د کابل پوهنتون دطبیعي علومو علمي ـــ څېړنیزه مجله
مجـــله علـــمی- تحقیقی علـــوم طبیعی پوهنتون کابل
Journal of Natural Sciences – Kabul University
e-ISSN:3078-6665 P-ISSN:3078-5561

مروری بر اثرات تشعشع در نگهداری مواد غذایی

پوهنوال سید عارف احمدی

دیپارتمنت تکنالوژی وحفظ الصحه مواد غذایی، پوهنځی علوم وترنری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان

sayedarif.ahmadi@yahoo.com

چکیده

با توجه به تنوع مواد غذایی و تنوع در روش‌های نگهداری آن‌ها، اشعه‌دهی مواد غذایی یکی از بهترین روش‌ها در حال حاضر است. اهمیت بررسی فراوری مواد غذایی به روش اشعه‌دهی و نگهداری محصولات با اشعه‌دهی آن‌ها در حد مطلوب، کیفیت مواد غذایی تا مدت زمان‌های مختلف ثابت مانده و با کنترول میکروارگانیزم‌ها، عوامل فساد نیز کنترول می‌گردد. هدف از این مطالعه‌ی مروری عاری بودن مواد غذایی از وجود باکتری‌های بیماری‌زا، پوپنک‌زده‌گی، حشرات، ماندگاری میوه‌ها و سبزی‌ها را در بر دارد. یافته‌های این مقاله نشان می‌دهد که در کنار این مزایا افزایش در پرتودهی برای مواد غذایی تأثیرات غیر مفید از خود به جا می‌گذارد و بهترین دوز برای اکثر مواد غذایی در حدود چهار kGy معرفی شده است. با در نظر داشت عوامل فوق الذکر پیشنهاد می‌گردد، پرتودهی در سبزیجات باعث افزایش ماندگاری، در فرآورده‌های ماهی، حفظ کیفیت و افزایش خواص تغذیهٔ و حسی می‌شود. نتیجه‌گیری می‌گردد که با توجه به تنوع مواد غذایی و روش‌های نگهداری آن‌ها، اشعه‌دهی مواد غذایی یکی از بهترین روش‌ها در حال حاضر به شمار می‌رود.

واژه‌های کلیدی: اشعه‌دهی؛ بی‌ضررسازی؛ غذا؛ نگهداری

A Review of the Effects of Irradiation on Food Preservation

Sayed Arif Ahmadi

Department of Food Technology & Hygiene, Faculty of Veterinary Science, Kabul University, Kabul, Afghanistan

Email: sayedarif.ahmadi@yahoo.com

Abstract

Given the diversity of food products and preservation methods, food irradiation has emerged as one of the most influential current techniques. Examining food processing through irradiation and preserving products at optimal radiation levels lies in maintaining food quality for extended periods while controlling microorganisms and spoilage factors. This review study explores how irradiation can eliminate pathogenic bacteria, prevent mold growth and insect infestation, and extend the shelf life of fruits and vegetables. The findings of this scientific review indicate that while irradiation offers numerous advantages, excessive exposure can have detrimental effects on food. The optimal dose for most food items is identified as approximately 4 kGy. Considering these factors, it is suggested that vegetable irradiation increases shelf life, preserves quality, extends shelf life in fish products, and maintains nutritional and sensory properties. In conclusion, given the variety of food products and preservation methods, food irradiation is currently considered one of the most effective techniques.

Keywords: Food; Irradiation; Preservation; Non-Destructive

ارجاع: احمدی س. ع. (۲۰۲٤). مروری بر اثرات تشـــعشـــع در نگهداری مواد غذایی. *مجله علمی- تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل، ۷(۳)*، ۱۱۰-۹۷. https://doi.org/10.62810/jns.v7i3.45

مقدمه

تحقیقات در زمینه استفاده از اشعه ایونیزه بلافاصله بعد از جنگ جهانی دوم آغاز گردید. در آن زمان تصور می‌شد که اشعه می‌تواند تخنیك بسیار مناسبی برای حفاظت از مواد غذایی باشد. متأسفانه اهداف به‌طور کامل برآورده نگردید و امروزه تعداد محدودی از محصولات غذایی وجود دارند که برای افزایش عمر نگهداریشان، از اشعه استفاده می‌شود. از جانب دیگرتأمین احتیاجات غذایی برای جمعیت رو به افزایش جهان از مهم‌ترین مسایلی است که ذهن دانشمندان بخش‌های مختلف، خصوصاً صنعت، بهداشت و زراعت 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 (غلامی و همکاران، ۱۹۹۶). تشعشعات مورد استفاده در صنایع غذایی(دارای طول موج کوتاه) به دو دسته تقسیم می شوند. دسته اول شامل تشعشعاتی با فرکانس پایین‌تر و انرژی کمتر است؛ مانند بخش ماوراء بنفش. طیف که مقدار انرژی آن به اندازه‌ی است که فقط می‌تواند مالیکول‌ها را تحریک کند(۱-۲). این ناحیه‌ی طیف در صنایع غذایی استفاده شده و با عنوان اشعه ماوراء بنفش نامیده می‌شود. دسته دوم تشعشعاتی با فرکانس‌های بالاتر هستند که مقدار انرژی زیادی دارند و قادر اند مالیکول‌ها را به آیون‌ها تجزیه نمایند و از این رو تشعشعات ایونیزه نامیده می‌شوند(هری وهمکاران،۱۳۳۷).

