

## اثر پرتودهی اشعه گاما بر خصوصیات کیفی میوه انار در طول انبار سرد

میثم اشتری<sup>۱</sup>، اورنگ خادمی<sup>۲\*</sup>، محمود سوف باف سرجمعی<sup>۳</sup>، حمیده افشار منش<sup>۳</sup>،

محمدعلی عسکری سرچشمه<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

۲- استادیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد

۳- استادیار گروه گیاهپزشکی و نگهداری مواد غذایی، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

۴- استادیار گروه باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۳/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۵/۰۵)

### چکیده

شیوع آفت کرم گلوکاه و انواع بیماری‌ها در طول انبارداری از جمله عوامل اصلی محدود کننده عمر پس از برداشت میوه انار می‌باشند. از جمله تیمارهای موثر در کاهش آفات و بیماری‌های محصولات کشاورزی پرتودهی با اشعه گاما می‌باشد. اثر این تیمار در کاهش آفات و بیماری‌های پس از برداشت انار نیز نشان داده شده است ولی تاثیر آن بر کیفیت میوه انار در طول انبار سرد بررسی نشده است. به منظور مطالعه اثر پرتودهی گاما بر کیفیت میوه انار این پژوهش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در دانشگاه شاهد و پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. برای این منظور میوه انار رقم 'ملس ساوه' در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی برداشت و با اشعه گاما در دوزهای، صفر، یک، سه، پنج و هفت کیلوگری تیمار و در انبار ۶ درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی بالای ۸۰٪ نگهداری شد و در زمانهای یک، دو و سه ماه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اعمال تیمار اشعه گاما در مقایسه با شاهد موجب افزایش کاهش وزن و نشت یونی میوه شده و مقادیر مواد جامد محلول، فنل کل، آنتوسیانین، اسیدآسکوربیک احیا شده و ظرفیت ضداکسایشی را در مقایسه با شاهد کاهش داد. منتهی اثرات تیمار در دوزهای پایین، به خصوص دوز یک کیلوگری چندان قابل ملاحظه نبوده ولی با افزایش دوز کیفیت میوه بیشتر کاهش یافت. بنابراین استفاده از دوزهای کم این تیمار می‌تواند به طور موثری در افزایش عمر پس از برداشت میوه انار مورد استفاده قرار گیرد.

**کلید واژگان:** انار، گاما، پرتودهی، پس از برداشت، کیفیت

\*مسئول مکاتبات: o.khademi@shahed.ac.ir

## ۱- مقدمه

انار با نام علمی *Punica granatum* از خانواده *Punicaceae* بوده و یکی از قدیمی‌ترین میوه‌هایی است که به طور وسیع در کشورهای گرمسیری و نیمه گرمسیری کشت می‌شود [۱]. در بین کشورهای تولید کننده انار در دنیا، ایران دارای بیشترین سطح زیر کشت و بالاترین مقدار تولید انار می‌باشد [۲]. علاوه بر این، انار توجه بسیاری از مصرف کنندگانی که علاقمند به غذای مغذی و عالی هستند را نیز به خود جلب کرده است [۳]. تمامی فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی انار به حضور ترکیبات فنلی متعدد نظیر آنتوسیانین‌های دلفینیدین، سیانیدین و پلارگونیدین، مشتقات الازیک اسید، پونیکالازین، دی گلیکوزیدها، تری گلیکوزید، فلاونونویدها و کامپنول مرتبط است، که این ترکیبات در جذب رادیکال‌های آزاد و ممانعت از اکسایش درون شیشه‌ای لیپیدها موثر شناخته شده‌اند [۴].

مهمترین عوامل موثر در کیفیت میوه‌ها، معمولاً عوامل قبل از برداشت می‌باشد، زیرا کلیه عملیات انجام شده در مرحله پس از برداشت تنها قادر است که از ضایعات محصول جلوگیری نموده و کیفیت محصول را در همان حد حفظ نماید. بنابراین تولید محصول با کیفیت بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عواملی که در مرحله قبل از برداشت در کاهش کیفیت میوه انار تاثیر فراوان دارند، آفت کرم گلوگاه، بیماری ترشیدگی و پوسیدگی، ترک خوردگی، آفتاب سوختگی و عارضه سفید شدن دانه‌های انار می‌باشند [۵]. در حال حاضر پوسیدگی انار در انبار یا در مراحل بازار رسانی، مهمترین مشکل انبارداری و مانع عمده صادرات میوه انار محسوب می‌گردد. تا کنون بیش از ۲۵ گونه و جنس قارچ یا باکتری به عنوان عامل پوسیدگی و ترشیدگی میوه انار از سراسر جهان گزارش شده است. بیماری به طور عمده از باغ شروع می‌شود و کرم گلوگاه انار، نقش کلیدی در شروع آلودگی دارد. کرم گلوگاه انار با نام علمی *Ectomylois ceratoniae* Zeller مهمترین عامل کاهش کمیت و کیفیت محصول انار و یکی از موانع مهم در افزایش صادرات آن می‌باشد. میزان خسارت کرم گلوگاه انار تابعی از شرایط جوی، رقم انار و شرایط به زراعی باغ در هر منطقه می‌باشد. به طور متوسط درصد خسارت کرم گلوگاه انار در کل کشور و در سالهای مختلف حدود ۶۰-۳۰ درصد محصول

برآورد می‌شود. علایم آن هم روی درخت و هم پس از برداشت در طی انبارداری ظاهر می‌شود [۶].

با توجه به اهمیت بالای محصول انار مطالعات کمی روی ماندگاری پس از برداشت آن صورت گرفته است و استفاده از سردخانه تنها روش نگهداری طولانی مدت انار می‌باشد [۷]. منتهی نگهداری میوه‌های انار در دمای کمتر از ۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ماه یا بیشتر سبب وقوع علایم سرمازدگی در آن می‌شود. عمومی‌ترین علایم سرمازدگی در انار ظهور لکه‌های فرورفته در سطح میوه، رنگ پریدگی دانه‌ها، قهوه‌ای شدن پره‌های سفید رنگ و در نهایت حساسیت بالا به پوسیدگی قارچی می‌باشند. نگهداری در دماهای بالاتر نیز با چروکیدگی پوست میوه و شیوع سریع آلودگی‌های قارچی و ظهور سریع و فعالیت کرم گلوگاه منتقل شده به انبار همراه است [۸]. بنابراین اعمال تیماری که بتواند قبل از انبار بار میکروبی و آلودگی به کرم گلوگاه را از بین ببرد دارای اهمیت تجاری در نگهداری میوه انار در دماهای بالاتر از حد سرمازدگی می‌باشد.

