



مقاله پژوهشی

اثرات پرتوفاوری گاما بر ویژگی‌های میکروبی و حسی-چشایی شوید و مرزه تازه

سمیرا برنجی اردستانی^۱، مرضیه احمدی‌روشن^{۲*}

۱. استادیار، گروه پژوهشی پرتوفاوری و دزیمتری، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، سازمان انرژی اتمی ایران
 ۲. کارشناس علمی-پژوهشی، گروه پژوهشی پرتوفاوری و دزیمتری، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها، سازمان انرژی اتمی ایران

(تاریخ ارسال: ۱۴۰۰/۰۳/۱۸، تاریخ آخرین بازنگری: ۱۴۰۰/۰۵/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۵/۲۴)

چکیده

سبزیجات تازه نقش مهمی در سلامتی و پیشگیری از بیماری‌ها دارند و نقلی مناسب برای انتقال باکتری‌ها، انگل‌ها و ویروس‌های بیماری‌زا به انسان هستند. کاربرد گندزداها مانند کلر، با مخاطرات خاص خود، از راه‌های پاکسازی سبزیجات و پیشگیری از بیماری‌ها است. ماندگاری این محصولات تازه محدود است و پس از سه روز، در شرایط یخچالی غیرقابل مصرف و تبدیل به توده‌ای از ضایعات می‌شوند. پرتودهی تیماری عملی برای ایمنی و افزایش ماندگاری سبزیجات تازه و فراهم نمودن امکان صادرات آن‌ها به بازارهای بین‌المللی است. در این پژوهش اثرات دزهای پرتودهی گاما ۰ kGy (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ بر کیفیت میکروبی و حسی-چشایی شوید و مرزه تازه در دمای محیط و ۴ °C بررسی شد. مطابق نتایج آماری ($P < 0.05$) بین میانگین دو تیمار از هر کدام از اثرات اصلی دز، دما و زمان و اثرات متقابل دز×زمان و زمان×دما اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل دز×دما بر شمارش کپک و مخمر، معنی‌دار نبود. اثر متقابل زمان×دما×دز در آزمون‌های میکروبی معنی‌دار نیست. در آزمون‌های حسی-چشایی بین میانگین دو تیمار اثر اصلی زمان انبارمانی در بررسی پارامترهای نرمی، شکل، طعم، عطر و رنگ اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. در شرایط انجام آزمایش بین بقیه‌ی تیمارها برای پارامترهای اندازه‌گیری شده‌ی دیگر تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نمی‌شود. مطابق نتایج، نمونه‌های نگهداری شده در دمای محیط به علت بار میکروبی بالا در دو روز اول از چرخه مطالعه حذف شدند. در نمونه‌های پرتودهی تا روز هشتم روند کاهش بار میکروبی وابسته به دز مشاهده شد. باکتری‌های بیماری‌زای غذایی/شریشیالکی و استافیلوکوکوس اورئوس، در نمونه‌های شاهد و ۰/۲۵ kGy حضور داشتند. با توجه به نتایج قابل پذیرش از نظر ایمنی میکروبی و حسی و چشایی، در فرآوری سبزی، پرتودهی ۰/۵ kGy همراه با نگهداری یخچالی (۴ °C) می‌تواند در افزایش ماندگاری شوید و مرزه تازه در حدود ۸ روز و کاهش ضایعات استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پرتودهی گاما، شوید، مرزه، ماندگاری

۱. مقدمه

تأثیر نامطلوب بر کیفیت میوه و سبزیجات از نظر طراوت ظاهری، حذف رایحه خوب برخی از سبزی‌ها و افزایش مقدار کلر در محیط آبی که موجب تشکیل ترکیبات جانبی کلره شده که مخاطره آمیز بودن آن مؤکد است [۷]. با افزایش تقاضا برای محصولات ایمن، مغذی و تازه، تعدادی فناوری ضدعفونی کننده توسعه یافته است. تیمارهای شیمیایی علاوه بر دی‌اکسید کلر، شامل ازن، آب الکترولیز شده، اسانس‌ها، دی‌اکسید کربن با فشار بالا و اسیدهای آلی به عنوان جایگزین روش‌های ضدعفونی سنتی برای برآوردن استانداردهای ایمنی فعلی بهبود یافته است. تیمارهای فیزیکی غیر حرارتی مانند پرتو فرابنفش، پالس‌های نوری، پرتوهای یون‌ساز، فشار هیدرواستاتیک بالا، پلاسمای سرد و تیمار فراصوت با شدت بالا، مزایای قابل توجهی در بهبود ایمنی میکروبی و حفظ کیفیت مطلوب محصولات نشان داده است. با این حال، استفاده از این فناوری‌های ضدعفونی کننده به تنهایی ممکن است الزامات ایمنی غذا و کیفیت بالای محصول را برآورده نکند. چندین فناوری ترکیبی ایجاد شده است که به اثرات هم‌افزایی برای به حداکثر رساندن کشندگی در برابر میکروارگانیسم‌ها و به حداقل رساندن افت کیفیت محصول دست یافته است [۸].

با توجه به کاهش نسبتاً کم فلور میکروبی در هنگام استفاده از ترکیبات ضد میکروبی، پرتوتابی می‌تواند یک تیمار جایگزین عملی برای اطمینان از ایمنی سبزی‌ها باشد. پرتودهی مواد غذایی یکی از معدود فناوری‌هایی است که می‌تواند کیفیت و ایمنی مواد غذایی را به‌واسطه‌ی کنترل عوامل بیماری‌زا بدون تأثیر معنی‌دار بر ویژگی‌های ارزش تغذیه‌ای اسید آمینه، اسید چرب و یا ویتامین و یا حسی-چشایی تأمین نماید. 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 [۹]. در اثر پرتودهی، ماده غذا هنوز هم «خام» محسوب شده و در آن مواد پرتوزا ایجاد نمی‌شود. اثر پرتودهی در ضدعفونی مواد غذایی جامد، معادل پاستوریزاسیون سرد است. پرتودهی ابزاری مهم در مبارزه با امراض و مرگ حاصل از بیماری‌های غذازاد و موجب بهبود بهداشت مواد غذایی می‌باشد. پرتو فراوری همانند دیگر

براساس آمارهای سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد^۱، میانگین مصرف سرانه میوه و سبزی در جهان ۶۲ kg در سال می‌باشد. در این بین ایران با مصرف سرانه ۱۵۸ kg میوه و سبزی سالانه، در رتبه یازدهم جهانی می‌باشد، اما مطابق آمار جهاد کشاورزی ایران، ضایعات آن در کشور، بیش از ۲۷٪ تولید می‌باشد که باید با به‌کارگیری فرآوری مناسب، کاهش یابد [۱]. سبزی تازه و بدون یا حداقل فرآیند، می‌تواند ناقلی مناسب برای انتقال باکتری‌ها، انگل‌ها و ویروس‌های بیماری‌زا به انسان باشد [۲،۳]. با افزایش بازار محصولات تازه، نگرانی‌های مربوط به کیفیت و ایمنی توجه زیادی را می‌طلبد. فقدان کیفیت و ایمنی استاندارد میوه‌ها و سبزیجات تازه می‌تواند منجر به شیوع بیماری‌های جدی شود. ایمنی باید در هر غذایی، از جمله محصولات تازه، نگرانی اصلی باشد. این وظیفه‌ای چالش برانگیز برای دانشمندان و فراوری کنندگان مواد غذایی است که بتوانند با حفظ بالاترین استانداردهای کیفیت و ایمنی، صنعت غذا را قادر سازند تا تقاضای رو به رشد میوه و سبزیجات تازه را برآورده کند [۴]. سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد، تخمین زده که حدود ۲۵٪ از تولید تمام مواد غذایی در سراسر جهان پس از برداشت محصول به دلیل حمله حشرات یا آسیب میکروبی و فساد، نابود می‌شوند. محصولات غذایی باید استانداردهای بالای کیفیت و قرنطینه به‌منظور صادرات در سراسر جهان را کسب نمایند. سازمان غذا و کشاورزی ملل متحد، پرتودهی را در قالب برنامه‌هایی در سطح ملی، جهت بهداشت گیاهی^۲ به کشورهای عضو پیشنهاد داده است. اقدامات سنتی برای از بین بردن عوامل بیماری‌زای سبزیجات تازه کافی نیست و تیمارهای آلودگی‌زدایی مناسب پس از برداشت برای کنترل جمعیت عوامل بیماری‌زای مواد غذایی در تولیدات خام مورد نیاز است [۵]. کلر و ترکیبات آن متداول‌ترین نوع گندزدا می‌باشد. این ماده کاربرد وسیعی در بهسازی محیط، به‌ویژه گندزدائی سبزی‌ها دارد. مقدار مناسب کلر جهت گندزدائی و زمان تماس با اجرام بیماری‌زا، غالباً مورد چالش است [۶]. صرف نظر از مسائل اقتصادی،