تغییرات کیمیای که در اثر تشعشعات آیونیزه‌ی مختلف ایجاد می‌شوند یك‌سان هستند. تنها اختلاف عملی مربوط به قدرت نفوذ آن‌ها، مقدار و تراکم ماده غذایی قابل فرآوری با اشعه می‌باشد. تشعشعات ایونیزه شامل اشعه ایکس، اشعه گاما، اشعه کاتدی، اشعه بتا، پروتون‌ها، نیوترون‌ها و اشعه الفا است. نیوترون‌ها در مواد غذایی خاصیت رادیواکتیف ایجاد می‌کنند و پروتون‌ها و اشعه الفا قدرت نفوذ کمی دارند. بنابراین، استفاده از این اشعه‌ها برای نگهداری مواد غذایی عملی نیست. اشعه ایکس، امواج الکترو مغناطیسی نفوذپذیری هستند که توسط بمباران کردن یك فلز سنگین با اشعه کاتودی در یك لوله‌ی تحت خلاء به وجود می‌آیند. درحال حاضر استفاده از این اشعه در صنایع غذایی اقتصادی نیست (محمد و همکاران،۱۳۹۲).

از جمله روش‌های پیش‌گیری از آلوده‌گی مواد غذایی می‌توان به استفاده از بسته‌بندی مناسب، تمیزکردن و گندزدایی نمودن ابزار و وسایل کار، روش‌ها برای کنترول رشد میکروبی و از بین بردن میکروارگانیزم‌ها در مواد غذایی اشاره کرد(۴). در تحقیقاتی‌که در مورد روش‌های جدید نگهداری مواد غذایی صورت گرفته است، محققان توجه خاصی به امکان استفاده از اشعه‌هایی با فرکانس‌های

مختلف (از جریان الکترونیکی با فرکانس پایین تا تشعشعات گاما با فرکانس بالا) داشته اند (محمد و همکاران، ۱۳۹۲).

از آن‌جایی که روش‌های معمول و سنتی فرآوری و نگهداری مواد غذایی؛ مانند استفاده از نگهدارنده‌ها و افزودنی‌ها در صنایع غذایی یا پروسه‌های گرمایی مانند پاستوریزیشن موجب از دست رفتن ارزش غذایی، تغییر ویژه‌گی‌های حسی و اثرات منفی بر سلامت مصرف‌کننده می‌شود، امروزه روش‌های پروسس و نگهداری غیر سنتی به سرعت در حال گسترش می‌باشد. یکی از این روش‌ها، اشعه‌دهی موادغذایی می‌باشد. البته پاستوریزاسیون نیز یک پروسس صنعتی نگهداری مواد غذایی مایع مانند آب، شیر، آب میوه و غیره محسوب می‌شود که در این پروسه باکتری‌های بیماری‌زا عمدتاً حذف می‌شود و تغییر چندانی در کیفیت و ارزش غذائی و ویژه‌گی‌های حسی ایجاد نکرده و بر عکس بر حفظ سلامت مصرف‌کننده تأکید دارد(حسینی پور و همکاران،۱۳۹۲).

حداکثر انرژی الکترون‌ها و تشعشعات X در اشعه‌دهی مواد غذایی باید به ترتیب ۵ و ۱۰ میلی الکترون ولت باشد تا واکنش‌های هسته‌یی را در محصولات اشعه‌ی داده شده محدود کند؛ زیرا این واکنش‌ها سبب رادیواکتیوشدن ماده غذایی می‌شوند. اشعه‌دهی در واقع یک روش فیزیکی فرآوری مواد غذایی است. در واقع ماده غذایی در یک محدوده زمانی مشخص در معرض اشعه آیونیزه قرار می‌گیرد. هدف از آن افزایش مدت زمان ماندگاری و بهبود ایمنی و میکروبی محصول است. اشعه‌هایی که برای حذف میکروارگانیزم‌ها استفاده می‌شوند طول موج پایینی دارند؛ زیرا چنین اشعه‌هایی با طول موج کمتر اثر تخریبی بیشتری بر میکروارگانیزم‌ها دارند. بنابراین، امروز روش‌های پروسس و نگهداری غیر سنتی به سرعت در حال گسترش می‌باشد. جهت‌گیری مدیریت شیوه‌های نگهداری محصولات غذایی به سمت کاهش و حذف مواد کیمیایی و تعیین جای‌گزین‌های مناسب حرکت کرده است. به نحوی‌که برای حذف تعدادی از مهم‌ترین سموم دودی، محدوده زمانی معینی تأسیس گردیده است. کاربرد اشعه‌های ایونیزه‌کننده (گاما، ایکس و الکترون) به عنوان روشی جدید در راستای حفظ و نگهداری محصولات غذایی و زراعتی از حدود ۴۳ سال قبل از امروز مطرح شد (غلامی و همکاران، ۱۹۹۶).

اشعه‌دهی مواد غذایی

اشعه‌دهی مواد خوراکی روشی است که در آن با استفاده از اشعه‌دهی آیون‌ساز همچون اشعه‌دهی الکترون یا اشعه ایکس یا اشعه گاما انواع مواد خوراکی را به منظور پاک سازی (استریل) کردن، افزایش زمان نگهداری، جلوگیری از جوانه زدن و افزایش برخی خواص ویژه‌ی آن‌ها (حسینی‌پور و همکاران،۱۳۹۲) در بر می‌گیرد. روش اشعه‌دهی حرارت ماده را افزایش نمی‌دهد، به همین دلیل جزء