پرتودهی مواد غذایی که پاستوریزه کردن سرد نامیده می‌شود، می‌تواند به منظور کنترل و حذف حشرات یا عوامل بیماریزا از قبیل باکتری‌ها، کپک‌ها، مخمرها و ویروس‌ها مورد استفاده قرار گیرد؛ در نتیجه زمان ماندگاری فرآورده‌های غذایی افزایش می‌یابد [۹]. پرتودهی محصولات کشاورزی به معنای قرار گرفتن آنها در مقابل اشعه و جذب دوز معینی از امواج الکترومغناطیس، ایکس و گاما یا ذرات الکترون پر انرژی می‌باشد. در عبارت دیگر پرتودهی مواد غذایی عبارت است از قرار دادن ماده غذایی در مقابل مقدار مشخصی از پرتو گاما، به منظور جلوگیری از جوانه زنی بعضی محصولات مانند پیاز و سیب زمینی، کنترل آفات انباری، کاهش بار میکروبی و قارچی و تأخیر در رسیدن برخی از محصولات [۱۰]. یکی از کاربردهای اشعه گاما استفاده از آن در کنسارته میوه‌ها می‌باشد. اثر پرتودهی گاما روی کیفیت و ماندگاری آب پرتقال در دوزهای صفر و چهار کیلوگری بررسی و نشان داده شد که نمونه‌های شاهد پس از سه روز کیفیت خود را از دست دادند ولی پرتودهی با غیرفعال نمودن باکتری‌های هوازی و کپک‌ها و با حفظ پلی فنل کل و ویتامین ث منجر به ماندگاری بهتر آب پرتقال گردید [۱۱]. اثر پرتودهی گاما در دوزهای مختلف صفر، ۳۰۰، ۶۰۰، ۹۰۰ و ۱۲۰۰ گری روی ماندگاری سیب رقم

بر خصوصیات کیفی میوه انار در طی دوره پس از برداشت مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

### نمونه‌های میوه و اعمال تیمار

به منظور مطالعه اثر پرتودهی گاما بر کیفیت میوه انار این پژوهش در دانشگاه شاهد و پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای در سال ۱۳۹۴ اجرا گردید. برای اجرای این طرح تعداد ۲۴۰ عدد میوه انار رقم 'ملس ساوه' از باغ تجاری واقع در اطراف شهر ساوه در مرحله رسیدگی کامل برداشت و به آزمایشگاه منتقل گردید. تعداد ۱۵ میوه به عنوان سه تکرار برای اندازه‌گیری شاخص‌ها در زمان برداشت اختصاص یافت. میوه‌های باقیمانده به پنج گروه هر گروه دارای ۴۵ میوه تقسیم بندی شدند. در گروه اول به عنوان شاهد تیماری اعمال نشد و گروه‌های دوم تا پنجم به ترتیب با اشعه گاما در دوزهای یک، سه، پنج و هفت کیلوگری تیمار شدند. اشعه گاما با استفاده از دو سامانه گاماسل و تجاری با اکتیویته‌های به ترتیب در حدود ۹/۵ کیلوگری با نرخ پرتودهی ۲/۱۹ بر ثانیه و ۳۰۰ کیلوگری در محل پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای پرتودهی شد [۹].

پس از اعمال تیمارها، میوه‌ها درون سبدهای مشبک پلی‌اتیلنی قرار گرفته و به سردخانه شش درجه سانتیگراد با رطوبت نسبی بالای ۸۰ درصد منتقل شدند. پس از مدت زمانهای یک، دو و سه ماه، تعداد ۱۵ میوه از هر تیمار بعنوان سه تکرار از سردخانه خارج و پس از سه روز نگهداری در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد به عنوان عمر قفسه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفتند.

### اندازه‌گیری خصوصیات کیفی و کمی

#### درصد کاهش وزن میوه

کاهش وزن نمونه‌ها با اندازه‌گیری وزن هر میوه قبل و پس از دوره انبارداری بوسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد.

$$100 \times \left[ \frac{\text{وزن اولیه} - (\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه})}{\text{وزن اولیه}} \right] = \text{درصد کاهش وزن}$$

#### درصد نشت یونی

برای اندازه‌گیری نشت یونی (شاخص صلابت غشاهای سلولی) از قسمت‌های میانی پوست میوه تعداد ۱۰ دیسک به ازای هر واحد آزمایشی بوسیله پانچ دستی برداشته شده و در

رد دلشیز بررسی و نشان داده شد که در نمونه‌های شاهد شیوع بیماری و کاهش شدید سفتی عامل محدود کننده عمر انبارمندی می‌باشد، ولی اعمال پرتودهی به خصوص در دوزهای ۳۰۰ و ۶۰۰ گری با ممانعت از شیوع بیماری و حفظ بهتر سفتی تیمارهای موثر در حفظ کیفیت سیب‌های انبار شده در دمای سرد می‌باشد [۱۲]. در پژوهشی دیگر اثر پرتو گاما در دوزهای صفر، یک و دو کیلوگری روی ماندگاری میوه کیوی بررسی و نشان داده شد که پرتودهی گاما با ممانعت از شیوع بیماری موجب افزایش عمر انبارمندی میوه کیوی گردید [۱۳]. در پژوهشی مشابه اثر پرتو گاما در دوز سه کیلوگری روی کیفیت میوه هلو بررسی و نشان داده شد که پرتودهی فعالیت آنزیمهای پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز را کاهش و موجب نرم شدن میوه نسبت به شاهد گردید. این مقدار دوز با وجود تأثیر منفی روی مقدار ویتامین ث و ظرفیت ضداکسایشی (Anti Oxidant) میوه شاخص‌های حسی را بهبود داد [۱۴]. اشعه گاما در دوزهای صفر، ۰/۴، یک و دو کیلوگری روی میوه انار رقم کالیفرنیا اعمال و بدنال تیمار نشان داده شد که پرتودهی گاما موجب کاهش مقدار اسید قابل تیترا، مقدار فنل، مقدار آنتوسیانین و ظرفیت ضداکسایشی میوه نسبت به شاهد گردید ولی با این وجود از نظر آزمون پانل کنندگان (Panel test) نمونه‌های تیمار شده نسبت به شاهد ترجیح داده شد [۱۵].

