ارزیابی کارآیی روش فرآوری با اشعه فرابنفش در کاهش بار میکروبی برخی از دانه های آجیلی پرمصرف

بهروز اکبری آدرگانی[1*]، صبا صادقی[2]، مسعود هماپور[3]، فائزه شیرخان[4]

1- استاد مرکز تحقیقات آزمایشگاهی غذا و دارو، سازمان غذا و دارو، وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، تهران، ایران
2- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
3- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده داروسازی، علوم پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
4- مرکز تحقیقات علوم تغذیه و صنایع غذایی، علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: 98 /12/29 تاریخ پذیرش: 99/02/13)

چکیده

دانه‌های آجیلی می‌توانند یک منبع آلودگی با انواع مختلف میکروارگانیسم‌ها باشند لذا برخی از آن‌ها برای سلامتی عمومی مهم هستند. بنابراین با توجه به مصرف خانگی انواع دانه های آجیلی و کاربرد آن‌ها در صنایع غذایی و همچنین به دلیل اینکه برخی از آن‌ها از کشورهای دیگر وارد می‌شوند ممکن است احتمال آلودگی میکروبی از مبدأ را داشته باشند، لذا مطالعه حاضر با هدف تعیین کاهش بار میکروبی دانه‌های مصرف شده در اثر اشعه ماوراء بنفش انجام گرفت. شش نوع دانه آجیلی شامل تخمه آفتابگردان، هندوانه، کدو، مغز گردو، پسته و فندق خام به صورت فله از بازار تهران به طور تصادفی نمونه برداری شدند. آزمایه‌ها مطابق روش استاندارد ملی ایران و ضابطه سازمان غذا و دارو مورد آزمون قرار گرفتند. پس از آن دانه‌های آجیلی آلوده در ضخامت 1، 2 و 3 لایه و زمان 5، 10 و 15 دقیقه در کابینت فرابنفش با طول موج 254 نانومتر پرتودهی و پس از آن مورد آزمون‌های میکروبی قرار گرفتند. براساس نتایج حاصل، زمان پرتودهی و ضخامت چیدمان دانه‌ها بر شمارش کلی میکروبی در مغز پسته، گردو و فندق تاثیر کاملاً معنی‌داری داشت ($p<0/01$). همچنین بر شمارش *کلی‌فرم* مغز پسته، گردو و فندق، تخمه کدو، آفتابگردان و هندوانه و شمارش کپک پسته، گردو و فندق، تخمه آفتابگردان و هندوانه تاثیر کاملاً معنی‌دار بود ($p<0/01$). این تاثیر با شدت کمتر بر شمارش کپک برای تخمه کدو تأثیر معنی داری نشان داد ($0/01<p<0/05$). بنابراین پرتودهی با اشعه فرابنفش در شرایط بهینه مورد اشاره می‌تواند بار آلودگی دانه‌های آجیلی را تا حد قابل قبولی کاهش دهد.

کلید واژگان: اشعه فرابنفش، بارمیکروبی، دانه‌های آجیلی، فرآوری نوین

*مسئول مکاتبات: analystchemist@yahoo.com

1- مقدمه

تأمین احتیاجات غذایی برای جمعیت رو به فزاینده جهان از مهمترین مسائلی است که بخش‌های صنعت، کشاورزی و بهداشت را به خود مشغول کرده است. از طرف دیگر تأمین سلامت مواد غذایی شرط لازم برای تأمین سلامت جامعه و از شاخص‌های مهم توسعه می‌باشد. بروز موارد متعدد بیماری‌های منتقله از راه مواد غذایی در جهان، لزوم توجه به بهداشت مواد غذایی را بیشتر نمایان می‌سازد. امروزه در میان روش‌های شیمیایی و فیزیکی پرتودهی بعنوان یک فن‌آوری نوین و مؤثر برای کاهش میکروارگانیسم‌ها، بهبود ایمنی غذاها و افزایش عمر نگهداری آن‌ها مورد توجه می‌باشد [1]. از پرتوهای مورد استفاده در صنایع غذایی می‌توان به پرتوهای یونیزه‌کننده و غیریونیزه‌کننده اشاره کرد [2]. پرتوهای الکترومغناطیس یونیزه با طول موج400-100 نانومتر پرتوهای فرابنفش هستند که در طول موج‌های پایین، بخصوص در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور کلی طیف فرابنفش بصورت (400-315)-UV A، UV-B (315-280)، UV-C(280-200) طبقه‌بندی شده است. بیشترین آثار بیولوژیک اشعه فرابنفش بر میکروارگانیسم‌ها مربوط به اشعه UV-C و بویژه طول موج 254 نانومتر می‌باشد[3]. با جذب اشعه فرابنفش بوسیله اسیدهای نوکلئیک، مرگ سلول باکتری اتفاق می‌افتد [4]. غیرفعال کردن میکروارگانیسم ها به واکنش‌های فیتوشیمیایی ناشی از اثر اشعه فرابنفش به مواد ژنتیکی و DNA سلول مرتبط است. همچنین مکانیسم‌های مختلف دیگری مربوط به آسیب غشاء، تأخیر در رشد یا آسیب DNA به وسیله تولید یا افزایش گونه‌های اکسیژن فعال مانند رادیکال‌های آنیون سوپر اکسید، رادیکال‌های هیدروکسیل، پراکسید هیدروژن و اکسیژن منفرد جز خصوصیات میکروب کشی غیرمستقیم اشعه فرابنفش گزارش شده است [5]. مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از پرتو فرابنفش به عنوان یک روش غیرحرارتی در محصولات کشاورزی وجود دارد [10-6]. همچنین سالهاست که از این اشعه برای ضدعفونی آب استفاده می‌شود و اثربخشی آن در طیف گسترده‌ای از میکروارگانیسم‌ها نشان داده شده است [14-11]. به علاوه مطالعات موفقیت‌آمیزی نیز در این زمینه در محصولات غذایی و افزایش ماندگاری و کاهش فساد محصولات کشاورزی مانند مایکوتوکسین ها بویژه آفلاتوکسین در مرحله پس از برداشت برای محصولات مختلف انجام شده است [16-15]. پرتودهی با اشعه فرابنفش بر آفلاتوکسین ها باعث تخریب این سم می شود که به دلیل حساسیت آفلاتوکسین‌ها به نور گزارش شده است [18-17]. لذا امروزه پرتوفرابنفش به عنوان مکانیسم موثر در رفع و کاهش پاتوژن‌های غذایی هنوز به عنوان یک اولویت مهم شناخته می‌شود. امروزه فن‌آوری پرتودهی با اشعه فرابنفش به عنوان روشی که می‌تواند باکتری‌ها، قارچ‌ها و انگل‌های مضر و پاتوژن را از بین ببرد معرفی شده است[19]. آجیل و خشکبار یکی از فرآورده‌های غذایی با ارزش تغذیه ای بالا و حاوی مواد آنتی اکسیدان و ضد سرطان می‌باشد[20]. این فرآورده‌ها می‌توانند با عوامل بیماری زا در هر مرحله از تولید، برداشت، فرآوری، توزیع یا عرضه آلوده شوند و در معرض آلودگی‌های قارچی و میکروبی قرار گیرند به طوریکه وجود مقادیر بالای چربی به افزایش مقاومت پاتوژن ها در دانه‌های آجیلی کمک می‌کند[21]. همچنین عواملی مانند دما، رطوبت، وجود اکسیژن و ترکیبات گازی می‌تواند بر رشد کپک ها در طول ذخیره سازی و انبارداری تأثیرگذارد[22]. به صورتی که عفونت قارچی علیرغم چندین دهه تحقیق گسترده، همچنان یک مشکل چالش برانگیز است[20]. لذا تعیین و نوع آلودگی میکروبی به عنوان اولین اقدام برای ارزیابی ایمنی محصولاتی مانند آجیل و خشکبار ضروری است. بنابراین با توجه به پتانسیل کاربرد پرتو فرابنفش در کاهش آلودگی میکروبی و وجود منابع محدود در خصوص تأثیر تیمار با پرتو فرابنفش بر دانه های آجیلی از یک طرف و پتانسیل استفاده از این روش برای استفاده تجاری و توانایی آن در سالم‌سازی و تأخیر در رشد میکروبی، لذا مطالعه حاضر برای اولین بار با هدف ارزیابی میزان کارآیی پرتو فرابنفش در کاهش بار میکروبی دانه‌های آجیلی، در کارخانجات بسته‌بندی دانه‌های

