مجله علوم و فنون هسته‌ای، جلد ۹۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰

Journal of Nuclear Science and Technology
Vol. 98, No. 1, 2022

اثرات پرتوفراوری گاما بر ویژگی‌های میکروبی و حسی- چشایی تره و جعفری تازه

مرضیه احمدی‌روشن[۱]، سمیرا برنجی اردستانی*[۱]، سارا شیخ نصیری[۲]، سپیده سادات جمالی[۲]، مونا سرابی[۲]

۱. پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۳۴۸۶-۱۱۳۶۵، تهران- ایران

۲. شرکت توسعه کاربرد پرتوها، سازمان انرژی اتمی ایران، صندوق پستی: ۸۳۶-۱۴۳۹۵، تهران- ایران

*Email: sardestani@aeoi.org.ir

مقاله‌ی فنی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۲/۳۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۹/۶/۲۱

چکیده

مصرف سبزیجات تازه نقش مهمی در ارتقای سلامتی افراد جامعه و پیشگیری از بیماری‌های مختلف دارد، اگرچه این محصولات مفید ناقلی مناسب برای انتقال باکتری‌ها، انگل‌ها و ویروس‌های بیماری‌زا به انسان هستند. ماندگاری این محصولات به‌صورت تازه بسیار محدود است و حداکثر پس از سه روز، در شرایط یخچالی قابلیت مصرف خود را از دست داده و به توده‌ای از ضایعات تبدیل می‌شوند. پرتودهی می‌تواند یک تیمار عملی برای اطمینان از ایمنی و افزایش ماندگاری سبزیجات تازه و امکان صادرات آن‌ها به بازارهای بین‌المللی باشد. در این پژوهش اثرات دزهای پرتودهی گاما ۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ کیلوگری بر کیفیت میکروبی و ایمنی تره و جعفری تازه نگه‌داری شده در دو دمای ۲۵ و ۴ $^{\circ}C$ بررسی شد. نتایج نشان دادند که نمونه‌های نگه‌داری شده در دمای ۲۵ $^{\circ}C$ به علت بار میکروبی بالا در همان دو روز اول از چرخه مطالعه حذف شدند. در نمونه‌های پرتودهی تا روز ۸ روند کاهش بارمیکروبی وابسته به دز مشاهده شد. باکتری‌های بیماری‌زای غذایی *E.coli* و *Staphylococcus aureus*، فقط در نمونه‌های شاهد و ۰/۲۵ kGy حضور داشتند. بنابراین با توجه به نتایج قابل پذیرش از نظر ایمنی میکروبی و حسی و چشایی، در صنعت فراوری سبزی، پرتودهی ۰/۵ کیلوگری همراه با نگه‌داری یخچالی می‌تواند در افزایش ماندگاری تره و جعفری تازه در حدود ۸ روز و کاهش ضایعات مورد استفاده قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: پرتودهی گاما، تره، جعفری، میکروبی، حسی- چشایی

Effects of gamma irradiation on microbial and sensory properties of fresh leek and parsley

M. Ahmadi Roshan[1], S. Berenji Ardestani*[1], S. Sheikh Nasiri[2], S.S. Jamali[2], M. Sarabi[2]

1. Application Radiation Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, AEOI, P.O.Box: 11365-3486, Tehran-Iran
2. Radiation Application Development Company, AEOI, P.O. Box: 14395-836, Tehran, Iran

Technical Paper
Received 19.5.2020, Accepted 11.9.2020

Abstract

The consumption of fresh fruits and vegetables plays an important role in promoting the general public's health and preventing various diseases. However, these useful products can be a good carrier for transmitting bacteria, parasites, and pathogens to humans. The shelf life of these products is very limited and, after three days of storage under refrigerated conditions, they will lose their consumption and change to a bulk of food waste. Irradiation can be a suitable treatment to ensure safety, increase the shelf-life of fresh vegetables, and create the possibility of exporting them to international markets. In this study, the effects of irradiation doses at 0, 0.25, 0.5, 0.75, and 1 kGy on microbial quality and safety of fresh leek and parsley vegetables preserved at 25 and 4 °C were investigated. This study showed that the samples stored at 25°C due to high microbial load in the first two days were removed from the study cycle. In irradiated samples, until the eighth day, a dose-dependent reduction of the microbial load was observed. Foodborne pathogenic bacteria including *E.coli* and *Staphylococcus aureus* were present only in control and 0.25 kGy irradiated samples. Therefore, considering acceptable results in terms of microbial safety and sensory assays, in fresh leafy vegetables processing industry, gamma irradiation at a dose of 0.5 kGy with keeping at 4 $^{\circ}C$, can enhance shelf life up to 8 days and decrease wastes of vegetables including leek, parsley.

Keywords: Gamma irradiation, Leek, Parsley, Microbial, Sensory

۱. مقدمه

بر اساس آمارهای سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد[1]، میانگین مصرف سرانه سالانه میوه و سبزی در جهان ۶۲ کیلوگرم است. ایران با مصرف سرانه ۱۵۸ کیلوگرم میوه و سبزی سالانه، در رتبه یازدهم جهانی و بالاتر از کشورهای توسعه یافته اروپای غربی و آمریکای شمالی (با مصرف ۱۱۷ و ۱۱۲ کیلوگرم در سال) و نیز کشورهای دیگر خاورمیانه با سرانه مصرف ۸۹ کیلوگرم در سال هستند، اما براساس آمار، ضایعات آن در کشور ایران، بیش از ۲۷٪ است. با به‌کارگیری فراوری مناسب، علاوه بر تأمین میوه و سبزی در بازار داخل و کاهش ضایعات آن، در بازارهای بین‌المللی نیز حضور چشم‌گیری خواهد یافت [۱]. سبزی‌های تازه ارزش تغذیه‌ای زیادی دارند و مصرف آن‌ها در سلامت انسان مؤثر است. در بسیاری از کشورها به مردم توصیه زیادی می‌کنند که در رژیم غذایی روزانه خود، حداقل روزی پنج نوبت از سبزی‌ها و میوه‌های تازه استفاده کنند. این محصولات به‌صورت تازه و بدون فراوری و یا با حداقل فراوری، می‌توانند ناقلی مناسب برای انتقال باکتری‌ها، انگل‌ها و ویروس‌های بیماری‌زا به انسان باشند [۲].

تره (*A. ampeloprasum* L.) از جنس گیاه *Allium* از خانواده *Liliaceae* و فرم وحشی از Leek است که بر اساس نام‌گذاری گیاه‌شناسان آن را زیر گونه *persicum* نامیده‌اند. این گیاه که به‌طور گسترده کشت می‌شود، بومی خاورمیانه بوده و از نظر اقتصادی اهمیت زیادی دارد. این گیاه در ایران Tarreh نامیده می‌شود و به‌طور گسترده در باغات بزرگ از قرن دهم در تمامی کشور کاشته می‌شود. این گیاه به‌طور خام عضو اصلی سبزی خوردن است. یا برای تهیه سوپ یا خورشت‌ها استفاده می‌شود. این گیاه در ایران در طب سنتی، در درمان یبوست، آسم، نقرس، چاقی، هموروئید، سردرد به‌عنوان دیورتیک و افزایش میل جنسی استفاده می‌شود. تره حاوی سطوح بالایی از لوتئین، بتاکاروتن و ویتامین ث است. در مطالعه‌ای که در بلژیک انجام گرفت، نتایج حاکی از آن بود که عموماً فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ‌های سبز بیش‌تر از ساقه‌های سفید است. بررسی آماری نشان داد که در تره، فنل و ویتامین ث موجود در گیاه عمدتاً مسئول فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه هستند [۳].

