یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

بررسی تاثیر پرتوتابی با اشعه گاما روی افزایش طول دوره‌ی انبارمانی توت‌فرنگی

فخرالدین اسعدی[۱]، سید صادق سیدلو [۲]، سید هادی پیغمبردوست[۳].

[۱]دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم از دانشگاه تبریز؛ Armanasaadi1988@gmail.com

[۲]دانشیار گروه مهندسی بیوسیستم دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز؛ ss_seiedlo@yahoo.com

[۳]استاد گروه علوم و صنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز؛ peighambardust@tabrizu.ac.ir

چکیده

میوه توت‌فرنگی یکی از میوه‌های سریع فاسد شونده و حساس به میکروارگانیسم‌ها، بویژه پوسیدگی ناشی از قارچ بوتریتیس، می باشد که باعث تلفات زیادی در پس از برداشت می‌گردد. امروزه، به دلیل اثرات مضر مواد شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست استفاده از این مواد با محدودیت‌هایی روبرو است. از این رو یافتن روش‌های سالم و سازگار با محیط زیست برای استفاده در تکنولوژی پس از برداشت میوه‌ها و سبزی‌ها ضروری می‌باشد. آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام شد. در این پژوهش اثر پرتودهی با اشعه‌ی گاما در دوزهای ۰، ۱، ۲ و ۳ کیلوگری بر عمر پس از برداشت و کیفیت میوه‌های توت‌فرنگی رقم ’ گاویتا ‘ در طول ۱۶ روز نگهداری در دمای ۱±۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۸۵ تا ۹۰ درصد مورد مطالعه قرار گرفت. صفات کیفی میوه شامل سفتی بافت میوه، ویتامین ث، مواد جامد محلول، ، اسیدهای آلی قابل تیتراسیون، pH آب میوه، خصوصیات کیفی و شاخص پوسیدگی ارزیابی شدند. تیمار پس از برداشت میوه‌ها با دوز ۲ کیلوگری به طور مؤثری پوسیدگی و بار میکروبی را کنترل کرد و باعث حفظ کیفیت میوه‌ها در طول مدت ۱۶ روز نگهداری در دمای ۱±۳ درجه سانتیگراد گردید. تیمار دوز پرتودهی ۲ کیلوگری به طور نسبی از نرم شدن میوه‌ها جلوگیری کرد. مقادیر مواد جامد محلول و pH در میوه‌های شاهد کاهش پیدا کرد و با افزایش مدت نگهداری میوه‌ها کاهش در سفتی و ویتامین ث تشدید شد. پرتودهی باعث حفظ اسیدهای آلی قابل تیتراسیون گردید. میزان ویتامین ث نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با گروه شاهد تفاوت چندانی نداشت. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از پرتودهی با اشعه گاما بخصوص در دوز ۲ کیلوگری می‌تواند به عنوان راهبرد مؤثری در تکنولوژی پس از برداشت میوه توت‌فرنگی رقم گاویتا معرفی گردد.

واژگان کلیدی: توت فرنگی، پرتودهی، عمر قفسه‌ای، پس از برداشت، اشعه گاما

Evaluation of the Effect of Gamma Irrdiation Type on Shelf Life of strawberry.

[1]FakhredinAsaadi ,[2]Seyed Sadegh Seyedloo, [3]Seyed Hadi Peighambardoust

1.M.Sc of Mechanics of Bio System engineering, University of Tabriz. Armanasaadi1988@gmail.com

2. Department of Biosystems Engineering, College of Agriculture, University of Tabriz. ss_seiedlo@yahoo.com

3. Department of Food Science, College of Agriculture, University of Tabriz. peighambardust@tabrizu.ac.ir

Abstract

Strawberry is one of the most perishable fruits decay organisms, such as botrytis rot, cause the main postharvest losses. Recently, because of the harmful effects of chemicals materials on human health and environment the use of chemicals in postharvest technology is restricted and it is necessary to use safe compounds in postharvest technology of fruit and vegetables. This study was carried out as a factorial experiment with a complete randomized design. The effect of irradiation at dosages of 0, 1, 2 and 3 KG on Postharvest Quality Strawberry 'Gaviota' during the 16 days of storage at 1± 3 ° C with 85-95% RH were studied. Fruit quality attributes including firmness, vitamin C content, total soluble solids, , titrable acidity, pH, overall quality and decay index were evaluated. Postharvest treatment of fruit with 2KG effectively controlled decay organisms and retained fruit quality during 16 days storage at 1 ± 3^{0}C. Dose treatment with

[۱] فخرالدین اسعدی .Armanasaadi1988@gmail.com

radiation to prevent the relatively soft fruit. Total soluble solids and pH values were decreased in control group and with increase at storage time the rate of decrease vitamin C and firmness was higher.The irradiation and was maintained titratable acids. Vitamin C rate in treated samples compared to the control group showed no significant difference The results indicated that the use of irradiation at doses of 2 kGy could be as an effective strategy in postharvest technology introduced Gaviota strawberry.

