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)

کاربرد پرتوتابی (گاما و فرابنفش) در حفظ کیفیت محصولات باغی بعد از برداشت

مهدی شجاعی*، سیامک کلانتری
دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار دانشکده ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

چکیده: محققین امروزه در کنار توجه به افزایش سطح زیر کشت، به دلیل بالا بودن میزان ضایعات (۳۰ تا ۸۰ درصد)، یکی از موثرترین روش‌ها برای افزایش تولید غذارا حفظ محصولات موجود می‌دانند. پژوهشگران حوزه‌ی فیزیولوژی و تکنولوژی پس از برداشت روش‌هایی را برای جلوگیری از هدر رفت محصولات باغی تعبیه کرده اند، از آن جمله می توان به تیمارهای مختلف قبل و بعد از برداشت، خنک کردن محصول بلافاصله قبل از برداشت، انواع مختلف بسته‌بندی، استفاده از سردخانه ها و پرتودهی اشاره کرد. در این روش از انواع پرتوهای یونیزه کننده (گاما) و غیر یونیزه کننده (فرابنفش) کمک گرفته می شود. استفاده از پرتودهی روشی است برای حفظ محصول از زمان برداشت تا رسیدن به دست مصرف کننده که از طرق مختلف مانند: جلوگیری از جوانه زنی (سیب زمینی)، آفت زدایی، کنترل بلوغ، رسیدگی و پیری میوه‌ها و سبزی‌ها، تسهیل آبدهی (انگور) و ضد عفونی کردن محصولات (گیاهان ادویه‌ای) انجام می شود.

واژگان کلیدی: پرتو های یونیزه کننده، آفت کش، عمر پس از برداشت و انبارداری

٤ مقدمه

سال‌ها است که در تمام دنیا کیفیت محصولات باغی به روشهای مختلفی از جمله تیمارهای گرمایی و روشهای شیمیایی نگهداری می شوند. با اینکه اینها روش‌های خوبی هستند اما در شرایط خاص مشکلاتی برای مصرف کننده و محیط زیست ایجاد می‌کنند [۱۶]. از روشهای جدیدی که در چند دهه اخیر برای جلوگیری از آلودگی ابداع شده و به سرعت جای خود را بین دیگر روش‌های نگه‌داری باز کرده میتوان به روش پرتودهی اشاره کرد.

هر ساله بسیاری از محصولات ما به دلیل جوانه زدن، رسیدن بیش از حد، فاسد شدن یا هجوم حشرات و بیماری‌ها از بین میروند. دانشمندان از سال ۱۹۵۰ بر آن شدند در پی خسارت‌های جدی ناشی از این مشکلات که باعث می‌شوند از روش‌های مختلف نگهداری محصولات کشاورزی از قبیل فرآیندهای مختلف حرارتی و مصرف مواد شیمیایی استفاده شود از پرتودهی به عنوان یک روش برای حفظ این محصولات استفاده کنند. در این فرایند اشعه باعث از بین رفتن میکروارگانیسم‌هایی که غذا را آلوده می‌کنند یا باعث فساد و تخریب محصولات می‌شوند، می‌گردند و در نهایت عمر پس از برداشت محصولات باغی افزایش می‌یابد. پرتودهی به عنوان یک فرایند سرد شناخته شده است که دما را به طور قابل توجه‌ای افزایش می‌دهد و در اکثر محصولات تغییرات فیزیکی یا مشخصات حسی به جا نمی‌گذارد. به عنوان مثال یک سیب اشعه دیده باز هم ترد و آبدار است [۲].

پیشینه اولیه پرتودهی همان پیشینه و سابقه خود پرتودهی محسوب می‌گردد. نتایج آزمایش‌های موفقیت‌آمیز در ایالات‌متحده راجع به پرتودهی مواد غذایی، به انگیزه‌هایی برای انجام همین اقدامات در سایر کشورها بدل گردید. نخستین استفاده تجاری

از پرتودهی موادغذایی در سال ۱۹۵۷ در آلمان روی داد که یک تولیدکننده ادویه‌جات در اشتوتگارت با پرتودهی الکترون ها با استفاده از مولد الکتروستاتیکی، کیفیت بهداشتی محصولات خود را بهبود بخشید. اولین پرتو دهنده اشعه ایکس تجاری در پرتودهی مواد غذایی در جولای ۲۰۰۰ در هیلو هاوایی آغاز بکار نمود. این برنامه‌های تحقیقی در دهه ۱۹۹۰ بر بهبود روش‌های تشخیص مواد غذایی پرتودهی شده تأکید داشتند. درحالی‌که تا بیست سال پیش امکان تمایز بین نمونه‌های پرتو-دهی شده و نشده مواد خوراکی، با آنالیز شیمیایی نبود، اما امروزه روشهای تحلیلی معتبر و موثقی در اختیار داریم که نوید گام بزرگ دیگری در این عرصه هستند [۱].

