مجله علوم، مهندسی و فناوری هسته‌ای، دوره ۴۵، شماره ۳، جلد ۱۰۹، پاییز ۱۴۰۳

Journal of Nuclear Science, Engineering and Technology
Vol. 45 (4), Serial Number 109, 2024

استفاده از پرتو گاما به منظور افزایش ماندگاری پس از برداشت و حفظ کیفیت ارقام پیاز در طی دوره انبارمانی

ساحل میلادی لاری[۱]، مهرداد احمدی[*۲]، عبدالکریم کاشی[۳]، امیر موسوی[۴]، یونس مستوفی[۳]

۱. گروه علوم باغبانی و زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، صندوق پستی: ۳۱۴۸۵-۳۱۳، تهران - ایران
۲. گروه گیاه‌پزشکی، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی: ۴۹۸-۳۱۴۸۵، کرج - ایران
۳. گروه علوم باغبانی، دانشگاه تهران، صندوق پستی: ۴۱۱۱، کرج - ایران
۴. گروه زیست فناوری مولکولی گیاهی، پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری، تهران - ایران

*Email: mdaahmadi@aeoi.org.ir

مقاله‌ی پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۳/۲۲ تاریخ بازنگری مقاله: ۱۴۰۲/۷/۱۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۷/۱۵

چکیده

آزمایشی به صورت فاکتوریل به منظور تعیین تأثیر دزهای مختلف پرتو گاما بر ماندگاری پس از برداشت و کیفیت چهار رقم پیاز ایرانی (سفید قم، سفید نیشابور، قرمز ری و قرمز اصلاحی) طی ۱۲۰ روز نگه‌داری در دمای ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد انجام شد. اثرات متقابل رقم و دز پرتو به طور قابل‌توجهی بر جوانه زدن، کاهش وزن، سفتی، محتوای جامدات محلول (TSS) و محتوای قندهای احیاکننده و اسید پیرووبک (PA) پیازها پس از ۱۲۰ روز نگه‌داری تأثیر گذاشت. جوانه زدن پیازها بین ۱۰۰-۱۰ درصد بود. پیازهای تیمار نشده بیش‌ترین جوانه زدن و کاهش وزن را نشان دادند. تابش پرتو گاما (۳۰-۱۵۰ گری) درصد جوانه زدن را به طور قابل‌توجهی محدود کرد و در نتیجه مانع از کاهش وزن پیازها شد. سفتی سوخ‌های تحت تابش (۹۰-۱۵۰ گری) بیش‌تر از سوخ‌های شاهد بود. کاهش وزن پیازها با جوانه زدن همبستگی مثبت و با سفتی پیاز همبستگی منفی داشت. تیمارهای پرتودهی (۳۰-۱۵۰ گری) باعث افزایش TSS و (۶۰-۱۵۰ گری) کاهش محتوای قند سوخ‌ها شد. سوخ‌های تیمار نشده در پایان آزمایش کم‌ترین مقدار PA را داشتند. قرار گرفتن در معرض تابش ۹۰-۱۵۰ گری منجر به بالاترین محتوای PA در سوخ‌ها شد. به طور خلاصه، استفاده از ۹۰ تا ۱۲۰ گری پرتو گاما برای بهبود عمر پس از برداشت و کیفیت پیاز می‌تواند به عنوان یک دستورالعمل کلی در نظر گرفته شود.

کلیدواژه‌ها: *Allium cepa* L.، پرتودهی مواد غذایی، اسید پیرووبک، قندهای احیاء، محتوای جامدات محلول

Application of gamma radiation in order to improve postharvest life and preserve quality of onion cultivars during prolonged storage

S. Miladi Lari[1], M. Ahmadi*[2], A. Kashi[3], A. Mousavi[4], Y. Mostofi[3]

1. Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, P.O.Box: 313-31485, Tehran - Iran
2. Department of Plant Protection, Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.Box: 31485-498, Karaj - Iran
3. Department of Horticultural Sciences, University of Tehran, P.O.Box: 4111, Karaj - Iran
4. Department of Plant Molecular Biotechnology, National Institute of Genetic Engineering and Biotechnology, Tehran - Iran

Research Article

Received: 12.6.2023, Revised: 3.10.2023, Accepted: 7.10.2023

Abstract

A factorial experiment was conducted to determine the effects of different doses of gamma irradiation on postharvest life and quality of bulbs of four Iranian onion cultivars (White-Ghom, White-Neyshabour, Red-Ridge-Lump, Red-Ray-Corrugated) during 120 days storage at 10-15 °C and 70% relative humidity. Interactive effects of cultivar and irradiation dose significantly affected sprouting, weight loss, firmness, soluble solids content (TSS), and contents of reducing sugars and pyruvic acid (PA) of the bulbs after 120 days of storage. Sprouting of the bulbs ranged between 10-100%. The untreated bulbs showed the highest sprouting and weight loss. Gamma irradiation (30-150 Gy) significantly restricted the sprouting percentage and decreased bulb weight loss. Firmness of the irradiated bulbs (90-150 Gy) was higher than the control bulbs. Weight loss of the bulbs was positively correlated with sprouting and negatively correlated with bulb firmness. The irradiation treatments increased the TSS (30-150 Gy) and a reduction in the sugar content of the bulbs (60-150 Gy). The untreated bulbs had the lowest PA content at the end of the experiment. Exposure to 90-150 Gy irradiation doses resulted in the highest PA content in the bulbs. In summary, the application of 90 to 120 Gy of gamma radiation for improving post-harvest shelf life and quality of onions can be considered as a general guideline.

Keywords: *Allium cepa* L., Food irradiation, Pyruvic acid, Reducing sugars, Soluble solids content

۱. مقدمه

پیاز (*Allium cepa* L) یکی از قدیمی‌ترین و مهم‌ترین محصولات سبزی در اکثر نقاط جهان است. محصول پیاز به عنوان یک سبزی انباری مخصوصا ارقام بهاره آن برای عرضه در ماه‌های زمستان محسوب می‌شود. با توجه به درصد بالای ضایعات نگه‌داری پیاز (حدود ۲۵ درصد) لازم است روش‌هایی برای کاهش این مشکل در نظر گرفته شود. بنابراین مطالعه راه‌کارهای کاهش ضایعات پیاز از جمله استفاده از پرتوهای یونیزان مانند پرتو گاما یکی از اولویت‌های تحقیقاتی می‌باشد.

پرتودهی مواد غذایی که به پاستوریزاسیون سرد معروف است، برای افزایش عمر پس از برداشت محصول با کنترل حشرات یا میکروارگانیسم‌هایی که باعث فساد و بیماری محصولات می‌شوند، استفاده می‌شود. پرتو گاما می‌تواند با محدود کردن جوانه زدن، فعالیت قارچی، از دست دادن آب و فعالیت آنتی اکسیدانی در محصولات، عمر پس از برداشت محصولات طبیعی را افزایش دهد [۱]. کاهش خطر ابتلا به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، همراه با حفظ طعم، عطر و رنگ با استفاده از این فن‌آوری، آن را به یک رویکرد پذیرفته شده برای حفظ محصولات ارزشمند تبدیل کرده است [۲]. پرتودهی محصول پیاز یک روش مؤثر برای افزایش عمر انبارداری و حفظ کیفیت آن است [۳]. استفاده از پرتو گاما با دز ۰٫۱۵ کیلوگری توسط سازمان بهداشت جهانی برای افزایش ماندگاری پیاز تأیید شده است [۴]. پرتودهی مواد غذایی بیش از ۵۰ سال است که مورد بررسی قرار گرفته است و در حال حاضر در کشورهای متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵].