Keywords: Strawberry, Irradiation, , shelf life, Gamma Ray, Postharvest

مقدمه

میوه توت‌فرنگی به دلیل لطافت و حساسیت بسیار، آسیب پذیر و مستعد فساد سریع و لهیدگی است. این وضعیت، جابجایی و انتقال این محصول را به مراکز مصرف مشکل ساخته است، بـه طوری که از زمان برداشت تا مصرف توت فرنگی مقـدار قابـل توجهی از محصول تلف شده و یا به دلیل افت شدید کیفیت، به بهای نازلی مبادله می‌شود. محصولات باغی برداشت شده مانند توت‌فرنگی با توجه به قابلیت فسادپذیری بالا، بدون بکارگیری فنون و روش‌های مناسب جهت نگهداری و حمل و نقل آنها، برای استفاده در تمام فصول، تنظیم بازار و ارسال به بازارهای دوردست با مشکلات زیادی روبرو خواهد بود. علاوه بر این امروزه توجه زیادی به ارزش غذایی میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود و برای جلب نظر مصرف کنندگان جهانی باید تحقیقات وسیع برای افزایش ارزش غذایی میوه‌ها و سبزی‌ها صورت پذیرد، در عین حال سالم بودن مواد غذایی به عنوان اولین شاخص مهم در ارزیابی آنها مورد توجه قرار گرفته است. بطوریکه محصولات تولید شده علاوه بر اینکه باید فاقد علایم بیماری زا و علایم بیماری و آفت باشند وجود هر گونه باقیمانده شیمیایی در آنها قابل قبول نیست و استفاده از ترکیبات شیمیایی مضر برای طبیعت و سلامتی انسان با علامت سوال جدی روبروست (Asna Ashari. Zokaee Khosroshahi.2008). با بکارگیری فناوری‌های نوین و در راس آن انرژی هسته‌ای می‌توان با بهره‌گیری مناسب از منابع موجود، مسیر تامین امنیت غذایی را برای جامعه‌ی امروز و نسل‌های آینده هموار کرد و کشور را در زمینه‌ی محصولات استراتژیک به خودکفایی رساند. دستیابی به فناوری هسته‌ای با توجه به افزایش جمعیت، نیازهای غذایی کشور، کاهش سرانه‌ی منابع آبی و فرسایش خاک امروزه یک ضرورت است (Majd ,Ardakani2010). استفاده از فنآوری‌های نوین بویژه پرتودهی روش دیگری است که می‌تواند به این فرآیندها اضافه شود. در پرتودهی موادغذایی ماده در معرض یک مقدار انرژی به دقت کنترل شده به شکل ذرات با سرعت بسیار بالا و یا پرتوها قرار می‌گیرد. اشعه‌دهی موادغذایی در طول ۴۵ سال گذشته به طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته است. این روش ضمن اینکه نتایج سودمندی به همراه دارد، ترکیبات سمی و یا رادیواکتیو در ماده‌ی غذایی ایجاد نمی‌کند . تکنولوژی پرتودهی در کاهش تلفات پس از برداشت محصولات موثر است و باعث کنترل محصولات انبار شده از حشرات و میکروارگانیسم‌ها می‌گردد (Mortazavi, A. moatamedzadegan, A. 2003). از پرتوهای مورد استفاده در صنایع غذایی می‌توان به دو گروه پرتوهای یونیزه کننده مانند گاما، ایکس، و پرتوهای الکترونی و پرتوهای غیریونیزه کننده، مانند ماوراء بنفش (UV-B, UV-C)، مادون قرمز و امواج رادیویی اشاره کرد. از بین این دو گروه، پرتوهای یونیزه کننده به دلیل قدرت نفوذ بالا و ویژگیهایی نظیر قابلیت استفاده آنها برای حفظ محصولات کشاورزی بعد از عملیات بسته‌بندی و جلوگیری از آلودگی ثانویه‌ی این محصولات و هم‌چنین قابلیت بکارگیری آنها در سطوح تجاری دارای اهمیت چشم گیری می‌باشند (Majd ,Ardakani2010). مواد غذایی معمولاً با اشعه‌ی گاما و از طریق یک منبع رادیوایزوتوپ، الکترون‌ها و یا اشعه ایکس تولید شده از طریق یک شتاب‌دهنده‌ی الکترونی، اشعه‌دهی می‌شوند. برای تولید اشعه‌های یونیزه‌ی مختلف باید از ابزار متفاوتی استفاده کرد، اما تغییرات شیمیایی که در اثر تشعشعات یونیزه‌ی مختلف ایجاد می‌شوند یکسان هستند. تنها اختلاف عملی مربوط به قدرت نفوذ آنها، مقدار و تراکم ماده غذایی قابل فرآوری با اشعه می‌باشد (Majd ,Ardakani2010). علاوه بر موضوع مقدار نفوذ تابش به درون ماده غذایی، توانایی آن در ایجاد زوج‌های یونی دارای اهمیت خاصی است. پرتو گاما اگرچه نسبت به پرتو بتا دارای توانایی نفوذ بیشتری است، اما قدرت آن در تولید یون کمتر می‌باشد. انرژی لازم برای استریل کردن از طریق پرتودهی برابر با $\frac{۱}{۵۰}$ انرژی لازم برای استریل کردن توسط حرارت می‌باشد. در این شرایط، درجه حرارت ماده غذایی فقط به مقدار $۲^{o}C$ افزایش می‌یابد و به همین دلیل است که این روش را استریلیزاسیون سرد نیز می‌گویند. علی‌رغم افزایش ناچیز درجه حرارت، تابش‌دهی سبب ایجاد تغییرات شیمیایی و بیولوژیک خاص و مهمی می‌گردد. برآورد شده است که با به کارگیری دوز تابشی برابر ۱ کیلوگری، از هر ۱۰ میلیون پیوند شیمیایی موجود، کمتر از ۱۰ پیوند شکسته می‌شود. اگرچه چنین تغییری بسیار اندک ، ولی اثرات بسیار چشم گیر و مهمی را به همراه دارد (Christopher, H. S. and Xuetong, F. 2006). توت‌فرنگی‌های تریستر تازه با پرتو الکترونی با دوز kGy ۲، ۱، ۰ پرتودهی شدند. با افزایش دوز پرتودهی، از سفتی بافت میوه‌ها کاسته شد. پس از گذشت ۱ روز از پرتودهی توت‌فرنگی با دوز ۱ تا ۲ کیلوگری، میزان پکتین محلول در آب افزایش و میزان پکتین محلول در اگزالات کاهش یافت. سفتی بافت میوه مرتبط با پکتین محلول در اگزالات می‌باشد. پکتین کل و پکتین غیرقابل استخراج تحت تاثیر پرتودهی قرار نگرفتند. (Yu, & Love, 1996). بر طبق آزمایش‌های دراک و نوون (۱۹۹۸)، پرتودهی می‌تواند برای گیلاس، زردآلو و هلو به عنوان تیماری مطمئن در ۰/۳ کیلوگری یا کمتر، با اندکی افت کیفیت مورد استفاده قرار بگیرد. تفاوت در شرایط ساقه و کبودی