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

از بسته‌بندی، جلوگیری از ایجاد آلودگی ثانویه در محصول پیشنهاد شده است. لازم به ذکر است، پرتو فراوری گاما در دُزهای پیشنهادی در این پژوهش (۰، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱) همراه با بررسی اثرات آن بر ویژگی‌های میکروبی، حسی - چشایی و ماندگاری سبزیجات برگ‌ی تازه تاکنون در کشور انجام نشده است.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. مواد مورد استفاده

محیط‌های میکروبی مورد نیاز از شرکت مرک آلمان استفاده شدند.

۲.۲. روش‌ها

۱.۲.۲. پرتودهی نمونه‌ها

نمونه‌های سبزی بسته‌بندی شده در کیسه‌های پلاستیکی (پلیمر با درجه مواد غذایی) با چشمه کبالت-۶۰، در گاماسل ۲۲۰ ساخت شرکت Nordion کانادا با آهنگ دز ۱/۹۸ Gy/s در دمای محیط با دُزهای ۰ kGy (شاهد)، ۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ پرتودهی شدند. سپس آزمایش‌ها روی نمونه‌های شاهد و پرتودیده در روزهای صفر، ۸ و ۱۵ در دو دمای یخچال (۴ °C) و محیط (۲۵ °C) انجام شده و با مقایسه نتایج حاصل، دُز بهینه برای پرتو فراوری انواع سبزی تعیین شده و اثرات این فراوری بر کیفیت میکروبی و حسی - چشایی، ارزیابی گردید. آزمون‌ها برای هر نمونه با سه تکرار انجام شد.

۲.۲.۲. آزمون‌های میکروبی

بررسی‌های میکروبی شامل شمارش کلی میکروبی (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۵۲۷۲، ۱۳۹۳؛ استاندارد ملی ایران شماره ۲-۵۲۷۲، ۱۳۹۳) [۱۲، ۱۳]، شمارش باکتری-های اسپورزا (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۹۲۳، ۱۳۸۶؛ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۸۶۶۳، ۱۳۹۴؛ استاندارد ملی ایران شماره ۳۶۷۷، ۱۳۸۷) [۱۴-۱۶]، شمارش کلی کپک و مخمر (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۹۹، ۱۳۸۷) [۱۷]، شمارش کلی‌فرم‌ها (استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۱۶۶،

فرآیندها، نمی‌تواند ظاهر، بو، طعم یا هرگونه علائم فساد مواد غذایی فاسد را اصلاح و آن غذا را قابل مصرف کند. سالانه، بیش از نیم میلیون تُن از ۴۰ نوع ماده غذایی (معادل یک درصد از مواد غذایی مصرف شده سالانه) در سراسر جهان در بیش از ۴۰ کشور، پرتودهی می‌شود [۶].

در زمان حذف روش‌های حرارتی یا شیمیایی، پرتودهی را می‌توان در جعفری با حداقل فراوری برای افزایش معنی‌دار زمان ماندگاری به کار گرفت. دُزهای ۰/۷-۱/۴ kGy ممکن است ماندگاری جعفری با حداقل فراوری را تا ۳۰ روز در دمای ۴ °C افزایش دهد. پرتودهی با دُزهای بالاتر منجر به بروز بوی نامطبوع شد. حدود یک سوم از ارزیاب‌ها بدطعمی را در نمونه دُز ۲/۷ kGy گزارش دادند؛ بنابراین، از دیدگاه حسی، دُزهای ۰/۷-۱/۴ kGy بر خلاف عدم وجود هرگونه تیماری توصیه می‌شود. فلور آلودگی شدیداً تحت تأثیر دُزهای بالای پرتودهی قرار گرفت. دُز جذبی ۲/۷ kGy باعث کاهش ۵ CFU g⁻¹ سیکل لگاریتمی دربار میکروبی شد؛ اما میکرو فلورا در طول انبارش با سرعت رشد متناسب با دُز پرتودهی بهبود یافت [۱۰].

پرتودهی باعث افزایش آنتی‌اکسیدان‌های کل، فنل‌های کل و فلاونوئیدهای کل برگ‌های نعنای تازه شد. همچنین، ارزیابی فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از فعالیت مهار رادیکال DPPH بیانگر کاهش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در نمونه‌های پرتودهی است. علاوه بر این، پرتودهی گاما باعث کاهش قابل توجهی در کل میکروارگانسیم‌های آزمایش شده متناسب با دُز پرتودهی بود. به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که استفاده از پرتودهی روش مناسبی برای حفظ مواد غذایی است، خصوصاً خصوصیات حسی که تحت هیچ‌گونه تأثیر دُز پرتودهی قرار نمی‌گیرند به استثناء ارزیابی حسی که در میزان دُز ۱/۵ kGy تحت تأثیر قرار گرفته‌اند [۱۱].

تضمین کیفیت و ایمنی سبزی‌های تازه موجب افزایش تقاضا برای انواع میوه و سبزیجات و 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

(DG₁₈) می‌باشد. پس از سترون کردن محیط، ۱ ml از رقت‌های تهیه شده داخل پلیت‌ها به طریق سطحی کشت داده شد. پلیت‌ها به مدت ۵ روز در دمای ۲۵ °C گرمخانه‌گذاری شدند. پس از مدت زمان طی شده، نتایج بررسی و پس از انتخاب پلیت‌های مناسب (دارای ۱۵ تا ۱۵۰ کلنی) اقدام به شمارش و محاسبه میزان آلودگی نمونه‌ها گردید.

شمارش کلی‌فرم‌ها نیز مطابق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۹۲۶۳ انجام و برای این منظور از محیط کریستال ویوله قرمز رنگ خنثی، نمک‌های صفراوی، لاکتوز و آگار (VRBL)^۴ استفاده شد. مقدار ۱ ml از رقت‌های از قبل تهیه شده نمونه به صورت پورپلیت و دوتایی در محیط VRBL کشت و به مدت ۲۴ h در ۳۷ °C گرمخانه‌گذاری شدند. پس از مدت زمان طی شده، نتایج بررسی و پس از انتخاب پلیت‌های مناسب (دارای ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی) اقدام به شمارش و محاسبه میزان آلودگی نمونه‌ها گردید.

به منظور شناسایی /شریشیالکی در دمای ۴۴ °C با تخمیر لاکتوز، تولید گاز می‌کند و از تریپتوفان، اندول تولید می‌کند. به منظور تشخیص آلودگی نمونه‌ها به /شریشیالکی، مطابق استاندارد ملی مذکور، مقدار معینی نمونه در محیط کشت مایع غنی کننده انتخابی (پپتون واتر) تلقیح می‌شود. محیط کشت تلقیح شده در دمای ۳۷ °C به مدت ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شده و از نظر تولید گاز بررسی می‌شود. در صورت مشاهده کدورت و یا تولید گاز از آن به لوله حاوی محیط کشت مایع انتخابی EC تلقیح و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴۴ °C گرمخانه‌گذاری می‌شود. در صورت مشاهده گاز پس از مدت گرمخانه‌گذاری، از آن به لوله حاوی آب پپتونه بدون اندول تلقیح می‌شود و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۴۴ °C گرمخانه‌گذاری می‌شود و لوله‌ها از نظر تولید اندول بررسی می‌شوند. مشاهده کدورت و یا گاز در محیط کشت مایع غنی کننده انتخابی و گاز در محیط کشت تاییدی EC و اندول در محیط کشت آب پپتونه در ۴۴ °C از نظر وجود /شریشیالکی مثبت تلقی می‌شوند.

