مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی/جلد ۱۲/ شماره ۳/سال ۱۳۹۰/ص ٥٦-٤٥

اثر پرتوهای بتا بر تغییرات کمی و کیفی سیب‌زمینی طی انبارداری

فرزاد گودرزی* و حمیدرضا ذوالفقاریه**

*نگارنده مسئول، نشانی: همدان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، تلفن: ۴۳۷۲۷۴۰(۰۸۱۱)، پیام‌نگار: goodarzifarzad@gmail.com

**به‌ترتیب: عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان و عضو هیات علمی پژوهشکده تحقیقات کشاورزی، صنعتی و پزشکی هسته‌ای کرج

تاریخ دریافت:۸۹/۴/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۱۲

چکیده

نگهداری سیب‌زمینی پس از برداشت با مشکلات عمده‌ای همراه است. تقریباً ۳۰ درصد محصول تولیدی کشور طی چند ماه نگهداری از بین می‌رود. استفاده از نگهدارنده‌های شیمیایی نه تنها به نگهداری مناسب محصول در انبار کمک نمی‌کند، بلکه اثرات جانبی نامطلوبی را نیز به‌دنبال دارند. در این مطالعه اثر پرتو بتا بر نگهداری غده‌های سیب‌زمینی بررسی شده است. غده‌های سیب زمینی رقم آگریا با دوزهای ۳۰ تا۱۵۰ گری تیمار و همراه با غده‌های شاهد به‌مدت ۷ ماه در انبار سنتی نگهداری شدند. غده‌ها ۱، ٤، و ۸ هفته پس از برداشت پرتودهی شدند. برخی عوامل کیفی سیب‌زمینی از جمله درصد رطوبت، مقدار قند احیا (کاهیده)، میزان تیرگی غده پوست‌گیری شده، و درصد جوانه‌زنی غده‌ها هر ۱/۵ ماه یک‌بار اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، پرتودهی غده‌ها با دوز ۱۲۰ گری تجمع قند احیا (کاهیده)، درصد جوانه‌زنی، تیرگی بافت پوست‌گیری شده، و افت رطوبت را به شکل معنی‌داری (درسطح ۵ درصد) بهتر از دیگر تیمارها کاهش می‌دهد. همچنین زمان پرتودهی اثر معنی‌داری بر پارامترهای فوق دارد بدین معنی که بهترین نتیجه هنگامی به‌دست می‌آید که فرایند پرتودهی غده‌ها حداکثر تا ۱ ماه پس از برداشت باشد. با افزایش زمان انبارداری غده‌ها از میزان رطوبت آنها کاسته و بر میزان قند احیا (کاهیده) و درصد جوانه‌زنی غده‌ها افزوده می‌شود. هیچ‌یک از دوزهای پرتو بتا برای پرتودهی غده‌های بذری سیب‌زمینی قابل توصیه نیست. اجرای این روش می‌تواند ضایعات سیب زمینی را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی

انبارداری، پرتو بتا، سیب زمینی، کیفیت

مقدمه

سیب‌زمینی یک محصول زراعی مهم اقتصادی در ایران به‌شمار می‌رود که نگهداری آن پس از برداشت با مشکلات عمده‌ای همراه است. بخش عمدهٔ سیب‌زمینی تولیدی کشور تقریباً در اوایل پاییز برداشت می‌شود. بنابراین، ذخیره بلند مدت آن برای تنظیم بازار مصرف در سراسر سال، اجتناب ناپذیر است. در شرایط فعلی ذخیره‌سازی سیب‌زمینی در کشور، امکان کنترل مناسب محصول و جلوگیری از ایجاد ضایعات بالا در تودهٔ ذخیره شده وجود ندارد. طی انبارداری، بخش قابل توجهی از محصول دچار ضایعه می‌شود. فسادهای میکروبی، افت وزنی و کیفی، ضایع شدن ترکیبات مغذی، و جوانه زدن از جمله دلایل اصلی ضایع شدن محصول است (Goodarzi *et al.*, 2003).

مصرف مواد شیمیایی مانند کلروپروفام[1]، نفتالین استیک اسید یا متیل استر به همراه دمای پایین در انبارها

راهی برای کنترل این وضعیت است. این مواد با طولانی‌تر کردن دوره خواب غده‌ها یا قطع برخی واکنش‌های آنزیمی، از جوانه‌زنی و دیگر انواع ضایعات در محصول تا حدی جلوگیری می‌کنند؛ اما در کنار اثر بخشی نسبی خود در کاهش ضایعات انباری، عوارضی نامطلوب بر سلامت مصرف‌کننده به بار آورده و سبب ایجاد تغییرات نامطلوب در ترکیب شیمیایی غده می‌شوند. ازاین رو محققان به‌دنبال راه‌هایی برای جایگزینی مواد شیمیایی یا به حداقل رساندن مصرف آنها بوده‌اند. پرتودهی یکی از این روش‌های جایگزین است. پرتودهی نوعی فرآیند نگهداری سرد محسوب می‌شود که سابقهٔ استفاده عملی از آن به بیش از ۴۰ سال قبل باز می‌گردد. از آن زمان تاکنون دربارهٔ این روش مطالعات گسترده‌ای انجام شده و نتایج سودمندی نیز به همراه داشته است. در این روش، مواد غذایی در برابر تابش منابع کنترل شده‌ای از مواد رادیواکتیو قرار می‌گیرند تا جمعیت میکروبی آنها کاهش یابد، حشرات و پاتوژن‌های موجود در غذا نابود شوند، عمر انباری محصولات افزایش یابد، و کیفیت آنها حفظ شود (Diehl, 1995). مطالعه‌های طولانی و مستمر، بی‌ضرر بودن این پرتوها را در دوزهای کمتر از ۱۰ کیلوگری[۲] برای انسان به اثبات رسانده است (Lacroix & Vachon, 1999).

