

اثرات پرتوآوری ترکیبی گاما و بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته بر ویژگی‌های تغذیه‌ای تره

و جعفری تازه

INC29-1028

مرضیه احمدی روشن<sup>۱</sup> - سمیرا برنجی اردستانی\*

۱. پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی ۸۳۶-۱۴۳۹۵، تهران - ایران

#### چکیده

سبزیجات منابع ریز مغذی‌ها برای سلامت انسان هستند. سبزیجات برگ‌ی تازه به‌دلیل فیزیولوژی پس از برداشت و رشد میکروارگانیسم‌ها محصولاتی با ماندگاری کوتاه و فسادپذیر (ضایعات برابر با ۵۵-۳۷٪ محصول) محسوب می‌شوند. پرتوآوری گاما و بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP) ایمنی و ماندگاری سبزیجات برگ‌ی تازه را افزایش می‌دهد. اثرات پرتوآوری گاما در دُزهای ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۱ تحت اتمسفرهای بسته‌بندی هوا، N<sub>2</sub> و خلاء بر تره و جعفری تازه در روزهای ۰، ۳، ۷ و ۱۰ روز نگهداری در دمای ۴ °C ارزیابی شد. خصوصیات تغذیه‌ای شامل محتوای فنول کل و اسید آسکوربیک (ویتامین C) در نمونه‌های پرتوآوری شده با دُز ۰/۵ kGy در فضای بسته‌بندی N<sub>2</sub> بهترین نتایج را پس از ۱۰ روز نگهداری در دمای ۴ °C نشان دادند. پرتوآوری ۰/۵ kGy در فضای بسته‌بندی N<sub>2</sub> به‌عنوان شرایط بهینه فرآوری و نگهداری برای تره و جعفری تازه تا ۱۰ روز نگهداری در دمای ۴ °C توصیه می‌شود. **کلیدواژه‌ها:** گاما، بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته (MAP)، فنول، آسکوربیک اسید، سبزی

### Combined gamma radiation processing and modified atmosphere packaging effects on nutritional properties of fresh Tarreh and Parsley

Marziyeh Ahmadi-Roshan<sup>1</sup>, Samira Berenji Ardestani<sup>1\*</sup>

1. Radiation Applications Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, P.O.BOX: 4395-836, Tehran, Iran.

#### Abstract

Vegetables are sources of micronutrients for human's health. Due to the post-harvest physiology and the growth of microorganisms, fresh leafy vegetables are perishable (37-55% production is waste) and short shelf-life products. Gamma radiation processing and modified atmosphere packaging (MAP) increase the safety and shelf-life of fresh leafy vegetables. The effects of irradiation at doses of 0.25, 0.5 and 1 kGy were evaluated under air, N<sub>2</sub> and vacuum packing atmospheres on fresh tarreh and parsley on days 0, 3, 7 and 10 days of storage at 4°C. Nutritional properties including total phenol and ascorbic acid contents and in irradiated samples at dose of 0.5 kGy under N<sub>2</sub> packing atmosphere showed the best results after 10 days of storage at 4°C. Irradiation at 0.5 kGy under N<sub>2</sub> packing atmosphere are recommended as optimal processing and storage conditions to store fresh tarreh and parsley up to 10 days at 4°C.

