

تأثیر پرتو دهی فرابنفش بر برخی ویژگی‌های کیفی مغز پسته خشک

فاطمه بختیاری¹، حسین مقصودی^{2*}، سپیده خراسانی³، حمیدرضا اخوان⁴

1- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

2- استادیار بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

3- استادیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

4- دانشیار بخش علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

(تاریخ دریافت: 97 /11/08 تاریخ پذیرش: 98/11/01)

چکیده

روش‌های متفاوتی برای کاهش عوامل فساد و افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی وجود دارد که یکی از این روش‌ها استفاده از روش پرتو دهی با اشعه فرابنفش می‌باشد. سامانه پرتو دهی فرابنفش مورد استفاده دارای 7 عدد لامپ UV-C بود که در راستای غیرفعال‌سازی میکروبی، تأثیر تعداد لامپ (3، 5 و 7 عدد)، فاصله لامپ‌ها از مغز پسته (10، 20 و 30 سانتی‌متری) و زمان تابش (15، 30 و 45 دقیقه) ارزیابی گردید. بر اساس غیرفعال شدن قارچ *آسپرژیلوس فلادووس* تلقیح شده به مغز پسته خشک، به کارگیری 3 عدد لامپ و پرتو دهی از فاصله 10 سانتی‌متری در مدت زمان 30 دقیقه به عنوان بهترین تیمار برای پرتو دهی مغز پسته خشک انتخاب گردید. نتایج نشان داد که پرتو دهی تأثیر معنی‌داری بر عدد پراکسید و عدد اسیدی نداشت ($p > 0/05$)، اما سبب افزایش معنی‌دار محتوای ترکیبات فنولی مغز پسته در مقایسه با نمونه شاهد گردید ($p < 0/05$). بر اساس نظر ارزیاب‌ها، بافت نمونه پرتو دهی شده امتیاز بالاتری نسبت به نمونه شاهد کسب کرد. اما از نظر سایر ویژگی‌های حسی (ظاهر، عطر و بو، طعم و مزه) بین نمونه پرتو دهی شده و کنترل تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

کلید واژگان: پرتو فرابنفش، مغز پسته، ارزیابی حسی، عدد پراکسید، محتوای فنول

* مسئول مکاتبات: h.maghsoudi@uk.ac.ir

1- مقدمه

پسته به عنوان یکی از مهمترین محصولات کشاورزی، سومین کالای غیر نفتی صادراتی ایران است که در سال 2014 میلادی حدود بیست هزار تن از این محصول به کشورهای اروپایی صادر شده است [1]. پسته ایران دارای کیفیت منحصر به فرد در سراسر جهان است و ایران در تولید، صادرات و کیفیت رتبه اول را دارد [2]. پسته به دلیل ارزش تغذیه‌ای و پروتئین بالا، از گذشته تا حال بخشی از رژیم غذایی انسان بوده است [3 و 4]. پسته از نظر فراوری اکثراً به صورت خشک نگهداری می‌شود و به فروش می‌رسد. به همین دلیل نگهداری پسته در انبار برای انجام مراحل فراوری و صادرات لازم است. این محصول اگر در انبار معمولی (رطوبت زیاد) و بسته‌های قابل نفوذ به رطوبت قرار گیرد، به راحتی رطوبت را جذب و با آن به تعادل می‌رسد و غیر قابل نگهداری می‌شود [5].

پرتو فرابنفش به عنوان یک فن‌آوری غیرحرارتی به صورت گسترده‌ای در صنایع غذایی برای ضدعفونی کردن مواد خوراکی استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از این روش برای کاهش آلودگی در مواد غذایی، بدون به جا گذاشتن پسماند شیمیایی و با کمترین میزان از دست دادن طعم، رنگ، ارزش غذایی و کیفیت محصول استفاده کرد. بر اساس سایر پژوهش‌ها عواملی مانند طول موج پرتو، شدت تابش، زمان قرار گرفتن در معرض پرتو، مقدار رطوبت ماده‌ی غذایی، نوع آفات‌توکسین، pH و ضخامت مواد غذایی به‌طور قابل توجهی بر راندمان سم‌زدایی توسط پرتو فرابنفش تأثیر گذارند [6]. استفاده از پرتوهای فرابنفش روشی است که در دهه‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است و در این روش محصول برای مدت زمان معینی در معرض نور فرابنفش قرار می‌گیرد. تلاش بر ایناست تا این روش جایگزین روش‌های شیمیایی به منظور کاهش یا جلوگیری از تغییرات زیستی و شیمیایی محصول شود [7]. در روش‌های حرارتی، واکنش‌های نامطلوبی (به ویژه اکسیداسیون) ممکن است در خشک‌بارها رخ دهد که به علت تشکیل طعم و رنگ‌های نامطلوب باعث افت کیفیت این محصولات می‌شود. مهمترین واکنش‌های اکسایشی در این مواد غذایی مربوط به اکسیداسیون لیپیدها است [8]. همچنین ترکیبات فنولی با داشتن خاصیت ضد اکسایشی و ضد رادیکالی می‌توانند نقش مهمی در نگهداری مواد غذایی و حفظ سلامت انسان ایفا کنند [9]. گزارش‌هایی در راستای موثر بودن

