مجموعه مقالات
چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹٤، پژوهشکده کشاورزی هسته ای)
The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

پرتودهی و ترکیب آن با دیگر تیمارها برای کاهش ضایعات پس از برداشت محصولات باغی

عبدالکریم زارعی[1*]، محمد اسماعیل پور[2]
[1]استادیار گروه بیوتکنولوژی دانشگاه جهرم، [1]استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی دانشگاه جهرم، جهرم، ۶۶۱۷۱-۷۴۱۳۷
*Zarei14@gmail.com

چکیده: پس از صرف تمام نهاده های کشاورزی، مشکلات پس از برداشت می توانند منجر به خسارات مهمی شوند، اهمیت هر کدام بستگی به نوع محصول، کشور و سال دارد. تکنولوژی های پس از برداشت از قبیل اتمسفر کنترل شده (CO_2 و رطوبت)، نگهداری در سردخانه و غیره، کارآیی خود را در کنترل ضایعات پس از برداشت ثابت کرده اند، اما اجرای خیلی از تکنولوژی های موجود و جدید در بسیاری از کشورهای در حال توسعه بعلت فقدان فراساختار و پرسنل متخصص در مناطق روستایی بسیار مشکل می باشد. بیماریهای پس از بردشت یکی از دلایل اصلی کاهش عمر پس از برداشت محصولات می باشد. یکی از روشهایی که کارایی خود را در بهبود عمر انبارمانی محصولات گیاهی اثبات کرده استفاده از پرتوتابی می باشد. گزارشات متعددی در مورد استفاده از انواع روشهای پرتودهی و دوزهای مناسب در این زمینه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین خیلی از مطالعات نشان داده اند که ترکیب دوزهای پایین پرتودهی با روشهای دیگر بهترین کارآیی را در حذف عوامل بیماریزا و افزایش عمر انبارمانی محصولات باغی دارا می باشد. در این مقاله روشهای مختلف ترکیبی و دوزهای مناسب پرتودهی استفاده شده برای افزایش عمر پس از برداشت محصولات باغی و همچنین مزایا و معایب این روش و مکانیسم عمل پرتودهی بر میکروارگانیسم ها مورد بررسی قرار گرفته شده است.

واژگان کلیدی: محصولات باغی، پس از برداشت، پرتودهی، عمر انبارمانی.

Irradiation and its combination with other treatments against post-harvest losses of horticultural crops

Abdolkarim Zarei[1 *], Mohammad Esmailpour[2]
[1 *] Department of biotechnology and [2] Department of horticultural science, Jahrom University, Jahrom, 74137-66171.
*Zarei14@gmail.com

Abstract: After using of all agricultural facilities, post-harvest problems can account for substantial losses, the magnitude of which depends on the crop, the country and the year. Post-harvest technologies such as atmosphere control (CO_2 and humidity), refrigeration and etc., have proven useful in controlling post-harvest losses, but the implementation of many of the existing and new technologies is quite difficult in many developing countries due to the lack of infrastructure and specialized personnel in rural areas. The post-harvest diseases are considered worldwide as the most significant issue for post-harvest facilities. Irradiation is one of the strategies that has proved its efficiency for prolong postharvest life of plant products. There are several reports about using of irradiation methods and appropriate doses. Also many studies showed that combination of low doses of irradiation with other methods have better effects on minimizing disease symptoms and increasing shelf-life of horticultural crops. In this review different combination and doses of irradiation used for increasing shelf-life of horticultural crops as well as advantage and dis-advantages of this method and its mechanism of action on microorganism are presented.

Keywords: Horticultural crops, Post-harvest, Irradiation, Shelf-life.

مقدمه

سازمان کشاورزی و غذا سازمان ملل (FAO) تخمین زده که در کل دنیا ۲۵٪ کل محصولات غذایی پس از برداشت از بین می رود، که این آمار برای کشورهای در حال توسعه از جمله کشور ما بسیار بیشتر از این میزان می باشد. بیشترین درصد این صدمات مربوط به حمله حشرات، آلودگی قارچی و جوانه زنی زودتر از موعد می باشد [۱]. همچنین بیماریهای پس از برداشت باعث کاهش عمر انبار مانی و عمر میوه در بازار می شود. زمانیکه از قارچکش هایی مانند فلودیوکسونیل و آزوکسیستروبین استفاده شود میزان از دست دهی محصول پس از برداشت به ٪۱۰-۵ می رسد ولی در غیاب قارچکش ها ممکن است تا ۵۰٪ یا حتی میزان بیشتری از محصول از بین رود. بهرحال کاربرد این قارچکش ها بخاطر قوانین نظارتی در برخی از کشورها منع شده است. همچنین تقاضای عمومی برای کاهش کاربرد برخی از مواد بخاطر آگاهی عمومی از اثرات آنها و ایجاد برخی سویه های مقاوم پاتوژن (از جمله بنزیمیدازول و دیکاربوکسیمید) رو به افزایش است [۲].