**Keywords:** Gamma, Modified atmosphere packaging (MAP), Phenol, Ascorbic acid, Vegetable.

<sup>1</sup> Email: sardestani@aeoi.org.ir

## ۱. مقدمه

ایران با مصرف سرانه ۱۵۸ کیلوگرم میوه و سبزی سالانه، در رتبه یازدهم جهانی و بالاتر از کشورهای دیگر خاورمیانه با سرانه مصرف ۸۹ کیلوگرم در سال می‌باشد، اما آمار جهاد کشاورزی ایران بیان می‌کند که با وجود تولید و مصرف بالای میوه و سبزی، ضایعات آن در کشور، بیش از ۲۷٪ تولید است. از این رو، می‌توان با به‌کارگیری فرآوری مناسب، علاوه بر تامین میوه و سبزی در بازار داخل و کاهش ضایعات آن، در بازارهای بین‌المللی نیز حضور چشمگیری یافت [۱]. به‌دلیل مقادیر بالای ضدآکسندها، مصرف میوه و سبزی به میزان توصیه شده، می‌تواند از ابتلا به برخی بیماری‌های مزمن، از جمله بیماری‌های قلبی - عروقی و برخی سرطان‌ها، بیماری‌های دژنراتیو (پارکینسون و الزایمر)، چاقی، دیابت نوع دو و پرفشاری خون پیشگیری کند و مرگ و میر آن‌ها را کاهش می‌دهند [۲]. فعالیت ضدآکسندهای عصاره‌های غیرفرار گیاهی به وجود ترکیبات فنولی، یعنی اسیدهای فنولی، کاتچین‌ها و فلاونوئیدها مربوط می‌شود. اثر ضدآکسندهای ترکیبات فنولی مربوط به خواص احیاکنندگی آن‌ها از طریق مکانیزم‌های مختلف مانند روبش رادیکال آزاد، شلاته‌کردن فلزات واسطه و غیرفعال‌سازی اکسیژن یگانه است. ترکیبات فنولی نقش مهمی نیز در تثبیت پراکسایش لیپید و مهار آنزیم‌های مختلف اکسیدکننده ایفا می‌کنند [۳]. سبزی‌های دارای برگ سبز، ویتامین و مواد معدنی، فیبر غذایی، اسید فولیک، ویتامین C، پتاسیم، منیزیم و کلسیم روزانه مصرف‌کننده‌ها را تأمین می‌کنند. سبزی‌های دارای برگ سبز، به‌دلیل تنفس حتی بعد از برش و بسته‌بندی، از دست دادن آب، پیرشدن سریع و از بین رفتن کلروفیل، فاسدشدنی هستند که این امر منجر به تجمع CO<sub>2</sub>، گرما و آب و به دنبال آن زردی و پوسیدگی در هنگام نگهداری محصولات در دمای بالاتر از دمای یخچال می‌شود. سرعت تنفس با انباشت در دمای پایین کندتر می‌شود [۴]. هر ساله بیماری‌های همه‌گیر بسیاری در اثر مصرف سبزیجات و میوه‌های تازه گزارش می‌شود. به‌عنوان مثال در سال ۲۰۰۶ میلادی در آمریکا، ۲۰۰ نفر در اثر خوردن سبزی اسفناج خام آلوده به *Escherichia coli O157:H7*، دچار عفونت ادراری شدند که منجر به مرگ ۳ نفر شد [۵]. روش نگهداری MAP ترکیب اتمسفر داخلی بسته‌بندی را تغییر می‌دهد و باعث کاهش جمعیت میکروارگانیسم‌های عامل فساد و افزایش زمان ماندگاری محصولات غذایی در مقایسه با موارد بسته‌بندی شده در شرایط عادی هوا می‌شود. باتوجه به بسته‌ای که در شرایط هوای عادی یا با مخلوط گاز بسته‌بندی می‌شود، اتمسفر تغییر یافته می‌تواند غیرفعال یا فعال باشد. MAP قادر به تامین ماندگاری بیشتر میوه‌ها و سبزی‌ها بریده شده تازه برای بسیاری از غذاها است [۶]. قرار گرفتن مواد غذایی در معرض پرتو نسبت به روش‌های معمول نگهداری مزایای زیادی دارد زیرا باعث از بین رفتن طعم، بو، بافت یا کیفیت مواد غذایی نمی‌شود. علاوه بر این، پرتودهی، فرآیند مستقیم، ساده و کارآمد و برای یک بار است. تیمار پرتودهی همراه با تبرید مناسب برای انباشت می‌تواند ماندگاری این مواد غذایی را بدون تاثیر برطعم و بافت آن، افزایش دهد. تحقیقات نشان می‌دهد که تیمارهای پرتوی متوسط ۱-۱۰ kGy به رفع فساد میکروبی و از بین بردن مخمرها و قارچ‌ها کمک می‌کند. پرتودهی با دز کم می‌تواند اکثر موجودات مولد فساد را در غذاهای فسادپذیر مانند سبزی‌ها و میوه‌ها کاهش داده یا کاملاً از بین ببرد [۷]. تره (*Allium schoenoprasum* L.)، در زبان انگلیسی chive فرم وحشی از Leek بوده که بر اساس نام‌گذاری گیاه‌شناسان آن را زیر گونه *persicum* نامیده‌اند. تره کوچکترین گونه خوراکی از تیره Allium است. نام "*schoenoprasum*" از کلمه یونانی (*schoenoprasum* نوعی چمن) و *prason* (تره) گرفته شده است [۸]. جعفری (*Petroselinum crispum*)، گیاهی دوساله از تیره چتریان است که در صنایع غذایی، داروسازی، عطرسازی و آرایشی استفاده می‌شود [۹]. در این پژوهش نیز باتوجه به اهمیت فرآوری‌های تلفیقی با هدف کاهش دز مورد نیاز از ترکیب پرتوآوری و MAP برای افزایش زمان نگهداری در دمای ۴ °C استفاده شده است.