القحطانی و همکاران (Al-Khahtani *et al*., 2000) نشان دادند که پرتودهی با دوز ۲۰۰ گری[۳] دمای سیال شدن نشاستهٔ سیب‌زمینی رقم آژاکس را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد.

لیو و همکاران (Liu *et al*., 1990) ارقام سیب‌زمینی کاردینال، کنبک، و ووفون را با دوزهای ۰/۱۷۵ تا ۰/۲، ۰/۱ تا ۰/۱۲۵ کیلوگری پرتو گاما تیمار کردند و نشان دادند که پرتودهی در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۰ درصد به شکلی مطلوب سبب کنترل جوانه‌زنی غده‌ها برای ۹ ماه می‌شود. مقدار قند در واریتهٔ کاردینال و ووفون پس از پرتودهی افزایش قابل توجهی می‌یابد، اما در واریتهٔ کنبک میزان قند کماکان کمتر از ۰/۲درصد باقی ماند. پرتودهی اثر مخرب قابل توجهی بر مقدار ویتامین ث غده‌ها ندارد.

به‌کارگیری این روش در کشورهای زیادی در حال بررسی وگسترش است. (Lacroix *et al*., 2003 ; Loaharanu, 1994) امروزه حدود ۴۰ کشور جهان پرتودهی بیش از ۱۰۰ نوع ماده غذایی و در رأس آنها سیب‌زمینی، پیاز، ادویه‌ها، گندم، سبزی‌ها و میوه‌های خشک را به‌صورت مشروط یا غیرمشروط پذیرفته‌اند (Thayer, 1999). امروزه پرتودهی به عنوان بخشی از مجموعه برنامه‌های " تحلیل خطر در نقطهٔ کنترل بحران[۴] "در حال مطرح شدن در صنایع غذایی است (Wilkinson & Gould, 2006).

در این تحقیق، تغییرات کمی و برخی ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی‌های پرتودهی شده با مقادیر مختلف پرتو بتا (حاصل از شتابدار کردن الکترون‌ها) طی دورهٔ انبارداری بررسی می‌شود تا کمینه میزان تابش (دوز) مورد نیاز پرتو و زمان مناسب انجام دادن آن برای کاهش ضایعات سیب‌زمینی رقم آگریا تعیین شود.

مواد و روش‌ها

برای اجرای این طرح، سیب‌زمینی رقم آگریا از ایستگاه تحقیقاتی تجرک انتخاب و در اواخر مهر برداشت شد. غده‌ها پس از آماده سازی اولیه به سه دسته تقسیم شدند. اولین گروه در اولین هفته پس از برداشت، دسته دوم ۴-۳ هفته و دسته سوم ۷-۶ هفته پس از برداشت با پرتو بتا (پرتو ساطع شده از الکترون‌های شتاب یافته) و با دوزهای ۰ (شاهد)، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ گری پرتودهی شدند. سرعت پرتودهی ۰/۵۴گری در دقیقه بود.

1 –Cipc
2 - KGY
۳- گری (gray) واحد اندازه‌گیری دوز پرتو جذب شده توسط جسم در حال تیمار و معادل انرژی برابر یک ژول بر کیلوگرم است. هر کیلوگری معادل ۱۰۰۰ گری است.
4 - HACCP

در عملیات دوزیمتری از دوزیمترهای شیمیایی[1] استفاده شد. برای کالیبراسیون دوزیمترهای فوق نیز دوزیمترهای[2] FWT-60 به‌کار گرفته شد که شرکت فرانسوی آریال[3] آن‌ها را در محدوده دوز پایین کالیبره کرده بود. دوزیمترهای شیمیایی با استفاده از دستگاه اسیلومتر ساخت مجارستان قرائت شد. غده‌ها در یک انبار سنتی با شرایط متغیر دمایی (۴ تا ۱۲ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی ۵۵ تا۹۰ درصد نگهداری شدند. از زمان برداشت، هر۲ ماه یک بار این آزمون‌ها برای نمونه‌ها اجرا و تغییرات آنها طی دورهٔ انبارداری بررسی شد: درصد رطوبت (به‌روش گرمخانه)، قند احیا (کاهیده) (به‌روش دی نیترو فنیل)، درصد غده‌های جوانه زده (به‌روش شمارش مستقیم) و زمان آغاز جوانه‌زنی غده‌ها در انبار (A.O.A.C, 1984; Hosseini, 1994; Parvaneh, 1992) برای اندازه‌گیری میزان تیره شدن رنگ بافت غده‌ها ۵ ساعت پس از پوست‌گیری، ترکیبات رنگی ۲۵ گرم از بافت غده‌ای که ۵ ساعت از پوست‌گیری آن سپری شده بود با الکل ۵۵ درجه استخراج و پس از صاف شدن، میزان جذب محلول رنگی صاف شده توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر قرائت شد (Talburt & Smith, 1987). برای بررسی قدرت جوانه‌زنی غده‌های پرتودهی شده، غده‌های مختلف به همراه تیمار شاهد در بهار سال بعد در شرایط یکسان، کشت و درصد رویش و عملکرد غده‌ها، اندازه‌گیری شد. پس از پایان آزمایش‌ها، اثر تیمارهای مختلف برخواص کیفی سیب‌زمینی‌ها توسط طرح کامل تصادفی در قالب آزمایش فاکتوریل بررسی شد تا کمینه دوز مورد نیاز و زمان مناسب پرتودهی به‌دست آید. برای تجزیه آماری نتایج آزمایش‌ها از نرم‌افزار SPSS© 11.0.0 Spss (Release Inc, 2001) استفاده شد.