بر اساس پژوهش که بر روی آفت کرم گلوگاه در میوه انار رقم 'ملس ساوه' صورت گرفت، پرتودهی گاما به خوبی توانست، تخم یک روزه (در دوز ۲۲۵-۱۲۵ گری)، تخم چهار روزه (در دوز ۵۰۰-۴۷۵ گری)، لارو سن یک (در دوز ۱۱۰۰-۶۰۰ گری)، لارو سن آخر (در دوز ۱۲۰۰-۹۰۰ گری)، شفیره (در دوز ۱۳۰۰-۱۰۰۰ گری) و حشره کامل (در دوز ۱۳۰۰-۸۰۰ گری) کرم گلوگاه را در محیط درون شیشه‌ای کنترل نماید [۱۶]. اثر اشعه گاما روی آب انار نیز بررسی و نشان داده شد که جمعیت باکتری و قارچ در اثر تمامی دوزهای استفاده شده به طور موثری در مقایسه با شاهد کاهش یافت [۹]. بنابراین این تیمار می‌تواند به خوبی برای کنترل آفت کرم گلوگاه و انواع بیماری‌های میوه انار در پس از برداشت مورد استفاده قرار گیرد ولی در خصوص اثر این تیمار روی کیفیت میوه انار در طی انبار سرد روی ارقام ایرانی گزارشی صورت نگرفته است. از این رو در این پژوهش اثر دوزهای مختلف پرتو گاما

جذب، MW؛ وزن مولکولی سیانیدین -۳- گلوکوزید به عنوان آنتوسیانین غالب انار (۴۴۹/۲)، df؛ فاکتور رقت (۱۰) و MA؛ ضریب جذب مولی آنتوسیانین غالب انار (۲۶۷۹۰۰) است [۱۸]:

$$\text{مقدار آنتوسیانین (mg/L)} = \frac{((\text{ABS } 510\text{nm} - \text{ABS } 700\text{nm}) \times \text{pH } 1 - (\text{ABS } 510\text{nm} - \text{ABS } 700\text{nm}) \times \text{pH } 4.3) \times \text{MW} \times \text{DF}}{\text{MA}} \times 100$$

### مقدار اسید آسکوربیک احیا شده

مقدار اسید آسکوربیک احیا شده با روش اسپکتروفتومتری بر اساس کاهش رنگ ترکیب ۲، ۶- دی کلروفنل- ایندوفنل (DCIP) توسط اسید آسکوربیک احیا شده اندازه گیری شد. مقدار اسید آسکوربیک احیا شده با استفاده از معادله خط استاندارد به دست آمده از جذب ۵۲۰ نانومتر غلظت‌های مختلف اسید آسکوربیک محاسبه شد [۲۰].

### طرح آزمایشی و تجزیه داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تیمارهای اعمال شده و زمان‌های بررسی بودند. داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS (ver: 9.3) تجزیه شده و برای مقایسه اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس در شاخص‌های درصد کاهش وزن، مقدار مواد جامد محلول، نشت یونی، مقدار فنل و مقدار ویتامین ث اثر زمان بررسی، اثر تیمار و اثر برهمکنش بین تیمار و زمان بررسی معنی‌دار بود بنابراین نمودارهای اثر برهمکنش آورده شد. در شاخص‌های مقدار آنتوسیانین و ظرفیت ضد اکسایشی اثر زمان بررسی و اثر تیمار معنی‌دار ولی اثر برهمکنش بین تیمار و زمان بررسی معنی‌دار نبود از این رو در این تیمارها نمودار اثر تیمار آورده شد. در درصد اسید قابل تیتر نیز فقط اثر زمان بررسی معنی‌دار بود.

### درصد کاهش وزن میوه

با گذشت زمان آزمایش درصد کاهش وزن تمامی نمونه‌ها به طور معنی‌دار افزایش یافت. در ماه اول اختلاف معنی‌داری بین

داخل ارلن‌های حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفتند. پس از ۴ ساعت شیک با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه هدایت الکتریکی اولیه (EC1) محلول توسط دستگاه هدایت الکتریکی سنج قرائت گردید. نمونه‌ها به مدت یک ساعت در اتوکلاو قرار گرفته و پس از سرد شدن هدایت الکتریکی ثانویه (EC2) نمونه‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از فرمول زیر درصد نشت یونی محاسبه گردید [۱۷]:

$$\text{درصد نشت یونی} = (\text{EC1} / \text{EC2}) \times 100$$

### مقدار مواد جامد محلول و درصد اسید قابل

#### تیتر

بخش از میوه‌های هر واحد آزمایشی عصاره گیری شده و مقدار مواد جامد محلول عصاره با استفاده از دستگاه رفاکتومتر دستی (مدل ATC-1e) در دمای اتاق و برحسب درجه بریکس اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد اسید قابل تیتر نیز ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره میوه با ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید و سپس عصاره بدست آمده با سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH نهایی ۸/۲ تیتر شده و درصد اسید قابل تیتراسیون بر اساس غالبیت اسید سیتریک محاسبه شد [۱۸].

#### مقدار فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی

برای اندازه‌گیری مقدار فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی سه گرم از نمونه‌های آریل به کمک نیتروژن مایع پودر شده و ۱۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰٪ به آن اضافه و همگن گردید. سپس هموژن حاصل در ۱۰۰۰۰ دور به مدت ۱۵ دقیقه، در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شده و محلول رویی برای اندازه‌گیری فنل کل و ظرفیت ضد اکسایشی جمع‌آوری گردید. برای اندازه‌گیری مقدار فنل کل از روش فولین سیوکالتو استفاده شد. ظرفیت ضد اکسایشی آریل نیز از طریق خاصیت خنثی‌کنندگی رادیکال آزاد DPPH تعیین گردید [۱۹].

#### مقدار آنتوسیانین

مقدار آنتوسیانین کل با استفاده از روش تغییر pH اندازه‌گیری شد. برای این منظور بافر کلرید پتاسیم ۲۵ میلی‌مولار با pH = ۱ و بافر استات سدیم ۰/۴ مولار با pH = ۴/۵ تهیه شد. مقدار یک میلی‌لیتر از عصاره انار تهیه شده با ۱۰ میلی‌لیتر از این بافرها مخلوط شده و میزان جذب هر یک از آنها در دو طول موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار آنتوسیانین با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد که در این رابطه ABS؛ میزان

باشد [۲۱]. انار به دلیل داشتن منافذ متعدد روی پوست ضخیم خود سرعت از دست دادن آب قابل ملاحظه‌ای دارد. با از دست دادن آب پوست میوه انار خشک و چروکیده شده و ظاهر آن بسیار نامطلوب می‌شود [۲۲]. پرتودهی گاما، در دوزهای بالا به دلیل افزایش سرعت تنفس و فعالیت متابولیکی موجب افزایش کاهش وزن میوه‌ها می‌شود [۲۳]. در میوه توت فرنگی نشان داده شده است که پرتودهی گاما در دوزهای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ کیلوگری اثر معنی‌داری بر درصد کاهش وزن میوه‌ها دارد به طوری که دوز ۰/۵ کیلوگری اشعه گاما پس از ۹ روز انبارمانی موجب کاهش حدود ۵۰ درصدی وزن میوه شد [۲۴].