بنابراین نیاز به یافتن روشهای جایگزین برای کاهش ضایعات پس از برداشت، کاهش خطرات زیست محیطی، و جلب اعتماد مصرف کنندگان ضروری می نماید. یکی از جایگزین های مناسب استفاده از پرتودهی با اشعه گاما در ترکیب با تیمارهای دیگر از قبیل تیمارهای طبیعی و فیزیکی می باشد [۳]. نتایج حاصل از مطالعات مختلف بیان کرده اند که پرتودهی تا KGy ۱۰ (۱ Gy = ۱۰۰ rad) از نظر ایمنی سالم بوده و سمیتی ندارد و در مورد محصولات تازه از جمله میوه ها و سبزیجات اجازه پرتوتابی تا Gy ۱۰۰۰ داده شده است [۴]. همه غذاها به علت قرار گرفتن در برابر پرتوهای موجود در طبیعت تا حدودی رادیواکتیو می باشند. پرتودهی غذاها رادیواکتیویته بیشتری القاء نمی کند، چون که منبع پرتودهی مورد استفاده برای این منظور کمتر از میزانی است که برای القاء ذرات درون اتم نیاز است [۵]، بنابراین نه محصولات غذایی و نه مواد بسته بندی رادیواکتیو نمی شوند. از نظر فیزیکی غیر ممکن است که محصولات پرتودهی شده رادیواکتیو شوند، دقیقاً مانند دندانهای یک فرد که بعد از عکس برداری با اشعه ایکس رادیواکتیو نمی باشند. پرتودهی انرژی تابشی می باشد و زمانیکه منبع انرژی برداشته شود، از بین می رود[۶]. نتایج نشان داده که اشعه های گاما با انرژی MeV ۵ و الکترون های تسریع شده، دارای انرژی MeV ۱۰، حتی در دزهای بالا، هیچ رادیواکتیویته ایی ایجاد نمی کند. معمولاً کوبالت ۶۰ (^{60}Co) و سزیوم ۱۳۷ (^{137}Cs) برای اهداف پرتودهی بکار می روند، که به ترتیب دارای انرژی ۱/۳۳ و ۰/۶۶ MeV می باشند. بنابراین اگر از این منابع پرتودهی استفاده شود رادیواکتیویته شدن امکانپذیر نیست [۷]. رادیواکتیویته غذاها فقط زمانی امکان دارد که نشت ذرات رادیواکتیو حاصل از آزمایشات تصادف هسته ایی و سلاح های هسته ایی انجام شود. حدود ۱۷۰ تجهیزات گاما در دنیا وجود دارد که بیشتر آنها برای استریلیزاسیون پزشکی، جراحی یا تهییه مواد بسته بندی بکار می روند [۸].

تیمار پرتودهی برای مقابله با بیماریهای پس از برداشت

میکروبهای موجود در غذاها را می توان به سه دسته تقسیم کرد؛ برخی ها مانند آنهایی که باعث تخمیر می شوند منجر به ایجاد تغییرات مطلوب در غذاها می شوند. میکروارگانیسم های فاسد کننده باعث تغییر در رنگ، بو، و بافت غذا شده و از نظر حسی غذا را نامطلوب می کنند، ولی باعث ایجاد بیماری در انسان نمی شوند. پاتوژن هایی که باعث بیماری انسان می شود و

دربرگیرنده باکتریهای مهاجم و سمی، کپک های سمی، ویروسها و پارازیت ها می باشد. در مورد تمام غذاهای تولیدی از مزرعه تا مصرف سعی می شود که صدمات به حداقل برسد، پاتوژنها حذف شود و عمر انبارمانی افزاش یابد. پرتودهی گاما می تواند باعث کاهش ضایعات پس از برداشت ناشی از قارچها شود و استفاده و دز قارچکش ها را برای این منظور کاهش دهد [۳] ولی دوزهای پرتودهی که برای کشتن قارچها نیاز است تاثیرات منفی بر رنگ پوست و بافت میوه ها و سبزیجات انبار شده دارد.