آجیلی پرمصرف و دستیابی به ایده کاربرد پرتو فرابنفش جهت دیگر محصولات غذایی، انجام شد.

2- مواد و روش کار

2-1- نمونه برداری

دانه‌های آجیلی خام (تخمه آفتابگردان، تخمه هندوانه، تخمه کدو، مغز گردو، مغز پسته و مغز بادام) بصورت فله از فروشگاه‌های عمده عرضه در شهر تهران (بازار مولوی) خریداری شد. تعداد 5 کیسه به بطور تصادفی، متناسب با وزن بهر، مشخص شد و نمونه‌های اولیه از بسته‌های مشخص شده برداشت شد سپس با هم مخلوط شدند به گونه ای که مجموع نمونه های اولیه مخلوط شده معرف ویژگی‌های محموله بود و بدین ترتیب نمونه کلی بدست آمد. نمونه‌برداری‌ها مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 1036 انجام شد[23]. هر نمونه در ضخامت های ۲،۱و3 لایه با $Z_{1,2,3}$ و زمان ۱۰،۵ و15 دقیقه با $P_{1,2,3}$ مطابق جدول 1 نامگذاری گردید.

Table 1 Specification of the studied samples

Tickness/Time	5 min	10 min	15 min
Tickness1	P_1Z_1	P_2Z_1	P_3Z_1
Tickness2	P_1Z_2	P_2Z_2	P_3Z_2
Tickness3	P_1Z_3	P_2Z_3	P_3Z_3

2-2- مواد و تجهیزات

از محیط‌های کشت نوترینت آگار[1]، عصاره مخمر با گلوکز وکلرامفینکل[2]، مک کانکی آگار[3]، لوریل سولفات آگار[4] و رقیق کننده

رینگر (Merck، آلمان)، دستگاه کابینتUV (CAMAG، سوئیس)، انکوباتور(Memert، آلمان)، اتوکلاو (طب زعیم، ایران)، هود

لامینار (ژال تجهیز، ایران) برای انجام تحقیق استفاده شد.(شکل1، A, B)

2-3- فرآیند پرتودهی با اشعه فرابنفش

برای پرتودهی نمونه‌ها به وسیله قاشق استریل بصورت یک، دو و سه لایه داخل پلیت‌های استریل در مجاورت شعله ریخته شدند. سپس پلیت‌ها به مدت 5، 10 و 15 دقیقه در داخل کابینت دستگاه UV (شکل 1،B) با طول 44 سانتی متر و عرض 34 سانتی متر با طول موج 254 نانومتر و دوز 16122 J/m2 پرتودهی شدند. پس از آن نمونه‌ها از کابینت UV خارج شدند و مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 1-8923 برای انجام آزمون های میکروبی آماده شدند[24].

2-4-آماده سازی نمونه

به منظور آماده سازی نمونه و تهیه رقت‌های مختلف از نمونه‌های مورد نظر ابتدا 90 میلی لیتر محلول رقیق کننده رینگر در شیشه استریل حاوی 10 گرم از نمونه ریخته شد (شکل1، C) و سوسپانسیون همگن با رقت 10^{-1} تهیه گردید. سپس با استفاده از پیپت استریل، 1 میلی‌لیتر از سوسپانسیون اولیه به لوله‌های آزمایش حاوی 9 میلی لیتر محلول رقیق کننده رینگر ریخته شد به طوریکه رقت10^{-2} تهیه شد. پس از آماده سازی سایر رقت‌ها در مدت زمان 15 دقیقه به محیط کشت ها تلقیح شدند.

2-5- آزمون میکروبی

برای انجام آزمون میکروبی، محیط‌های کشت مطابق دستورالعمل کارخانه سازنده تهیه شدند(شکل1، D). برای شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها از روش کشت آمیخته (پورپلیت)[5] و محیط کشت نوترینت آگار مطابق استاندارد ملی ایران 1-5272 انجام شد. برای شمارش مجموع *کلی‌فرم* (روش جامع شمارش کلی‌فرم‌ها شامل سویه های *سیتروباکتر*[6] ، *انتروباکتر*[7] و *کلبسیلا*[8]) و *اشریشیاکلی* از روش آمیخته در محیط کشت مک‌کانکی آگار و لوریل سولفات آگار مطابق استاندارد ملی ایران شماره 9263 و

1. Nutrient Agar
2. Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar
3. MacConkey Agar
4. Lauryl Sulfate Agar
5. Standard Plate Agar (SCP)
6. *Citrobacter*
7. *Entrobacter*
8. *Kelebsiella*

2946 استفاده شد. همچنین برای آزمون شمارش کپک از محیط کشت عصاره مخمر با گلوگز و کلرامفنیکل مطابق استاندارد ملی ایران به شماره 10899-2 استفاده گردید. بعد از آماده‌سازی سوسپانسیون اولیه و رقت‌سازی‌های بعدی پلیت‌های آماده شده پس از گذراندن دوره گرمخانه‌گذاری به روش شمارش مستقیم جمعیت میکروبی آن‌ها تعیین و نتایج بصورت تعداد کلنی در میلی‌لیتر از نمونه (Cfu/ml) بیان شد[25-28].

Fig 1 Processes of sample preparation and microbial cultures

2-6-تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه با استفاده از نرم افزار IBM SPSS (نسخه 4، ساخت کشور آمریکا)

استفاده شد. میانگین مقایسه‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن انجام گردید. همچنین جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

3- نتایج و بحث

3-1- اثر فاکتور زمان پرتودهی و ضخامت بر شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها

شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد برای مغز پسته خام، مغزگردو خام و مغز فندق خام بررسی شد. بر اساس نتایج بدست آمده، بیشترین تاثیر پرتودهی در نمونه های مغز گردو خام و مغز فندق خام بود که در آن‌ها شمارش کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های پرتودهی شده منفی گزارش شد. در نمونه‌های مغز پسته خام برترین تیمار از بین 9 تیمار تعریف شده و شاهد، تیمار P_3Z_1 نمونه پرتودهی شده با زمان 15 دقیقه و ضخامت 1 لایه بود (شکل2).