نتایج و بحث

میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری عوامل مورد مطالعه در غده‌های مورد آزمایش در جدول‌های ۱ تا ۳ نشان داده شده است . این نتایج نشانگر معنی‌دار بودن اختلاف سطوح تیمارهای دوز و زمان پرتودهی نمونه‌ها و دورهٔ نگهداری آنها در انبار و اثر متقابل آنها بر درصد رطوبت، میزان قند کاهیده و درصد جوانه‌زنی غده‌های سیب‌زمینی آگریا طی دورهٔ نگهداری است که به تفکیک به شرح هر یک پرداخته می‌شود.

درصد رطوبت

نتایج نشان می‌دهد که متغیرهای دوز، زمان پرتودهی، و دورهٔ انبارداری اثر معنی‌داری بر افت رطوبتی غده‌ها دارد. رطوبت غده‌های شاهد و تیمارشده با دوز ۳۰ گری پرتو بتا اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. بین تیمار پرتودهی شده با دوزهای ۹۰ با ۱۲۰ و ۱۲۰ با ۱۵۰ گری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). اتلاف رطوبت در نمونه‌هایی که زمان پرتودهی آنها ۲ ماه پس از برداشت بود در مقایسه با غده‌هایی که حداکثر ۱ ماه پس از برداشت پرتودهی شدند ۴ درصد بیشتر بود (شکل ۲). با افزایش دورهٔ انبارداری از میزان رطوبت نمونه‌ها کاسته شد. این کاهش از ماه سوم نگهداری (بهمن) تشدید شد و شکل معنی‌داری به خود گرفت. مطالعهٔ اثر متقابل این عوامل نشان می‌دهد که غده‌های دریافت‌کنندهٔ دوزهای بالاتر پرتو، رطوبت کمتری از دست می‌دهند. میزان اتلاف رطوبت در غده‌های شاهد و پرتودهی شده با دوزهای ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ گری در پایان دوره نگهداری به‌ترتیب برابر ۱۷/۳، ۹/۱۷، ۶/۱۲ ، و ۶/۰۲ درصد محاسبه شد. با توجه به نبود اختلاف معنی‌دار بین درصد رطوبت دو تیمار ۱۲۰

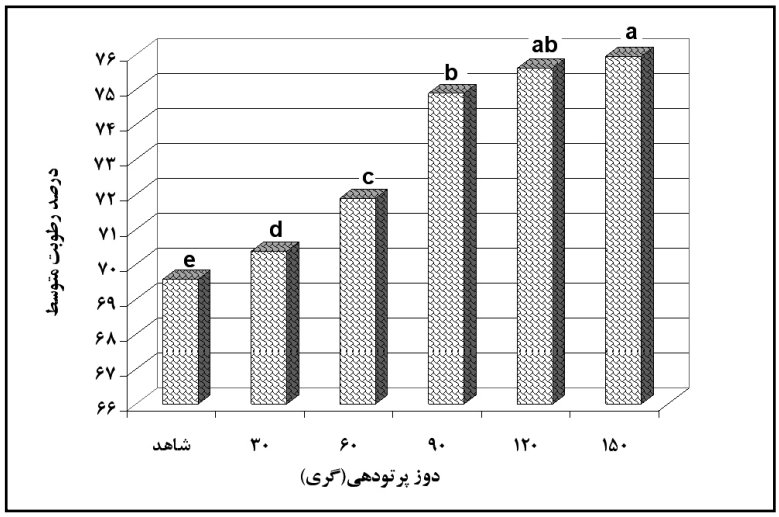
---

[1] - در این روش، میزان پرتو بر اساس اندازه‌گیری تغییرات غلظت گاز کلر در پی جذب انرژی پرتو اندازه‌گیری می‌شود.

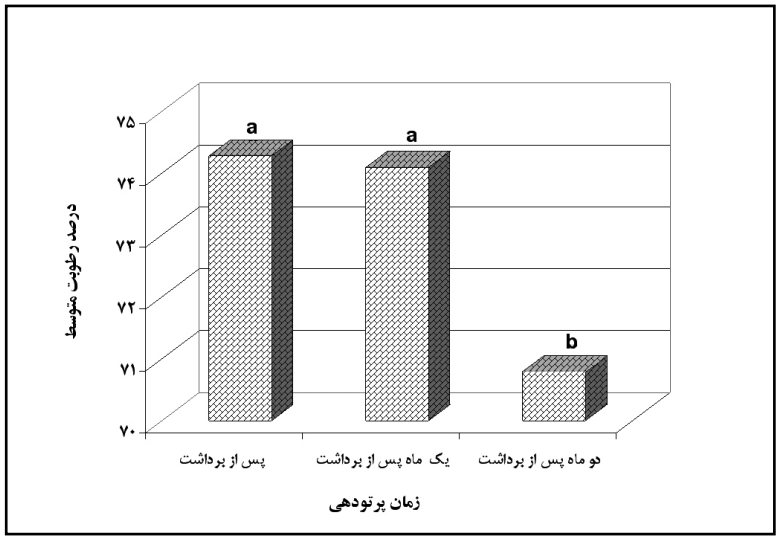
۲- نوعی دوزیمتری است که بر پایه میزان تغییر رنگ صفحه‌های پلاستیکی بسیار نازک در اثر مقادیر مختلف پرتو عمل می‌کند.