پیازهای یک رقم به مدت چهار ساعت با دز ۴ کیلوگری تحت تابش قرار گرفتند و پس از تابش در انبار سرد نگه‌داری شدند [۶]. نتایج نشان داد که تیمار کاهش وزن را از ۱۰٫۲ درصد به ۷٫۵ درصد در مدت شش ماه نگه‌داری کاهش داد. از سوی دیگر، آلودگی های آسپرژیلوس [۴] و پنی سیلیوم [۶] از ۱۹ درصد به ۱۲ درصد کاهش یافت. با استفاده از پرتو درصد جوانه زدن پیاز از ۱۹ درصد به ۱ درصد کاهش یافت. نکته قابل توجه در این مطالعه [۵] ایجاد لکه‌های نکروزه خشک و قهوه‌ای در پیاز بود که به عنوان یک نقطه منفی در پرتودهی در نظر گرفته شد. در مطالعاتی که با هدف جلوگیری از جوانه زدن و پوسیدگی محصولاتی مانند پیاز انجام شده است، استفاده از حداقل دز مصرفی که تأثیر منفی بر سلامت مصرف‌کننده نداشته باشد، توصیه می‌شود. پرتو گاما تا ۰٫۳ کیلوگری در جلوگیری کاهش وزن پیاز پس از ذخیره سازی مؤثر بود [۷].

در یک مطالعه مشخص گردید پرتو گاما با شدت کم در محدوده ۰٫۰۱-۱۰ کیلوگری به طور قابل توجهی جوانه زدن پیاز را بدون تأثیر بر کیفیت محصول محدود کرد [۸]. پرتودهی گاما (۶۰ گری) به طور کامل از جوانه زدن ارقام پیاز در طی نگه‌داری در شرایط اتاق به مدت ۶ ماه جلوگیری کرد [۹]. پرتودهی با دز ۱۲۸ گری کیفیت ظاهری پیاز را حفظ کرده و غلظت کل پیرووییک اسید (PA) را در پیاز افزایش داد [۱۰]. بررسی اثرات شدت‌های مختلف پرتو گاما (۰ تا ۲۰۰ گری) بر طول‌عمر و کیفیت پیاز نشان داد که پرتوهای گاما با دز ۱۲۰ گری باعث جلوگیری از کاهش وزن، فساد و جوانه‌زنی سوخ‌ها برای ۹۰ روز نگه‌داری در شرایط اتاق شده است [۱۱]. با توجه به تقاضای زیاد برای پیاز، محققان دائماً در تلاش هستند تا روش‌های فنی ذخیره‌سازی را بهبود بخشد تا مسائل و مشکلاتی را که شامل عوامل بسیار زیادی قبل از برداشت و پس از برداشت است، کاهش داده شود [۱۲]. تغییرات کیفی پیاز در طول ذخیره‌سازی تحت تأثیر کاهش فیزیولوژیکی وزن، درصد جوانه زدن، درصد پوسیدگی و صفات کیفی مانند کل مواد جامد محلول، سفتی و اسید پیرووییک است. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر شدت‌های مختلف پرتو گاما بر عمر و کیفیت نگه‌داری برخی ارقام پیاز ایرانی انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این مطالعه با استفاده از پرتودهی گاما کبالت ۶۰ (PX-۳۰) روی چهار رقم پیاز (سفید قم، سفید نیشابور، قرمز ری و قرمز اصلاح شده) تهیه شده از مؤسسه باغبانی کشور در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار (هر تکرار ۵ کیلوگرم) و دو عامل اجرا گردید. عامل اول شامل چهار رقم پیاز و عامل دوم شامل شش دز پرتو (۰، ۳۰، ۶۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ گری) بود. پس از تابش، ارقام پیاز در کیسه‌های توری (۵ کیلوگرمی) بسته‌بندی و در دمای ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد به مدت ۱۲۰ روز نگه‌داری شدند. در طی نگه‌داری، پیازها به صورت هفتگی از نظر ظهور برگ‌های سبز کنترل شدند. هم‌چنین درصد کاهش وزن پس از توزین پیاز در روزهای ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ نگه‌داری محاسبه شد. صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی شامل سفتی، محتوای جامدات محلول کل (TSS)، محتوای قندهای احیا و محتوای PA در پایان دوره نگه‌داری تعیین گردید.

۱.۲ اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

سفتی فلس با برش ۲×۴ سانتی‌متری از اولین لایه کاملاً گوشتی (معمولاً لایه دوم یا سوم از خارج پیاز) در ناحیه استوایی هر پیاز اندازه‌گیری شد. استحکام و سفتی به عنوان نیروی مورد نیاز برای نفوذ به لایه با استفاده از یک پروب با قطر ۱ میلی‌متر متصل شده به یک دستگاه نفوذسنج نصب شده بر روی یک پرس موتوری که با سرعت ۱/۵ میلی متر بر ثانیه کار می‌کرد اندازه‌گیری شد (Model ۳۲۷, McCormick Fruit Tech, Yakima, WA, USA). درصد ماده خشک با قرار دادن نمونه‌های پیاز برش‌شده در کوره هوای ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا زمانی که وزن‌های ثابت به دست آید، تعیین گردید [۴].

کل جامدات محلول (TSS) با برداشتن برش‌های طولی ۱-۲ میلی‌متری از سوخ‌ها در هر زمان نمونه‌برداری و خرد کردن آن‌ها در یک پرس پنوماتیک اندازه‌گیری شد. برای تعیین TSS، چند قطره از آب بر روی یک رفرکتومتر قابل حمل (Kern Co، توکیو، ژاپن) قرار داده شد. محتوای قندهای احیا با استفاده از معرف دی‌نیتروسالیسیلیک اسید (DNSA) طبق روش [۱۳] اندازه‌گیری شد. ۲ میلی لیتر DNSA به ۱۰۰ میلی گرم سوخ اضافه و در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه گرم شد. پس از سرد شدن، ۷ میلی لیتر آب مقطر به محلول اضافه و محلول به دست آمده در طول موج ۵۴۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری گردید (PerkinElmer, Lambda ۲۵, USA) [۱۳].

D-گلوکز به عنوان استاندارد خارجی استفاده شد.

محتوای اسید پیرووئیک پیازها بر اساس روش [۱۴] تعیین شد. ۵۰ گرم پیاز پوست گرفته در ۱۰۰ میلی لیتر آب به مدت ۱ دقیقه در مخلوط کن همگن و سپس محلول به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق نگه‌داری و توسط کاغذ صافی فیلتر گردید و سپس ۱۰ بار رقیق شد. ۲ میلی لیتر آب، ۲ میلی لیتر محلول ۴-۲ دی نیتروفنیل هیدرازین و ۰/۲۵گرم در لیتر هیدروکلراید (۱ مولار) به ۵۰ میکرولیتر عصاره اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب تا دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد. پس از افزودن ۲ میلی لیتر NaOH (۱/۵ M) جذب محلول در طول موج ۵۱۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر (PerkinElmer, Lambda ۲۵, USA) بلافاصله اندازه گرفته شد. سدیم پیروات به عنوان استاندارد خارجی استفاده گردید.