## ۲. شرح کار

## ۱.۲. تجهیزات آزمون‌ها

دستگاه ایجاد خلاء و تزریق اتمسفر داخل بسته‌بندی Henkelman 200A, Netherlands (شکل ۱)، سانتریفیوژ Beckman Coulter DU 800, (Hettich, D-78532 Tuttlingen (ROTINA 35R, Germany)، طیف‌سنج نوری (Sartorius, Sweden)، همزن مغناطیسی (Heidolph MR3001k, USA)؛ ترازو با دقت یک ده هزارم گرم

(Germany)، هانترلب (A60-1010-615 Model Colorimeter, colorflex, USA)، تبخیر کننده چرخان و وسایل شیشه‌ای مورد نیاز.



شکل ۱. دستگاه بسته‌بندی اتمسفر تغییر یافته (MAP)

## ۲.۲. مواد آزمون‌ها

فولین سیوکالتیو (سیگماآلدریج)، اتانول، متانول، کربنات سدیم، آسکوربیک اسید، نمک سدیم ۲،۶-دی کلروفنول اندوفنل، متاسفریک اسید، سدیم بی کربنات از شرکت مرک آلمان استفاده شدند.

## ۳.۲. روش‌ها

برداشت سبزی در ساعات اولیه صبح از مزرعه سبزیکاری در جنوب شهر تهران انجام شد. بعد از انتقال به آزمایشگاه سبزی‌ها پاک و با آب آشامیدنی سه بار شستشو شده و آب اضافی با خشک‌کن سانتریفیوژی به مدت یک دقیقه خارج شد. تره و جعفری به صورت جداگانه در کیسه‌های از جنس پلیمر پلی اتیلن با چگالی پایین با درجه مواد غذایی (ضخامت  $25 \mu\text{m}$ ، سرعت انتقال اکسیژن  $2787 \pm 11/89 \text{ cc/m}^2/\text{day/atm}$ ، نفوذپذیری به بخار آب  $4/91 \pm 0/17 \text{ g/m}^2/\text{day}$  و تنش کششی  $14/1 \pm 0/41 \text{ MPa}$ ) تحت MAP (سه نوع اتمسفرهای معمولی، خلاء و  $\text{N}_2$ ) بسته‌بندی شده و با چشمه  $^{60}\text{Co}$ ، در گاماسل ۲۲۰ ساخت شرکت Nordion کانادا با آهنگ  $1/98 \text{ Gy/s}$  در دمای محیط با دُزهای  $0 \cdot \text{kGy}$  (شاهد)،  $0/25$ ،  $0/5$  و  $1 [0/9 \text{ و } 1]$  پرتو دهی شد. سپس آزمایش‌ها روی نمونه‌های شاهد و پرتودیده نگهداری شده در دمای  $4^\circ\text{C}$ ، در روزهای صفر، ۳، ۷ و ۱۰، انجام شد. اثرات این فرآوری‌ها و نگهداری بر ویژگی‌های تغذیه‌ای ارزیابی شد.