نمونه‌های تیمار شده با دوزهای یک، سه، پنج و هفت کیلوگری اشعه گاما نسبت به یکدیگر و همچنین نسبت به شاهد مشاهده نشد. در زمان بررسی ماه دوم نیز همانند ماه اول اختلاف آماری معنی‌داری بین نمونه‌ها از نظر درصد کاهش وزن مشاهده نشد. در زمان بررسی ماه سوم نمونه‌های تیمار شده با اشعه گاما در دوزهای سه، پنج و هفت کیلوگری بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر دارای درصد کاهش وزن بیشتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد بودند. در حالی که نمونه‌های تیمار شده با اشعه گاما یک کیلوگری اختلاف معنی‌داری در مقایسه با شاهد از نظر مقدار درصد کاهش وزن نشان ندادند (شکل ۱). مهمترین عامل کاهش وزن میوه در طی دوره انبارداری افزایش تبخیر و تعرق از سطح میوه می‌-

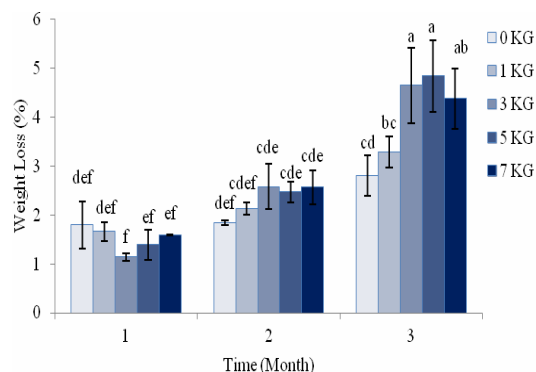
**Table 1** characteristics of pomegranate fruit at harvest and during cold storage

Time (Month)	Weight loss (%)	Total Soluble Solids (%)	Titratable acidity (%)	Electrolyte leakage (%)	Anthocyanin (mg/L)	Phenol content (mg/L)	Reduced Ascorbic acid (mg/L)	Antioxidant capacity (DPPH)
At harvest	0.0	16.66	1.1	--	334	123.36	95.02	76
1	1.5 <sup>c</sup>	15.32 <sup>b</sup>	0.82 <sup>a</sup>	37.28 <sup>b</sup>	241.54 <sup>b</sup>	120.77 <sup>b</sup>	94.76 <sup>a</sup>	72.28 <sup>b</sup>
2	2.3 <sup>b</sup>	15.35 <sup>b</sup>	0.75 <sup>ab</sup>	38.2 <sup>b</sup>	287.21 <sup>a</sup>	135.03 <sup>a</sup>	92.89 <sup>b</sup>	75.16 <sup>a</sup>
3	4.4 <sup>a</sup>	17.2 <sup>a</sup>	0.66 <sup>b</sup>	47.169 <sup>a</sup>	231.39 <sup>b</sup>	93.39 <sup>c</sup>	89.82 <sup>c</sup>	72.18 <sup>b</sup>

Means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test

اسید قابل تیتر نمونه‌ها در زمان بررسی سه ماه به طور معنی‌داری کمتر از مقدار درصد اسید قابل تیتر نمونه‌ها در زمان بررسی ماه اول بود. با وجود کاهش نسبی اسید قابل تیتر اختلاف معنی‌داری بین ماه اول و دوم از نظر درصد اسید قابل تیتر نمونه‌ها مشاهده نشد (جدول ۱). مشابه با نتایج این پژوهش روی میوه کیوی نشان داده شد که با گذشت زمان مقدار درصد اسید قابل تیتر کاهش یافت ولی تفاوتی بین نمونه‌های شاهد و پرتودهی شده با اشعه گاما از نظر درصد اسید قابل تیتر مشاهده نشد [۲۵].

بررسی مقدار مواد جامد محلول نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین زمانهای بررسی اول و دوم از نظر مقدار مواد جامد محلول وجود نداشت ولی مقدار مواد جامد محلول تمامی نمونه‌ها در زمان بررسی سوم در مقایسه با زمانهای اول و دوم به طور معنی‌داری افزایش یافت. در زمانهای بررسی ماههای اول و دوم بین دوزهای مختلف تیمار اشعه گاما و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار مواد جامد محلول مشاهده

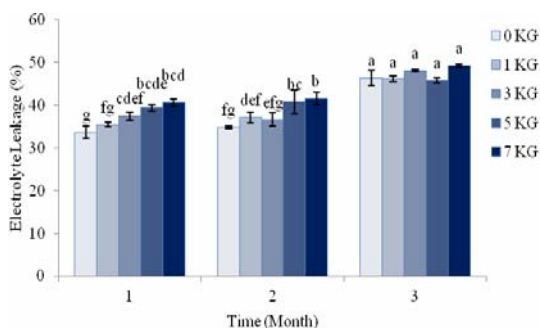


**Fig 1** Effects of gamma radiation on the weight loss of pomegranate fruit during cold storage (Means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test)

### اسید قابل تیتر و مقدار مواد جامد محلول

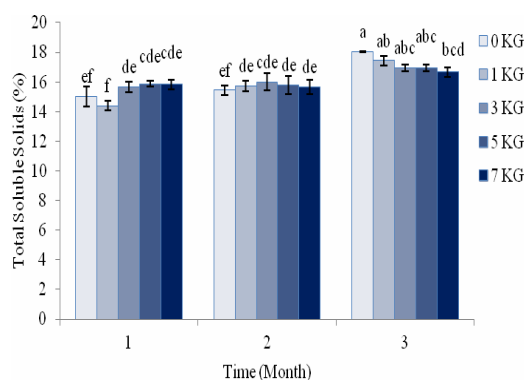
با گذشت زمان آزمایش و نگهداری میوه در انبار سرد مقدار اسید قابل تیتر تمامی نمونه‌ها کاهش یافت به طوری که درصد

اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر در مقایسه با نمونه‌های شاهد دارای درصد نشت یونی بیشتری بودند. در زمان بررسی دوم نمونه‌های دوزهای پنج و هفت کیلوگری دارای درصد نشت یونی بیشتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد و دوزهای یک و سه کیلوگری بودند در حالی که بین نمونه‌های دوزهای یک و سه کیلوگری و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر درصد نشت یونی مشاهده نشد. در زمان بررسی سوم درصد نشت یونی تمامی نمونه‌های تیمار شده با اشعه گاما و شاهد اختلاف معنی‌داری نسبت به هم نشان ندادند (شکل ۳). بنابراین تیمار اشعه گاما موجب افزایش نشت یونی در مقایسه با شاهد در ماههای اول انبارداری شده است ولی با گذشت زمان درصد نشت یونی نمونه‌های شاهد به سطح مشابه با نمونه‌های تیمار شده رسیده است. یکی از مهمترین شاخص‌ها در ارزیابی صلابت غشای سلولی اندازه‌گیری میزان نشت یونی است که در میوه انار در پوست آن اندازه‌گیری می‌شود [۱۷]. افزایش نشت یونی در اثر تیمارهای اشعه گاما نشان از آسیب به غشای سلولی در اثر این تیمارها می‌باشد. در واقع اشعه گاما به عنوان تنش وارد شده به سلول‌های گیاهی با تولید رادیکال‌های آزاد منجر به آسیب به غشای سلولی می‌گردد [۲۷]. در میوه انار نشان داده شده است که ترکیب و مقدار لیپیدهای غشا در طول انبار سرد تغییر می‌کند و مقدار هر دوی اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع و همچنین نسبت اسید چرب غیر اشباع به اشباع کاهش می‌یابد که بنابراین ساختار غشا آسیب دیده و نشت یونی در انبار سرد افزایش می‌یابد. به همین دلیل در طول انبار سرد نشت یونی نمونه‌ها افزایش و در انتها نشت یونی نمونه‌های شاهد به سطح مشابه با نمونه‌های تیمار شده با اشعه گاما رسیده است [۱۷].



