



کاربرد پرتو دهی در صنایع غذایی

مسعود دانش پژوه^{۱*}، نرگس حاجی عبدالرحیم خباز^۲

- ۱- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه علوم پزشکی آزاد اسلامی تهران
- ۲- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی

*Masouddanesh76@gmail.com

ارسال: شهریور ماه ۹۹ پذیرش: مهر ماه ۹۹

چکیده

تأمین احتیاجات غذایی برای جمعیت رو به فزاینده جهان از مهمترین مسائلی است که ذهن دانشمندان بخشهای مختلف، خصوصاً 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 شاخص های مهم توسعه می باشد. اتفاق افتادن موارد متعدد بیماریهای منتقله از راه مواد غذایی در جهان لزوم به توجه بکارگیری بهداشت مواد غذایی را بیشتر نمایان می سازد از این رو روش های نگهداری مواد غذایی مسئله مهم به شمار می آید در تحقیقاتی که در مورد روش های جدید نگهداری مواد غذایی صورت گرفته است، محققان توجه خاصی به امکان استفاده از اشعه های با فرکانس های مختلف (از جریان الکتریکی با فرکانس پایین تا تشعشعات گاما با فرکانس بالا) داشته اند.

تشعشعات مورد استفاده در صنایع غذایی (دارای طول موج کوتاه) به دو گروه تقسیم می شوند. دسته اول شامل تشعشعاتی با فرکانس پایین تر و انرژی کمتر است مانند بخش ماوراء بنفش طیف که مقدار انرژی آن به اندازه ای است که فقط می تواند ملکول ها را تحریک کند. این ناحیه طیف در صنایع غذایی استفاده شده و با عنوان اشعه ماوراء بنفش نامیده می شود. دسته دوم تشعشعاتی با فرکانس های بالاتر هستند که مقدار انرژی زیادی دارند و قادرند ملکول ها را به یون ها تجزیه نمایند و از این رو تشعشعات یونیزه نامیده می شوند. در این مقاله صرفاً به کاربرد های پرتو دهی در صنایع غذایی پرداخته می شود، حال آن که ممکن است شواهدی دال بر معایب و ضررهای این کاربرد وجود داشته باشد که اساساً این کاربرد در آینده مورد تایید نباشد اما در هر زمان که اثبات شود این روش مورد تایید نیست، باید به سرعت از این روش در جهان جلوگیری شود.

کلیدواژه ها: صنایع غذایی، پرتو دهی، اشعه گاما، نگهداری مواد غذایی.

۱- مقدمه

تأمین احتیاجات غذایی برای جمعیت رو به فزاینده جهان از مهمترین مسائلی است که ذهن دانشمندان بخشهای مختلف، خصوصاً 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 می باشد. بروز موارد متعدد بیماریهای منتقله از راه مواد غذایی در جهان لزوم به توجه بکارگیری بهداشت مواد غذایی را بیشتر نمایان می سازد [۱-۲]. از طرف دیگر آمار موجود حاکی از آن است که سالانه هزاران تن مواد غذایی به علت غیر بهداشتی بودن غیر قابل مصرف و معدوم می شوند و این مسئله باعث وارد شدن زیان های اقتصادی به کشورها می گردد.

از آنجا که طیف وسیعی از آلودگی ها در طی مراحل مختلف تهیه، نگهداری، جابجایی و آماده سازی مواد غذایی توسط مراکز تهیه و عرضه مواد غذایی صورت می گیرد، سلامت مواد غذایی به طور مستقیم تحت تأثیر عوامل فردی، فیزیکی و عملکردی در محلهای مذکور می باشد [۳]. واژه کیفیت تعریف کلی آن عبارت است از مجموعه ای از صفات و ویژگیهای یک ماده غذایی که بر میزان پذیرش آن در نزد خریدار و مصرف کننده مؤثر بوده و آن را از دیگر ویژگیهای مواد غذایی متمایز می سازد [۴]. روش هایی که بر عرضه مواد غذایی تأثیرات کلیدی دارند و تعیین کننده ایمنی محصول می باشد از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در بسیاری از این موارد روشها با تأثیر بر میکروارگانیسمهای عامل فساد نقش خود را ایفا می کنند. با توجه به اثری که این روش ها بر میکروارگانیسمها دارند می توان روشهایی در جلوگیری از بروز آلودگی مواد غذایی، روشهایی برای کنترل رشد میکروبی مواد غذایی و روشهایی برای از بین بردن میکروارگانیسمها در مواد غذایی به کار گرفت. از جمله روشهای پیشگیری از آلودگی مواد غذایی می توان به استفاده از بسته بندی مناسب، تمیز کردن و گندزدایی نمودن ابزار و وسایل کار، روشهایی برای کنترل رشد میکروبی و از بین بردن میکروارگانیسمها در مواد غذایی اشاره کرد [۵-۶].

