مجموعه مقالات
چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری هسته‌ای در علوم کشاورزی و منابع طبیعی
(۲۹-۳۰ اردیبهشت، ۱۳۹٤، پژوهشکده کشاورزی هسته ای)
The 4th National Congress on Nuclear Technology Application in Agricultural & Natural Resource Sciences (19-20 May, 2015, Nuclear Agriculture Research School)

عوامل موثر بر کنترل کپک و مایکوتوکسین ها در طی پرتودهی با اشعه گاما

ساناز علی وندی فرخاد*، ایوب نجیبی فر، مقصود شفائی، هادی لایقتر،علی قدیری، محمد تقی صادقی
سازمان انرژی اتمی ایران – کیلومتر ۷ جاده بناب تبریز، مجتمع پژوهشی شمالغرب کشور(بناب)

چکیده: قارچها، ساپروفیتهایی با تنوع زیستگاهی بالا که عامل اصلی فساد محصولات کشاورزی هستند و علاوه بر اثر تخریبی روی مواد غذایی تازه و فرآوری شده ، روی محصولات کشاورزی رشد کرده و باعث تولید مایکوتوکسین ها می شوند. مایکوتوکسین ها جنبه پنهانی ازآلودگی کپکی با ترکیبات بسیار پایدار و نسبتا مقاوم در برابر حرارت هستند که پس از فرآوری محصولات تقریبا دست نخورده و بدون تغییر باقی می مانند. امروزه استفاده از تکنولوژی های پیشرفته برای جلوگیری از رشد قارچ و تولید مایکوتوکسین با بهبود شرایط فرآوری و ذخیره سازی محصولات کشاورزی و استفاده از تکنیک های گندزدایی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی یک ضرورت است. در این پژوهش پرتو گاما برای کنترل حضور قارچ ها و مایکوتوکسین در محصولات کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفته و از طرفی عوامل محدود کننده فرآیند پرتودهی که خود تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی مثل دز پرتو، غلظت مایکوتوکسین اولیه یا بار قارچی، موقعیت سیستم پرتودهی، میزان رطوبت و یا حضور ترکیبات دیگر در محصولات و همچنین حساسیت قارچ به پرتودهی که خود متاثر از سویه، شکل و سن کپک است مورد شناسایی قرار گرفته که شناسایی این عوامل رویکرد مناسبی برای به حداقل رساندن اثرات مضر مایکوتوکسین ها بر زندگی انسان و حیوانات می باشد.

واژگان کلیدی: کپک، محصولات کشاورزی، قارچ، پرتودهی، مایکوتوکسین

Effective Factors in Mould and Mycotoxin Control during Irradiation with Gamma Ray

S. Alivandi Farkhad*, A. Najibifar, H. Layegtar, M. Shafai A. Qhadiri, M. Sadegi
Bonab-Northwest Research Complex, AEOI

Abstract: Fungi-saprophytes with an enormous diversity of habitats are responsible for the deterioration of agricultural products. They may also be responsible for the deterioration of fresh and processed foods. In addition, some specific fungal species growing on agricultural commodities may produce Mycotoxins. Mycotoxins are a hidden aspect of mold contamination. They are extremely stable and moderately heat-resistant compounds that remain almost intact and unchanged after food processing. Nowadys implementation of novel technologies for inhibiting the growth of fungi and mycotoxin production with improving the processing and storage condition of agricultural product and using the physical, chemical, and biological decontamination techniques is a necessity. In this study gamma radiation has been evaluated for the control of fungi and mycotoxins presence in agricultural products .In the other hand, restrictive agents for irradiation process that itself influenced by different factors such as absorbed dose initial mycotoxin concentration or fungal load, the position in the irradiated system the amount of moisture and/or the presence in the irradiated system the amount of moisture and/or the presence of other matrix components were assayed furthermore the sensitivity of fungi to the irradiation that depends on strain characteristics, form and age of mould , identified. Recognition of these factors offer an appropriate procedure for minimizes harmful effects of mycotoxins on humans and animals life.