۲.۲ تجزیه و تحلیل‌های آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو عامل رقم و دز پرتو انجام شد. داده‌برداری درصد کاهش وزن در ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ روز پس از انبارمانی انجام شد و اثر تیمارها در همان روز ارزیابی شد. صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در ۱۲۰ روز پس از انبارمانی داده‌برداری شدند. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹.۱ به صورت آزمایش فاکتوریل انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

۳. نتایج

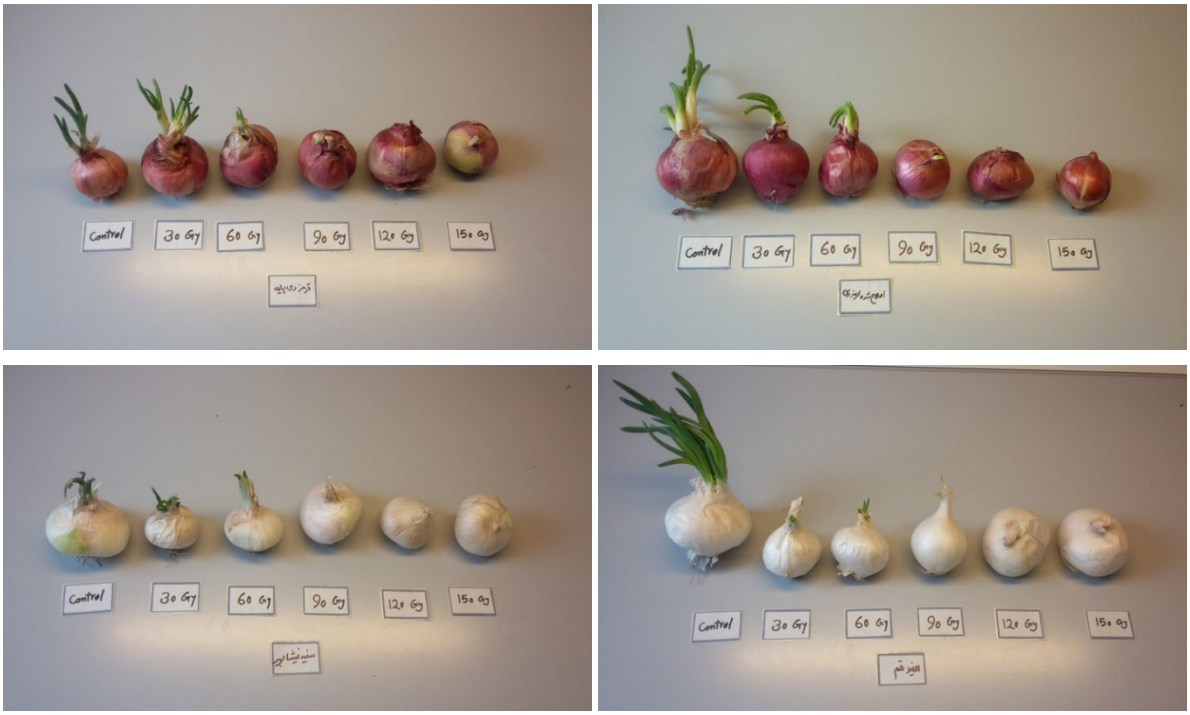
تجزیه واریانس نشان داد که اثر پرتو، رقم و اثر متقابل هر دو تیمار بر جوانه‌زنی پیازها در سطح $P \geq$ ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۱). جوانه زدن پیازها بین ۱۰۰-۱۰ درصد بود (شکل ۱). پیازهای تیمار نشده بیش‌ترین درصد جوانه زدن را داشتند. کاهش قابل‌توجهی در جوانه زدن سوخ‌ها پس از تابش گاما مشاهده شد (شکل ۲). با این حال، پاسخ ارقام به تیمارهای پرتودهی متفاوت بود. در سفید قم، قرمز ری و قرمز ری اصلاح شده استفاده از دزهای پرتو ۳۰ تا ۱۵۰ گری به طور قابل توجهی ظهور جوانه در سوخ‌ها را کاهش داد. اما در پیاز رقم سفید نیشابور تنها استفاده از دز گامای ۱۵۰ گری به طور قابل-توجهی باعث کاهش جوانه‌زنی سوخ‌ها شد. کم‌ترین میزان جوانه‌زنی پیاز رقم سفید قم و قرمز ری اصلاح شده در سوخ‌های تیمار شده با دز ۱۵۰ گری مشاهده شد. در پیاز ری اصلاح شده کم‌ترین جوانه‌زنی به ترتیب در سوخ‌های تیمار شده ۹۰ گری، ۱۲۰ گری و ۱۵۰ گری مشاهده گردید.

تیمارهای پرتودهی، رقم و اثر متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر کاهش وزن پیازها در روزهای ۴۰ و ۸۰ نگه‌داری نداشتند. با این حال، تأثیر شدت تابش، رقم و اثر متقابل آن‌ها ($P \geq$ ۰/۰۱) بر کاهش وزن پیازها در ۱۲۰ روز نگه‌داری معنی‌دار بود (جدول ۱). یک روند کاهشی در کاهش وزن پیازها پس از تیمارهای پرتودهی مشاهده شد (شکل ۳). سفید قم با ۳۰ تا ۱۵۰ گری، سفید نیشابور با ۹۰ تا ۱۵۰ گری، قرمز ری با ۹۰ و گری قرمز ری اصلاح شده با ۹۰ تا ۱۵۰ گری کم‌ترین میزان را داشتند (جدول ۲). کاهش وزن سوخ‌ها با جوانه زدن سوخ‌ها همبستگی مثبت (R^2 = ۰/۴۴) نشان داد (شکل ۳ و ۴). از سوی دیگر یک همبستگی منفی (R^2 = ۰/۱۹) بین کاهش وزن و سفتی پیازها مشاهده گردید (شکل ۳).

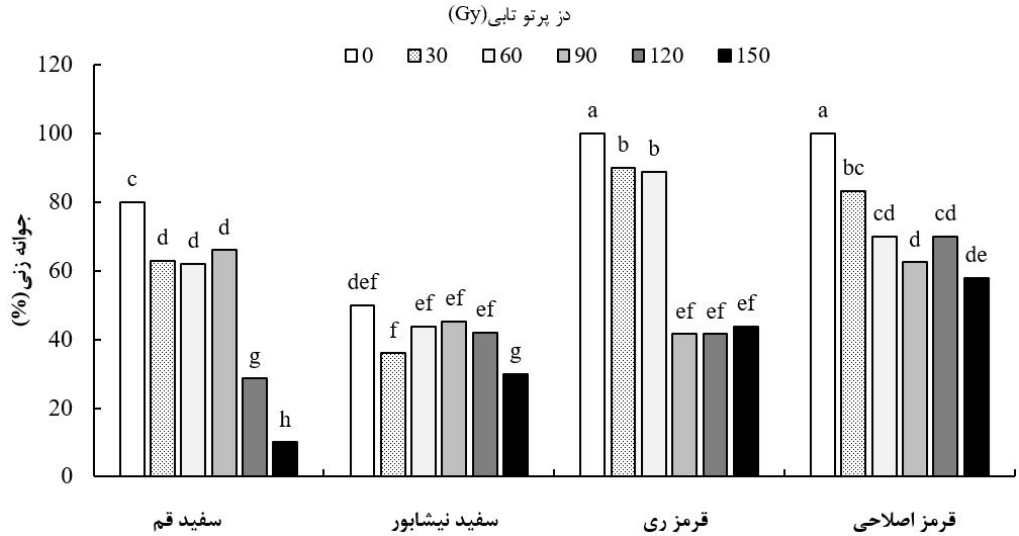
جدول ۱. تجزیه و تحلیل واریانس برای اثرات شدت تابش بر سبز شدن، کاهش وزن و درصد ماده خشک ارقام پیاز در طول نگه‌داری