پرتودهی برای حفظ و تولید محصولات عاری از میکروارگانیسم های پاتوژن مفید بوده و می تواند باعث کاهش خطر بیماریهایی مانند مسمومیت شود [۱]. پرتودهی محصولات فرایندی است که بر اساس آن محصول گیاهی در معرض یک منبع کنترل شده پرتودهی یونیزه شده قرار می گیرد تا عمر انبارمانی آن و همچنین ایمنی میکروبیولوژی افزایش یافته، به علاوه ضایعات محصول و همچنین استفاده از مواد شیمیایی ضدعفونی کننده و افزودنی ها کاهش می یابد. می توان از این روش به منظور کاهش هجوم حشرات به بذر، میوه های خشک شده یا تازه و سبزیجات؛ جلوگیری از جوانه زدن غده ها و پیازها؛ بازدارندگی رسیدن پس از برداشت میوه ها، پارازیت های غیر فعال روی گوشت و ماهی، حذف میکروبهای فاسدگر از میوه های تازه و سبزیجات، افزایش عمر انبارمانی مرغ، گوشت، ماهی و صدف، آلودگی زدایی از انواع گوشت ها، و استریل کردن محصولات غذایی و علوفه استفاده کرد [۶].

دوزهای مناسب برای پرتودهی محصولات غذایی

دوز پرتوهای یونیزاسیون تعیین کننده تاثیر آن روی غذا می باشد. دوزهای پرتودهی در واحد بین المللی گری (Gy) سنجیده می شود. بسته به هدف محصولات غذایی بین ۵۰ Gy تا ۱۰ kGy پرتودهی می شوند. دوزهای کم پرتودهی (کمتر از ۱ kGy) برای به تاخیر انداختن رسیدن یا کشتن و عقیم کردن حشرات و دیگر ارگانیسم های آلوده کننده آنها بکار می روند. دوزهای متوسط پرتودهی (۱۰-۱ kGy) محصولات را پاستوریزه کرده و عمر انبارمانی را افزایش می دهد. دوزهای بالاتر پرتودهی (بیش از ۱۰ kGy) غذاها را استریل می کند. FDA اجازه استفاده از ۴ منبع پرتودهی را صادر کرده که عبارتند از؛ ^{60}Co، ^{137}Cs، الکترونهای سرعت داده شده توسط ماشین که فراتر از ۱۰ MeV نباشد، و پرتوهای ایکس تولید شده توسط ماشین که فراتر از ۵ MeV نباشد. تمام متقاضیان برای تایید محصولات پرتودهی با FDA بایستی ملزومات تکنیکی لازم برای دوز و شرایطی که پرتودهی انجام گرفته را رعایت کنند.

پرتودهی یونیزاسیون بطور گسترده بعنوان روش آلودگی زدایی محصولات غذایی شناخته شده است. مقالات متعددی مناسب بودن تغذیه ایی این محصولات را تایید کرده اند و بیان کرده اند که اگر دوز بهینه برای هر محصول بکار رود، حداقل تغییر را در طعم ایجاد می کنند. بعلاوه پرتودهی در دوز پیشنهاد شده بهینه تغییرات خیلی کمی در ترکیب شیمیایی محصولات ایجاد می کند. در دوزهای زیر ۱ kGy تغییرات تغذیه ایی معنی دار نبوده، و هیچ کدام از تغییرات شیمیایی حاصله مضر، خطرناک

و حتی خارج از محدوده مشاهده شده در طبیعت نمی باشند [۹]. دوزهای بالاتر از kGy ۱۰ بسیار مناسب برای حذف آلودگی های میکروبی بوده و تاثیرات منفی بر کیفیت تغذیه ایی دانه های غلات ندارند [۱۰].