روش‌های سرد محسوب می‌شود. به‌طور کلی اشعه‌دهی را یک روش حفاظت مواد غذایی دانست که با تخریب یا غیر فعال کردن ارگانیزم‌های مولد فساد و تجزیه، عمر مفید غذاها را بالا می‌برد و به‌همین دلیل نسبت به کنسرو کردن مزایای متعددی دارد. به این روش محصولات حاصل از نظرنسج، طعم و رنگ، ظاهر تازه‌تری دارند، استفاده از نور برای نگهداری مواد غذایی نیاز به هیچ مایع اضافی نداشته و باعث از دست رفتن آب میوه‌ها حرارت دیده نمی‌شود، در ظرف و بسته‌بندی‌های بزرگ و کوچک کار برد زیاد دارد و مواد غذایی پس از دسته‌بندی یا انجماد نیز می‌توانند مورد اشعه‌دهی قرار گیرند. در طول سال‌های اخیر، تأثیر اشعه‌دهی بر حفظ کیفیت انواع مواد غذایی مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته و محدودیت‌های کاربرد این تخنیک مشخص شده است. هم‌اکنون دامنه تحقیقات در زمینه توسعه اشعه‌دهی محصولات گوشتی و زراعتی، تعدادی از کشورهای جهان را تحت پوشش قرار داده است (۸). این سابقه بیش از هر تکنولوژی دیگری است که در صنایع غذایی امروزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، حتی بیش از کنسرو کردن مواد غذایی نکات ایمنی و کارایی روش نیز مکرراً بر اساس شواهد موجود مورد بررسی و قضاوت قرار گرفته است وسازمان‌های بین المللی Codex و IAEA ، FAO ،WHO این روند را تأیید کرده اند (سفیان و همکاران، ۱۳۹۲).

انواع اشعه‌های مورد کاربرد

یکی از انواع اشعه‌دهی مواد غذایی، تشعشع است. دوز معمول اشعه در این پروسه برای گوشت تازه، فرآورده‌های دریایی، میوه‌ها، سبزی‌ها و دانه‌های غلات ۰,۷۵-۵,۲ کیلوگری می‌باشد. دوز اشعه‌های آیونیزه مورد استفاده در این روش در حدی است که کیفیت غذا را از طریق کاهش قابل توجه تعداد میکروارگانیزم‌های زنده‌ی عامل فساد افزایش می‌دهد. درواقع رادوریزاسیون نوعی پاستوریزاسیون اشعه‌یی محسوب می‌شود (رستمی و همکاران، ۱۳۹۲).

رادیسیداسیون دوز اشعه مورد استفاده در این پروسه نسبتاً پایین(حدود ۰,۱ تا ۸ کیلوگری) است. این واژه به معنی کاهش تعداد میکروارگانیزم‌های زنده‌ی غیراسپورزای بیماری‌زا (به جز ویروس‌ها) می‌باشد. این تعداد باید تا حدی کم باشد که توسط هیچ یک از روش‌های استندرد قابل تشخیص نباشد(۸).

یکی دیگر از انواع اشعه‌دهی مواد غذایی، رادیسیداسیون است. مقدار لازم برای این اشعه ۱۰-۵۰ کیلوگری است. دوز اشعه‌آیونیزه به مقداری است که فعالیت میکروارگانیزم‌های زنده (به غیر از ویروس‌ها) تا حد بسیار کمی کاهش می‌یابد. به طوری که نمی‌توان با آزمایش‌های متداول میکروبیولوژیکی تعداد این میکروارگانیزم‌های زنده را تشخیص داد. راداپرتیزاسون معادل استریلیزاسیون توسط اشعه و یا به عبارت دیگر استریلیزاسیون تجاری که در صنعت کنسروسازی مروج

است، می‌باشد. یعنی محصول نهایی از لحاظ نگهداری تحت شرایط معمولی پایدار است. دوز اشعه‌های آیونیزه در فرآیند رادیسیداسیون مواد غذایی به اندازه‌یی است که دیگر نمی‌توان با استفاده از روش‌های متداول میکروبیولوژیکی تعداد باکتری‌های بیماری‌زا و غیر اسپورزای زنده را در مواد غذایی فرآوری شده تعیین کرد. همچنین، می‌توان از فرآیند رادیسیداسیون جهت غیر فعال کردن پارازیت‌ها استفاده نمود. دوز اشعه مورد استفاده در این فرآیند نسبتاً پایین (در حدود (LGy 8-1/0 بوده و برای از بین بردن میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا و سایر میکروارگانیزم‌ها (به غیر از ویروس‌ها) به کار می‌رود(اهری و همکاران، ۱۳۹۰).

رادیسیداسیون ارگانیزم‌هایی از قبیل کرم نواری و تریشینا را در گوشت از بین می‌برد (در این مورد به KGy 1-1/0 اشعه نیاز است) و از تعداد میکروارگانیزم‌های بیماری‌زا و غیر سپورزای زنده می‌کاهد (در این مورد به حدود KGy 8-2 اشعه نیاز است). رادیسیداسیون خصوصاً به این علت که میکروارگانیزم‌های بیماری‌زای خاصی را از بین می‌برد نوعی پاستوریزاسیون با اشعه تلقی می‌شود(Al-Bachir,1999).

مهم‌ترین اشعه‌های مورد استفاده در مواد غذایی

اشعه گاما

یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین انواع اشعه‌دهی مواد غذایی، استفاده از اشعه گاما در صنایع غذایی است. اشعه‌گاما، تشعشعات الکترومقناطیسی هستند که از هسته‌های برانگیخته شده کوبالت ۶۰ و سیزیم ۱۳۷ می‌تابد. این اشعه از اهمیت ویژه در نگهداری مواد غذایی برخوردار است. اشعه‌های گاما از آن‌جا که عناصر تولیدکننده این اشعه، فرآورده تجزیه اتمی بوده و جزء ضایعات اتمی محسوب می‌شود و بر خلاف اشعه بتا و گاما از قدرت نفوذ بسیار خوبی بر خوردار هستند. نیمه عمر کوبالت ۶۰ سال و نیمه عمر سیزیم ۱۳۷ سی‌سال می‌باشد (Gölge & Ova,2008).

اشعه‌های ایکس: این اشعه از طریق بمباران فلزات سنگین توسط الکترون‌هایی با سرعت زیاد در یک لوله‌ی خلأ تولید می‌شود.