جعفری گیاهی دوساله از تیره چتریان است که در صنایع غذایی، داروسازی، عطرسازی و آرایشی استفاده می‌شود. جوشانده این گیاه در درمان ادم بافت‌ها، خیز عمومی بدن، سنگ کلیه (ترکیب مدر)، اختلالات دستگاه گوارش، نفخ، زردی، بیماری‌های کبد و طحال، تنگی نفس، قطع قاعدگی ناشی از ضعف در زنان جوان و بیماری‌های جلدی به‌کار می‌رود. از برگ‌های جعفری به‌عنوان فاکتور کاهنده قند خون در بیماران دیابتی استفاده می‌شود. هم‌چنین در درمان فشارخون، التهاب مفاصل و سل استفاده می‌کنند. ترکیبات برگ گیاه افزایش‌دهنده ظرفیت احیای پلاسما و کاهنده استرس اکسایشی بوده و نیز خواص ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن نیز شناخته شده است. خواص درمانی جعفری مربوط به ترکیبات فلاونوییدی، آپیئین، لوتئولین، گلیکوزیدها، آپیجنین، کاروتنوییدها، آسکوربیک اسید، توکوفرول، میریستیسین، کومارین‌ها، برگاپتن، ایمپراتورین، فتالیدها، فرانوکوکومارین‌ها و سسکویی‌ترپن‌ها است [۴].

تقاضا برای منابع طبیعی نگه‌دارنده‌ها در حال افزایش است، زیرا مصرف‌کنندگان این محصولات را ترجیح می‌دهند. جعفری، پرمصرف‌ترین گیاه معطر در اروپا عمدتاً به‌دلیل طعم آن است. این گیاه غنی از فنل‌ها است و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی، ضد باکتری و ضد قارچی را به ارمغان می‌آورد. تخریب پلی‌فنل‌ها، به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان نشان‌گر شدت تیمارهای فراوری استفاده می‌شود. مطالعات بسیاری کارایی پرتو یون‌ساز برای افزایش زمان ماندگاری ادویه‌ها، گیاهان معطر و سبزی‌های برگی تازه با نتایج خوب در رابطه با کیفیت و محتوای مواد مغذی طبیعی گیاه را نشان می‌دهند [۵].

برگ‌های جعفری به‌صورت تازه در سبزی خوردن، انواع غذاها و خشک شده آن نیز در انواع مواد غذایی فوری، برای مثال طعم دهنده در سوپ و سوسیس کاربرد دارند. جعفری منبع بسیار غنی از ویتامین‌های C و E، بتا کاروتن، تیامین، ریبوفلاوین، مواد معدنی و آلی است. طبیعت جعفری مانند بسیاری از گیاهان دیگر فصلی است. به‌منظور حفظ این گیاه فصلی و بسیار فسادپذیر و قابلیت دسترسی مصرف‌کنندگان به آن در تمام طول سال با قیمت‌های پایین، تحت تیمارهای فراوری پس از برداشت گوناگونی قرار می‌گیرد [۶].

اکسایش لیپید علت اصلی کاهش کیفیت غذا است. بسیاری از گیاهان آشپزخانه‌ای (به‌عنوان مثال، جعفری، گشنیز، رزماری، ریم گلی و آویشن) به‌عنوان آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی عمل می‌کنند. در شرایط آزمایشگاهی، اجزای برگ تازه جعفری، آنیون سوپراکسید و عصاره‌های متانولی جعفری رادیکال‌های هیدروکسیل را علاوه بر حفاظت در برابر اکسایش غشایی القاء شده توسط اسکوربیک اسید، روبش و جمع‌آوری می‌کند. گیاهان دارویی مانند جعفری دارای مواد فیتوشیمیایی با ویژگی‌های دوگانه در جلوگیری از اکسایش لیپید و فساد میکروبی دارای توانایی فوق‌العاده‌ای برای افزایش طول عمر محصولات غذایی با حداقل استفاده از مواد نگه‌دارنده مصنوعی

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

هستند. عملکرد دوگانه عوامل طعم‌دهنده غذایی، فسفات‌ها و لاکتات‌های غذایی شامل خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی مدت‌ها است که شناخته شده است [۷].

مطابق آمارهای FAO، حدود ۲۵٪ از تولید تمام مواد غذایی در سراسر جهان پس از برداشت محصول به دلیل حشرات، میکروب‌ها و فساد در نتیجه فراوری و نگه‌داری ناصحیح پس از برداشت، نابود می‌شوند. محصولات غذایی به منظور صادرات در سراسر جهان، باید استانداردهای بالای کیفیت و قرنطینه را کسب نمایند. سازمان غذا و کشاورزی پرتودهی را در سطح ملی، جهت بهداشت گیاهی[1] به کشورهای عضو پیشنهاد داده است [۸].

اقدامات سنتی برای از بین بردن عوامل بیماری‌زای سبزی کافی نیست و تیمارهای آلودگی‌زدایی مناسب پس از برداشت برای کنترل جمعیت عوامل بیماری‌زا در تولیدات خام لازم است [۸]. کاربرد گندزداها مانند کلر و ترکیبات آن در پاک‌سازی سبزی با اثر نسبتاً کمی بر کاهش جمعیت میکروبی، از راه‌های مهم پیشگیری از بیماری‌ها است. مقدار مناسب کلر جهت گندزدایی و زمان تماس با ریززنده‌های بیماری‌زا، غالباً چالش برانگیز است [۹]. صرف‌نظر از مسایل اقتصادی، تأثیر نامطلوب بر کیفیت سبزی از نظر طراوت ظاهری، حذف رایحه مطلوب برخی از سبزی‌ها و افزایش مقدار کلر در محیط آبی، موجب تشکیل ترکیبات جانبی کلره شده که مخاطره‌آمیز بودن آن، مؤکد است [۱۰]. هیچ تیماری به تنهایی نمی‌تواند تعداد میکروارگانیسم‌های سبزیجات تازه را که خام مصرف می‌شوند، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. فرایند پاستوریزه کردن غیرحرارتی و سرد پرتوتابی، می‌تواند تیمار جایگزین عملی برای اطمینان از حفظ ارزش تغذیه‌ای، کیفیت و ایمنی سبزی‌های خام به‌واسطه‌ی کنترل عوامل بیماری‌زا بدون تأثیر معنی‌دار بر ویژگی‌های حسی یا حسی- چشایی باشد. پرتودهی مواد غذایی به‌عنوان یک تیمار فیزیکی و غیرحرارتی، در دمای اتاق یا نزدیک دمای اتاق در بسته‌بندی نهایی مواد غذایی جهت کاهش آلودگی متقاطع مواد غذایی انجام می‌شود [۱۱]. پرتودهی تغییرات قابل توجهی در اسید آمینه، اسید چرب و ویتامین مواد غذایی ایجاد نمی‌کند. پرتودهی ابزاری مهم علیه بیماری‌ها و مرگ حاصل از بیماری‌های ناشی از مواد غذایی و عاملی برای بهبود بهداشت مواد غذایی است. پرتودهی، مواد پرتوزا در مواد غذایی ایجاد نمی‌کند. پرتودهی مانند سایر فراوری‌ها نمی‌تواند مواد غذایی فاسد را، قابل مصرف سازد. اگر غذا، ظاهر، بو، طعم یا هرگونه علایم فساد داشته باشد، نمی‌توان آن را با هیچ تیماری از جمله پرتودهی اصلاح و قابل مصرف کرد. سالانه، بیش از نیم میلیون تن از ۴۰ نوع ماده غذایی (یک درصد از مواد غذایی مصرفی سالانه) در بیش از ۴۰ کشور، پرتودهی می‌شود [۹].