3-2- اثر فاکتور زمان پرتودهی و ضخامت بر شمارش *کلی‌فرم* دانه‌های آجیلی

شمارش *کلی‌فرم‌ها* در نمونه‌های خام مغز پسته، مغزگردو، مغز فندق، تخمه کدو، تخمه آفتابگردان و تخمه هندوانه پرتودهی شده و شاهد بررسی شد. براساس نتایج، بیشترین تاثیر پرتودهی در نمونه‌های خام فندق و گردو بود که در آنها شمارش *کلی‌فرم* منفی شد. پس از آن به ترتیب نمونه‌های خام تخمه آفتابگردان، تخمه کدو و تخمه هندوانه قرار داشتند و کمترین تاثیر در نمونه‌های بررسی شده در مغز پسته مشاهده شد. برترین تیمار از بین تیمارهای مورد مطالعه، تیمار پرتودهی شده با زمان 15 دقیقه و ضخامت 1 لایه بود (P_3Z_1) (شکل3).

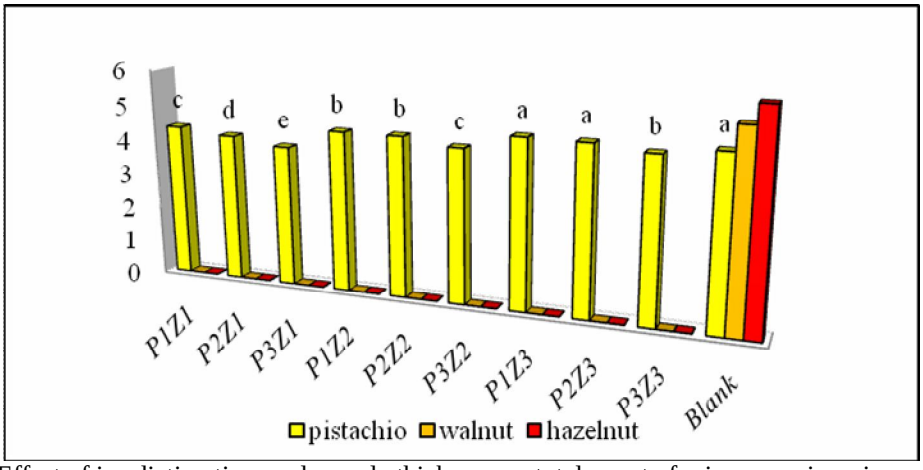

Fig 2 Effect of irradiation time and sample thickness on total count of microorganisms in seed nuts
P1Z1: One thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z1: One thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z1 One thickness layer and 15 minutes irradiation time
P1Z2: Two thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z2: Two thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z2 Two thickness layer and 15 minutes irradiation time
P1Z3: Three thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z3: Three thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z3 Three thickness layer and 15 minutes irradiation time
The values of similar letters do not different significantly (P>0.05)

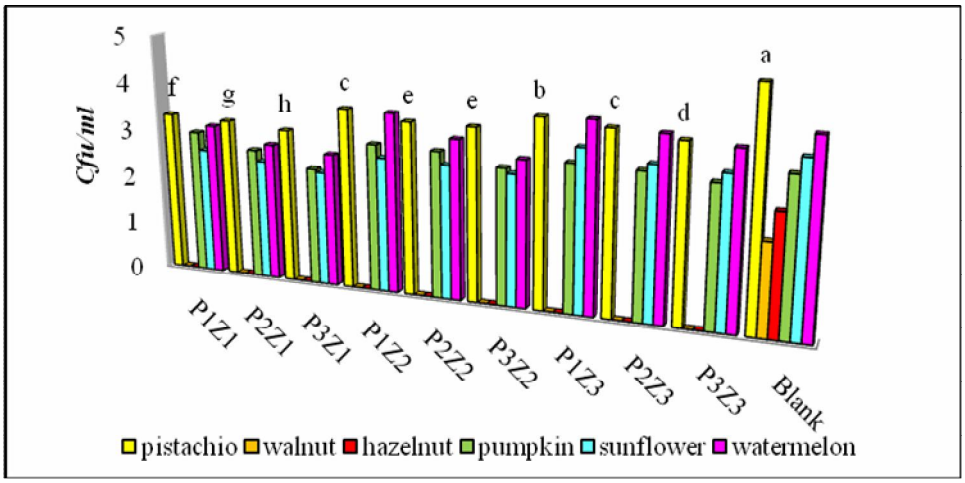

Fig 3 Effect of irradiation time and sample thickness on *coliform* count of in seed nuts
P1Z1: One thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z1: One thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z1 One thickness layer and 15 minutes irradiation time
P1Z2: Two thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z2: Two thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z2 Two thickness layer and 15 minutes irradiation time
P1Z3: Three thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z3: Three thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z3 Three thickness layer and 15 minutes irradiation time
The values of similar letters do not different significantly (P>0.05)

3-3- اثر فاکتور زمان پرتودهی و ضخامت بر شمارش کپک دانه های آجیلی

شمارش کپک در نمونه‌های خام مغز پسته، مغز گردو، مغز فندق، تخمه کدو، تخمه آفتابگردان و تخمه هندوانه پرتودهی شده و شاهد بررسی شد. براساس نتایج بدست آمده در همه‌ی دانه‌های آجیلی بررسی شده به جز مغز پسته خام، در تیمارهای با

ضخامت 1 لایه و زمان پرتودهی 10 و 15 دقیقه کپک رشد نکرد (P_2Z_1, P_3Z_1). در واقع کمترین تاثیر در نمونه های بررسی شده در مغز پسته خام مشاهده شد (شکل 4).

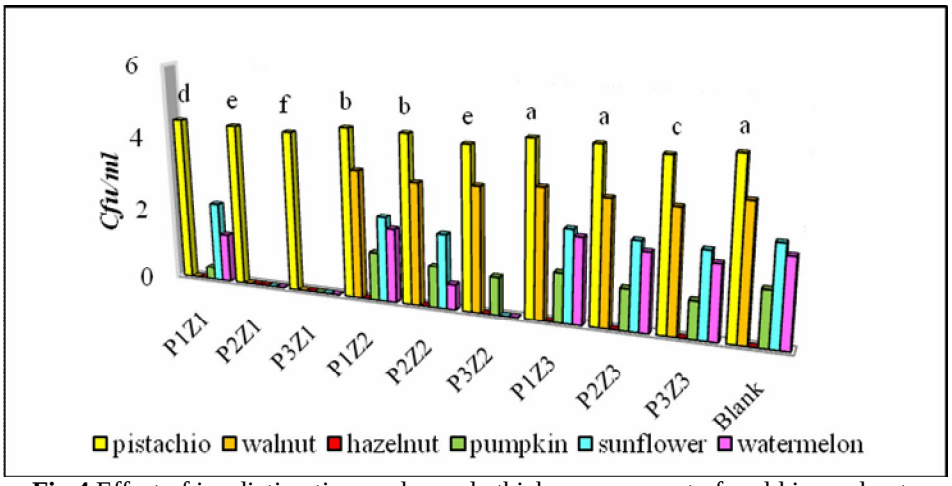

Fig 4 Effect of irradiation time and sample thickness on count of mold in seed nuts
P1Z1: One thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z1: One thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z1 One thickness layer and 15 minutes irradiation time
P1Z2: Two thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z2: Two thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z2 Two thickness layer and 15 minutes irradiation time
P1Z3: Three thickness layer and 5 minutes irradiation time, P2Z3: Three thickness layer and 10 minutes irradiation time, P3Z3 Three thickness layer and 15 minutes irradiation time
The values of similar letters do not different significantly (P>0.05)

4-3- اثر فاکتور زمان پرتودهی و ضخامت بر شمارش *اشرشیاکلی* دانه‌های آجیلی

شمارش اشریشیاکلی در نمونه‌های پرتودهی شده و شاهد برای هر شش دانه آجیلی انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده اشریشیاکلی در نمونه پرتودهی نشده منفی گزارش شد.