امواج مایکروویو

طول موج امواج مایکروویو بین امواج مادون سرخ و امواج رادیویی قرار دارد. مایکروویو: طول موج امواج مایکروویو بین امواج مادون سرخ وامواج رادیویی قرار دارد. اشعه فرابنفش اثری روی رطوبت و حرارت ماده غذایی ندارد و کاربرد آن نیز اقتصادی بوده و نیازی به محافظت اضافی برای کاربرد آن نبوده و حتی در سطوح بالای اشعه‌دهی باقی مانده‌ی رادیواکتیف بجا نمی‌ماند. اشعه‌دهی باکتری‌ها،

ویروس‌ها و اسپورها با اشعه فرابنفش پیوندهای داخلDNA وRNA را تغییر داده و باعث جهش یا مرگ سلول می‌شود. قابلیت نفوذ کم اشعه‌ها موجب استفاده از آن در کارهای سطحی می‌شود. این اشعه در هوا، محیط‌های مایع و کاربردهای سطحی مؤثر است و معمولاً در ضدعفونی کردن سطوح به کار می‌رود. درکاربرد اشعه‌ها برای پروسه سطحی احتمالاً مقدار کمی اوزن نیز تولید می‌شود . مثلاً از این اشعه‌ها در سطح کیک‌های میوه‌های پخته و فرآورده‌های مشابه قبل از بسته‌بندی استفاده می‌شود (Al-Bachir,1999).

واحدهای اندازه‌گیری مقدار استفاده از اشعه یا دوز، تحت گری معادل یک ژول انرژی جذب شده در کیلو گرام ماده غذایی است. در پروسهٔ اشعه‌دهی، معمولاً دوزها به کیلوگری اندازه‌گیری و به ۳ دسته پایین، متوسط و بالا تقسیم می‌شوند. هنگامی‌که مواد غذایی تحت تابش اشعه رادیواکتیف قرار بگیرند، مقداری از اتم‌های آن که در مسیر تابش قرار گرفته، ایونیزه می‌شوند. این امر باعث نابودی باکتری‌ها و دیگر موجودات میکروسکوپی می‌شود، ولی هیچ‌گونه اثر و مضریت به مواد غذایی از خود به‌جا نمی‌گذارد و فقط مقداری از ویتامین‌های آن‌ها را از بین می‌برد، البته این مقدار کمتر از میزانی است که در اثر کنسروسازی و یا انجماد یا خشک کردن تلف می‌شود. دوزهای پایین که تا یک کیلو گری هستند، برای جلوگیری از مواد غذایی، جوانه زدن پیازها و غده‌های گیاهی و به تأخیر انداختن رسیده شدن میوه‌ها و آفت‌زدایی حشرات و از بین بردن پارازیت‌ها استفاده می‌شوند؛ اما دوزهای متوسط هم که از ۱-۱۰ کیلوگری هستند، برای کاهش فساد میکروبی و طولانی کردن عمر مفید گوشت، ماکیان وغذاهای دریایی در سرد خانه و فریزر و کاهش تعداد میکروارگانیزم‌ها در ادویه‌جات استفاده می‌شوند(Yook, 2008).

دوزهای بالا که از ۲۵-۷۰ کیلوگری هستند، برای استریلیزاسیون گوشت‌های بسته‌بندی شده و سایر محصولاتی که بدون یخچال قابل نگهداری هستند و نیز استریلیزاسیون رژیم‌های بیمارستانی و افزایش بازدهی در تولید آب‌میوه‌ها و بهبود بازیافت آبی در آن‌ها استفاده می‌شوند. طی سال‌های اخیر وسایل اشعه‌تابی دچار تحولات و تغییرات قابل توجهی در راستای بهبودکیفیت شده اند. دستگاه‌های جدید از قابلیت‌های بالاتری به لحاظ ظرفیت و قدرت اشعه‌تابی برخوردار می‌باشند. دستگاه‌ها و وسایل اشعه‌ساز به دو گروه عمده، شامل اشعه‌سازهای با منشأ رادیوایزوتوپی و ماشینی تقسیم می‌شوند. میزان تغییرات فیزیکی و کیمیایی ایجاد شده به هنگام قرار گرفتن مواد غذایی در برابر اشعه پرانرژی از طریق انرژی جذب شده، اندازه‌گیری می‌شود. در فرآیند اشعه‌دهی به این انرژی دوز جذب شده یا به‌طور

اختصار دوز گفته می‌شود که بر حسب واحد کیلوگری (KGy) اندازه‌گیری می‌گردد. یک گری معادل انرژی معادل انرژی جذب شده به میزان یک ژول در هر کیلوگرم است(Tauxe, 2001).