کاهش نگرانی و افزایش مصرف بیش‌تر سبزی تازه موجب افزایش تقاضا برای انواع سبزی تازه، افزایش درآمد ملی و حتی رونق تجارت بین‌المللی آن نیز خواهد شد. این پژوهش، با توجه به لزوم رعایت ایمنی و سلامت تغذیه مردم کشور، حذف ضدعفونی سبزیجات قبل از انبار، بی‌نیاز کردن تولیدکنندگان از مصرف مواد شیمیایی، قابلیت استفاده پس از بسته‌بندی، جلوگیری از ایجاد آلودگی ثانویه در محصول پیشنهاد شده‌است. لازم به ذکر است، پرتوفراوری گاما در دزهای پیشنهادی در این پژوهش (۰ kGy، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱) همراه با بررسی اثرات آن بر ویژگی‌های میکروبی، حسی- چشایی و ماندگاری سبزیجات برگی تازه تره و جعفری تاکنون در کشور انجام نشده‌است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۱.۲ پرتودهی نمونه‌ها

در روز صِفر، نمونه‌های تره و جعفری تازه که به‌صورت جداگانه در کیسه‌های پلاستیکی پلی‌اتیلن با چگالی پایین (پلیمر با درجه مواد غذایی، ضخامت ۲۵ میکرون، سرعت انتقال اکسیژن ۱۱/۸۹±۲۷۸۷ $cc/m^2/day/atm$، نفوذپذیری به بخار آب ۰/۱۷±۴/۹۱ $g/m^2/day$ و تنش کششی ۰/۴۱±۱۴/۱ MPa) بسته‌بندی شدند با چشمه کبالت-۶۰، در گاماسل ۲۲۰ ساخت شرکت Nordion کانادا با آهنگ دز ۱/۹۸ Gy/s در دمای محیط با دزهای ۰ kGy (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ پرتودهی شدند. آزمایش‌ها روی نمونه‌های تره و جعفری تازه شاهد و پرتودیده نگه‌داری شده در دو دمای ۴ °C و ۲۵ (در شرایط تاریکی) در روزهای صفر، ۸ و ۱۵ انجام و با مقایسه نتایج، دز بهینه برای پرتو فراوری تره و جعفری تازه، تعیین و اثرات فراوری بر کیفیت میکروبی و حسی- چشایی، ارزیابی شد. آزمون‌ها با سه تکرار انجام شد.

۲.۱.۲ آزمون‌های میکروبی

بررسی‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروبی [۱۲، ۱۳]، شمارش باکتری‌های اسپورزا [۱۴-۱۶]، شمارش کلی کپک و مخمر [۱۷]، شمارش کلی‌فرم‌ها [۱۸]، *E.coli* [۱۹] و *Staphylococcus* [۲۰، ۲۱] با استفاده از محیط‌های میکروبی مورد نیاز از شرکت مرک آلمان مطابق استانداردهای ملی ایران و روش کار میکروبیولوژی شرکت مرک آلمان، انجام می‌شوند. آزمون‌های میکروبی برای هر نمونه با سه تکرار و به صورت

1. Phytosanitary

دوتایی[1] انجام شد. نتایج بررسی و پس از انتخاب پلیت‌های مناسب، برای باکتری‌ها دارای ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی [۱۲] و برای قارچ‌ها بین ۱۵ تا ۱۵۰ کلنی [۱۷] اقدام به شمارش و میزان آلودگی نمونه برحسب log CFU/g بیان شد. رقت اولیه ۰/۱ با حل کردن مقدار ۱۰ گرم از نمونه سبزی در ۹۰ ml بافر پپتون سترون آماده شده و با استفاده از همزن[2] همگن و سریال‌های رقت از رقت اولیه تهیه شدند.

۳.۱.۲ آزمون حسی- چشایی

ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۵ نفر ارزیاب آموزش دیده و باتجربه و با استفاده از روش هدونیک انجام شد. نمونه‌های پرتودهی‌شده و شاهد ابتدا با آب شسته شده و پس از خروج آب اضافی در لیوان‌های پلاستیکی کدگذاری شده قرار گرفتند. در هر لیوان ۱۰ گرم نمونه تره یا جعفری قرار گرفت. ارزیابی در دمای اتاق و زیر نور فلورسنت انجام شد. به‌منظور افزایش دقت قبل از شروع ارزیاب‌ها دهان خود را با آب شستند. صفات مورد ارزیابی شامل نرمی، شکل، طعم، عطر و رنگ بود. در این آزمون هر داور برای هر تیمار از ۱ تا ۵ امتیازی را در نظر گرفته که عدد ۱ بسیار نامطلوب و عدد ۵ بسیار مطلوب بود و داورها بدون تشخیص انواع تیمارها و شاهد، نمونه‌ها را طبقه‌بندی کردند [۲۲].

۴.۱.۲ تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش ویژگی‌های حسی در قالب طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار بررسی می‌شود. آزمون نمایه‌های رنگ و سایر آزمایش‌های شیمیایی و میکروبی با آزمون فاکتوریل با دو فاکتور زمان در ۳ سطح (روزهای ۰، ۸ و ۱۵) و دز پرتودهی در ۵ سطح (۰kGy، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱) و در قالب طرح پایه آزمایشی کاملاً تصادفی بررسی خواهد شد. در این طرح از نرم‌افزارهای SPSS ۱۹، minitab ۱۷ و SAS استفاده خواهد شد. مقایسه میانگین توسط آزمون LSD و در سطح معنی‌داری تیمار مورد نظر بررسی خواهد شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۳ تجزیه واریانس کلی شمارش میکروبی

نتایج تجزیه واریانس شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی، اسپوردار، *Enterobacteriaceae* و کپک و مخمر برای تره و جعفری تازه نشان داد که حداقل بین میانگین دو تیمار از هر کدام از اثرات دز، دما و زمان و اثرات متقابل دوتایی دز × زمان و زمان × دما اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۱). اثر متقابل دز × دما بر شمارش کپک و مخمر، تره و جعفری تازه معنی‌دار نیست. اثر متقابل زمان × دما × دز در آزمون‌های میکروبی، در سبزیجات معنی‌دار نیست.

۱.۱.۳ مقایسه میانگین اثر متقابل دز پرتودهی در زمان انبارمانی (دمای ۴ °C) برای شمارش میکروبی

مطابق نتایج شمارش میکروبی در دمای نگه‌داری ۲۵ °C بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین مقدار شمارش میکروبی مربوط به دمای ۴ °C است. با توجه به بالا بودن شمارش میکروبی و عدم امکان استفاده از سبزیجات انبارمانی شده در دمای محیط (۲۵°C)، این داده‌ها حذف شده و آنالیز با داده‌های ۴ °C انجام شده است. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل دز پرتودهی (kGy) در زمان (روز)، برای تره (جدول ۲) و جعفری (جدول ۳)، نشان داد که بیش‌ترین شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی، اسپوردار و کپک و مخمر در روزهای ۱۵ انبارمانی در شاهد و کم‌ترین در روز صفر انبارمانی و دز پرتودهی ۱ kGy است. بیش‌ترین شمارش *Enterobacteriaceae* در روزهای صفر انبارمانی در دز پرتودهی شاهد و کم‌ترین در روز صفر و هشت انبارمانی در دز پرتودهی ۱ kGy و در روز صفر در دز پرتودهی ۰/۷۵ kGy است (شکل ۱). در شمارش تمام تیمارها در دز ۰/۲۵ kGy کاهش معنی‌داری مشاهده می‌شود. با افزایش دز پرتودهی تا ۱ kGy، شاهد کاهش تعداد کلنی می‌باشیم. در شمارش کپک و مخمر افزایش دز پرتودهی تا ۰/۲۵ kGy موجب کاهش تعداد کلنی، در ۰/۵ kGy شاهد افزایش مجدد تعداد کلنی و پس از آن شاهد کاهش مجدد می‌باشیم. باکتری‌های *E.coli* و *Staphylococcus aureus*، فقط در نمونه‌های شاهد و ۰/۲۵ kGy حضور داشتند. نتایج شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی و کپک و مخمر مبین عدم وجود تفاوت معنی‌دار آماری بین روزهای انبارمانی ۰ و ۸ می‌باشد. در شمارش *Enterobacteriaceae* و باکتری‌های اسپوردار تفاوت معنی‌دار آماری بین هر سه زمان انبارمانی است. تعداد کلنی آن‌ها به‌ترتیب در روزهای ۰، ۸ و ۱۵ افزایش نشان می‌دهد ($P<0/05$).