واریانس	درجه آزادی	جوانه‌زنی	درصد کاهش وزن		
			روز ۴۰	روز ۸۰	روز ۱۲۰
(A) کولتیوار	۳	۲۶۵٫۳**	۶٫۱۳۰^{ns}	۲۵٫۸۹^{ns}	۳۸٫۶۰**
(B) سطح پرتودهی	۵	۱۱۹٫۳**	۰٫۸۱۷^{ns}	۶٫۰۸^{ns}	۲۰۳٫۴۷**
A × B	۱۵	۱۵۷٫۹**	۱٫۷۵۵^{ns}	۱۲٫۹۵^{ns}	۵۵٫۵۸۸**
خطا	۴۰	۱۱٫۹	۶٫۲۸	۸٫۴۸	۸٫۹۹
C.V. (%)	-	۱۶٫۵	۱۹٫۹۷	۲۵٫۶۲	۱۶٫۵۶

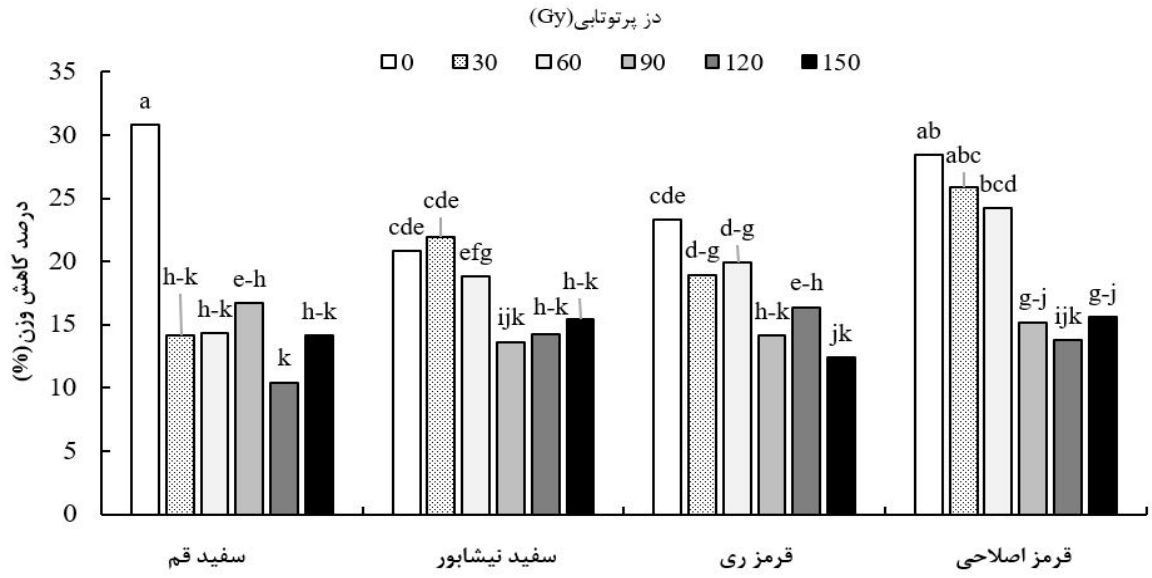
**: معنی‌دار در سطح $P \leq$ ۰٫۰۱، ns: غیرمعنی‌دار.



شکل ۱. تأثیر شدت دزهای مختلف پرتو گاما بر جوانه زدن ارقام پیاز پس از ۱۲۰ روز نگه‌داری.



شکل ۲. تأثیر شدت تحریک گاما بر جوانه زدن ارقام پیاز پس از ۱۲۰ روز نگه‌داری، میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در $P \geq$ ۰٫۰۵ از نظر آماری مشابه هستند.

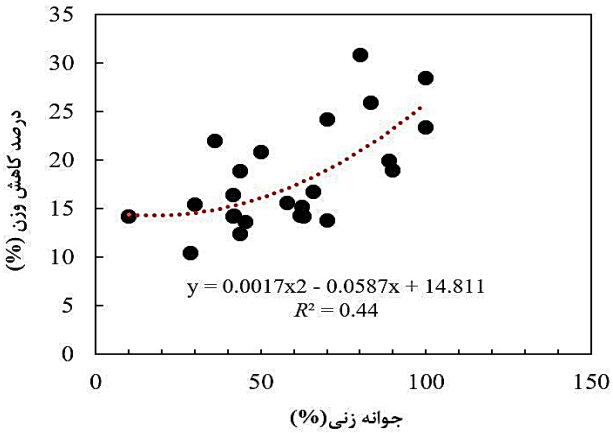


شکل ۳. تأثیر شدت تحریک گاما بر کاهش وزن ارقام پیاز پس از ۱۲۰ روز نگه‌داری، میانگین‌هایی با حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در $P \geq ۰/۰۵$ از نظر آماری مشابه هستند.

جدول ۲. تأثیر شدت تحریک گاما بر کاهش وزن ارقام پیاز در روزهای ۴۰ و ۸۰ نگه‌داری

کولتیوار	سطح پرتودهی (Gy)	درصد کاهش وزن (%)			
		روز ۴۰		روز ۸۰	
سفید قم	۰	۲٫۶۸±۰٫۳۳	a	۶٫۷۲±۱٫۳۳	a
	۳۰	۳٫۱۸±۰٫۶۶	a	۶٫۵۳±۰٫۶۶	a
	۶۰	۲٫۶۳±۰٫۳۳	a	۵٫۸۳±۱٫۰۳	a
	۹۰	۴٫۳۷±۱٫۳۳	a	۷٫۸۹±۱٫۳۳	a
	۱۲۰	۲٫۸۲±۰٫۵۵	a	۵٫۱۲±۱٫۰۳	a
	۱۵۰	۳٫۷۸±۱٫۰۳	a	۸٫۲۵±۱٫۶۶	a
سفید نیشابور	۰	۴٫۴۴±۰٫۶۶	a	۸٫۴۸±۰٫۶۶	a
	۳۰	۵٫۷۲±۱٫۰۳	a	۱۳٫۳۰±۲٫۳۳	a
	۶۰	۴٫۵۳±۱٫۰۰	a	۸٫۶۹±۱٫۳۳	a
	۹۰	۳٫۶۷±۰٫۶۶	a	۶٫۲۰±۰٫۸۸	a
	۱۲۰	۴٫۶۱±۱٫۰۶	a	۸٫۷۱±۲٫۶۶	a
	۱۵۰	۴٫۴۹±۱٫۳۳	a	۷٫۲۰±۰٫۶۶	a
قرمز ری	۰	۳٫۲۷±۰٫۸۸	a	۸٫۸۶±۰٫۶۶	a
	۳۰	۳٫۳۴±۰٫۳۳	a	۷٫۱۷±۱٫۰۳	a
	۶۰	۳٫۵۸±۰٫۳۳	a	۸٫۲۹±۲٫۳۳	a
	۹۰	۳٫۹۶±۰٫۸۸	a	۷٫۱۴±۱٫۳۳	a
	۱۲۰	۵٫۵۵±۱٫۳۳	a	۱۱٫۴۳±۲٫۳۳	a
	۱۵۰	۳٫۰۲±۰٫۶۶	a	۶٫۲۱±۰٫۳۳	a
قرمز اصلاحی	۰	۴٫۳۵±۱٫۰۶	a	۱۲٫۰۵±۱٫۳۳	a
	۳۰	۴٫۷۸±۱٫۰۳	a	۱۰٫۲۷±۲٫۰۶	a
	۶۰	۴٫۹۳±۱٫۰۳	a	۱۰٫۷±۱٫۳۳	a
	۹۰	۳٫۷۶±۰٫۶۶	a	۹٫۷۵±۱٫۶۶	a
	۱۲۰	۳٫۶۹±۰٫۶۶	a	۶٫۸۸±۰٫۳۳	a
	۱۵۰	۴٫۱۱±۰٫۳۳	a	۷٫۶۴±۰٫۳۳	a

میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری با توجه به آزمون LSD در $P \leq ۰/۰۵$ مشابه است.