Keywords: Mould, Agricultural products, Fungi, Irradiation, Mycotoxins

مقدمه

درخواست همیشگی مصرف کنندگان استفاده از تکنولوژیهای پیشرفته، برای تهیه مواد غذایی سالم و ایمن‌تر در فرآیندهای تهیه مواد غذایی مورد نیازشان می باشد. ایمنی و سلامت مواد غذایی یکی ازچالش های عمده درتکنولوژی می باشد، اگر چه بسیاری از فرآیندها و مقررات حفاظت در حال حاضر برای کنترل میکروبیولوژیکی و شیمیایی مواد غذایی در دسترس می باشد. پرتودهی موادغذایی یکی از فناوری ها در میان بسیاری از فناوری های موجود است که به بهبود ایمنی مواد غذایی کمک می کند. پرتودهی موادغذایی یک روش فیزیکی برای فرآوری مواد غذایی است که با در معرض گذاشتن مواد غذایی با انرژی یونیزاسیون انجام می گیرد. این فرایند گاهی اوقات به نام "پاستوریزاسیون سرد " به دلیل غیر فعال نمودن میکروارگانیسمها در دماهای پایین بر خلاف پاستوریزاسیون حرارتی سنتی به دست می آید. با استفاده ازپرتودهی، ایمنی میکروبیولوژیکی مواد غذایی می تواند بهبود یافته و ماندگاری مواد غذایی در اکثر موارد بدون تغییر قابل ملاحظه ای در خواص تغذیه ای، شیمیایی و فیزیکی افزایش می یابد[۱].

مایکوتوکسین ها :

قارچ های رشته ای (Filamentous fungi) دسته بزرگی از میکروارگانیسم های یوکاریوتی که در محیط های بسیار متنوع می توانند زندگی کنند. بسیاری از آنها ساپروفیت هستند که مسئول فساد محصولات کشاورزی و غذا می باشند. ساپروفیت ها ممکن است مسئول فساد محصولات در مرحله قبل از برداشت باشند. با این وجود ساپروفیت ها همچنین ممکن است مسئول فساد مواد غذائی تازه باشند و باعث عدم پذیرش آنها به موجب رشد مشهود کپک روی این مواد غذائی باشند. به علاوه برخی از انواع قارچهای خاص که روی محصولات کشاورزی رشد میکنند، امکان دارد منجر به تولید مایکوتوکسین ها شوند. مایکوتوکسین ها جنبه پنهان آلودگی کپکی هستند چون کاملا فراتر از چرخه زندگی قارچ بر روی یا در داخل محصولات باقی می مانند. علاوه بر این مایکوتوکسین ها شدیدا ترکیبات ثابت و نسبتا مقاوم به گرما هستند که بعد از فرآوری مواد غذایی هم سالم باقی می مانند[۲]. مایکوتوکسین ها متابولیت های ثانویه قارچی هستند که در بسیاری از مواد غذایی گیاهی به خصوص غلات، میوه جات، آجیل، دانه ها و علوفه حیوانات هستند و برای انسان ها و حیوانات سمی هستند. وابسته ترین مایکوتوکسین ها برای سلامت غذایی افلاتوکسین ها (AFs)،اوکراتوکسین A (OTA)، پاتولین (patulin)، فومونیزین (fumonisins)، زرالنون zearalenone (ZEN) و تریکوتسین ها (trichothecenes) هستند. این مایکوتوکسین ها به وسیله برخی گونه های جنس های آسپرژیلوس (Aspergillus)، پنی سیلیوم (Penicillium) و فوزاریوم (Fusarium) تولید می شوند و ویژگی های سمی گوناگون دارند. این مایکوتوکسین ها ممکن است سرطان زا، جهش زا، تراتوژنیک ، سیتوتوکسیک ، نوروتوکسیک، نفروتوکسیک ، ایمونوسوپرسیو (سرکوب کننده ایمنی بدن) و یا استروژنیک باشند. به طور مثال، آفلاتوکسین ها شناخته شده ترین مایکوتوکسین ها هستند. آفلاتوکسین ها شدیدا سرطان زا بوده و برای سلولهای زنده سمی هستند و اصولا در بادام زمینی، ذرت، آجیل، ادویه و در شیر یافت می شوند. پاتولین (patulin) اصولا در ارتباط با میوه جات و سبزیجات تازه است. فومونیزین ها (fumonisins) که اصولا در ذرت و