1. Duplicate
2. Shaker

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس شمارش میکروبی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)			
		باکتری‌های مزوفیل هوازی	اسپوردار	آنتروباکتریاسه	کپک و مخمر
دز پرتودهی (کیلوگری)	۴	۹٫۴۳**	۹٫۰۲**	۱۶٫۴۰**	۱۴٫۸۸**
دما (درجه‌ی سانتی‌گراد)	۱	۳۵٫۵۵**	۲۲٫۹۰**	۲۱٫۰۷**	۱۲٫۴۱**
زمان (روز)	۲	۹٫۳۶**	۱۷٫۹۸**	۲٫۰۳**	۱۶٫۳۱**
دز × دما	۴	۰٫۱۷**	۰٫۱۸**	۰٫۱۰**	۰٫۰۷ns
دز × زمان	۸	۰٫۳۲**	۰٫۷۶*	۰٫۴۲**	۰٫۱۴*
زمان × دما	۲	۹٫۱۰**	۵٫۹۴**	۵٫۸۶**	۳٫۲۴**
زمان × دما × دز	۸	۰٫۰۹ ns	۰٫۰۷ns	۰٫۰۸ ns	۰٫۰۶ns
خطا	۹۰	۰٫۲۵	۰٫۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۴
کل	۱۱۹				
CV%		۱۴٫۶۵	۱۸٫۰۵	۱۸٫۰۵	۱۸٫۰۵

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد و عدم معنی‌داری است.

جدول ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل دز پرتودهی (کیلوگری) در زمان (روز) برای شمارش میکروبی تره

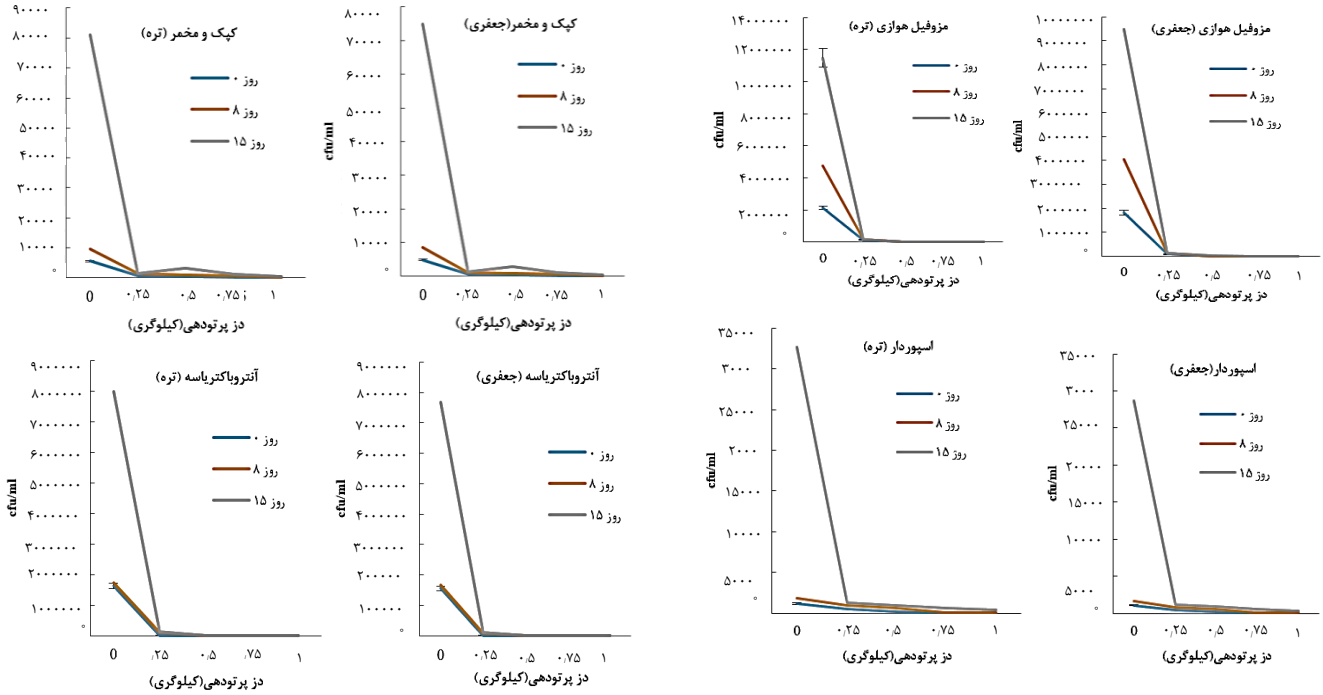
نوع باکتری	دز (کیلوگری)	زمان نگهداری		
		۰	۸	۱۵
مزوفیل هوازی	۰	(۲۱۲۲ ±۵۸۶× ۱۰^{۳})^{bc}	(۴۷۵۰ ±۹۲۵× ۱۰^{۳})^{ab}	(۱۱۴۷۵ ±۱۱۶× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۱۰۷٫۷ ±۳۶٫۱× ۱۰^{۳})^{cd}	(۱۶۷٫۷۵ ±۸۷٫۱× ۱۰^{۳})^{cd}	(۱۷۲٫۷۶ ±۶۳٫۴۵× ۱۰^{۳})^{cd}
	۰٫۵	(۳٫۴۷ ±۰٫۶۲× ۱۰^{۳})^{gh}	(۱۶٫۱ ±۵٫۳× ۱۰^{۳})^{ef}	(۲۳٫۵ ±۷٫۱× ۱۰^{۳})^{de}
	۰٫۷۵	(۰٫۷۷ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{hi}	(۳٫۲۷ ±۰٫۹۲× ۱۰^{۳})^{gh}	(۶٫۵۲ ±۱٫۴× ۱۰^{۳})^{fg}
	۱	(۰٫۱۶ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{j}	(۰٫۱۷ ±۰٫۰۰۱× ۱۰^{۳})^{j}	(۰٫۶۲ ±۰٫۱۵× ۱۰^{۳})^{i}
اسپوردار	۰	(۱٫۲ ±۰٫۰۴× ۱۰^{۳})^{bc}	(۱٫۹ ±۰٫۱۲× ۱۰^{۳})^{b}	(۳۲٫۶۵ ±۹٫۳× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۰٫۵۶ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{d}	(۱٫۰۱ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{c}	(۱٫۳۲ ±۰٫۲۶× ۱۰^{۳})^{bc}
	۰٫۵	(۰٫۲۱ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{e}	(۰٫۷۰ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{d}	(۰٫۹۷ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{c}
	۰٫۷۵	(۰٫۰۴ ±۰٫۰۰۲× ۱۰^{۳})^{g}	(۰٫۰۷ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{f}	(۰٫۶۵ ±۰٫۰۳× ۱۰^{۳})^{d}
	۱	(۰٫۰۳ ±۰٫۰۰۱× ۱۰^{۳})^{h}	(۰٫۰۶ ±۰٫۰۰۱× ۱۰^{۳})^{f}	(۰٫۳۷ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{e}
کپک و مخمر	۰	(۵۵٫۵ ±۶٫۴× ۱۰^{۳})^{c}	(۹۵ ±۸٫۱× ۱۰^{۳})^{b}	(۸۱۰ ±۳۱۵× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۷٫۷ ±۰٫۲× ۱۰^{۳})^{fg}	(۱۳٫۷ ±۰٫۸۹× ۱۰^{۳})^{de}	(۱۳٫۹۲ ±۲٫۰۲× ۱۰^{۳})^{de}
	۰٫۵	(۵٫۰۵ ±۰٫۶۱× ۱۰^{۳})^{gh}	(۱۰٫۶ ±۲٫۵× ۱۰^{۳})^{fg}	(۳۱٫۵ ±۳٫۴× ۱۰^{۳})^{cd}
	۰٫۷۵	(۲٫۹۷ ±۰٫۶× ۱۰^{۳})^{i}	(۶٫۶۲ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{fg}	(۱۳٫۳۵ ±۴٫۶× ۱۰^{۳})^{ef}
	۱	(۰٫۷۵ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{j}	(۲٫۵۵ ±۰٫۲× ۱۰^{۳})^{i}	(۳٫۳۷ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{hi}
Enterobacteriaceae	۰	(۱۶۲۵ ±۶۸× ۱۰^{۳})^{b}	(۱۷۳۵ ±۱۸۵× ۱۰^{۳})^{b}	(۷۹۷۵ ±۴۵۳× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۱۲ ±۴٫۵× ۱۰^{۳})^{e}	(۹۱٫۷۵ ±۲۴٫۲× ۱۰^{۳})^{d}	(۱۲۱٫۵ ±۳۷٫۲× ۱۰^{۳})^{c}
	۰٫۵	(۰٫۰۰۵ ±۰٫۰۰۱× ۱۰^{۳})^{i}	(۰٫۲ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{g}	(۹٫۱۵ ±۲٫۰× ۱۰^{۳})^{e}
	۰٫۷۵	(۰)^{j}	(۰٫۲۱ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{g}	(۰٫۷۷ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{f}
	۱	(۰)^{j}	(۰)^{j}	(۰٫۰۶ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{h}