پرتو فرابنفش در افزایش ماندگاری و کاهش فساد محصولات کشاورزی در مرحله پس از برداشت برای محصولات مختلف ذکر گردیده است. به عنوان نمونه تأثیر پرتو فرابنفش روی محصول بادام زمینی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصله حاکی از مثبت بودن تأثیر پرتو روی افزایش ماندگاری محصول بادام‌زمینی بود [10]. اما تاکنون گزارشی در زمینه تأثیر پرتوهای فرابنفش روی ویژگی‌های کیفی مغز پسته گزارش نشده است. لذا در این پژوهش تأثیر پرتو فرابنفش بر مواردی همچون عدد پراکسید، عدد اسیدی، ترکیبات فنول کل و همچنین ویژگی‌های حسی مغز پسته مورد بررسی قرار گرفت.

2- مواد و روش‌ها

2-1- دستگاه بهینه شده ضدعفونی کننده با

پرتوهای فرابنفش

دستگاه ضدعفونی کننده محصولات کشاورزی متشکل از 7 عدد لامپ فرابنفش از نوع UV-C با طول موج 254 نانومتر (*Philips, G30T8, 30W, USA*) برای آزمایش‌ها آماده شد [11]. دستگاه ضدعفونی کننده محصولات کشاورزی از ورق استیل ضد زنگ به شکل استوانه‌ای با قطر 50 و طول 100 سانتی‌متر تشکیل شده بود. این دستگاه با اضافه کردن یک عدد دمنده، جایگزین کردن موتور قوی‌تر و بازسازی درب‌های دستگاه بهینه‌سازی گردید. دمنده در کنار دستگاه قرارگرفت که محل اتصال آن روی درب خروجی بود. همچنین یک موتور سه فاز با دور 40 دور بر دقیقه روی دستگاه قرارگرفت تا به وسیله پولی و تسمه‌ها استوانه را به چرخش در آورد (شکل 1).



Fig 1 Ultraviolet irradiation system

2-2- انتخاب بهترین تیمار

ابتدا قارچ *آسپرژیلوس فلادوس* روی محیط کشت پلیت کانت آگار کشت داده شد و پلیت‌ها در سامانه UV-C با تعداد لامپ 3، 5 و 7 عدد، فاصله 10، 20 و 30 سانتی متری لامپ‌ها از پلیت و مدت زمان‌های ۱۵، ۳۰ و 45 دقیقه در معرض پرتودهی قرار گرفتند. بعد از انجام پرتودهی و نگهداری پلیت‌ها در گرمخانه و ارزیابی میزان رشد قارچی، بهترین تیمار از بین تمام تیمارها انتخاب گردید. مقدار عددی رشد قارچ‌ها در سطح پلیت‌ها به وسیله خط کش و به مدت ده روز اندازه‌گیری شد. تیمار بهینه شامل به کارگیری 3 عدد لامپ، پرتودهی از فاصله 10 سانتی متری در مدت زمان 30 دقیقه بود [12].

2-3- تهیه و آماده‌سازی مغز پسته

پسته خشک اوحدی در اردیبهشت 1397 از مراکز فروش معتبر پسته کرمان تهیه شد و پس از آن پسته‌ها به منظور کاهش تخریب در مغز پسته به صورت دستی پوست‌گیری شدند. سپس میزان 150 گرم از مغزها در یک فیلم دولایه منفذدار از جنس پلی‌اتیلن و پلی‌استیرن، ریخته شدند. پسته‌ها به منظور پرتودهی به دستگاه سترون‌سازی منتقل و پرتودهی شدند. نمونه بدون پرتودهی نیز به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. پس از پرتودهی، برخی ویژگی‌های کیفی مغزهای پسته مورد بررسی قرار گرفت.

2-4- استخراج روغن

ابتدا 50 گرم از نمونه‌های مغز پسته پرتودهی شده و نشده را توزین کرده و با آسیاب پودر گردید. پودر پسته با ان-هگزان مخلوط شد تا عمل استخراج روغن در طی 24 ساعت در دمای محیط انجام گیرد. روغن استخراج شده با کاغذ صافی در داخل بشر صاف شد. محتویات بشر (روغن و هگزان) در آون قرار گرفت تا حلال آن خارج گردد.