در تحقیقاتی که در مورد روش های جدید نگهداری مواد غذایی صورت گرفته است، محققان توجه خاصی به امکان استفاده از اشعه هایی با فرکانس های مختلف (از جریان الکتریکی با فرکانس پایین تا تشعشعات گاما با فرکانس بالا) داشته اند. تشعشعات مورد استفاده در صنایع غذایی (دارای طول موج کوتاه) به دو گروه تقسیم می شوند. دسته اول شامل تشعشعاتی با فرکانس پایین تر و انرژی کمتر است مانند بخش ماوراء بنفش طیف که مقدار انرژی آن به اندازه ای است که فقط می تواند ملکول ها را تحریک کند. این ناحیه طیف در صنایع غذایی استفاده شده و با عنوان اشعه ماوراء بنفش نامیده می شود. دسته دوم تشعشعاتی با فرکانس های بالاتر هستند که مقدار انرژی زیادی دارند و قادرند ملکول ها را به یون ها تجزیه نمایند و از این رو تشعشعات یونیزه نامیده می شوند [۷]. تشعشعات یونیزه شامل اشعه ایکس، اشعه گاما، اشعه کاتدی، اشعه بتا، پروتون ها، نوترون ها و اشعه آلفاست. نوترون ها در مواد غذایی خاصیت رادیواکتیویته ایجاد می کنند و پروتون ها و اشعه آلفا قدرت نفوذ کمی دارند. بنابراین استفاده از این اشعه ها برای نگهداری مواد غذایی عملی نیست. اشعه ایکس، امواج الکترو مغناطیسی نفوذ پذیری هستند که توسط بمباران کردن یک فلز سنگین با اشعه کاتدی در یک لوله تحت خلاء به وجود می آیند. در حال حاضر استفاده از این اشعه در صنایع غذایی اقتصادی نیست [۷]. اشعه گاما شبیه اشعه ایکس است با این تفاوت که از محصولات جانبی حاصل از شکافت اتمی و یا محصولات مشابه آنها ساطع می شود. کبالت ۶۰ و سزیم ۱۳۱ از مهمترین منابع این اشعه هستند که در کارهای تحقیقاتی مورد استفاده قرار می گیرند و کبالت ۶۰ کاربرد تجاری بیشتری دارد. منابع اصلی تولید اشعه گاما، عبارت اند از: ۱- شکاف رادیواکتیو مواد حاصل از اuranium و کبالت ۲- چرخش مایع سرد کننده در راکتورهای هسته ای ۳- سایر عناصر سوختنی که در راکتور هسته ای استفاده می شوند [۷].

تا کنون روش های فرایند متعددی جهت کمک به جلوگیری از فساد و بهبود ایمنی مواد غذایی ابداع شده اند. روش های قدیمی و سنتی نگهداری مانند خشک کردن، دود دادن و نمک سود کردن، روش های حرارتی و برودتی مانند پاستوریزاسیون، استریلیزاسیون، سرد کردن، انجماد و نهایتاً روش استفاده از نگهدارنده های شیمیایی. پرتو دهی روش دیگری است که می تواند به این فرایندها اضافه شود [۷].