3 -Aerial

و ۱۵۰ گری، پرتودهی ۱۲۰ گری یا ۹۰ گری تا حداکثر ۱ ماه پس از برداشت، مناسب‌ترین تیمار برای کاهش افت رطوبت غده‌های سیب‌زمینی است.



شکل۱- اثر دوزهای پرتودهی بر متوسط رطوبت غده های سیب‌زمینی آگریا طی دوره انبارداری



شکل۲- اثر زمان پرتودهی بر متوسط رطوبت سیب‌زمینی آگریا طی دوره انبارداری

درصد قند کاهیده

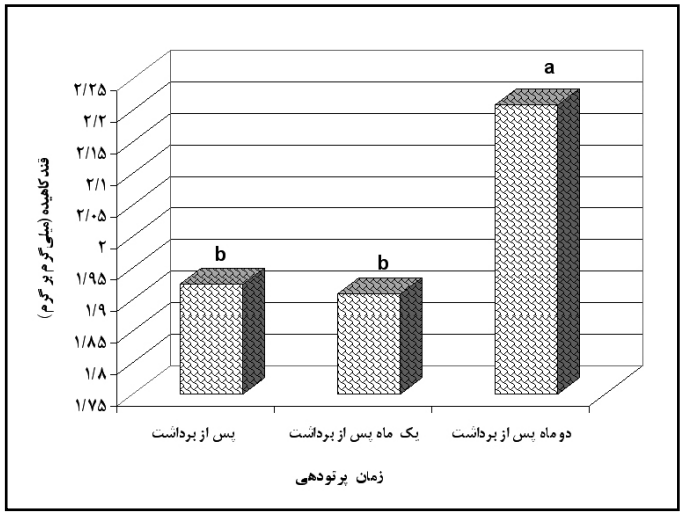
نتایج ارائه شده نشان می‌دهد که متغیرهای دوز پرتودهی، زمان پرتودهی، و دورهٔ نگهداری اثر معنی‌داری بر میزان درصد قند کاهیدهٔ نمونه‌ها دارد. میزان قند کاهیدهی تجمعی در تیمار پرتودهی ۹۰ و ۱۲۰ گری فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. با افزایش دوز پرتو به‌کار رفته، شیب افزایش قند کاهیدهٔ غده‌ها ملایم‌تر می‌شود. تیمار ۱۵۰ گری استثناست زیرا میزان قند کاهیده در غده‌های

این تیمار بیش از تیمار ۶۰ گری است. با توجه به نتایج به‌دست آمده دوزهای پرتودهی ۹۰ و پس از آن ۱۲۰ گری مناسب‌ترین تیمار برای کنترل قند کاهیده در نمونه‌های سیب زمینی است. میزان قند غده‌هایی که ۱ یا ۴ هفته پس از برداشت پرتودهی شده بودند اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، اما نمونه‌هایی که ۲ ماه بعد از برداشت، تیمارهای پرتودهی را دریافت کردند به شکلی معنی‌دار با افزایش قند کاهیده مواجه شدند (شکل ۳). با افزایش زمان ماندگاری غده‌ها، میزان قند کاهیدهٔ آنها افزایش معنی‌داری یافت. در پایان دوره نگهداری، میزان قند کاهیده در غده‌های تیمار شده با دوزهای ۰، ۶۰، ۱۲۰، و ۱۵۰ گری پرتو بتا، نسبت به زمان شروع انبارداری به‌ترتیب ۶/۵ ، ۴/۱۲، ۲/۴۵ و ۴/۳ برابر شد. به این ترتیب با در نظر گرفتن اصل انتخاب کمترین دوز برای کاهش هزینه پرتودهی و عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین دو تیمار ۹۰ و ۱۲۰ گری، مناسبترین تیمار برای کنترل قند کاهیدهٔ سیب زمینی، دوز ۹۰ گری و زمان اعمال آن تا حداکثر ۱ ماه پس از برداشت است. مطالعات شیرسات و همکاران (Shirsat *et al.*, 1994) و مولینز (molins, 2001)، روند مشاهده شده در این مطالعه را پیرامون تغییرات قند کاهیده در غده‌های پرتودهی شده تأیید می‌کند؛ با این حال، توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 1990) اثر پرتودهی چند رقم سیب‌زمینی بر میزان قند کاهیدهٔ غده‌ها را مبهم عنوان کردند.

جدول ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل دوز پرتودهی و مدت انبارداری بر مقدار قند کاهیدهٔ سیب‌زمینی آگریا (میلی‌گرم بر گرم)

زمان نمونه برداری	تیمارهای پرتودهی (گری)					
	شاهد(۰)	I=۳۰	I=۶۰	I=۹۰	I=۱۲۰	I=۱۵۰
۱۵ بهمن	۱/۵۲	۱/۳۵	۱/۱۵	۰/۹۴	۰/۸۸	۱/۱۵
۲۰ اسفند	۲/۱۸	۲/۱۳	۱/۵۴	۱/۳۷	۱/۳	۱/۷۳
۲۵ فروردین	۳/۱۵	۲/۸۳	۱/۸۸	۱/۵۴	۱/۴۴	۲/۲۱
۳۰ اردیبهشت	۴/۲۷	۴/۰۳	۲/۸۲	۱/۷۵	۱/۶۴	۳/۰۱