حد اوسط انرژی اشعه‌ی گامای کوبالت ۶۰، ۱/۲۵ میلی الکترون ولت می‌باشد که پایین‌تر از حد تعیین شده است. پژوهش‌ها نشان می‌دهد که رادیواکتیویتی تولید شده در این سطوح انرژی از رادیواکتیویتی طبیعی مواد غذایی که به سبب K۴۰ و C۱۴ تولید می‌شوند کم‌تر است. علاوه برآن، فعالیت ایجاد شده در طی ۲۴ ساعت اولیه پس از اشعه‌دهی با فاکتور تجزیه بین۱۰-۲۰ به سرعت از بین می‌رود. رادیواکتیویتی طبیعی در طول زمان نگهداری مواد غذایی چندان کاهش نمی‌یابد (۵). اگر ضخامت محصول کم و ظرفیت ورودی آن زیاد باشد تجهیزات پرتوهای الکترونی مزایای اقتصادی بیشتری نسبت به اشعه‌دهی با کوبالت ۶۰ خواهند داشت. همچنین، منبع اشعه X را می‌توان هنگامی‌که مورد استفاده نیست خاموش نمود، اما منبع کوبالت ۶۰ را حتی هنگامی که مورد استفاده قرار نمی‌گیرد، باید همچنان روشن نگه داشت تا خود از بین برود. اندازه منبع با دوز اشعه‌دهی و سرعت ورودی افزایش پیدا می‌کند اشعه‌سازهای با منشأ رادیوایزوتوپی(سلول‌های گاما) منابع تولید اشعه‌ی گاما برای کاربرد در اشعه‌ی تابی محصولات زراعتی به دو رادیوایزوتوپ کوبالت ۶۰ و سیزیم ۱۳۷ محدود می‌شود. این گونه دستگاه‌های ساختمانی ساده داشته، به نحوی که قلب آن‌ها را یک چشمه رادیوایزوتوپی تشکیل داده و محصولات، به وسیله‌ی سیستم متحرک اتوماتیک به سمت چشمه به نوعی حرکت می‌کنند که از هر دو جهت مورد تابش اشعه گاما قرار گیرند. در بعضی دستگاه‌ها محصولات را در جعبه‌هایی ستندرد قرار داده، سپس به‌صورت نقاله‌یی یا ریلی به سمت چشمه گاما منتقل می‌کنند. میزان دوز جذبی بستگی به طول زمان توقف نمونه در مقابل منبع و قدرت چشمه گاما خواهد داشت. نمونه‌های جدیدتر این دستگاه، توانایی انتقال مواد غذایی در بسته‌بندی‌های بزرگ را دارا می‌باشد، به نحوی که هر واحد، قدرت حمل حدود ۲ تن ماده را خواهد داشت. قوی‌ترین نوع این دستگاه‌ها با فعال‌سازی ۳۰۰ کیلوکوری کوبالت ۶۰، در شمال جاپان نصب شد و فعالیت اصلی آن اشعه‌تابی کچالو بوده، به نحوی‌که ۳۵۰ تن محصول را در مدت ۳ ماه اشعه‌تابی می‌کند (Wang & Chao, 2002).

راداپرتیزاسیون روش دیگری جهت اشعه‌دهی مواد غذایی است که در آن دوز پرتو آیونیزه به مقداری است که تعداد و یا فعالیت میکروارگانیزم‌های زنده (به غیر از ویروس‌ها) تا حد بسیار کمی کاهش می‌یابد، به‌طوری که نمی‌توان با آزمایش‌های متداول میکروبیولوژیکی تعداد این میکروارگانیزم‌های زنده را تشخیص داد. مواظبت راداپرتیزاسیون باید به طریقی باشد که بدون توجه به زمان و شرایط نگهداری غذا هیچ گونه سم یا فساد با منشأ میکروبی در آن رویت نشود، مگر این که آلوده‌گی ثانویه

اتفاق افتاده باشد. دوز اشعه مورد استفاده در این روش حدود KGy50-10 است که در حد سترون‌سازی کامل می‌باشد. راداپرتیزاسیون را به صورت «سترون کردن اشعه‌یی» یا «سترون کردن تجاری» تعریف می‌کنند و از آن معنایی مطابق با آن چه در صنعت کنسروسازی وجود دارد استنباط می‌شود، یعنی محصول نهایی از لحاظ نگهداری تحت شرایط معمولی پایدار است. در سال ۲۰۰۸ کمیته مشترک کارشناسان جهت بررسی فواید غذاهای اشعه‌دیده با حضور سازمان بهداشت جهانی (WHO) سازمان زراعت و غذا (FAO) و سازمان بین المللی انرژی اتمی (IAEA) برگزار شد. در این جلسه فرآیند اشعه‌دهی مواد غذایی کاملاً مناسب و ایمن تشخیص داده شد. این کمیته در سال ۱۹۸۰ نتیجه‌گیری نمود که اشعه‌دهی مواد غذایی با میانگین دوز حدود KGy10 هیچ‌گونه خطر سمی به همراه ندارد و هیچ‌گونه مشکل میکروبی و تغذیه‌یی به وجود نمی‌آورد. سطح دوز KGy10 بالاترین سطح ایمنی محسوب نمی‌شود، بلکه سطحی است که ایمنی در آن به اثبات رسیده است(۱۵). کمیته‌های تخصصی متعددی نتایج این پژوهش‌ها را بررسی کرده و مورد ارزیابی قرار می‌دهند(Tauxe, 2001). این کمیته‌ها ایمنی پرتوتابی با اشعه‌های ایونیزه را بررسی می‌کنند. چنانچه اشاره کرده است (نظر به این که بررسی دقیق تغیرات تخنیکی در پروسس مواد غذایی اهمیت دارد) بدون شک پروسه‌ی اشعه‌دهی موادغذایی با موفقیت بسیار زیادی چنین ارزیابی راپشت سر می‌گذارد(Havelaar et al.,2015).

اشعه سازهای ماشینی: این سیستم شامل یک جنراتور فشار قوی است که متصل به تفنگ الکترونی می‌باشد. الکترون‌های تولیدشده در تفنگ الکترونی، با ورود به محیط نقطه نشانی شده و در یک میدان الکترونیکی قوی شتاب داده می‌شوند و در نهایت با کمک یک میدان مقناطیسی نوسان‌کننده، بر روی هدف مورد نظر می‌تابند. الکترون‌ها با انرژی زیاد از صفحه نازک فلزی محیط نقطه خارج شده و به محصول وارد می‌شوند در این رابطه قدرت دستگاه شتاب‌دهنده الکترون را با واحد کیلو وات نشان می‌دهند که حاصل ضرب شدت در انرژی است (Kobayashi,2018).

اشعه ماوراءبنفش

قابلیت نفوذ کم این اشعه سبب می‌شود تا کاربرد آن به‌طوری سطحی محدود گردد. استفاده از این اشعه موجب تسریع تغییرات اکسیداتیف می‌شود که منجر به تند شدن، تغییر رنگ و واکنش‌های دیگر می‌گردد. اشعه‌فرابنفش شامل اشعه خورشید با طول موج‌های بین ۱۰۰-۴۰۰ نانومتر می‌باشد. ماوراء بنفش بیشترین اثر این اشعه در طول موج ۲۶۰۰ انگستروم می‌باشد، این اشعه غیرایونیزه‌کننده بوده و توسط پروتیین و نوکلییک اسید جذب می‌شود. تغییرات فتوکیمیایی حاصل از آن سبب مرگ سلول می‌شود. قابلیت نفوذ کم این اشعه سبب می‌شود تا استفاده ا ز آن به کاربردهای سطحی محدود گردد.