پرتودهی

پرتودهی به فرآیندی گفته می‌شود که در آن ماده مورد نظر (بیولوژیکی و غیربیولوژیکی) در معرض تابش‌های (یونیزه کننده و غیریونیزه‌کننده) قرار داده می‌شود. نفوذ تابش به داخل ماده باعث برهمکنش تابش با اتم‌ها یا مولکول‌های ماده می‌شود. در اثر فرآیندهای فیزیکی مختلف انرژی تابش در ماده جذب میشود. به مقدار انرژی جذب‌شده در ماده دز گفته می‌شود که با واحد گری (مقدار انرژی جذب‌شده در واحد جرم) بیان می‌شود. در مقیاس اتمی این پرتوها اتم‌ها و یا مولکول‌های ماده را یونیزه کرده و انرژی تابش فرودی توسط محیط جذب شده منجر به تغییرات فیزیکی می‌شود [۷]. در این پژوهش به دو روش عمده‌ی پرتودهی اشاره شده است، که عبارتند از پرتودهی گاما در این روش از فوتون‌های گاما از چشمه‌های رادیو اکتیو کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۷ استفاده می‌شود و اشعه‌ی فرابنفش [۴]. به طور کلی روش پرتودهی در استفاده برای از بین بردان آفات و بیماری‌ها باعث شکسته شدن DNA میکروارگانیسم‌ها شده که منجر مرگ آنها می‌شود. در حال حاضر به دلیل وجود سامانه‌های زیاد گاما چه به صورت تحقیقاتی و چه در مقیاس صنعتی این روش بیشترین کاربرد را دارد. در حال حاضر بیش از ۲۰۰ سامانه پرتو دهی گاما در پنجاه کشور جهان وجود دارد. که به ترتیب قاره آسیا و آمریکای شمالی با ۱۲۰ و ۴۰ سامانه در رتبه‌های اول و دوم قرار دارند [۶].

پرتو گاما

پرتو گاما، تشعشعات الکترومغناطیس است که هسته‌های برانگیخته شده عناصری مانند کبالت یا سزیم ساطع می‌شود. از آنجا که عناصر تولیدکننده این اشعه، فرآورده تجزیه اتمی بوده و جزء ضایعات اتمی محسوب می‌شود، اشعه مذکور از ارزانترین شکل اشعه جهت نگهداری مواد غذایی است و از قدرت نفوذ بسیار خوبی برخوردار می‌باشد [۱۱].

موارد استفاده از پرتو گاما

۱. جلوگیری از جوانه زنی غده ها، پیازها و سبزیجات ریشه ای

از اشعه‌ی گاما در موارد بسیاری برای جلوگیری از جوانه زنی محصولات غده ایی همچون سیب زمینی استفاده شده است. بدین منظور از اشعه با دز ۰/۵ تا ۰/۱۵ کیلوگری در سیب زمینی، هویج و یام استفاده شده است. این دز از

اشعه حداقل اثر منفی را داراست، در صورت افزایش میزان اشعه، امکان ایجاد صدمه (سیاه شدن پوست، شیرین شدن و کاهش ویتامین) وجود دارد [۱۰ و ۱۳].

۲. دفع حشرات

دومین مورد پر اهمیت استفاده از پرتو گاما در مبارزه با حشرات است. این نحوه‌ی مبارزه بخصوص در قرنطینه اهمیت پیدا می کند. با توجه به مضر نبودن برای مصرف کننده، به جای مواد شیمیایی (متیل بروماید، فسفین و هیدروژن سیانید) از آن استفاده می شود. دز موثر آن ۱ کیلوگری بوده و در دز زیر ۰/۲۵ کیلوگری تنها تاثیر عقیم-کنندگی دارد [۲۱].

