Archive of SID

www.ElitesJournal.ir

مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

جلد ۵- شماره ۴- سال ۱۳۹۹

کاربرد پرتودهی 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 موادغذایی را بیشتر نمایان می سازد از این رو روش های نگهداری مواد غذایی مسئله مهم به شمار می آید درتحقیقاتی 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 بافرکانس 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 صرفا به کاربرد های پرتودهی در صنایع غذایی پرداخته می شود، حال آن که ممکن است شواهدی دال بر معایب و ضررهای این کاربرد وجود داشته باشد که اساسا 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.

کلیدواژه‌ها: 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 موادغذایی 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 غیرقابل مصرف و معدوم می شوند و این مسئله باعث وارد شدن زیان های اقتصادی به کشورها می گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

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 تأثیرعوامل 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 مؤثربوده 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 تأثیربر 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 رو شهایی 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، تمیزکردن و گندزدایی نمودن ابزار و وسایل کار، روشهایی برای کنترل رشد میکروبی و از بین بردن میکروارگانیسمها در مواد غذایی اشاره کرد[۵-۶].

درتحقیقاتی 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 رادیوا کتیویته 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. درحال حاضر استفاده ازاین اشعه درصنایع 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 انداز : ۱- شکاف رادیواکتیو مواد حاصل از ارانیوم 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 جلو گیری 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. پرتودهی روش دیگری است که می تواند به این فرایند ها 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 مانندکاربرد سموم تدخینی و تکنیک های بیولوژیکی می باشد. طی سالیان نسبتاً طولانی استفاده از مواد شیمیایی)خصوصاً ترکیبات تدخینی نظیر متیل بروماید(به عنوان مناسب ترین روش انبارداری و قرنطینه محصولات کشاورزی مطرح بود اما بررسی های دهه های اخیر دانشمندان نشان داد که کاربرد

www.SID.ir

Archive of SID

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 گیری 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].

پرتودهی 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 بهماده 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 موتاژن های فیزیکی یا شیمیا یی در موجودات ایجاد می شود. موتاژن های فیزیکی که اغلب شامل پرتوها و تشعشعات می شوند، به عنوان ابزاری مناسب در اصلاح نباتات برای غنی کردن ژرم پلاسم 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 موتاژن 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 ساز[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 سل ول 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 موتاژن مؤثر شناخته شده است که می تواند جهت انجام مطالعات بیش تر در سطح ژنومی و آنالیز تغییرات صورت گرفته روی ژن های کد کنندۀ تولیدات مهم درون سلولی مفید و مؤثر واقع گردد[۷].

۲- پرتودهی مواد غذایی

پرتودهی 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. درکودها مطالعات مربوط به تغذیه گیاهی نیز از این روش استفاده می شود مانند نحوه جذب کودها و عناصر که با استفاده از تکنیک پرتوتابی هستهای می توان تغییرات ژنتیکی مورد نظر را برای اصلاح محصول در توده های گیاهی به کاربرد[۸].

www.SID.ir

Archive of SID

در این فرایند اشعه های یونیزه کننده باعث از بین رفتن میکروگانیسم 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 غیریونیزه 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 ۶۰یا سزیم ۱۳۷ساطع می شود. از آنجا که عناصر تولیدکننده 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] شعه ایکس نوعی موج الکترومغناطیس باطول موج ۱۱-۱۱/۱آنگستروم 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 میکروبکش لامپ های بخار جیوه با فشار کم که گزارش شده است که در طول موج ۲۰۱-۲۵۱ nm بیشترین اثر را بر باکتری، ویروس، پروتوزوآ، 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 فیزولوژیکی را تحت تأثیر قرار دهد اما سلول کش قوی نیست. اثر کشندگی اشعه UV برروی باکتریها بسیار قوی است. این اشعه غیر یونیزه کننده بوده، توسط پروتئین و اسیدهای نوکلئیک جذب می شود و تغغیرات 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 ۱۹۵۰در 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 پرتودهی به عنوان روش هایی برای حفظ مواد غذایی استفاده کنند[۹] نخستین استفاده تجاری از پرتودهی مواد غذایی در سال ۱۹۵۷در آلمان روی داد که یک تولیدکننده ادویه جات در اشتوتگارت با پرتودهی الکترون ها با استفاده از مولد الکتروستاتیکی، کیفیت بهداشتی محصول خود را بهبود بخشید. اولین پرتودهنده اشعه ایکس تجاری در پرتودهی مواد غذایی در جولای ۲۰۰۰در هاوایی آغاز به کار کرد. این برنامه های تحقیقی در دهه ۱۹۹۰بر بهبود روشهای تشخیص موادغذایی پرتودهی شده تاکید داشتند. در حالی که تا۲۰سال پیش امکان تمایز بین نمونه های پرتودهی 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 میکروارگانیسم ها و عوامل تأثیرگذار بر آن، تحقیق در مورد واکنش های شیمیایی ناشی از پرتودهی در محیط های مختلف، تحقیق روی از بین رفتن ویتأمینها در شرایط مختلف پرتودهی و ذخیره سازی، تحقیق روی روشهای ترکیبی، تحقیق روی کیفیت و تناسب مواد بسته بندی مختلف برای غذاهای پرتودهی شده وتحقیق و بررسی تأثیرشرایط پرتودهی 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 سیزیجات و میوه ها می توان موارد زیر را نام برد: محصول سیب به دلیل بیشترین حجم تولید و مصرف درگروه میوه جات در جهان و همچنین ایران و همچنین مقاومت کم در مقابل عوامل بیمایزا، 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 پرتودهی، دوباره به حالت اولیه، قبل از پرتودهی می رسد. مقدار اتیلن آزاد شده نیز با افزایش دز و زمان نگهداری

www.SID.ir

Archive of SID

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 نتیجه‌گیری

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، کیفت 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 HealthOrganisation, Geneva

2. WHO. 2008. Foodborne disease outbreaks: Guidelines for investigation andcontrol. WHO

3. NRA. 2010. Increased restaurant industry sales, employment growth predicted.National Restaurant Association (NRA). National Restaurant AssociationEconomic 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.

۵. 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.

۶. یوسفیان, سیده هدی و ابراهیم احمدی، ۱۳۹۲، مروری بر کاربرد علم پرتودهی در صنایع غذایی، هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۷. 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.

۸. 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 ریسه ای پتی سیلیم اکپانسیم عامل بیماری پس از برداشت میوه سیب. مجله علوم و فنون هسته ای سازمان انرژی اتمی ایران، جلد ۴ (شماره ۵۸)، صفحات ۴۹ تا۵۴.

۹. 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 ofAgricultural and Food Chemistry, 58: 4901-4906.

12.Torkamani, A. E, and. Niakousari, M. (2011). Impact of UV-C light on orange juice quality andshelf life. International Food Research Journal, 18:1265-1268

13. Diehl, J.F.2002. Food irradiation-past, present and future, Radiation Physics and Chemistry, 63 :211–۲۱ -.۱۰

www.SID.ir