استفاده از این اشعه موجب تسریع تغییرات اکسیداتیف می‌شود که منجر به تند شدن، تغییر رنگ و عکس‌العمل‌های دیگر می‌شود(Aytac & Taban,2014).

اشعه‌ی بتا: اشعه بتا را می توانیم به صورت جریان الکترون‌های آزاد شده از مواد رادیواکتیف تعریف نمود. تابش‌های کاتودی نیز مشابه نوری بتا هستند(Lima et al.,2018).

اثرات اشعه‌دهی مواد غذایی

نور اشعه می‌تواند حشرات، پارازیت‌ها و عوامل بیماری‌زا را نابود و مدت زمان نگهداری مواد غذایی مثل مرغ، ماهی و میوه‌های تازه را افزایش دهد. این روش موجب می‌شود تا از ضد عفونی‌کننده‌ها که نه تنها سمی اند، بلکه در درازمدت سبب بروز سرطان می‌شود، استفاده نشود(Berk,2018).

تغییرات کیمیایی‌که بر اثر اشعه‌دهی در ماده غذایی به وجود می‌آید ممکن است باعث اثرات قابل ملاحظه در طعم و مزه آن وارد شود. میزان این تغییرات عملاً به نوع ماده غذایی اشعه‌دهی شده، میزان دوز و عوامل دیگری مثل درجه حرارت در حین عمل اشعه‌دهی بستگی دارد. بعضی از مواد غذایی حتی در دوزهای بسیار پایین هم تغییر مزه می‌دهند؛ مثل شیر و فراورده‌های لبنی. معمولاً تغییر طعم داده که پس از اشعه‌دهی به وجود می‌آید در خلال نگهداری و یا پخت کم شده یا از بین می‌رود. دوزهای بالا عملاً محدودیت‌هایی برای اشعه‌دهی میوه و سبزیجات ایجاد می‌کنند که بستگی به استحکام نسج گیاهی دارد. در کل، اشعه‌دهی مواد غذایی ممکن است تغییرات کیمیایی بسیار جزئی در مواد غذایی به وجود آورد ولی هیچ‌کدام از تغییرات شناخته شده مضر یا خطرناک نمی‌باشند(WHO,2008).

کنترول جوانه‌زنی و افزایش زمان نگهداری مواد فاسد شدنی

دوزهای پایین اشعه‌دهی از فساد محصولات گوشتی، جوانه زنی غده‌های کچا لو و غده‌های پیاز، سیر، زنجبیل و شاه بلوط جلوگیری به عمل می‌آورد. یکی از موارد کلی استفاده از اشعه‌دهی مواد غذایی، از بین بردن میکروارگانیزم‌هایی است که سبب فساد و آلوده‌گی آن‌ها می‌شوند. دوز اشعه، جهت کنترول و از بین بردن این ارگانیزم‌ها به میزان تحمل آن‌ها در مقابل اشعه، میزان بار میکروبی در مقدار معینی از ماده غذایی بستگی دارد(Torkamani & Niakousari, 2011) .

کنترول آفات

اشعه‌دهی مواد غذایی با دوزهای نسبتاً پایین سبب کشته شدن یا عقیم شدن تمام مراحل مختلف تکاملی آفات معمولی محصولات گوشتی، غلات، حتی تخم‌های واقع در داخل دانه می‌گردد. میوه‌های خشک، سبزیجات و خشک‌بار همیشه در معرض حمله حشرات می‌باشند. بعضی از این محصولات

خصوصاً میوه‌ها نمی‌توانند به غیر از اشعه‌دهی به وسیله روش‌های کیمیایی یا عوامل فیزیکی ضدعفونی گردند(Mostafavi et al., 2012).

اشعه‌دهی با اشعه گاما: اشعه‌دهی با اشعه گاما یک روش عالی برای کاهش و یا از بین بردن باکتری‌های ایجادکنندهٔ فساد مواد غذایی و همچنین باکتری‌های بیماری‌زای موجود در غذا است. در سال ۲۰۰۸، FAO،WHO و سازمان بین المللی انرژی اتمی اعلام کردند که اشعه‌دهی هر مادهٔ غذایی حداکثر تا میزان ۱۰ کیلوگری مجاز و عاری از هر گونه خطر توکسینولوژیک برای مصرف‌کننده خواهد بود. افزایش دوز اشعه‌دهی ممکن است برای مواد غذایی تأثیرات منفی داشته باشد. بهترین دوز برای اکثر مواد ۴کیلوگری معرفی شده است(Jahan,2012).

اشعه‌دهی محصولات

در سال ۲۰۰۹ در کوریا به منظور بررسی تأثیر اشعه گاما روی کیفیت میوه کیوی انجام گردید. میزان دوز مورد نظر برای این منظور در حدودkGy3 در نظر گرفته شد. بعد از روند اشعه‌دهی فعالیت انزایم‌های Botrytiscinere ،Diaportheactinidia و Botryosphaeriadothidea از بین رفت. کیوی اشعه‌دهی شده نسبت به نوع اشعه‌دهی نشده نرم‌تر بود. مقدار رنگ و اورگانیک اسید تحت تأثیر واقع شد. با افزایش دوز اشعه‌دهی درصد جامد محلول کاهش یافت. این مقدار دوز تأثیر منفی روی مقدار ویتأمین C و انتی اکسیدان داشت، ولی شاخص‌های حسی را افزایش داد(Wang & Chao.,2002).