بررسی نتایج بدست آمده در شکل‌های 2 تا 4 نشان می‌دهد که زمان پرتودهی و ضخامت چیدمان دانه‌ها بر شمارش کلی میکروبی مغز پسته، گردو و فندق تاثیر کاملاً معنی‌داری دارد ($p<0/01$). همچنین زمان پرتودهی و ضخامت نمونه برشمارش *کلی‌فرم* مغز پسته، گردو، فندق، تخمه کدو، آفتابگردان و هندوانه و شمارش کپک در نمونه‌های پسته، گردو، فندق، تخمه آفتابگردان و هندوانه تاثیر کاملاً معنی‌داری دارد ($p<0/01$). بعلاوه در شمارش کپک در نمونه‌های خام تخمه کدو تاثیری هر چند کمتر اما به صورت معنی دار ($0/01<p<0/05$) مشاهده شد. لذا نتایج نشان می‌دهد که فاکتور زمان تأثیر معنی‌داری بر کاهش بار میکروبی نمونه‌های خام در دانه‌های آجیلی مغز پسته، گردو، فندق، تخمه کدو، تخمه آفتابگردان و تخمه هندوانه داشته است به گونه ای که با افزایش زمان پرتودهی، کاهش بیشتری در جمعیت میکروارگانیسم‌ها (شمارش کلی، *کلی‌فرم* و کپک) مشاهده گردید. هرچند براساس مطالعات اولیه، مدت زمان انتخاب شده جهت پرتودهی به ترتیب 5، 10 و 15 دقیقه انتخاب شده بود، اما پس از انجام آزمایش شمارش جمعیت کلی میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های تیمار شده با اشعه فرابنفش مشاهده شد که بین نمونه‌های پرتودهی شده در زمان 5 و 10 دقیقه اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ولی به نسبت، نمونه های پرتودهی شده در زمان 15 دقیقه تفاوت معنی داری از خود نشان دادند. این نتایج در تطابق نسبی با مطالعات مشابه گزارش شده توسط پژوهشگران می‌باشد. بطوریکه در پرتودهی با اشعه فرابنفش در نمونه‌های زعفران در مطالعه‌ای مشاهده شد که از بین زمان های پرتودهی 60، 90 و 120 دقیقه، مدت 120 دقیقه بهترین اثر را داشت[29]. در پژوهشی دیگر در آبمیوه‌های تحت تابش توسط پرتو فرابنفش در فواصل زمانی 30، 45 و60 دقیقه مشاهده شد که پس از گذشت زمان 60 دقیقه، تعداد باکتری‌ها کاهش شدیدی داشتند[30]. با توجه به نتایج تحقیق حاضر و مقایسه با مطالعات بیان شده، این اثرگذاری زمان را می‌توان اینگونه توجیه

نمود که از آنجایی که آسیب ژنتیکی در باکتری ناشی از اعمال پرتو فرابنفش به صورت آنی نیست و نیاز به زمان دارد به همین دلیل طی ساعات اولیه رشد باکتری مشاهده می‌شود ولی با گذشت زمان کاهش بیشتری در جمعیت میکروبی حاصل می‌شود[31].

در زمینه فاکتور ضخامت نمونه، نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از این بود که با کاهش ضخامت در نمونه‌های تیمار شده با پرتوفرابنفش، کاهش بیشتری در جمعیت میکروارگانیسم‌ها مشاهده شد. بنابراین بین شمارش جمعیت میکروارگانیسم‌ها در نمونه‌های تیمار شده با پرتو فرابنفش، بین پرتودهی در ضخامت های دو لایه و سه لایه اختلاف معنی داری وجود نداشت ولی به نسبت در نمونه‌های پرتودهی شده در ضخامت یک لایه، تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در بررسی نتایج این تحقیق با سایر مطالعات صورت گرفته دو نکته حائز اهمیت است. اول اینکه آیا پرتو فرابنفش با ضخامت‌های مختلف بر کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها تاثیر دارد و نکته دوم بدست آوردن ضخامت بهینه برای دستیابی به شرایط ضدعفونی حداکثری است. از این نظر یافته‌های مطالعه حاضر به طور نسبی با سایر مطالعات مشابه مطابقت نسبی نشان داد. در مطالعه‌ای در بررسی نمونه آب پرتقال تحت تابش پرتو فرابنفش، با ضخامت 0/153 سانتی‌متر مشاهده شد که پرتو فرابنفش تأثیر مستقیمی بر رنگ آب پرتقال ندارد ولی میکروارگانیسم‌هایی که به طور طبیعی رشد کرده بودند غیرفعال شدند[32]. همچنین در زمینه غیرفعال‌سازی باکتری اشریشیاکلی *O157:H7* تلقیح شده روی بذر یونجه با استفاده از پالس‌های نور فرابنفش در ضخامت های حدود 1/02 تا 6/25 میلی‌متر مشاهده شد که میزان کاهش جمعیت میکروبی در فواصل کوتاه‌تر به طور معنی‌داری بالاتر بود[33]. در مطالعه‌ای دیگر بر روی پنیرهای بسته بندی شده با ضخامت های مختلف فیلم‌های پلاستیکی مشاهده شد که با کاهش ضخامت فیلم در نمونه‌های تیمارشده با اشعه فرابنفش، پاتوژن‌ها به طور چشمگیری کاهش یافتند[34]. در این راستا با بررسی بیشینه مطالعات و تحقیق حاضر مشخص گردید که فاکتور ضخامت نقش بسیار مهمی در میزان کارآیی اشعه فرابنفش و کاهش بار میکروبی نمونه های مورد آزمون دارد. با اینحال در بررسی ضخامت زرده تخم مرغ و آلبومین در پژوهشی مشاهده شد که تاثیر ضخامت نمونه بر تعداد باکتری‌ها در نمونه آلبومین معنی‌دار می‌باشد و در ضخامت بیشتر تعداد باکتری‌ها بیشتر کاهش یافته بود و اثر ضخامت بر کاهش تعداد باکتری‌ها در زرده تخم مرغ معنی دار نبود که علت آن کاهش نفوذ اشعه در نمونه‌های ضخیم‌تر بود[35]. لذا عدم مطابقت این مطالعه می‌تواند به علت تفاوت ترکیبات نمونه، نوع میکروارگانیسم‌ها و مقاومت آن‌ها در برابر اشعه فرابنفش باشد. همچنین از مقایسه نمونه شاهد (بدون پرتودهی) با نمونه‌های تیمار شده در ضخامت و زمان‌های مختلف براساس شکل های 2تا 4 می‌توان نتیجه گرفت که فرآوری با پرتو فرابنفش بر جمعیت میکروبی محصولات موثر بوده است و در این زمینه مقالات و اثرات مشابهی بین نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات دیگر وجود دارد. به عنوان نمونه، در ارزیابی پرتو فرابنفش بر سطح پوسته تخم مرغ گزارش شد که میزان باکتری‌های بیماریزا بطور موثری کاهش یافتند[36]. همچنین در پژوهش دیگری استفاده از پرتو فرابنفش بعنوان عاملی تاثیرگذار در کاهش بار میکروبی تعداد کل میکروارگانیسم‌های آب میوه گزارش شده است[32]. لذا کاهش میکروبی را می‌توان به وقوع پدیده‌هایی ناشی از نور UV-C از جمله مرگ میکروارگانیسم‌های عامل فساد در معرض اشعه، تغییر ماهیت آنزیم‌های اکسیداتیو یا تشکیل یک لایه محافظ برای ممانعت از رشد میکروبی و نفوذ آب مرتبط دانست[37].