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار سطح ۵٪ (روش دانکن) است.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل دز پرتودهی (کیلوگری) در زمان (روز) برای شمارش میکروبی جعفری

نوع باکتری	دز (کیلوگری)	زمان نگه‌داری		
		۰	۸	۱۵
مزوفیل هوازی	۰	(۱۸۲۲ ±۳۴۵× ۱۰^{۳})^{bc}	(۴۰۵۰ ±۴۴۶× ۱۰^{۳})^{ab}	(۹۴۸۳ ±۴۰۵× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۸۷٫۸ ±۲۴٫۳× ۱۰^{۳})^{cd}	(۱۴۸٫۸ ±۵۵٫۶× ۱۰^{۳})^{cd}	(۱۵۰ ±۴۳٫۲× ۱۰^{۳})^{cd}
	۰٫۵	(۲٫۹۸ ±۰٫۵۵× ۱۰^{۳})^{gh}	(۱۲٫۱ ±۴٫۱× ۱۰^{۳})^{ef}	(۱۹٫۴ ±۶٫۱× ۱۰^{۳})^{de}
	۰٫۷۵	(۰٫۶۹ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{hi}	(۲٫۸۷ ±۰٫۳۹× ۱۰^{۳})^{gh}	(۵٫۸۲ ±۲٫۰× ۱۰^{۳})^{fg}
	۱	(۱٫۲۳ ±۰٫۰۷× ۱۰^{۳})^{j}	(۰٫۱۵ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{j}	(۰٫۵۴ ±۰٫۰۶× ۱۰^{۳})^{i}
اسپوردار	۰	(۱٫۱ ±۰٫۰۴× ۱۰^{۳})^{bc}	(۱٫۷ ±۰٫۰۹× ۱۰^{۳})^{b}	(۲۸٫۴۵ ±۷٫۱× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۰٫۴۸ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{d}	(۰٫۸۵ ±۰٫۰۳× ۱۰^{۳})^{c}	(۱٫۱۲ ±۰٫۱۷× ۱۰^{۳})^{bc}
	۰٫۵	(۰٫۲۱ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{e}	(۰٫۵۸ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{d}	(۰٫۸۸ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{c}
	۰٫۷۵	(۰٫۰۲ ±۰٫۰۰۱× ۱۰^{۳})^{g}	(۰٫۰۶ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{f}	(۰٫۵۶ ±۰٫۰۴× ۱۰^{۳})^{d}
	۱	(۰٫۰۲ ±۰٫۰۰۱× ۱۰^{۳})^{h}	(۰٫۰۵ ±۰٫۰۰۴× ۱۰^{۳})^{f}	(۰٫۳۲ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{e}
کپک و مخمر	۰	(۴۸٫۴ ±۹٫۲× ۱۰^{۳})^{c}	(۸۴ ±۱۲٫۱× ۱۰^{۳})^{b}	(۷۵۰ ±۲۲۶× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۶٫۸ ±۰٫۸× ۱۰^{۳})^{fg}	(۱۱٫۷ ±۲٫۳۳× ۱۰^{۳})^{de}	(۱۲٫۷۲ ±۳٫۷× ۱۰^{۳})^{de}
	۰٫۵	(۴٫۸۶ ±۰٫۷۲× ۱۰^{۳})^{gh}	(۸٫۷ ±۳٫۱× ۱۰^{۳})^{fg}	(۲۷٫۵ ±۲٫۶× ۱۰^{۳})^{cd}
	۰٫۷۵	(۲٫۵۷ ±۰٫۹× ۱۰^{۳})^{i}	(۶٫۰۲ ±۰٫۸۵× ۱۰^{۳})^{fg}	(۱۱٫۲۴ ±۳٫۳× ۱۰^{۳})^{ef}
	۱	(۰٫۶۸ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{j}	(۲٫۴۲ ±۰٫۰۹× ۱۰^{۳})^{i}	(۳٫۱۸ ±۰٫۲۶× ۱۰^{۳})^{hi}
Enterobacteriaceae	۰	(۱۵۵۴ ±۱۲۰× ۱۰^{۳})^{b}	(۱۶۶۸ ±۱۲۷× ۱۰^{۳})^{b}	(۷۶۷۲ ±۸۵۰× ۱۰^{۳})^{a}
	۰٫۲۵	(۱۱ ±۳٫۵× ۱۰^{۳})^{e}	(۸۶٫۷۰ ±۲۶٫۵× ۱۰^{۳})^{d}	(۱۱۱٫۲ ±۲۶٫۴× ۱۰^{۳})^{c}
	۰٫۵	(۰٫۰۰۴ ±۰٫۰۰۱× ۱۰^{۳})^{i}	(۰٫۱۸ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{g}	(۸٫۹۰ ±۳٫۱× ۱۰^{۳})^{e}
	۰٫۷۵	(۰)^{j}	(۰٫۱۷ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{g}	(۰٫۷۰ ±۰٫۰۲× ۱۰^{۳})^{f}
	۱	(۰)^{j}	(۰)^{j}	(۰٫۰۶ ±۰٫۰۱× ۱۰^{۳})^{h}

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف آماری معنی‌دار سطح ۵٪ (روش دانکن) است.



شکل ۱. نتایج شمارش میکروبی تره و جعفری در دزهای مختلف و روزهای انبارمانی در دمای ۴ °C.

