



دانشگاه مازندران

The Second
National
Conference on
Green Industries
Innovation

دومین همایش ملی نوآوری در صنایع سبز



کد اختصاصی: ۰۳۲۴۰-۳۳۱۰۳

۱۴۰۳ - پاپاس - دانشگاه مازندران

مقایسه کارایی سه روش پرتوتابی گاما، پلاسما و اشعه فرابنفش در کنترل آفات و آلودگی پس از برداشت انجیر خشک

محمد رشاد^۱، سید پژمان شیرمردی^۲، حسین آفریده^۳، سمیرا شهبازی^۴، ابوالفضل مازندران^۵

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی هسته‌ای، فیزیک و مهندسی انرژی، صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران، ایران (mo.reshad@aut.ac.ir)

^۲ دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران (pshirmardi@aeoi.org.ir)

^۳ استاد تمام مهندسی هسته‌ای، فیزیک و مهندسی انرژی، صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، تهران، ایران (hafarideh@aut.ac.ir)

^۴ دانشیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران (sshahbazi@aeoi.org.ir)

^۵ استادیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران (amazandarani@aeoi.org.ir)

چکیده

انجیر خشک از مقوی‌ترین خشکبار با خواص درمانی و موثر بر کاهش بیماری‌های قلبی-عروقی و پیشگیری از سرطان است. استفاده از این میوه خشک شده به عنوان آجیل علاوه بر کنترل و درمان امراض گوارشی دارای خواص ضد التهابی و موسیلاژی است و به دلیل وجود منابع فیبر، آهن و ویتامین K برای کنترل علائم کم خونی مفید است. ایران پنجمین کشور تولیدکننده و صادرکننده انجیر در جهان است و استان فارس، بزرگترین تولیدکننده انجیر خشک در ایران است، اما وجود آلودگی به آفات و بیماری‌های پس از برداشت و عدم انطباق محصول با استانداردهای صادراتی، زیان‌های اقتصادی جبران‌ناپذیری را ایجاد نموده است. در این پژوهش کارایی سه روش پرتوتابی گاما، پلاسما و اشعه فرابنفش در کنترل یک آفت کلیدی و آلودگی میکروبی انجیر خشک صادراتی استهبان بررسی شد. نتایج نشان داد، پرتوتابی گاما در دز ۱۰۰۰ گری قادر به کنترل تمام مراحل زیستی آفت انباری شب‌پره هندی است. دز ۳۰۰۰ گری و پرتوگاما، آلودگی میکروبی پس از برداشت در این محصول را برطرف می‌نماید اما تیمار با پرتو فرابنفش کارایی مناسبی نداشت. ادامه این پژوهش برای یافتن زمان موثر تیمار پلاسما دارای پرتو فرابنفش برای حصول کارایی ادامه دارد. همچنین بررسی تاثیر تیمار در دز موثر گاما و پلاسما دارای پرتو فرابنفش بر خصوصیات کیفی محصول پرتوتابی شده در حال انجام است.

واژه‌های کلیدی: انجیر خشک، پرتوتابی گاما، پلاسما، اشعه فرابنفش، کنترل آفات و بیماری‌های انباری.

۱. مقدمه

انجیر با تاریخ غنی خود به ۶۰۰۰ سال قبل بر می‌گردد که یکی از قدیمی‌ترین گیاهان شناخته شده برای بشر بوده و میوه‌ای مهم در رژیم غذایی مدیترانه‌ای محسوب می‌شود. این میوه دارای مجموعه متنوعی از اجزای فعال زیستی، از جمله فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک و کاروتنوئیدها می‌باشد که برای قرن‌ها در طب سنتی به دلیل اثرات ارتقاء سلامتی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