2-5- عدد پراکسید

میزان 0/01 گرم از روغن پسته درون شیشه بروسیلیکات وزن شد. سپس مقدار 9/9 میلی‌لیتر کلروفرم/متانول 3:7 (v/v) به روغن وزن شده اضافه شد و به مدت 2 تا 4 ثانیه مواد ترکیب شده هم‌زد شدند. سپس 50 میکرولیتر تیوسیانات آمونیوم 30 % (w/v) به محلول اضافه گردید و به مدت 2 ثانیه هم‌زد شدند. پس از آن 50 میکرولیتر کلرید آهن (II) اضافه و هم زده شد و پس از گذشت 5 دقیقه جذب نمونه‌ها در کوت‌های شیشه‌ای

توسط دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج 560 نانومتر خوانده شد. دستگاه اسپکتوفتومتر قبل از انجام آزمایش با محلول بلانک در طول موج 560 نانومتر صفر گردید. برای محلول بلانک نیز مراحل قبل تکرار شد، با این تفاوت که از روغن استفاده نشد و مقادیر 10 میکرولیتر کلرید آهن (III) و 50 میکرولیتر تیوسیانات آمونیوم 30 % (w/v)، به همراه مقدار کافی کلروفرم/متانول برای رسیدن به حجم 10 میلی‌لیتر، مخلوط شدند. با توجه به مقادیر جذب خوانده شده میزان عدد پراکسید نمونه‌ها از رابطه 1 محاسبه و گزارش گردید [13].

(1)

$$PV = \frac{(A - B) \times M}{W \times 55.84 \times 2}$$

که در این رابطه A جذب خوانده شده، B جذب بلانک M، شیب خط و W وزن نمونه روغن می‌باشد.

2-6- عدد اسیدی

مقدار 5 گرم روغن توزین شد و مقدار 3-2 قطره شناساگر فنول فتالین به روغن اضافه شد. سپس محلول اتانول 96 درصد به آن اضافه شد. در بورت نیز محلول سدیم هیدروکسید 0/1 نرمال ریخته شد و سپس نمونه روغن با آن تیترو گردید. نقطه پایانی تیترسنجی زمانی است که افزودن یک قطره قلیا حداقل برای 15 ثانیه تغییر رنگ متعادل و واضحی را نشان دهد. میزان عدد اسیدی با توجه به رابطه 2 محاسبه گردید [14].

$$(2) \quad W_{av} = \frac{56.1 \times C \times V}{M}$$

که در آن W_{av} عدد اسیدی، C غلظت حقیقی محلول استاندارد سدیم هیدروکسید مورد استفاده بر حسب نرمال، V حجم محلول استاندارد سدیم هیدروکسید مورد استفاده بر حسب میلی‌لیتر و M وزن نمونه روغن بر حسب گرم می‌باشد.

2-7- ترکیبات فنولی

برای این منظور، 50 گرم نمونه مغز پسته با استفاده از همزن همگن گردید. برای استخراج ترکیبات فنولی، 5 میلی‌لیتر حلال متانول 80 درصد حاوی 1 درصد اسید کلریدریک به 0/2 گرم نمونه همگن‌شده اضافه گردید و عمل هم‌زدن آن به مدت 2 ساعت روی شیکر (KS 260 basic, IKA, Germany) انجام گرفت. سپس مخلوط به مدت 10 دقیقه با دور 3000g

وجود اختلاف معنی‌دار بیانگر این موضوع است که پرتوهای فرابنفش تأثیر قابل‌توجهی بر اکسایش محصول نداشته‌اند که این موضوع می‌تواند در بحث افزایش ماندگاری مغز پسته مدنظر قرار گیرد. همچنین باتوجه به اینکه استاندارد کدکس عدد پراکسید روغن‌های خام را کمتر از 10 میلی‌اکی‌والان اکسیژن در هر کیلوگرم روغن اعلام کرده است، نتایج نمونه‌های پرتودهی شده نشان دهنده کیفیت خوب روغن موجود در مغز پسته است [17]. جذب مقدار مناسب دز پرتوهای فرابنفش توسط سلول‌های گیاهی، سبب فعال شدن گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود؛ تولید اینگونه‌ها سبب تجمع آنزیم‌های ضد اکسایشی مانند سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز می‌شود. چنین آنزیم‌هایی سلول را در برابر واکنش‌های اکسایشی حفاظت می‌نمایند [18].

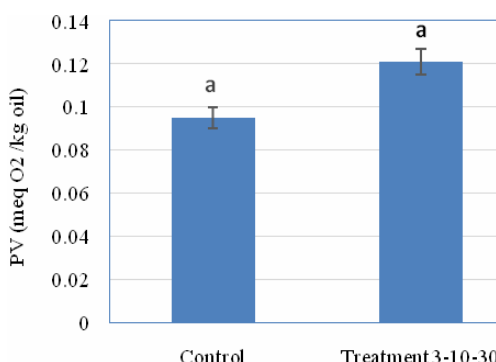


Fig 2 Peroxide value (PV) of irradiated pistachio kernels ^(a,b) show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%.