استفاده از پرتودهی گاما برای غیرفعال کردن آفلاتوکسین مورد بررسی قرار گرفته است. سمیت بادام زمینی های آلوده ا آفلاتوکسین B1 (AFB1) پس از پرتودهی با دوزهای ۱ و ۱۰ kGy به کمتر از ۷۵٪ و ۱۰۰٪ رسیده است. ولی دوزهای بالاتر از ۱۰kGy مانع جوانه زنی بذر شدند و باعث افزایش پراکسید در روغن بادام زمینی شدند. حضور آب تاثیر بالایی در تخریب آفلاتوکسین به وسیله انرژی گاما دارد، چونکه رادیولیز آب منجر به تشکیل رادیکال های آزاد بسیار فعال می شود. این رادیکالها براحتی به انتهای حلقه فوران AFB1 حمله کرده و باعث فعالیت های بیولوژیکی کمتر می شود. فعالیت موتاژنیک AFB1 در محلول آبی پس از پرتودهی با ۲/۵، ۵، ۱۰ و ۲۰ kGy به ترتیب به ۳۴، ۴۴، ۷۴ و ۱۰۰٪ کاهش پیدا کرد. همچنین دوز ۱۰ kGy در محلول دیمتیل سولفوکساد-آب (۱: ۹ v/v) بطور ۱۰۰٪ AFB1 و ۹۵٪ AFG1 را غیرفعال کرد [۱۱].

مزایای تیمارهای پرتودهی

در خیلی از موارد کنترل شیمیایی، بیماریها از طریق ایجاد پاتوژن های مقاوم به قارچکش های مورد استفاده، افزایش پیدا کرده اند. مهم تر از آن مصرف کنندگان بدنبال محصولاتی می باشند که عاری از باقیمانده سموم باشد، بنابراین استراتژیهای جایگزین از جمله کنترل به روش آنتاگونیست، ترکیبات طبیعی و تیمارهای فیزیکی مورد توجه قرار گرفته اند. پرتودهی با اشعه گاما و UV-C (۲۵۴ nm) از تیمارهای فیزیکی می باشند که می توانند برای کنترل پس از برداشت امراض بکار روند که علاوه بر اثرات قارچکشی می توانند باعث القاء مقاومت در میوه هم شوند [۱۲]. گزارشاتی مبنی بر کاهش پوسیدگی انباری و به تاخیر انداختن رسیدن هلو وجود دارد [۱۳]. پرتوتابی با گاما در تمام مراحل زندگی مگس میوه موثر بوده و بعنوان یک تیمار مناسب قرنطینه ای بکار می رود [۳]. کپک سبز ناشی از *Penicillium digitatum* وکپک آبی ناشی از *P. italicum* از مهمترین بیماریهای اقتصادی برای مرکبات در اکثر مناطق کشت و کار که تابستانهای کم باران دارند، می باشند. هر دو بیماری بوسیلهٔ کاربرد قارچکش هایی مانند ایمازالیل، سدیم ارتوفنیل فنات یا تیابندازول کنترل می شوند ولی استفاده از این مواد شیمیایی منجر به ایجاد سویه های مقاوم پاتوژن شده است [۱۴]. حذف بیماری ها بایستی بدون صدمه زدن به میوه انجام شود، قدرت نفوذ پرتوهای گاما بیشتر از قارچکش هاست و می توانند به ارگانیسم هایی برسند که قابل دسترسی توسط مواد شیمیایی نیست [۱۵]. حسن پرتودهی گاما قابلیت نفوذ بالای آن و یکنواختی دوز آن می باشد، که امکان تیمار محصولات در شکل ها و اندازه های مختلف را به ما می دهد.

معایب تیمار پرتودهی

تیمار پرتودهی بطور کلی مقدار کمی انرژی را به غذا اضافه می کند. بنابراین برخی محصولات رادیولیتیک تولید می شوند، ولی میزان آنها کم است. فرایند گرمایی به میزان بیشتری مولکولهای مشابه ای را تولید می کند، چون میزان انرژی اضافه شده

به غذا بیشتر از پرتودهی می باشد. القاء جمعیت های میکروبی مقاوم به پرتودهی زمانی حاصل می شود که محیط بطور متناوب در معرض سیکل های پرتودهی قرار گیرد. پرتودهی بر اساس مکانیسم واحدی باعث موتاسیون نمی شود. هرچند از نظر تئوری خطرناک می باشند، ولی تا کنون گزارشی در مورد القاء پاتوژن های جدید بر اساس پرتودهی غذاها وجود ندارد. نگرانی های مشابهی در مورد میکوتوکسین ها وجود دارد و برخی مطالعات بیانگر افزایش میکوتوکسین ها بعد از پرتودهی می باشند. یک تئوری این می باشد که مقاومت رادیویی بیشتر کپک ها و مخمرها در مقایسه با باکتریها منجر به کاهش مقاومت بازدارندگی رشد کپک و مخمرها می شود. انتظار می رود هر کپکی که پس از پرتودهی زنده بماند، در فقدان رقیب های دیگر سریعتر رشد کرده و بر محیط غلبه کند.