برای گیلاس‌ها نسبت به گیلاس‌های تیمار شده با متیل‌بروماید *(MeBr)* بیشتر مشهود بود، اما این تفاوت‌ها ناچیز بود. استفاده از پرتودهی منجر به کاهش سفتی بافت گیلاس‌های بینگ نسبت به گیلاس‌های راینر تیمار شده با متیل‌بروماید بود، اما تیمار پرتودهی گیلاس‌ها منجر به افت رنگ میوه و ساقه نشد، درحالیکه استفاده ار دوزهای متیل‌بروماید منجر به افت رنگ میوه و ساقه شد. در دوزهای بالاتر از kGy ۰/۶ افت سفتی بافت، تغییرات رنگ، و افزایش شکست داخلی در هلو و زردآلو قابل مشاهده بود. .(Drake, and Neven,1988). وانگ و چائو تاثیرات پرتودهی را بر روی ویژگی‌های آب‌گیری و کیفیت سیب بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که میزان ویتامین C، سرعت آب‌گیری، و نسبت آب‌دهی مجدد در سیب‌ها تا حد بسیار زیادی تحت تاثیر پرتودهی با دوزهای ۶، ۵، ۴/۵، ۱/۵ کیلوگری قرار گرفتند (Wang, J. and Chao, Y. 2003). وانگ و همکاران (۲۰۰۶) فعالیت آنزیمی آب طالبی گلدن امپرس را پس از پرتودهی با کبالت ۶۰ اندازه‌گیری و تجزیه کردند. تعیین فعالیت آنزیمی بیانگر این بود که لیپواکسی‌ژناز، پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز به آسانی توسط پرتودهی غیرفعال می‌شوند(Wang and et al,2006) . وانامالا و همکاران (۲۰۰۷) گریپ‌فروت را با پرتو گاما در دوزهای ۰/۱۵، ۰/۳ و صفر کیلوگری پرتودهی کردند و سپس به مدت ۳۶ روز در دمای ۱۰ درجه‌سانتیگراد و پس از آن به مدت ۲۰ روز در دمای ۲۰ درجه‌سانتیگراد نگهداری کردند. پرتودهی یا نگهداری تغییر قابل ملاحظه‌ای در میزان مواد جامد کل گریپ‌فروت ایجاد نکرد. با این وجود، میزان اسید در طی نگهداری کاهش یافت(Vanamala, J and partners.2007).

مواد و روش‌ها

تهیه میوه

میوه‌های توت‌فرنگی رقم گاویتا از گلخانه‌ای واقع در شهرستان مراغه تهیه شدند. میوه‌ها در مرحله رسیدن تجاری هنگامی که ۸۰ درصد رنگ گرفته و دارای اندازه مناسب بودند برداشت شدند. سپس با دقت و در زمان کم در بسته‌بندی‌های مورد نظر قرار داده شد و تا موقع تیمار کردن با اشعه‌ی گاما در دمای ۴ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. میوه‌های دارای شکل غیر طبیعی و معایب فیزیکی حذف شده و میوه‌های سالم و یکنواخت انتخاب گردیدند و با دوزهای مورد نظر پرتودهی شدند. بسته‌های حاوی توت‌فرنگی در کارتن‌هایی از پیش طراحی شده و از جنس کارتن‌پلاست جهت شبیه‌سازی تجاری قرار داده شدند. سپس جهت اعمال تیمار پرتودهی در کارتن‌های ضخیم پنج لایه طبق استانداردهای پژوهشکده‌ی سازمان انرژی اتمی قرار داده شدند.

طرح آزمایشی

در این پژوهش تیمار پرتودهی در چهار سطح با شدت دوز جذبی صفر (شاهد)، ۱، ۲ و ۳ کیلوگری، زمان در پنج سطح ۱(T_1)، ۴ (T_2)، ۸ (T_3)، ۱۲ (T_4) و ۱۶ (T_5) روز اعمال گردید. لذا آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. صفات کیفی مورد نظر پس از ۱، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ روز انبارداری اندازه‌گیری شدند.