در پژوهشی مشابه، دز ۱ kGy، در برگ گشنیز، باعث کاهش سه سیکل لگاریتمی باکتری‌ها، ۱ سیکل لگاریتمی مرگ مخمر و کپک و کاهش میزان کلی‌فرم‌ها به ۴۳ CFU/g شد. پس از یک هفته انبارش در دمای ۸-۱۰ °C، نمونه‌های پرتودهی نشده، افزایش در تعداد کل باکتری‌ها، کپک و مخمر را نشان دادند. دز ۱ kGy، در کاهش کلی‌فرم‌ها بدون شواهدی از حضور مجدد در طول انبارش تا دو هفته مؤثر بود [۲۳]. پرتودهی نعناع تازه، در تمام دزهای آزمایشی ۰٫۲ kGy، ۰٫۶، ۱ و ۲ روی *E.coli O۱۵۷: H۷* اثر معنی‌داری داشت (P <۰٫۰۱). در سال ۱۹۹۸ نتایج Lucht و همکاران، نشان داد که بعد از پرتودهی اولیه نعناع کاهش ۲ سیکل لگاریتمی در دز ۰٫۶ کیلوگری در طی مدت ۱۲ روز انبارش مشاهده شد. باکتری به طور کامل توسط دز ۲ kGy از بین رفته و در طی دوره ذخیره‌سازی هیچ بازگشتی مشاهده نشد. در سال ۲۰۰۴ Foley و همکاران در گشنیز پرتودهی شده با دز ۱٫۵ kGy کاهش ۶٫۷ لگاریتمی *E.coli O۱۵۷:H۷* را گزارش کردند. در سال ۲۰۰۷ Niemira، کاهش کم‌تر از ۵ سیکل لگاریتمی آن را در اسفناج پرتودهی شده با دز ۱٫۵ kGy را مشاهده کرده‌است [۲۴]. دز ۰٫۵ kGy تعداد باکتری *E.coli O۱۵۷: H۷* و شمارش کل باکتری‌های هوازی اسفناج تازه را به ۲٫۵×۱۰ و ۶٫۱×۱۰^{۳}، کاهش داده، در حالی‌که، دزهای ۱ kGy، ۱٫۵ و ۲ این مقادیر و شمارش کپک و مخمر را به کم‌تر از ۱۰ کاهش می‌دهد. کاهش بیش‌تر در شمارش کل باکتری‌های هوازی نمونه اسفناج، ممکن است به علت اثر مستقیم پرتو و نیز اثر غیرمستقیم ناشی از پرتو کافت آب باشد [۲۵]. دزهای ۰٫۵ kGy، ۱ و ۱٫۵ جمعیت میکروبی اولیه گشنیز را ۳ تا ۳٫۵ سیکل لگاریتمی کاهش داد. میکروارگانیسم‌های هوازی کل تا ۴ روز و در دز ۱٫۵ kGy در تمام زمان انبارش (کم‌تر از ۲٫۵ CFU/g) غیر قابل تشخیص بود.

گشنیز پرتودهی شده با دز ۲ kGy و ۳، ۲ سیکل لگاریتمی کاهش در شمارش کلی میکروبی و مهار رشد باکتری در طی ۱۴ روز نگه‌داری، داشته است [۲۶]. پرتودهی برگ‌های اسفناج در دز ۲ کیلوگری موجب کاهش ۵×۱۰^{۲} سیکل لگاریتمی بار میکروبی اولیه و یک سیکل لگاریتمی جمعیت باکتری‌های هوازی شد. دز ۰٫۵ kGy بار میکروبی اولیه را به یک پنجم و جمعیت باکتری‌های هوازی را به یک چهارم آن کاهش داد [۲۷]. پس از پرتودهی گاما اسفناج، گشنیز و شنبلیله با دزهای ۰، ۱، ۱٫۵ و ۲ kGy و نگه‌داری در دمای ۲۸ °C، ۱۰ و ۴، برگ‌های پرتودهی شده در ۲ kGy و نگه‌داری شده در دمای ۴ °C، دارای تازگی و پذیرش تا ۳۰ روز بودند [۲۸]. انرژی حاصل از پرتو، موجب شکستن پیوندها در مولکول‌های DNA میکروب‌های موجود در غذا و نقص در دستورالعمل‌های ژنتیکی می‌شود. اگر این آسیب قابل تعمیر نباشد، ارگانیسم می‌میرد یا قادر به تولید مثل نخواهد بود. اثربخشی این فرایند به حساسیت ارگانیسم به پرتو، سرعتی که می‌تواند DNA آسیب دیده را ترمیم کرده و به‌ویژه به مقدار DNA در موجود هدف بستگی دارد. انگل‌ها و حشرات که DNA بیش‌تری دارند، با دز بسیار کم پرتودهی، کشته می‌شوند. برای کشتن باکتری‌ها با DNA کم‌تر، پرتودهی بیش‌تری لازم است. ویروس‌ها در برابر پرتو در دزهای مجاز برای غذا مقاوم می‌باشند [۹].

۲.۳ آزمون‌های حسی- چشایی

۱.۲.۳ تجزیه واریانس آزمون‌های حسی- چشایی

با توجه به بالا بودن شمارش میکروبی و عدم امکان ارزیابی حسی- چشایی سبزی‌ها نگه‌داری شده در دمای محیط این داده‌ها از سیستم حذف شده و تجزیه و تحلیل با داده‌های ۴ °C مجدداً انجام شده است. نتایج تجزیه واریانس کلی آزمون‌های حسی- چشایی (جدول ۴) نشان داد که حداقل بین میانگین دو تیمار اثر اصلی زمان انبارمانی (روز) در بررسی پارامترهای نرمی، شکل، طعم، عطر و رنگ اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. در شرایط انجام آزمایش حداقل بین میانگین دو تیمار اثر اصلی دز پرتودهی و اثر متقابل دز × زمان تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نمی‌شود. معنی‌داری اثر بلوک (نرمی، طعم و رنگ) نشان‌دهنده‌ی صحیح بودن نحوه‌ی بلوک‌بندی و اختلاف معنی‌دار آماری بین آزمایش‌کنندگان می‌باشد. با وجود معنی‌دار نبودن واریانس اثرات اصلی در بعضی پارامترها، چون از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده می‌کنیم مجاز به انجام مقایسه میانگین تیمارها هستیم. در این موارد ممکن است دلیل معنی‌دار نشدن تجزیه واریانس، قرینه قرار گرفتن تیمارها در اطراف تیمار شاهد باشد.

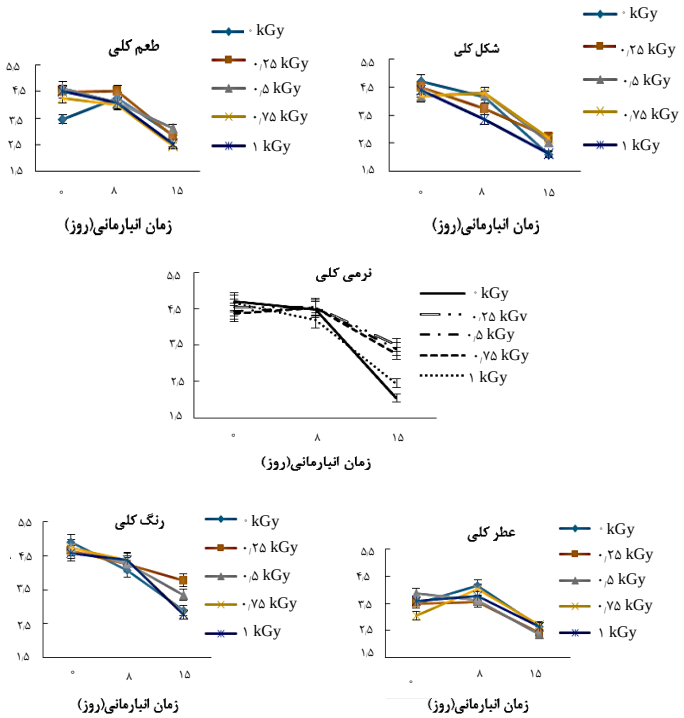
جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس کلی آزمون‌های حسی- چشایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	MS				
		نرمی	شکل	طعم	عطر	رنگ
دز پرتودهی (کیلوگری)	۴	۰٫۳۰^{ns}	۰٫۳۲^{ns}	۰٫۲۸^{ns}	۰٫۰۷^{ns}	۰٫۵۰^{ns}
زمان (روز)	۲	۱۶٫۸۴**	۱۹٫۳۵**	۱۴٫۲۲**	۸٫۳۳**	۱۷٫۶۸**
دز × زمان	۸	۰٫۳۰^{ns}	۰٫۳۵^{ns}	۰٫۴۱^{ns}	۰٫۶۹^{ns}	۰٫۵۳^{ns}
بلوک	۶	۱٫۴۲**	۰٫۳۹^{ns}	۱٫۹۰**	۱٫۲۵^{ns}	۱٫۴۴**
خطا	۸۴	۰٫۳۷	۰٫۴۲	۰٫۴۳	۰٫۶۲	۰٫۳۲
کل	۱۰۴					
CV%		۲۴٫۸۲	۲۶٫۰۵	۲۴٫۵۵	۲۷٫۷۳	۲۷٫۷۳

