color. Journal of the Agricultural and Food Chemistry, 53, 6368–6374.

[35] Dragovic-Uzelac, V., Levaj, B., Mrkic, V., Bursac, D., Boras, M., 2007. The content of polyphenols and carotenoids in three apricot cultivars depending on stage of maturity and geographical region. Food Chemistry, 102, 966–975.

[36] Karakaya, S., El, S.N., Tas, A.A., 2001. Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds. International Journal of Food Science Nutrition, 52, 501–508.

[37] Gil, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B., Kader, A.A., 2002. Antioxidant capacity, phenolic compounds, carotenoids and vitamin C of nectarine, peach and plum

cultivars from California. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50, 4976–4982.

[38] Senter, S.D., Fobes, W.R., 1992. Variations in proanthocyanidins of Japanese-type plums during maturation and storage. Journal of Science Food Agriculture, 60, 11–14.

[39] Thomas-Barbaran, F.A., Gil, M.I., Cremin, P., Waterhoiuse, A.L., Hess-Pierce, B., Kader, A.A., 2001. HPLC–DAD-ESIMS analysis of phenolic compounds in nectarines peaches, and plums.Journal Agriculture Food Chemistry, 49, 4748–4760.

[40] Seymour, G.B., Taylor, J.E., Tucker, G.A., 1993. Biochemistry of fruit ripening. - Chapman and Hall, London.

[41] Lopez, A.P., Gochicoa, M.T.N., Franco, A.R., 2010. Activities of antioxidant enzymes during strawberry fruit development and ripening, Biological Planatarum, 54 (2), 349-352.

[42] Wang, B., Wang, J., Feng, X., Lin. L., Zhao, Y., Jiang, W., 2009. Effects of 1-MCP and exogenous ethylene on fruit ripening and antioxidants in stored mango. Plant Growth Regulator, 57, 185-192.

Evaluation of apricot (*Prunus armeniaca* L.) antioxidant changes during storage at cold room

Koushesh Saba, M. [1], Arzani, K. [2 *], Barzegar, M. [3]

1. Assistant Professor of postharvest technology, Department of Horticultural Science, University of Kurdistan.
2. Professor of Pomology, Department of Horticultural Science, Tarbiat Modares University.
3. Associate Professor of Food Science and Technology, Department of Food Science and Technology. Tarbiat Modares University.

(Received: 89/10/23 Accepted: 91/9/20)

Apricot fruit consumption increased during past decades because of fruit is a rich source of carotenoids, polyphenol compounds, micro and macro element and vitamins. Current study was carried out to monitored quality changes during fruit ripening and post-harvest period. 'Asgarabadi' cultivar fruit was stored at 1 ^{0}C and sampling was carried out in 0, 1, 7, 14 and 21 days. Some fruit quality attributes such as soluble solid content (SSC), titrable acidity (TA), carotenoid content, flesh color, total phenol (TP) and fruit antioxidant activity was monitored. SSC increased from 15.5 to 17.7 during experiment while TA was decreased. Carotenoid content was increased and it was accompanied with decrease in color index. TP was 101 mg Gallic acid in 100 g of fresh weight and there were no significant changes during experiment. The evaluation of result indicated that low temperature storage prolonged fruit postharvest life, maintain TP content and improved carotenoid content and color although some antioxidant parameters decreased

Keywords: Phenolic compounds, Carotenoids, Oxidative enzymes, Fruit storage, Postharvest fruit quality

* Corresponding Author E-Mail Address: arzani_k@modares.ac.ir