محصولات غذایی بر پایه ذرت یافت می شوند به نظر می رسد باعث افزایش بروز سرطان مری و کبد در انسانها می شوند. زرالنون(ZEN) استروژنیک هستند. به مانند فومونیزین ها، زرالنون عمدتا مربوط به ذرت و محصولات غذایی بر پایه ذرت یافت می شوند. تریکوتسین ها (trichothecenes) گروه بزرگی از ترکیبات به هم پیوسته از لحاظ ساختارند. وابسته ترین تریکوتسین ها برای سلامت غذایی شامل سم T-2 ، سم HT-2، deoxynivalenol(DON) است. این ترکیبات اصولا در دانه های غلات یافت می شود و شدیدا برای پستانداران سمی هستند چون دامنه وسیعی از تاثیرات سمی را ایجاد می کنند مثل اختلالات گوارشی که با اسهال و استفراغ همراه است. بنابراین اگر حضور مایکوتوکسین ها در غذا و خوراک به طور صحیح کنترل نشود، امکان دارد مایکوتوکسین ها خطرات مهمی برای سلامت عمومی ایجاد کنند. در سطوح پایین، مایکوتوکسین ها ممکن است باعث خنثی شدن فعالیت های ایمنی و کاهش مقاومت نسبت به آلودگی در افراد شوند. در شرایط حاد ممکن است مایکوتوکسین ها باعث رشد تومورها و بیماری های مزمن در ارگانهای حیاتی و شیوع زیاد بیماری و مرگ زودرس بین انسانها و حیوانات شوند. بعلاوه مایکوتوکسین ها همچنین مسئول خسارات اقتصادی عظیم در تمام سطوح زنجیره تولید غذا هستند[۱].

پرتودهی به منظور جلوگیری از رشد کپک :

کپک ها یکی از عوامل عمده مشکلات فساد پس از برداشت هستند حضور کپک ها در غذا ممکن است نه تنها موجب کاهش در کیفیت و کمیت شود بلکه ممکن است موجب آلودگی با مایکوتوکسین ها شود که در پی آن مشکلات سلامتی مهمی ایجاد می شود. پرتودهی می تواند با هدف مستقیم حذف یا کاهش حضور کپک ها و هاگ ها ی کپک ها در غذاها و خوراکی ها برای افزایش مدت زمان ماندگاری و سلامت آنها مورد استفاده قرار گیرد. با این حال کاربرد این تکنولوژی برای اهداف دیگر می تواند به طور غیر مسقیم به کنترل آلودگی با کپک ها و در نتیجه با مایکوتوکسین ها کمک کند[۵]. برای مثال این امر که دانه های آسیب دیده توسط حشرات بیشتر در معرض رشد کپک و تجمع مایکوتوکسین ها هستند، امری شناخته شده است چون حشرات اسپورهای قارچی را حمل می کنند و یکپارچگی دانه ها و بافت های گیاهی را به خطر می اندازند و ورود و دستیابی به مواد مغذی ریشه های قارچی و در نتیجه رشد قارچی را تسهیل می کنند. بنابراین حذف آفات حشرات از محصولات کشاورزی از طریق پرتودهی می تواند به طور غیرمستقیم تاثیر ممانعتی مثبتی روی کاهش آلودگی قارچی و سطوح مایکوتوکسین در محصولات تیمار شده داشته باشد. با این وجود مهم است که پرتودهی دفع حشرات در دانه ها باید با روشهای نگهداری خوب دانه ها همراه باشد که به موجب آن همچنین بتوان مانع تولید مایکوتوکسین ها به هنگام انبارکردن باشد. با در نظر گرفتن تاثیر مستقیم پرتودهی روی کپک ها ی وابسته به مواد غذایی و مواد خوراکی، گزارش های بسیاری در نوشته ها در دسترس اند که تاثیر آن را به خصوص روی ادویه جات و سبزی های خشک شده که بیشترین مواد غذایی پرتودهی شده در سطح جهان هستند را ارزیابی می کنند[۸].