**Fig 3** Effects of gamma radiation on electrolyte leakage of pomegranate fruit during cold storage (Means with the same letters are not significant at 5% level of *LSD* test)

نشده. در حالی که در زمان بررسی ماه سوم نمونه‌های دوز هفت کیلوگری به طور معنی‌داری دارای مقدار مواد جامد محلول کمتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد بود. در این زمان بررسی بین نمونه‌های دوزهای یک، سه و پنج کیلوگری و شاهد اختلاف آماری معنی‌داری از نظر مقدار مواد جامد محلول مشاهده نشد (شکل ۲). مشابه با نتایج این پژوهش نشان داده شده است که پرتودهی گاما در دوزهای یک و دو کیلوگری اثر معنی‌داری بر مقدار مواد جامد محلول انار رقم کالیفرنیا نداشته است [۱۵]. کاهش مقدار مواد جامد محلول در دوزهای بالای اشعه گاما به تغییرات ایجاد شده در ساختمان بیوشیمیایی کربوهیدرات‌های محلول و تبدیل آنها به کربوهیدرات‌های نامحلول نسبت داده شده است. در طی فرآیند پرتودهی پیوندهای گلیکوزیدی بین مولکولهای دی ساکارید و الیگوساکاریدی ایجاد و مولکولهای بزرگ پلی- ساکاریدی شکل می‌گیرد [۲۶].



**Fig 2** Effects of gamma radiation on the total soluble solids of pomegranate fruit during cold storage

(Means with the same letters are not significant at 5% level of *LSD* test)

### درصد نشت یونی پوست میوه

بین دو زمان بررسی ماههای اول و دوم اختلاف داری از نظر درصد نشت یونی نمونه‌ها مشاهده نشد ولی در ماه سوم بررسی درصد نشت یونی نمونه‌ها به طور معنی‌داری در مقایسه با ماههای اول و دوم افزایش یافت. در زمان بررسی ماه اول با افزایش دوز تیمار اشعه گاما درصد نشت یونی نیز افزایش یافت، با این وجود اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های دوز یک کیلوگری و شاهد از نظر درصد نشت یونی مشاهده نشد ولی نمونه‌های دوزهای سه، پنج و هفت کیلوگری، بدون

(Means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test)

## مقدار آنتوسیانین عصاره میوه

بررسی مقدار آنتوسیانین نشان داد که در ماه دوم انبارداری مقدار آنتوسیانین نمونه‌ها در مقایسه با ماه اول به طور معنی‌داری افزایش یافت و مجدداً در ماه سوم به طور معنی‌داری در مقایسه با ماه دوم کاهش و به سطح مشابه با مقدار آنتوسیانین در ماه اول رسید (جدول ۱). همچنین مقدار آنتوسیانین نمونه‌ها در زمان بررسی اول در مقایسه با زمان برداشت کاهش چشمگیری داشت که به دلیل اثر اولیه تیمار اشعه گاما در کاهش مقدار آنتوسیانین بوده است (جدول ۱). مقدار آنتوسیانین در اثر دوزهای مختلف اشعه گاما در مقایسه با شاهد کاهش یافت و در این بین اثر دوز هفت کیلوگری به طور معنی‌داری بیشتر از اثر دوزهای یک، سه و پنج کیلوگری بود. بین نمونه‌های دوزهای یک، سه و پنج کیلوگری اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار آنتوسیانین مشاهده نشد (شکل ۴). در پژوهشی روی میوه انار رقم 'مویارالچه' نشان داده شد که مقدار آنتوسیانین انار در طی ماههای اول انبار سرد افزایش می‌یابد که مشابه با نتایج بدست آمده در این پژوهش است. در واقع فعالیت آنزیم فنیل‌آلانیل آمونیلایز (PAL) که آنزیم کلیدی در مسیر بیوستز فنل‌ها می‌باشد در اثر دمای کم تحریک می‌گردد که با تجمع بیشتر مواد فنلی از قبیل آنتوسیانین همراه است [۱۹]. در دو پژوهش مجزا روی آب انار و میوه انار نشان داده شده است که پرتودهی گاما موجب کاهش مقدار آنتوسیانین کل می‌گردد که این کاهش با افزایش دوز تیمار بیشتر نیز می‌شود [۹ و ۱۵]. همچنین روی آب میوه‌های انگور، سیب و پرتقال نشان داده شده است که اشعه گاما، به خصوص در دوزهای بالا اثر آشکاری بر کاهش مقدار آنتوسیانین نمونه‌ها دارد [۲۸].

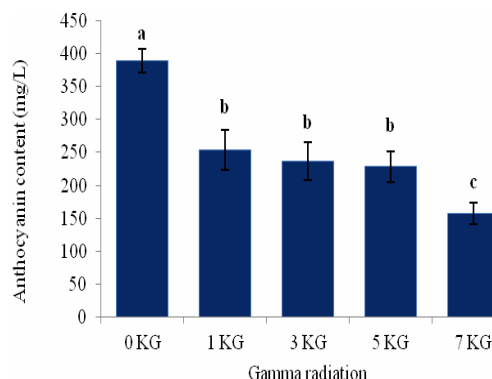
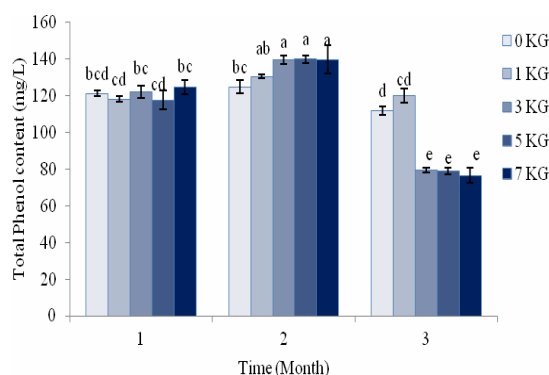