Tauxe,در (۲۰۰۳) اشعه‌دهی را برای خشک کردن قطعات سیب به کار بردند. سیب‌های مورد نظر آزمایش‌های خشک کردن را به مدت چهار روز در حرارت ۴ درجه سانتی‌گراد انبار کردند. سپس مواد آزمایش را با اشعه گاما با دوز ۴ مختلف اشعه‌دهی کردند. نمونه‌هایی با قطر مختلف را بعد از اشعه‌دهی با تجهیزات میخانیکی برش دادند و ضخامت قطعات سیب در نقاط مختلف را با میکومتر اندازه‌گیری نمودند. فقط از تکه‌هایی با انحراف از معیار اوسط ضخامت کم‌تر از ۰,۰۵ سانتی‌متر استفاده شد. آزمایشات در دو تکرار با چهار دوز تابش(۰ ، ۲، ۵ و ٦ kGy) سه حرارت هوا(۵ ،٦۰ و ۷۵) درجه سانتی گراد و سه قطر اولیه (۳، ۵ و۷میلی متر) داشتند. در نهایت تأثیر دوزهای مصرفی مختلف اشعه‌دهی، حرارت هوا و ضخامت قطعات سیب (برش) بر میزان آب‌زدایی و حرارت نمونه‌ها را در آزمایشات بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که سه فکتور بر میزان آب‌زدایی و حرارت قارچ سیب تأثیر گذاشته و هر چه میزان دوز بیشتر باشد، میزان آب‌زدایی سیب بیشتر شده و حرارت بالاتر می‌رود(Xu ET AL., 2019).

اشعه‌دهی مواد غذایی عبارت است از قرار دادن ماده غذایی در مقابل مقدار مشخصی از اشعه گاما، به منظور جلوگیری از جوانه‌زنی بعضی محصولات غذایی مانند پیاز و سیب زمینی و همچنین کنترول آفات انبارداری، کاهش با میکروبی و قارچی بعضی از محصولات مانند زعفران و داروها و تأخیر در رسیدن بعضی میوه‌ها به منظور افزایش زمان نگهداری آن‌ها. در کودها مطالعات مربوط به تغذیه گیاهی نیز از این روش استفاده می‌شود؛ مانند نحوه جذب کودها و عناصر که با استفاده از تخنیک اشعه‌تابی هسته‌یی می‌توان تغییرات جنتیکی مورد نظر را برای اصلاح محصول در ذخیره‌خانه گیاهی اضافه‌تر کاربرد دارند((Kobayashi,2018).

در این پروسه اشعه‌های آیونیزه‌کننده باعث از بین رفتن میکروگانیزم‌هایی که غذا را آلوده می‌کنند یا باعث فساد و تخریب موادغذایی می‌شوند، می‌گردند. اشعه‌دهی به عنوان یک پروسه سرد شناخته شده است که حرارت را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد و در اکثری غذاها تغییرات فیزیکی یا مشخصات حسی به جا نمی‌گذارد. به‌طوری مثال، یک سیب اشعه‌دیده باز هم ترد و آب‌دار است(Sukhi ET AL ., 2009)

اشعه‌های مورد استفاده در صنایع غذایی می‌توان به اشعه‌های آیونیزه‌کننده گاما، ایکس، اشعه‌های الکترونی و اشعه‌های غیرآیونیزه‌کننده، ماوراء بنفش) ، (UV-B, UV-C مادون قرمز و امواج رادیویی اشاره کرد (Woodside,2015).

نتیجه‌گیری

با توجه به تنوع مواد غذایی و تنوع در روش‌های نگهداری آن‌ها، اشعه‌دهی مواد غذایی یکی از بهترین روش‌ها در حال حاضر است. با فرآوری مواد غذایی به روش اشعه‌دهی و نگهداری محصولات با اشعه‌دهی آن‌ها در حد مطلوب، کیفیت مواد غذایی تا مدت زمان‌های مختلف ثابت مانده و با کنترول میکروارگانیزم‌ها عوامل فساد نیز کنترول می‌گردد. مواد غذایی عاری از وجود باکتری‌های بیماری‌زا، خمیرمایه‌ها، قارچ‌ها و حشرات شده و رسیدگی، طول عمر و جوانه‌زنی میوه‌ها و سبزی‌ها را کنترول می‌کند. ترکیبات کیمیایی مواد غذایی در جهت بهبود کیفیت مواد غذایی تغییر پیداکرده و در نهایت بعد از اعمال اشعه هیچ‌گونه سمی در مواد غذایی باقی نمی‌ماند. در کنار این مزایا افزایش دوز اشعه‌دهی برای مواد غذایی تأثیرات غیر مفید روی آن دارد و بهترین دوز برای اکثر مواد غذایی در حدود چهار kGy معرفی شده است. اشعه‌دهی در سبزی‌جات باعث افزایش ماندگاری، در فرآورده‌های ماهی و گوشت باعث حفظ کیفیت و افزایش ماندگاری و خواص تغذیه‌یی و حسی را حفظ می‌کند.

در پایان این مقاله یادآوری می‌شود که روش اشعه‌دهی یکی از روش‌های نگهداری مواد غذایی می‌باشد اما این‌که آیا این روش، یک روش مطلوبی است یا خیر، سوالی است که از نظر نویسنده‌ی این مقاله پاسخ دقیقی برای آن وجود ندارد.

منابع

اهری مصطفوی، ح. میرمجلسی، م. میرجلیلی، م. فتح اللهی، ه. منصوری پور، م. و بابایی، م. (۱۳۹۰). تأثیر پرتو گاما بر جوانه‌زنی‌ها و رشد ریسه‌یی پنی سیلیم اکپانسیم عامل بیماری پس از برداشت میوه سیب. *مجله علوم و فنون هسته‌یی سازمان انرژی اتمی ایران*، جلد ۱، شماره ۳۳، صص ۱۳ -۳۱.