پرتودهی به منظور کاهش بار قارچی در ادویه جات و چاشنی ها

تحقیقی در رابطه با ارزیابی تاثیر پرتودهی گاما بر روی بار قارچی در فلفل های قرمز توسط Iqbal و دیگران (۲۰۱۳) صورت گرفت و بدین نتیجه رسیدند که دزهای پرتودهی ۶ کیلوگری برای کاهش بار قارچی به میزان 5logs کافی بودند. بر اساس این تحقیق کاهش قابل توجهی از بار قارچی در ادویه جات و چاشنی ها فقط از طریق سطوح پرتودهی بالای ۵ کیلوگری قابل حصول است[٤]. در این مورد، سطوح بالای پرتودهی به نظر نمی رسد که روی کیفیت محصولات تاثیر بگذارد چون تغییراتی در ترکیبات فرار و تضعیف خاصیت های آنتی اکسیدان در سطوح پرتودهی ۱۰ کیلوگری یا حتی ۳۰ کیلوگری توسط چندین محقق و توسط Alam و Abrahem (۲۰۱۰) بررسی شده و به دست نیامده است. بنابراین پرتودهی ادویه جات می تواند به طور گسترده به عنوان جانشین بسیار خوب برای دود دهی با گازهایی مثل اتیلن، اکسید پروپلین یا متیل بروماید مورد استفاده قرار گیرد که بقایای شیمیایی (برای مثال اتیلن کلرو هیدرین و اتیلین بروهیدرین) بر جای می گذارند که احتمال می رود زیان بار باشند. طبیعت خشک این محصولات ممکن است عاملی باشد که به مقاومت زیاد آن به در برابر پرتوهای یونیزان کمک می کند[۱].

پرتودهی به منظور کاهش بار قارچی محصولات دانه ای ، حبوبات و خوراک دام و طیور

D´ Ovidio و دیگران (۲۰۰۷) دریافتند که در ذرت آسیاب شده و ذرت کامل (آسیاب نشده) به ترتیب دز پرتودهی ۳۰ و ۱۰۰ کیلوگری برای غیر فعال سازی کامل در گونه آسپرژیلوس ، پنی سیلیوم و فوزاریوم لازم دارند و کاهش عمده ای در بار کپک ها به ترتیب با دزهای پرتودهی ۱۰ و ۳۰ کیلوگری مشاهده شد[۲]. Webb و دیگران (۱۹۵۹) دریافتند که دزهای پرتودهی بین ۲/۵ و ۱۰ کیلوگری برای جلوگیری از رشد کپک ها در ذرت به هنگام انبارسازی کافی بود و دز مورد نیاز با محتوای رطوبت ذرت افزایش می یافت. در این تحقیق، کپک هایی که نیاز به سطوح رطوبت بالاتری برای رشد داشتند مقاومت بیشتری نسبت به پرتودهی گاما نشان دادند[۱۰] . به طور مشابهی Ferreira- Castro و دیگران (۲۰۰۷) گزارش دادند که درصد های بقاء فوزاریوم در ذرت پرتودهی شده با دز های ۲، ۵ و ۱۰ کیلوگری به ترتیب ۳۶، ۶ و ۰ درصد بودند، بنابراین دز ۵ کیلوگری در واقع می تواندر ممانعت از آلودگی ذرت به این گونه قارچی مشارکت کند. همچنین ملاحظه شد که دز پرتودهی ۱/۵ کیلوگری جمعیت قارچی ذرت را تا ۴۰ درصد و ۴۴ درصد بسته به محتوای رطوبت ذرت که در این نمونه به ترتیب ۳۵ و ۳۴ درصد بود را کاهش می دهد[۳]. Riberio و دیگران (۲۰۰۹) تاثیر پرتودهی گاما را روی فلور قارچی مواد غذایی ماکیان مورد مطالعه قرار داد. حذف کامل بقاء کپک در ۸ کیلوگری مشاهده شد. با این وجود آسپرژیلوس پارازیتیکوس و آسپرژیلوس فلاووس مقاوم ترین کپک ها نسبت به پرتودهی بودند که ممکن است باعث بروز نگرانی هایی در رابطه با ایمنی شوند چون این گونه ها تولیدکننده آفلاتوکسین هستند[۸]. در مقابل paster و دیگران (۱۹۹۱) گزارش

