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)

کاربرد اشعه UV در از بین بردن آفلاتوکسین‌ها

فرهاد پیرزاد
دانشجوی دکتری فیزیولوژی پس از برداشت، گروه علوم باغبانی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
pirzadfarhad93@gmail.com

چکیده: تابش اشعه ماوراء بنفش (UV) به‌عنوان یک روش غیر گرمایی محسوب شده که به‌طور گسترده‌ای به منظور عمل ضد عفونی در صنایع غذایی استفاده می‌شود. همچنین از این اشعه می‌توان برای کاهش آفلاتوکسین‌های موجود در مواد غذایی استفاده کرد که سبب کاهش هزینه‌ها شده و کمترین عوارض را بر جای می‌گذارد. استفاده از این روش سبب به حداقل رساندن از دست دهی کیفیت شامل عطر، طعم، رنگ و ارزش غذایی می‌شود. در این مقاله به بررسی اثر سمیت زدایی اشعه UV بر آفلاتوکسین‌ها و ارزیابی مواد غذایی از لحاظ ارزش غذایی و سلامت بعد از عمل تابش می‌پردازد. تابش UV به‌طور موثر می‌تواند سبب کنترل قارچ افلاتوکسی‌ژنیک و کاهش متابولیت‌های آن‌ها، یعنی آفلاتوکسین شود. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که طول موج و شدت تابش اشعه ماوراء بنفش، زمان در معرض قرار گرفتن، میزان رطوبت مواد غذایی، نوع آفلاتوکسین، پ‌هاش، قطر و ضخامت مواد غذایی، به‌طور قابل توجهی در سیمت‌زدایی UV تاثیرگذار است. انتظار می‌رود که تحقیقات کاربردی و تجهیزات جدید پرتودهی در آینده صورت گیرد.

واژگان کلیدی: اشعه UV، آفلاتوکسین، پرتودهی، مواد غذایی

Application of UV radiation to destroy aflatoxins

Farhad pirzad
P.h.D student, Department of Horticultural Science, University of Tehran, Karaj, Iran
pirzadfarhad93@gmail.com

Abstract: UV irradiation as a non-thermal technology is vastly applied in the food industry for detoxification. It also can be used to humiliate aflatoxins in foods because of its low cost, without residues, and reducing the loss of quality in terms of flavor, color and nutritional value. This article reviews the UV irradiation disinfection efficiency of aflatoxins in foods and their safety after being irradiated. UV irradiation can efficiently protect aflatoxigenic fungi, and reduced their metabolites, namely aflatoxins. Some researches suggest that UV wavelength, irradiation intensity, reveal time, moisture contents of foods, types of aflatoxins, pH and thickness of foods, significantly affect UV disinfection efficiency. The practical studies and advanced tools development in UV detoxification will be the focus points in the future.

Keywords: UV radiation, aflatoxins, irradiation, Foodstuffs.

مقدمه

آفلاتوکسین‌ها متابولیت‌های ثانویه تولید شده توسط سه گونه از قارچ آسپرژیلوس[۱]، یعنی *A. Flavus* ، *A. Parasiticus* و *A. Nomius* هستند که به‌شدت سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا هستند، و در گونه‌های پستانداران سبب سرکوب سیستم ایمنی بدن آن‌ها می‌شوند. از زمانیکه آفلاتوکسین‌ها کشف شدند، بشر درصدد جستجوی روش‌هایی برای جلوگیری یا کنترل آن‌ها برآمده است. بدین منظور روش‌های مختلفی استفاده شده است که شامل روش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است [۱]. یکی از این روش‌ها، پرتودهی UV است که سبب ضدعفونی مواد غذایی شده و روش بسیار مفیدی است که از لحاظ اقتصادی هم به صرفه می‌باشد.