تیمار نمونه‌ها با اشعه‌ی گاما

پرکاربردترین و به صرفه‌ترین روش اقتصادی پرتودهی، استفاده از اشعه‌ی گاما است. زیرا از قدرت نفوذ بیشتری برخوردار بوده ولی قدرت آن در تولید یون کمتر است. این اشعه ارزان‌ترین شکل پرتودهی مواد غذایی می‌باشد. لذا نمونه‌ها بعد از بسته‌بندی به سالن پرتودهی مجتمع کاربرد پرتوهای شمالغرب کشور واقع در ۵ کیلومتری شهرستان بناب انتقال داده شد.. سپس کارتن‌های حاوی نمونه‌ها در پالت پرتودهی قرار داده شده و با چشمه‌ی کبالت ۶۰ (گاماسل) پرتودهی شدند نمونه‌ها در سه کارتن مخصوص پرتودهی قرار داده شده بودند که هر کارتن بایستی بعد از دریافت دوز از قبل تعیین شده از پالت خارج می‌شد. لازم به ذکر است که به منظور یکسان سازی شرایط نمونه‌ها، گروه شاهد(گروه دوز صفر کیلوگری) نیز به سالن پرتودهی انتقال داده شده بودند. بعد از اتمام پرتودهی نمونه‌ها و انجام آزمایشات دوزیمتری بر روی آنها جهت حصول اطمینان از میزان دوز جذبی در سطوح ۱، ۲ و ۳ کیلوگری، بلافاصله به آزمایشگاه مهندسی پس از برداشت واقع در ساختمان شماره ۲ دانشکده‌ی کشاورزی تبریز انتقال داده شدند. سپس نمونه‌های پرتودهی شده به همراه گروه شاهد در شرایط ذخیره سازی دمای ۱±۳ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٪۹۰ ذخیره شدند.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

آزمون‌های کیفی میوه

بررسی تغییرات کیفی میوه توت‌فرنگی در طول مدت نگهداری در پنج مرحله، روز اول، ۷، ۸، ۱۲و ۱۶روز پس از اعمال تیمار پرتودهی در طول نگهداری در سردخانه انجام شد. سفتی بافت میوه،[1] میزان پوسیدگی قارچی[2]، میزان ویتامین ث،[3] محتوای مواد جامد محلول،[4] اسیدیته قابل تیتراسیون[5] و pH آب میوه مورد ارزیابی قرار گرفتند. اندازه گیری سفتی میوه‌ی توت‌فرنگی با استفاده از دستگاه اینسترون (مدل۱۱۴۰ ساخت کمپانی اینسترون) مجهز به لودسل با قابلیت اندازه گیری نیرو در گستره‌ی صفر تا ۵ نیوتن، بارگزاری با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه انجام گرفت. برای ارزیابی میزان آلودگی و به دنبال آن پوسیدگی حاصل از آن، روش بررسی کیفی برای ارزیابی فساد قارچی نمونه‌ها استفاده گردید. برای انجام این منظور نمونه‌ها از لحاظ میزان پیشرفت پوسیدگی سطحی بر اساس نمره دهی در پنج گروه قرار می‌گرفتند که عدد ۱ برای نمونه‌هایی که هیچ گونه پوسیدگی در آنها مشاهده نگردید اختصاص داده شد، عدد ۲ برای نمونه‌هایی که در آنها ۵٪ پوسیدگی سطحی، عدد ۳ برای ٪۲۰- ۵ ، عدد ۴ برای ٪۵۰- ۲۰ و عدد ۵ برای نمونه‌های دارای بیشتر از ۵۰٪ پوسیدگی سطحی در نظر گرفته شد. در نهایت نتایج به صورت کلی و به عنوان شاخص پوسیدگی بیان گردید. (Wang and et al,2006) . به منظور اندازه گیری میزان اسید آسکوربیک از روش تیتر سنجی با محلول ۲-۶ دی کلروفنل ایندوفنل استفاده شد (Arvanitoyannis and et al,2010). شد. مواد جامد قابل حل با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال مدل $ATAGO$ اندازه‌گیری و عدد مربوطه از روی صفحه دیجیتال آن قرائت شد. البته قبل از شروع اندازه‌گیری رفراکتومتر کالیبره گردید و سپس اقدام به خواندن رفراکتومتر شد و داده‌ها برحسب بریکس یاداشت گردید (Jalili Marandi 2004). برای اندازه گیری اسیدهای آلی از روش عمل تیتراسیون توسط هیدروکسیدسدیم ۰/۱ نرمال (۴ گرم در لیتر) استفاده شد (Jalili Marandi 2004).pH آب میوه با دستگاه pH متر دیجیتالی کالیبره شده با بافرهای ۴ و ۷ اندازه گیری شد. برای انجام این منظور بعد از عصاره‌گیری نمونه‌های توت‌فرنگی و عبور دادن آن از صافی با قرار دادن سنسور pH متر در داخل آب میوه مقدار pH ثبت گردید. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SAS، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نیز برای رسم شکلها از نرم افزار $Microsoft\ Office\ Excel$ 2013 استفاده شد.