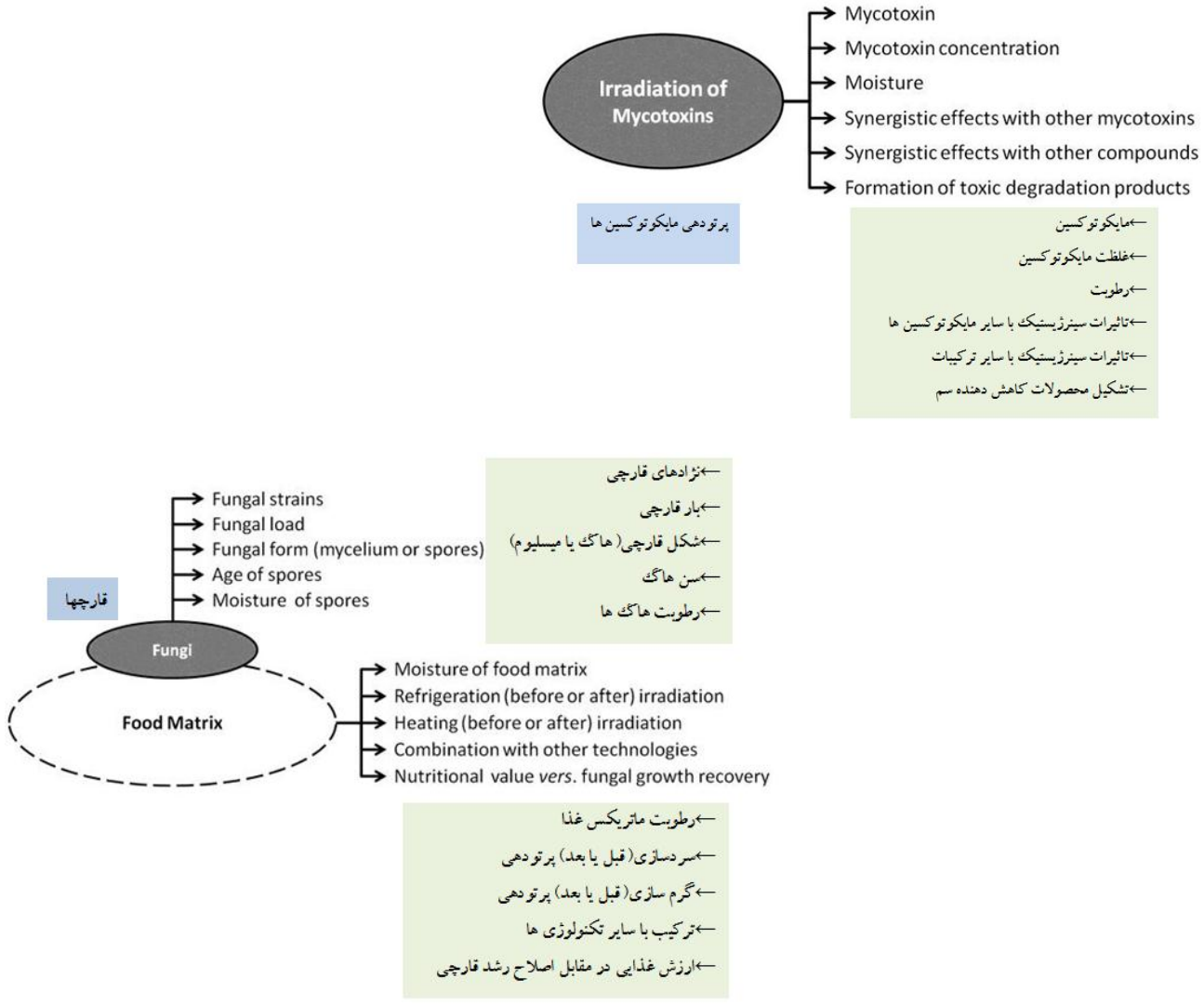
دادند که دزهای پرتودهی ۷ تا ۱۰ کیلوگری رشد قارچی را بخصوص در دانه های غذایی با میزان رطوبت کم به تاخیر انداختند ولی کاملا مانع آلودگی کپکی محصول نشد[٦].