## ۳.۲.۱. اندازه‌گیری محتوای آسکوربیک اسید (ویتامین C)

به روش تیتراسیون اندوفنل AOAC [۱۱] انجام شد. برای تعیین میزان اسیدآسکوربیک مقدار یک سی‌سی از آب سبزی را با پنج میلی‌لیتر متاسفریک مخلوط کرده و پس از سانتریفیوژ به مدت سه دقیقه، محلول رویی را برداشته و با اندوفنل تیترو می‌کنیم. ظهور رنگ ارغوانی نشان دهنده پایان تیتراسیون است. عدد مربوط به میزان اندوفنل مصرفی را یادداشت نموده و در فرمول زیر قرار داده تا میزان ویتامین C تعیین گردد. در رابطه ۱، AA میزان اسید آسکوربیک در هر  $100 \text{ g}$  وزن تازه نمونه، V میلی‌لیتر اندوفنل مصرف شده در تیتراسیون، F عامل ایندوفنل (برای محلول استاندارد اسید آسکوربیک برابر با  $0/25$ )، Y میلی‌لیتر حجم مخلوط سبزی و اسید متاسفریک، W گرم وزن نمونه و T میلی‌لیتر حجم نمونه برای تیتراسیون است.

$$AA = (V \times F \times Y \times 100) / (W \times T) \quad (1)$$

## ۳.۲.۲. اندازه‌گیری محتوای فنول کل

تعیین محتوای ترکیبات فنولی از طریق روش معرف فولین سیوکالتیو انجام می‌شود. جذب نوری نمونه‌ها پس از ۲ ساعت نگهداری در تاریکی در دمای اتاق توسط دستگاه طیف‌سنج نوری در طول موج  $760 \text{ nm}$  در سه تکرار اندازه‌گیری شد. نتایج به صورت معادل میلی گرم گالیک اسید در گرم عصاره گزارش شد [۸].

## ۳. نتایج و بحث

### ۱.۳. آزمون‌های تغذیه‌ای - محتوای فنول کل و ویتامین C

نتایج تجزیه واریانس آزمون‌های ویتامین C و فنول کل برای انواع سبزی مورد بررسی نشان داد که حداقل بین میانگین دو تیمار از اثر اصلی دُز پرتو دهی برای ویتامین C و فنول کل اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. در مطالعه حاضر اثر اصلی نوع اتمسفر بسته‌بندی، زمان و اثرات متقابل بر محتوای فنول کل و ویتامین C معنی‌دار نبوده است. مطابق نتایج

جدول ۱ و شکل ۲ بیشترین و کمترین محتوای فنول کل در تره و جعفری در تیمار پرتودهی ۰/۵ kGy و ۱ مشاهده شده است.

جدول ۱. مقایسه میانگین اثر اصلی دُز پرتودهی در آزمون محتوای فنول کل و آسکوربیک اسید (ویتامین C)

ویتامین C (mg /100g wb)	فنول کل (mg Gallic acid/100g wb)	دُز (kGy)	سبزی
(۵۰/۳ ± ۰/۰۲) <sup>a</sup>	(۹۵/۲ ± ۰/۰۱) <sup>b</sup>	۰	تره
(۳۹/۷ ± ۰/۰۱) <sup>c</sup>	(۸۳/۷ ± ۰/۰۲) <sup>c</sup>	۰/۲۵	
(۴۵/۵ ± ۰/۰۲) <sup>b</sup>	(۱۰۴/۱ ± ۰/۰۱) <sup>a</sup>	۰/۵	
(۱۲/۴ ± ۰/۰۱) <sup>d</sup>	(۷۱/۲ ± ۰/۰۱) <sup>d</sup>	۱	جعفری
(۹۰/۶ ± ۰/۰۲) <sup>a</sup>	(۱۴۸/۵ ± ۰/۰۱) <sup>c</sup>	۰	
(۶۷/۰ ± ۰/۰۱) <sup>c</sup>	(۱۵۰/۹ ± ۰/۰۱) <sup>b</sup>	۰/۲۵	
(۸۶/۴ ± ۰/۰۲) <sup>b</sup>	(۱۷۶/۱ ± ۰/۰۱) <sup>a</sup>	۰/۵	
(۴۲/۷ ± ۰/۰۱) <sup>d</sup>	(۱۰۸/۱ ± ۰/۰۱) <sup>d</sup>	۱	