اثر سمیت زدایی UV بر آفلاتوکسین‌ها

شرایط پرتودهی UV بر روی مواد غذایی مختلف و اثرات سمیت‌زدایی آن در جدول ۱ آورده شده است. سالهاست که به‌عنوان یک روش فیزیکی موثر جهت تخریب آفلاتوکسین‌ها استفاده می‌شود. کاهش آفلاتوکسین‌ها در روغن نارگیل به‌وسیله نور خورشید در شرایط محیطی و آزمایشگاهی گزارش شده است [۲]. لیو[۲] و همکاران (۲۰۱۱) [۳] اعلام کردند که تیمار روغن بادام زمینی با اشعه UV به‌مدت ۲ ساعت حدود ۴۵-۴۰ درصد آفلاتوکسین‌های اولیه موجود در روغن را تخریب کرد. آفلاتوکسین B_1 (AFB_1) در روغن بادام زمینی تحت اشعه $\mu w/cm^2$ ۸۰۰ به‌مدت ۳۰ دقیقه کاملاً تخریب شد. استفاده از راکتورهای نوری ۳۶۵ نانومتر و ۳۶ وات سبب تجزیه و کاهش ۸۶ درصدی آفلاتوکسین B_1 شد [۴]. تابش UV به مدت ۲۰ دقیقه در ۲۵ درجه سانتی‌گراد سبب کاهش ۶۰/۷ درصدی آفلاتوکسین M_1 در شیر شد [۵]. همچنین پرتودهی نور UV بر روی ماهی‌های خشک شده آلوده به AFB_1 حدود ۴۵/۷ درصد سمیت را کاهش داد [۶]. اشعه UV با طول موج ۳۶۵ نانومتر بعد از ۶۰ دقیقه بر روی پودر فلفل قرمز حدود ۸۷/۸ درصد میزان آفلاتوکسین را کاهش داد [۷].

[۱] Aspergillus

[۲] Liu

جدول ۱: اثرات تابش UV بر میزان کاهش آفلاتوکسین‌های موجود در مواد غذایی در شرایط مختلف پرتودهی

نوع آفلاتوکسین و غلظت آن	محصولات	شرایط مختلف پرتودهی UV					میزان کاهش در آفلاتوکسین	منبع
		طول موج (nm)	شدت	زمان (دقیقه)	دما (°C)	ضخامت غذا (cm)		
AFB_1 (0.05, 0.2, 2 mg/kg)	روغن بادام زمینی	۲۲۰-۴۰۰	۸۰۰ $\mu w/cm^2$	۳۰	۸±۱	<۱	۱۰۰ درصد	[۳]
AFB_1 (20.0 nmol/100 g powder)	پودر فلفل قرمز	۳۶۵	-----	۳۰ و ۶۰	دمای اتاق	۳۰	۷۷ و ۸۷/۸ درصد	[۷]
AFB_1 (26.60e46.78 mg/kg,	گردو،بادام، پسته،بادام زمینی	۲۶۵ و رطوبت ۱۰ درصد	J/m^2 ۱۰۸	۴۵	دمای اتاق	-------	۸۷/۷۶-۹۶/۴۹	[۹]
AFM_1 (1 mg/kg)	شیر	۳۶۵	----	۲۰	۲۵	۱	۸۹/۱	[۵]
AFB_1 (250 mg/kg)	ماهی خشک	-----	-----	۳۰	۲۵	-----	۴۵/۷	[۶]
AFB_1 (51.96 mg/kg)	روغن بادام زمینی	۳۶۵	۶/۴ mw/cm^2	۱۰	دمای اتاق	<۳	۸۶/۰۸	[۴]
AFB_1 (166e1250 mg/kg)	روغن نارگیل	۳۶۵	۱۰ cal/cm^2	۱۰	دمای اتاق	۱/۶	۷۵	[۸]

آفلاتوکسین G_2 (AFG_2) در خشکبارها توسط اشعه UVC در طول موج ۲۶۵ نانومتر بعد از ۱۵ دقیقه کاملاً از بین رفت، همچنین آفلاتوکسین G_1 موجود در بادام و پسته در اثر تابش، به میزان ۱۰۰ درصد کاهش پیدا کرد. همچنین بعد از ۴۵ دقیقه میزان AFB_1 یک کاهش حداکثری ۹۶/۵ درصدی در بادام و پسته داشت [۹]. آتالا[۱] و همکاران (۲۰۰۴) [۱۰] گزارش کردند که آفلاتوکسین‌های موجود در دانه‌های گندم در اثر در معرض قرار گرفتن طول موج ۲۵۴ نانومتر و طول موج بلند

[۱] Atalla

۳۶۲ نانومتر به‌مدت ۳۰ دقیقه از بین رفتند. بنابراین آفلاتوکسین‌ها می‌توانند به‌طور موثری به‌وسیله اشعه UV کاهش یابند و اثر کاهشی آن در شرایط مختلف تابش، متفاوت است.