در مورد ترکیب فنلی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و سایر خواص عملکردی انجیر تازه و خشک کشت شده در نقاط مختلف جهان پژوهش‌های بسیاری به عمل آمده است. میوه‌های خشک اساساً با بروز بیماری‌های قلبی عروقی و مرگ و میر و همچنین خطر ابتلا به دیابت نوع ۲ یا چاقی مقابله کرده و مصرف میوه‌های خشک با رژیم‌های غذایی می‌تواند اثرات بسیار موثری بر روی سلامتی مکانیسم‌های بیولوژیکی زیربنایی داشته باشد. مصرف میوه‌های خشک در بسیاری از پژوهش‌ها به عنوان یک استراتژی جهت بهبود بخشیدن به کمبود مواد مغذی برای بدن پیشنهاد شده است. سلامت دستگاه گوارش و همچنین تنظیم استحکام و بهبود استخوان‌ها از موارد حائز اهمیت برای جوامع بشری می‌باشد. بر اساس آمار فائو^۱ تولید جهانی انجیر در سال ۲۰۲۲ در حدود ۸۴ میلیون تن بوده است و ایران بعد از ترکیه و مصر در رتبه سوم قرار گرفته است. در بحث تولید انجیر ایران در شهرستان استهبان (استان فارس، جنوب ایران) با تولید سالانه ۳۰۰۰ تن، بزرگترین منطقه تولید انجیر خشک در ایران را دارا می‌باشد. در پژوهشی Serradilla و همکاران علت رشد میزان تولید این میوه را در کشورهای جهان وجود کربوهیدرات‌ها، عمدتاً گلوکز و فروکتوز، منبع عالی فیبر، منیزیم، پتاسیم، کلسیم، آهن و اسیدهای آمینه در این میوه دانستند. مصرف آجیل و میوه‌های خشک در سراسر جهان مورد تشویق قرار گرفته زیرا نه تنها به دلیل کیفیت غذایی و خوش طعم بودن آنها بلکه به این دلیل که منبع ارزشمندی از مواد فعال زیستی با خواص ثابت شده برای ارتقای سلامت هستند، توصیه می‌گردد. از دیگر اثرات مثبت مصرف آجیل و میوه خشک می‌توان بر تولید انسولین و هموستاز گلوکز نیز اشاره کرد که انجیر خشک نیز در میان میوه‌های خشک دیگر دارای این ارزش می‌باشد. به علت مزایای بسیار زیاد میوه انجیر خشک استفاده آن بسیار سفارش می‌شود اما میوه‌های خشک نیز ممکن است توسط کپک، مخمر یا باکتری آلوده شوند. گاهی اوقات این آلودگی‌ها خارج از حد معمول بوده، به طوری که محصول تولید شده دیگر کیفیت مناسبی برای عرضه در بازار فروش نداشته باشد. تولید این میوه ارزشمند یک سو ماجر و فروش آن در بازارهای جهانی مطابق با استانداردهای مواد غذایی از یک سو دیگر، می‌تواند فروشندگان و صادر کنندگان این میوه ارزشمند را وادار سازد تا از روش‌های نوین در جهت از بین بردن بار میکروبی آن استفاده نمایند. رشد قارچ‌ها بر روی میوه‌های خشک می‌تواند ظاهر و طعم نامطبوعی را در این محصولات ایجاد کند همچنین ورود حشرات و جوندگان به این محصولات و آلودگی مواد غذایی به بزاق، ادرار و مدفوع منجر به تهیه محصولات غیربهداشتی شده و مصرف آنها را غیرقابل قبول و سلامت مصرف کنندگان را به خطر می‌اندازد که تمامی این موارد در انتها ضرر بسیار بزرگ اقتصادی را در پی خواهد داشت. در پژوهشی Galán, A. J. و همکاران نیز عنوان داشتند که در دهه‌های گذشته افزایش تقاضا برای انجیر خشک منجر به استفاده از روش‌های مختلف در جهت بهبود شرایط زیستی آن انجام شده است. در این پژوهش همچنین اذعان شده که پرندگان، حشرات و قارچ‌ها عوامل اصلی ارگاناسم‌زدگی در میوه انجیر و همچنین حشرات به طور ویژه یکی از عوامل اصلی ارگاناسم زدگی انجیر خشک می‌باشد. یکی از مشکلات اصلی صنعت انجیر خشک، کنترل ارگاناسم‌ها در زمان نگهداری و پس از آن بازار پسندی آن می‌باشد. به همین دلیل، صنعت انجیر خشک به طور سنتی از درمان‌های مختلفی استفاده شده است. یکی از متداول ترین و سنتی‌ترین این روش‌ها خشک کردن ارگاناسم‌ها (روش انجمادی) می‌باشد که در تحقیقات بسیاری از آن یاد شده است. روش‌های دیگری همچون حشره کش‌های شیمیایی نیز در گذشته و امروزه موجود بوده که اثرات زیست تخریب‌پذیر بسیار زیادی را در پی خواهد داشت. بنابراین صنعت انجیر خشک به دنبال جایگزین‌هایی برای درمان‌های شیمیایی است که بتواند با روش‌های موثرتری ارگاناسم‌ها انجیر خشک را کنترل و در نهایت از بین ببرد. در تحقیقاتی که Rozsypal و همکاران انجام دادند نیز تیمارهای با دمای پایین روی محصولات مشابه انجیر خشک، مانند خرما را نیز بررسی کرده و با توجه به نرخ تشکیل بلورهای ریز یخ به دلیل سرعت انجماد آهسته به طور مستقیم می‌تواند به ساختار سلولی حشرات آسیب زده و آن‌ها را از بین ببرد. در پژوهشی M. J. López-Corrales و همکاران به توسط تیمارهای ۱ روزه در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد، ۲ روز در دمای ۱۰- درجه سانتیگراد و ۷ روز در دمای ۵- درجه سانتیگراد باعث کاهش بروز ارگاناسم در طول ذخیره سازی بعدی انجیر خشک شدند بنابراین در مقایسه با روش‌های شیمیایی، دمای پایین می‌تواند جایگزین مناسبی برای کنترل ارگاناسم‌ها در انجیر خشک باشد. در این پژوهش نمونه‌های انجیر خشک صادراتی استهبان برای مقایسه کارایی تیمار با پرتو گاما، پلاسما و اشعه