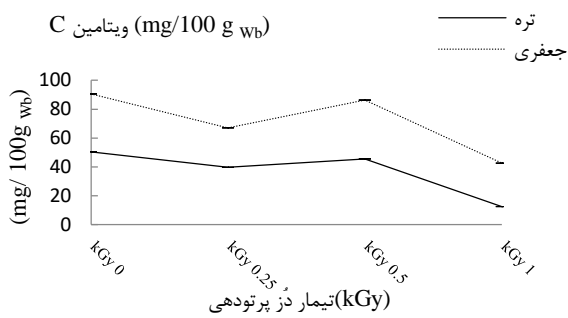
حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف آماری معنی‌دار سطح ۵٪ است.

در این پژوهش، اثر اصلی دُز پرتودهی بر محتوای فنوای معنی‌دار بود که در اغلب نمونه‌های سبزی با افزایش دُز تا ۰/۵kGy محتوای فنولی افزایش یافته و سپس با افزایش دُز به ۱ kGy محتوای فنولی کاهش یافته است که با نتایج تحقیقات زیر همسویی دارد.

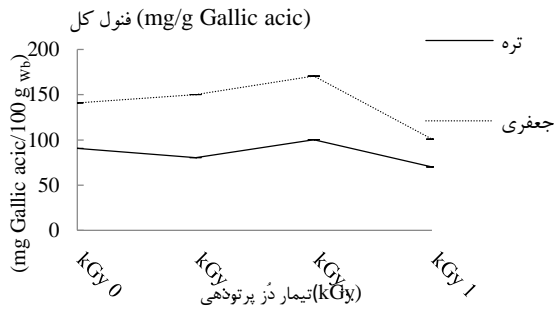
مطابق نتایج مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۶ نمونه‌های نگهداری شده در خلا و پرتودهی شده با دُز ۲kGy به دلیل کاهش اسیدهای فنلی کل، محتوای فنلی کمتری را نشان دادند. MAP و نگهداری در یخچال در دمای ۴ °C، محتوای فنلی اولیه را به خوبی حفظ کرد، در حالی که پرتودهی ۵ kGy غلظت اسیدهای فنلی را افزایش داده، همچنین ترکیبات فنلی کل حفظ می‌شود. علاوه بر این، مشخص شد که این ترکیبات به شدت با فعالیت مهار رادیکال‌های آزاد DPPH ارتباط دارند [۱۲].

کیفیت و کمیت ترکیبات فنلی به‌عنوان شاخص کیفی مواد گیاهی به‌طور گسترده‌ای پس از هرگونه تیمار، به ویژه پرتودهی، استفاده می‌شود. داده‌ها نشان دهنده افزایش معنی‌داری در محتوای فنل کل و ظرفیت ضداکسایشی کل در نمونه‌های نعنای تازه پرتودهی شده در مقایسه با شاهد است. چنین افزایشی در فنل کل به دلیل آزاد شدن ترکیبات فنلی از اجزای گلیکوزیدی و تجزیه ترکیبات فنلی بزرگتر به ترکیبات کوچکتر توسط پرتوهای گاما است. این افزایش احتمالاً مربوط به اثر پرتودهی در شکستن پیوندهای شیمیایی پلی فنول و در نتیجه آزاد شدن فنل‌های محلول با وزن مولکولی کم است که در افزایش خاصیت ضداکسایشی نیز موثر هستند. همچنین افزایش مشاهده شده در پوست مرکبات پرتودهی شده با دُز بسیار کم به افزایش فعالیت آنزیم‌ها به ویژه فنیل آلانین آمونیا لیاز (PAL) پس از برداشت نسبت داده می‌شود [۱۳].