2-3- عدد اسیدی

نتایج آنالیز آماری عدد اسیدی نمونه‌های مغز پسته معنی‌دار نبود. همان‌طور که در شکل 3 نشان داده شده است میزان عدد اسیدی (mg_{koh}/g) نمونه شاهد (0/64 میلی‌گرم/گرم روغن) با انحراف معیار 0/019 بیشتر از نمونه پرتودهی شده (0/59 میلی‌گرم/گرم روغن) با انحراف معیار 0/029 بود. این مطلب می‌تواند دلیلی بر کیفیت بالاتر پسته پرتودهی شده باشد. یکی از عوامل مؤثر بر کیفیت محصولات غذایی، شاخص تندی روغن است که ارتباط مستقیمی نیز با اکسایش روغن و میزان اسیدهای چرب آزاد روغن دارد.

سانتریفوژ گردید. سپس روماند¹ برای اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنولی مورد استفاده قرار گرفت. مقدار 100 میکرولیتر عصاره استخراج شده با 0/75 میلی‌لیتر واکنش‌گر فولینسیوکالتو (رقیق شده به میزان 10 برابر با آب مقطر) مخلوط شد و به مدت 5 دقیقه در دمای اتاق قرار گرفت. سپس 0/75 میلی‌لیتر بی‌کربنات سدیم (60 لیتر/گرم) به مخلوط اضافه شد و به مدت 90 دقیقه در دمای اتاق و در جای تاریک نگهداری گردید. جذب نمونه‌ها در طول موج 725 نانومتر اندازه‌گیری شد [15]. برای تهیه منحنی استاندارد از گالیک اسید در محدوده غلظت 12/5-200 میلی‌گرم/لیتر استفاده شد. نتایج به صورت میلی‌گرم معادل گالیک اسید بر گرم وزن مغز پسته بیان گردید.

2-8- ارزیابی حسی

اثر پرتودهی بر ویژگی‌های حسی مغز پسته با استفاده از 10 ارزیاب آموزش دیده (محدوده سنی 25-45 سال) از میان دانشجویان و اساتید صنایع غذایی و مکانیک بیوسیستم انجام گرفت. ارزیاب‌ها شناخت کافی از مغز پسته و ویژگی‌های کیفی آن داشتند. سنجش ویژگی‌های حسی (رنگ، طعم و مزه، عطر و بو، بافت و پذیرش کلی) به روش هدونیک 9 نقطه‌ای انجام گرفت. بر این مبنا، رنگ، طعم و مزه، عطر و بو، بافت و پذیرش کلی از بسیار بد (1) تا بسیار عالی (9) توسط ارزیاب‌ها امتیاز دهی شدند [16].

2-9- تحلیل آماری

نتایج آزمایش‌ها به صورت میانگین \pm انحراف استاندارد بیان گردید. آنالیز واریانس (ANOVA) و مقایسه میانگین نمونه‌ها بر اساس آزمون t در سطح اطمینان 95 درصد با نرم‌افزار Minitab نسخه 16 انجام گرفت.

3- نتایج و بحث

3-1- عدد پراکسید

عدد پراکسید (میلی‌اکی‌والان/کیلوگرم) نمونه‌های مغز پسته پرتودهی شده و نشده با آزمون t مقایسه شدند. نتایج نشان داد در سطح اطمینان 95 درصد تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌های پرتودهی شده (میانگین 0/121 و انحراف معیار 0/037) و نمونه شاهد (میانگین 0/095 و انحراف معیار 0/008) وجود نداشت (شکل 2). همان‌طور که در شکل 2 نشان داده شده است عدم

1. Supernatant

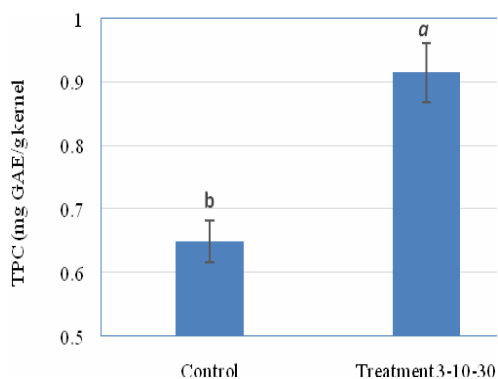


Fig 4 Total phenolic content (TPC) of irradiated pistachio kernels (^{a,b} show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%).

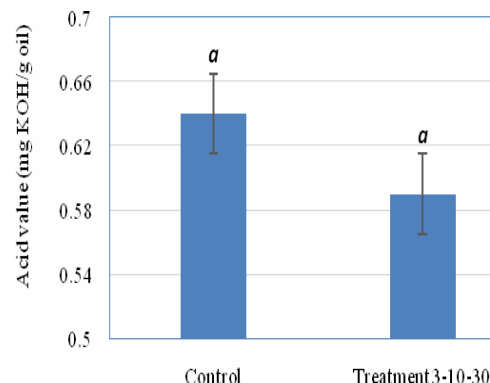


Fig 3 Acid value of irradiated pistachio kernels (^{a,b} show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%).