^۱ FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

فرابنفش مورد بررسی قرار گرفت. بدیهی است بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصول انجیر خشک پس از پرتوتابی در دز موثر در دوره های زمانی در برنامه مطالعاتی آتی این پروژه قرار دارد.

۲. نتایج

۱.۲. اندازه گیری میزان رطوبت و تعیین آلودگی میکروبی در انجیر خشک

پیش از پرتودهی رطوبت سنجی نمونه اولیه انجیر خشک برای تعیین درژد رطوبت در نمونه که بر میزان تاثیر پرتوتابی اثر مستقیم دارد، اندازه گیری شد. برای اینکار از روش آزموتری استفاده شد که این روش مناسب برای اندازه گیری رطوبت کلیه انواع خشکبار و میوه های خشک می باشد. پس از تعیین روش بر اساس معیارهای استاندارد ملی^۲ نمونه ها را باید بی درنگ پس از خرد شدن و یا پودر شدن، توزین کرده و آزمون نمود. درصد رطوبت نمونه از فرمول زیر بدست می آید:

$$(A \times d \times 100) / W \quad (1)$$

در رابطه (۱)؛ A میزان حجم آب خوانده شده در قسمت درجه بندی، D دانسیته آب در دمای مورد نظر و W نیز وزن نمونه (بر حسب گرم) می باشد. پس از آنکه میزان رطوبت نمونه ها اندازه گیری شد به منظور شمارش جمعیت قارچ و مخمر در نمونه های انجیر، مطابق با استاندارد ملی^۳ انجام شد. این نتایج میانگین شمارش سه تکرار بود و بر حسب log cfu/g گزارش شد. پس از شمارش بarmیکروبی از روش های پرتوتابی گاما، پلاسما و اشعه فرابنفش استفاده شد.