شیندلر و همکاران گزارش داد که تیمار پرتودهی گاما (۲kGy، ۴ و ۶) به‌طور معنی‌داری غلظت ترکیبات فنلی مانند P-هیدروکسی بنزیل آلدئید، P کوماریک اسید، فرولیک اسید، روتین و نارینجینین را در گوجه‌فرنگی کاهش می‌دهد [۱۴]. گزارش‌های متعدد میزان قابل توجهی از محتوای فنلی را در دامنه ۰/۷۴-۶/۷۶ mg/g گیاه نشان داده‌اند. اسیدهای گالیک، p-کوماریک، فرولیک و سیناپیک، کامفرول، ایزورامنتین، کوئرستین و روتین ترکیبات فنولی شناخته شده در تره هستند. محتوای فنولی در ۱۰۰ g نمونه در محدوده ۷۴-۶۷۶ mg است [۱۵]. در نتایج مطالعه حاضر محتوای فنولی در ۱۰۰ g نمونه ۱۵۰-۲۰۰ mg بوده و در این دامنه قرار دارد.



شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین اثر اصلی دُز پرتو دهی بر ویتامین C



شکل ۲. نمودار مقایسه میانگین اثر اصلی دُز پرتو دهی برای آزمون فنول کل انواع سبزی

## محتوای آسکوربیک اسید (ویتامین C)

مطابق نتایج جدول ۱ و شکل ۳ بیشترین و کمترین محتوای آسکوربیک اسید (ویتامین C) در تره و جعفری در تیمار شاهد پرتو دهی و ۱ kGy مشاهده شده است. در بین تیمارهای پرتو دهی بیشترین مقدار مربوط به نمونه پرتو دهی شده در ۰/۵ kGy بوده است.

ویتامین‌های غذایی به دلیل محافظت شدگی توسط اجزای غذایی در برابر پرتوهای یون‌ساز نسبت به محلول‌های خالص ویتامین مقاوم هستند. در فرآوری میوه‌ها و سبزیجات، به ترتیب تیامین و آسکوربیک اسید در میان ویتامین‌های محلول در آب دارای حساسیت پرتوی بیشتری هستند. به دلیل افزایش رادیکال‌های اکسنده، در دُزهای پرتو دهی گاما بالاتر از ۱ kGy آسکوربیک اسید در برگ‌های کوچک اسفناج کاهش می‌یابد. فرض بر این بود که در طی پرتو دهی، از دست دادن ویتامین‌ها به نوع غذا (میوه‌ها و گونه‌های گیاهی یا رقم)، وضعیت فیزیکی و دما، میزان دوری و ممانعت از هوا، وجود اکسیژن و دُز پرتو دهی و آهنگ دُز بستگی دارد. آسکوربیک اسید در اثر پرتو به اسید دهیدروآسکوربیک تبدیل می‌شود. پیشنهاد شد که ویتامین‌ها در هنگام انبارش نیز در محصول پرتو دهی شده تخریب می‌شوند. اثرات اولیه پرتو بر ویتامین‌ها در دُزهای پایین قابل توجه نیست. اما، ترکیب رادیکال‌های آزاد تولید شده در اثر پرتو با ویتامین‌های ضداکسنده می‌تواند بخشی از اثر ضداکسنده‌گی آن‌ها را از بین ببرد [۱۶].

محتوای ویتامین C تره تازه با افزایش زمان نگهداری در ۴ °C و دُز پرتو، کاهش یافت. تفاوت‌های یافت شده از نظر میزان ویتامین C در بین نمونه‌ها در روز اول و آخر معنی‌دار نبود ( $P > 0.05$ ). تره‌های تازه دارای مقادیر ویتامین C خوبی در روز آخر بودند ( $< 5$  میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) [۱۷].

محتوای آسکوربیک اسید با افزایش دُز پرتو دهی در ۰/۲۵ تا ۱/۲۵ هنگام نگهداری در ۴ °C، به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این نشان داد که آسکوربیک اسید در درجه اول در برابر پرتوهای یون‌ساز اکسید می‌شود. با این حال، هیچ ارتباط خطی بین محتوای آسکوربیک اسید و دُز جذب شده تأیید نشد. به علاوه، نمونه‌های نگهداری شده پس از ۳، ۶ و ۹ روز ذخیره‌سازی به ترتیب (۲۰/۷۶٪)، (۳۰/۴۶٪) و (۴۵/۶۰٪) آسکوربیک اسید کمتری نسبت به گروه شاهد داشتند. آسکوربیک اسید به عنوان یک ضداکسنده عمل می‌کند و از سلول‌ها در برابر تنش اکسایشی محافظت می‌کند. آسکوربیک اسید مهم‌ترین ضداکسنده محلول در آب در برگ‌های گیاه بود. برخی از محققان، افزایش قابل توجهی در آسکوربیک اسید به منظور انطباق با تنش، در توت دریافتند [۱۳].