در مورد نارنگی های پرتودهی شده با اشعه ایکس در دوزهای ۸۷۵-۱۹۵ Gy مقاومت خاصی به کپک های سبز و آبی دیده نشد [۱۶]. حتی در تیمار ۸۷۵ Gy زمانیکه ۶ روز پس از پرتودهی با *P. digitatum* آغشته شدند تاحدودی کپک سبز رشد بهتری هم داشت. علت این مشاهدات می تواند تاثیر منفی این شدت از اشعه ایکس بر خصوصیات فیزیکی و فیزیولوژیکی پوست میوه می باشد که می تواند منجر به رشد بهتر مسیلیوم قارچ در سلولهای آلبیدو و فلاوویدو پوست نارنگی شود. همچنین پرتودهی با UV-C تاثیری بر تخریب ناشی از *Colletotrichum gloeosporioides* نداشته و باعث قهوه ای شدن در خربزه درختی شده است [۳]. مشاهدات مشابه ایی هم شده که دوزهای کمتر UV-C باعث کاهش توسعه *B. cinerea* در انگور تازه خوری شده، ولی باعث قهوه ایی شدن میوه هم شده است [۱۷].

مکانیسم عمل پرتودهی بر میکروارگانیسم ها

محتوی ترکیبات فنولی اصلی موجود در پوست نارنگی بطور معنی داری در میوه هایی که قبلا در معرض پرتودهی با شدت ۳۰۰ Gy اشعه گاما قرار گرفته اند افزایش یافته است. همچنین فعالیت آنزیم PAL هم افزایش یافته است. پرتوهای یونیزه شده می توانند باعث افزایش ترکیبات فنولی مختلف شده و بطور غیر مستقیم باعث افزایش عمر انبارمانی و برخی موارد مقاومت به پاتوژنها شوند [۱۶]. هر چند در برخی مواقع افزایش در میزان مواد فنولی به حدی نبوده که بتوان مقاومت بیشتر به قارچها را به آن نسبت داد، بعبارتی می توان بیان کرد که اثر مستقیم پرتودهی بر ساختار قارچ بیشتر از اثر غیر مستقیم آن یعنی تغییر در ساختار پوست و دفاعی میوه می باشد. بعلاوه با گزارشاتی مبنی بر اثر بازدارندگی اشعه ایکس بر اسپورزایی *P. digitatum* و *P. italicum* این فرضیه قوت بیشتری می گیرد. تاثیر اشعه گاما بستگی به نوع قارچ، دوز کاربردی، میزان رطوبت و ترکیب بافت، و شرایط نگهداری انبار دارد [۱۰]. همچنین فاکتورهای محیطی مانند ترکیب و میزان رطوبت محیط پرتودهی، دما و حضور اکسیژن طی پرتودهی و تازه بودن یا یخ زده بودن موثر می باشند [۱۸]. به عبارت دیگر زنده مانی میکروبها وابسته به قدرت باززایی سلول، دوز پرتودهی، pH، شرایط اتمسفر و ترکیبات شیمیایی محصول می باشد [۱۹].

گزارش شده که دوزهای پرتودهی کم گاما (مثلاً ۱ kGy) توسعه قارچها را هم در شرایط درون شیشه و هم طبیعی تحریک کرده است. همچنین تیمار ۱ kGy گاما باعث تحریک ایجاد آفلاتوکسین شده ولی ۴-۳ kGy توسعه قارچها و

میکوتوکسین ها را بازداشته است [۲۰]. بعلاوه دوز پرتودهی مورد نیاز برای پاتوژنها در شرایط طبیعی (*In vivo*) بیشتر از دوز مورد نیاز در شرایط درون شیشه می باشد (*In vitro*). سرعت پرتودهی هم از موارد تاثیر گذار است بطوریکه سرعت های بالاتر دوز موثرتر از سرعت های پایین تر می باشد. پرتودهی ابتدا میکروبها را بوسیله شکستن DNA آنها از بین می برد. حساسیت ارگانیسم ها با پیچیدگی آنها افزایش می یابد. بعبارتی ویروسها مقاومترین و حشرات و پارازیت ها جزء حساسترین ها به پرتودهی می باشند. اسپورها و سیست ها مقاومت بالایی دارند، چون DNA کمی دارا بوده و در دوره کمون به سر می برند. توکسین ها و پریون ها که دارای باندهای شیمیایی کمی می باشند، به پرتودهی حساس می باشند. شرایطی که پرتودهی تحت آن انجام می شود (مثلا دما، رطوبت و محتوی جوی) می توانند بر دوز مورد نیاز برای رسیدن به هدف مورد نظر موثر باشند [۸]. زمان بین آغشته سازی و پرتودهی هم مهم بوده بطوریکه نتایج حاصل از مطالعات مختلف بیانگر این است که تیمار با پرتودهی قبل از پیشرفت بیماری مناسب تر بوده و هر چه فاصله زمانی بین آغشته سازی با پرتودهی کمتر باشد، اثرات مثبت تیمار هم بیشتر می باشد.