۲.۲. پرتوتابی گاما، پلاسما و اشعه فرابنفش بر روی انجیر خشک

پرتوتابی گاما با استفاده از گاما سل ۲۲۰ پرتودهی شد. این پرتودهنده دارای چشمه میله ای کبالت ۶۰ به مدل C-198 می باشد و نمونه ها در دزهای ۰.۴، ۱.۲، ۲.۰، ۵.۰ کیلوگری با نرخ ۲/۵۶ گری بر ثانیه و قدرت منبع ۱۸ کیلوکوری مورد پرتودهی واقع شد. پرتوتابی پلاسما به دو صورت پلاسمای DBD و پلاسمای دارای اشعه فرابنفش در دو زمان انجام شد. در پلاسمای DBD نمونه ها به مدت ۶۰ و ۹۰ ثانیه در پلاسما ۱۰۰ وات قرار داده شد. فرکانس دستگاه ۲۵ کیلوهرتز، ولتاژ ۱۰ کیلوولت، ضخامت دی الکتریک ۲ میلی متر، و جنس الکترودها آلومینیوم و دی الکتریک پیرکس بوده است. پلاسمای دارای اشعه فرابنفش یا Glow Discharge بوده که در فشار هوای 10^{-2} torr^۴ و ولتاژ ۴ هزار ولت DC بین الکترودهای استیلی در فاصله ۱۵ سانتی متر هم پلاسمای هوا و هم فوتون های UVA و UVB پلاسما به نمونه برخورد کرد. پرتودهی با پرتو فرابنفش نیز با استفاده از لامپ UVC در سه زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه انجام شده است. لامپ های UVC طول موج بین ۱۰۰ تا ۲۸۰ نانومتر داشته و مناسب جهت ضد عفونی می باشد.

^۲ استاندارد ملی ۶۷۲ برای اندازه گیری رطوبت نمونه های دارای مواد قندی یا خمیری شکل.

^۳ استاندارد ملی ۱۰۸۹۹

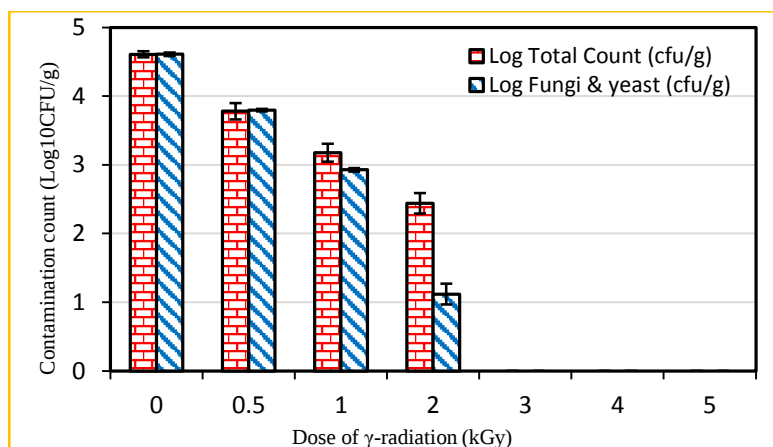
^۴ دستگاه پرتو دهنده گاماسل ۲۲۰ که به اصطلاح "پرتودهنده درون کار خشک" نیز معروف می باشد، در سال ۱۳۶۴ ساخته و نصب شد و هم اکنون در پژوهشکده کاربرد پرتوها موجود بوده و قابلیت استفاده دارد.

^۵ طراحی و ساخته شده در پژوهشکده پلاسما و گداخت هسته ای پژوهشگاه علوم و فنون هسته ای ایران

^۶ یک واحد سنجش فشار غیر SI می باشد که دقیقاً برابر با ۱ بر روی ۷۶۰، فشار اتمسفر استاندارد می باشد.