3-4- ارزیابی حسی

ویژگی‌های کیفی ماده غذایی تحت تاثیر ویژگی‌هایی از قبیل بافت، عطر و بو، طعم و مزه و ظاهر می‌باشند. این موارد نقش مهم و کلیدی را در انتخاب مواد غذایی ایفا می‌کنند [23]. در این راستا تاثیر پرتودهی فرابنفش بر ویژگی‌های حسی (رنگ ظاهری، بافت، عطر و بو، طعم و مزه و پذیرش کلی) مغز پسته خشک رقم اوحدی مورد بررسی قرارگرفت (شکل‌های 5 تا 9). تمام ویژگی‌های مورد بررسی بلافاصله بعد از پرتودهی در نمونه‌های پرتودهی شده و نشده انجام شد.

نتایج نشان داد که پرتودهی تغییر معنی‌داری در ویژگی‌های ظاهری، عطر و بو، طعم و مزه و و همچنین پذیرش کلی مغز پسته ایجاد نکرد. اما نتایج ارزیابی ویژگی‌های بافتی مغز پسته بیانگر تاثیر معنی‌دار پرتودهی بر بافت نمونه‌های مغز پسته بود ($p < 0/05$). از نظر ارزیاب‌ها بافت پسته خشک پرتودهی شده دارای ترد بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد بود که به عنوان یک مزیت برای پسته ذکر می‌گردد. دلیل نرم شدن بافت سلول ممکن است با تبخیر آب اضافی و یا شکسته شدن ساختارهای بسیاری موجود در دیواره سلولی در ارتباط باشد [24]. در پژوهشی گزارش شد که پرتو فرابنفش به طور موثری در از دست دادن و کاهش استحکام بافت فلغل تاثیر داشت [25]. همچنین پرتودهی سبب نرم شدن و از دست رفتن آب اضافی درون سلول‌ها شد و بافت گریپ فروت نرم‌تر گردید [26]. اما با این حال گزارش‌هایی مبنی بر عدم تاثیر پرتو فرابنفش بر بافت میوه نیز گزارش شده است. به عنوان نمونه، در میوه آلوچه استحکام بافت تحت تاثیر پرتودهی 4 کیلو

3-3- محتوای ترکیبات فنولی کل

نتایج آنالیز آماری بیانگر تاثیر معنی‌دار پرتودهی بر محتوای فنول کل (میلی گرم گالیک اسید/گرم وزن مغز پسته) در سطح اطمینان 95 درصد بود. با توجه به شکل 4، محتوای فنول کل در نمونه‌های مغز پسته پرتودهی شده (0/915 میلی گرم گالیک اسید/گرم وزن مغز پسته) با انحراف معیار 0/124 به صورت معنی‌داری بیشتر از نمونه شاهد (0/649 میلی گرم گالیک اسید/گرم وزن مغز پسته) با انحراف معیار 0/055 بود. ترکیبات فنولی دارای خاصیت ضد اکسایشی هستند و برخی از این ترکیبات می‌توانند در ایجاد عطر و طعم نیز موثر باشند. از مهمترین ترکیبات فنولی می‌توان به اسید کافئیک و فرولیک اشاره کرد. یک نکته جالب توجه در مورد پرتو UV-C این است که این پرتو باعث افزایش فعالیت آنزیم PAL (فنیل آلانین آمونیاز) می‌شود. این آنزیمیک آنزیم کلیدی در سنتز فنول‌ها می‌باشد. فنول‌ها به عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاه، مواد با ارزشی هستند که در هر محیطی (چه زنده و چه غیر زنده) باعث کاهش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌ها می‌گردند [19]. افزایش غلظت فنول در نتیجه پرتودهی انگور نیز گزارش شده است [20]. در تحقیقی دیگر اثر سه سطح پرتوتابی 1، 5 و 10 دقیقه‌ای بر محتوای فنول کل میوه توت فرنگی بررسی شد و نتایج بیانگر افزایش محتوای فنول کل بود؛ بالاترین محتوای فنول مربوط به پرتودهی 5 دقیقه‌ای بود [21]. تجمع ترکیبات فنولی در محصولات کشاورزی در پاسخ به پرتودهی UV-C گزارش شده است [22].