جدول مقدار تابش یونیزه کننده برای کنترل تعدادی از آفات [۱۴].

نام عمومی	حداقل دز جذب شده (گری)
مگس میوه ی شرقی	**۲۵۰**
مگس میوه ی مدیترانه ای	**۲۲۵**
مگس خربزه	**۲۱۰**
مگس میوه ی دریای کاریب	**۱۵۰**
مگس میوه ی مکزیکی	**۱۵۰**
مگس میوه ی هند غربی	**۱۵۰**
مگس میوه ساپوت	**۱۵۰**
مگس شیوه ی اکوئیدنت	**۱۵۰**
حد تحمل میوه ها و سبزی ها به ترس ناشی از پرتو دهی [۱۰]	۱۵۰

۳. رسیدن و

برای بازداشتن محصولات از دز ۰/۲۵ تا ۰/۳۵ پرتو گاما استفاده می‌شود. میوه های مختلف به دز های مختلفی پاسخ می دهند به طور مثال میوه‌های مناطق معتدله (سیب، گلابی و زردآلو) نیاز به دز بالای ۱ کیلوگری دارند. از طریق اشعه‌ی گاما همچنین می‌توان رسیدن محصولات را منظم کرد. به وسیله‌ی این اشعه می‌توان در میوه‌های فرازگرا و نافرازگرا، تنفس را تحریک نمود. استفاده از پرتو گاما در کنترل نابسامانی‌های فیزیولوژیکی نیز موثر بوده

High	Apple, cherry, date, guava, longan, mango, muskmelon, nectarine, papaya, peach, rambutan, raspberry, strawberry, tamarillo, tomato
Moderate	Apricot, banana, cherimoya, fig, grapefruit, kumquat, loquat, lychee, orange, passion fruit, pear, pineapple, plum, tangelo, tangerine
Low	Avocado, cucumber, grape, green bean, lemon, lime, olive, pepper, sapodilla, soursop, summer squash, leafy vegetables, broccoli, cauliflower

است [۲۴].

۴. کنترل بیماری های پس از برداشت

استفاده‌ی از اشعه‌ی گاما در کنترل برخی بیماری‌های پس از برداشت مفید بوده است به خصوص بیماری‌هایی که عامل قارچی دارند، اما با توجه به مقاومت این بیماری ها باید از دز بالاتری استفاده شود. از سایر تیمارهای پس از برداشت همچون تیمار گرمایی نیز در ترکیب با روش پرتوتابی استفاده می شود [۱۷].

نمونه هایی از استفاده ی پرتو گاما در محصولات باغی

- تأثیر پرتو دهی گاما در سیب درختی

در میوه‌ی سیب از دزهای مختلف پرتو گاما استفاده شده است، ویژگی‌های کیفی سیب همچون سفتی، شکل، pH و ویتامین‌ث آن بطور مطلوبی بعد از تیمار با اشعه‌ی گاما حفظ شد در صورت استفاده از مقادیر اندک پرتو (۳۰۰ تا ۶۰۰ گری) حداقل آسیب به کیفیت سیب وارد شد. [۳، ۱۵ و ۲۰].

- تأثیر پرتو دهی گاما بر کیوی

در میوه‌ی کیوی از دز ۳ کیلوگری استفاده شد. پرتودهی در سیب منجر به بهبود شاخص های حسی شد. میوه ها نرم تر شدند، مقدار رنگ و اسیدهای ارگانیک مطلوبتر شدند اما در مقابل سبب کاهش مواد جامد محلول شده و تاثیر منفی بر ویتامین‌ث و آنتی‌اکسیدان‌ها داشت [۲۲].

- تأثیر پرتو دهی گاما بر جلوگیری از جوانه زنی سیب زمینی

از دزهای صفر، ۲، ۵، ۶، ۸ و ۱۰ کیلو گری استفاده گردید. این مقادیر پرتو منجر به کاهش جوانه زنی غده‌های سیب زمینی در انبار شدند. اما در نهایت زمانی که از دزهای پایین استفاده شد از مقدار ویتامین‌ث غده ها کاسته شده بود [۲۰].