به منظور شناسایی /استافیلوکوکوس اورئوس از رقت ۱۰^{-۱}

(۱۳۸۷) [۱۸]، /شریشیالکی^۱ (استاندارد ملی ایران شماره ۲۹۴۶، ۱۳۸۴) [۱۹] و /استافیلوکوکوس اورئوس^۲ (استاندارد ملی ایران شماره ۱-۶۸۰۶، ۱۳۸۴ و روش کار میکروبیولوژی شرکت مرک آلمان، ویرایش ۱۲، ۲۰۰۵) [۲۰، ۲۱] انجام می‌شوند. آزمون‌های میکروبی برای هر نمونه با سه تکرار و به صورت دوتایی (Duplicate) انجام شد. نتایج بررسی و پس از انتخاب پلیت‌های مناسب، برای باکتری‌ها دارای ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی و برای قارچ‌ها بین ۱۵ تا ۱۵۰ کلنی اقدام به شمارش و میزان آلودگی نمونه بر حسب CFU g⁻¹ بیان شد.

از نمونه سبزی ۱۰ g در ۹۰ ml سرم فیزیولوژی (۰/۱) سترون، با استفاده از همزن^۳ همگن شد (نمونه سبزی با سرم فیزیولوژی مخلوط شده است). و سریال‌های رقت از رقت اولیه تهیه شد.

محیط مورد استفاده شمارش کلی میکروبی هوازی مطابق استاندارد مذکور، پلیت کانت آگار می‌باشد. مقدار ۱ ml رقت‌های از پیش تهیه شده نمونه، در سطح پلیت‌های حاوی محیط کشت به طریق سطحی کشت و در دمای ۳۰ °C به مدت ۷۲ h گرمخانه‌گذاری شدند و پس از مدت مذکور شمارش کلنی‌ها انجام شد. پلیت‌هایی که تعداد کلنی‌های آن‌ها بین ۳۰-۳۰۰ cfu بودند، برای شمارش انتخاب شدند و میزان آلودگی نمونه تعیین شد.

به منظور شمارش باکتری‌های اسپورزا، بعد از تهیه رقت‌های متوالی، لوله‌های حاوی نمونه در حمام آب گرم ۶۵-۷۰ °C به مدت ۱۰-۱۵ min قرار گرفتند تا فرم رویشی باکتری‌ها از بین رود و اسپورهای هوازی مقاوم به حرارت باقی بمانند. رقت‌های تهیه شده با استفاده روش کشت سطحی و با به-کارگیری محیط کشت پلیت کانت آگار کشت شده و پلیت‌ها در ۳۰ °C به مدت ۷۲ h گرمخانه‌گذاری شدند. پس از مدت زمان طی شده، نتایج بررسی و پس از انتخاب پلیت‌های مناسب (دارای ۳۰ تا ۳۰۰ کلنی) اقدام به شمارش و محاسبه میزان آلودگی نمونه‌ها گردید. به منظور شمارش کلی کپک و مخمر محیط کشت مورد استفاده مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۸۹۹-۲، دی کلران ۱۸ درصد گلیسرول آگار

1. *Escherichia coli* (E.coli)
2. *Staphylococcus aureus*
3. Shaker

4. Crystal violet neutral red bile lactose agar (VRBL)

نرم‌افزارهای SPSS 19، SAS و minitab 17 استفاده خواهد شد. مقایسه میانگین توسط آزمون LSD و در سطح معنی داری تیمار مورد نظر بررسی خواهد شد.

۳. نتایج و بحث

۱.۱.۳. آزمون‌های میکروبی

۱.۱.۳.۱. تجزیه واریانس کلی شمارش میکروبی

نتایج تجزیه واریانس انواع شمارش میکروبی برای انواع سبزی نشان داد که حداقل بین میانگین دو تیمار از هر کدام از اثرات دُز، دما و زمان و اثرات متقابل دوتایی دُز × زمان و زمان × دما اختلاف معنی‌دار وجود دارد. اثر متقابل دُز × دما بر شمارش کپک و مخمر، در تمام سبزیجات مورد بررسی معنی‌دار نیست. اثر متقابل زمان × دما × دُز در آزمون‌های میکروبی، در سبزیجات معنی‌دار نیست.

۲.۱.۳. مقایسه میانگین اثر متقابل دُز پرتودهی در

زمان انبارمانی (دمای ۴ °C) برای شمارش میکروبی

مطابق نتایج مقایسه میانگین، شمارش میکروبی در دمای نگهداری ۲۵ °C بیشترین مقدار و کمترین مقدار شمارش میکروبی مربوط به دمای نگهداری ۴ °C بود. 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 دُز پرتودهی (کیلوگری) در زمان (روز)، برای سبزی‌های شوید و مرزه نشان داد که به ترتیب بیشترین شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی ($10^3 \times 308 \pm$ و $9385 \pm 10^3 \times 310 \pm 9045$)، اسپوردار ($10^3 \times 5/2 \pm$ و $28/82 \pm 10^3 \times 5/2 \pm 22/35$)، کپک و مخمر ($10^3 \times 325 \pm$ و $720 \pm 10^3 \times 206 \pm 681$) و آنتروباکتریاسه ($10^3 \times 716 \pm$ و $7525 \pm 10^3 \times 432 \pm 7820$) در روز ۱۵ انبارمانی در نمونه شاهد و به ترتیب برای سبزی‌های شوید و مرزه کمترین تعداد باکتری‌های مزوفیل هوازی ($10^3 \times 0/14 \pm 0/02$ و $10^3 \times 0/13 \pm 0/02$) در روز هشتم انبارمانی، اسپوردار ($10^3 \times 0/01 \pm 0/001$ و $10^3 \times 0/02 \pm 0/001$) و کپک و مخمر ($10^3 \times 0/59 \pm 0/04$ و $10^3 \times 0/40 \pm 0/02$) روز صفر

نمونه آماده شده به کمک پیپت یک میلی‌لیتر برداشته و روی محیط کشت برد پارکر آگار منتقل می‌شود و با استفاده از میله شیشه‌ای خمیده سترون به خوبی روی سطح محیط کشت پخش می‌شود. در پلیت‌ها گذاشته شده تا کاملاً نمونه جذب محیط شده و سطح آن‌ها کمی خشک شود. سپس پلیت‌ها به‌صورت وارونه به مدت ۴۸ ساعت در گرمخانه ۳۷ °C قرار می‌گیرد. بعد از ۴۸ ساعت، پلیت برد پارکر را از گرمخانه بیرون آورده پرگنه‌های سیاه رنگی که نشان دهنده حضور باکتری استافیلوکوکوس اورئوس است، در محیط کشت ظاهر می‌شود. در این پژوهش نتایج به‌صورت حضور یا عدم حضور باکتری استافیلوکوکوس اورئوس گزارش می‌شود.