Fig 4 Effects of gamma radiation on the anthocyanin content of pomegranate fruit

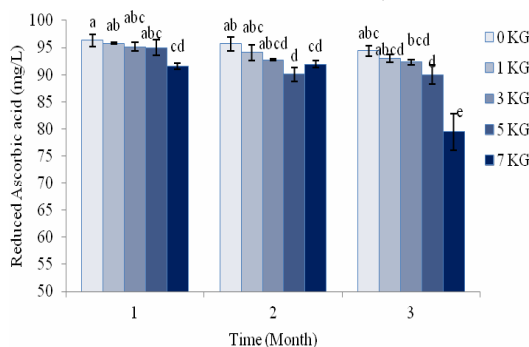
## مقدار فنل کل

بر اساس نتایج بدست آمده، با گذشت زمان آزمایش مقدار فنل نمونه‌ها افزایش و دوباره کاهش یافت به طوری که مقدار فنل کل در ماه دوم انبارداری در مقایسه با ماه اول افزایش معنی‌داری نشان داد ولی مجدد در ماه سوم انبارداری کاهش یافته و حتی به طور معنی‌داری به سطح کمتر از مقدار فنل در ماه اول بررسی رسید (جدول ۱). در زمان بررسی اول اختلاف معنی‌داری بین دوزهای مختلف اشعه گاما و شاهد از نظر مقدار فنل مشاهده نشد. در زمان بررسی دوم مقدار فنل نمونه‌های تیمار شده با دوزهای سه، پنج و هفت کیلوگری به طور معنی‌داری بیشتر از مقدار فنل کل نمونه‌های شاهد بود، در حالی که بین نمونه‌های تیمار یک کیلوگری و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار فنل کل مشاهده نشد. در زمان بررسی سوم مقدار فنل کل نمونه‌های تیمارهای سه، پنج و هفت کیلوگری، بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکدیگر، به طور معنی‌داری کمتر از مقدار فنل کل نمونه‌های شاهد و تیمار یک کیلوگری بود. در این زمان بررسی نیز اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار یک کیلوگری از نظر مقدار فنل کل مشاهده نشد (شکل ۵). افزایش مقدار فنل کل در ماههای اول انبارداری مشابه با نتایج بدست آمده روی انار رقم 'مویارالچه' است که روی این رقم نشان داده شد مقدار فنل نمونه‌های در طول انبار سرد افزایش می‌یابد [۱۹]. در ادامه با توسعه فرایند پیری از مقدار فنل کل نمونه‌ها کاسته می‌شود. آنتوسیانین از جمله ترکیبات فنلی موجود در میوه انار است. منتهی آب انار دارای ترکیبهای فنلی مختلفی است که ساختار متفاوتی نسبت به آنتوسیانینها دارند و بیشتر به شکل پلی‌فنل‌های تشکیل یافته از اسید الاجیک و اسید گالیک هستند. پرتودهی گاما با تولید رادیکال‌های آزاد پیوندهای شیمیایی داخل پلی‌فنلها را شکسته و فنل‌های محلول با وزن مولکولی کم را آزاد می‌کند [۴ و ۲۹]. در میوه تبر هندی [۳۰] و بادام [۳۱] نشان داده شد که در اثر اعمال تیمار پرتو گاما پیوندهای گلیکوزیدی و ترکیبهای فنلی بزرگتر شکافته شده و با تبدیل شدن به ترکیبهای کوچکتر مقدار فنل کل را افزایش داد، این امر می‌تواند دلیل افزایش مقدار ترکیبات فنلی در ماههای اول این آزمایش در اثر

دیگر نیز نشان داده است که تابش گاما موجب تغییر اسیدآسکوربیک به دهیدرو اسیدآسکوربیک شده و بدین دلیل اسیدآسکوربیک اندازه‌گیری شده کاهش می‌یابد [۳۲]. اثر پرتودهی گاما در کاهش غلظت اسیدآسکوربیک احیا شده در میوه‌های توت فرنگی و گریپ فروت نیز نشان داده شده است. به طوری که با افزایش دوز تیمار کاهش مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده بیشتر می‌شود [۳۳ و ۳۴].



**Fig 5** Effects of gamma radiation on total phenol content of pomegranate fruit during cold storage (Means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test)



**Fig 6** Effects of gamma radiation on reduced ascorbic acid of pomegranate fruit during cold storage (Means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test)

### ظرفیت ضد اکسایشی

ظرفیت ضد اکسایشی نمونه‌ها در طول انبارداری ابتدا افزایش و مجدد کاهش نشان داد. در زمان بررسی دوم ظرفیت ضد اکسایشی نمونه‌ها به طور معنی‌داری بیشتر از ظرفیت ضد اکسایشی نمونه‌ها در ماه اول بررسی بود. ظرفیت ضد اکسایشی در طول ماه سوم بررسی به طور معنی‌داری در مقایسه با ماه دوم بررسی کاهش و به سطح مشابه آماری با

پرتودهی گاما باشد. در ادامه دوره انبارداری با بروز تنش‌های اکسایشی، به خصوص در دوزهای بالای اشعه گاما، فنل‌های آزاد به عنوان ضد اکسایشی قوی مصرف شده و از این رو از مقدار ترکیبات فنلی کاسته می‌شود.

### اسیدآسکوربیک احیا شده

اسیدآسکوربیک احیا شده تمامی نمونه‌ها در طول آزمایش به طور معنی‌داری کاهش یافت. به طوری که مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده در زمان بررسی ماه سوم به طور معنی‌داری کمتر از زمان بررسی ماه دوم و در ماه دوم به طور معنی‌داری کمتر از ماه اول بررسی بود (جدول ۱). در زمان بررسی ماه اول اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های تیمار شده با دوزهای یک، سه و پنج کیلوگری اشعه گاما و شاهد از نظر مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده مشاهده نشد ولی مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده تیمار هفت کیلوگری به طور معنی‌داری کمتر از مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده شاهد بود. در زمان‌های بررسی دو و سوم نیز مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده نمونه‌های تیمار شده با دوزهای پنج و هفت کیلوگری به طور معنی‌داری کمتر از مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده نمونه‌های شاهد بود ولی بین نمونه‌های تیمارهای یک و سه کیلوگری و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده مشاهده نشد. کمترین مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده در نمونه‌های تیمار شده با دوز هفت کیلوگری و در زمان بررسی ماه سوم مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با سایر میانگین‌ها نشان داد (شکل ۶). پرتودهی گاما به انواع ویتامین‌ها آسیب می‌رساند، از آنجایی که اسیدآسکوربیک احیا شده محلول در آب است، بسیار بیشتر از سایر ویتامین‌ها به پرتودهی حساس است. مجموع اسیدآسکوربیک احیا شده در مواد غذایی شامل اسیدآسکوربیک و دهیدرو اسیدآسکوربیک می‌باشد. تقریباً تمام محصولات در زمان برداشت فقط شامل اسیدآسکوربیک می‌باشند ولی در طول دوره انبارداری اسیدآسکوربیک به دهیدرو اسیدآسکوربیک تبدیل می‌شود. منتهی در روش‌های معمول آزمایشگاهی تنها تعیین مقدار اسید آسکوربیک امکان پذیر بوده و به عنوان غلظت اسیدآسکوربیک احیا شده گزارش می‌شود. از این رو غلظت اسیدآسکوربیک احیا شده در طول انبارداری تغییر می‌کند. در طی این آزمایش مقدار اسیدآسکوربیک احیا شده در اثر اشعه گاما کاهش یافت. بررسی‌ها در آزمایشات



(Means with the same letters are not significant at 5% level of LSD test)

#### ۴- نتیجه گیری

بنابراین بر اساس نتایج این پژوهش اعمال تیمار اشعه گاما روی میوه انار قبل از انبار با کاهش مولفه‌های کیفیت و افزایش نقصان وزن در طی انبار سرد همراه است ولی در دوزهای کم همانند یک کیلوگری اثرات آن قابل ملاحظه نیست و می‌تواند برای کنترل آفات و بیماری‌های پس از برداشت میوه انار مورد استفاده قرار گیرد. البته در طی این آزمایش شیوع بیماری یا آفت چندان قابل ملاحظه نبود که این امر احتمالاً به دلیل عاری بودن باغ مورد استفاده از آلودگی و نگهداری میوه در شرایط مناسب بوده است.