پرتودهی برای کنترل مایکوتوکسین ها

چون مایکوتوکسین ها شدیدا سمی هستند، باید میزانشان در غذا و خوراک هرچه قدر از لحاظ تکنولوژی ممکن است پایین بیاید. پرتوهای یونیزان از جمله تکنولوژی هایی است که می تواند به این هدف کمک کند. اولا عملکردش روی بقاء کپک در جلوگیری از رشد قارچی و در نتیجه تولید مایکوتوکسین ها در محصولات شرکت دارد. ثانیا پرتوهای یونیزان می تواند تحت شرایط خاص عملکرد مستقیمی روی مایکوتوکسین ها داشته باشد و در حذف آنها مشارکت کند. این موضوع به طور گسترده‌ای به ویژه در رابطه با آفلاتوکسین B1 مورد بررسی قرار گرفته است. با این وجود این اثر همیشه مورد توافق نیست چون برخی گزارش ها کاهش های قابل توجهی را در برخی مایکوتوکسین ها از طریق پرتودهی بیان می کند در حالی که سایرین ادعا دارند که پرتودهی اصلا موثر نیست.

Van Dyck و دیگران (۱۹۸۲) میزان حساسیت نسبت به پرتودهی آفلاتوکسین B1 را در محیط های مرطوب مطالعه کردند و نشان دادند که دز پرتودهی مشابهی می تواند فقط ۳۴ درصد از مایکوتوکسین را حذف کند. همچنین مولفان مشاهده کردند که افزایش دزهای پرتودهی می تواند مقادیر در حال افزایش آفلاتوکسین B1 تا تخریب کاملشان در ۲۰ کیلوگری از بین ببرند. با این وجود وقتی غلظت آفلاتوکسین B1 پنجاه بار افزایش یافت، تاثیر پرتو گاما به طرز قابل توجهی پایین بود و نشان داد که غلظت مایکوتوکسین فاکتور تعیین کننده ای در زمینه حصول درصد های حذفی مطلوب است[۹]. Patel و دیگران (۱۹۸۹) تاثیرات کمکی را بین هیدروژن پروکسید و پرتودهی گاما روی حذف آفلاتوکسین B1 در محلولهای آبی بررسی نمودند. در حضور پروکسید هیدروژن ۵ درصد این مولفان مشاهده کردند که دز ۱ کیلوگری می تواند ۵۰ میکروگرم از آفلاتوکسین B1 را حذف کند و دز ۴ کیلوگری می تواند ۱۰۰ میکروگرم آن را حذف کند. همانطور که مشاهده کردیم آفلاتوکسین B1 در محلول می تواند بطور موثری با استفاده از پرتودهی گاما کاهش یابد و سم زدایی شود. به احتمال زیاد این کاهش به واسطه رادیکال های اکسیداتیوی صورت گرفته است که از رادیولیز آب نشات می گیرند چون آفلاتوکسین B1 در محیط خشک بیشتر از آفلاتوکسین B1 در محیط محلول نسبت به پرتودهی مقاوم است. این امکان وقتی پرتودهی برای غذا و محصولات خوراکی با هدف حذف مایکوتوکسین ها صورت می پذیرد می تواند فاکتور محدود کننده ای باشد[۷]. Jalili و دیگران (۲۰۱۲) تاثیر پرتودهی گاما را روی میزان آفلاتوکسین و اکراتوکسین A بر روی فلفل مورد مطالعه قرار دادند. بیشترین کاهش در سطوح مایکوتوکسین ها (۳۵ تا ۵۵ درصد بسته به مایکوتوکسین) در فلفل ها با بالاترین میزان رطوبت (۱۸ درصد) مشاهده شد و در ۳۰ کیلوگری پرتودهی شدند. مولفان همچنین مشاهده کردند که آفلاتوکسین B2 و G2 نسبت به آفلاتوکسین B1 و G1 بیشتر در برابر ژرتودهی مقاومند. اکراتوکسین A حساس ترین نسبت به پرتودهی بود[۵].