تیمارهای ترکیبی برای کاهش ضایعات پس از برداشت

اخیراً ترکیبی از تیمارهای مختلف برای کنترل بیماریهای پس از برداشت میوه ها پیشنهاد شده است. مهمترین هدف تیمارهای ترکیبی افزایش اثربخشی و کاهش اثرات منفی کاربرد ترکیبات مختلف با کاهش دوز مورد استفاده آنها می باشد. اثر پرتودهی زمانی که در ترکیب با دیگر تیمارها مانند آب گرم، مواد شیمیایی از قبیل ضدعفونی با SO_2 ، کربنات سدیم و سرمادهی بکار رود بسیار اثربخش تر است. نمک های اسید کربنیک مانند کربنات سدیم و بی کربنات سدیم از افزودنی های معمول به غذاها می باشند که محدودیت چندانی ندارند. کربنات سدیم بعلت ویژگی های از جمله هزینه کم، دسترسی آسان، کاربرد با حداقل صدمات به میوه، اخیرا بعنوان جایگزینی برای قارچکش ها در مورد مرکبات بکار گرفته شده است و بعنوان ماده ای مناسب برای استفاده ترکیبی با دیگر روشهای شیمیایی و فیزیکی معرفی شده است.

ترکیب با تیمار گرمایی

تیمار گرمایی اساساً باعث کاهش ضایعات می شود، ولی خطرات صدمات به میوه، کاهش وزن، و حذف باقیمانده های ضد قارچی باعث کاهش کاربرد این روش شده است هرچند که کارایی، راحتی کاربرد آن و ایمنی، این روش را بسیار جذاب می کند. نتایج گزارشات از کاربرد ترکیبی این تیمار با پرتودهی ضد و نقیض می باشد. در برخی گزارشات از اثر نامطلوب این ترکیب مثلا در نارنگی گزارش شده است ولی در برخی گزارشات مثلا در مورد پرتقال و گریپ فروت و سیب اثر سینرژید این دو تیمار گزارش شده است. روش عمل تیمار گرمایی به نظر می رسد که هم از طریق برهمکنش مستقیم با خود قارچ، و هم از طریق پاسخ های فیزیولوژیکی بافت میوه می باشد. مطالعات درون شیشه نشان داده زمانیکه قارچها در معرض گرما قرار می گیرند هم جوانه زنی و هم رشد آنها کاهش می یابد. همچنین تیمار گرمایی می تواند حساسیت میزبان به پاتوژن را هم از طریق تشکیل مواد بازدارنده در پوست کاهش دهد [۲۱]. اثر پرتودهی وقتی در ترکیب با تیمار آب گرم، مواد شیمیایی مانند کربنات سدیم و تیمارهای سرمایی بکار رود بسیار نتیجه بخش تر است.

ترکیب با مواد شیمیایی

بنومیل از موثرترین تیمارهای پس از برداشت است ولی در غلظت های بالای ۱۰۰۰ppm، ولی استفاده ترکیبی از آن بطور همزمان با پرتودهی و دمای بالا باعث شده تا غلظت های بسیار کمتر آن در حد ۲۵۰ ppm کارآیی مناسب را داشته باشند. همچنین در مورد انگور پرتودهی ۱ KGy به همراه کاپتان در رطوبت نسبی ۸۰٪ و تیمار دمایی ۱۰-۴ درجه سانتیگراد باعث کنترل بیماریهای پس از برداشت در انگور شده است. در مورد انبه تیمار پتاسیم سوربانت ۰/۳٪ به همراه پرتودهی ۱ KGy موثرترین تیمار بر حفظ ویژگی های تغذیه ایی و بیوشیمیایی این میوه و به تاخیر انداختن پیری و کاهش زوال محصول گزارش شده است [۲۲]. ترکیب پرتودهی با دوز پایین با بسته بندی در اتمسفر تغییر یافته (MAP) هم در برخی موارد برای کنترل ضایعات پس از برداشت قرار گرفته است. همچنین گزارشاتی در مورد اثرات مثبت پرتودهی با دوز پایین در انبارهای سرد روی مقاومت بهتر سیب، به و گلابی به پاتوژنهای مختلف وجود دارد [۲۳].