#### ۵- منابع

- [1] Fadavi, A., Barzegar, M. and Azizi, M.H. 2009. Determination of fatty acids and total lipid content in oilseed of 25 pomegranates varieties grown in Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19, 676-680.
- [2] FAO. 2009. Available from <http://faostat.fao.org>
- [3] Patil, B.N. 1976. Seedling selection in the pomegranate cv. Muskat. M.Sc. (Agriculture) Thesis, MPAU Rahuri.
- [4] Gil, M.I., Tomás-Barberán, F.A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D.M. and Kader, A.A. 2000. Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 48: 4581-4589.
- [5] Mohseni, A. Pomegranate. 2010. Nasher Akhar Press. P. 216, [In persian].
- [6] Shakeri, M. and Daneshvar, M. 2002 Study on the achievements and problems of anagement of the carob moth. *Agriculture and Natural Resources Research Center*, [In persian].
- [7] Artés, F., Tudela, J.A. and Villaescusa, R. 2000. Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. *Postharvest Biology and Technology*. 18, 245-251.
- [8] Kader, A.A., Chordas, A. and Elyatem, S. 1984. Responses of pomegranates to ethylene treatment and storage temperature. *California Agriculture*. 38, 14-15.

ظرفیت ضداکسایشی نمونه‌ها در ماه اول بررسی رسید (جدول ۱). بر اساس اثر تیمار اشعه ماورا بنفش، اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار اشعه گامای یک کیلوگری از نظر ظرفیت ضداکسایشی مشاهده نشد، ولی نمونه‌های تیمارهای سه، پنج و هفت کیلوگری به طور معنی‌داری دارای ظرفیت ضداکسایشی کمتری در مقایسه با نمونه‌های شاهد و تیمار یک کیلوگری بود. کمترین ظرفیت ضداکسایشی در نمونه‌های تیمار هفت کیلوگری اندازه گیری شد. بین نمونه‌های تیمارهای سه و پنج کیلوگری اختلاف معنی‌داری از نظر ظرفیت ضداکسایشی مشاهده نشد (شکل ۷).

بخش مهمی از ارزش غذایی میوه‌ها مربوط به ترکیبات با خاصیت ضداکسایشی می‌باشد. این ترکیبات به گروهی اطلاق می‌گردد که از طریق واکنش با رادیکالهای آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن که برای سلولهای زنده خطرناک می‌باشند، خسارت‌های اکسایشی وارده به موجود زنده را به حداقل می‌رسانند [۳۵]. انار میوه‌ای غنی از مواد ضداکسایشی مختلف می‌باشد و ترکیباتی همانند پلی‌فنل‌ها، آنتوسیانین‌ها و اسیدآسیکوریبیک ظرفیت ضداکسایشی بالای میوه انار را تشکیل می‌دهند [۱۹]. افزایش ابتدایی و کاهش مجدد ظرفیت ضداکسایشی نمونه‌ها منطبق با روند تغییرات آنتوسیانین و ترکیبات فنلی در طول آزمایش می‌باشد. همچنین به نظر می‌رسد پرتو گاما با افزایش سطح اکسنده‌های داخلی منجر به ایجاد تنش اکسیداتیوی درون سلولی شده و بدین طریق مقدار آنتوسیانین، مقدار ترکیبات فنلی و در نتیجه و ظرفیت ضداکسایشی میوه را کاهش می‌دهد. در مطالعه مشابه روی میوه انار نشان داده شد که با اعمال پرتو گاما مقدار ظرفیت ضداکسایشی میوه کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد که ناشی از کاهش مقدار آنتوسیانین و ترکیبات فنلی می‌باشد [۱۵].