با در نظر گرفتن مطالعات صورت گرفته فاکتورهایی که باید برای فرایند پرتودهی قارچها و مایکوتوکسین ها در نظر گرفته شوند در شکل(۱) خلاصه گردیده است.



شکل (۱) : فاکتورهای موثر بر کنترل قارچ و مایکوتوکسین در طی فرآیند پرتودهی مواد غذایی

بحث و نتیجه گیری :

با وجود اینکه گزارشات متعددی در رابطه با تاثیر پرتو گاما روی قارچ و مایکوتوکسین ها در غذاهای مختلف هست، به طور کلی پرتودهی گاما می تواند به طرز قابل توجهی باعث افزایش امنیت غذا و خوراک دام و طیور از لحاظ تولید مایکوتوکسین شود. در واقع پرتودهی گاما تاثیر بازدارنده ای روی قارچ های تولید کننده مایکوتوکسین با بازداری یا به تاخیر انداختن رشد آنها و در نتیجه تولید مایکوتوکسین ها دارد و در شرایط مناسب پرتودهی گاما می تواند به طور مستقیم مایکوتوکسین ها را نابود کند. با این وجود پرتودهی باید فقط در ترکیب با عملیات تولید و ذخیره سازی بهینه برای جلوگیری از تکثیر قارچ های تولیدکننده مایکوتوکسین وتولید مایکوتوکسین های مربوط مورد استفاده قرار گیرد. همچنین مهم است که پرتودهی هیچگاه در کالاهایی که قبلا کپک زدند و آلوده به مایکوتوکسین ها هستند با هدف علاج کردن مشکل استفاده نشود. فرآیند رادیولیتیک تحت تاثیر فاکتورهای مختلفی بوده است مثل دزهای جذب شده، غلظت مایکوتوکسین اولیه یا بار قارچی، موقعیت سیستم پرتودهی، میزان رطوبت و یا حضور ترکیبات دیگر ماتریکس ماده غذایی. حساسیت قارچ به پرتودهی همچنین به ویژگی های نژادی. شکل های کپک (مسیلیوم یا هاگ)، محتوی رطوبت هاگ ها یا کالاهای اولیه، سن هاگ، ویژگی های کالا ، وجود دوره های سرد سازی یا گرم سازی قبل یا بعد از تیمار و به ترکیبات پرتودهی با سایر تکنولوژی ها بستگی دارد. قارچ با میسیلیوم های تبدیل شده و هاگ ها هم بیشتر از سایر ساختارها نسبت به تشعشع مقاوم هستند. کالا های با رطوبت بالا ممکن است پس از پرتودهی اگر غیر فعال سازی کامل نشده باشد ترمیم قارچ را تسهیل کند. بار قارچی ممکن است اساسا با سطوح پرتودهی ۵ کیلوگری یا بالاتر کاهش یابد با این وجود اگر محصولات قبلا با آب داغ تیمار شده باشند دزهای پرتودهی کمتر می توانند موثر باشند. سویه های قارچی پرتودهی شده گاهی اوقات مایکوتوکسین بیشتری نسبت به سویه های اصلی تولید می کنند با این وجود انبارسازی مناسب پس از پرتودهی می تواند رشد مقادیر قارچ های باقی مانده را به حداقل برساند. مایکوتوکسین های در محیط های خشک شدیدا نسبت به تشعشع مقاومند، در حالی که در محیط مرطوب مایکوتوکسین ها نسبت به پرتودهی حساس اند. رادیکال های اکسیداتیو که از رادیو لیز آب نشات می گیرند مسئول این کاهش هستند. ترکیب پرتودهی گاما با سایر تیمارها می تواند تجزیه مایکوتوکسین ها را بهبود بخشد(برای مثال استفاده از پراکسید هیدروژن، بی کربنات آمونیوم یا شرایط رطوبت بالا). در حالت کلی دزهای بالای ۱۰ کیلوگری برای حذف مقدار قابل توجهی از میکوتوکسین ها در ماتریکس غذایی مورد نیاز هستند.