ترکیب پرتودهی با کنترل زیستی مورد دیگری است که در کنترل ضایعات پس از برداشت مهم می باشد. نتایج حاصل از کنترل زیستی ضایعات پس از برداشت نسبت به قارچ کش ها بسیار متغیر است و دلیل این امر هم تحت تاثیر فاکتورهای محیطی بودن مواد زیستی می باشد. با رسیدن میوه ها غلظت های بیشتری از آنتاگونیست های زیستی بایستی بکار رود تا به سطح کنترل میوه های نابالغ برسد [۱۲].

نتیجه گیری

همانطور که در بالا اشاره شد ضایعات محصول پس از برداشت برای خیلی از محصولات گیاهی بسیار زیاد می باشد. فقدان روش موثر تیمار پس از برداشت برای کاهش ضایعات میوه ها، نیاز به جستجوی روشهای جدید برای این منظور را نمایان می کند [۲]. بنابراین نیاز به توسعه روشهای جایگزینی برای کنترل مصنوعی شیمیایی برای کاهش خطرات زیست محیطی و افزایش اعتماد مصرف کنندگان ضروری می نماید [۱۲]. بعلاوه نگرانی ها در مورد خطرات سلامتی انسان و اثرات زیست محیطی بقایای قارچکش ها نیاز به یافتن روش جایگزین برای قارچکش ها را افزایش داده [۱۶]. مطالعات نشان داده که پرتودهی گاما تغییراتی را در مسیرهای متابولیکی ایجاد کرده که می تواند منجر به تاخیر در تولید پیش سازهای ضروری و انرژی مورد نیاز برای رسیدن میوه ها شود [۲۴]. بر اساس مطالعات انجام گرفته دوزهای معقول (۰/۵ KGy تا ۰/۱) می تواند باعث افزایش عمر انبارمانی میوه ها و سبزیجات از یک هفته تا دوهفته شده و توانایی کم کردن ضایعات پس از برداشت محصولات باغبانی را خواهد داشت [۲۴]. هر چند روش های متعددی برای کنترل ضایعات پس از برداشت وجود دارد، به نظر می رسد ترکیبی از این روشها ممکن است بهترین اثر را داشته باشد. در این روش اثربخشی یک تیمار افزایش یافته و تاثیرات منفی هر تیمار با کاهش دوز هر کدام به حداقل می رسد. در پرتودهی از انرژی یونیزاسون برای حذف باکتریها و دیگر ارگانیسم های مضر استفاده می شود، بنابراین بسته به نوع محصول تیمارهای مختلف در ترکیب با پرتودهی با دوزهای پایینتر قادر است حفظ سلامت محصولات را افزایش داده و باعث افزایش عمر پس از برداشت آنها شود.