** و ^{ns} به ترتیب نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۱ درصد و اختلاف غیرمعنی‌دار است.

۲.۲.۳ مقایسه میانگین اثر متقابل دز در زمان انبارمانی بر پارامترهای حسی- چشایی انواع سبزی

بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر پارامترهای نرمی، شکل، طعم و رنگ به‌ترتیب مربوط به روز انبارمانی ۰ و ۱۵ و بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر پارامتر عطر به‌ترتیب مربوط به روز انبارمانی ۸ و ۱۵ می‌باشد. با توجه به نتایج (شکل ۲) بهترین زمان انبارمانی مربوط به روز ۸ است. در تمام پارامترها تفاوت معنی‌داری بین روزهای اول و هشتم مشاهده نمی‌شود. یعنی انبارمانی تا ۸ روز تأثیری بر این ویژگی‌ها ندارد اما در پارامتر رنگ سه گروه مجزا مشاهده می‌شود که به‌ترتیب مقدار این پارامتر از روز ۰ تا ۸ کاهش یافته اما در روز ۸ قابل قبول است. مطابق با نتایج این پژوهش، برگ‌های گشنیز پرتودهی شده در ۱ kGy تا دو هفته، ۵ تا ۷٪ زرد شدن کم‌تری را در مقایسه با شاهد داشتند. در طول انبارش سرد، میزان زرد شدن در برگ‌های پرتودهی شده با افزایش دز پرتودهی، افزایش یافت. دز ۱ kGy در کنترل فساد ظاهری برگ‌ها مؤثرتر از هر روش دیگری بود. فراوری پرتودهی نسبت به کلر زنی از مزیتی برخوردار است که پرتو یون‌ساز می‌تواند برای غیرفعال‌سازی پاتوژن‌های نفوذ کرده به مواد غذایی، به کل محصول نفوذ کند. تیمار با دز پایین، تیماری امیدوارکننده برای بهبود ایمنی میوه‌ها و سبزی‌ها آماده مصرف، بدون تغییر ویژگی‌های حسی است [۲۹]. پرتودهی ۰٫۲۵ kGy تا ۲ کیفیت ظاهری نعناع تازه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. تمام نمونه‌ها با کیفیت عالی، بدون فساد پس از پرتودهی اولیه باقی ماندند. مدت نگه‌داری پس از پرتودهی اثر معنی‌داری بر کیفیت ظاهری دارد. نمونه‌های نگه‌داری شده در دمای ۴ °C یخچال در روز ۹ با کیفیت عالی با نقص‌های جزیی باقی ماند اما با گذشت زمان به‌طور قابل توجهی بدتر شده و در روز ۱۲ نتایجی با کیفیت پایین به دست آمد. در سال ۲۰۰۸ Fan و Sokorai، نتیجه گرفتند که پرتودهی ۱ kGy می‌تواند در اغلب سبزی‌های تازه بدون ضایعات قابل توجه در ظاهر، بافت یا عطر انجام شود. ریحان پس از پرتودهی در دزهای ۳۰۰ Gy، ۶۰۰ و ۹۰۰ تا ۷ روز نگه‌داری در دمای ۱۰±۱ °C قابلیت پذیرش داشت و برخی دیگر مانند شوید و نعناع دچار تغییرات نامطلوب معنی‌داری شدند. شتاب دادن به فرایند رسیدن در نتیجه پرتودهی، با از دست دادن کلروفیل و صدمه زدن به سیستم‌های آنزیم ضروری در برخی از سبزی‌ها ممکن است [۳۰]. در مطالعه حاضر هم دلیل کاهش مقدار متغیر رنگ از روز ۰ تا روز ۸ نگه‌داری در دمای ۴ °C می‌تواند به این موضوع نسبت داده شود. دزهای ۰٫۵ kGy و ۱ بر صفات ظاهر، رنگ، بو، مزه، بافت و کیفیت اسفناج تأثیر نمی‌گذارد. کاهش قابل توجهی در ظاهر، رنگ و بافت در دزهای ۱٫۵ kGy و ۲ در مقایسه با شاهد مشاهده شد [۲۵]. نتایج مطالعات فوق و دز بهینه گزارش شده Matossian (۲۰۰۸) مشابه نتایج این پژوهش می‌باشد. کیفیت پیازچه پرتودهی شده با دز ۱ kGy تا روز ۱۴ نگه‌داری دچار فساد و خرابی نشد. در روز ۱۴، درصد فساد در پیازچه پرتودهی نشده، به طور معنی‌داری بیش‌تر از نمونه‌های پرتودهی شده، بود. پس از ۱۴ روز انبارش درصد فساد نمونه‌های پرتودهی در ۰٫۵ kGy تا ۱٫۵ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل ۲. میانگین و خطای استاندارد اثرات اصلی دز پرتودهی و زمان انبارمانی بر متغیرهای حسی- چشایی کلی.

در مقایسه با نمونه‌های شاهد، نمونه‌های پرتودهی شده، دارای سفتی کم‌تری در روزهای ۱ و ۴ انبارش بودند، اما این روند در روز ۱۴ برعکس شد، به‌طوری‌که در روز ۱۴، نمونه‌های شاهد، دارای کم‌ترین مقدار سفتی بود. سفتی بافت، با ریخت‌شناسی سلول، تورژر، تورم و ساختار صفحه دیواره میانی سلول مرتبط است. از دست دادن سفتی ممکن است به آسیب سلولی ناشی از تیمارها نسبت داده شود. پرتودهی در دزهای به اندازه کافی بالا، باعث تضعیف نرمی بافت گیاهی ناشی از تغییرات مواد پکتیک و هم‌چنین تخریب سلولز می‌شود [۲۵، ۲۶]. دزهای پرتودهی بر عطر و طعم سبزی‌های مورد مطالعه در این پژوهش تأثیر معنی‌داری نداشت. به‌طور کلی می‌توان گفت نمونه‌های پرتودهی شده در دزهای پایین‌تر یعنی ۰٫۲۵ و ۰٫۵ امتیاز طعم بیش‌تری کسب کردند. در متغیر نرمی هم نتایج مطالعه حاضر، مؤید نتیجه فوق می‌باشد. در نمونه‌های پرتودهی

شده مقدار نرمی در روز پانزدهم نگه‌داری در یخچال نسبت به شاهد، افزایشی غیرمعنی‌دار از نظر آماری نشان داده است.

برای برگ‌های تازه گشنیز، جهت حفظ کیفیت حسی و انبارش دو هفته‌ای در دمای یخچال، پرتودهی kGy ۱ تا ۲، نیاز است. اسفناج، گشنیز و شنبلیله پرتودهی شده در kGy ۲ و نگه‌داری شده در دمای °C ۴، دارای تازگی، طعم و ظاهری مورد پذیرش تا ۳۰ روز بودند. قهوه‌ای شدن بافت اسفناج، گشنیز و شنبلیله پرتودهی شده با حداقل فراوری و بدون فراوری شدت کم‌تری نسبت به پرتودهی نشده، داشت. نمونه‌های بدون مواد بسته‌بندی در دمای محیط، ماندگاری بسیار کوتاه به‌مدت سه روز داشته است. علاوه بر این، مقدار رطوبت نمونه‌های شاهد و پرتودهی شده، تا پایان یک ماه نگه‌داری در دمای °C ۴ حفظ شد. در مورد گشنیز تازه، دز kGy ۳، حداقل اثر را بر ترکیبات معطر فرار در مقایسه با گشنیز نگه‌داری شده در سرما دارد [۲۸]. نتایج تحقیق فوق با مطالعه حاضر مطابقت داشته و در این پژوهش هم سبزی‌های نگه‌داری شده در دمای محیط قابلیت مصرف پس از سه روز نگه‌داری را نداشتند و نمونه‌های پرتودهی شده با شاهد در متغیرهای حسی- چشایی ارزیابی شده تفاوت معنی‌دار آماری نشان ندادند.