در مورد اسیدهای آلی، برگ‌های شاهد در روز اول مقادیر بیشتری از آسکوربیک اسید را نشان می‌دهند، در حالی که اسیدهای آلی کل کمتر است. در میان نمونه‌های ذخیره شده، دُز ۶ kGy اثرات منفی بر محتوای آسکوربیک اسید و اسیدهای آلی کل، و دُز ۱ kGy بر افزایش این ترکیبات آب دوست تأثیر داشت. کاهش این اسیدهای آلی را می‌توان به اثرات مستقیم پرتوهای گاما یا به عملکرد رادیکال‌های آزاد که در طول رادیولیز آب ایجاد می‌شود، نسبت داد که باعث تبدیل (اکسایش) آسکوربیک اسید به اسید دهیدروآسکوربیک می‌شود. همچنین کاهش محتوای آسکوربیک اسید ممکن است به اثر متقابل آن با سایر ترکیبات نسبت داده شود، که برای محافظت از آن‌ها در برابر آسیب اکسایشی واکنش نشان می‌دهد [۱۸].

مطالعه Akhter و همکاران نشان داد که از دست دادن آسکوربیک اسید در نمونه‌های پرتودهی شده در مقایسه با شاهد بیشتر بود. کاهش سریع آسکوربیک اسید در اسفناج پرتودهی شده ممکن است یک پاسخ استرس به پرتو باشد. آسکوربیک اسید یک ترکیب فعال زیستی حساس به حرارت است و در اثر فرآیندهای اکسایشی، تحریک شده در حضور نور، اکسیژن و آنزیم‌هایی مانند آسکوربات اکسیداز و پراکسیداز، تجزیه می‌شود. بنابراین به دلیل پرتودهی در حضور هوا، ممکن است اکسایش آسکوربیک اسید رخ داده باشد که به طور معنی‌داری در کاهش مشاهده شده نقش دارد. همچنین ممکن است در طی پرتودهی گرمای ملایمی ایجاد شده باشد که منجر به کاهش محتوای آسکوربیک اسید شود [۱۹].

#### ۵. نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج، محتوای فنل کل با افزایش دُز پرتو در اکثر تیمارها کاهش یافت. محتوای اسید اسکوربیک با افزایش دُز پرتو در اکثر تیمارها به جز جعفری در دُز ۰/۵ kGy کاهش یافت. با توجه به نتایج، تیمارهای پرتودهی شده در اتمسفر بسته‌بندی N<sub>2</sub> به عنوان شرایط نگهداری بهینه برای نگهداری تره و جعفری تازه تا ۱۰ روز در دمای ۴ °C توصیه می‌شود.

#### ۶. تشکر و قدردانی

از پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای به دلیل حمایت‌های مالی و معنوی قدردانی می‌شود.