تغییرات سفتی بافت

نتایج تجزیه واریانس ،زمان نگهداری و نیز دوز مورد استفاده روی سفتی بافت در جدول ۱ آورده شده است. تیمار دوز پرتودهی روی سفتی توت‌فرنگی اثر گذار بوده و در دوز ۲ کیلوگری به مقدار ۱/۰۲ نیوتن، نسبت به سایر دوزها و گروه شاهد(صفر کیلوگری) بیشتر و کمترین میزان

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس اثر تیمارهای پس از برداشت دوزهای پرتودهی، زمان نگهداری و اثر متقابل آنها بر خصوصیات کیفی توت‌فرنگی رقم گاویتا در طول مدت نگهداری.

منابع تغییرات	درجات آزادی	میانگین‌مربعات					
		ویتامین ث	اسیدیته قابل تیتراسیون	اسیدیته	مواد جامد محلول	سفتی	پوسیدگی
دوز (B)	۲	۵۰/۱۸ ns	۰/۰۵۱**	۰/۰۳۵ns	۲/۵۰*	۰/۲۱۰**	۰/۵۰ns
زمان (C)	۴	۵۷۹۹/۱۴**	۰/۵۴۰**	/۰۴۹**	۵/۸۰**	۱/۰۶۰**	۱۴/۴۸**
اثر متقابل ($B\times C$)	۸	۷۷/۵۰*	۰/۰۳۵**	/۰۲۸**	۵/۲۵**	۰/۱۱۸*	۰/۲۲ns
اشتباه‌آزمایشی	۱۰۰	۳۱/۸۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۷	۰/۶۴	۰/۰۱۰	۰/۲۴
ضریب تغییرات (cv)		۱۲/۹۷	۵/۸۴	۲/۶۵	۱۲/۷	۱۰/۴۵	۲۵/۶۰

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪، ۵٪ و عدم اختلاف معنی دار

1. Fruit Firmness
2. Fungal Decay
3. Ascorbic Acid (A.A)
4. Total Soluble Solids content (TSS)
5. Titrable Acidity (T.A)

سفتی مربوط به دوز ۳ کیلوگری به مقدار ۰/۹۱ نیوتن بود (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که زمان، روی سفتی میوه توت‌فرنگی موثر بوده بطوریکه در طول مدت نگهداری، میزان سفتی کاهش یافته است. نرمی بافت میوه در نتیجه تغییرات در ساختار دیواره سلولی شامل کاهش همی‌سلولز، گالاکتوز و حل شدن و دپلیمریزه شدن پکتین صورت می‌گیرد و نتیجه فعالیت آنزیم‌های هیدرولیز کننده دیواره سلولی می‌باشد (fisher and bennet,1991) با توجه به جدول۲ می‌توان گفت که سفتی بافت میوه‌های تیمار شده با اشعه‌ی گاما در مقایسه با نمونه‌های پرتودهی نشده در طول دوره نگهداری دارای تغییراتی نوسانی بود اما بطور کلی میزان سفتی نمونه‌های پرتودهی شده با دوز ۲ کیلوگری در پایان طول دوره نگهداری بیشتر بود. در تحقیقی میوه توت‌فرنگی با پرتو الکترونی ۰،۱، و۲ کیلوگری اشعه‌دهی شد که درنتیجه آن با افزایش دوز اشعه استحکام میوه کاهش یافت. بر اساس نتایج این تحقیق پکتین محلول در آب افزایش و مقدار اگزالات نمونه‌های اشعه‌دهی شده با دوز ۱و۲ کیلوگری در مدت یک روز بعد از اشعه‌دهی کاهش یافت. با توجه به نتایج در کل می‌توان بیان نمود که در پایان دوره نگهداری میزان سفتی بافت میوه‌های تیمار شده با دوز rkG و در مقایسه با میوه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار شده‌ی دیگر نسبتا بیشتر بود.

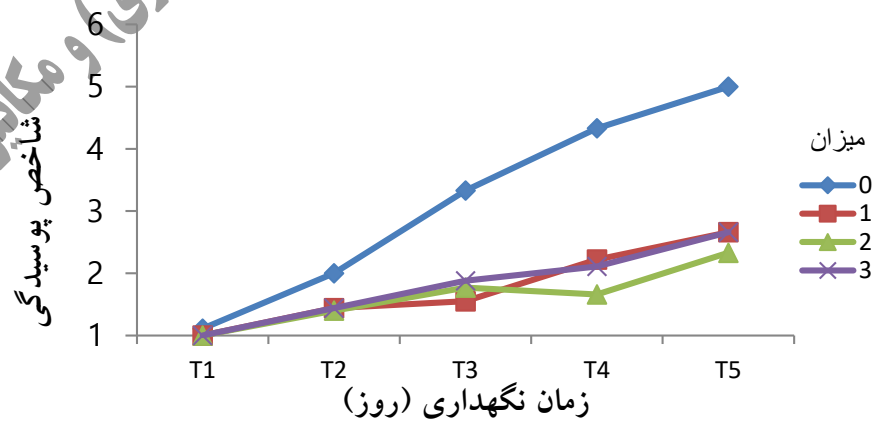
جدول۲نتایج مقایسه میانگین اثر ساده دوز پرتودهی روی سفتی (نیوتن)

دوز (کیلوگری)	میانگین سفتی (نیوتن)
شاهد (صفر)	۱/۰۱a
۱	۰/۹۶b
۲	۱/۰۲a
۳	۰/۹۱b

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

میزان آلودگی و پوسیدگی میوه‌ها تابعی از متغیرهای مورد مطالعه

جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که اثر ساده تیمارهای زمان نگهداری در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بوده استولی اثر ساده دوز پرتودهی و اثر متقابل دوز پرتودهی با زمان نگهداری معنی دار نیست. تغییرات شاخص پوسیدگی تابعی از دوز پرتودهی و زمان نگهداری در شکل۱ آورده شده است. با توجه به نتایج در طول مدت زمان نگهداری بیشترین میزان پوسیدگی نمونه‌ها که حاصل از پیشرفت آلودگی قارچی روی آنها می‌باشد مربوط به دوز پرتودهی صفر (شاهد) بود.