هر ساله مقادیر زیادی از محصولات کشاورزی در مراحل پس از برداشت و بسته بندی و تا قبل از مصرف، به لحاظ کمی و کیفی دچار آسیب می شوند. گذشته از حشرات عوامل دیگری نیز می توانند موجب فساد و تخریب محصولات طی مدت انبارداری گردند. عوامل بیماری زای گیاهی نقش منفی خود را پس از برداشت به صورت تخریب و فساد بروز داده و سبب افت کمی و کیفی محصولات کشاورزی می شوند. بشر طی سالیان متمادی در راستای کنترل عوامل فساد، روش های متعددی را پایه گذاری و اجرا نموده است. به طور کلی شناخته شده ترین روش های حفظ و نگهداری مواد غذایی شامل گرما درمانی به صورت پختن، پاستوریزه و استریلیزه کردن، سرد کردن به شکل انجماد یا نگهداری در دمای یخچال، مواد شیمیایی مانند کاربرد سموم تدخینی و تکنیک های بیولوژیکی می باشد. طی سالیان نسبتاً طولانی استفاده از مواد شیمیایی خصوصاً ترکیبات تدخینی نظیر متیل پروماید (به عنوان مناسب ترین روش انبارداری و قرنطینه محصولات کشاورزی مطرح بود اما بررسی های دهه های اخیر دانشمندان نشان داد که کاربرد

مواد شیمیایی علاوه بر خطرات زیست محیطی موجب بیماری های متعدد در مصرف کنندگان به دلیل انتقال باقیمانده سم به بدن آنها خواهد شد. لذا جهت مدیریت شیوه های نگهداری محصولات غذایی به سمت کاهش و حذف مواد شیمیایی و تعیین جایگزین های مناسب حرکت کرده به نحوی که برای حذف تعدادی از مهم ترین سموم تدخینی، محدوده زمانی معینی مقرر گردید. کاربرد پرتو های یونیزه کننده (گاما، ایکس و الکترون) به عنوان روشی جدید در راستای حفظ و نگهداری محصولات کشاورزی از حدود ۳۳ سال قبل مطرح شد [۷].

پرتو دهی محصولات کشاورزی به معنای قرار گرفتن آنها در مقابل اشعه و جذب دوز معینی از امواج الکترو مغناطیس ایکس و گاما یا ذرات انرژی پر الکترون می باشد. با توجه به تعریف دوز جذبی، می توان دریافت که پرتوتابی چیزی جز افزایش انرژی در ماده هدف نمی باشد. یعنی همان انرژی که در بسیاری از روش های مرسوم نگهداری، از طریق افزایش حرارت به ماده مورد نظر منتقل می گردد [۷].

کاربرد تکنیک های هسته ای به عنوان تحولی جدید در تحقیقات کشاورزی، در بخش کیفی از جمله حفاظت و اصلاح نباتات و تولید موتانت های جدید مورد توجه قرار گرفته است. موتاسیون های طبیعی یا خود بخودی اغلب در اثر پرتوهای کیهانی و با فرکانس کم در طبیعت به وقوع می پیوندند. فراوانی این موتاسیون ها بسیار کم است. اما موتاسیون های القائی به کمک موتازن های فیزیکی یا شیمیایی در موجودات ایجاد می شود. موتازن های فیزیکی که اغلب شامل پرتوها و تشعشعات می شوند، به عنوان ابزاری مناسب در اصلاح نباتات برای غنی کردن ژرم پلاسما و بهبود ارقام شناخته شده اند. پرتو های گاما، اشعه ایکس، نور قابل مشاهده و اشعه ماورای بنفش همگی از انواع پرتو های الکترومغناطیس و از دسته موتازن های فیزیکی به شمار می روند. در این میان پرتوی گاما پر انرژی ترین فرم از پرتوهای الکترومغناطیس است و لذا قدرت نفوذپذیری بیشتری نسبت به پرتو های آلفا و بتا دارد. مطالعات نشان داده است که می توان از بذر، جوانه گل ها و یا بخشی از گیاه به منظور بررسی اثر اشعه گاما استفاده کرد القای موتاسیون، اصلاح کنندگان را قادر به انتخاب ژنوتیپ های جدید با ویژگی های مطلوب مانند زودرسی، تحمل به شوری، عملکرد مطلوب و کیفیت می سازد [۷].