شکل ۴. ارتباط بین کاهش وزن و جوانه‌زنی پیاز در پایان دوره نگه‌داری.

در پایان دوره نگه‌داری که در دمای ۱۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد بود، TSS پیازها بین ۹٫۸۷ درجه بریکس در قرمز ری اصلاح شده و ۵٫۵۷ درجه بریکس در سفید نیشابور قرار گرفت. در سفید قم دزهای پرتودهی ۳۰ تا ۱۲۰ گری باعث افزایش TSS پیازها شد و تفاوت معنی‌داری در این تیمارها مشاهده نگردید. در سفید نیشابور استفاده از دزهای ۳۰ تا ۱۵۰ گری به طور قابل توجهی TSS پیازها را افزایش داد. بیش‌ترین TSS پیازهای این رقم در تیمار ۹۰ گری مشاهده شد. در رقم قرمز ری اصلاح شده دزهای ۶۰-۱۲۰ گری TSS پیازها را افزایش داد. در این رقم، بالاترین TSS در پیازهای تیمار شده ۹۰ و ۱۲۰ گری مشاهده شد. در کاربرد دزهای ۶۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ گری قرمز ری اصلاح شده با وجود افزایش قابل‌توجهی TSS پیازها ولی تفاوت معنی‌داری در این تیمارها مشاهده نشد (جدول‌های ۳ و ۴).

در پایان دوره نگه‌داری، قندهای احیاکننده پیازها بین ۲۹٫۴۵ میکروگرم در میلی‌لیتر در سفید قم و ۱۲٫۰۷ میکروگرم در میلی‌لیتر در قرمز ری مشخص گردید. تیمارهای پرتودهی گاما به طور معنی‌داری محتوای قندهای احیاکننده پیاز همه ارقام را پس از دوره نگه‌داری افزایش داد. در پیازهای سفید قم و قرمز ری اصلاح شده بیش‌ترین میزان قند در پیازهای تیمار شده با دز ۱۲۰ گری مشاهده شد. در سفید نیشابور بیش‌ترین میزان قندهای احیاکننده در پیازهای تیمار شده با دزهای ۱۲۰ و ۱۵۰ گری مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان قندهای احیاکننده پیازهای قرمز ری اصلاح شده در تیمارهای ۶۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ گری مشاهده شد. محتوای PA سوخ‌ها بین ۱۲٫۰۷ میکرومولار در میلی لیتر در سفید قم و ۲۹٫۵۴ میکرومولار بر میلی لیتر در قرمز ری اصلاح شده بود. تابش گاما با ۹۰ تا ۱۵۰ گری به طور قابل‌توجهی محتوای PA سوخ‌ها را در سفید قم و قرمز ری افزایش داد. در سفید قم تفاوت معنی‌داری در میزان PA در پیازهای تیمار شده با دزهای ۹۰ تا ۱۵۰ گری مشاهده نشد. با این حال، بیش‌ترین مقدار PA پیازها در تیمار ۱۵۰ گری مشاهده گردید. در سفید نیشابور تابش گامای ۱۲۰ و ۱۵۰ گری به طور معنی‌داری باعث افزایش محتوای PA در پیازها شد و بیش‌ترین مقدار PA در تیمار ۱۲۰ گری مشاهده شد. محتوای PA در قرمز ری اصلاح شده به طور قابل توجهی با دزهای ۶۰-۱۵۰ گری افزایش یافت و بیش‌ترین مقدار PA در تیمارهای ۶۰-۱۲۰ گری یافت شد.

جدول ۳. تجزیه و تحلیل واریانس برای اثرات شدت تابش بر پارامترهای کیفی ارقام پیاز در طول ذخیره‌سازی

واریانس	درجه آزادی	سفتی	محتویات محلول	کاهش قند	اسید پیرووبک
(A) کولتیوار	۳	۰٫۱۴۸**	۲٫۸۴**	۱۰۶٫۱**	۱۱۴۹۹٫۱**
(B) سطح پرتودهی	۵	۰٫۰۶۷**	۱٫۰۵۷**	۴۷٫۷۱**	۱۷۵۰۲٫۵**
A × B	۱۵	۰٫۰۸۸**	۵٫۹۲۶**	۶۳٫۱۷**	۱۱۲۶۹٫۴**
خطا	۴۰	۰٫۰۰۷	۰٫۰۱۷	۴٫۷۹	۲۴٫۲۹
C.V. (%)	-	۳٫۲۹	۱٫۸۵	۱۰٫۹۶	۲٫۹۶

**: معنی‌دار در سطح $P \leq$ ۰٫۰۱.

جدول ۴. تأثیر شدت تحریک گاما بر کیفیت ارقام پیاز پس از ۱۲۰ روز ذخیره‌سازی

کولتیوار	سطح پرتودهی (Gy)	سفتی (g Force)		محتویات محلول (%)		کاهش قند (µg/ml)		اسید پیرووبک (µM/ml)	
سفید قم	۰	۲۹٫۵۳±۳٫۳۳	e	۶٫۹۰±۰٫۸۸	de	۱۸٫۵۲±۲٫۶۶	ef	۱۴٫۹۱±۲٫۳۳	fg
	۳۰	۲۸٫۶۲±۵٫۶۶	e	۷٫۲۷±۰٫۳۳	bc	۱۵٫۲۹±۲٫۰۳	gh	۱۲٫۰۷±۱٫۶۶	g
	۶۰	۲۴٫۴۸±۲٫۳۳	f	۸٫۶۰±۱٫۳۳	ab	۲۶٫۴۴±۳٫۳۳	bcd	۱۷٫۷۵±۱٫۳۳	ef
	۹۰	۳۲٫۸۳±۳٫۸۸	cde	۷٫۴۷±۰٫۸۸	bc	۲۷٫۲۱±۳٫۰۶	b	۲۰٫۳۶±۱٫۳۳	de
	۱۲۰	۳۶٫۵۷±۵٫۳۳	bc	۷٫۷۷±۱٫۰۳	abc	۲۹٫۵۴±۲٫۸۸	a	۲۲٫۱۱±۳٫۶۶	cd
	۱۵۰	۲۴٫۳۲±۲٫۴۴	f	۵٫۷۳±۰٫۸۸	g	۲۳٫۷۱±۳٫۰۳	cd	۲۰٫۱۰±۱٫۶۶	de
سفید نیشابور	۰	۲۷٫۵۵±۳٫۵	ef	۵٫۵۷±۱٫۰۳	g	۱۸٫۲۳±۱٫۸۸	f	۱۷٫۶۹±۲٫۶۶	ef
	۳۰	۳۱٫۷۷±۴٫۳۳	de	۷٫۱۰±۱٫۳۳	cd	۱۵٫۹۷±۲٫۳۳	gh	۱۶٫۰۹±۱٫۰۶	f
	۶۰	۳۷٫۹۲±۴٫۶۶	b	۸٫۰۷±۰٫۸۸	b	۱۵٫۴۴±۲٫۳۳	gh	۱۷٫۲۷±۲٫۳۳	ef
	۹۰	۳۷٫۱۵±۳٫۲۲	b	۹٫۴۳±۱٫۳۳	a	۲۶٫۹۷±۳٫۶۶	bc	۱۹٫۸۱±۳٫۰۳	de
	۱۲۰	۳۱٫۴۹±۴٫۶۶	de	۶٫۱۷±۰٫۶۶	f	۲۰٫۲۴±۱٫۶۶	de	۲۶٫۸۴±۵٫۳۳	ab
	۱۵۰	۲۹٫۱۴±۱٫۸۸	e	۷٫۲۳±۱٫۰۶	c	۲۰٫۶۵±۲٫۶۶	de	۱۵٫۹۷±۲٫۰۳	f
قرمز ری	۰	۲۲٫۰۸±۲٫۳۳	g	۵٫۹۷±۰٫۶۶	fg	۱۴٫۹۱±۲٫۳۳	h	۱۸٫۵۲±۳٫۳۳	ef
	۳۰	۲۳٫۴۷±۱٫۸۸	fg	۶٫۰۰±۰٫۸۸	fg	۱۲٫۰۷±۲٫۶۶	i	۱۵٫۲۹±۳٫۰۳	fg
	۶۰	۲۹٫۷۲±۳٫۶۶	e	۷٫۲۷±۰٫۳۳	bc	۲۰٫۳۶±۴٫۳۳	de	۲۶٫۴۴±۲٫۰۶	ab
	۹۰	۳۶٫۳۸±۳٫۳۳	bc	۹٫۸۷±۱٫۶۶	a	۱۹٫۷۵±۱٫۸۸	e	۲۷٫۲۱±۳٫۰۰	a
	۱۲۰	۳۵٫۷۷±۲٫۵۵	bcd	۸٫۷۷±۱٫۸۸	ab	۲۲٫۱۱±۳٫۳۳	d	۲۹٫۵۴±۴٫۰۶	a
	۱۵۰	۳۱٫۰۸±۴٫۳۳	de	۶٫۱۳±۰٫۶۶	f	۲۰٫۱۰±۲٫۶۶	de	۲۳٫۷۱±۲٫۳۳	bc
قرمز اصلاحی	۰	۲۳٫۶۸±۳٫۶۶	fg	۶٫۶۷±۱٫۰۰	de	۱۵٫۹۷±۰٫۶۶	gh	۱۸٫۲۳±۱٫۶۶	ef
	۳۰	۲۴٫۰۲±۱٫۳۳	f	۶٫۵۳±۰٫۸۸	e	۱۷٫۷۰±۲٫۳۳	f	۱۵٫۹۷±۲٫۰۶	f
	۶۰	۳۳٫۸۸±۳٫۶۶	cd	۷٫۵۰±۰٫۸۸	bc	۱۶٫۰۹±۱٫۶۶	g	۱۵٫۴۴±۳٫۰۳	f
	۹۰	۳۷٫۷۲±۴٫۶۶	b	۷٫۱۰±۱٫۰۳	cd	۱۷٫۲۷±۲٫۳۳	f	۲۰٫۶۵±۳٫۳۳	cde
	۱۲۰	۴۴٫۳۲±۶٫۳۳	a	۷٫۵۷±۱٫۳۳	bc	۲۶٫۸۴±۱٫۶۶	bc	۲۰٫۲۴±۲٫۶۶	de
	۱۵۰	۴۳٫۱۳±۵٫۸۸	a	۷٫۲۳±۱٫۰۶	c	۱۹٫۸۱±۲٫۳۳	e	۲۶٫۹۷±۴٫۳۳	ab