شکل ۱- اثر متقابل دوز پرتودهی و زمان نگهداری بر پوسیدگی قارچی میوه توت‌فرنگی رقم گاویتا

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران

از نتایج می‌توان اینگونه برداشت نمود که در دوزهای بالاتر از ۲ کیلوگری به علت قدرت اشعه و تخریب دیواره سلولی احتمال آن می‌رود که گسترش پوسیدگی در سطح میوه افزایش یابد و در دوزهای پایین تر از ۱ کیلوگری احتمالا توانایی پاکسازی مناسب میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا را نداشته و به همین دلیل میزان پوسیدگی نمونه‌های توت‌فرنگی رقم گاویتا در پایان زمان نگهداری کمی بیشتر بود. نتایج فوق با نتایج آزمایش‌های پژوهشگران متعددی هم‌خوانی دارد. برای مثال فونسکا و راشینگ در سال ۲۰۰۶ طی تحقیقی نشان دادند، تیمار پرتودهی باعث کاهش پوسیدگی قارچی هندوانه و گریپ فروت می‌شود (Fonseca and Rushing,2006).

هم چنین مستوفی و همکاران در سال ۸۸ طی آزمایشاتی پی بردند که اشعه فرابنفش باعث جلوگیری از رشد بیماری کپک خاکستری در توت‌فرنگی می‌شود.(Mostofi and asghari marjanloo,2010) .

میزان اسید آسکوربیک (ویتامین ث)

نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل دوز پرتودهی و زمان نگهداری روی میزان اسید آسکوربیک برای توت فرنگی رقم گاویتا در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج بیانگر آن است که اشعه‌دهی، محتوای اسید آسکوربیک را کاهش داده است. برای مثال در تحقیقی اشعه با دوز ۰/۷ کیلوگری اثر خاصی بر محتوای اسید آسکوربیک گریپفروت زودرس نداشت، اما گریپفروت دیررس درمعرض اشعه با دوز ۰,۲کیلوگری یا بیشتر دچار کاهش مشخص آسکوربیک اسید بعد از ۳۵ روز نگهداری شد(Arvanitoyannis and et al,2010).

جدول ۳ نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوز پرتودهی و زمان نگهداری روی میزان ویتامین ث توت‌فرنگی

دوز (کیلوگری)	زمان نگهداری (روز)				
	۱	۴	۸	۱۲	۱۶
شاهد (صفر)	66.33 c	00 fegh.35	51/66 d	66 e.41	66 h.31
۱	76.61a	88 fegh.38	39.44 feg	00 fegh.35	32/22 hg
۲	65.55 bc	00 ef.40	35.55 fegh	22 fegh.37	33 fhg.33
۳	71.11 ab	41.11 e	35.00 fegh	22 fegh.37	22 hg.32

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می‌باشد.

در تحقیقی دیگر نشان داده شد که تخریب آسکوربیک اسید با افزایش میزان دوز افزوده شد (فن وسوکورای، ۲۰۱۱). پرتوهای یونیزه کننده می‌توانند فرآیندهای سلولی مانند رسیدگی اولیه در میوه را که منجر به فساد زودرس می‌شود را به تاخیر بیاندازند. اثر پرتودهی با اشعه گاما با جلوگیری از تولید اتیلن، کاهش تنفس و به تأخیر انداختن پیری سبب جلوگیری از تجزیهٔ دیوارهٔ سلولی و در نتیجه باعث کاهش تولید رادیکال‌های آزاد می‌گردد و در اثر پایین بودن میزان رادیکال‌های آزاد نیاز سلول به مصرف اسید آسکوربیک کمتر شده و درنتیجه این ویتامین در میوه حفظ می‌گردد.

محتوای مواد جامد محلول

میزان مواد جامد محلول نمونه‌های توت فرنگی در طول دوره نگهداری دارای مقادیر متفاوتی بود بطوریکه بیشترین مقدار در روز دوازدهم به میزان ۶/۸۷ و کمترین مقدار در روز اول نگهداری به میزان ۵/۸۰ واحد بریکس به ثبت رسید. میزان مواد جامد محلول نمونه‌های پرتودهی شده در تمام سطوح نسبت به گروه شاهد بیشتر بود بطوریکه بیشترین مقدار در دوز ۳ کیلوگری به ثبت رسید. نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل دوز پرتودهی و زمان نگهداری روی میزان مواد جامد محلول برای توت فرنگی رقم گاویتا در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به اینکه در طول دوره نگهداری پیش ماده‌های اصلی تنفس یعنی قندها و اسیدها کاهش پیدا می‌کنند این امر باعث تغییرات متفاوتی در مواد جامد محلول و اسیدهای آلی کل در طول مدت نگهداری میوه‌ها می‌شود (zheng and yang,2008). در مدت زمان ۱۲ روز نگهداری در میوه‌های پرتودهی شده با دوز ۱