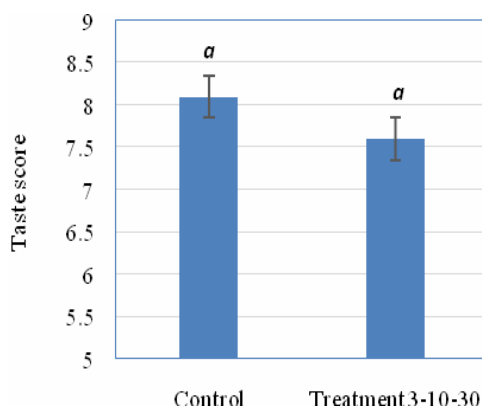


Fig 7 Taste evaluation of irradiated pistachio kernels by panelists (^{a,b} show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%).

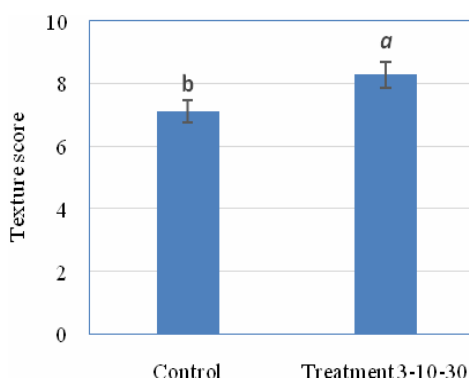


Fig 8 Texture evaluation of irradiated pistachio kernels by panelists (^{a,b} show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%).

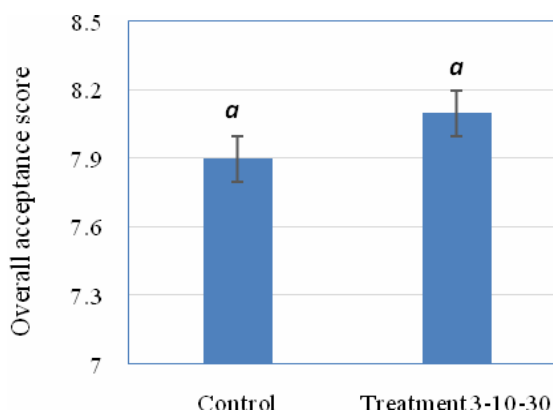


Fig 9 Overall acceptance of irradiated pistachio kernels with panelists (^{a,b} show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%).

ژول/متر مربع تابش فرابنفش قرار نگرفت [27]. به طور کلی براساس نتایج ارزیابی حسی می‌توان بیان داشت که مغز نمونه‌های پسته پرتودهی شده تردتر و نرم‌تر از نمونه شاهد بود. این امر می‌تواند به دلیل تأثیر یونیزه کنندگی پرتو فرابنفش باشد که ممکن است بر ترکیباتی مانند پلی‌ساکاریدها، فیبرها (سلولز، همی‌سلولز و پکتین) و پروتئین‌ها تأثیر داشته باشد. پژوهش‌ها بیانگر تأثیر مثبت پرتودهی بر ویژگی‌های کیفی محصولات باغی بود. در این راستا، پرتو فرابنفش سبب بهبود ویژگی‌های حسی و بهبود طعم گوجه‌فرنگی شده بود [28]. در میوه انبه نیز ارزیابی ظاهری صورت گرفته نشان داد که نمونه تیمار شده با پرتو فرابنفش بهتر از نمونه شاهد بود چراکه میوه‌های تیمار شده با پرتو فرابنفش دارای آسیب ظاهری کمتری نسبت به نمونه شاهد بودند [29]. پرتودهی فرابنفش همچنین می‌تواند باعث کاهش فساد میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی گردد که نقش مهمی در فساد و تغییر ویژگی‌های حسی و ظاهری محصولات باغی دارند [30].

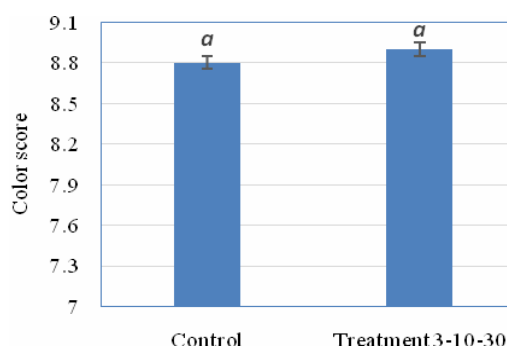


Fig 5 Color evaluation of irradiated pistachio kernels by panelists (^{a,b} show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%).

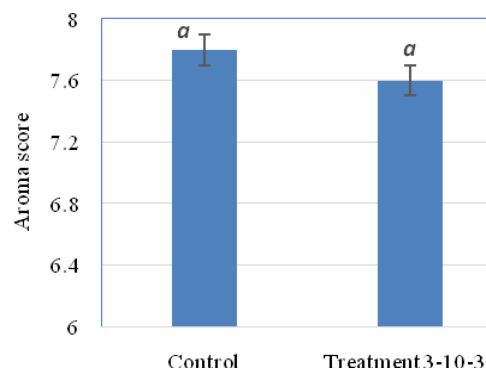


Fig 6 Aroma evaluation of irradiated pistachio kernels by panelists (^{a,b} show significant difference between the values of control and treatment at confidence level of 95%).

films on the moisture and aflatoxin contents of pistachio nuts during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 50(2): 409-411.