- تأثیر پرتو دهی گاما در کاهو و کرفس

استفاده‌ی از پرتو گاما با دز ۱ کیلوگری منجر به کنترل میکروارگانیسم‌ها در کاهو شد و کیفیت فیزیولوژیکی آن را افزایش داد. همچنین همین میزان دز در کرفس حدود ۱۰۲ باکتری آلوده‌کننده ساقه را از بین برد و تعداد پاتوژن‌ها را به کمتر از ۳۰ کاهش داد [۱۲ و ۲۳].

پرتو فرابنفش

پرتو فرابنفش خود به سه نوار تقسیم می‌شوند که هر یک دارای انرژی و خاصیت اکولوژیکی خاص میباشد مانند اشعه میکروبکش لامپهای بخار جیوه با فشار کم که گزارش شده است که در طول موج ۲۵۰ تا ۲۶۰ نانومتر بیشترین اثر را بر

باکتری، ویروس، پروتوزوآ، قارچ و جلبک دارد. UV-B (۲۸۰ تا ۳۱۵ نانومتر) با طول موجی کمتر، سطح انرژی بیشتری دارد. این نوار به وسیله بیشتر مولکولهای بیولوژیکی، به طور قابل توجه نسبت به پرتو UV-C کمتر جذب میگردد. UV-A (۳۱۵ تا ۴۰۰ نانومتر) به وسیله چند ترکیب بیولوژیکی شدیداً غیر اشباع جذب می‌شود و می‌تواند بعضی فرآیندهای فیزولوژیکی را تحت تأثیر قرار دهد اما سلول‌کش قوی نیست. اثر کشندگی اشعه‌ی UV بر باکتری‌ها بسیار قوی است. این اشعه غیر یونیزه کننده بوده، توسط پروتئین و اسیدهای نوکلئیک جذب می‌شود و تغییرات فتوشیمیایی که توسط آن ایجاد می‌گردد ممکن است سبب مرگ سلول شود. مهمترین مزیت آن عدم تشکیل محصولات جانبی سمی یا غیر سمی طی فرآوری است [۱۹].

۵ تاثیرات پرتو فرابنفش

- افزایش فعالیت فیتواکسیدان ها با اثر بر گونه‌های فعال اکسیژن
- افزایش فیتوآلکسین ها
- دز ۳/۷ کیلو ژول (UV-C) تاخیر رسیدن و پیری
- دز ۰/۵ تا ۲۰ کیلو ژول بازدارنده ی رشد باکتری ها
- منجر به افزایش سطح تولید آنتوسیانین
- تاخیر در رسیدن میوه‌ها و افزایش عمر انباری
- تحریک ساخت اسید سالسیلیک و اسید جاسمونات
- عمل به عنوان هورمسیس

[۹ و ۱۸]

۶ نمونه ای از استفاده از پرتو فرابنفش در محصولات باغی

- اثر پرتو فرابنفش بر خواص کیفی توت فرنگی

یکی از راه های افزایش عمر پس از برداشت میوه‌ی توت فرنگی استفاده از پرتو فرا بنفش است. در آزمایشی از ۳ میزان ۰/۴۳، ۲/۱۵ و ۴/۳۰ کیلوژول پرتو فرابنفش در ۳ زمان ۱، ۵ و ۱۵ دقیقه‌ای استفاده شد. بعد از ۱۵ روز انبارداری محتوای آنتوسیانین و فنول کل میوه ها اندکی افزایش پیدا کرده بود. اشعه‌ی فرا بنفش به نحو مطلوبی

گسترش فساد را در بین میوه های توت فرنگی کنترل کرده بود. در این آزمایش بهترین مدت پرتوتابی ۵ و ۱۰ دقیقه تشخیص داده شد [۵].

۷ قوانین و مقررات پرتو دهی

به دلیل فراگیری روز افزون استفاده از انواع پرتوها کمیته‌ی مشترکی بین سازمان خواربار و کشاورزی، آژانس بین المللی انرژی اتمی و سازمان بهداشت جهانی به منظور بررسی این نوع روش‌های فرآوری فیزیکی تشکیل شده است. روش پرتو دهی در حال حاضر در ۳۷ کشور جهان مجاز به استفاده است و ۲۵ کشور نیز بطور تجاری از این روش‌ها استفاده می‌کنند. در ایران از پرتودهی در ضدعفونی کردن ادویه‌جات استفاده می شود و استفاده در خرما و پسته نیز در دست بررسی است.