میانگین‌ها با حروف مشابه از نظر آماری با توجه به آزمون LSD در $P \leq ۰٫۰۵$ مشابه است.

۴. بحث

تلفات عمده پیاز پس از برداشت در دراز مدت به دلیل جوانه زدن، کاهش وزن، کاهش کیفیت و تغییرات در متابولیت‌ها [۱۵] ایجاد می‌گردد. بسیاری از مواد شیمیایی مانند مالئیک هیدرازید [۱۶]، اتفون، کاربامات ایزوپروپیل N-phenyl [۱۶] با موفقیت برای جلوگیری از جوانه زدن پیاز در انبار استفاده شده‌اند. این مواد شیمیایی با جلوگیری از جوانه‌زنی، ریشه‌زایی و کاهش وزن فیزیولوژیکی، حفظ کیفیت پیاز را در انبار تسهیل می‌کند. علی‌رغم اثربخشی بالای مواد شیمیایی در جلوگیری از جوانه زدن پیاز، در سال‌های اخیر استفاده از این مواد به دلیل باقی‌مانده‌های سمی که در محصول به جا می‌گذارند محدود شده است. از این‌رو، استفاده از روش‌های جایگزین برای جلوگیری از رشد پیاز در طول انبارداری مورد توجه قرار گرفته است. پرتو گاما بدون تولید بقایای سمی به طور گسترده‌ای برای افزایش عمر نگه‌داری محصولات غذایی مانند پیاز استفاده می‌شود [۱۷]. استفاده از پرتودهی در ارقام مختلف پیاز برای رشد جوانه مهار کامل را برای دوره نگه‌داری طولانی‌مدت نشان داد [۳].

در مطالعه حاضر درصد جوانه زدن پیازهای تیمار نشده در ارقام مختلف بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد بود. استفاده از پرتودهی به طور قابل‌توجهی از جوانه زدن ارقام پیاز در طول انبارداری جلوگیری کرد. آزمایشات مختلف حاکی از آن بود که دزهای پایین پرتو گاما برای مهار جوانه زدن و افزایش ماندگاری پیاز [۱۷] و سیر [۱۸] مناسب بوده است. دزهای ۳۰-۱۵۰ گری از جوانه زدن ارقام پیاز مورد مطالعه ما در طول دوره آزمایش جلوگیری کرد. با این حال، با افزایش شدت پرتودهی، اثربخشی پرتو گاما در محدود کردن جوانه‌زنی پیاز افزایش یافت. به طور کلی بهترین نتایج با اعمال ۱۲۰ و ۱۵۰ گری به دست آمد. برای محدود کردن جوانه‌زنی رقم نیشابور سفید که به طور طبیعی جوانه‌زنی کم‌تری نسبت به سایر ارقام داشت، به دز پرتو بالایی نیاز بود و دز ۱۵۰ گری کم‌ترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد. با این وجود در مقایسه چهار رقم پیاز دزهای بالای ۱۲۰ و ۱۵۰ گری بهترین پاسخ را در رقم سفید قم و ضعیف‌ترین پاسخ را در

رقم قرمز اصلاحی نشان دادند در حالی‌که رقم شاهد قرمز اصلاحی بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی را به خود اختصاص داده بود. مطالعات نشان داده‌اند که اثر پرتو گاما بر جلوگیری از جوانه زدن پیاز و سیر به دلیل اختلال در اسیدهای نوکلئیک در نقاط رشد است که از بیوسنتز پروتئین‌ها در جوانه‌ها جلوگیری می‌کند [۱۹، ۳]. فعال‌سازی DNAse به عنوان علت کاهش فعالیت DNA پس از پرتودهی شناخته می‌شود [۱۹]. علاوه بر این، فعال شدن اکسیداسیون آنزیمی پلی‌فنل‌ها منجر به تشکیل ارتوکینون‌ها دارای قابلیت مهار سنتز DNA و تقسیم سلولی می‌گردد [۳]. مطالعات روی سیر نشان داده است که پرتو گاما از تقسیم سلولی در مریستم‌های اپیکال و پریموردیای برگ گیاهان تحت تابش جلوگیری می‌کند، بنابراین سیر پرتودهی شده فاقد ظرفیت جوانه‌زنی پس از کاشت بود [۱۹].