۴. نتیجه‌گیری

بین نمونه شاهد و تمام دزها برای تره و جعفری تازه در انواع شمارش میکروبی، تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. شمارش میکروبی در کم‌ترین (۰٫۲۵ kGy) تا بیش‌ترین (۱ kGy) دز، روند کاهشی وابسته به دز وجود داشت. برای تمام سبزی‌ها در انواع شمارش میکروبی تیمارها بین نتایج روز ۰ و پس از ۸ روز انبارش تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد، اما در روز ۱۵ افزایش معنی‌دار نشان داد. باکتری‌های *Ecoli* و *Staphylococcus aureus*، فقط در نمونه‌های شاهد و ۰٫۲۵ kGy حضور داشتند. هم‌چنین با توجه به بالا بودن شمارش میکروبی و عدم امکان استفاده از سبزی‌ها انبارمانی شده در دمای محیط (۲۵ °C)، تنها کیفیت انبارمانی نمونه‌های نگه‌داری شده در یخچال بررسی شدند. با توجه به همه جوانب و نتایج حاصل می‌توان گفت با استفاده از پرتودهی گاما در دز ۰٫۵ kGy سبزی‌های برگی تازه شامل تره و جعفری، در دمای یخچال تا ۸ روز با حفظ کیفیت کاملاً مطلوب قابل نگه‌داری هستند. البته در نظر دارد در فاصله ۸ تا ۱۵ روز هم بررسی‌های میکروبی در بازه‌های زمانی کوتاه‌تر انجام شود، زیرا ممکن است تا ۱۰ روز یا بیش‌تر هم این قابلیت نگه‌داری افزایش یابد.

مراجع

1. H. Mahdavianmehr, M. Asnoashari, N. Sedaghat, *New methods of packaging fruits and vegetables*, Scientific Quaterly Journal of Packaging Science and Technology, **13**, 30-43 (2013).
2. M. Bahraini, et al, *Microbial Load Evaluation of Fresh-Cut Vegetables During Processing Steps in A Vegetable Processing Plant Using Minimally Processing Approach*, Iran Food Sci. Technol. Res. J., **7(3)**, 235-242 (2011).
3. R. Shahnazi, F. Mehrdadfar, M. Ebrahimzadeh, *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 Science, **27 (158)**, 27-44 (2018).
4. R. Sharafati Chaleshtori, et al, *Evaluation of the antioxidant and antibacterial effects of Apium petroselinum essential oil on food spoilage and pathogenic*, Journal of Microbiology, **1(1)**, 9-15 (2014).
5. G.M. Cătunescu, et al, *Gamma radiation enhances the bioactivity of fresh parsley (Petroselinum crispum (Mill.) Fuss Var. Neapolitanum)*, Radiation Physics and Chemistry, **132**, 22-29 (2017).
6. E. Osinska, W. Roslon, M. Drzewiecka, *The evaluation of quality of selected cultivars of parsely (Petroselinum sativum L. ssp. crispum)*, Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus, **11(4)**, 47-57 (2012).
7. P.Y.Y. Wong, D. Kitts, *Studies on the dual antioxidant and antibacterial properties of parsley (Petroselinum crispum) and cilantro (Coriandrum sativum) extracts*, Food Chemistry, **97**, 505-515 (2006).
8. A.K. Kilonzo-Nthenge, *Gamma Irradiation for Fresh Produce. Gamma Radiation*, Intechopen.com. (2012).
9. https://uwfood-irradiation.engr.wisc.edu/Facts.html, (2016).
10. A. Almasi, *The need to review the hygienic guidelines for disinfecting fruits and vegetables using chlorine*. J. of Kermanshah University of Medical Sciences Scientific Research. **3**, 231-232 (2011).
11. J.F. Diehl, *Food irradiation—past, present and future*, Radiation Physics and Chemistry, **63(3-6)**, 211-215 (2002).
12. ISIRI, *Microbiology of the food chain —Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique. Document number*, 5272-1, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2015).
13. ISIRI, *Microbiology of the food chain —Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 2: Colony count at 30 °C by the surface plating technique. Document number*, 5272-2, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2015).

14. ISIRI, *Microbiology of the food chain - Preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination Part 1: General rules for the preparation of the initial suspension and decimal dilutions. Document number*, 8923-1, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2018).
15. ISIRI, *Microbiology of food, animal feed andwater — Preparation, production, storage and performance testing ofculture media. Document number*, 8663, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2015).
16. ISIRI, *Microbiology of spices – Specifications. Document number*, 3677, first revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2008b).
17. ISIRI, *Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95. Ducument number*, 10899-1, first edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2008a).
18. ISIRI, *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms – Most probable number technique. Ducument number*, 11166, first edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2008).
19. ISIRI, *Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive Escherichia coli -Most probable number technique. Document number*, 2946, second revision: Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2005).
20. ISIRI, *Microbiology of food and animal feeding stuffs – Enumeration of coagulase – Positive staphylococci (staphylococcus aureus and other species) – Test method Part 1: Technique using baird – parker agar medium Document number*, 8606-1, second revision: Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran (2005).
21. *Methodology of Merck*, Germany, **12** (2005).
22. M. Serdaroglu, M.S. Ozsumer, *Effects of Soy protein, Why Powder and Wheat Gluten on Quality Characteristics of Cooked Beef Sausages Formulated with 5, 10 and 20% Fat*, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU). Food Science and Technology, **6(2)** (2003).
23. A. Kamat, et al, *Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves*, Food Control, **14**, 529-537 (2003).
24. W.Y. Hsu, et al, *Low-Dose Irradiation Improves Microbial Quality and Shelf Life of Fresh Mint (Mentha piperita L.) without Compromising Visual Quality*, Journal of Food Science, **75(4),** M222-230 (2010).
25. A.M. Al-Suhaibani, A.N. Al-Kuraieef, *The effects of Gamma irradiation on the Microbiological quality, Sensory evaluation and Antioxidant activity of Spinach*, International Journal of ChemTech Research, **9(6),** 39-47 (2016).
26. H.J. Kim, et al, *Effect of Sequential Treatment of Warm Water Dip and Low-dose Gamma Irradiation on the Quality of Fresh-cut Green Onions*, Journal of Food Science, **70(3)**, M179-185 (2005).
27. M. Matossian, *Gamma Irradiation Studies of Spinach Leaves*, California State Science Fair Project Summary. Project Number: S1412 (2008).
28. P. Jadhav, et al, *Study the Shelf Life Extension of Leafy vegetables by Ionizing Radiation*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), **2(10)**, 817-826 (2013).
29. A. Kamat, et al, *Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves*, Food Control, **14,** 529-537 (2003).
30. S. Segsarnviriya, A. Malakrong, T. Kongratarpon, *The effectofgamma radiation on quality of fresh vegetables. International Symposium New Frontier of Irradiated food and Non-Food Products* 22, 23 September. King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand. /http://filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/fcdISNF/menu.htmls (2005).

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
مرضیه احمدی‌روشن، سمیرا برنجی اردستانی، سارا شیخ نصیری، سپیده سادات جمالی، مونا سرابی (۱۴۰۰)، اثرات پرتوفراوری گاما بر ویژگی‌های میکروبی و حسی- چشایی تره و جعفری تازه، ۹۸، ۱۱۰-۱۱۹

DOI: 10.24200/nst.2021.1318
Url: https://jonsat.nstri.ir/article_1318.html