LSD=۰/۲۱۵



شکل۳- اثر زمان پرتودهی بر میزان قند کاهیدهٔ سیب زمینی آگریا

تیرگی بافت ۵ ساعت پس از پوست‌گیری

نتایج حاصل از سنجش میزان تیرگی بافت غده‌های سیب‌زمینی پرتودهی شده، ۵ ساعت بعد از پوست‌گیری، نشان می‌دهد که متغیرهای دوز، زمان پرتودهی، و دورهٔ نگهداری اثر معنی‌داری بر تیرگی بافت پوست‌گیری شده غده‌های آزمایشی دارند. افزایش دوز پرتودهی تا ۱۲۰ گری، کاهش معنی‌دار تیرگی بافت غده‌ها را به همراه دارد. تیمارهای شاهد و پرتودهی شده با دوز ۳۰ گری بیشترین و دو تیمار ۹۰ و ۱۲۰ گری (بدون داشتن اخلاف معنی‌دار با یکدیگر)کمترین تیرگی بافت را نشان داده‌اند. غده‌های پرتودهی شده با دوز ۱۵۰ گری پس از دو تیمار شاهد و ۳۰ گری کمترین توانایی را در حفظ رنگ بافت پوست‌گیری شده نشان دادند. میزان تیرگی بافت غده‌هایی که ۱ یا ۴ هفته پس از برداشت، تیمار شده بودند اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند، اما رنگ بافت نمونه‌هایی که حدود ۲ ماه پس از برداشت پرتودهی شده بودند پس از پوست‌گیری به شکل معنی‌داری تیره‌تر شد. با افزایش زمان انبارداری غده‌ها، تیرگی بافت غده‌ها پس از پوست‌گیری افزایش معنی‌داری یافت. با توجه به نتایج حاصل، پرتودهی غده‌ها با دوز ۹۰ یا ۱۲۰ گری تا حداکثر ۱ ماه پس از برداشت، مناسب‌ترین گزینه برای توسعهٔ توانایی غده‌ها در حفظ رنگ بافت خود پس از پوست‌گیری است. لیو و همکاران (Liu *et al.*, 1990) برای تغییرات رنگ سیب‌زمینی‌های پوست‌گیری شده‌ای که تحت تیمار ۱۰۰ گری پرتودهی قرار گرفته بودند، روند مشابهی را گزارش کردند و آن را با میزان ویتامین ث غده‌ها در ارتباط دانستند. حال آنکه لزینسکی و همکاران (Leszcynski *et al.*, 1992) نتایج معکوسی را پس از سرخ کردن سیب‌زمینی رقم بوبر مشاهده کردند.

این محققان دریافتند که رقم بوبر در مقایسه با دیگر ارقام سیب زمینی، قند کاهیدهٔ بالاتر و ویتامین ث کمتری دارد.

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین اثر متقابل تیمارهای آزمایشی دوز پرتودهی و زمان اعمال پرتو بر میزان جذب رنگ (دانسیته نوری[1]) حاصل از تیره شدن بافت غده‌های تیمار شده ۵ ساعت پس از پوست‌گیری

	تیمارهای پرتودهی(گری)					
زمان اعمال تیمار	شاهد(۰)	I=۳۰	I=۶۰	I=۹۰	I=۱۲۰	I=۱۵۰
پس از برداشت	۳۷۵	۳۶۲	۳۳۳	۲۷۹	۲۷۰	۳۳۱
۱ ماه پس از برداشت	۳۷۵	۳۵۹	۳۳۱	۲۷۷	۲۶۸	۳۳۰
۲ ماه پس از برداشت	۳۷۵	۳۶۷	۳۴۸	۳۰۲	۲۸۶	۳۴۸

LSD=۲/۸۱۰

درصد جوانه‌زنی

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که متغیرهای دوز و زمان پرتودهی و دورهٔ نگهداری اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی نمونه‌ها دارند. با افزایش دوز پرتودهی، از میزان جوانه‌زنی غده‌ها کاسته می‌شود. این کاهش برای غده‌های تیمار۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، و۱۵۰ گری نسبت به شاهد به‌ترتیب برابر ۱۰/۶، ۵۷ ، ۸۸/۴ ، ۸۹/۹ ،و ۹۰/۵ درصد اندازه‌گیری شد (شکل ۴). درصد جوانه‌زنی غده‌های تیمار شده با دوزهای۱۲۰ و۱۵۰ گری پرتو بتا اختلاف معناداری با یکدیگر نشان ندادند. با افزایش زمان نگهداری، میزان

1- Optical Density

جوانه‌زنی غده‌ها افزایش یافت. میانگین جوانه‌زنی غده‌های پرتودهی شده با دوز ۳۰ و ۶۰ گری از ماه بهمن تا پایان اردیبهشت ۶۳ درصد، برای نمونه‌های پرتودهی شده با دوز بالاتر از ۶۰ گری ۴۱ درصد، و برای غده‌های شاهد بیش از ۸۰ درصد افزایش نشان می‌دهد (جدول ۳).