۳.۲.۲. آزمون حسی-چشایی

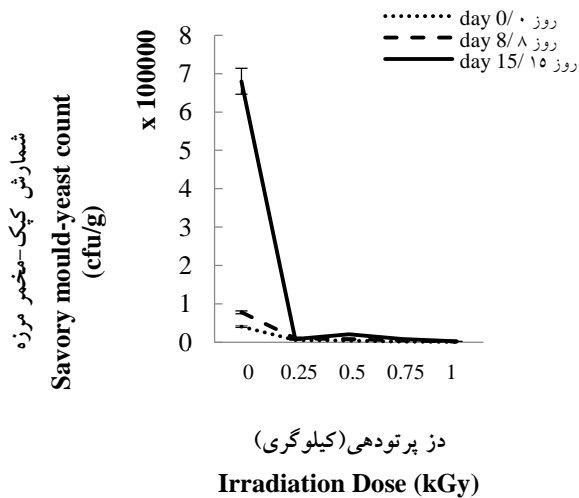
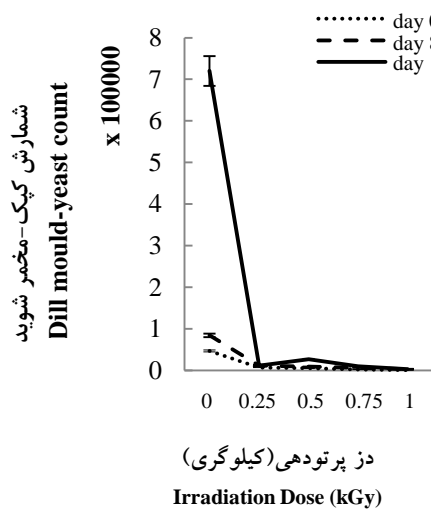
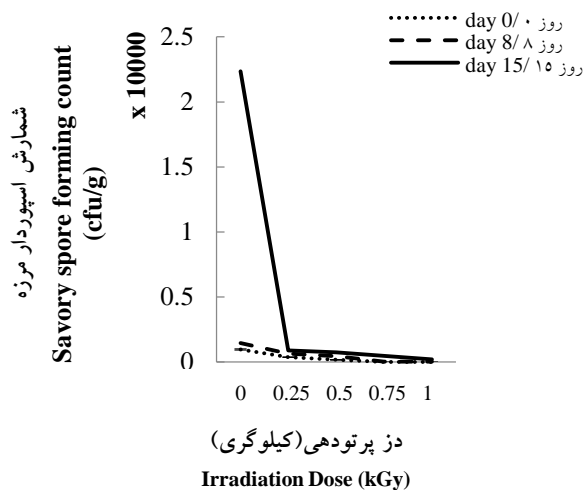
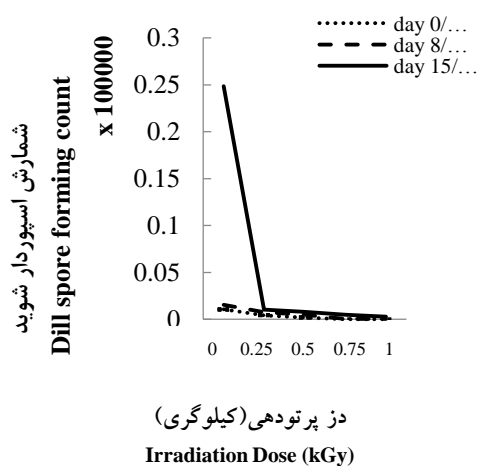
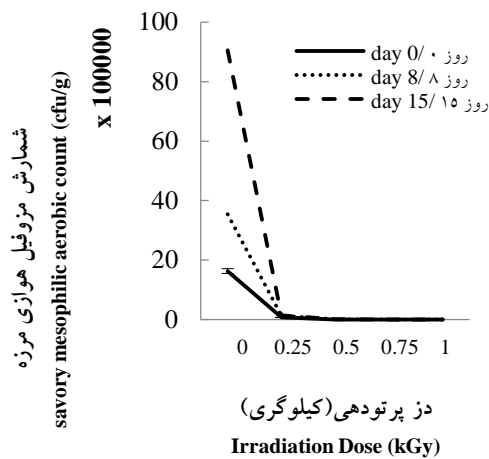
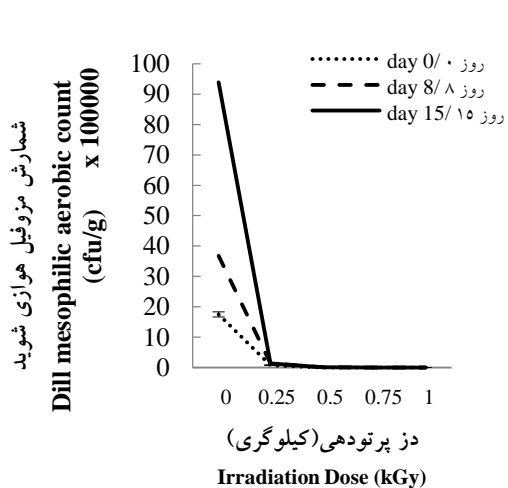
ارزیابی حسی نمونه‌ها توسط ۵ نفر ارزیاب آموزش دیده و با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای انجام شد. نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد ابتدا با آب شسته شده و پس از خروج آب اضافی در لیوان‌های پلاستیکی کدگذاری شده قرار گرفتند. در هر لیوان ۱۰ g از نمونه قرار گرفت. ارزیابی در دمای اتاق و زیر نور فلورسنت انجام شد. به‌منظور افزایش دقت چشایی قبل از شروع از 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 تیمارها را بدون دانستن شاهد، طبقه‌بندی کردند [۲۲]. چون طرح بلوک شده و به نوعی تکرار حساب می‌شود که باید از داخل آن خطای ناشی از اختلاف سلیقه‌ها خارج شود، تعداد ارزیاب‌ها باید بین ۳ تا ۸ نفر باشند که در این پژوهش مقدار متوسط آن یعنی ۵ نفر لحاظ شده است.

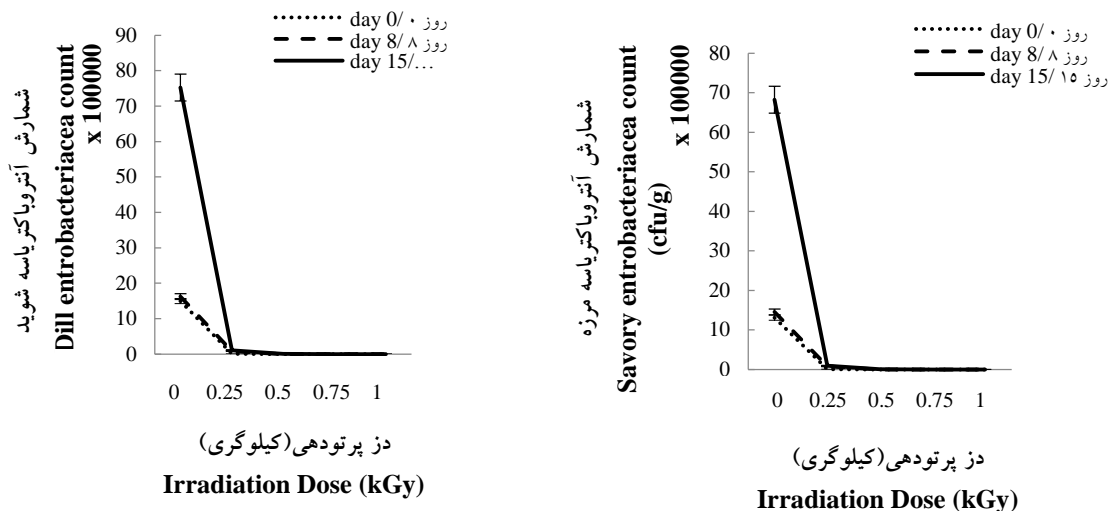
۴.۲.۲. تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش ویژگی‌های حسی در قالب طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار بررسی می‌شود. سایر آزمایش‌های میکروبی با آزمون فاکتوریل با دو فاکتور زمان در ۷ سطح و دز پرتودهی در ۶ سطح و در قالب طرح پایه آزمایشی کاملاً تصادفی بررسی خواهد شد. در این طرح از

اسبوردار ($1/0.6 \pm 0.4 \times 10^3$ و $0/0.97 \pm 0.17 \times 10^3$)، کپک و مخمر ($46/5 \pm 8/3 \times 10^3$ و $40/4 \pm 10/5 \times 10^3$) و آنتروباکتریاسه ($1495 \pm 546 \times 10^3$ و $1305 \pm 405 \times 10^3$) در نمونه شاهد بودند (شکل ۱).