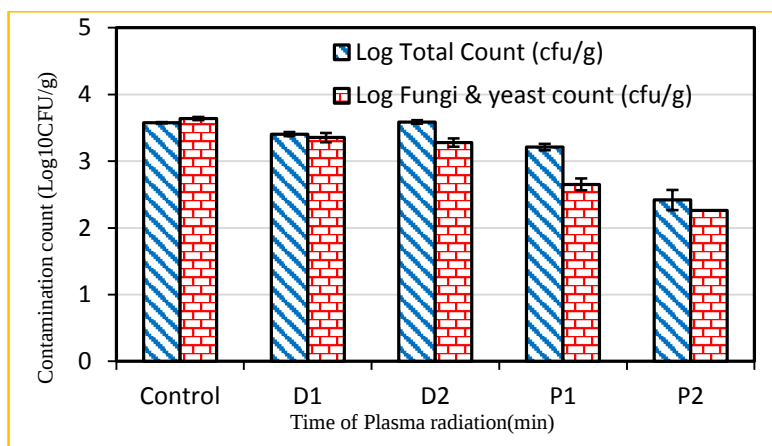
۳.۲. بررسی تاثیر پرتوتابی به سه روش گاما، پلاسما و اشعه فرابنفش بر روی انجیر خشک

در نمودارهای ۱، ۲ و ۳ به نتایج مقایسه میانگین (سه تکرار) اندازه گیری میزان تاثیر پرتوتابی گاما، پلاسما و اشعه فرابنفش بر میزان آلودگی میکروبی کل و آلودگی قارچی - مخمری در محصول انجیر خشک پرتوتابی شده در مقایسه با شاهد پرتوتابی نشده قابل مشاهده است. همانطور که در نمودار ۱ مشاهده می شود میزان آلودگی میکروبی، قارچ و مخمر پس از پرتوتابی کاهش معنی داری در سطح ۵٪ داشت و پس از اعمال دز ۱۰۰۰ گری (۱ کیلوگری) یک لگاریتم از جمعیت بار میکروبی کل و قارچی کاسته شد. از دز ۳۰۰۰ گری آلودگی میکروبی (عوامل قارچی و مخمری پس از برداشت) با روش معمول اندازه گیری میکروبی مشاهده نمی شود که به عنوان دز موثر قابل پیشنهاد است.



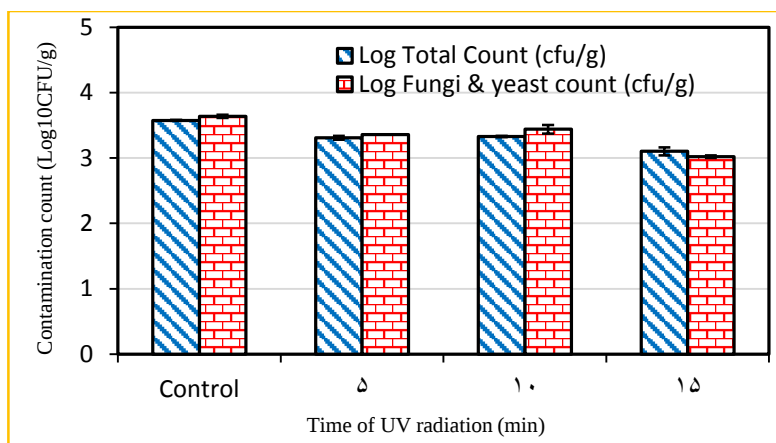
نمودار ۱. مقایسه تاثیر پرتوگاما بر شمارش کلی باکتری و میزان قارچ‌ها در انجیر خشک