در برزیل، استفاده از فناوری پرتوتابی به عنوان روشی مناسب در بهبود نارسایی در گندم و افزایش زودرسی در سویا مورد استفاده قرار می گیرد. پرتوهای یون ساز از جمله پرتو گاما، با ورود به داخل بافت و سلول با اتم ها و مولکول های مختلف واکنش داده و رادیکال های آزاد را در سلول ها تولید می کنند و بسته به شدت پرتو، تغییرات مثبت و یا منفی در فرآیندهای مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی در گیاهان ایجاد می شود. گزارش شده که پرتو گاما از طریق ایجاد تغییرات ساختاری، اکسیداسیون و تشکیل رادیکال های آزاد، مانند آنی ون سوپراکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال هیدروکسیل، مولکول های زیستی را تحت تأثیر قرار می دهد. رادیکال های آزاد می توانند از طریق ایجاد صدمات اکسیداتیو تغییرات ساختاری در پروتئین های محلول ایجاد کنند. پرتوتابی بذرها با دز بالای این تشعشع سنتز پروتئین و فعالیت آنزیم ها را نیز مختل می سازد [۷]. پرتو گاما به عنوان یک عامل موتازن مؤثر شناخته شده است که می تواند جهت انجام مطالعات بیش تر در سطح ژنومی و آنالیز تغییرات صورت گرفته روی ژن های کد کننده تولیدات مهم درون سلولی مفید و مؤثر واقع گردد [۷].

۲- پرتو دهی مواد غذایی

پرتو دهی مواد غذایی عبارت است از قرار دادن ماده غذایی در مقابل مقدار مشخصی از پرتو گاما، به منظور جلوگیری از جوانه زنی بعضی محصولات غذایی مانند پیاز و سیب زمینی و همچنین کنترل آفات انبارداری، کاهش با میکروبی و قارچی بعضی از محصولات مانند زعفران و ادویه ها و تأخیر در رسیدن بعضی میوه ها به منظور افزایش زمان نگهداری آنها. در کودها مطالعات مربوط به تغذیه گیاهی نیز از این روش استفاده می شود مانند نحوه جذب کودها و عناصر که با استفاده از تکنیک پرتوتابی هسته ای می توان تغییرات ژنتیکی مورد نظر را برای اصلاح محصول در توده های گیاهی به کاربرد [۸].

در این فرایند اشعه های یونیزه کننده باعث از بین رفتن میکروگانیزم هایی که غذا را آلوده می کنند یا باعث فساد و تخریب مواد غذایی می شوند، می گردند. پرتودهی به عنوان یک فرایند سرد شناخته شده است که دما را بطور قابل توجهی افزایش می دهد و در اکثر غذاها تغییرات فیزیکی یا مشخصات حسی به جا نمی گذارد. به عنوان مثال یک سیب اشعه دیده باز هم ترد و آبدار است [۹]. از پرتوهای مورد استفاده در صنایع غذایی می توان به پرتوهای یونیزه کننده گاما، ایکس، پرتوهای الکترونی و پرتوهای غیر یونیزه کننده، ماوراء بنفش (UV-B, UV-C)، مادون قرمز و امواج رادیویی اشاره کرد [۱۰]. پرتو گاما، تشعشعات الکترومغناطیس است که هسته های برانگیخته شده عناصری مانند کبالت ^{60}Co یا سزیم ^{137}Cs ساطع می شود. از آنجا که عناصر تولید کننده این اشعه، فرآورده تجزیه اتمی بوده و جزء ضایعات اتمی محسوب می شود، اشعه مذکور از ارزانترین شکل اشعه جهت نگهداری مواد غذایی است و از قدرت نفوذ بسیار خوبی برخوردار است [۱۱]. اشعه ایکس نوعی موج الکترومغناطیس با طول موج ۱۱-۱۱/۱ آنگستروم است. پرتو ماوراء بنفش نیز خود به سه نوار تقسیم می شوند که هر یک دارای انرژی و خاصیت اکولوژیکی خاص می باشد مانند اشعه میکروبخش لامپ های بخار جیوه با فشار کم که گزارش شده است که در طول موج ۲۰۱-۲۵۱ nm بیشترین اثر را بر باکتری، ویروس، پروتوزوا، قارچ و جلبک دارد UV-B(231-115nm). با کمترین طول موج و بالاترین سطح انرژی است. این نوار به وسیله بیشتر مولکولهای بیولوژیکی، به طور قابل توجه نسبت به پرتو UV-C کمتر جذب می گردد (UV-A(115-411nm). به وسیله چند ترکیب بیولوژیکی شدیداً غیر اشباع جذب می شود و می تواند بعضی فرآیندهای فیزیولوژیکی را تحت تأثیر قرار دهد اما سلول کش قوی نیست. اثر کشندگی اشعه UV بر روی باکتریها بسیار قوی است. این اشعه غیر یونیزه کننده بوده، توسط پروتئین و اسیدهای نوکلئیک جذب می شود و تغییرات فتوشیمیایی که توسط آن ایجاد می گردد ممکن است سبب مرگ سلول شود. مهمترین مزیت آن عدم تشکیل محصولات جانبی سمی یا غیر سمی طی فرآوری است [۶ و ۱۲].