انبارمانی، آنتروباکتریاسه (برابر با صفر) در روزهای صفر و هشتم انبارمانی و دز پرتودهی ۱ kGy است. برای سبزی‌های شوید و مرزه مقادیر اولیه شمارش باکتری‌های مزوفیل هوازی ($1753 \pm 444 \times 10^3$ و $1495 \pm 546 \times 10^3$)





شکل (۱) شمارش‌های میکروبی سبزی‌ها

Fig 1. Microbial counts of vegetables

شده با دُز ۱/۵ kGy را مشاهده کرده است [۲۴]. کمترین دُز پرتودهی ۰/۵ kGy تعداد باکتری *E. coli* O157: H7 و شمارش کل باکتری‌های هوازی اسفناج تازه را به $2/5 \times 10^3$ و $6/1 \times 10^3$ کاهش داده، درحالی‌که دُزهای ۱، ۱/۵ و ۲ این مقادیر را به کمتر از ۱۰ کاهش می‌دهد. پرتودهی برگ تازه اسفناج با دُزهای مختلف گاما شمارش کپک و مخمر را به کمتر از ۱۰ کاهش می‌دهد. اسفناج نیاز به دُز بیش از ۱/۰۶ kGy برای رسیدن به سطوح غیر قابل ردیابی *E. coli* O157: H7 دارد اما مقادیر آسکوربیک اسید (ویتامین C) در دُز ۱ kGy بلافاصله تا ۲۵٪ کاهش می‌یابد. پرتودهی برای بهبود ایمنی میکروبی غذاها استفاده می‌شود و کیفیت کلی سبزیجات و میوه‌ها را تغییر نمی‌دهد [۲۵]. اختلاف معنی‌داری در شمارش کلی هوازی بین نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد گشنیز در دُزهای ۰/۵، ۱ و ۱/۵ وجود داشت ($P < 0.05$). پرتودهی جمعیت میکروبی اولیه را ۳ تا ۳/۵ سیکل لگاریتمی کاهش داد. میکروارگانیسیم‌های هوازی کل تا ۴ روز انبارش (کمتر از ۲/۵ CFU/g) غیر قابل تشخیص بود. در طول انبارش، شمارش کلی هوازی در تمام دُزها به تدریج افزایش یافت. البته نمونه‌های تیمار شده با دُز ۱/۵ kGy در تمام زمان نگهداری قابل شناسایی نبودند ($2 \log$ CFU/g). محققان دیگر گزارش دادند که گشنیز

تعداد کل باکتری‌ها در برگ گشنیز با افزایش دُز پرتودهی کاهش می‌یابد. پایین‌ترین دُز ۱ kGy باعث کاهش سه سیکل لگاریتمی باکتری‌ها، ۱ سیکل لگاریتمی مخمر و کپک و کاهش میزان کلی‌فرم‌ها به ۴۳ CFU/g شد. پس از یک هفته انبارش در دمای $8-10^\circ\text{C}$ ، نمونه‌های پرتودهی نشده، افزایش در تعداد کل باکتری‌ها، کپک و مخمر را نشان دادند. دُز پایین پرتودهی ۱ kGy، در کاهش کلی‌فرم‌ها بدون شواهدی از حضور مجدد در طول انبارش تا دو هفته مؤثر بود [۲۳]. پرتودهی نعنای تازه، در تمام دُزهای آزمایشی kGy ۰/۲، ۰/۶، ۱ و ۲ روی *E. coli* O157: H7 اثر معنی‌داری داشت ($P < 0.01$). کاهش در جمعیت باکتریایی وابسته به دُز بود. نتایج مطالعه دیگری نشان داد که بعد از پرتودهی اولیه کاهش ۲ سیکل لگاریتمی در دُز ۰/۶ kGy کیلوگرم در طی مدت ۱۲ روز انبارش مشاهده شد. باکتری به‌طور کامل توسط دُز ۲ kGy از بین رفته و در طی دوره ذخیره‌سازی هیچ بازگشتی مشاهده نشد. میزان آسیب پرتودهی به پاتوژن‌های غذا به دُز پرتودهی و میکروارگانیسیم بستگی دارد. فولی و همکاران (۲۰۰۴) کاهش ۶/۷ لگاریتمی *E. coli* O157: H7 در گشنیز پرتودهی شده با دُز ۱/۵ kGy را گزارش کردند. همچنین نیمیرا (۲۰۰۷)، کاهش کمتر از ۵ سیکل لگاریتمی *E. coli* O157: H7 در اسفناج پرتودهی



است. نمونه‌های بدون بسته‌بندی در دمای محیط، ماندگاری بسیار کوتاه به مدت سه روز داشته است. به طور کلی، پرتودهی در دُزهای ۱ و ۲ kGy می‌تواند برای افزایش ایمنی میکروبی (شمارش کلی هوازی، بی‌هوازی و کپک و مخمر) اسفناج تازه با حفظ کیفیت استفاده شود [۲۸]. تیمار ترکیبی تابش گاما و بنزوات سدیم از نظر ایمنی میکروبی در طول ۱۶ روز ذخیره‌سازی مؤثرتر بود [۲۹]. انرژی حاصل از پرتو، پیوندها در مولکول‌های DNA را می‌شکند و باعث نقص در دستورالعمل‌های ژنتیکی می‌شود. اگر این آسیب قابل تعمیر نباشد، ارگانسیم می‌میرد یا قادر به تولید مثل نخواهد بود. دُز پرتودهی بیشتری برای کشتن میکروب‌ها در غذاهای منجمد مورد نیاز است. اثربخشی این فرآیند به حساسیت ارگانسیم به پرتو، سرعتی که می‌تواند DNA آسیب دیده را ترمیم کرده و به‌ویژه به مقدار DNA در موجود هدف نیز بستگی دارد. برای کشتن باکتری‌ها، پرتودهی بیشتری لازم است زیرا DNA کمتری دارند. ویروس‌ها کوچکترین پاتوژن‌های دارای اسید نوکلئیک هستند و به‌طور کلی در برابر پرتو در دُزهای مجاز برای غذا مقاوم می‌باشند [۶].

پرتودهی شده با دُز ۲، ۳ و ۲ kGy سیکل لگاریتمی کاهش در شمارش کلی میکروبی و مهار رشد باکتری در طی ۱۴ روز نگهداری، داشته است [۲۶]. پرتودهی برگ‌های اسفناج در دُز ۲ kGy موجب کاهش 5×10^2 سیکل لگاریتمی بار میکروبی اولیه شد و دُز ۰/۵ kGy بار میکروبی اولیه را به یک پنجم آن کاهش داد. همچنین دُز ۲ kGy یک سیکل لگاریتمی جمعیت باکتری‌های هوازی را کاهش و ماندگاری را افزایش داده درحالی‌که دُز ۰/۵ kGy کاهش ۴ برابری در این جمعیت موجب شده است. دُز ۰/۵ kGy به سطح بهینه پرتودهی برای از بین بردن باکتری‌ها و افزایش طول عمر مفید، با حفظ ویژگی‌های حسی خوب و مطلوب برگ‌های اسفناج، نزدیک می‌باشد [۲۷]. اسفناج، گشنیز و شنبلیله با دُزهای ۰، ۱، ۱/۵ و ۲ گاما تیمار شدند. پس از پرتودهی، برگ‌ها در دمای 28°C ، ۱۰ و ۴ نگهداری شدند. برگ‌های پرتودهی شده در ۲ kGy و نگهداری شده در دمای 4°C دارای تازگی و پذیرش تا ۳۰ روز بودند. تیمار پرتودهی گاما با دُز صحیح، جایگزین خوبی برای سترون کردن یا ضدعفونی کردن محصول قبل از توزیع به مصرف کنندگان

جدول (۱) نتایج تجزیه واریانس کلی آزمون‌های حسی - چشایی

Table 1. Results of analysis variance of sensory-taste evaluation

میانگین مربعات MS					درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Sources of variations
رنگ colour	عطر flavour	طعم taste	شکل shape	نرمی softness		
0.50 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.32 ^{ns}	0.30 ^{ns}	4	دُز پرتودهی dose (kGy) Irradiation
1.68 ^{**}	8.33 ^{**}	14.22 ^{**}	19.35 ^{**}	16.84 ^{**}	2	زمان (روز) Time (day)
0.53 ^{ns}	0.693 ^{ns}	0.41 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.30 ^{ns}	8	دُز×زمان Time*Dose
1.44 ^{**}	1.25 ^{ns}	1.90 ^{**}	0.39 ^{ns}	1.42 ^{**}	6	بلوک Block
0.32	0.62	0.43	0.42	0.37	84	خطا Error
					104	کل Total
27.73	27.73	24.55	26.05	24.82		ضریب تغییرات CV%

^{ns} و ^{**} به ترتیب نشان دهنده اختلاف غیرمعنی‌دار آماری و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است.