کیلوگری و گروه شاهد در دمای ۴ درجه سانتیگراد به جز در روز چهارم، محتوای مواد جامد محلول افزایش یافت و در روز ۱۶ کاهش پیدا کرد. در مواجهه با برخی از تفاوت ها با توجه به جدول می توان گفت که اثرات اشعه در دوزهای ۲و۳ کیلوگری باعث تغییراتی در ساختار پکتینی نمونه‌ها و هم‌چنین در کنترل میزان تنفس و شکستن کربوهیدرات‌ها متفاوت بوده است. با در نظر گرفتن این مورد بالاتر بودن میزان مواد جامد محلول در این دو گروه و تاثیرگذاری پرتودهی حائز اهمیت می‌باشد.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوز پرتودهی و زمان نگهداری روی میزان مواد جامد محلول (TSS)

دوز (کیلوگری)	زمان نگهداری (روز) ۱	۴	۸	۱۲	۱۶
شاهد (صفر)	۵/۹۰ ehdgf	۵/۰۶ hi	۵/۱۶ hgi	۵/۶۶ ehgf	۵/۴۰ hgif
۱	۵/۹۵ ehdgf	۵/۱۶ hgi	۶/۱۰ ehdgcf	۷/۲ ab	۶/۹۰ bdac
۲	۷/۰۷ bac	۶/۶۵ ebdac	۶/۶۵ ebdac	۶/۶۷ ebdac	۶/۳۷ ebdacf
۳	۵/۸۱ ehgf	۶/۲۳ ebdgcf	۶/۷۴ ebdac	۷/۲۸ ba	۷/۳۲ a

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

میزان اسیدهای آلی

بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشاهده می‌شود که اثر ساده دوز پرتودهی و زمان نگهداری و اثر متقابل دوز پرتودهی با زمان نگهداری، در سطح احتمال ۱ ٪ بر میزان اسیدیته‌ی قابل تیتراسیون معنی دار بوده است .بر طبق داده‌ها میزان اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌ها در طول شانزده روز نگهداری روند نزولی را طی کرده است بطوریکه بیشترین مقدار اسیدیته در روز اول و کمترین مقدار در روز شانزدهم ثبت گردید. نتایج حاکی از آن است که میزان اسیدیته‌ی قابل تیتراسیون میوه توت‌فرنگی در تمام سطوح دوزهای پرتودهی از گروه شاهد بیشتر است که بیشترین مقدار مربوط به دوز ۳ کیلوگری بود. در تحقیقی که اثر پرتودهی با نور فرابنفش بر روی خواص کیفی هلو رقم‌های لورینگ و آلبرتا انجام شد مشخص گردید که با افزایش شدت نور فرابنفش میزان اسیدیته افزایش پیدا کرد. (Stevens and et al.,1998).

هم‌چنین در پژوهشی دیگر نیز مشخص گردید با افزایش میزان شدت اشعه‌دهی با نور فراببنفش میزان اسیدیته توت‌فرنگی رقم سلوا افزایش پیدا کرد (Mostofi and asghai marjanloo,2010).

میزان *PH* آب میوه تابعی از متغیرهای مورد مطالعه

بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) مشاهده می‌شود که اثر ساده زمان نگهداری و اثر متقابل دوز پرتودهی با زمان نگهداری در سطح احتمال ۱ ٪ بر میزان *PH* آب میوه معنی دار بوده است. در طول دوره نگهداری میزان اسیدیته نمونه‌ها روند نزولی را طی کرد بطوریکه بیشترین میزان PH در روز اول و کمترین مقدار در روز شانزدهم ثبت گردید. نتایج مقایسه میانگین تاثیر متقابل دوز پرتودهی و زمان نگهداری روی میزان *PH* آب میوه برای توت‌فرنگی رقم گاویتا در جدول ۵ ارائه شده است.

به نظر می‌رسد که با افزایش دوز پرتودهی به بالای ۲ کیلوگری و در نتیجه‌ی آن آسیب به بافت گیاهی، میزان تنفس و کاهش قندها و افزایش اسیدهای آلی رخ داده و باعث کاهش *PH* در دوز ۳ کیلوگری شده است. این نتایج با یافته‌های استیونس و همکارانش در سال ۱۹۷۷ و هم‌چنین مستوفی و همکاران در سال ۱۳۸۹ مطابقت دارد. آنها نشان دادند که با افزایش شدت پرتودهی با اشعه‌ی فرابنفش میزان *PH* آب میوه در نمونه‌های هلو و توت‌فرنگی کاهش پیدا می‌کند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دوز پرتودهی و زمان نگهداری روی میزان pH آب‌میوه

دوز (کیلوگری)	زمان نگهداری (روز) ۱	۴	۸	۱۲	۱۶
شاهد (صفر)	3.36 bac	3.43 ab	3.33 bc	3.09 gf	2.89 h
۱	3.34 bac	3.33 bc	3.24 edc	3.18 edf	2.98 h
۲	3.44 a	3.28 dc	3.14 ef	3.20 ed	3 hg
۳	3.25 edc	3.21 ed	3.23 edc	3.16 ef	2.96 h