۳- بهبود کیفیت با روش پرتو دهی

هر ساله بسیاری از منابع غذایی ما به دلیل فاسد شدن یا هجوم حشرات از بین می روند. دانشمندان از سال ۱۹۵۰ در پی خسارت های جدی ناشی از این مشکلات تصمیم گرفتند از روش های مختلف نگهداری مواد غذایی از قبیل فرآیندهای مختلف حرارتی، مصرف مواد شیمیایی، دود دهی و پرتو دهی به عنوان روش هایی برای حفظ مواد غذایی استفاده کنند [۹]. نخستین استفاده تجاری از پرتو دهی مواد غذایی در سال ۱۹۵۷ در آلمان روی داد که یک تولید کننده ادویه جات در اشتوتگارت با پرتو دهی الکترون ها با استفاده از مولد الکتروستاتیکی، کیفیت بهداشتی محصول خود را بهبود بخشید. اولین پرتو دهنده اشعه ایکس تجاری در پرتو دهی مواد غذایی در جولای ۲۰۰۰ در هاوایی آغاز به کار کرد. این برنامه های تحقیقی در دهه ۱۹۹۰ بر بهبود روشهای تشخیص مواد غذایی پرتو دهی شده تأکید داشتند. در حالی که تا ۲۰ سال پیش امکان تمایز بین نمونه های پرتو دهی شده و نشده مواد خوراکی، با آنالیز شیمیایی نبود. در آینده شاهد تحقیقات بیشتری در این زمینه هستیم از جمله تحقیق روی مقاومت تابشی گونه های مختلف میکروارگانیزم ها و عوامل تأثیر گذار بر آن، تحقیق در مورد واکنش های شیمیایی ناشی از پرتو دهی در محیط های مختلف، تحقیق روی از بین رفتن ویتامینها در شرایط مختلف پرتو دهی و ذخیره سازی، تحقیق روی روشهای ترکیبی، تحقیق روی کیفیت و تناسب مواد بسته بندی مختلف برای غذاهای پرتو دهی شده و تحقیق و بررسی تأثیر شرایط پرتو دهی بر کیفیت طعم و مزه مواد خوراکی [۱۳].

۴- مواد غذایی خام پرتو دیده شده

روی مواد خام مختلف تأثیر اشعه گاما بر روی کیفیت مواد و افزایش زمان انبارداری و ذخیره سازی بررسی شد و نتایج مختلفی بدست آمد. از گروه سبزیجات و میوه ها می توان موارد زیر را نام برد: محصول سیب به دلیل بیشترین حجم تولید و مصرف در گروه میوه جات در جهان و همچنین ایران و همچنین مقاومت کم در مقابل عوامل بیماریزا، در فرآیند نگهداری نیاز به توجه بیشتری دارد. هدف از تحقیق بررسی نتایج مطالعات انجام شده تأثیر پرتو گاما بر روی خواص فیزیکی میوه سیب است. میزان دز وارد شده در حدود KGY2 در نظر گرفته شد. دزهای بیشتر باعث از بین رفتن طعم و سفتی ظاهری محصول می شود. فرآیند متابولیسم یا شدت تنفس سیب بعد از پرتو دهی، دوباره به حالت اولیه، قبل از پرتو دهی می رسد. مقدار اتیلن آزاد شده نیز با افزایش دز و زمان نگهداری

کاهش می یابد. دزهای متوسط تأثیر معنی داری بر روی مولفه های غذایی سیب مانند رطوبت، قند، تتراتبیل اسید و ویتامین C ندارد [۶ و ۹].