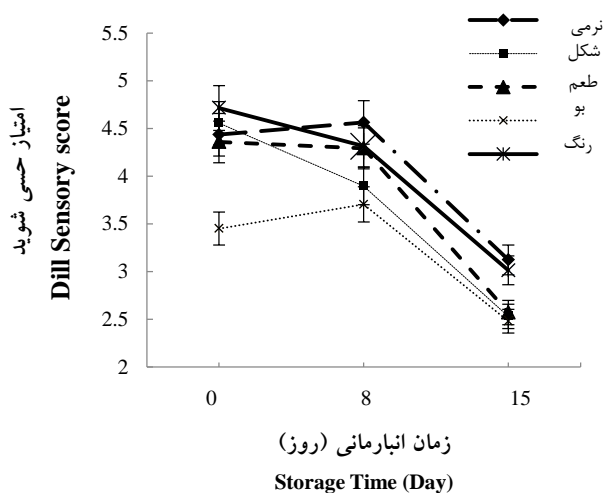
Non-significant and significant differences are indicated as ^{ns} and ^{**}, respectively ($p < 0.01$).

۳.۲.۳. مقایسه میانگین اثر متقابل دُز در زمان

انبارمانی بر پارامترهای حسی - چشایی انواع سبزی

بیشترین و کمترین مقادیر پارامترهای نرمی، شکل، طعم و رنگ به ترتیب مربوط به روز انبارمانی صفر و ۱۵ و بیشترین و کمترین مقادیر پارامتر عطر به ترتیب مربوط به روز انبارمانی ۸ و ۱۵ می‌باشد. با توجه به نتایج در 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 به ترتیب مقدار این پارامتر از روز صفر تا ۸ کاهش یافته اما در روز ۸ قابل قبول است.

مشابه با نتایج این پژوهش، برگ‌های گشنیز پرتوده‌ی شده در ۱ kGy و ذخیره شده به مدت دو هفته، ۷٪-۸٪ زرد شدن را در مقایسه با ۱۲٪-۱۵٪ در انواع پرتوده‌ی نشده نشان دادند. در طول انبارش سرد، میزان زرد شدن در برگ‌های پرتوده‌ی شده با افزایش دُز پرتوده‌ی، افزایش یافت. همچنین مشاهده شد که میزان فساد به رقم و کیفیت تازگی پس از برداشت برگ در زمان پرتوده‌ی بستگی دارد. دُز پایین پرتوده‌ی (۱ kGy) در کنترل فساد ظاهری برگ‌ها مؤثرتر از هر روش دیگری بود.



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.

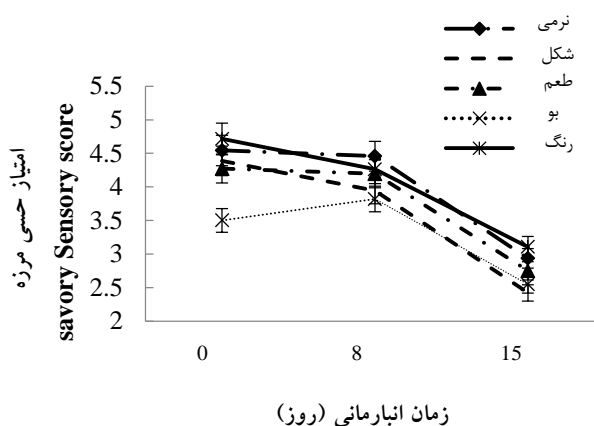
مطابق نتایج تجزیه واریانس کلی آزمون‌های حسی - چشایی در جدول (۱) معنی‌داری اثر بلوک (نرمی، طعم و رنگ) نشان دهنده‌ی صحیح بودن نحوه‌ی بلوک‌بندی و اختلاف معنی‌دار آماری بین آزمایش کنندگان می‌باشد. با وجود معنی‌دار نبودن واریانس اثرات اصلی در بعضی پارامترها، چون از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد انجام مقایسه میانگین تیمارها مجاز می‌باشد. در این موارد ممکن است دلیل معنی‌دار نشدن تجزیه واریانس، قرینه قرار گرفتن تیمارها در اطراف تیمار شاهد باشد.

۲.۲.۳. مقایسه میانگین اثر زمان انبارمانی (روز) بر

پارامترهای حسی - چشایی

در مورد اثر دز پرتوده‌ی تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نمی‌شود. نتایج شکل (۲) نشان داد که تیمارهای انبارمانی (روز) بر تمام پارامترها اثر معنی‌دار آماری داشته است. بیشترین مقادیر پارامترهای نرمی، شکل، طعم و رنگ مربوط به روز انبارمانی صفر بوده و کمترین مقدار مربوط به روز انبارمانی ۱۵ می‌باشد. بیشترین مقدار پارامتر عطر مربوط به روز انبارمانی ۸ و کمترین مقدار مربوط به روز انبارمانی ۱۵ می‌باشد. با توجه به نتایج بهترین زمان انبارمانی مربوط به روز ۸ است. در تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌دار آماری بین روزهای اول و هشتم مشاهده نمی‌شود و به بدان معنی است که انبارمانی تا هشت روز تأثیری بر این ویژگی‌ها ندارد اما در مورد پارامتر رنگ سه گروه مجزا مشاهده می‌شود که به ترتیب ارزش این پارامتر از روز صفر انبارمانی تا روز هشتم کاهش یافته است اما در روز هشتم هنوز هم در حد قابل قبول قرار دارد. در شکل‌های ۲ میانگین و خطای استاندارد اثرات اصلی زمان نگهداری در دمای ۴ °C که معنی‌دار بوده است، بر متغیرهای حسی - چشایی کلی نشان داده شده است.

تازه، بهبود یافته و یا تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. مطابق نتایج محققان در پژوهشی، ریحان تا ۷ روز در دمای $10 \pm 1^\circ \text{C}$ پس از پرتودهی در دُزهای ۳۰۰، ۶۰۰ و ۹۰۰ قابلیت پذیرش داشت و برخی دیگر مانند شوید و نعناع دچار تغییرات نامطلوب معنی‌داری شدند. به نظر می‌رسد، شتاب دادن به فرایند رسیدن در نتیجه پرتودهی، با از دست دادن کلروفیل، صدمه زدن به سیستم‌های آنزیم ضروری و کاهش شادابی در برخی از سبزی‌ها نشان داده می‌شود [۳۰]. در مطالعه حاضر هم دلیل کاهش مقدار متغیر رنگ از روز صفر تا روز هشتم نگهداری در دمای 4°C می‌تواند به این موضوع نسبت داده شود. پرتودهی گاما در دُز ۲ kGy موجب تغییرات رنگ برگ‌های اسفناج از سبز تیره به سبز رنگ پریده و روشن، بافت خشک و بوی کمتر تازگی می‌شود. دُز ۰/۵ kGy به سطح بهینه پرتودهی برای از بین بردن باکتری‌ها، *E.coli* و افزایش طول عمر مفید، با حفظ ویژگی‌های حسی خوب و مطلوب برگ‌های اسفناج، نزدیک می‌باشد [۲۷]. دُزهای ۰/۵ و ۱ بر صفات اسفناج تأثیر نمی‌گذارد. البته، کاهش قابل توجهی در ظاهر، رنگ و بافت با دُزهای ۱/۵ و ۲ در مقایسه با شاهد مشاهده شد؛ بنابراین، دُزهای بالاتر تیمار پرتودهی، ممکن است برای اسفناج مناسب نباشد [۲۵]. نتایج مطالعات فوق همسو با نتایج یافت شده در این مطالعه بوده و دُز بهینه گزارش شده توسط Matossian در سال ۲۰۰۸ مشابه دُز بهینه پیشنهادی در این پژوهش می‌باشد. عمر مفید پیازچه تازه کمتر از ۱۴ روز خواهد بود. امتیاز سبز بودن برای تمام نمونه‌ها در طول انبارش کاهش یافت. تغییر رنگ قابل توجهی تا ۱۴ روز انبارش وجود نداشت. نمونه‌های پرتودهی شده نسبت به شاهد، دارای پایداری بیشتری بوده است. مشابه کیفیت ظاهری کلی، نمونه‌های پرتودهی نشده، رنگ سبز کمتری نسبت به نمونه‌های پرتو دیده، در روز ۱۴ داشتند. به طور معمول، امتیاز عطر در طول زمان انبارش کاهش یافت، به طوری که بین نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$). در نمونه‌های پرتودهی شده بین دُزهای مختلف پرتو ۰/۵ تا ۱/۵ حتی پس از ۱۴ روز انبارش تفاوت معنی‌داری در درصد فساد مشاهده نشد. نمونه‌های پرتودهی شده، دارای سفتی کمتری در روزهای ۱ و ۴ انبارش بودند،