در سال های اخیر شیوع بیماری‌های ناشی از غذا در محصولات غذایی تازه افزایش یافته است و این بیماری‌ها بیشتر مرتبط با پاتوژن‌های روده ای انسان هستند. *کلی فرم* ها بعنوان شاخص کیفیت بهداشتی بودن غذا و آب شناخته می شوند[38] و[39]. از آنجایی که محصولات زراعی نیز با فاضلاب یا پساب آبیاری می‌شوند نگرانی برای انتقال این میکروارگانیسم‌ها به محصولات غذایی وجود دارد لذا با توجه به اهمیت این موضوع، در این تحقیق *کلی فرم* بعنوان شاخص میکروبی مورد آزمون قرار گرفت. بدین صورت که شمارش *کلی فرم ها* در نمونه‌های مورد آزمون (مغز پسته خام، مغزگردو خام و مغز فندق خام، تخمه کدو خام، تخمه آفتابگردان خام و تخمه هندوانه خام) پس از پرتودهی نمونه‌ها و مقایسه آن با نمونه شاهد (بدون پرتودهی با فرابنفش) بیانگر این مطلب است که استفاده از پرتو فرابنفش در کاهش شمارش جمعیت *کلی فرم* ها، در نمونه‌های تیمار شده با اشعه

فرابنفش تاثیرگذار بوده است و این نتیجه با نتایج برخی مطالعات گزارش شده همخوانی دارد. در مطالعه‌ای مشاهده شد که دما و پرتو فرابنفش در کاهش تعداد باکتری‌های *کلی فرم* در زعفران موثر بوده است و تعداد جمعیت میکروبی *کلی فرم* نمونه‌های تیمار شده با اشعه تا حد مجاز استاندارد کاهش یافته بود[29]. در پژوهشی دیگر در استفاده از پرتو فرابنفش در طراحی سیستم آبرسانی در نمونه‌های کاهو، اسفناج مشاهده شد که پرتو فرابنفش قادر به کاهش تعداد *کلی‌فرم* ها است اما در خصوص اثربخشی تیمار فرابنفش در کاهش بارهای میکروبی در پژوهش دیگری مشاهده شد که تیمار اشعه فرابنفش مورد استفاده بر اساس مدل طراحی شده در کاهش شمارش *کلی فرم* موثر نیست از اینرو شفاف سازی آب یا کاهش سرعت جریان ممکن است نفوذ پرتو فرابنفش را بهبود بخشد یا افزایش شدت تابش ممکن است جمعیت میکروبی را تا حد بیشتری کنترل کند[40]. لذا عوامل اثرگذار پرتوفرابنفش بر بار میکروبی مهم هستند و در ارزیابی ها متناسب با نوع نمونه باید مدنظر قرار گیرند.

در زمینه بررسی پرتوفرابنفش و اثر آن بر روی قارچ‌ها می‌توان اذعان داشت از آنجایی که قارچ‌ها به طور تصادفی محصولات غذایی را آلوده و آن‌ها را پوسیده می‌کنند و آلودگی بذور روغنی خوراکی در کشورهای مختلف بیشتر در پسته و بادام گزارش شده است[41] و در ایران نتایج مطالعات حاکی از شیوع نسبی زیاد گونه های متنوع قارچ بر روی نمونه‌های آجیل بود بطوریکه نیاز به نظارت مناسب برای جلوگیری از آلودگی‌های قارچی قبل از رسیدن در سطح عرضه ضرورت داشت[42]و[43]. بنابراین در مطالعه حاضر برای کاهش آلودگی کپک از پرتو فرابنفش استفاده شد و مشاهده گردید که استفاده از پرتو فرابنفش در کاهش شمارش جمعیت کپک، در نمونه‌های تیمار شده تاثیرگذار می‌باشد (شکل 4). از اینرو در مقایسه تحقیق حاضر در زمینه اثرگذاری پرتو فرابنفش بر کاهش آلودگی قارچ و کپک با سایر مطالعات همخوانی مشاهده شد. بطوریکه در پژوهشی استفاده از تیمار پرتو فرابنفش باعث کاهش در شمارش گونه‌های *آسپرژیلوس پارازیتیکوس* روی سطح فندق شد[44]. همچنین در مطالعه‌ای دیگر پوشش پلی اتیلنی در نمونه‌های میوه انار باعث افزایش آلودگی قارچی شد که پس از پرتودهی با پرتو فرابنفش اثرات منفی افزایش آلودگی قارچ کاملاً رفع شد[45]. جهت بررسی علل تاثیرگذاری مطابق نظر برخی محققین اسپور قارچ‌ها بیشتر مستعد غیرفعال شدن می‌باشند[41]. همچنین در تحقیق دیگر مشاهده شد که پرتو فرابنفش روی کاهش آفلاتوکسین در بادام زمینی، گردو، بادام و پسته در مدت زمان های 15، 30 و 45 دقیقه اثرگذار است بطوری که بعد از 45 دقیقه قرارگیری در معرض اشعه، آفلاتوکسین B_1 96/5 درصد کاهش در بادام و پسته را نشان داد[18]. لذا مطابق نظر محققین علت کاهش آلودگی قارچی پس از تیمار با اشعه فرابنفش را می‌توان اینگونه توجیه نمود که پرتوUV-C طیف وسیعی از واکنش‌های شیمیایی از آنزیم‌های ضد قارچ گرفته تا فیتوآلکسین‌ها را در محصولات ایجاد می‌کند که این پاسخ مفید از محصولات کشاورزی منجر به مهار پاتوژن‌های قارچی بعد از پرتودهی با اشعه فرابنفش در دوره‌های زمانی مختلف می‌باشد[46].

همچنین مقایسه‌ی میانگین اثر زمان پرتودهی بر شمارش کلی فرم و قارچ با آزمون چند دامنه‌ای دانکن که جدول 2 آمده است به خوبی اثر پرتودهی فرابنفش را در کاهش جمعیت میکروبی کلی فرم و قارچ نشان می‌دهد.