۸ منابع

۱. رئیسی، م.، محمد رزداری، آ.، و ابراهیمی، ر.، "بررسی روش پرتودهی گاما بر ذخیره‌سازی میوه سیب" بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه شیراز (۱۳۹۲).
۲. محمدرزداری، آ.، رئیسی، م.، ابراهیمی، ر.، و کیانی، ح.، " علم پرتودهی و تأثیر آن در افزایش ماندگاری مواد غذایی" بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه شیراز (۱۳۹۲).

۳. Al-Bachir M,"Effect of gamma irradiation on storability of apples (*Malus domestica* L.)", Plant Foods for Human Nutrition 54, 1-11 (1999).
۴. Berk Z., Food process engineering and technology. Academic Press (2013)
۵. Erkan M., Wang S.Y. and Wang C.Y., "Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit" Postharvest Biology and Technology 48, 163-171 (2008).
۶. Fan X., Argenta L. and Mattheis J., "Impacts of ionizing radiation on volatile production by ripening Gala apple fruit" Journal of agricultural and food chemistry 49, 254-262 (2001).
۷. Fan X. and Sommers C.H., Food irradiation research and technology. (2012).
۸. ICGFI, fact about food Irradiation, International Consultative Group on Food Irradiation (1999).
۹. Jagadeesh S., Charles M., Gariepy Y., Goyette B., Raghavan G. and Vigneault C., "Influence of postharvest UV-C hormesis on the bioactive components of tomato during post-treatment handling" Food and bioprocess technology 4, 1463-1472 (2011).
۱۰. Kader A.A., "Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fresh fruits and vegetables" Food Technol 40, 117-121 (1986).

۱۱. Lester G.E., Hallman G.J. and Pérez J.A., "γ-Irradiation dose: effects on baby-leaf spinach ascorbic acid ,carotenoids, folate, α-tocopherol, and phylloquinone concentrations" Journal of agricultural and food chemistry 58, 4901-4906 (2010).
۱۲. Lu Z., Yu Z., Gao X., Lu F. and Zhang L., "Preservation effects of gamma irradiation on fresh-cut celery" Journal of food engineering 67, 347-351(2005).
۱۳. Matsuyama A. and Umeda K., "Sprout inhibition in tubers and bulbs" Preservation of food by ionizing radiation 3, 159-213(1983).
۱۴. Mitcham B., "Irradiation as a quarantine treatment" Perishables Handling Quarterly 99, 19-21.(1999)
۱۵. Mostafavi H.A., Mirmajlessi S.M., Mirjalili S.M., Fathollahi H. and Askari H., "Gamma radiation effects on physico-chemical parameters of apple fruit during commercial post-harvest preservation" Radiation Physics and Chemistry 81, 666-671 (2012).
۱۶. Ohlsson T. and Bengtsson N., "Minimal processing technologies in the food industry" Woodhead Publishing (2002).
۱۷. Sommer N. and Fortlage R., "Ionizing radiation for control of postharvest diseases of fruits and vegetables" Adv. Food Res 15, 147-193 (1966).
۱۸. Sricastava M. and Sharna N., "UV-C Light as an effective physical method to control postharvest diseases" Biol. Chem. Research 30, 354-366 (2013).
۱۹. Torkamani A. and Niakousari M., "Impact of UV-C light on orange juice quality and shelf life" International Food Research Journal 18 (2011).
۲۰. Wang J. and Chao Y., "Effect of 60 Co irradiation on drying characteristics of apple" Journal of Food Engineering 56, 347-351 (2003).
۲۱. Wong T.T., Nishimoto J.I. and Couey H.M., "Mediterranean fruit fly (*Diptera Tephritidae*) further studies on selective mating response of wild and of unirradiated and irradiated, laboratory-reared flies in field cages" Annals of the Entomological Society of America 76, 51-55 (1983).
۲۲. Yook H. S., "Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*)" Radiation Physics and Chemistry 78, 414-421 (2009).
۲۳. Zhang L., Lu Z., Lu F. and Bie X., "Effect of γ irradiation on quality-maintaining of fresh-cut lettuce" Food control 17, 225-228 (2006).
۲۴. Zhao M., Moy J. and Paull R.E., "Effect of gamma-irradiation on ripening papaya pectin" Postharvest Biology and Technology 8, 209-222 (1996).