شکل (۲) اثر اصلی زمان انبارمانی (روز) بر ارزیابی حسی - چشایی انواع

سبزی

Fig 2. The main effect of storage time (day) on vegetables sensory evaluation

فراوری پرتودهی نسبت به کلرزنی از مزیتی برخوردار است که پرتو یون ساز می‌تواند برای غیرفعال‌سازی پاتوژن‌هایی که به مواد غذایی نفوذ کرده‌اند، به کل محصول نفوذ کند. از این رو، تیمار با دُز پایین، تیماری امیدوار کننده برای بهبود ایمنی میوه‌ها و سبزی‌ها آماده مصرف، بدون تغییر ویژگی‌های حسی است [۲۳]. پرتودهی (در تمام دُزهای kGy ۰/۲۵ تا ۲) کیفیت ظاهری نعناع تازه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد. تمام نمونه‌ها با کیفیت عالی (امتیاز دیداری ۹) بدون فساد پس از پرتودهی اولیه باقی ماندند. نمونه‌های نگهداری شده در دمای 4°C یخچال در روز ۹ با کیفیت عالی با نقص‌های جزئی باقی ماند اما با گذشت زمان به طور قابل توجهی بدتر شده و در روز ۱۲ نتایجی با کیفیت پایین به دست آمد. کیفیت پیازچه پرتودهی شده با دُز ۱ kGy تا روز ۱۴ نگهداری دچار فساد و خرابی نشد. همچنین پرتودهی پیازچه تازه تا دُز ۱/۵ kGy، موجب کاهش فساد، بوی بد و حفظ رنگ سبز آن شده است. زاویه رنگ و شاخص کروما طی مدت ۱۲ روز انبارش یخچالی در نمونه‌های نعناع پرتودهی شده بدون تغییر باقی ماند. در سال ۲۰۰۵ Kim و همکاران گزارش کردند که پرتودهی در ۰/۵ تا ۱/۵ شاخص کرومای پیازچه تازه را تغییر معنی‌داری نداد [۲۴]. نتایج ما همسو با مطالعات قبلی نشان داد که کیفیت ظاهری محصول با پرتودهی در دُزهای پایین بسته به نوع محصول

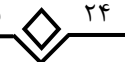
سرما دارد [۲۸]. نتایج تحقیق فوق با مطالعه حاضر مطابقت داشته و در این پژوهش هم سبزی‌های نگهداری شده در دمای محیط قابلیت مصرف پس از سه روز نگهداری را نداشتند و نمونه‌های پرتودهی شده با شاهد در متغیرهای حسی-چشایی ارزیابی شده تفاوت معنی‌دار آماری نشان ندادند.

۴. نتیجه‌گیری

بین نمونه شاهد و تمام دُزها برای تمام سبزی‌ها در انواع شمارش میکروبی، تفاوت معنی‌دار مشاهده شد. شمارش میکروبی در کمترین (۰/۲۵ kGy) تا بیشترین (۱kGy) دُز، روند کاهشی وابسته به دُز وجود داشت. برای تمام سبزی‌ها در انواع شمارش میکروبی تیمارها بین نتایج روز صفر و پس از ۸ روز انبارش تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد اما در روز ۱۵ افزایش معنی‌دار نشان داد. باکتری‌های /یکلی و /استافیلوکوکوس/اورئوس، فقط در نمونه‌های شاهد و ۰/۲۵ kGy حضور داشتند. در روز صفر، پس از پرتودهی با دُز ۰/۵ kGy (دُز بهینه پیشنهادی) تقریباً، شمارش کلی مزوفیل‌ها $\log 2/5$ ، شمارش باکتری‌های اسپوردار $\log 1$ ، شمارش کلی کپک و مخمر $\log 1$ و شمارش آنتروباکتریاسه $\log 5/3$ ، نسبت به نمونه شاهد، کاهش داشتند. در روز ۸، پس از پرتودهی با دُز ۰/۵ kGy تقریباً، شمارش کلی مزوفیل‌ها $\log 2/3$ ، شمارش باکتری‌های اسپوردار $\log 1$ ، شمارش کلی کپک و مخمر $\log 1$ و شمارش آنتروباکتریاسه $\log 4$ ، نسبت به نمونه شاهد، کاهش داشتند. در روز ۱۵، پس از پرتودهی با دُز ۰/۵ kGy تقریباً، شمارش کلی مزوفیل‌ها $\log 3$ ، شمارش باکتری‌های اسپوردار $\log 1/3$ ، شمارش کلی کپک و مخمر $\log 1/3$ و شمارش آنتروباکتریاسه $\log 3$ ، نسبت به نمونه شاهد، کاهش داشتند. همچنین با توجه به بالا بودن شمارش میکروبی و عدم امکان استفاده از سبزی‌ها انبارمانی شده در دمای محیط (25°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 دُز ۰/۵ kGy سبزی‌های برگ‌ی تازه شویید و مرزه در دمای یخچال تا ۸ روز با حفظ کیفیت کاملاً مطلوب قابل نگهداری هستند. البته در نظر

اما این روند در روز ۱۴ برعکس شد، به طوری که در روز ۱۴، نمونه‌های شاهد، دارای کمترین مقدار سفتی بود. سفتی با ریخت‌شناسی سلول، تورژر و تورم و ساختار صفحه دیواره میانی سلول مرتبط است. پرتودهی در دُزهای به اندازه کافی بالا، باعث تضعیف نرمی بافت گیاهی ناشی از تغییرات مواد پکتیک و همچنین تخریب سلولز می‌شود. پرتو گاما در دُز بیش از ۰/۳۴ kGy باعث کاهش قابل توجهی در سفتی برش‌های سیب شده که به دلیل افزایش مقدار پکتین محلول در آب است و به مقدار کل پکتین، مربوط نمی‌شود [۲۶]. در پژوهش حاضر هم اگرچه تفاوت‌های مشاهده شده معنی‌دار نبود، اما نمونه‌های پرتودهی شده با دُزهای ۱ و ۰/۷۵ kGy شاهد و پس از ۱۵ روز نگهداری در دمای 4°C کمترین امتیازها را داشتند. دُزهای پرتودهی بر عطر و طعم سبزی-های مورد مطالعه در این پژوهش تأثیر معنی‌داری نداشت. به طور کلی می‌توان گفت نمونه‌های پرتودهی شده در دُزهای پایین‌تر یعنی ۰/۲۵ kGy 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، افزایش نشان داده است. البته این افزایش معنی‌دار نبوده است.

برگ‌های پرتودهی شده اسفناج، گشنیز و شنبلیله در ۲ kGy و نگهداری شده در دمای 4°C ، دارای تازگی و 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 به مدت سه روز داشته است. علاوه بر این، مقدار رطوبت نمونه‌های شاهد و پرتودهی شده، تا پایان یک ماه نگهداری در دمای 4°C حفظ شد. پذیرش مصرف کننده نشان داد که افراد بیشتری اسفناج پرتودهی شده در دُز ۲ kGy را استفاده می‌کنند زیرا تفاوت معنی‌داری در طعم با نمونه‌های شاهد ندارد. به طور کلی، پرتودهی در دُزهای ۱ و ۲ می‌تواند برای افزایش ایمنی میکروبی (شمارش کلی هوازی، بی‌هوازی و کپک و مخمر) اسفناج تازه با حفظ کیفیت آن استفاده شود. در مورد گشنیز تازه، حد دُز ۳ kGy، حداقل اثر را بر ترکیبات معطر فرار در مقایسه با گشنیز نگهداری شده در



تشکر و قدردانی

از حمایت‌های مالی و معنوی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای و پژوهشکده کاربرد پرتوها و همکاران محترم گروه پژوهشی پرتوفاوری و دزیمتری قدردانی می‌شود.