۵- بحث و نتیجه گیری

در علوم و مهندسی صنایع غذایی روش های مختلفی برای نگهداری مواد غذایی وجود دارد یکی از این روش های موحود روش پرتو دهی می باشد در این روش که همراه اشعه دهی به مواد غذایی همراه است، کیفیت مواد غذایی تا مدت زیادی مطلوب می ماند و از رشد عوامل میکروبی و فسادزا جلوگیری می شود و به طور کلی عوامل سمی مواد غذایی از بین می رود. در پایان این مقاله یادآور می شود که روش پرتو دهی یکی از روش های نگهداری مواد غذایی می باشد اما اینکه آیا این روش، روش مطلوبی است یا خیر سوالی است از نظر اینجانب به عنوان نویسنده این مقاله پاسخ دقیقی برای آن وجود ندارد.

۶- منابع

1. WHO. 2000. Foodborne disease: Focus on health education. World Health Organisation, Geneva
2. WHO. 2008. Foodborne disease outbreaks: Guidelines for investigation and control. WHO
3. NRA. 2010. Increased restaurant industry sales, employment growth predicted. National Restaurant Association (NRA). National Restaurant Association Economic Forecast. Ohlsson, Th. And Bengtsson, N. (2002). Minimal processing technologies in the food industry. Crc press.
4. Ray, B. 2004. Fundamental of Food Microbiology. CRC Press. Washington, DC.
5. غلامی، س. ر.، جاهد خانیکی، غ.، راستکاری، ن.، الهی، ط.، و شکرالهی، ف. ۱۳۹۰. راهنمای برنامه های پیش نیازی و شرایط خوب ساخت برای سلامت و ایمنی مواد غذایی در سطح توزیع و عرضه. مرکز سلامت و محیط کار، پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران.
6. یوسفیان، سیده هدی و ابراهیم احمدی، ۱۳۹۲، مروری بر کاربرد علم پرتو دهی در صنایع غذایی، هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.
7. رستمی، امین، ۱۳۹۴، کاربرد اشعه گاما در راستای توسعه و بهبود سطح کیفی محصولات کشاورزی و مواد غذایی در مسیر توسعه پایدار کشاورزی، دومین کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری، تبریز، دبیرخانه دائمی کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش ها.
8. اهری مصطفوی، ح.، میرمجلسی، م.، میرجلیلی، م.، فتح اللهی، ه.، منصوری پور، م.، و بابایی، م. ۱۳۹۰. تأثیر پرتو گاما بر جوانه زنی هاگ و رشد ریشه ای پتی سلیم اکیانسیم عامل بیماری پس از برداشت میوه سیب. مجله علوم و فنون هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران، جلد ۴ (شماره ۵۸)، صفحات ۴۹ تا ۵۴.
9. محمد رزداری، آ.، رئیسی، م.، ابراهیمی، ر.، و کیانی، ح. ۱۳۹۲. علم پرتو دهی و تأثیر آن در افزایش ماندگاری مواد غذایی، بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه شیراز.
10. Berk, Z. (2009). Food process engineering and technology, 1th edn. Oxford, UK.
11. Lester, G. E. and. Hallman, G. J. (2010). Γ -irradiation dose: effects on baby-leaf spinach ascorbic acid, carotenoids, folate, r-tocopherol, and phylloquinone concentrations. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 4901-4906.
12. Torkamani, A. E, and. Niakousari, M. (2011). Impact of UV-C light on orange juice quality and shelf life. International Food Research Journal, 18: 1265-1268
13. Diehl, J.F. 2002. Food irradiation-past, present and future, Radiation Physics and Chemistry, 63 :211-۲۱۰.