حروف متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه وضعیت ظاهری محصول مهمترین شاخص ارزیابی بازارپسندی محصول است و وجود هر گونه علایم آلودگی و پوسیدگی و نرم شدن میوه باعث کاهش بازارپسندی محصول می‌شود بنابراین هر عاملی که سرعت پیری را کاهش بدهد و از رشد علایم پوسیدگی جلوگیری کند باعث حفظ وضعیت ظاهری و بازارپسندی محصول خواهد شد. با افزایش زمان نگهداری به خصوص از روز هشتم به بعد میزان ظاهر پسندی محصولات روند نزولی پیدا کرد. هم‌چنین با افزایش زمان نگهداری از میزان ویتامین ث، میزان مواد جامد محلول و سفتی بافت نمونه‌ها کاسته شد. پرتودهی با اشعه گاما روی خصوصیات کیفی نمونه‌ها اثر گذار بود، خصوصاً در دوز ۲ کیلوگری با جلوگیری از رشد قارچها و عوامل بیماری زا و بروز فساد بطور موثر سبب حفظ بازار پسندی محصول شد. ولی باید توجه داشت که استفاده از پرتودهی دارای دو خاصیت می‌باشد به طوری که در دوزهای بالاتر از ۲ کیلوگری اثرات تخریب بر ساختار دیواره‌ی سلولی و در نتیجه آن نرمی بافت و کاهش کیفیت را بدنبال خواهد داشت. کاهش سفتی نمونه‌ها احتمالا بدلیل تخریب مواد پکتینی محلول در اگزالات توسط اشعه رخ می‌دهد. بر این اساس بایستی دوز مناسب پرتودهی برای میوه‌ها و ارقام مختلف در کاربرد پس از برداشت این محصولات مشخص شود که نیاز به بررسی‌های بیشتری در این زمینه می‌باشد. با توجه به تأثیر پرتودهی در افزایش عمر نگهداری میوه توت‌فرنگی همزمان با حفظ ارزش غذایی آن و نیز با توجه به هزینه بسیار پایین تهیه و کاربرد این فنآوری در مقایسه با سایر روش‌ها استفاده از آن برای افزایش عمر پس از برداشت و ارزش غذایی میوه از نظر اقتصادی کاملاً مقرون به صرفه می‌باشد.

منابع

E.Asna Ashari, M. Zokaee Khosroshahi.2008. Postharvest physiology and technology.Academic press of hamedan.658 pages.(Persian)

Jalili Marandi,R.2004.Postharvest physiology. Jahad Academic press of urmia.(Persian).276 pages.

Abdollahi,R2011. Effect of Postharvest Nitric Oxide and Putrescine Treatment on Storage Life and Quality Attributes of Strawberry Fruit. A thesis submitted for the MSc. Faculty of Agricultural of University of Ormia.109 pages.(Persian).

Majd, F. Ardakani,M.2010.Nuclear techniqes in agricultural sciences.University of Tehran press. 2nd edition. 381 pages.(Persian).

Mostofi,Y.Asghari Marjanloo,A.2010. The effect of UV irradiation on control of gray mold decay and quality of postharvest of strawberry. Iranain Journal of horticultural sciences.44(1).39-46.(Persian).

Mortazavi, A. moatamedzadegan, A. 2003. Nonthermanl preservation of food.(Translation). Ferdowsi University of Mashhad press.(Persian).

Arvanitoyannis, I. , Stratakos,C. A. and Tsarouhas, P. 2010. Irradiation applications in vegetables and fruits. Academic Press, 710 pages.

Christopher, H. S. and Xuetong, F. 2006. Food Irradiation Research and Technology.IFT Ppress, 317 pages.

Drake, R., and Neven, L. G. 1998. Irradiation as an alternative to methyl bromide for quarantine treatment of stone fruits. Journal of Food Quality, 21(6), 529–538.

Fisher, R. L. and Bennett, A. B**.** (1991). Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. Plant Physiology, 42:675-703.

Fonseca, J. M. & Rushing, J. W. (2006). Effect of Ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh-cut watermelon. *Postharvest Boilogy and Technology*, 40, 256-261.

Stevens, C., Khan,. And Droby, S. 1998. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brownrot disease and yeast micro flora of peaches. Crop Protection, 17, 75-84.

Vanamala, J. , Cobb, G. , Loaiza, J. , Yoo, K. , Pike, L. M. and Patil, B. S. 2007. Ionizing radiation and marketing simulation on bioactive compounds and quality of grapefruit (Citrus paradisi c.v. Rio Red). Food Chemistry, 105, 1404–1411.

Wang, J. and Chao, Y. 2003. Effect of 60Co irradiation on drying characteristics of apple. Journal of Food Engineering, 56, 347–351

Wang, Z. , Ma, Y., Zhao, G., Liao, X., Chen, F.,Wu, J., Chenand, J., & Hu, X. 2006. Influence of gamma irradiation on enzyme, microorganism, and flavor of cantaloupe (Cucumis melo L.) juice. Journal of Food Science, 71(6), 215–220.

Yu, L., Reitmeir, C. A., & Love, M. H. 1996. Strawberry texture and pectin content as affected by electron beam irradiation. Journal of Food Science, 61(4), 844–850.

Zhang, S. and Farber J.M, 1996. The effects of various disinfectants against Listeria monocytogenes on fresh-cut vegetables. FoodMicrobiol 13: 311–21

Zheng , Y., Yang, Z. and Chen X**.** (2008). Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. Food Control, **19**: 470–474.

.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران