ارزیابی آلودگی برخی از ادویه‌های پرمصرف ایران و کاهش بار میکروبی به روش پرتودهی با اشعه ماورای بنفش

بهروز اکبری آدرگانی[1*]، معصومه سام نژاد[2]، فائزه شیرخان[3]

۱. مرکز تحقیقات آزمایشگاهی غذا و دارو، سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران.

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳. مرکز تحقیقات علوم تغذیه و صنایع غذایی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

[*]نویسنده مسئول: *b.akbari@fda.gov.ir*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۰۷

چکیده

امکان آلودگی میکروبی ادویه در طی مراحل مختلف برداشت، خشک‌کردن یا حمل نقل وجود دارد. روش‌های مختلفی جهت کاهش بار میکروبی ادویه استفاده می‌شود که مشکلاتی مانند تغییر عطر و طعم به همراه دارد. هدف از این تحقیق دستیابی به شرایط بهینه پرتودهی ماورای بنفش به منظور کاهش بار میکروبی برخی از ادویه‌های پرمصرف ایران بود. بدین منظور، شش نوع ادویه شامل زردچوبه، زنجبیل، فلفل‌قرمز، فلفل‌سیاه، دارچین و سماق از بازار تهران نمونه‌برداری شدند. آزمایه‌ها با روش‌های موجود در استاندارد ملی ایران مورد آزمون میکروبی قرار گرفتند. سپس ادویه آلوده در کابینت ماورای بنفش با طول موج ۲۵۴ نانومتر در ضخامت‌های ۱، ۵ و ۱۰ میلی‌متر و زمان‌های ۵، ۱۰و ۱۵ دقیقه پرتودهی شدند. روی نمونه‌های پرتودهی شده آزمون میکروبی انجام شد. طبق نتایج حاصله، تاثیر متغیر زمان بر شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی زردچوبه، فلفل‌قرمز، فلفل‌سیاه و دارچین، همچنین بر شمارش کلی‌فرم زردچوبه و فلفل‌قرمز و نیز بر شمارش کپک زردچوبه، فلفل‌قرمز و فلفل‌سیاه و زنجبیل معنی دار بود ($P<۰/۰۱$). همچنین متغیر ضخامت نمونه تأثیر کاملاً معنی‌داری بر شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی زردچوبه، زنجبیل و فلفل‌سیاه، بر شمارش کلی‌فرم زردچوبه، زنجبیل، فلفل‌قرمز، دارچین، بر شمارش کپک زردچوبه، زنجبیل، فلفل‌سیاه، فلفل‌قرمز و تأثیر معنی‌دار بر شمارش کلی میکروبی فلفل‌قرمز و کپک دارچین داشت($P<۰/۰۱$). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پرتودهی با اشعه ماورای بنفش در شرایط بهینه شده می‌تواند بار آلودگی ادویه را تا حد قابل قبول کاهش دهد.

کلید واژه ها: ادویه، آلودگی میکروبی، پرتودهی ماورای بنفش، رفع آلودگی.

مقدمه

امروزه تمایل مصرف کنندگان به سمت محصولات سالم و طبیعی حاوی گیاهان دارویی و چاشنی‌ها افزایش یافته است(Bedada, et al., 2018) . ادویه و چاشنی‌ها به دلیل داشتن طعم، رنگ و رایحه متمایز بطور گسترده‌ای در تهیه و فرآوری مواد غذایی استفاده می‌شوند و ممکن است در معرض طیف گسترده‌ای از آلودگی‌های میکروبی در دوره قبل و بعد از برداشت قرار گیرند (Erdoğdu and Ekiz, 2011). ادویه منبع احتمالی آلودگی میکروبی برای مواد غذایی حتی در مقادیر اندک است زیرا این ترکیبات به محصولات غذایی اضافه می‌شوند که هیچگونه فرآوری دیگری ندارند یا به صورت خام مصرف می‌شوند (Little et al., 2003) در این راستا ادویه و چاشنی‌های آلوده باعث افزایش بار میکروبی مواد غذایی و فساد مواد غذایی می‌شوند و ممکن است پس از مصرف باعث عفونت و سمیت در انسان شوند (Kara et al., 2015). روش‌های مختلفی برای فرآیند کاهش بار میکروبی ادویه گزارش شده است (Dababneh et al., 2013). از آنجا که این روش‌ها کاملاً رضایت بخش نبوده‌اند، جستجو برای یافتن روش‌های ایمن و کارآمد برای کاهش آلودگی ادویه همچنان در حال انجام است (Ha et al., 2013; Bang et al., 2020). در این زمینه یکی از روش‌های نوین فرآوری، استفاده از فرایند غیرحرارتی با اشعه ماورای

بنفش می‌باشد. امروزه تأثیر این اشعه در کاهش میکروارگانیسم‌های مختلف ثابت شده است لذا این روش به عنوان یک روش ضدعفونی‌کننده سطوح مواد غذایی تأیید شده است (Watson et al., 2020). اشعه ماورای بنفش یک تابش الکترومغناطیسی می‌باشد و عموماً به سه نوع UV-A، UV-B وUV-C، تقسیم می‌شود و به ترتیب دارای محدوده طول موج‌های ۳۱۵ تا ۴۰۰ نانومتر، ۲۸۰ تا ۳۱۵ نانومتر و ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر می‌باشد. بیشترین آثار بیولوژیک این اشعه بر میکروارگانیسم‌ها مربوط به اشعه UV-C بخصوص طول موج ۲۵۴ نانومتر می‌باشد (Keyser et al., 2008). اثر ضدعفونی کنندگی اشعه عمدتاً به دلیل توانایی نور در نفوذ به دیواره سلولی است، در نتیجه توانایی رشد و تکثیر میکروارگانیسم‌ها را مهار می‌کند. این اشعه ارزان قیمت و به راحتی قابل اجرا است و بقایای شیمیایی ایجاد نمی‌کند و تأثیر کشنده‌ای را در برابر طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها نشان می‌دهد (Watson et al., 2020). همچنین در صنایع غذایی برای ضدعفونی کردن مواد خوراکی کاربرد دارد و برای کاهش آلودگی در مواد غذایی و با کمترین میزان از دست دادن طعم، رنگ، ارزش غذایی و کیفیت محصول استفاده می‌شود. سایر کاربردهای آن را در ضدعفونی کردن آب آشامیدنی (Falguera et al., 2011)، کاهش بار میکروبی میوه و سبزیجات (Shankar et al., 2014) و تأثیر بر برخی سموم مانند آفلاتوکسین می‌توان مشاهده کرد (Koutchma, 2008). از آنجایی که بخش اعظم ادویه مصرفی جهان در فضاهای باز و با ابزارهای ابتدایی تولید و عرضه می‌شوند در نتیجه این مواد مستعد آلودگی با باکتری‌ها، مخمرها و کپک‌ها هستند از سوی دیگر میل و اشتیاق مصرف‌کنندگان باعث افزایش درخواست برای تولید و پخش گیاهان با خاصیت دارویی و ادویه‌ای شده و این امر منجر به کاهش توجه به رعایت موازین بهداشتی توسط برخی از تولیدکنندگان شده است. از طرف دیگر از آنجایی که برخی از ادویه‌ها در کشور ما موجود نمی‌باشند و باید از خارج از کشور وارد گردند لذا امکان قرارگیری این مواد در معرض آلودگی‌های میکروبی و سایر آلودگی‌ها مانند مدفوع پرندگان، جوندگان و حشرات وجود دارد. از اینرو به رغم اینکه بسیاری از ادویه‌های افزوده شده در غذاها فرآیند حرارتی را طی می‌کنند و اکثر باکتری‌های بیماریزا نسبت به حرارت حساس هستند، با این وجود برخی از سموم مترشحه توسط برخی از قارچها مثل آفلاتوکسین و نیز اسپور باکتری‌ها به حرارت مقاوم هستند (شعبانی و زجاجی،۱۳۹۰) و می‌توانند سلامت عمومی را به خطر بیاندازند. بدین جهت با توجه به پتانسیل کاربرد اشعه ماورای بنفش در کاهش آلودگی میکروبی و وجود منابع محدود در خصوص تأثیر تیمار این اشعه بر ادویه و لزوم ارزیابی و کنترل بهداشتی آن، مطالعه حاضر ابتدا به بررسی میزان آلودگی میکروبی در ادویه پرداخته است. سپس با هدف ارزیابی تأثیر اشعه ماورای بنفش در کاهش جمعیت بار میکروبی و پاتوژن‌های ناشی از مواد غذایی مانند کلی‌فرم‌ها (Coliform)، *اشریشیاکلی* (*Escherichia coli*) و *کپک* در نمونه‌های ادویه، فاکتورهای موثر کیفیت بر کارایی اشعه را مورد بررسی قرار داده است.

روش کار

روش نمونه برداری

نمونه های مورد آزمون شامل ادویه زردچوبه، زنجبیل، فلفل‌سیاه، فلفل‌قرمز، دارچین و سماق بصورت فله از بازار مولوی تهران تهیه شد. نمونه برداری مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۵۱۲ انجام شد (استاندارد ملی ایران،۱۳۹۰). نمونه کلی که از ترکیب نمونه‌ها که از تعداد ۵ کیسه (بهر) که ظاهری مشابه داشت انتخاب شد. از همه ۵ کیسه توسط بامبو نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌ها توسط قاشق استریل درون ظروف شیشه‌ای استریل ریخته شد. برای هر نمونه ادویه ۲ شیشه ۱۰۰۰ گرمی نمونه آزمایشگاهی تهیه شد. هر ظرف نمونه در شرایط خشک و بدون نور در درون کابینت و دمای محیط قرار گرفت. لازم بذکر است ضخامت هر نمونه در این

مطالعه به عنوان فاصله بین سطح خارجی نمونه و سطح ظرف شیشه‌ای در نظرگرفته شد و به‌صورت لایه‌های ۱، ۲ و ۳ لایه (میلی متر) با $L_{1,2,3}$ و زمان پرتودهی ۵، ۱۰ و ۱۵ (دقیقه) با $T_{1,2,3}$ نامگذاری گردید. لازم بذکر است هدف اصلی از بررسی این متغیرها دستیابی به شرایط بهینه از نظر زمان پرتودهی، ضخامت ماده حین عملیات پرتودهی و زمان بهینه برای دستیابی به بهترین کاهش بار میکروبی می‌باشد.

آماده سازی نمونه جهت ارزیابی میزان آلودگی نمونه با آزمون‌های میکروبی

برای آماده‌سازی نمونه طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۸۹۲۳، ۱۰ گرم از نمونه در ۹۰ میلی‌لیتر محلول رقیق کننده رینگر سترون (Merck, Germany) حل شد و مواد با یک مخلوط‌کن با دور کم به مدت ۱ تا ۲ دقیقه مخلوط و یکنواخت شد پس از تهیه سوسپانسیون، رقت‌های متوالی تهیه شدند. برای تهیه محیط کشت از محیط کشت مرک ساخت کشور آلمان (Merk, Germany) استفاده شد و آزمون به روش کشت آمیخته انجام شد (استاندارد ملی ایران،۱۳۸۶). برای شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۲۷۲ از محیط کشت نوترینت آگار (Nutrient Agar) استفاده شد و پلیت‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۳۰ درجه گرمخانه‌گذاری شدند(استاندارد ملی ایران، ۱۳۹۳). برای شمارش مجموع کلی‌فرم‌ها مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۹۲۶۳ از محیط کشت مک کانکی آگار(MacConkey Agar) استفاده شد و پلیت‌ها ۲۴ تا ۴۸ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند (استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۶). برای شمارش *اشریشیاکلی* مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۲۹۴۶ از *محیط کشت* لوریل سولفات آگار (Lauryl Sulfate Agar) استفاده شد و پلیت‌ها در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت گرمخانه‌گذاری شدند(استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۶). برای شمارش کپک مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۸۸۹۲ از محیط عصاره مخمر با گلوکز و کلرامفینکل (Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar) استفاده شد و پلیت‌ها به مدت ۳ تا ۵ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند (استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۷). تمامی آزمایشات در ۳ تکرار و قبل و بعد از پرتودهی انجام شد. نتایج شمارش بصورت تعداد کلنی در گرم (Cfu/gr Log) گزارش شد.

نحوه آماده‌سازی نمونه جهت پرتودهی با اشعه ماورای بنفش و انجام آزمون‌های میکروبی

برای پرتودهی، نمونه‌ها بصورت یک، دو و سه لایه توسط قاشق استریل داخل پلیت‌های استریل ریخته شدند سپس به مدت ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه در داخل کابینت دستگاه با اشعه UV (Camage, Switzerland) با طول ۴۴ سانتی‌متر و عرض ۳۴ سانتی‌متر، فاصله لامپ از سینی ۱۵ سانتی‌متر، طول موج ۲۵۴ نانومتر، دوز اشعه بازای واحد انرژی به سطح در واحد زمان برابر با J/m^2 ۱۶۱۲۲ و توان لامپ ۸ وات تحت پرتودهی با اشعه فرابنفش قرار گرفتند (اکبری آدرگانی و همکاران، ۱۳۹۹). به لحاظ انتخاب ضخامت اندک برای تیمارها حین پرتو دهی و درنظر داشتن مشابهت این بررسی با بزرگ سازی فرایند برای عبور نمونه ها از روی نوار نقاله و پرتودهی در مقیاس صنعتی، صرفا از سطح بالای کابینت پرتودهی انجام شد. هر نمونه ادویه در ضخامت‌ها و زمان‌های مختلف پرتو داده شد. بطوریکه L_1T : ضخامت ۱ میلی‌متر و زمان ۵ دقیقه; L_1T_2: ضخامت ۱ میلی‌متر و زمان ۱۰ دقیقه; L_1T_3: ضخامت ۱ میلی‌متر و زمان ۱۵ دقیقه; L_2T_1: ضخامت ۵ میلی‌متر و زمان ۵ دقیقه; L_2T_2: ضخامت ۵ میلی‌متر و زمان ۱۰ دقیقه; L_2T_3: ضخامت ۵ میلی‌متر و زمان ۱۵ دقیقه; L_3T_1: ضخامت ۱۰ میلی‌متر و زمان ۵ دقیقه L_3T_2; : ضخامت ۱۰ میلی‌متر و زمان ۱۰ دقیقه; L_3T_3: ضخامت ۱۰میلی‌متر و زمان ۱۵ دقیقه، B: نمونه شاهد در نظر گرفته شد. آزمون‌های میکروبی در تیمارهای پرتودهی شده شامل شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی، کلی‌فرم، *اشریشیاکلی* و کپک مطابق روش ذکر شده انجام شد.

آزمون آماری

برای آنالیز داده‌ها، از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. از میانگین و انحراف معیار برای روش توصیفی و برای روش تحلیلی از آنالیز واریانس جهت مقایسه تیمارها استفاده شد. کلیه آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد.آزمایشات بصورت ۲ فاکتوریل بود که فاکتورP (زمان پرتودهی) در ۳ سطح (۵، ۱۰و ۱۵ دقیقه) و فاکتورZ (ضخامت) در ۳ سطح (۱،۵ و ۱۰ میلی-متر) بود. برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) در سطح ($p<0.05$) استفاده شد.

ارزیابی میزان آلودگی میکروبی در نمونه‌های ادویه قبل از پرتودهی

میانگین نتایج آزمون‌های میکروبی در نمونه ادویه قبل از پرتودهی در جدول ۱ ارائه شده است. جهت بررسی میزان آلودگی میزان مجاز ادویه در استاندارد ملی ایران ارائه شده است همانطور که مشاهده می‌شود میانگین شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی در نمونه‌های ادویه به غیر از سماق، شمارش کپک به غیر از سماق و شمارش کلی‌فرم زنجبیل و فلفل‌قرمز بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران به شماره ۳۶۷۷ است (استاندارد ملی ایران، ۱۳۸۷) همچنین نتایج شمارش *اشریشیاکلی* منفی گزارش شد.

نتایج

جدول ۱- نتایج ارزیابی میزان آلودگی میکروبی نمونه‌های ادویه و مقایسه آن با مقادیر مجاز استاندارد ملی ایران (Log cfu/gr)

ویژگی	زردچوبه	زنجبیل	فلفل قرمز	فلفل سیاه	دارچین	سماق	استاندارد ایران
جمعیت میکروبی	۶/۸۱۲±۰/۰۱^{d}	۶/۴۷±۰/۰۰^{e}	۷/۶۶±۰/۰۰^{c}	۷/۹۳±۰/۰۰^{b}	۵/۹۸±۰/۰۲^{a}	منفی	۵/۶۹^{a}
کلی‌فرم	۳/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۳۳±۰/۰۳^{b}	۳/۹۰±۰/۰۰^{c}	منفی	منفی	منفی	۳^{a}
اشریشیاکولای	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی	منفی
کپک	۳/۷۲±۰/۰۰^{e}	۶/۴۷±۰/۰۰^{b}	۳/۹۲±۰/۰۲^{d}	۴/۲۲±۰/۰۴^{c}	۳/۹۶±۰/۰۲^{a}	منفی	۳/۶۹^{a}

ارزیابی اثر پرتودهی بر نمونه‌های ادویه و فاکتورهای موثر در کارایی اشعه ماورای بنفش

بر اساس نتایج بدست آمده از نمونه‌های مورد بررسی میانگین شمارش جمعیت میکروارگانیسم های مزوفیل هوازی به ترتیب عبارتند از: سماق، دارچین، زنجبیل، زردچوبه، فلفل قرمز، فلفل سیاه. مطابق جدول ۲ در شمارش جمعیت میکروبی در نمونه شاهد و تیمار مشاهده شد که برترین تیمار، تیمار L_1T_3 نمونه پرتودهی شده با زمان ۱۵ دقیقه و ضخامت نمونه ۱ میلی‌متر می‌باشد. علاوه بر این مقایسه تأثیر ضخامت و زمان پرتودهی تیمار برتر در نمونه‌ها نشان داد که با توجه به سطح آلودگی اولیه بیشترین تأثیر پرتودهی در نمونه دارچین است و زنجبیل، زردچوبه، فلفل‌سیاه و فلفل‌قرمز در مرتبه‌های بعدی قرار دارند.

جدول ۲- اثر زمان پرتودهی و ضخامت نمونه مورد آزمون بر شمارش جمعیت میکروبی (Log cfu/g)

تیمار	زردچوبه	دارچین	زنجبیل	فلفل قرمز	فلفل سیاه
L_1T_1	۶/۴۷۶±۰/۰۱^{c}	۵/۴۶±۰/۱۵^{a}	۶/۱۴±۰/۳۲^{c}	۷/۵۵±۰/۰۱^{bc}	۷/۱۹±۰/۰۱^{cd}
L_1T_2	۶/۳۴۸±۰/۰۱^{d}	۳/۵۱±۳/۰۵^{b}	۶/۱۶±۰/۱۵^{bc}	۷/۵۲±۰/۰۲^{bc}	۷/۱۵±۰/۰۲^{de}
L_1T_3	۶/۳۴۲±۰/۰۲^{d}	۰/۰۰±۰/۰۰^{c}	۶/۱۲±۰/۱۵^{c}	۷/۳۹±۰/۰۹^{d}	۷/۰۹±۰/۰۹^{e}
L_2T_1	۶/۵۵۵±۰/۰۲^{b}	۵/۵۹±۰/۱۱^{a}	۶/۳۷±۰/۰۳^{abc}	۷/۵۶±۰/۰۰^{b}	۷/۲۵±۰/۰۰^{c}
L_2T_2	۶/۵۰۰±۰/۰۱^{c}	۵/۲۰±۰/۱۷^{ab}	۶/۳۲±۰/۰۵^{abc}	۷/۵۵±۰/۰۰^{bc}	۷/۱۹±۰/۰۰^{cd}
L_2T_3	۶/۴۹۸±۰/۰۴^{c}	۵/۰۰±۰/۰۰^{ab}	۶/۱۹±۰/۱۳^{bc}	۷/۴۸±۰/۰۸^{c}	۷/۱۸±۰/۰۸^{cd}
L_3T_1	۶/۵۹۴±۰/۰۱^{b}	۵/۹۳±۰/۰۲^{a}	۶/۴۲±۰/۰۲^{ab}	۷/۵۷±۰/۰۰^{b}	۷/۳۳±۰/۰۰^{b}

L_3T_2	۶/۵۷۸±۰/۰۳^{b}	۵/۸۳±۰/۱۰^{a}	۶/۳۴±۰/۰۶^{abc}	۷/۵۵±۰/۰۱^{bc}	۷/۲۵±۰/۰۱^{c}
L_3T_3	۶/۵۶۹±۰/۰۵^{b}	۵/۷۹±۰/۲۷^{a}	۶/۳۵±۰/۰۱^{abc}	۷/۵۳±۰/۰۰^{bc}	۷/۲۵±۰/۰۰^{c}
B(شاهد)	۶/۸۱۲±۰/۰۱^{a}	۵/۹۸±۰/۰۲^{a}	۶/۴۷±۰/۰۰^{a}	۷/۶۶±۰/۰۰^{a}	۷/۹۳±۰/۰۰^{a}

بر اساس نتایج بدست آمده از نمونه های مورد بررسی بر اساس میانگین شمارش کلی‌فرم به ترتیب زردچوبه، فلفل قرمز، زنجبیل می‌باشد. ضمن این که نمونه‌های فلفل سیاه، دارچین، سماق کلی‌فرم نداشتند. مطابق جدول ۳ برترین تیمار از بین ۹ تیمار تعریف شده و شاهد، تیمار L_1T_3 نمونه پرتودهی شده با زمان ۱۵ دقیقه و ضخامت نمونه ۱ میلی‌متر می‌باشد. مقایسه تأثیر ضخامت و زمان پرتودهی تیمار برتر نشان داد که با توجه به سطح آلودگی اولیه بیشترین تأثیر پرتودهی در نمونه‌های فلفل‌قرمز و زردچوبه بود که پرتودهی باعث از بین رفتن کامل کلی‌فرم‌ها شد و در زنجبیل کاهش تعداد کلی‌فرم دیده شد.

جدول ۳- اثر زمان پرتودهی و ضخامت نمونه مورد آزمون بر شمارش کلی‌فرم (Log cfu/g)

تیمار	زردچوبه	زنجبیل
L_1T_1	۰/۰۰±۰/۰۰^{f}	۳/۷۹±۰/۰۸^{bc}
L_1T_2	۰/۰۰±۰/۰۰^{f}	۳/۷۱±۰/۱۰^{cd}
L_1T_3	۰/۰۰±۰/۰۰^{f}	۳/۵۰±۰/۱۷^{d}
L_2T_1	۲/۶۳±۰/۰۵^{c}	۳/۹۳±۰/۰۲^{bc}
L_2T_2	۲/۴۷±۰/۰۰^{d}	۳/۸۲±۰/۱۵^{bc}
L_2T_3	۲/۲۰±۰/۱۷^{e}	۳/۸۴±۰/۲۴^{bc}
L_3T_1	۲/۸۸±۰/۰۶^{ab}	۴/۰۳±۰/۱۷^{b}
L_3T_2	۲/۷۹±۰/۱۰^{b}	۳/۸۸±۰/۱۷^{bc}
L_3T_3	۲/۸۱±۰/۱۰^{b}	۳/۹۸±۰/۲۵^{bc}
B (شاهد)	۳/۰۰±۰/۰۰^{a}	۴/۳۳±۰/۰۳^{a}

بر اساس نتایج بدست آمده نمونه‌های شاهد، میانگین شمارش کپک به ترتیب عبارتند از: سماق، زردچوبه، فلفل قرمز، زنجبیل، دارچین، فلفل سیاه. مطابق جدول ۴ برترین تیمار از بین تیمارها و شاهد، تیمار L_1T_3 نمونه پرتودهی شده با زمان ۱۵ دقیقه و ضخامت ۱ میلی‌متر بود. مقایسه تأثیر ضخامت نمونه و زمان پرتودهی تیمار برتر در نمونه‌های ادویه نشان داد که بیشترین تأثیر با توجه به سطح آلودگی اولیه به ترتیب زردچوبه، فلفل‌قرمز، زنجبیل، دارچین و فلفل‌سیاه بود.

جدول ۴- اثر زمان پرتودهی و ضخامت نمونه مورد آزمون بر شمارش کپک (Log cfu/g)

تیمار	زردچوبه	دارچین	زنجبیل	فلفل قرمز	فلفل سیاه
L_1T_1	۲/۳۵±۰/۱۰^{ab}	۳/۷۷±۰/۰۰^{bc}	۳/۶۰±۰/۰۰^{c}	۰/۰۰±۰/۰۰^{f}	۳/۵۸±۰/۲۷^{fg}
L_1T_2	۰/۰۰±۰/۰۰^{d}	۳/۸۱±۰/۰۷^{abc}	۳/۳۰±۰/۰۰^{d}	۰/۰۰±۰/۰۰^{f}	۳/۵۱±۰/۰۷^{g}
L_1T_3	۰/۰۰±۰/۰۰^{d}	۳/۷۱±۰/۲۱^{c}	۳/۵۴±۰/۰۰^{c}	۰/۰۰±۰/۰۰^{f}	۳/۴۷±۰/۰۰^{g}
L_2Z_1	۲/۶۳±۰/۰۵^{a}	۳/۹۰±۰/۰۵^{ab}	۳/۷۴±۰/۰۰^{bc}	۳/۴۶±۰/۱۵^{d}	۳/۸۹±۰/۱۱^{bcd}
L_2T_2	۱/۴۳±۱/۲۵^{bc}	۳/۹۰±۰/۰۰^{ab}	۳/۷۱±۰/۰۰^{bc}	۳/۲۰±۰/۱۷^{e}	۳/۷۲±۰/۰۴^{def}
L2T3	۱/۳۳±۱/۱۵^{c}	۳/۸۵±۰/۰۸^{abc}	۳/۶۶±۰/۰۰^{c}	۳/۳۰±۰/۰۰^{e}	۳/۶۹±۰/۰۰^{ef}
L_3T_1	۲/۷۲±۰/۰۴^{a}	۳/۹۵±۰/۰۴^{a}	۳/۹۵±۰/۰۰^{a}	۳/۶۳±۰/۰۵^{b}	۴/۰۴±۰/۰۳^{b}
L_3T_2	۲/۴۶±۰/۱۵^{a}	۳/۸۸±۰/۰۶^{ab}	۳/۸۷±۰/۰۰^{ab}	۳/۴۷±۰/۰۰^{cd}	۳/۹۵±۰/۰۰^{bc}
L_3T_3	۲/۴۳±۰/۳۷^{a}	۳/۹۵±۰/۰۴^{a}	۳/۸۷±۰/۰۰^{ab}	۳/۶۰±۰/۰۰^{bc}	۳/۸۰±۰/۰۳^{cde}
B (شاهد)	۳/۷۲±۰/۰۰^{a}	۳/۹۶±۰/۰۲^{a}	۳/۹۶±۰/۰۰^{a}	۳/۹۲±۰/۰۲^{a}	۴/۲۲±۰/۰۴^{a}

جهت بررسی متغیرهای زمان پرتودهی و ضخامت نمونه بر شمارش جمعیت میکروبی، کلی‌فرم و کپک‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد که نتایج آن در جدول۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد که متغیر زمان و ضخامت بر آزمون میکروبی اکثر نمونه‌ها موثر هستند.

جدول ۵- مقایسه‌ی میانگین اثر زمان پرتودهی و ضخامت نمونه بر شمارش جمعیت میکروبی، کلی‌فرم و کپک با آزمون چند دامنه ای دانکن

		زمان پرتودهی				ضخامت نمونه	
	نمونه	۵ دقیقه	۱۰ دقیقه	۱۵ دقیقه	۱ میلی لیتر	۵ میلی لیتر	۱۰ میلی لیتر
شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی	زردچوبه	۶/۵۴۲±۰/۰۵^{a}	۶/۴۷۳±۰/۱۰^{b}	۶/۴۷۲±۰/۱۰^{b}	۶/۳۸۹±۰/۰۶^{c}	۶/۵۱۸±۰/۰۳^{b}	۶/۵۸۱±۰/۰۳^{a}
	زنجبیل	۶/۳۱±۰/۲۰^{a}	۶/۲۸±۰/۱۲^{a}	۶/۲۲±۰/۱۴^{a}	۶/۱۴±۰/۱۹^{b}	۶/۳۰±۰/۱۱^{a}	۶/۳۷±۰/۰۵^{a}
	فلفل قرمز	۷/۵۶±۰/۰۱^{a}	۷/۵۴±۰/۰۱^{a}	۷/۴۷±۰/۰۸^{b}	۷/۴۹±۰/۰۸^{b}	۷/۵۳±۰/۰۵^{ab}	۷/۵۵±۰/۰۲^{a}
	فلفل سیاه	۷/۵۶±۰/۰۱^{a}	۷/۵۴±۰/۰۱^{b}	۷/۴۷±۰/۰۸^{b}	۷/۴۹±۰/۰۸^{c}	۷/۵۳±۰/۰۵^{b}	۷/۵۵±۰/۰۲^{a}
	دارچین	۵/۶۶±۰/۲۳^{a}	۴/۸۵±۱/۸۵^{a}	۳/۵۹±۲/۷۲^{b}	۲/۹۹±۲/۸۴^{b}	۵/۲۶±۰/۲۸^{a}	۵/۸۵±۰/۱۶^{a}
	زردچوبه	۱/۸۳±۱/۳۸^{a}	۱/۷۵±۱/۳۲^{b}	۱/۶۷±۱/۲۸^{c}	۰/۰۰±۰/۰۰^{c}	۲/۴۳±۰/۲۱^{b}	۲/۸۳±۰/۰۸^{a}
	زنجبیل	۳/۹۲±۰/۱۴^{a}	۳/۸۰±۰/۱۴^{a}	۳/۷۷±۰/۲۸^{a}	۳/۶۷±۰/۱۷^{b}	۳/۸۷±۰/۱۴^{a}	۳/۹۶±۰/۱۸^{a}
کلی‌فرم	فلفل قرمز	ND*	ND	ND	ND	ND	ND
	فلفل سیاه	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	دارچین	ND	ND	ND	ND	ND	ND
کپک	زردچوبه	۲/۵۷±۰/۱۷^{a}	۱/۲۹±۱/۲۴^{b}	۱/۲۵±۱/۲۱^{b}	۱/۱۸±۰/۷۸^{c}	۱/۸۰±۱/۰۵^{b}	۲/۵۳±۰/۲۴^{a}
	زنجبیل	۳/۷۶±۰/۱۶^{a}	۳/۶۳±۰/۲۶^{b}	۳/۶۹±۰/۲۰^{ab}	۳/۴۸±۰/۱۹^{c}	۳/۷۱±۰/۰۸^{b}	۳/۹۰±۰/۰۷^{a}
	فلفل قرمز	۲/۳۶±۱/۷۷^{a}	۲/۲۲±۱/۶۷^{b}	۲/۳۰±۱/۷۳^{ab}	۰/۰۰±۰/۰۰^{c}	۳/۳۲±۰/۱۶^{b}	۳/۵۷±۰/۰۷^{a}
	فلفل سیاه	۳/۸۳±۰/۲۵^{a}	۳/۷۳±۰/۱۹^{b}	۳/۶۵±۰/۱۴^{b}	۳/۵۲±۰/۱۴^{c}	۳/۷۷±۰/۱۰^{b}	۳/۹۳±۰/۱۰^{a}
	دارچین	۳/۸۷±۰/۰۸^{a}	۳/۸۶±۰/۰۶^{a}	۳/۸۴±۰/۱۵^{a}	۳/۷۷±۰/۱۲^{b}	۳/۸۸±۰/۰۵^{b}	۳/۰±۹۲/۰۵^{a}

*ND: Not Detected

بحث

بررسی کیفیت میکروبیولوژیکی نمونه‌های ادویه قبل از پرتودهی در جدول ۱ نشان می‌دهد که شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی در نمونه‌های ادویه به غیر از سماق، شمارش کپک در نمونه‌ها به غیر از سماق و شمارش کلی‌فرم زنجبیل و فلفل‌قرمز معنی‌دار می‌باشد(p<۰/۰۵) و در مقایسه با استاندارد بالاتر از حد مجاز قرار دارد. در این راستا مروری بر پژوهش‌ها در ایران حاکی از وجود آلودگی میکروبی و قارچی در نمونه‌های ادویه بود بطوری‌که مقایسه تحقیق حاضر با سایر مطالعات از نظر وجود آلودگی میکروبی در این زمینه همخوانی داشت (منصوری و همکاران،۱۳۹۴)، (صداقت و همکاران،۱۳۹۴)، (مولادوست و حنیفیان،۱۳۹۷). برخی نابع بالقوه آلودگی ادویه‌ها شامل تجهیزات ذخیره سازی، جابجایی، محیط‌های غیربهداشتی انبار و ذخیره، ذرات اتمسفر و میکروب‌های هوا می‌باشد (Bakobie et al., 2017). همچنین بررسی مطالعات در زمینه آلودگی و مقایسه با تحقیق حاضر از نظر نوع آلودگی در ادویه نشان داد که فلفل قرمز و فلفل سیاه در اکثر گزارشات بالاتر از حد مجاز استانداردهای ملی و بین المللی می‌باشند و این مسئله می‌تواند ناشی از بالابودن میزان میکروفلور طبیعی این ادویه نسبت به سایر نمونه‌ها باشد و کمتر بودن روغن‌های فرار و ترکیبات ضدمیکروبی مثل پلی‌فنول‌ها می‌تواند موثر باشد (صداقت و همکاران،۱۳۹۴). همچنین میزان کلی‌فرم در نمونه‌های فلفل و زنجبیل در مقایسه با استاندارد ملی ایران معنی‌دار می‌باشد(p<۰/۰۵) لذا از آنجایی‌که آلودگی به کلی‌فرم‌ها نشان دهنده شرایط غیربهداشتی در مراحل کاشت، برداشت، فرآوری، بسته بندی و توزیع ادویه می‌باشد و با توجه به این که کود دامی جهت پرورش گیاهان استفاده می‌شود از اینرو حضور

کلی‌فرم‌ها در ادویه و گیاهان معطر بسیار محتمل می باشد (مولادوست و حنیفیان،۱۳۹۷). افزون بر این، ادویه سماق از نظر بار میکروبی در تمام آزمون‌های مندرج در جدول ۱ منفی گزارش شد و با حد مجاز ارائه شده استاندارد ملی ایران مطابقت داشت. همچنین ادویه دارچین آلودگی کمتری بویژه در شمارش جمعیت میکروبی داشت که احتمالاً وجود ترکیبات ضد میکروبی مانند سینامیک آلدئید که خاصیت ضدمیکروبی دارد دلیل بر این امر باشد (شهراز و همکاران،۱۳۸۷). مطابق نتایج جداول ۲ تا ۴ ارزیابی اثر پرتودهی بر شمارش جمعیت مزوفیل‌های هوازی نمونه‌های ادویه نشان داد که بار میکروبی در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های پرتودیده در زمان و ضخامت‌های مختلف است و مقایسه میانگین شمارش جمعیت میکروبی بین نمونه‌های شاهد و بهترین تیمارهای ادویه در زردچوبه ۰/۴۷ log cfu/g، زنجبیل ۰/۳۵ log cfu/g، فلفل‌قرمز ۰/۲۷ log cfu/g، فلفل‌سیاه ۰/۸۴ log cfu/g و دارچین ۲/۴۷ log cfu/g کاهش شمارش جمعیت میکروبی را نشان دادند و این اثرگذاری اشعه در مطالعات برخی محققین نیز مشاهده شد (Tran et al., 2004; Lacivita et al., 2016; Fine and Gervais, 2004). همچنین شمارش کلی‌فرم در ادویه نیز نشان داد که کلی‌فرم در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های پرتو دیده در زمان و ضخامت‌های مختلف است و در نمونه شاهد فلفل‌سیاه و دارچین کلی‌فرم دیده نشد. مقایسه میانگین شمارش کلی‌فرم در نمونه‌های شاهد و تیمارها کاهش لگاریتم را در نمونه‌های زردچوبه log ۰/۸ cfu/g، زنجبیل ۰/۸۳ log cfu/g و فلفل‌قرمز log ۳/۹ cfu/g نشان داد و در مطالعات محققین نیز اثرگذاری اشعه بر کاهش کلی‌فرم مشاهده شد CHeon et al., 2015)، (خیامی و همکاران، ۱۳۸۲) و (یلمه و همکاران،۱۳۹۴). اندازه‌گیری شمارش کپک در ادویه نیز نشان داد که کپک در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های پرتو دیده در زمان و ضخامت‌های مختلف است و مقایسه میانگین شمارش کپک بین نمونه‌های شاهد و تیمارها کاهش لگاریتمی را در نمونه‌های در زردچوبه log cfu/g ۱/۴۴، زنجبیل log cfu/g ۰/۶۶، فلفل‌قرمز log ۰/۷۲cfu/g، فلفل‌سیاه log cfu/g ۰/۷۵، دارچین log cfu/g ۰/۲۵ نشان داد و همخوانی با مطالعات در زمینه اثرگذاری این اشعه در کاهش لگاریتم شمارش کپک مشاهده شد (Begum Santhirasegaram et al., 2015 et al., 2009;). در سال‌های اخیر نیز مطالعاتی در زمینه اثرگذاری تابش ماورای بنفش بر بار میکروبی ادویه‌جات مورد توجه قرار گرفته است بطوری که در مطالعه‌ای پتانسیل پرتودهی با اشعه ماورای بنفش برای کاهش بار طبیعی میکروبی آویشن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاربرد UV-C می‌تواند یک فناوری مؤثر برای کاهش و بار میکروبی آویشن بدون ایجاد تغییرات چشمگیر در کیفیت فیزیکی، شیمیایی و حسی باشد بطوریکه این روش می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین برای رفع آلودگی‌های احتمالی آویشن و ادویه‌های مشابه از نظر صنعتی باشد (Dogu-Baykut & Gunes 2019) . همچنین در پژوهش دیگری در زمینه اثر گذاری پرتودهی بر نمونه‌های فلفل تند، رازیانه و گشنیز بود مشاهده شد که تیمارهای UV-C به طور معنی داری باعث کاهش بار میکروبی، *سالمونلا* و حذف *اشرشیاکلی* در همه نمونه ها شد (Hassan et al., 2020). از اینرو با توجه به نتایج تحقیق حاضر و مطالعات ارائه شده در زمینه اثرگذاری تابش ماورای بنفش بر بار میکروبی علت اثرگذاری را می‌توان به از بین بردن میکروارگانیسم‌ها توسط اشعه ماورای بنفش مرتبط نمود به طوری‌که اسید نوکلئیک موجود در باکتری اشعه را جذب می‌کند و سازواره اولیه غیرفعالسازی با این پرتو ایجاد دیمر پیریمیدین می‌کند و در نهایت از سنتز پروتئین جلوگیری کرده و سلول غیرفعال می‌شود (اجاق و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین در این جداول برترین تیمارها مربوط به نمونه‌های با ضخامت کم و زمان تیماردهی بیشتر بود. در این راستا ارزیابی فاکتورهای موثر بر کارایی اشعه با مقایسه میانگین شمارش جمعیت میکروبی، کلی‌فرم و

کپک با آزمون دانکن نشان داد که زمان‌های مختلف تأثیر کاملاً معنی‌داری در شمارش جمعیت میکروب‌های مزوفیل هوازی زردچوبه، فلفل‌قرمز، فلفل‌سیاه، دارچین و شمارش کلی‌فرم زردچوبه، فلفل قرمز، همچنین شمارش کپک زردچوبه، فلفل‌قرمز و فلفل‌سیاه داشته (p<۰/۰۱) و با افزایش زمان پرتودهی میزان جمعیت میکروبی کاهش پیدا کرد. همچنین نتایج مقایسه میانگین شمارش کپک زنجبیل نشان داد که زمان‌های مختلف تأثیر معنی‌داری در کاهش تعداد کپک داشت و نتایج مشابهی از سوی سایر محققان نیز به دست آمده است که در آن تناسب میزان تخریب توسط اشعه ماورای بنفش با مدت زمان پرتودهی گزارش شده است (اکبری آدرگانی و همکاران، ۱۳۹۹)، (علیخانی و همکاران، ۱۳۹۰). لذا این نتیجه حاصل شد که افزایش زمان پرتودهی موجب افزایش تخریب ایجاد شده توسط این پرتو می‌باشد و بهترین نتیجه در تحقیق حاضر در زمان ۱۵ دقیقه به دست آمد و این اثرگذاری را می‌توان با آسیب ژنتیکی در باکتری مرتبط نمود بطوری که پرتودهی با اشعه ماورای بنفش نیاز به زمان دارد به همین دلیل طی ساعات اولیه رشد باکتری مشاهده می‌شود ولی با گذشت زمان کاهش بیشتری در شمارش جمعیت میکروبی مزوفیل‌های هوازی حاصل می‌شود (یلمه و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین مشاهده شد که متغیر زمان در شمارش کپک دارچین، شمارش جمعیت میکروبی زنجبیل و شمارش کلی‌فرم زنجبیل تأثیر معنی‌داری نداشت که در مقایسه با پژوهشی در زمینه تاثیر متغیر زمان در شمارش کپک در نمونه پسته همخوانی دیده شد (اکبری آدرگانی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین متغیر زمان در شمارش جمعیت میکروبی و کلی‌فرم زنجبیل تاثیری نداشت که علت آن را می‌توان با بالا بودن بار میکروبی اولیه و نیاز به افزایش مدت زمان پرتودهی برای افزایش کارآیی و تأثیر بر بار میکروبی مرتبط دانست (علیخانی و همکاران،۱۳۹۰). در زمینه متغیر ضخامت نمونه، آزمون دانکن نشان داد که ضخامت‌های مختلف تأثیرکاملاً معنی‌داری در شمارش جمعیت میکروبی مزوفیل‌های هوازی زردچوبه، زنجبیل، فلفل‌سیاه، به دنبال آن شمارش کلی‌فرم زردچوبه، زنجبیل، فلفل‌قرمز، دارچین و همچنین شمارش کپک زردچوبه، زنجبیل، فلفل‌سیاه و فلفل‌قرمز و متعاقبا تأثیر معنی‌داری بر شمارش کلی میکروبی فلفل‌قرمز، کپک و دارچین داشت (p<۰/۰۱) و با کاهش ضخامت لایه تأثیر اشعه بر کاهش جمعیت میکروبی بیشتر بوده است. محققین در بررسی تأثیر پالس ماورای بنفش در کاهش بار میکروبی محصولات پودری تا ضخامت ۵ میلی‌متر کاهش ۷ لگاریتم را با دُز ۵۸ j/cm^2 اشعه به‌دست آوردند Fine (and Gervais, 2004) و در تحقیق حاضر بهترین تأثیر در برترین تیمارها با ضخامت ۱ میلی متر کاهش ۲/۵ تا ۶ لگاریتم در آزمون‌های مختلف میکروبی بدست آمد. لذا طبق نتایج حاضر و مطالعات محققان رابطه مستقیمی بین مقدار تخریب ایجاد شده توسط اشعه ماورای بنفش و در نتیجه میزان تأثیر فرآیند ضدعفونی در ضخامت کم گزارش نشد (Stoops et al., 2003). در هر حال کاهش ضخامت تأثیر به سزایی در کارایی بیشتر عملیات پرتودهی آزمایه‌ها دارد. بهترین اثرگذاری در مطالعه حاضر ضخامت ۱ میلی‌متر تعیین شد. در این راستا مشخص شد که فاکتور ضخامت نقش بسیار مهمی در میزان اثرگذاری اشعه ماورای بنفش در کاهش بار میکروبی نمونه‌های مورد آزمون دارد. مطابق جدول ۵ در زمینه اثر متغیر زمان پرتودهی و ضخامت نمونه بر شمارش کلی‌فرم و کپک‌ها مشاهده شد که در نمونه زردچوبه با افزایش زمان و افزایش ضخامت پرتودهی میزان جمعیت باکتری کلی‌فرم کاهش معنی‌داری دارد(P<۰/۰۵). این درحالی‌است که کلی‌فرم در زردچوبه‌های پرتودهی شده با ضخامت ۱ میلی‌متر مشاهده نشد. همچنین با افزایش زمان پرتودهی میزان جمعیت کپک در زردچوبه کاهش پیدا کرد. بین شمارش کپک نمونه زردچوبه‌های پرتودهی شده در زمان ۱۰ و ۱۵ دقیقه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت ولی به نسبت نمونه‌های پرتودهی شده در زمان ۵ دقیقه، تفاوت معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵). بعلاوه با افزایش ضخامت،

در میزان جمعیت کپک افزایش معنی‌داری مشاهده شد ($P<۰/۰۵$). در ادویه زنجبیل مشاهده شد با افزایش زمان پرتودهی میزان جمعیت باکتری کلی‌فرم کاهش پیدا کرد ولی این کاهش معنی‌دار نبود و با افزایش ضخامت میزان جمعیت باکتری کلی‌فرم افزایش پیدا کرد. همچنین در زنجبیل با افزایش زمان پرتودهی از ۵ به ۱۰ دقیقه میزان جمعیت کپک کاهش معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین با افزایش ضخامت میزان جمعیت کپک در زنجبیل افزایش معنی‌داری را از خود نشان داد($P<۰/۰۵$). نتایج شمارش کلی‌فرم فلفل‌قرمز نشان داد که هیچ نوع میکروارگانیسمی در نمونه‌های پرتودهی شده مشاهده نشد ولی نمونه شاهد دارای میزان جمعیت کلی‌فرم (۳/۹۰logcfu/g) بود. با افزایش زمان پرتودهی از ۵ به ۱۰ دقیقه میزان جمعیت کپک کاهش معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین با افزایش ضخامت میزان جمعیت کپک افزایش معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). نتایج شمارش کلی‌فرم فلفل‌سیاه در نمونه شاهد و نمونه‌های پرتودهی شده مشاهده نشد. میانگین اثر اصلی ضخامت بر شمارش کپک فلفل‌سیاه نشان داد با افزایش ضخامت میزان جمعیت کپک افزایش معنی‌دار داشت ($P<۰/۰۵$). نتایج شمارش کلی‌فرم دارچین نشان داد که کلی‌فرم در نمونه شاهد و تیمار مشاهده نشد. همچنین با افزایش زمان پرتودهی، میزان جمعیت کپک کاهش داشت اما این کاهش معنی‌دار نبود و با افزایش ضخامت میزان جمعیت کپک افزایش داشت اما در بین نمونه‌ها دارچین با ضخامت ۱ و ۵ میلی‌متر تفاوت معنی‌داری در شمارش کپک وجود نداشت.

نتیجه گیری کلی

مطابق نتایج مطالعه حاضر مبنی بر پرتودهی نمونه‌های ادویه با اشعه ماورای بنفش می‌توان بیان داشت از آنجایی که شمارش جمعیت میکروبی مزوفیل‌های هوازی ادویه و کپک در اکثر نمونه‌ها غیر سماق و شمارش کلی‌فرم زنجبیل و فلفل‌قرمز بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی ایران می باشد اهمیت و الزام استفاده از روشی جهت کاهش بار میکروبی ادویه بسیار ضروری است. همچنین اشعه ماورای بنفش به طور مؤثری موجب از بین رفتن یا کاهش کلی‌فرم با توجه به تعداد اولیه در نمونه شاهد می‌شود و بر روی کاهش کپک و شمارش جمعیت میکروبی مزوفیل‌های هوازی نیز موثر است. در بررسی عوامل موثر کاهش بار میکروبی تحت فرآوری با این اشعه، عواملی مانند ضخامت نمونه، زمان پرتودهی و آلودگی اولیه‌ی نمونه و نوع میکروارگانیسم نقش مهمی دارند. با توجه به این که اغلب موارد، ادویه در مراحل پایانی تهیه مواد غذایی به غذا اضافه می‌شود و به احتمال زیاد تحت تأثیر حرارت کشنده قرار نمی‌گیرد، لذا در صورت وجود شرایط لازم تکثیر پیدا کرده و موجبات مسمومیت غذایی را فراهم می‌آورد. بنابراین لازم است ارزیابی‌های میکروبیولوژیکی با هدف بررسی وضعیت آلودگی میکروبی در ادویه عرضه شده در بازار صورت گیرد. همچنین برای کاهش آلودگی‌های میکروبی بخصوص نمونه‌های وارداتی با امکان عبور روی سطح نقاله و پرتودهی با اشعه ماورای بنفش با زمان کوتاه می‌توان از پتانسیل این روش برای کاربرد در صنعت غذا استفاده نمود. لازم بذکر است یافته-های حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که فرآیند پرتودهی با اشعه ماورای بنفش پتانسیل مناسبی را به عنوان روشی جهت ضدعفونی ادویه دارد لذا استفاده از این اشعه در کاهش بار میکروبی در کارخانجات مواد غذایی توصیه می‌گردد. از آنجایی که مزایای متعددی برای استفاده از پرتو UV-C مانند کاهش آلودگی میکروبی، سادگی روش، وابستگی کم به pH و دما، عدم وجود هرگونه ماده شیمیایی سمی به کار رفته و عدم وجود مواد باقی‌مانده از واکنش‌های شیمیایی در مطالعات پژوهشگران گزارش شده است با اینحال توانایی نفوذ محدود اشعه UV-C از معایب آن بشمار می‌آید لذا نمونه‌ی مورد نظر اگر به صورت لایه‌ی نازک پرتودهی شود یا با روش‌های دیگر همراه گردد اثرگذاری آن بیشتر خواهد بود از اینرو نتایج این پژوهش می‌تواند برای استفاده از اشعه

ماورای بنفش در کاهش بار میکروبی ادویه و معرفی شرایط بهینه پرتودهی مؤثر باشد.

منابع

۱. اجاق، مهدی؛ رضائی مسعود؛ رضوی، هادی؛ حسینی، محمدهاشم. (۱۳۹۱). مطالعه اثر ضد باکتریایی اسانس پوست دارچین در شرایط آزمایشگاهی در برابر پنج باکتری عامل فساد غذایی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی، شماره ۳۵، دوره ۹، صفحه ۷۶-۶۷.

۲. اکبری، بهروز؛ صادقی، صبا؛ هماپور، مسعود،؛ شیرخان، فائزه. (۱۳۹۹). ارزیابی کارآیی روش فرآوری با اشعه فرابنفش در کاهش بار میکروبی برخی از دانه‌های آجیلی پرمصرف. علوم و صنایع غذایی ایران، شماره ۱۷، دوره ۱۰۱، صفحه ۴۳-۳۱.

۳. خیامی دانشیار، مسعود؛ رضوی‌روحانی، مهدی؛ سیاسی، زهرا. (۱۳۸۲). اثر دما و پرتو فرابنفش در کاهش تعداد باکتری‌های کلی‌فرم در زعفران، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۲، صفحه ۵۰-۴۳.

۴. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۴). میکروبیولوژی مواد غذایی وخوراک دام –روش جستجو و شمارش اشریشیاکلی با استفاده از روش بیشترین تعداد احتمالی. استاندارد شماره۲۹۴۶.

۵. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۶). میکروبیولوژی مواد غذایی وخوراک دام –روش جامع شمارش کلیفرم‌ها- روش شمارش کلنی، استاندارد شماره۹۲۶۳.

۶. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۶). میکروبیولوژی موادغذایی و خوراک دام-آماده‌سازی آزمایه، سوسپانسیون اولیه و رقت‌های اعشاری برای آزمون‌های میکروبیولوژی- قسمت اول: مقررات کلی برای آماده‌سازی سوسپانسیون اولیه و رقت‌های اعشاری. استاندارد شماره۱-۸۹۲۳.

۷. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۷). میکروبیولوژی انواع ادویه-ویژگی‌ها، استاندارد شماره ۳۶۷۷.

۸. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۸۷). میکروبیولوژی مواد غذایی وخوراک دام-روش جامع برای شمارش کپک- ها و مخمرها-قسمت دوم: روش شمارش کلنی در فرآورده‌های با فعالیت آبی(aw) مساوی یا کمتراز ۰/۹۵، استاندارد شماره۲-۱۰۸۹۹.

۹. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۹۰). ادویه و چاشنی- نمونه‌برداری. استاندارد شماره۵۱۲.

۱۰. سازمان ملی استاندارد ایران. (۱۳۹۳). میکروبیولوژی زنجیره غذایی- روش جامع برای شمارش میکروارگانیسم- ها- قسمت۱: شمارش کلنی در ۳۰°C درجه با استفاده از روش کشت آمیخته. استاندارد شماره۱-۵۲۷۲.

۱۱. شعبانی، شاهرخ؛ زجاجی، مهدی. (۱۳۹۰). بررسی میزان آلودگی اولیه ادویه های مصرفی در تولید مواد غذایی به اسپورهای مقاوم به حرارت. مجله علوم غذایی و تغذیه، سال ۸، شماره۴، صفحه ۸۹-۸۳.

۱۲. شهراز، فرزانه؛ کامران، منیژه؛ خاکسار، رامین؛ حسینی، هدایت؛ کارگر، ساره؛ انتشاری، مریم. (۱۳۸۸). بررسی آلودگی میکروبی ادویه‌های بسته بندی عرضه شده در فروشگاه‌های زنجیره ای شهروند شهر تهران در سال ۸۶. علوم و صنایع غذایی ایران، شماره ۲، دوره ۶، صفحه ۱۳۱-۱۲۵.

۱۳. صداقت، زینب؛ محسنی، مهران؛ کمالی، کوروش؛ حسن، مریم؛ شعبانی، شاهرخ؛ فردوسی، نیکتا. (۱۳۹۴). بررسی میزان آلودگی ادویه‌های عرضه‌شده به صورت فله و بسته‌بندی (فلفل‌سیاه، فلفل‌قرمز، سماق و دارچین) به اسپورهای هوازی در استان زنجان. مجله علوم غذایی و تغذیه، شماره ۲، سال ۱۲، صفحه ۴۸-۴۱.

۱۴. علیخانی، یوسف؛ خراسانی، محمود؛ پیری دوگاهه، محمود؛ شیرزاد سیبنی، مهدی. (۱۳۹۰). بررسی کارایی پرتو فرابنفش در گندزدایی اشریشیاکلی از محیط‌های آبی: مطالعه سینیتیکی، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، شماره۲ ، دوره ۱۱، صفحه ۱۶۵-۱۵۸.

۱۵. منصوری محمد؛ زیبافر انسیه؛ هاشمی سید جمال؛ گرامی‌شعار محسن؛داعی قزوینی روشنک. (۱۳۹۴). بررسی آلودگی با گونه‌های قارچی در سه نوع ادویه مصرفی رایج: گزارش کوتاه. مجله دانشکده پزشکی،

دانشگاه علوم پزشکی تهران، شماره ۷۳، دوره ۷، صفحه ۲۳۰-۲۲۶.

۱۶. مولادوست، سولماز؛ حنیفیان، شهرام. (۱۳۹۷). آلودگی ادویه و سبزی‌های معطر عرضه شده در تبریز: جمعیت میکروبی و تنوع گونه‌ای باکتری‌های روده‌ای. بهداشت مواد غذایی، شماره ۲، دوره۸، صفحه ۶۷-۵۵.

۱۷. یلمه، محمود؛ حبیبی‌نجفی، محمدباقر؛ نجف‌زاده، محمود. (۱۳۹۴). ارزیابی اثر پرتو فرابنفش بر رشد اشرشیاکلی و باسیلوس‌سرئوس جداشده از شیرخام و برنج خام. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع‌غذایی ایران، شماره ۴، صفحه. ۳۲۴-۳۱۹.

18. Bang, I.H., Kim, Y.E., Lee, S.Y. and Min, S.C. 2020. Microbial decontamination of black peppercorns by simultaneous treatment with cold plasma and ultraviolet C. IFSET, 102392.

19. Bakobie, N., Addae, A. S., Duwiejuah, A. B., Cobbina, S. J., and Miniyila, S. 2017. Microbial profile of common spices and spice blends used in tamale, Ghana. Int. J. Food Contam, 4(1), 10.

20. Bedada, T.L., Derra, F.A., Gebre, S.G., Sima, W.G., Edicho R.M., Maheder, R.F. and Asefa, Y. B. 2018. Microbial evaluation of spices in ethiopia. TOMICROJ, 12(1).

21. Begum, M., Hocking, A.D. and Miskelly, D.I. 2009. Inactivation of food spoilage fungi by ultraviolet (UVC) irradiation. IJFM, 129 (1): 74-77.

22. CHeon, H.L., Shin, J.Y., Park, K.H., Chung, M.S. and Kang, D.H. 2015. Inactivation of foodborne pathogens in powdered red pepper (Capsicum annuum L.) using combined UV-C irradiation and mild heat treatment. FCJ, 50: 441-445.

23. Dababneh, B.F. 2013. An innovative microwave process for microbial decontamination of spices and herbs. Afr. J. Microbiol. Res, 7(8): 636-645.

24. Dogu-Baykut, E. and Gunes, G. 2019. Ultraviolet (UV-C) radiation as a practical alternative to decontaminate thyme (*Thymus vulgaris L.*). J. Food Process. Preserv, 43(6): e13842.

25. Erdoğdu, S.B. and Ekiz, H.I. 2011. Effect of ultraviolet and far infrared radiation on microbial decontamination and quality of cumin seedsJ. Food Sci, 76(5): M284-M292.

26. Falguera, V., Pagan, J., Garza, S., Garvin, A. and Ibraz, A. 2011. Ultraviolet processing of liquid food: A Review. Part 2: Effects on microorganisms and on food components and properties. FOOD RES INT 2011, 44: 1580-1588.

27. Fine, F. and Gervais, P. 2004. Efficiency of pulse UV light for microbial decontamination of food powders. JFP, 67(4): 787–792.

28. Ha, J.W. and Kang, D.H. 2013. Simultaneous near-infrared radiant heating and UV radiation for inactivating Escherichia coli O157: H7 and Salmonella enterica serovar Typhimurium in powdered red pepper (Capsicum annuum L.). AEM, 79(21): 6568-6575.

29. Hassan, A. B., Al Maiman, S. A., Elkhatim, K. A. S., Elbadr, N. A., Alsulaim, S., Osman, M. A., and Ahmed, I. A. M. 2020. Effect of UV-C radiation treatment on microbial load and antioxidant capacity in hot pepper, fennel and coriander. LWT, 134, 109946.

30. Kara, R., Gökmen, M., Akkaya, L., and Gök, V. 2015. Microbiological quality and salmonella spp/listeria monocytogenes of spices in Turkey. Res J Microbiol, 10 (9): 440-446.

31. Keyser, M., Műller, I.A., Cilliers, F.P., Nel, W. and Gouws, P.A. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. IFSET, 9(3): 348-354.

32. Koutchma, T. 2008. UV Light for Processing Foods. OS&E, 30(1):1-6.

33. Lacivita, V., Conte, A., Manzocco, L., Plazzotta, S., Zambrini, V.A. and Nicoli MC. 2016. Surface UVC light treatments to prolong the shelf-life of fiordilatte cheese. IFSET 2016, (36):150–155.

34. Little, C.L., Omotoye, R. and Mitchell, R. T. 2003. The microbiological quality of ready-to-eat foods with added spices. IJEHR, 13(1): 31-42.

35. Santhirasegaram, V., Razali, Z., George, D.S. and Somasundram, C. 2015. Comparison of UV-C treatment and thermal pasteurization on quality of Chokanan mango (Mangifera indica L.) juice. FOOD BIOPROD PROCESS, 94: 313–321.

36.Shankar, R., Kaushik, U. and Bhat, SA. 2014. The Emerging Technology in The Sector of Food Technology-The Non-Thermal Technology. IJIAS 2014, 6(4): 941-958.

37. Stoops, J., Jansen, M., Claes., J. and Campenhout, L.V. 2013. Decontamination of powdery and granular foods using continuous wave UV radiation in a dynamic process. J. Food Eng, 119: 254-259.

38.Tran, Mtt. and Farid, M. 2004. Ultraviolet Treatment of Orange Juice. Innov. Food Sci. Emerg. Technol, 5(4): 495-502.

39. Watson, I., Kamble, P., Shanks, C., Khan Z. and El Darra, N. 2020. Decontamination of chilli flakes in a fluidized bed using combined technologies: Infrared, UV and ozone. Innov. Food Sci. Emerg, 59:1-8.

Evaluating the contamination of some Iranian most consumed spices and reduction of microbial load by UV radiation

Akbari-adergani B[1*], Samnezhad M[2], Shirkhan F[3]

1. Food and Drug Laboratory Research Center, Food and Drug Administration, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran.

2. Food Science and Technology, Pharmacy Faculty, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3. Nutrition and Food Sciences Research Center, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

[*]**Corresponding author:** *b.akbari@fda.gov.ir*

Received: 27 December 2020 Accepted: 27 March 2021

Abstract

Spices may be contaminated during various stages of harvesting, drying, or transporting. Different methods are used to reduce the microbial level of spices, which has problems such as flavor changes. The purpose of this study was to introduce optimized conditions for UV-radiation on the reduction of microbial load of some high-consumption spices. Six types of spices, including turmeric, ginger, red pepper, black pepper, cinnamon, and sumac, were sampled from the Tehran market. Tests were carried out based on reference standards. Infected spices were then exposed to ultraviolet cabinets at 254 nm in thicknesses of 1, 5, 10 mm and 15, 10, and 5 minutes. A microbial test was performed on irradiated samples. According to the results, It was revealed that the time factor on the total count of aerobic mesophilic bacteria of turmeric, red pepper, black pepper, cinnamon, and also on the coliform count of turmeric and red pepper, as well as on the mould count of turmeric, red pepper, and black pepper had a quite significant effect ($P<0.01$). It was observed that the thickness effect was quite significant on the total count of aerobic mesophilic bacteria, total coliform, and count of mould. It significantly impacted the total count ($p<0.01$). The results of this study show that irradiation with UV radiation in the optimized condition can reduce the microbial content of spices to an acceptable level.

Keywords: Spice, Microbial contamination, Ultraviolet irradiation, Decontamination.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

Copyright © 2021 Shahrekord Branch, Islamic Azad University.