در ارقام مورد مطالعه، وزن پیاز تیمار نشده بین ۲۰٫۸۴ تا ۳۰٫۷۹ درصد در طول دوره نگه‌داری کاهش یافت. تابش گاما به طور قابل‌توجهی کاهش وزن پیاز را در طول نگه‌داری محدود کرد. بیش‌ترین کاهش وزن در بین شاهد چهار رقم پیاز مربوط به سفید قم بود ولی با این حال استفاده از تمامی دزهای پرتو گاما به شدت مانع از این کاهش وزن در مقایسه با سایر رقم‌ها داشته است. در رقم سفید قم دزهای ۳۰ تا ۱۵۰ مناسب تشخیص داده شد در حالی‌که در سایر رقم‌ها تنها دزهای ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ گری بهترین پاسخ را در ممانعت از کاهش وزن پیازها نشان دادند. اثر مهاری پرتو بر کاهش وزن پیاز توسط چندین نویسنده گزارش شده است. کاهش وزن محصول در انبار عمدتاً به دلیل از دست دادن آب است. کاهش محتوای آب محصول علاوه بر زیان اقتصادی باعث کاهش کیفیت محصول می‌شود. زیرا با از دست رفتن آب، سفتی محصول از بین رفته و چروکیده و نامطلوب می‌شود و بازارپسندی محصول از بین می‌رود. انقباض و کم‌آبی منجر به کاهش سفتی پیاز در حین ذخیره‌سازی می‌شود [۱۱]. سفتی در سوخ‌های تابش شده با ۹۰-۱۲۰ گری بهتر حفظ شد که می‌تواند به دلیل کاهش آب و جوانه زدن در این تیمارها باشد. نتایج آزمایشات ما با یافته‌های شارما و همکاران [۱۱] هم‌خوانی دارد. کاهش وزن در ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری را نشان داد. این تفاوت‌ها ممکن است در درجه اول به دلیل تفاوت در یکپارچگی پوست بیرونی باشد زیرا عمده کاهش وزن محصول به میزان بخار آب عبوری از پوست پیاز بستگی دارد [۲۰، ۲۱]. از سوی دیگر، کاهش وزن پیاز با درصد جوانه زدن محصول همبستگی مثبت داشت. به گونه‌ای که میزان کاهش وزن محصول در پیازهایی که درصد جوانه‌زنی بیش‌تری داشتند بیش‌تر بود. به نظر می‌رسد که فرایند جوانه زدن باعث توسعه سطح برگ گیاه می‌شود و با توسعه سطح تعرق، میزان کاهش آب محصول افزایش می‌یابد. به همین دلیل، کاهش جوانه زدن پیاز پس از اعمال پرتودهی با محدود کردن رشد شاخه جدید، کاهش وزن آن را محدود کرد. احتباس آب محصول پس از تابش گاما عاملی بود که سفتی بافت میوه را در طول نگه‌داری حفظ کرد [۳]. بنابراین، استفاده از پرتو گاما به طور مؤثر کیفیت بصری محصول را در طول ذخیره‌سازی افزایش داد.

در بین چهار رقم پیاز بیش‌ترین سفتی در شاهد مربوط به دو رقم سفید قم و سفید نیشابور بود و کم‌ترین سفتی مربوط به دو رقم قرمز ری و قرمز اصلاحی ولی با این وجود بهترین و قابل‌قبول‌ترین نتیجه مربوط به دز ۱۲۰ و ۱۵۰ گری قرمز اصلاحی بود. در تمامی نمونه‌ها دزهای ۳۰ و ۶۰ گری ضعیف‌ترین نتایج در حفظ سفتی بافت پیازها را نشان دادند. با این حال، این نتایج با نتایج تحقیقات بر روی سایر محصولات تناقض دارد. مطالعات روی توت فرنگی نشان داده است که با افزایش تابش پرتو الکترونی، سفتی میوه‌ها کاهش می‌یابد. در این محصول، پس از تابش، پکتین محلول در آب افزایش و پکتین محلول در اگزالات کاهش یافت. علاوه بر این، در گیلاس و زردآلو، کاهش سفتی بافت میوه پس از تیمارهای پرتودهی مشاهده شد. در ارقام سیب، تابش گاما تا ۹۰ گری تأثیری بر سفتی میوه نداشت. مقادیر بیش‌تر در برخی ارقام باعث کاهش سفتی میوه می‌شود. به نظر می‌رسد که تغییر سفتی محصول پس از تابش به ویژگی‌های بافت محصول بستگی دارد [۳].

ارزیابی‌های بیوشیمیایی نشان داد که پرتو گاما کیفیت خوراکی محصول را در طول دوره نگه‌داری بهبود می‌بخشد و با افزایش دز پرتو گاما این کیفیت نیز افزایش پیدا می‌کند. در هر چهار رقم پیاز سفید قم، سفید نیشابور، قرمز ری و قرمز اصلاحی به ترتیب مناسب‌ترین دز پرتودهی جهت حفظ کیفیت محتویات محلول آن‌ها دزهای ۶۰، ۹۰، ۹۰ و ۶۰-۱۲۰ گری بود. در این راستا، تابش گاما باعث افزایش TSS، کاهش قند و PA در پیاز شد.

کم‌ترین کاهش قند در هر چهار رقم پیاز پرتودیده در دز ۳۰ گری و به‌خصوص در رقم قرمز ری مشاهده گردید و بیش‌ترین کاهش قند مربوط به دز ۱۲۰ گری در رقم سفید قم بود. مطالعات قبلی نشان داد که پرتودهی ممکن است بر کیفیت محصولات تأثیر بگذارد. در این راستا، محتوای فنلی کل [۲۲]، فعالیت بیولوژیکی [۲۳] و کاهش گلوکز، فروکتوز، ساکارز و

فروکتوز [۲۴]، رنگ‌دانه‌ها و کل کربوهیدرات‌ها را افزایش می‌دهد. کل مواد جامد محلول و سطح تندی از ویژگی‌های کیفی مهم پیاز برای فراوری و ذخیره‌سازی هستند. گلوکز، فروکتوز، ساکارز و فروکتان کربوهیدرات‌های اصلی در پیاز هستند [۲۵]. محتویات کربوهیدرات‌های محلول به شیرینی پیاز کمک می‌کند [۲۶]. ترکیب و محتوای قندها با شروع جوانه زدن تغییر می‌کند. کربوهیدرات‌ها منبع اصلی انرژی در پیاز هستند که بسترهای کاتابولیک را برای رشد شاخه‌های جدید در طول فرایند جوانه‌زنی فراهم می‌کنند. محتوای کربوهیدرات به طور قابل‌توجهی در طول ذخیره‌سازی کاهش می‌یابد که بیش‌تر به دلیل افزایش تنفس است [۲۵]. افزایش TSS و محتوای قندهای کاهنده در پیازهای پرتودهی شده می‌تواند به دلیل کاهش مصرف این مواد در فرایند تنفس یا عدم مصرف آن‌ها در زمان جوانه‌زنی پیاز و تأمین انرژی و ساختارهای کربنی برای رشد شاخه‌های جدید باشد. در اکثر ارقام مورد مطالعه، تیمارهای ۹۰ تا ۱۲۰ گری بیش‌ترین میزان مواد جامد محلول و قندهای احیاکننده را به همراه داشت.

شیرینی پیاز تعادلی بین تند بودن و قندهای ساده محلول است. اسید پیرووِیک یک شاخص قابل اعتماد برای تندی در پیاز است. تندی به ژنوتیپ، مرحله بلوغ و شرایط رشد بستگی دارد [۲۶]. در این مطالعه، محتوای PA در پیازها از ۱۲٫۰۷ در رقم سفید قم تا ۲۹٫۵۴ میکرومول در میلی لیتر در رقم قرمز ری متغیر بود. به‌طور کل مشخص گردید افزایش دز پرتو به‌خصوص در ۹۰-۱۵۰ گری موجب افزایش محتوای PA در پیازها می‌گردد. محتوای اسید پیرووِیک پیازها به طور قابل‌توجهی تحت تأثیر دزهای پرتو قرار گرفت. پیازهای پرتودهی شده در پایان آزمایش دارای محتوای PA بالاتری بودند. با توجه به اهمیت PA در طعم پیاز، حفظ این ماده در زمان نگه‌داری اهمیت دارد. تحقیقات قبلی نشان داده است که پرتو گاما می‌تواند میزان این ماده را در پیاز [۱۰] و سیر افزایش دهد. شارما و همکاران [۱۱] نشان داد که محتوای PA با افزایش سطح دز پرتو افزایش می‌یابد. در آزمایش حاضر، بیش‌ترین مقدار PA در پیازهای تیمار شده با ۹۰ تا ۱۵۰ گری مشاهده شد، اما تأثیر شدت تابش در ارقام مختلف متفاوت بود.