منابع مورد استفاده

1. R. Braghini, M. Sucupira, L. O. Rocha, T. A. Reis, S. Aquino, and B. Correa "Effects of gamma radiation on the growth of A.alternata and on the production of alternariol and alternariolmonomethyl ether in sunflower seeds", Food Microb. 26:927-931(2009).
2. O. A. Karabulut and N. Baykal, "Integrated control of postharvest diseases of peaches with a yeast antagonist, hot water and modified atmosphere packaging", Crop Protect, 23:431-435 (2004).
3. P. Cia, S. F. Pascholati, E. A. Benato, E. C. Camili and C. A. Santos, "Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose", Postharvest Biol. Technol. 43:366-373 (2007).
4. F. D. A. US (US Food and Drug Administration), "Irradiation in the production, processing and handling of food final rule", Fed. Reg. 69:76844-76847 (2004).
5. Anonymous, "International atomic energy agency facts about food irradiation", available at: http://www.iaea.org/worldatom/inforesource/other/ food/q&a.html. Accessed May 12 (2000).
6. C. P. Brennand, "Food Irradiation The Radiation Information Network. Idaho State University", http://www.physics.isu.edu/radinf/food.htm Accesse May 15, 2011(1995).
7. J. Farkas, "Irradiation for better foods", Trends Food Sci. Technol. 17:148-152 (2006).
8. K. M. Shea, M. P. H. MD and the Committee on Environmental Health, "Technical Report: Irradiation of Food", American Academy of Pediatrics, Pediatrics. 106(6):1505-1510 (2000).
9. R. Braghini, C. R. Pozzi, S. Aquino, L. O. Rocha and B. Correa, "Effects of gamma radiation on the fungus *Alternaria alternata* in artificially inoculated cereal samples", Appl. Radiat. Isotopes 67:1622-1628 (2009).
10. N. H. Aziz, R. M. Souzan and A. S. Azza, "Effect of gamma irradiation on the occurrence of pathogenic microorganism and nutritive value off our principal cereal grains", Appl. Radiat. Isot. 64:1555-1562 (2006).
11. I. Y. S. Rustom, "Aflatoxin in food and feed: occurrence, legislation and inactivation by physical methods", Food Chem. 59 (1):57-67 (1997).
12. W. S. Conway, B. Leverentz, W. F. Janisiewicz, R. A. Saftner and M. J. Camp, "Improving biocontrol using antagonist mixtures with heat and/or sodium bicarbonate to control postharvest decay of apple fruit". Postharvest Biol. Technol. 36:235-244 (2005).
13. J. Y. Lu, S. M. Lukombo, C. Stevens, V. A. Khan, C. L. Wilson, P. L. Pusey and E. Chaultz, "Low dose UV and gamma radiation on storage rot and physicochemical changes in peaches". J. Food Qual. 16:301-309 (1993).
14. P. Kinay, M. F. Mansour, F. Mlikota Gabler, D. A. Margosan and J. L. Smilanick, "Characterization of fungicide-resistant isolates of *Penicillium digitatum* collected in California". Crop Prot. 26:647-656 (2007).
15. O. Tiryaki, "Inhibition of *Penicilllium expansum*, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer*, and *Alternaria tenuissima*, which were isolated from Ankara pears, by gamma irradiation J. Turkish. Phytopathol. 19(3):133-140 (1990).
16. L. Palou, A. Marcilla, C. Rojas-Argudo, M. Alonso, J. A. Jacas and M. Angel del Rio, "Effects of X-ray irradiation and sodium carbonate treatments on postharvest Penicilliumdecay and quality attributes of clementine mandarins". Postharvest Biol. Technol. 46, 252-261 (2007).

17. E. C. Camili, A. Benato, S. F. Pascholati and P. Cia. Avaliac¸ "UV-C irradiation applied in post-harvest in Protects grape "It'alia" against *Botrytis cinerea"*. Phytopathologica 30:306-313 (2004).
18. J. S. Smith and S. Pillai, "Irradiation and food safety". Food Technol. 58(11):48-55 (2004).
19. J. D. Monk, L. R. Beuchat and M. P. Doyle, "Irradition inactivation of foodborne microorganisms". J. Food Prot. 58(2):197-208 (1995).
20. C. Temur, and O. Tiryaki, "Irradiation alone or combined with other alternative treatments to control postharvest diseases" African Journal of Agricultural Research 8(5), 421-434, (2013).
21. W. S. Conway, B. Leverentz, W. F. Janisiewicz, A. B. Blodgett, R. A. Saftner and M. J. Camp, "Integrating heat treatment, biocontrol and sodium bicarbonate to reduce postharvest decay of apple caused by *Colletotrichum acutatum* and *P. expansum"*. Postharvest Biol. Technol. 34:11-20 (2004).
22. F. Hossain, A. Khasru-Parvez, M. K. Munshi, I. Khalil, R. Huque, "Post-harvest treatments of radiation and chemical on organoleptic and biochemical properties of mango (*Mangifera indica* L.) in relation to delay ripening" American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 14 (6): 555-564, (2014).
23. O. Tiryaki, G. Aydın, M. Gurer, "Post harvest disease control of apple, quince, onion and peach, with radiation treatment". J. Turk. Phytopath. 23 (3):143-152 (1994).
24. H. R. El-Ramady , E. Domokos-Szabolcsy, N. A. Abdalla, H. S. Taha, and M. Fari, Postharvest Management of Fruits and Vegetables Storage. Springer International Publishing Switzerland, E. Lichtfouse (ed.), Sustainable Agriculture Reviews, Sustainable Agriculture Reviews 15, DOI 10.1007/978-3-319-09132-7_2 (2015).