Table 2 Duncan's Multiple Range Test results for effect of irradiation time on coliform and mold count

	Coliform count			Mold count		
Sample/time	5min	10min	15min	5min	10min	15min
Pistachio	3.62 ± 0.24^{a}	3.52 ± 0.20^{b}	3.44 ± 0.20^{c}	4.59 ± 0.0196^{a}	4.55 ± 0.011^{a}	4.43 ± 0.076^{a}
Walnut	ND*	ND	ND	2.31 ± 1.73^{a}	2.22 ± 1.66^{b}	2.22 ± 1.66^{b}
Pumpkin	3.00 ± 0.24^{a}	2.89 ± 0.152^{b}	2.70 ± 0.222^{c}	0.97 ± 0.56^{a}	0.73 ± 0.56^{b}	0.66 ± 0.50^{b}
Sunflower	2.90 ± 0.32^{a}	2.78 ± 0.28^{b}	2.71 ± 0.31^{c}	2.32 ± 0.14^{a}	1.45 ± 0.10^{b}	0.76 ± 0.15^{c}
Watermelon	3.57 ± 0.33^{a}	3.28 ± 0.37^{b}	3.10 ± 0.35^{c}	1.87 ± 0.71^{a}	0.92 ± 0.09^{b}	0.66 ± 0.10^{c}

*ND:Not Detect

همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش زمان پرتودهی جمعیت *کلی‌فرم* در مغز پسته مغز گردو،تخمه کدو، تخمه آفتابگردان و تخمه هندوانه کاهش معنی داری داشت($p<0.05$). همچنین با افزایش زمان پرتودهی جمعیت کپک‌ها در نمونه تخمه آفتابگردان و هنداونه کاهش معنی داری مشاهده می‌شود($p<0.05$). ولی در نمونه پسته در زمان پرتودهی در 5 و 10 دقیقه تفاوت معنی‌داری

در جمعیت کپک ها وجود نداشت($p>0.05$) همچنین در شمارش جمعیت کپک در نمونه های گردو و تخمه کدو در زمان 10 و 15 دقیقه تفاوت معنی داری مشاهده نشد($p>0.05$).

در زمینه اثر گذاری فاکتور ضخامت بر جمعیت میکروبی *کلی فرم* و قارچ، فاکتور ضخامت تحت آزمون چند دامنه دانکن مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در جدول 3 ارایه شده است. مطابق جدول همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش ضخامت، جمعیت *کلی‌فرم* در نمونه‌های پسته، تخمه آفتابگردان و هندوانه افزایش معنی داری داشت($p<0.05$). در تخمه کدو با وجودیکه با افزایش ضخامت افزایش جمعیت *کلی‌فرم* را در پی دارد اما در ضخامت 2 و 3 تفاوت معنی داری مشاهده نمی‌شود ($p>0.05$). در شمارش کپک ها، با افزایش ضخامت میزان جمعیت کپک در نمونه پسته افزایش معنی دار داشت($p<0.05$). و در نمونه گردو، تخمه کدو و آفتابگردان علاوه بر اثر گذاری ضخامت بر میزان جمعیت کپک ها اما تفاوت معنی داری در ضخامت 2 و 3 مشاهده نشد و برای تخم هندوانه این عدم معنی داری در ضخامت 1 و 2 مشاهده نشد($p>0.05$).

Table 3 Duncan's Multiple Range Test results for interaction effect of irradiation and thickness on *coliform* and mold count

	***Coliform* count**			**Mold count**		
Sample/time	Tickness1	Tickness2	Tickness3	Tickness1	Tickness2	Tickness3
Pistachio	3.25 ± 0.063^{c}	3.60 ± 0.08^{b}	3.73 ± 0.10^{a}	4.42 ± 0.054^{c}	4.53 ± 0.08^{b}	4.63 ± 0.07^{a}
Walnut	ND*	ND	ND	0 ± 0.00^{b}	3.37 ± 0.09^{a}	3.37 ± 0.09^{a}
Pumpkin	2.69 ± 0.24^{b}	2.95 ± 0.11^{a}	2.96 ± 0.06^{a}	0.11 ± 0.03^{b}	1.13 ± 0.15^{a}	1.13 ± 0.15^{a}
Sunflower	2.47 ± 0.11^{C}	2.74 ± 0.04^{b}	3.17 ± 0.11^{a}	0.73 ± 0.10^{c}	1.43 ± 0.081^{b}	2.37 ± 0.092^{b}
Watermelon	2.90 ± 0.17^{C}	3.32 ± 0.30^{b}	3.71 ± 0.13^{a}	0.44 ± 0.08^{b}	0.88 ± 0.05^{b}	2.13 ± 0.15^{a}

*ND:Not Detect

با توجه به این نتایج و اثرگذاری پرتوفرابنفش بر جمعیت میکروبی در نمونه های مورد آزمون این تحقیق نشان می‌دهد که توسعه روش‌هایی مانند استفاده از پرتوفرابنفش در محصولات آجیل و خشکبار ضروری است و می‌بایست در ایران کاربرد گسترده‌ای یابد تا این محصولات در ایران با کیفیت بالا در سطح ملی و بین المللی بتوانند موجودیت خویش را حفظ و ارتقا دهند از اینرو این تحقیق می‌تواند به صورت کاربردی برای کارهای صنعتی و عبور چند لایه دانه های آجیلی از روی نقاله با پرتودهی فرابنفش مورد استفاده در صنعت قرار گیرد. لذا کیفیت میکروبیولوژیکی محصولات نهایی به عواملی چون جمعیت اولیه میکروارگانیسم‌های موجود در محصولات، دوز UV اعمال شده و خصوصیات ذاتی نمونه‌ها بستگی دارد. همچنین پرتو فرابنفش می‌تواند بسته به دوز و فاصله بین لامپ و سطح نمونه‌ها، بر رنگ و بافت مواد غذایی تأثیر گذارد[47]. پارامترهای اصلی موثر بر مقاومت میکروبی در برابر طول موج و دوز UV است بطوریکه در مطالعه حاضر نیز این طول موج 254 نانومتر بود که در دامنه طیف UV-C قرار داشت که توانست در کاهش بار میکروبی موثر باشد. لذا از آنجایی طول موج بین 220 تا 300 نانومتر برای میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و مخمرها میکروب کش محسوب می‌شود و طول موج 254 نانومتر اوج جذب برای DNA سلول‌ها است. در نتیجه طول موج 254به عنوان کشنده ترین طول موج برای میکروارگانیسم‌ها تلقی می‌شود و در این آزمایش استفاده شد. اشعه UV-C و UV-B واکنش‌های فتوشیمیایی تقریباً یکسانی را بر روی DNA ایجاد می‌کنند ودر مقابل، اشعه فرابنفش UV-A به دلیل جذب کم آن توسط DNAدر مقایسه با اشعه UV-C در ایجاد صدمات ناشی از DNAغیرفعال است. با این حال، تابش اشعه فرابنفش اثرات بیولوژیکی غیر از واکنش‌های فتوشیمیایی مستقیم بر DNA دارد و این اشعه واسطه‌های واکنشی تولید می‌کنند که این واسطه‌های واکنشی مانند گونه‌های اکسیژن واکنش پذیر می‌توانند به اجزای سلولی از جمله غشاها، پروتئین‌ها، DNA آسیب برساند و حتی به مرگ سلولی بیانجامند لذا مقادیر بالاتر مانند UV-A در صنایع غذایی همراه با اشعه UV-C در شرایط و طول موج خاص قابل استفاده است تا اثرگذار باشد و ارزش ماده غذایی حفظ گردد[48]. شایان ذکر است عوامل دیگری مانند مقاومت در برابر پرتو فرابنفش ممکن است با جنس و حتی با سویه متفاوت باشد[46].