حسینی پور، س. ب. سلطانی‌پور، ج. بنوشی، ا. (۱۳۹۲). بررسی اثر افزایش ماندگاری محصولات کشاورزی با استفاده از پرتودهی به‌وسیله اشعه گاما. *همایش ملی آلاینده‌های کشاورزی و سلامت غذایی-چالش‌ها و راهکارها*، تهران، ایران.

محمدرزداری، آ. ابراهیمی، ر. رئیسی، م. کیانی، ح. (۱۳۹۲). *اثر پرتوی گاما روی کیفیت ماندگاری سیب درختی. پدافند غیر عامل در بخش کشاورزی* (جزیره قشم- آبان).

غلامی، س. ر، جاهد خانیکی، غ.، راستکاری، ن.، الهی، ط.، و شکرالهی، ف. (۱۳۹۶). *راهنمای برنامه‌های پیش‌نیازی و شرایط خوب ساخت برای سلامت و ایمنی مواد غذایی در سطح توزیع و عرضه*. مرکز سلامت و محیط کار، مرکز تحقیقات محیط زیست پوهنتون علوم پزشکی تهران.

رستمی، امین. (۱۳۹۲). کاربرد اشعه گاما در راستای توسعه و بهبود سطح کیفی محصولات کشاورزی و مواد غذایی در مسیر توسعه پایدار کشاورزی، *دومین کنفرانس بین‌المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها با محوریت کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری*، تبریز، دبیرخانه دائمی کنفرانس بین المللی توسعه پایدار، راهکارها و چالش‌ها.

محمدرزداری، آ.، رئیسی، م.، ابراهیمی، ر.، و کیانی، ح . (۱۳۹۲). علم پرتودهی و تأثیر آن در افزایش ماندگاری مواد غذایی. *بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی*. ایران، پوهنتون شیراز.

یوسفیان، س. ه. و احمدی، ا. (۱۳۹۲). مروری بر کاربرد علم پرتودهی در صنایع غذایی. *هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون*. ایران، مشهد، پوهنتون فردوسی مشهد.

Aytac, S. A., & Taban, B. M. (2014). Food-borne microbial diseases and control: Food-borne infections and intoxications. In *Food processing: strategies for quality assessment* (Pp. 191-224). New York, NY: Springer New York. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Berk, Z. (2018). *Food process engineering and technology*. Academic press. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Gölge, E., & Ova, G. (2008). The effects of food irradiation on quality of pine nut kernels. *Radiation Physics and Chemistry*, *77*(3), 365-369. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&scioq

Havelaar, A. H., Kirk, M. D., Torgerson, P. R., Gibb, H. J., Hald, T., Lake, R. J., ... & World Health Organization Foodborne Disease Burden Epidemiology Reference Group. (2015). World Health Organization global estimates and regional comparisons of the burden of foodborne disease in 2010. *PLoS medicine*, *12*(12), e1001923. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Havelaar%2

Jahan, S. (2012). Epidemiology of foodborne illness. *Scientific, health and social aspects of the food industry*, *1*, 321-342. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Kobayashi, Y. (2018). Food Irradiation: Radiation-based sterilization, insecticidal, and inhibition of sprouting technologies for foods and agricultural produce. *Radiation applications*, 217-253. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Lima, F., Vieira, K., Santos, M., & de Souza, P. M. (2018). Effects of radiation technologies on food nutritional quality. *Descriptive food science*, *1*(17), 10-5772. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Molins, R. A. (Ed.). (2001). *Food irradiation: principles and applications*. John Wiley & Sons Mostafavi, H. A., Mirmajlessi, S. M., & Fathollahi, H. (2012). The potential of food irradiation: Benefits and limitations. *Trends in vital food and control engineering*, *5*, 43-68. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Rahman, M. S. (2012). Food preservation and processing methods. *Handbook of Food Process Design. New York: Blackwell Publishing*, 1-17. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Stefanova, R., Toshkov, S., Vasilev, N. V., Vassilev, N. G., & Marekov, I. N. (2011). Effect of gamma-ray irradiation on the fatty acid profile of irradiated beef meat. *Food chemistry*, *127*(2), 461-466. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Sukhi, S. S., Shashidhar, R., Kumar, S. A., & Bandekar, J. R. (2009). Radiation resistance of Deinococcus radiodurans R1 with respect to growth phase. *FEMS microbiology letters*, *297*(1), 49-53. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Tauxe, R. V. (2001). Food safety and irradiation: protecting the public from foodborne infections. *Emerging infectious diseases*, *7*(3 Suppl), 516.

Torkamani, A. E., & Niakousari, M. (2011). Impact of UV-C light on orange juice quality and shelf life. *International Food Research Journal*, *18*(4). https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q

Wang, J., & Chao, Y. (2002). Drying characteristics of irradiated apple slices. *Journal of Food Engineering*, *52*(1), 83-88. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Wang%2C+j.+Chao%2C

Woodside, J. V. (2015). Nutritional aspects of irradiated food. *Stewart Postharvest Review*, *11*(3), 1-6.

World Health Organization. (2008). *Foodborne disease outbreaks: guidelines for investigation and control*. World Health Organization.
https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=+Woodside

Xu, A., Scullen, O. J., Sheen, S., Johnson, J. R., & Sommers, C. H. (2019). Inactivation of extraintestinal pathogenic E. coli clinical and food isolates suspended in ground chicken meat by gamma radiation. *Food microbiology*, *84*, 103264. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&q=Xu%2C+A.%2C+Scullen%2

Yook, H. S. (2009). Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (Actinidia deliciosa var. deliciosa cv. Hayward). *Radiation Physics and Chemistry*, *78*(6), 414-421. https://scholar.google.com/scholar?hl=en&as_sdt=0%2C5&scioq