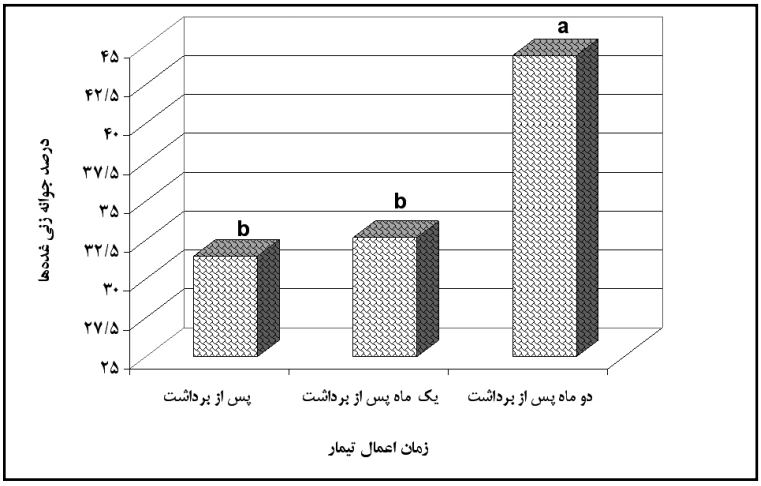
صرف نظر از درصد جوانه‌زنی غده‌ها، زمان ظهور اولین جوانه در انبار سنتی در همهٔ تیمارها (به‌غیر از دو تیمار ۱۲۰ و ۱۵۰ گری پرتودهی)، هفته اول دی ماه بود. در دو تیمار مستثنا شده، ظهور جوانه‌ها از ۱۵ تا ۱۹ دی آغاز شد. مقایسهٔ جوانه‌زنی غده‌ها با افت رطوبتی و قند کاهیدهٔ غده‌ها نشان می‌دهد که بین درصد جوانه‌زنی غده‌ها و دو پارامتر دیگر ارتباط مستقیمی وجود دارد. بدین معنی که هر چه جوانه‌زنی غده‌ها زودتر و گسترده‌تر باشد، میزان افت رطوبت و قند کاهیدهٔ غده‌ها نیز بیشتر خواهد بود. افزایش سوخت و ساز غده هنگام جوانه‌زنی، لزوم تامین انرژی لازم برای بخش‌های در حال رویش و در نتیجه تجزیهٔ نشاستهٔ درون غده به قندهای ساده می‌تواند دلیلی برای این ارتباط باشد. بدیهی است که با افزایش رویش جوانه‌ها، سطح تماس غده‌ها با هوای محیط گسترش می‌یابد و این خود به معنی افزایش سطح تبخیرکنندگی غده‌ها و در نهایت کاهش بیشتر رطوبت غده‌هاست. بر این اساس، اعمال دوز ۱۲۰ گری تا حداکثر ۱ ماه پس از برداشت می‌تواند مناسب‌ترین پارامتر برای کاهش جوانه‌زنی نمونه‌های سیب زمینی رقم آگریا باشد (شکل‌های ۵ و۶). نتایج منتشر شده توسط لو و میلر (Lu & Miller, 1989)، نوری و طوفانیان (Nouri & Toofaninn, 2001)، و میلر (Miller, 2005) در مورد اثر بازدارندگی پرتودهی با دوزهای ۱۰۰ تا ۱۸۰ گری بر جوانه‌زنی سیب‌زمینی رقم‌های جول، پشندی، وکنبک با آنچه در این تحقیق نشان داده شده است همخوانی دارد. این محققان سوختگی جوانه‌های سیب‌زمینی حاصل از تابش پرتوهای پرانرژی یا ایجاد تغییر در ساختمان سوم و خصوصاً چهارم پروتئین‌های موجود در این بافت‌ها را عامل اصلی جوانه نزدن غده‌های پرتودهی شده عنوان کرده‌اند.

با افزایش دوز تابش پرتوها، انرژی دریافتی بافت‌ها بیشتر و در نتیجه تغییراتی بیشتر در ساختمان پروتئین سلول‌ها ایجاد می‌شود.

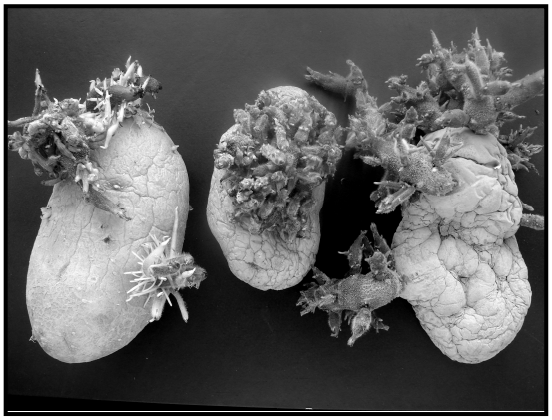
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل دوز پرتودهی و مدت انبارداری بر درصد جوانه‌زنی سیب‌زمینی آگریا

زمان نمونه برداری	تیمارهای پرتودهی (گری)					
	شاهد (۰)	I=۳۰	I=۶۰	I=۹۰	I=۱۲۰	I=۱۵۰
۱۵ بهمن	۵۵	۵۴	۲۱	۸	۷	۷
۲۰ اسفند	۸۷	۷۷	۲۳	۹	۸	۷
۲۵ فروردین	۹۶	۸۲	۳۶	۱۰	۹	۹
۳۰ اردیبهشت	۹۹	۸۸	۴۴	۱۲	۱۰	۹