این در حالی است که نمودار ۲ نشان می دهد میزان آلودگی میکروبی، قارچ و مخمر پس از پرتوتابی با پلاسما DBD در ۲ زمان به مدت ۶۰ و ۹۰ ثانیه کاهش معنی داری در سطح ۵٪ با شاهد ندارد و احتمالاً برای تاثیر گذاری باید زمان اعمال تیمار پلاسما را افزایش داد که در مطالعات بعدی انجام خواهد شد. اما پلاسمای دارای اشعه فرابنفش یا Glow Discharge ساخته شده در پژوهشکده پلاسما در همان بازه زمانی اعمال تیمار، بطور معنی داری دارای کارایی بهتری از پلاسمای DBD بود و با تیمار ۹۰ ثانیه کاهش معنی داری در سطح ۵٪ در میزان آلودگی میکروبی و قارچی پس از برداشت در انجیر خشک نشان داد. به نظر می رسد با توجه به کارایی بالاتر این نوع پلاسما، ادامه بررسی‌ها با این روش تیمار پلاسمایی برای محصولاتی مانند انجیر خشک در زمان های طولانی تر به عنوان روش موثری در کنترل آلودگی پس از برداشت نتیجه بخش خواهد بود و در مطالعات بعدی انجام خواهد شد.



نمودار ۲. مقایسه تاثیر پلاسما بر شمارش کلی باکتری و میزان قارچ‌ها در انجیر خشک

نتایج حاصل از تیمار با لامپ UVC در سه زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه نشان داد علیرغم گزارشاتی که استفاده از این تیمار را در کنترل آلودگی برخی محصولات غذایی معرفی نموده اند، کارایی این روش در مقایسه با پلاسمای دارای اشعه فرابنفش و پرتو گاما دارای کارایی بسیار کمتری است. نمودار ۳ نشان می دهد میزان آلودگی میکروبی، قارچ و مخمر پس از پرتوتابی با لامپ UVC در سه زمان ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه کاهش معنی داری در سطح ۵٪ با شاهد ندارد و لذا در ادامه مطالعات از این روش صرف نظر شد.



نمودار ۳. مقایسه تاثیر UV بر شمارش کلی باکتری و میزان قارچ‌ها در انجیر خشک

نتایج نشان داد تمام مراحل زیستی حشره شب‌پره هندی^۷ که مهمترین آفت انباری انجیر خشک است در دز ۱۰۰۰ گری پرتو گاما از بین می‌روند.

۳. نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد دز ۳ کیلوگری گاما تمام بار میکروبی و قارچ‌ها را از بین برد. حساسیت آفات به پرتوتابی بیشتر از عوامل میکروبی پس از برداشت بوده و همه مراحل زیستی آفت انباری شب‌پره هندی در دز ۱۰۰۰ گری بطور کامل از بین رفتند. همچنین مقایسه میانگین نشان داد که تیمار پلاسمای دارای اشعه فرابنفش برای تاثیر در آلودگی زدایی آفات و بیماری‌های پس از برداشت انجیر خشک نیاز به اعمال تیمار در زمان‌های بیشتری دارد اما تیمار با پرتوفرابنفش کارایی لازم را ندارد. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصول انجیر خشک پس از پرتوتابی در دز موثر در دوره‌های زمانی در برنامه مطالعاتی این پروژه قرار دارد.