- [6] Diao, E., Li, X., Zhang, Z., Ma, W., Ji, N., and Dong, H. 2015. Ultraviolet irradiation detoxification of aflatoxins. *Trends in Food Science and Technology*, 42: 64-69.
- [7] Civello, P.M., Vicente, A.R., and Martínez, G.A. 2006. UV-C technology to control postharvest diseases of fruits and vegetables. Recent advances in alternative postharvest technologies to control fungal diseases in fruits and vegetables. *Transworld Research Network*, 37: 71-102.
- [8] Nazari, M., Ghanbarian, D., Shakerardkani, A., and Maleki, A. 2011. The effect of changes in drying temperature and storage time on the amount of peroxide and extra fat extracted from two commercial pistachio cultivars, the 10th National Congress of Agricultural Machinery Engineering (Biosystem) and mechanization of Iran, Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian].
- [9] Shariatifar, N. 2011. Qualitative and quantitative study of *Pulicaria Gnaphalodes* essential oil and plant extract and evaluation of oxidative stability of soya bean oil in the presence of plant essential oil and extracts. Thesis, Tehran University.
- [10] Garg, N., Aggarwal, M., Javed, S., and Khandal, R. K. 2013. Studies for optimization of conditions for reducing Aflatoxin contamination in peanuts using ultraviolet radiations. *International Journal of Drug Development and Research*, 5(3): 408-424.
- [11] Karimzadeh R. 2017. Pomegranate arils sterilization system, Master Thesis. Shahid Bahonar University of Kerman. [In Persian].
- [12] Bakhtiari, F., Maghsoudi, H. Khorasani, S., and Akhavan, H.R. 2018. Effect of ultraviolet radiation on growth of *Aspergillus flavus* fungus of pistachio. The second National Congress of Pistachio, Rafsanjan, Iran. [In Persian].
- [13] Rahdari, M. 2018. Evaluation of nutritional and antioxidant characteristics, oxidative stability and sensory evaluation of toasted pistachio with fixed and rotary methods. Master Thesis. Kar higher education institute, Rafsanjan. [In Persian].
- [14] National Iranian Standard. 2011. No. 4178. Vegetable oils and fats - Fatty acidity

4- نتیجه گیری

نتایج پژوهش حاضر بیانگر اثرات مثبت پرتو فرابنفش با تعداد لامپ 3 عدد با فاصله 10 سانتی متری و مدت زمان 30 دقیقه پرتو دهی تاثیر معنی داری بر شاخص های کیفی از قبیل عدد اسیدی و پراکسید نداشت؛ اما محتوای فنول کل مغز پسته را به صورت معنی داری افزایش داد. افزایش محتوای ترکیبات فنولی بدلیل داشتن نقش ضد اکسایشی و ضد میکروبی و اثرات سلامت بخشی به عنوان یک مزیت محسوب می گردد. همچنین از میان ویژگی های حسی مغز پسته، پرتوهای فرابنفش تنها بر بافت محصول تاثیر داشتند، به طوری که سبب تردتر شدن بافت مغز پسته ها گردید که چنین حالتی در بحث مصرف تجاری مغز پسته موضوع مهمی به شمار می آید.

5- تشکر و قدردانی

از جناب آقای دکتر بلوردی استادیار گروه صنایع غذایی دانشگاه شهید باهنر کرمان که در زمینه این پژوهش همکاری نمودند، تشکر و قدردانی می گردد.

6- منابع

- [1] Abdolshahi, A., Tabatabaiee Yazdi, F., Shabani, A. A., Mortazavi, S.A., and Mohammadi Nafchi, A. 2016. Antifungal properties of gelatin-based coating containing mannoprotein from *Saccharomyces Cerevisiae* on *Aspergillus flavus* growth in pistachio. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, 26: 93-102.
- [2] Shaker Ardakani, A. 2007. Harvesting, processing, storage and packaging of pistachio. Iran Pistachio Research Institute.
- [3] Salas-Salvadó, J., Casas-Agustench, P., and Salas-Huetos, A. 2011. Cultural and historical aspects of Mediterranean nuts with emphasis on their attributed healthy and nutritional properties. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 21: S1-S6.
- [4] Bulló, M., Juanola-Falgarona, M., Hernández-Alonso, P., and Salas-Salvadó, J. 2015. Nutrition attributes and health effects of pistachio nuts. *British Journal of Nutrition*, 113: S79-S93.
- [5] Shakerardkani, A., and Karim, R. 2013. Effect of different types of plastic packaging