LSD=۳/۷۳۶



شکل٤- اثر زمان اعمال پرتو بر درصد جوانه‌زنی سیب‌زمینی آگریا

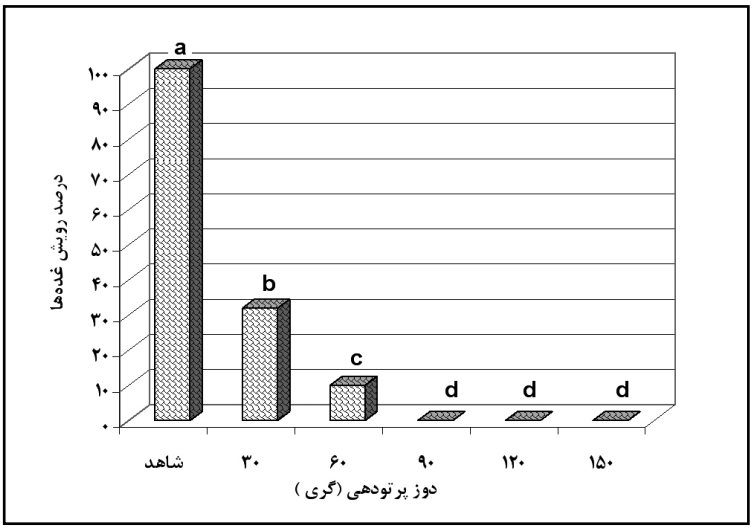


شکل٥- وضعیت جوانه‌زنی تیمارهای مختلف سیب‌زمینی آگریا هشت ماه پس از برداشت (به‌ترتیب از راست به چپ تیمارهای: شاهد ، ۳۰ و ٦۰ گری)

شکل٦- وضعیت جوانه‌زنی تیمارهای مختلف سیب‌زمینی آگریا هشت ماه پس از برداشت (به‌ترتیب از راست به چپ: تیمارهای پرتودهی:۹۰، ۱۲۰، و ۱۵۰ گری)

درصد رویش

نتایج حاصل از کاشت غده‌های پرتودهی شده با دوزهای مختلف پرتو بتا نشان می‌دهد که پرتودهی تأثیر معنی‌داری بر میزان رویش غده‌ها دارد. غده‌های تیمارهای ۹۰ گری و بالاتر حتی در شرایطی که در انبار نگهداری جوانه زدند، پس از کاشت قادر به رویش و تولید گیاهچه نبودند (شکل ۷). این امر نشان از ضعف جوانه‌های رویش یافته به‌دنبال دریافت پرتوهای الکترونی است؛ ضمن آنکه با افزایش دوز پرتوها (انرژی دریافتی)، احتمال رویش نمونه‌ها کمتر شده است. در مجموع، این نتایج نشانگر غیر قابل استفاده بودن کاربرد روش‌های پرتودهی برای نگهداری غده‌های بذری است.



شکل۷- اثر دوز پرتودهی بر درصد رویش غده‌های سیب‌زمینی آگریا

نتیجه گیری

نتایج حاصل از اجرای این پروژه نشان می‌دهد که پرتودهی روشی است کاملاً مناسب برای افزایش عمر انبارداری سیب‌زمینی و کنترل جوانه‌زنی آن. کمترین مقدار پرتو بتا برای نگهداری مناسب غده‌های سیب‌زمینی در انبار سنتی، دوز ۱۲۰ گری و زمان مناسب برای پرتودهی حداکثر تا ۱ ماه پس از برداشت است. از آنجا که قدرت رویش غده‌های پرتودهی شده سیب‌زمینی ضعیف می‌شود یا کاملاً از بین می‌رود، این روش برای غده‌های بذری سیب‌زمینی قابل توصیه نیست.

میزان ضایعات سیب‌زمینی درکشور، با احتساب ۵ میلیون تن تولید سالانه، و متوسط قیمت ۱۰۰۰ ریال برای هر کیلوگرم محصول و حداقل ۱۵ درصد ضایعات قطعی، به حدود ۷۵۰۰ میلیارد ریال بالغ می‌شود (Anon, 2008). این رقم بدون احتساب خسارت‌های پنهان ناشی از افت کیفی محصول است. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، روش پرتودهی می‌تواند میزان ضایعات سیب‌زمینی را به ۱۰ درصد کاهش دهد. با احتساب ۲۰۰ ریال هزینه پرتودهی با دور ۱۲۰ گری برای هر کیلوگرم سیب‌زمینی (Miller, 2005)، صرفه‌جویی خالص سالانه حاصل از ۵ درصد کاهش ضایعات سیب زمینی ۱۵۰۰ میلیارد ریال خواهد بود. این در حالی است که هزینهٔ نگهداری هرکیلوگرم سیب‌زمینی در انبار فنی بر اساس قیمت‌های سال ۱۳۸۸ برابر ۸۰۰ ریال بوده است. با در نظر گرفتن الزام قانون برنامهٔ چهارم توسعهٔ کشور در بخش کشاورزی مبنی بر کاهش ضایعات

محصولات کشاورزی به کمتر از ۵۰ درصد میزان فعلی و با توجه به محدودیت‌ها، هزینه‌ها و مشکلات موجود در اجرای سایر روش‌های کنترل ضایعات به نظر می‌رسد استفاده از سیستم ثابت یا سیار پرتودهی در مناطق اصلی کشت این محصول می‌تواند راهی عملی درکنترل وکاهش ضایعات سیب‌زمینی باشد. افزون بر آن، امکان به‌کارگیری این سیستم برای کنترل ضایعات پس از برداشت سایر محصولات کشاورزی از جمله گندم، آرد، و خشکبار نیز قابل بررسی است.

مراجع

Anon. 1989. Acceptance, control of the trade in irradiated food. Conference Proceeding, Geneva, December 12-16, 1988, FAO/WHO/ITC-UNCTAD/GATT, Seiten. International Atomic Energy Agency, Vienna.