4- نتیجه گیری

در راستای توجه و تمایل محققین و تولیدکنندگان مواد غذایی به استفاده از اشعه فرابنفش در فرآوری مواد غذایی به عنوان یک روش غیرحرارتی، تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر اشعه فرابنفش در نمونه‌های دانه آجیلی انجام شد. لذا نتایج تحقیق حاضر نشان داد که روش پرتودهی با اشعه فرابنفش می‌تواند باعث افزایش کیفیت بهداشتی نمونه دانه آجیلی شود بطوریکه با کاهش بار میکروبی در نمونه‌های تیمارشده با اشعه فرابنفش می‌توان گفت که این اشعه عاملی مفید و موثر بر کاهش و حذف میکروارگانیسم ها می‌باشد. همچنین در بررسی عوامل موثر در افزایش کارایی اشعه فرابنفش(ضخامت و زمان) مشاهده شد که اشعه فرابنفش بر کاهش بار میکروبی دانه های آجیلی ارتباط معکوسی با ضخامت نمونه دارد به طوری که با افزایش ضخامت تیمارها، اثر کشندگی اشعه فرابنفش کاهش یافت. بعلاوه در بررسی تاثیر زمان بر کاهش بار میکروبی نمونه‌های خام مشاهده شد که افزایش زمان پرتودهی باعث کاهش تعداد میکروارگانیسم‌ها می شود. لذا با استناد به نتایج مطالعه می‌توان به وضوح بیان داشت که این تحقیق فرصت امیدوار کننده‌ای برای اتخاذ فرآوری اشعه فرابنفش در مواد غذایی پس از ارزیابی های ایمنی می‌باشد.

5- سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد رشته صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی می‌باشد و نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از تمامی عزیزان و مراکز پژوهشی که در این تحقیق مساعدت و همکاری نمودند به ویژه از آزمایشگاه های مرجع کنترل غذا و داروی وزارت بهداشت و آزمایشگاه غذا و داروی دانشگاه علوم پزشکی تهران تشکر خویش را ابراز دارند.

6- منابع

[1] Tan SY, Dhillon J, Mattes R. (2017). A review of the effects of nuts on appetite food intake, metabolism, and body weight. *American journal of clinical nutrition*. 100(5):412–22.

[2] Kim K, Yook H. (2009). Effect of gamma irradiation on quality of kiwi fruit. *Radiation Physics and Chemistry*. 78(6): 414-421.

[3] Keyser M, Műller I.A, Cilliers F.P, Nel W, Gouws, P.A. (2008). Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 9(3):348-354.

[4] Birmpa A, Vantarakis A, Paparrodopoulos S, Whyte P, Lyng J. (2014). Efficacy of three light technologies for reducing microbial populations in liquid suspensions. *BioMed research international*. 2014:1-9.

[5] Hinds L, O'Donnell C. P, Akhter M, Tiwari B. K. (2019). Principles and mechanisms of ultra violet light emitting diode technology for food industry applications. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 56: 1-9.

[6] Allende A, Artés F. (2003). UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed 'Lollo Rosso'lettuce. *Food Research International*. 36(7):739-746.

[7] Guan W, Fan X, Yan R. (2013). Effect of combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide on inactivation of Escherichia coli O157: H7, native microbial loads, and quality of button mushrooms. *Food Control*. 34(2):554-559.

[8] Alexandre E.M, Brandão T. R, Silva C. L. (2012). Efficacy of non-thermal technologies and sanitizer solutions on microbial load reduction and quality retention of strawberries. *Journal of Food Engineering*. 108(3): 417-426.

[9] Tawema P, Han J, Vu K.D, Salmieri S, Lacroix M. (2016). Antimicrobial effects of combined UV-C or gamma radiation with natural antimicrobial formulations against Listeria monocytogenes, Escherichia coli O157: H7, and total yeasts/molds in fresh cut cauliflower. *LWT-Food Science and Technology*. 65:451-456.

[10]. Fonseca J.M, Rushing J.W. (2006). Effect of ultraviolet-C light on quality and microbial population of fresh -cut watermelon. *Postharvest Biology and Technology*. 40(3):256-261.

[11] Selma M.V, Allende A, Lopez-Galvez F, Conesa M.A, Gil M.I. (2008). Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbiology*. 25(6): 809-814.

[12] Watanabe M, Masaki H, Mori T, Tsuchiya

Mahluji S. (2014). Mold contamination of untreated and roasted with salt nuts (walnuts, peanuts and pistachios) sold at markets of Tabriz, Iran. *Jundishapur journal of microbiology*. 7(1):1-5.

[23] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2017). Dry fruits and dried fruits-sampling method, 1036, 2nd. Revision.

[24] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2018). 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, 8923-1, 1st. revision.

[25] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (2015). Microbiology of the food chain-Horizontal method for the enumeration of microorganisms-Part 1: Colony count at 30°C by the pour plate technique, 5272-1, 1st. revision.

[26] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Microbiology of food and animal feeding stuffs– Horizontal method for the enumeration of coliforms–Colony-count technique, 9263, 1st. revision.

[27] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Microbiology of food and animal feeding stuffs -Detection and enumeration of presumptive Escherichia coli-Most probable number technique, 2946. 2nd.revision.

[28] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds - Part 2: Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95, 10899-2,1st. edition.

[29] Khayami M, Razavi R.S, Siasi Z. (2003). Effect of ultraviolet beam and mutual heat on the reduction of microbial contamination of saffron. *Journal of agricultural sciences and natrural resources*.10(2): 43-50.

[30]. Mukhopadhyay M, Majumdar M, Basu P. (2011). Microbial Contamination of Street vended Fruit Juices In Kolkata City. Internet Journal of Food Safety. 13(1): 1-5.

[31] Yolmeh M, Habibi-Najafi M. B, Najafzadeh M. (2015). Study the effects of ultraviolet radiation on the growth of Escherichia coli and Bacillus cereus isolated

T, Konuma, H, Hara-Kudo Y, Takatori, K. (2010). Inactivation effects of UV irradiation and ozone treatment on the yeast and the mold in mineral water. *Journal of food protection*. 73(8): 1537-1542.

[13] Sommer R, Lhotsky M, Haider T, Cabaj A. (2000). UV inactivation, liquid-holding recovery, and photoreactivation of Escherichia coli O157 and other pathogenic Escherichia coli strains in water. *Journal of food protection*. 63(8):1015-1020.

[14] Wright J. R, Sumner S. S, Hackney C. R, Pierson M. D, Zoecklein, B. W. (2000). Efficacy of ultraviolet light for reducing Escherichia coli O157: H7 in unpasteurized apple cider. *Journal of food protection*. 63(5) : 563-567.

[15] Usaga J, Worobo R. W. (2018). Microbial Safety and Quality Evaluation of UV-Treated, Cold-Pressed Colored and Turbid Juices and Beverages. *Journal of food protection*. 81(9): 1549-1556.

[16] Bakhtiary F, Maghsoudi H, Khorasani S, Akhavan H. R. (2020). Effect of ultraviolet radiation on some quality characteristics of dry pistachio kernel. *Food Science and Technology*. 17(98): 41-49.

[17] Ismail A, Gonçalves B. L, de Neeff D. V, Ponzilacqua B, Coppa C. F, Hintzsche H, ... & Oliveira, C. A. (2018). Aflatoxin in foodstuffs: Occurrence and recent advances in decontamination. *Food Research International*. 113:74-85.