مراجع:

[1]Alam KK, Abrahem M, " Effect of ir radiation on q uality of spices". I ntl Food Res J 17:825–36(2010).

[2]D'Ovidio KL, Tr ucksess MW, Devr ies JW, Bean G, " Effects of ir radiation on in corn, and of microwave-popping on fumonisins in f ung i a nd fumonisin B1 popcorn". Food Addit Contam 24:735–43(2007).

[3]Ferreira-Castro FL, Aquino S, Greiner R, Ribeiro DHB, Reis TA , Corr ˆ ea B, " Effects of gamma radiation on maize samples contaminated with *Fusar i umver ticillioides*" A ppl Radiat Isotopes 65:927–33(2007).

[4]Iqbal SZ, Bhatti IA, A si MR, Z uber M, Shahid M, Pa r veen I, " Effect of γ-irradiation on fungal load and a flatoxins re duction in red chillies" Radiat Phys Chem 82:80–4(2013).

[5]Jalili M, Jinap S , N oranizan MA. , " Aflatox ins a nd ochratox in A re duction in black and white pepper by gamma radiation". Radiat Phys Chem 81:1786–8(2012).

[6]Paster N, Bar t ov I, Menasherov M, Pa dova R, Ross I ," Efficacy of gamma-ir r adiation in preventing moldiness and p re ser ving t he nutr itional-va lue of cor n g rain for b roiler chicks". Poultr y S ci 70:823–9(1991).

[7]Patel UD, Govindarajan P, Dave PJ," Inactiva tion of aflatox in B1 by using t he synerg istic e ffect of hydrogen peroxide and gamma radiation. " Appl Environ M icrobiol 55:465–7(1989).

[8]Ribeiro JMM, Cava glier i LR, Vital HD, Kr uger C D, Rosa CA D," Gamma radiation on t he mycoflora of p oultr y feed and *Aspergillus* species" Cien Rural 39:1452–8(2009).

[9]Van Dyck P J, Tobback P, Feye s M, van de Voorde H," Sensitivity of aflatoxin B1 to ionizing radiation" Appl Environ Microbiol 43:1317–9(1982).

[10]Webb BD, T hier s HD, Richardson LR," Studies in feed spoilage: inhibition of mold g rowth by gamma radiation" Appl Microbiol 7 :329– 33(1959).