Anon. 2008. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Data Base. Tehran, Iran.(in Farsi)

Al Khahtani, H.A., Abu Tarboush, H.M., Jaber, A.S. and El Mojaddadi, M.A. 2000. Irradiation and storage effects on some properties of potato Starch and use of thermo luminescence for identification of irradiated tubers. Am. J. Potato Res. 77(4): 245-259.

Diehl, J. F. 1995. Safety of Irradiated Foods. 2nd Ed. Marcel Dekker Inc. New York. USA.

Goodarzi, F., Sayeden, S.M. and Bagheri, A. 2003. Effect of condition of potato stores on quantity of wastes. Case study: Hamedan province. Agricultural Engineering Research Institute. Research Final Report. Karaj. Iran. (in Farsi)

Horwits, W. (Ed.). 1984. Official Methods of Analysis. 17th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

Hosseini, Z. 1994. Common Methods in Food Analysis. 2th Ed. Shiraz University Pub. Shiraz. Iran. (in Farsi)

Lacroix, M. and Vachon, C. 1999. Utilization of irradiation in combination with other processes for preserving food products. Res. Agric. Food Chem. 3, 313-328.

Lacroix, M., Marcotte, M. and Ramaswamy, H.S. 2003. Irradiation of fruits, vegetables, nuts and spices. In: Chakraverty, A., Raghavan, G.S.V. and Ramaswamy, H.S. (Eds.) Handbook of Post Harvest Technology: Cereals, Fruits, Vegetables, Tea, and Spices. Marcel Dekker Inc. New York. USA. Ch. 22. 623-652.

Leszcynski ,W., Golochowski, A., Lsinska, A. and Peksa, A. 1992. Effect of gamma irradiation on potato quality and subsequent production of chips. J. Food Sci. 57(6): 13557-1358.

Liu, M.S., Chen, R.Y. and Tsai, M.J. 1990. Effect of low temperature storage, gamma irradiation and CIPC on the processing quality of potato. J. Sci. Food Agri. 53(1): 1-13.

Loaharanu, P. 1994. Status and aspects of food irradiation". Food Technol. 48(5): 124-131.

Lu, J.Y. and Miller, P. 1989. Gamma radiation dose rate and sweet potato quality. J. Food Quality. 12(5): 369-376.

Miller, R.B. 2005. Electronic Irradiation of Foods: An Introduction to the Technology. 2th Ed .Springer Pub. New York. USA.

Molins, R.A.(Ed.) 2001. Food Irradiation Principles and Applications. Wiley-Interscience, New York. USA.

Nouri, J. and Toofaninn, F. 2001. Extension of storage of onions and potatoes by gamma irradiation. Pakistan J. Bio. Sci. 4(10): 1275-1278.

Parvaneh, V. 1992. Quality Control and the Chemical Analysis of Foods. 2th Ed. Tehran University Pub. Tehran. Iran. (in Farsi)

Shirsat, S.G., Thomas, P. and Nair, P.M. 1994. Effect of gamma irradiation and CIPC treatment on processing quality of potatoes. J. Food Sci. Technol.–India. 31(2): 130-134.

Talburt, W.F. and Smith, O. 1987. Potato Processing. Van Nostrand Reinhold Company Inc. New York. USA. p. 344-346,382-385.

Thayer, D.W. 1999. Developments in irradiation of fresh fruits and vegetables. Food. Technol. 53(11): 62-65.

Thomas, P., Joshi, M.R. and Sirangarajan, A.N. 1990. Effect of gamma irradiation and temperature on sugar and vitamin C changes in five Indian potato cultivars during storage. Food Chem. 35(3): 209-216.

Wilkinson,V.M. and Gould, G.W. 2006. Food Irradiation: A Reference Guide. Reed and Professional Publishing Co. Ltd. Oxford. UK.

Journal of Agricultural Engineering Research/Vol.12/No.3/2011/P: 45-56

Effect of Beta Irradiation on Quantitative and Qualitative Changes in Potatoes During Storage

F. Goodarzi* and H. Zolfagharieh

* Corresponding Author: Academic Member, Agricultural Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research Center,P.O. Box: 6519991169, Hamedan, Iran. E-Mail:goodarzifarzad@gmail.com

Received: 5 July 2010, Accepted: 3 July 2011

Post-harvest management of potatoes is a major challenge in Iran. Approximately 30% of the harvest is lost after a few months of storage. The chemical methods for long term storage are not adequate to control deterioration and also produce undesirable side effects. To address this issue, a study on radiation preservation of potatoes was carried out. Agria potato bulbs were irradiated using beta beams at dosages of 0 (control) to 150 Gray and then kept in conventional storage for 7 months. Irradiation was done at 1, 4 and 8 weeks after the date of harvest. Every six weeks moisture content, reduced sugar, sprouted tubers and darkening of peeled potatoes were examined. The results showed that decreased sugar accumulation, sprouting, weight loss and darkening of peeled tubers irradiated at 120 Gray decreased more significantly ($P \leq 0.05$) than for the less-irradiated tubers. Irradiation time had a significant effect on these parameters. The best results were obtained for potato tubers irradiated before one month after harvest. The effect of irradiation on nitrate content of the tubers was not clear. As the storage time increased, the moisture content of the tubers decreased and, conversely, the reduced sugar and sprouted tubers increased. This treatment is recommended as a method to decrease potato waste to less than 10%. None of the treatments are recommended for treating seed potato tubers.

Keywords: Beta beam**,** irradiation, potato, quality, storage