- bioactive compounds, antioxidant enzymes and radical scavenging activity of papaya fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 5: 3829-3821.
- [23] Jaros, D., Rohm, H., and Strobl, M. 2000. Appearance properties-A significant contribution to sensory food quality. *LWT-Food Science and Technology*, 33: 320-326.
- [24] Brummell, D.A., and Harpster, M.H. 2001. Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants. *Plant Molecular Biology*, 47(2): 311-340.
- [25] Pombo, M.A., Rosli, H.G., Martínez, G.A., and Civello, P.M. 2010. UV-C treatment affects the expression and activity of defense genes in strawberry fruit (*Fragaria × ananassa*, Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 59: 92-102.
- [26] Bal, E., and Kok, D. 2009. Effects of UV-C treatment on kiwifruit quality during the storage period. *Journal of Central European Agriculture*, 10(4): 375-382.
- [27] Perkins-veazie, P., Collins, J. K., and Howard, L. 2008. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. *Postharvest Biology and Technology*, 47(3): 280-285.
- [28] Charles, M.T., Arul, J., Charlebois, D., Yaganza, E.S, Rolland, D., Roussel, D., and Merisier, M.J. 2016. Postharvest UV-C treatment of tomato fruits: Changes in simple sugars and organic acids contents during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 65: 557-564.
- [29] González - Aguilar, G., Wang, C., Buta, J., and Krizek, D. 2001. Use of UV - C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. *International Journal of Food Science and Technology*, 36: 767-773.
- [30] Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science*, 7: 405-410.
- and acidity measurements-Test method of the National Committee for Standardization of Food and Agriculture. <http://standard.isiri.gov.ir>.
- [15] Nadernejad, N., Ahmadimoghadam, A., Hossyinifard, J., and Poorseyedi, S. 2013. Effect of different rootstocks on PAL activity and phenolic compounds in flowers, leaves, hulls and kernels of three pistachio (*Pistacia vera* L.) cultivars. *Trees*, 27: 1681-1689.
- [16] Hosseini, F., Akhavan, H.R., Maghsoudi, H., Hajimohammadi-Farimani R., and Balvardi M. 2019. Effects of a rotational UV-C irradiation system and packaging on the shelf life of fresh pistachio. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 99(11):5229-5238.
- [17] Codex Alimentarius. 2010. www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/.
- [18] Kovacs, E., and Keresztes, A. 2002. Effect of gamma and V-B/C on plant cells. *Micron*, 33: 199-210.
- [19] Ben-Yehoshua, S., Rodov, V., Kim, J.J. and Carmeli, S. 1992. Preformed and induced antifungal materials of citrus fruits in relation to the enhancement of decay resistance by heat and ultraviolet treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1217-1221.
- [20] Cantos, E., García-Viguera, C., De Pascual-Teresa, S., and Tomás-Barberán, F.A. 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4606-4612.
- [21] Erkan, M., Wang, S.Y., and Wang, C.Y. 2008. Effect of UV treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and decay in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 163-171.
- [22] Rivera-Pastrana, D.M., Gardea, A.A., Yahia, E.M., Martínez-Téllez, M.A., and González-Aguilar, G.A. 2014. Effect of UV-C irradiation and low temperature storage on

Effect of ultraviolet irradiation on some quality characteristics of dry pistachio kernel

Bakhtiari, F. ¹, Maghsoudi, H. ^{2*}, Khorasani, S. ³, Akhavan, H. R. ⁴

1. M.Sc. Graduate Student, Department of Mechanical Engineering of Bio-systems, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2. Assistant Professor, Department of Bio-systems Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

3. Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

(Received: 2019/01/28 Accepted: 2020/01/21)

There are different ways to reduce the risk of spoilage and increase the shelf life of agricultural products, one of which is ultraviolet (UV) irradiation. The applied ultraviolet irradiation system had seven UV-C lamps, that for microbial deactivation, the effects of lamps number (3, 5 and 7), the distance of lamps from pistachio kernels (10, 20 and 30 cm), and the UV-C irradiation time (15, 30 and 45 minutes) were evaluated. Based on *Aspergillus flavus* inactivation, the application of 3 lamps, the distance of 10 cm, and the irradiation time of 30 minutes were selected as the best treatment for irradiation of dry pistachio kernels. The results indicated that UV-C irradiation had no significant effect on peroxide and acid values ($p < 0.05$), but UV-C irradiation caused a significant ($p < 0.05$) increases of the total phenolic content in pistachio kernels. According to the panelists scores, the texture of irradiated sample obtained a higher score than the control sample. However, no significant difference was observed in terms of other sensory characteristics (appearance, aroma, and taste) between the irradiated and control samples.

Keywords: Ultraviolet irradiation, Pistachio kernel, Sensory evaluation, Peroxide value, Phenolic content

* Corresponding Author E-Mail Address: h.maghsoudi@uk.ac.ir