⁷ *Plodia interpunctella*

مراجع

1. Alasalvar, C., Chang, S. K., Kris-Etherton, P. M., Sullivan, V. K., Petersen, K. S., Guasch-Ferré, M., & Jenkins, D. J. (2023). Dried Fruits: Bioactives, Effects on Gut Microbiota, and Possible Health Benefits-An Update. *Nutrients*, 15(7), 1611
2. Birania, S., Attkan, A. K., Kumar, S., Kumar, N., & Singh, V. K. (2022). Cold plasma in food processing and preservation: A review. *Journal of Food Process Engineering*, 45(9), e14110.
3. Gürsu, H. (2024). Reusable smart lids for improving food safety at household level with programmable UV-C technology. *Sustainability*, 16(13), 5370.
4. Galán, A. J., Ruiz-Moyano, S., Martín, A., Delgado, J., Álvarez, M., & López-Corrales, M. (2024). Implementation of netting system for production of 'Calabacita' dried figs: Effects on pest incidence, fruit quality and mycotoxin occurrence. *Scientia Horticulturae*, 331, 113099.
5. Galán, A. J., Serradilla, M. J., López-Corrales, M., Ruiz-Moyano, S., Galván, A. I., Torres-Vila, L. M., & Martín, A. (2024). Low-temperature treatments as an alternative to conventional pest control in dried figs and their effect on overall fruit quality. *Journal of Stored Products Research*, 105, 102238.
6. Galván, A. I., de Guía Córdoba, M., Rodríguez, A., Martín, A., López-Corrales, M., Ruiz-Moyano, S., & Serradilla, M. J. (2022). Evaluation of fungal hazards associated with dried fig processing. *International Journal of Food Microbiology*, 365, 109541
7. Gervasi, T., Barreca, D., Laganà, G., & Mandalari, G. (2021). Health benefits related to tree nut consumption and their bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(11), 5960.
8. Karimi, N., Ahmadi, M., Imani, S., & Marouf, A. (2022). Integrated effect of gamma radiation and temperature on *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Crop Protection*, 11(2), 201-209.
9. Khatun, M. I., Rahman, A., & Islam, M. S. (2023). Potential use of sterile insect technique (SIT) against the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*.
10. Rozsypal, J. (2022). Cold and freezing injury in insects: An overview of molecular mechanisms. *EJE*, 119(1), 43-57
11. Sandhu, A. K., Islam, M., Edirisinghe, I., & Burton-Freeman, B. (2023). Phytochemical composition and health benefits of figs (fresh and dried): a review of literature from 2000 to 2022. *Nutrients*, 15(11), 2623.
12. Smen, F. (2022). Postharvest handling of dried fig fruit. In *Advances in Fig Research and Sustainable Production* (pp. 232-256). GB: CABI.
13. Sruthi, N. U., Josna, K., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Gavahian, M., & Khaneghah, A. M. (2022). Impacts of cold plasma treatment on physicochemical, functional, bioactive, textural, and sensory attributes of food: A comprehensive review. *Food Chemistry*, 368, 130809
14. Reed, P., Haven, J., Stood, E. E., Piercy, K. L., & de Jesus, J. M. (2023). Looking ahead to the dietary guidelines for Americans, 2025–2030: A call to action. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 117(6), 1061-1062.
15. Yarabbi, H., Soltani, K., Sangatash, M. M., Yavarmanesh, M., & Zenoozian, M. S. (2023). Reduction of microbial population of fresh vegetables (carrot, white radish) and dried fruits (dried fig, dried peach) using atmospheric cold plasma and its effect on physicochemical properties. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100789.

الزامات اخلاقی نگارش مقاله

اینجانب محمد رشاد متعهد می‌شود:

- مقاله ارسالی حاصل کار پژوهشی ایشان (و همکاران) بوده و در مواردی که از دستاوردهای تحقیقاتی دیگران استفاده شده، مطابق ضوابط و رویه معمول، مشخصات منابع مورد استفاده درج شده است.
- مقاله ارسالی (یا ترجمه آن) و مقاله‌ای با همپوشانی قابل توجه با این مقاله قبلاً در هیچ مجله و یا کنفرانسی ارائه نشده و به طور همزمان نیز در حال ارزیابی در مجله یا کنفرانس دیگری نیست.
- همه نویسندگان مقاله از کلیه محتویات علمی و نیز ترتیب قرارگیری نام و مشخصات و وابستگی شغلی خود در مقاله آگاهی و رضایت کامل دارند.
- چنانچه هر زمان خلاف موارد فوق و یا بروز هرگونه تقلب یا تخلف پژوهشی در رابطه با این مقاله اثبات شود، عواقب ناشی از آن متوجه نویسنده مقاله است و دبیرخانه کنفرانس مجاز است با ایشان (و همکاران) مطابق با ضوابط و مقررات رفتار نموده و هیچ‌گونه ادعایی قابل قبول نخواهد بود.



محل امضا

محمد رشاد
۱ آذر ماه ۱۴۰۳