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.

منابع

- [1] Mahdavianmehr, H., Asnoashari, M., & Sedaghat, N. (2013). New packaging methods of fresh-cut fruits and vegetables. *Sci. Quarterly J. Pack. Sci. Tech.*, 13, 30-43. [In Persian]
- [2] Bahraini, M., Habibi Najaf, M.B., M.R. Bassami, Abbaszadegan, M., Bahrami, A.R., & Ejtehadi, H. (2011). 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. [In Persian]
- [3] Beuchat, L.R. (1996). Pathogenic microorganism associated with fresh product. *J. Food Prot.*, 59, 204-216.
- [4] Yousuof, B., Deshi, V., Ozturk, B., & Siddiqui, M.W. (2020). 1 - Fresh-cut fruits and vegetables: Quality issues and safety concerns. *Technologies and Mechanisms for Safety Control*, 1-15.
- [5] Androvic, F. (2012). Gamma Radiation. In: A.K. Kilonzo-Nthenge. *Gamma Irradiation for Fresh Produce* (1st ed., pp. 251-262). Rijeka: Intech.
- [6] UW Food Irradiation Education Group. The Facts about Food Irradiation, 2016. <https://uwfoodirradiation.engr.wisc.edu/Facts.html>.
- [7] Almasi, A. (2011). The need to review the hygienic guidelines for disinfecting fruits and vegetables using chlorine. *J Kermanshah Univ Med Sci.*, 3, 231-232. [In Persian]
- [8] Deng, L.Zh., Mujumdar, A.S., Pan, Zh., Vidyarthi, S.K., Xu, J., Zielinska, M., & Xiao, H.W. (2020). Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: a comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr.*, 60(15), 2481-2508.
- [9] Diehl, J.F. (2002). Food irradiation—past, present and future. *Radiat. Phys. Chem.*, 63, (3-6), 211-215.
- [10] 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 Sci. Technol.*, 115, 108448.
- [11] Al-Suhaibani, A.M., Amal N., & Al-Kuraieef, N. (2011). Antioxidant, Microbial and Sensory Evaluation of Fresh Mint Leaves Irradiated with Various Doses of γ -Irradiation. *Middle East J. Appl. Sci.*, 3(4), 122-128.
- [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. [In Persian]
- [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. [In Persian]
- [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. [In Persian]
- [15] ISIRI. Microbiology of food, animal feed and water — Preparation, production, storage and performance testing of culture media. Document number: 8663, 1st.Edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran, 2015. [In Persian]
- [16] ISIRI. Microbiology of spices – Specifications. Document number: 3677, first revision. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran, 2008b. [In Persian]
- [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. Document number: 10899-1, first edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran, 2008a. [In Persian]
- [18] ISIRI. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms – Most probable number



- technique. Document number: 11166, first edition. Institute of Standards and Industrial Research of Iran, Islamic Republic of Iran, 2008. [In Persian]
- [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. [In Persian]
- [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. [In Persian]
- [21] Methodology of Merck, Germany, 12 (2005).
- [22] Serdaroglu, M., & Ozsumer, M. S. (2003). Effects of Soy protein, Why Powder and Wheat Gluten on Quality Characteristics of Cooked Beef Sausages Formulated with 5, 10 and 20% Fat. Electronic J. of Polish Agricultural Universities (EJPAU), *Food Sci. Technol.*, 6(2), 1-9.
- [23] Kamat, A., Pingulkar, K., Bhushan, B., Gholap, A., & Thomas, P. (2003). Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. *Food Control*, 14, 529-537.
- [24] Hsu, W.Y., Simonne, A., Jitareerat, P., & Marshal, M.R. (2010). Low-Dose Irradiation Improves Microbial Quality and Shelf Life of Fresh Mint (*Mentha piperita* L.) without Compromising Visual Quality. *J. Food Sci.*, 75(4), M 222-230.
- [25] Al-Suhaibani, A.M., & Al-Kuraieef, A.N. (2016). The effects of gamma irradiation on the microbiological quality, sensory evaluation and antioxidant activity of spinach. *Int. J. Chem.Tech. Res.*, 9(6), 39-47.
- [26] Kim, H.J., Feng, H., Toshkov, S.A., & Fan, X. (2005). Effect of Sequential Treatment of Warm Water Dip and Low-dose Gamma Irradiation on the Quality of Fresh-cut Green Onions. *J. Food Sci.*, 70(3), M 179-185.
- [27] Matossian, M. (2008). Gamma Irradiation Studies of Spinach Leaves. In: California State Science Fair 2008 Project Summary, Project Number: S1412.
- [28] Jadhav, p., Chappalwar, V.M., Bhojar, A.F., & Chappalwar, A.M. (2013). Study the Shelf Life Extension of Leafy vegetables by Ionizing Radiation. *Int. J. Eng. Res. Technol.*, 2(10), 817-826.
- [29] Memon, N., Gat, Y., Arya, Sh., & Waghmare, R. (2020). Combined effect of chemical preservative and different doses of irradiation on green onions to enhance shelf life. *J. Saudi Soc. Agri. Sci.*, 19(3), 207-215.
- [30] Segsarnviriya, S. Malakrong, A., & Kongratarpon, T. (2005). The effect of gamma radiation on quality of fresh vegetables. In: International Symposium *New Frontier of Irradiated food and Non-Food Products*. King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Bangkok, Thailand. /<http://filing.fda.moph.go.th/library/e-learning/fcdISNF/menu.htmls>.

*Research Article***Effects of Gamma Irradiation on Microbial and Sensory Properties of Fresh Dill and Savory****Samira Berenji Ardestani¹, Marzieh Ahmadi-Roshan^{2*}****1. Professor Assistant, Radiation Processing and Dosimetry Research Group, Nuclear Science and Technology Research Institute, Research School of Radiation Applications, AEOI, Tehran – Iran****2. Research Staff, Radiation Processing and Dosimetry Research Group, Nuclear Science and Technology Research Institute, Research School of Radiation Applications, AEOI, Tehran – Iran****Abstract**

Vegetables play an important role in promoting health and preventing from diseases and they are good carriers to transmit bacteria, parasites, viruses and pathogens to humans. The use of vegetables disinfectants such as chlorine, with their own special risks, is a ways of preventing diseases. Shelf life of these products is limited, after three days at refrigerator, they will lose their consumption and will change to bulk of waste. Irradiation can be a practical treatment to increase safety and shelf-life and exporting of fresh vegetables. In this study, the effects of gamma irradiation doses of 0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1 kGy on microbial and sensory qualities of fresh dill and savory at ambient temperature and 4 °C were investigated. According to the statistical results ($P < 0.05$), there was a significant between the mean of two treatments of main effects of dose, temperature and time, and interaction of dose*time and time*temperature. The interaction of dose*temperature on mold and yeast count was not significant. The effect of time*temperature*dose was not significant on microbial tests. In sensory-taste tests, there was a statistically significant difference between the mean of two main effects of storage time on the parameters of softness, shape, taste, aroma and color. There was no statistically significant difference between other treatments for measured parameters. According to the results samples which were stored at ambient temperature due to high microbial load in first two days were removed of study. In irradiated samples, until the eighth day, a dose-dependent reduction of microbial load was observed. Foodborne pathogenic bacteria including *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* were present in control and 0.25 kGy irradiated samples. Considering acceptable results of microbial and sensory assays, gamma irradiation at dose of 0.5 kGy at 4 °C, can enhance shelf life to 8 days and decrease fresh dill and savory wastes.

Keywords: Gamma irradiation, Dill, Savory, Shelf-life.

* Corresponding Author: mzahmadi@aeoi.org.ir