#### ۷. مراجع

1. Mahdavianmehr, H., Asnoashari, M. & Sedaghat, N. (2013). New methods of packaging fruits and vegetables. *Scientific Quarterly Journal of Packaging Science and Technology*, 13: 30-43 (In Persian).
2. Fan, X. (2005). Antioxidant capacity of fresh-cut vegetables exposed to ionizing radiation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(6): 995-1000.
3. Serrano, C., Matos, A., Teixeira, B., Ramos, C., Neng, N., Nogueira, J., Leonor Nunes, M., Marques, A. (2011). Antioxidant and antimicrobial activity of *Satureja montana* L. extracts. *Journal of Science Food Agriculture*, 91: 1554-1560.
4. Pragalyaashree, M.M., Thirupathi, V. & John Kennedy, Z. (2017). Impact of Gas Composition, Temperature and Pre-Treatments on Mint Leaves Quality under Modified Atmosphere Packaging. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6 (6): 2616-2632.
5. FDA (Food and Drug Administration, USA). (2006). Spinach and *E. coli* outbreaks. URL: <<http://www.FDA.gov/oc/opacom/hottopics/spinach.html>. > (accessed 06.02. 2009).
6. Fang, X., Chen, H., Gao, H., Yang, H., Li, Y., Mao, P. & Jin, T.Z. (2016). Effect of modified atmosphere packaging on microbial growth, quality and enzymatic defense of sanitizer washed fresh coriander. *International Journal of Food Science and Technology*, 51, 2654-2662.
7. Al-Suhaibani, A.M., Amal N. Al-Kuraieef, N. (2011). Antioxidant, Microbial and Sensory Evaluation of Fresh Mint Leaves Irradiated with Various Doses of  $\gamma$ -Irradiation. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 3(4): 122-128.
8. Shahnazi, R., Mehrdadfar, F. & Ebrahimzadeh, M. (2018). Impact of extraction methods on total phenolic and flavonoid contents, antioxidant and antihypoxic properties of *allium ampeloprasum* in mice. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 27 (158): 27 – 44.
9. Catunescu, G.M., Muntean, M., Marian, O., Paula David, A. (2019). Comparative effect of gamma irradiation, drying and freezing on sensory, and hygienic quality of parsley leaves. *LWT - Food Science and Technology*, 115: 108448.
10. Anonymous. (2006). Food and Environmental Protection Newsletter.
11. AOAC 967.21. (2010). Ascorbic acid in vitamin preparations and juices. 2,6-dichloroindophenol titrimetric method.
12. Pinela, J., Barros, L., Antonio, A.L., Carvalho, A.M., Beatriz, M., Oliveira, P.P. & C. F. R. Ferreira, I. (2016a). Quality Control of Gamma Irradiated Dwarf Mallow (*Malva neglecta* Wallr.) Based on Color, Organic Acids, Total Phenolics and Antioxidant Parameters. *Molecul*, 21(4): 467-480.

13. Abou El-Leel, O.F., Naweto, M., & Mostafa, M. (2018). Effect of Gama Irradiation on quality and storage ability of Mentha (*Mentha virids* L.). *The International Journal of Environment & Agricultural Sciences*, 2(1): 1-11.
14. Ahuja, S., Kumar, M., Kumar, P., Gupta, V.K., Singhal, R.K., Yadav, A. & Singh, B. (2014). Metabolic and biochemical changes caused by gamma irradiation in plants. *Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry*, 300:199-212. 19.
15. Singh, V., Chauhan, G., Krishan, P., Shri, R. (2018). *Allium schoenoprasum* L.: a review of phytochemistry, pharmacology and future directions. *Natural Product Research*, 32(18): 2202–2216.
16. Sharma, P., Sharma, S. R., Mitta, T. C. (2020). Effects and Application of Ionizing Radiation on Fruits and Vegetables: A Review. *Journal of Agricultural Engineering*, 57(2): 97-126.
17. Junqueira-Goncalves, M.P., Zun`iga, G.E., Za´rate, H., Arcos, K., Ganga, A., & Miltz, J. (2012). Effect of  $\gamma$ -radiation on chives safety and quality. *International Journal of Food Science*, 47(11): 2436-2443.
18. Pinela, J., Barreira, J.C.M., Barros, L., Cabo Verde, S., Antonio, A.L., Carvalho, A.M., Beatriz, M., Oliveira, P.P. & C. F. R. Ferreira, I. (2016b). Suitability of gamma irradiation for preserving fresh-cut watercress quality during cold storage. *Food Chemistry*, 206: 50-58.
19. Akhter, F., Islam, M., Khatun, A., Kamruzzaman, M., Munshi, M.D., Hossain, A., Hoque, M. & Huque, R. (2013). Biochemical composition and effects of radiation on sensory, biochemical and physiological quality of fresh spinach (*Spinacia oleracea* L.). *International Journal of Biosciences*, 3(5): 25-34.