۵. نتیجه‌گیری نهایی

به نظر می‌رسد برای حفظ غلظت PA در پیاز، دزهای مختلف تابش گاما برای هر رقم پیاز بهینه شود. استفاده از پرتو گاما کارایی بالایی در کاهش جوانه زدن پیاز نشان داد. با محدود کردن فرایند جوانه زدن پیاز، میزان کاهش وزن محصول به دلیل از دست دادن آب محدود شده و سفتی محصول در طول نگه‌داری حفظ شد. علاوه بر این، تابش گاما در حفظ محتوای جامدات محلول کل، کاهش قندها و غلظت PA محصول در حین ذخیره‌سازی مؤثر بود. استفاده از پرتو گاما با دز بالا علی‌رغم جلوگیری از جوانه‌زنی پیاز در انبار باعث کاهش کیفیت خوراکی محصول شد. بنابراین، نتایج نشان داد که شدت تابش گاما باید برای هر رقم بهینه شود. به طور خلاصه، استفاده از ۹۰ تا ۱۲۰ گرم پرتو گاما برای بهبود عمر پس از برداشت و کیفیت پیاز می‌تواند به عنوان یک دستورالعمل کلی در نظر گرفته شود.

مراجع

1. Harder M.N.C, Arthur V. The Effects of Gamma Radiation in Nectar of Kiwifruit (Actinidia deliciosa). In: Feriz Adrovic, Gamma Radiation, Publisher: In Tech, Rijeka, Croatia, Brazil. 2012.
2. Mahindru S.N. Food Preservation and irradiation. New Delhi. 2005.
3. Arvanitoyannis I.S, Stratakos A.C, Tsarouhas P. Irradiation applications in vegetables and fruits: a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutri. 2009;49(5):427-462.
4. Kobayashi A.R, Itagaki R, Tokitomo Y, Kubota K. Changes in character of irradiated onion during storage. J. Jap. Soc. Food Sci. Tech. 1994;41:682-686.
5. Handayani M, Permawati H. Gamma irradiation technology to preservation of foodstuffs as an effort to maintain quality and acquaint the significant role of nuclear assessing the feasibility of using the heat demand-outdoor. Ene. Procedia. 2017;127:302-309.
6. Mennit A.M. The biopathological effects of ionizing treatments on onions. Frotticoltura. 1979;41:49-51.
7. Curizo O.A, Croci C.A. Extending onion storage life by gamma irradiation. J. Food Process. 1983;7:19-23.
8. Brewster J.L. Onions and other vegetable alliums. 2nd edn. CAB Int, Wallingford. 2008.
9. Tripathi P.C, Sankar V, Mahajan V.M, Lawande K.E. Response of gamma irradiation on post-harvest losses in some onion varieties. Ind. J. Hort. 2011;68:556-560.
10. Kallai S, Ravi R, Kudachikar V.B. Assessment of bulb pungency level in Indian onion cultivars under influence of low doses of ionizing radiation and short-term storage. Int. J. Sci. Eng. Res. 2015;10:38-49.
11. Sharma P, Sharma S.R, Dhall P.K, Mittal T.C. Effect of γ-radiation on post-harvest storage life and quality of onion bulb under ambient condition. J. Food Sci. Tech. 2020;57(7):2534-2544.

12. Metwally A.K. Storage ability of onion (allium cepa L.) Giza 6 cv. As affected by water regime and harvest stage under assist conditions. J. Plant Prod. 2010;1(4):645-657.
13. Krivorotova T, Sereikaite J. Determination of fructan exohydrolase activity in the crude extracts of plants. J. Biotech. 2014;17(6):329-333.
14. Anthon G.E, Barrett D.M. Modified method for the determination of pyruvic acid with dinitro phenyl hydrazine in the assessment of onion pungency. J. Sci. Food Agri. 2003;83(12):1210-1213.
15. Sharma K, Rok Lee Y, Park S.W, Nile S.H. Importance of growth hormones and temperatures for physiological regulation of dormancy and sprouting in onions. Food Rev. Int. 2015. doi:10.1080/87559129.2015.1058820.
16. Benkeblia N, Varoquaux P, Shiomi N, Sakai H. Storage technology of onion bulbs cv. Rouge Amposta: effect of irradiation, maleic hydrazide and carbamate isopropyl, N-phenyl (CIP) on respiration rate and carbohydrates. Int. J. Food Sci. Tech. 2002;37:169-175.
17. Anbukkarasi V, Paramaguru P, Pugalendhi L, Ragupathi N, Jeyakumar P. Studies on pre and post-harvest treatments for extending shelf life in onion–A review. Agri. Rev. 2013;34(4):256-268.
18. Croci C.A, Banek S.A, Curzio O.A. Effect of gamma-irradiation and extended storage on chemical quality in onion (Allium eepa L). Food Chem. 1995;54:151-154.
19. Croci C.A, Arguello J.A, Orioli G.A. Biochemical changes in garlic (Allium sativum L.) during storage following γ-irradiation. Int. J. Radia. Bio. 1994;65(2):263-266.
20. Thamizharasi V, Narasimham P. Water vapor losses from different regions of onion(Allium cepa L.) bulb during storage. J. Food Sci. Tech. 1988;25:45-50.
21. Thamizharasi V, Narasimham P. Water vapor sorption and transmission by onion (Allium cepa L.) scale under different temperature and humidity conditions. Sci. Hort. 1991;46:185-194.
22. Sajjabut S, Pewlong W, Eamsiri J, Chookaew S, Khemthong K. Effects of gamma irradiation on chemical and sensory qualities of riceberry. Creativity, Inn. Smart Cult. Better Soc. 2017;37-45.
23. Farghaly D.S, El Sharkawy A.Z, El-Alfawy N.A, Rizk S.A, Bader N.F. Effect of gamma irradiation on some biological aspects of Corcyra cephalonica (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae), with ultra-structural studies on Midgut. Cur. Sci. Int. 2014;3(4):403-413.
24. Benkeblia N, Onodera S, Shiomi N. Effect of gamma irradiation and temperature on fructans (fructo-oligosaccharides) of stored onion bulbs (Allium cepa L.). Food Chem. 2004;87:377-382.
25. Petropoulos S.A, Ntatsi G, Ferreira I. Long-term storage of onion and the factors that affect its quality: A critical review. Food Rev. Int. 2017;33(1):62-83.
26. Dhumal K, Datir S, Pandey R. Assessment of bulb pungency level in different Indian cultivars of onion (Allium cepa L.). Food Chem. 2007;100(4):1328-1330.

COPYRIGHTS
©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

استناد به این مقاله
میلادی لاری، ساحل، احمدی، مهرداد، کاشی، عبدالکریم، موسوی، امیر، مستوفی، یونس. (۱۴۰۳)، استفاده از پرتو گاما به منظور افزایش ماندگاری پس از برداشت و حفظ کیفیت ارقام پیاز در طی دوره انبارمانی. مجله علوم، مهندسی و فناوری هسته‌ای، ۱۰۹(۳)، ۱۱۲-۱۲۱. DOI: https://doi.org/10.24200/nst.2024.1605
Url: https://jonsat.nstri.ir/article_1605.html