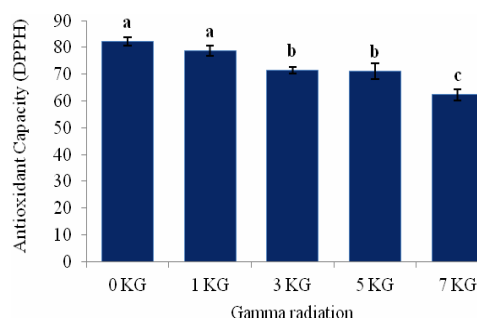


Fig 7 Effects of gamma radiation on antioxidant capacity of pomegranate fruit

- Comparative study of phenolic compounds and their antioxidant attributes of eighteen pomegranate (*Punica granatum* L.) cultivars grown in Morocco. *Arabian Journal of Chemistry*. doi:10.1016/j.arabjc.2013.10.011
- [19] Sayyari, M., Babalar, M., Kalantari, S., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Serrano, M. and Valero, D. 2011. Vapour treatments with methyl salicylate or methyl jasmonate alleviated chilling injury and enhanced antioxidant potential during postharvest storage of pomegranates. *Food Chemistry*. 124, 964-970.
- [20] Jammali, S., Rabiei, V. and Fattahimoghadam, J. 2016. Effect of post-harvest treatments wax and methyl salicylate some enzymes activity related to chilling injury in Two cultivars of orange (Moro and Thomson). *Agricultural Crops Management*. 17, 471-485. (In persian).
- [21] Levy, D. and Poovaiah, B.W. 1979. Effect of calcium infiltration of senescence of apples. *Horticultural Science*. 14, 466-472.
- [22] Nanda, S., Rao, D.S. and Krishnamurthy, S. 2001. Effects of shrink film wrapping and storage temperature on the shelf life and quality of pomegranate fruits cv. Ganesh. *Postharvest Biology and Technology*. 22, 61-69.
- [23] Benoit, M., Aprano, A.G.D. and Lacroix, M. 2000. Effect of gamma irradiation on phenylalanine ammonia-lyase activity total phenolic content and respiration of mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48, 6312-6316
- [24] Majeed, A., Muhammad, Z., Majid, A., Shah, A.H., and Hussain, M. 2014. Impact of low doses of gamma irradiation of shelf life and chemical quality of strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv. 'Corona'. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 24, 1531-1536.
- [25] Harder, M.N.C., De Toledo, T.C.F., Ferreira, A.C.P. and Arthur, V. 2009. Determination of changes induced by gamma radiation in nectar of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). *Radiation Physics and Chemistry*. 78, 579-582.
- [26] Kitazuru, E.R., Moreira, A.V.B., Mancini-Filho, J., Delincee, H., and Villavicencio, A.L.C.H. 2004. Effects of irradiation on natural antioxidants of
- [9] Alighourchi, H., Barzegar, M. and Abbasi, S. 2008. Effect of gamma irradiation on the stability of anthocyanins and shelf-life of various pomegranate juices. *Food Chemistry*. 110, 1036-1040.
- [10] Majd, F. and Ardekani, M. 2003. *Nuclear Techniques in Agricultural Science*. University of Tehran Press. P. 102. (in Persian).
- [11] Hussain, A. and Maxie, E.C. 1974. Effect of gamma rays on shelf life and quality of orange juice. *Int. Biodet. Bull., California*. 10, 81-86.
- [12] Mostafavi, H.A., Mirmajlessi, S.M., Mirjalili, S.M., Fathollahi, H. and Askari, H. 2012. Gamma radiation effects on physico-chemical parameters of apple fruit during commercial post-harvest preservation. *Radiation Physics and Chemistry*. 81, 666-671
- [13] Oliveira, A.C., Silva, L.C., Oliveira, M., Modolo, S. and Arthur, D. 2011. Evaluation of gamma radiation on minimally processed kiwifruit. *International Meeting on Radiation Processing*. Montreal, p.189.
- [14] Kim, M.S., Kim, K.H. and Yook, H.S. 2009. The effects of gamma irradiation on the microbiological, physicochemical and sensory quality of peach (*Prunus persica* L. Batsch cv Dangeumdo). *Journal of The Korean Society for Food Science and Nutrition*. 78, 414-421.
- [15] Shahbaz, H.M., Ahn, J.J., Akram, K., Kim, H.Y., Park, E.J. and Kwon, J.H. 2014. Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment. *Food Chemistry*. 145, 312-318.
- [16] Roohi, M., Askrianzadeh, A., Zolfaghari, H.A. and Babaii, M. 2013. Effect of gamma radiation on different growth stages of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lep: Pyralidae). *Journal of Entomological Research*. 6, 139-149, (In persian).
- [17] Mirdehghan, S.H., Rahemi, M. Castillo, S. Martínez-Romero, D. Serrano, M. and Valero, D. 2007. Pre-storage application of polyamines by pressure or immersion improves shelf-life of pomegranate stored at chilling temperature by increasing endogenous polyamine levels. *Postharvest biology and technology*. 44, 26-33.
- [18] Hmid, I., Elothmani, D., Hanine, H., Oukabli, A. and Mehinagic, E. 2013.

- [31] Harrison, K. and Were, L.M. 2007. Effect of gamma irradiation on total phenolic content yield and antioxidant capacity of almond skin extracts. *Food Chemistry*. 102, 932-937.
- [32] Kilcast, D. 1994. Effect of irradiation on vitamins. *Food Chemistry*. 49, 157-164.
- [33] Lopez, G.M., Rivas, G.A., Ortin, S.N. and ValCob, M. 1967. Preservation of food by irradiation, VI Preliminary investigation on strawberries. Application of Radioisotopes Symposium, Madrid.
- [34] Patil, B.S., Vanamala, J. and Hallman, G. 2004. Irradiation and storage influence on bioactive components and quality of early and late season 'Rio Red' grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.). *Postharvest Biology and Technology*. 34, 53-64.
- [35] Vicente, A.R., Civello, P.M., Martínez, G.A., Powell, A.L.T., Labavitch, J.M. and Chaves, A.R. 2005. Control of postharvest spoilage in soft fruit. *Stewart Postharvest Review*. 1, 1-11.
- cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* N). *Radiation Physics and Chemistry*. 71, 39-41.
- [27] Hussain, P.R., Meena, R.S., Dar, M.A. and Wani, A.M. 2008. Studies on enhancing the keeping quality of peach (*Prunus persica* Bausch) cv. Elberta by gamma irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*. 77, 473-481.
- [28] Chachin, K. and Ogata, K. 1969. Changes in chemical constituents and quality of some juices irradiated with the sterilizing dose levels of gamma rays. *Food Irradiation*. 4, 85-90.
- [29] Adamo, M., Capitani, D., Mannina, L., Cristinzio, M., Ragni, P., Tata, A. and Coppola, R. 2004. Truffles decontamination treatment by ionizing radiation. *Radiation Physics and Chemistry*. 71, 167-170.
- [30] Maity, J.P., Chakraborty, S., Kar, S., Panja, S., Jean, J.S., Samal, A.C. and Santra, S.C. 2009. Effects of gamma irradiation on edible seed protein amino acids and genomic DNA during sterilization. *Food chemistry*. 114, 1237-1244.

## The effect of gamma irradiation on qualitative characteristics of pomegranate fruit during cold storage

Meysam Ashtari<sup>1</sup>, Khademi, O. <sup>2\*</sup>, Mahmoud Sofbaf, Hamideh Afsharmanesh and Mohammad Ali Askari Sarcheshmeh

1. Former MS student of Department of Horticulture, Shahed University
2. Assistance Professor of Department of Horticulture, Shahed University
3. Assistance Professor of Plant Protection and Food Preservation Department, Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute
4. Assistance Professor of Department of Horticultural Science, Tehran University

(Received: 2016/06/07 Accepted: 2016/07/26)

The carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) and various diseases are the main limiting factors of postharvest life of pomegranate fruit. Including effective treatment to reduce pests and diseases of agricultural crops is gamma radiation. The effect of this treatment in reducing postharvest pests and diseases of pomegranate fruit has been also shown; however, its effect on fruit quality during cold storage has not been investigated. In order to study the effect of gamma irradiation on pomegranate quality this study, as factorial in frame of CRD, was conducted at Shahed University and Nuclear Agriculture Research School in 2015. For that pomegranate fruits cv. 'Malas Saveh' were harvested at maturity stage and treated with gamma radiation at doses of 0, 1, 3, 5 and 7 kGy and were stored at 6°C with 80% RH, and then were taken on 1, 2 and 3 months of storage. Results showed that application of gamma radiation in comparison to control increased weight loss and electrolyte leakage, and reduced soluble solid, total phenol, anthocyanin and vitamin C contents as well as antioxidant capacity. Nevertheless the effects of treatments at low doses, especially at 1 kGy, were not considerable, but fruit quality decreased more with increasing doses. Therefore low doses of this treatment can be effectively use in increasing postharvest life of pomegranate fruit.

**Key words:** Gamma radiation, Irradiation, Pomegranate, Postharvest, Quality

---

\* Corresponding Author E-Mail Address: o.khademi@shahed.ac.ir