[18] Jubeen F, Bhatti IA, Khan MZ, Zahoor H, Shahid M. (2012). Effect of UV-C irradiation on aflatoxins in ground nut (Arachis hypogea) and tree nuts (Juglans regia, prunus duclus and pistachio Vera). *Journal Chemical Society of Pakestan*. 34(4): 1366-1374.

[19] Leistner L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International journal of food microbiology*. 55(1): 181-186.

[20] Wu Q, Xie L, Xu, H. (2018). Determination of toxigenic fungi and aflatoxins in nuts and dried fruits using imaging and spectroscopic techniques. *Food chemistry*. 252: 228-242.

[21] Brar P.K, Danyluk M. D. (2018). Nuts and Grains: Microbiology and Preharvest Contamination Risks. *Microbiology spectrum*. 6(2): 1-12.

[22] Kazemi A, Ostadrahimi A, Ashrafnejad F, Sargheini N, Mahdavi, R, Farshchian M,

treatment on the food safety status of a model aquaponic system. *Water*. 9(1), 27.

[41] Begum M, Hocking A.D, Miskelly D. I. (2009). Inactivation of food spoilage fungi by ultra violet (UVC) irradiation. *International Journal of Food Microbiology*. 129(1): 74-77.

[42] Khodavaisy S, Maleki A, Hossainzade B, Rezai S, Ahmadi F, Validi A, etal & Ghahramani E. (2012). Occurrence of fungal contamination in pistachio and peanut samples from retail shops in Sanandaj province, Iran. *African Journal of Microbiology Research*. 6(39): 6781-6784.

[43] Khosravi A.R, Shokri H, Ziglari T. (2007). Evaluation of fungal flora in some important nut products (pistachio, peanut, hazelnut and almond) in Tehran, Iran. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6(5): 460-462.

[44] Basaran P. (2009). Reduction of Aspergillus parasiticus on hazelnut surface by UV-C Treatment. International *Journal of Food Science and Technology*. 44 (9):1857–1863.

[45] Esna-Ashari M, Fathi L, Ershadi A, Zafari D. (2019). The Effect of UV Irradiation and Packaging Type on Anthocyanin Content, Antioxidant Activity and Microbial Population in Pomegranate Fruit (cv. Malas Saveh) During Cold Storage. *Plant production technology*. 11(1): 143-159.

[46] Gómez P. L, Alzamora S. M, Castro M. A, Salvatori, D. M. (2010). Effect of ultraviolet-C light dose on quality of cut-apple: Microorganism, color and compression behavior. *Journal of Food Engineering*. 98(1): 60-70 [44].

[47] Zhang Z.H, Wang L.H, Zeng X.A, Han Z, Brennan C. S. (2019). Non‐thermal technologies and its current and future application in the food industry:a revie. *International journal of food science & technology*. 54(1): 1-13.

[48] Song K, Mohseni M, Taghipour F. (2019). Mechanisms investigation on bacterial inactivation through combinations of UV wavelengths. *Water research*. 163, 114875:1-9.

from raw milk and raw rice. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 11(4): 319-324.

[32] Hakguder B, Unluturk S, Buzrul S, Alpas H. (2015). The impact of UV-C irradiation on spoilage microorganisms and colour of orange juice. *Journal of Food Sci Technol*. 52(1):1000-1007.

[33] Sharma R. Demirci A. (2003). Inactivation of Escherichia coli O157: H7 on inoculated alfalfa seeds with pulsed ultraviolet light and response surface modeling. *Journal of Food Science*. 68(4): 1453-1448.

[34] Wonha J, Hwan K, Hee Y. (2016). Efficacy of UV-C irradiation for inactivation of food-borne pathogens on sliced cheese packaged with different types and thicknesses of plastic films. *Food Microbiology*. 57(1):172-177.

[35] Mehdizadeh S. A, Minaei S, Torshizi M. K, Mohajerani E. (2015). Effect of UV irradiation, sample thickness and storage temperature on storability, bacterial activity and functional properties of liquid egg. *Journal of food science and technology*. 52(7): 4414-4422.

[36] Coufal C.D, Chavez K.D, Carey J.B. (2003). Evaluation of a Method of Ultraviolet Light Sanitation of Broiler Hatching Eggs. *Poultry science*. 82(5): 754-759.

[37] Manzocco L, Da Pieve S, Bertolini A, Bartolomeoli I, Maifreni M, Vianello A, Nicoli M. C. (2011). Surface decontamination of fresh-cut apple by UV-C light exposure: Effects on structure, colour and sensory properties. *Postharvest Biology and Technology*. 61(2-3): 165-171.

[38] Beltrán, N.A, Jiménez B.E. (2008). Faecal coliforms, faecal enterococci, Salmonella Typhi and Acanthamoeba spp. UV inactivation in three different biological effluents. *Water SA*. 34(2): 261-270.

[39] Moriarty M.J, Semmens K, Bissonnette G.K, Jaczynski J. (2018). Inactivation with UV-radiation and internalization assessment of coliforms and Escherichia coli in aquaponically grown lettuce. LWT. 89: 624-630.[36].

[40] Elumalai, S, Shaw A, Pattillo D, Currey C, Rosentrater K, Xie K. (2017). Influence of UV

Evaluating the Effectiveness of UV Irradiation on Reducing Microbial Load of Some Highly Consumed Seed Nuts

Akbari-adergani, B. [1*], Sadeghi, S. [2], Homapour, M. [3], Shirkhan, F. [4]

1. Professor of Food and Drug Laboratory Research Center, Food and Drug Administration, Ministry of Health and Medical Education, Tehran, Iran
2. M.Sc. of Food Science and Technology, Pharmacy Faculty, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3. Assistant Professor of Food Science and Technology, Pharmacy Faculty, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran
4. Nutrition and Food Sciences Research Center, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran

(Received: 2020/03/18 Accepted:2020/05/02)

Nut's seeds can be a source of contamination with various types of microorganisms and so some of them are important for public health. Therefore, with regard to household consumption of those type of seeds and their application in food industries, and also due to the fact that some of them are imported from other countries so they may have the possibility of microbial contamination from the source, therefore the purpose of this study was to evaluate the efficacy of UV irradiation in reducing the microbial load of some consumed seed nuts. Six types of beans including sunflower seeds, watermelon, pumpkin, walnut, pistachio, and hazelnut were randomly sampled in bulk from Tehran retail market. Testimonials were tested by methods in the Iranian national standard and food and drug organization standards. Subsequently, infected seeds were irradiated in 1, 2 and 3 layers of thickness and time at 5, 10 and 15 minutes in a UV cabinet with a wavelength of 254 nm and subjected to appropriate microbial tests. According to the results, the irradiation time and thickness were significantly affected by the total microbial count of pistachio, walnut and hazelnut ($p<0.01$). Also, it has a significant effect on the *coliform* count of pistachio, walnut, hazelnut seeds, pumpkin seeds, sunflower and watermelon, and the mould count of pistachio, walnuts and hazelnuts, sunflower seeds and a watermelon ($p<0.01$). It had less significant effect on the number of molds in pumpkin seeds ($0.01<p<0.01$). In line with the results obtained from this study, it was found that ultraviolet radiation under the optimum conditions can reduce the amount of contamination of nuts to an acceptable level.

Keywords: UV-Radiation, Microbial load, Seed nuts, Modern Processing

[*] Corresponding Author E-Mail Address: analystchemist@yahoo.com