سلامت غذا بعد از پرتوتابی UV

اکثر مطالعات تایید کننده این مطلب است که بعد از پرتوتابی غذاها با UV، سمیت آفلاتوکسین‌ها در آن‌ها کاهش می‌یابد و یا حتی از بین می‌رود [۲]. بقایای AFB_1 در روغن نارگیل بعد از پرتوتابی UV ($800\ \mu w/cm^2$ به‌مدت ۳۰ دقیقه) از بین رفت [۳]. آن‌ها همچنین سمیت AFB_1 در آب آشامیدنی و روغن بادام زمینی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که سمیت در آب آشامیدنی و روغن بادام زمینی به ترتیب حدود ۴۰ و ۱۰۰ درصد کاهش یافتند. نتایج آن‌ها نشان داد که آب بعد از پرتودهی AFB_1 کمتری دارد و روغن بادام زمینی تقریباً هیچ سمیتی ندارد [۱۱]. تریپاتی و میشرا[۱] (۲۰۱۰) [۷] دریافتند که بعد از تیمار UV، ساختار مولکولی AFB_1 تغییر می‌یابد که منجر به تحریک رشد حداکثری باکتری‌ها یا به حداقل رساندن درصد جلوگیری از رشد آن‌ها می‌شود. هر چند گاوید[۲] (۲۰۱۰) [۱۲] اعلام کرد که محصولات فتو اکسید شده‌ی AFB_1 سلول‌های سمی را در میمون آفریقایی افزایش داد. دلیل تضاد این نتیجه با نتایج قبلی هنوز مشخص نیست. اکثر ارزیابی سلامت غذا بعد از پرتوتابی از نظر آفلاتوکسین‌ها، بر اساس آزمون Ames، و بررسی اندام‌ها و جنین‌های حیوانات صورت گرفته است. برای اطمینان از سلامت غذاهای پرتوتابی شده، باید در آینده تحقیقات بیشتری بر روی حیوانات انجام گیرد.

اثر تابش UV بر کیفیت غذا

استفاده از شرایط مختلف تیمار UV دلیلی بر تغییرات نامطلوب بر روی کیفیت تغذیه‌ای مواد غذایی نمی‌باشد[۱۳]. اشعه UV سبب اکسید شدن رادیکال‌های آزاد و رادیکال‌های لیپیدی، رادیکال‌های سوپر اکسید و H_2O_2 می‌شود که منجر به جدا شدن اتصالات کربوهیدرات و پروتئین و پروکسیده شدن اسیدهای چرب غیر اشباع می‌شود. بنابراین وقتی نور UV در سطوح بالا به‌کار می‌رود تغییرات فاحشی در ترکیبات شیمیایی غذا ایجاد شده و کیفیت محصول کاهش می‌یابد [۱۴]. هر چند نتایج دیگر نشان می‌دهد که اشعه UV نمی‌تواند اثر نامطلوبی داشته باشد، به‌خصوص اگر اشعه UV در سطوح متوسط به‌کار رود. بعد از در معرض قرار گرفتن پودر فلفل قرمز در برابر اشعه UV به‌مدت ۳۰ دقیقه، تغییرات اندکی در کیفیت آن دیده شد، با این حال به‌طور معنی‌داری میزان آسکوربیک اسید و کاروتن آن کاهش یافت [۷]. در این آزمایش نمونه‌هایی که به‌مدت ۱۰ دقیقه با اشعه UV تیمار شدند، میزان اسید و پروکسیداز در آن‌ها اندکی افزایش پیدا کرد در حالیکه اسیدهای چرب غیر اشباع تخریب شد. علاوه بر این ویتامین C یکی از ویتامین‌های حساس به نور در میوه‌ها و سبزی‌های مختلف است که توسط اشعه UV کاهش می‌یابد [۱۵]. بنابراین بهینه‌سازی سمیت زدایی اشعه UV الزامی است و باید به درستی صورت گیرد تا اینکه از سلامت غذاها و حفظ کیفیت‌شان اطمینان حاصل کرد.

[۱] Tripathi & Mishra

[۲] Gawade

عوامل تاثیر گذار در سمیت زدایی آفلاتوکسین‌ها به‌وسیله اشعه UV

طول موج تابش

سه ناحیه نور UV در اسپکتروم مگنتیک وجود دارد به نام‌های UVA (۴۰۰-۳۱۵ نانومتر) UVB (۳۱۵-۲۸۰ نانومتر) و UVC (۲۸۰-۲۰۰ نانومتر). در بین این سه ناحیه، UVA بیشترین نفوذ را داراست. UVC اغلب برای کنترل پاتوژن‌های غذایی و میکرواورگانیزم‌های بیماری‌زا از طریق صدمه به قسمت DNA میکرواورگانیزم‌ها برای سلامتی غذا و افزایش عمر پس از برداشت محصولات کشاورزی استفاده می‌شود. در برخی از تحقیقات از اشعه UVC (۲۶۵-۲۵۴ نانومتر) برای جلوگیری از زنده ماندن قارچ *A.parasiticus* و دیگر قارچ‌های آفلاتوکسین و کاهش معنی‌دار تولید آفلاتوکسین در غذاها استفاده می‌شود [۹]. در حالیکه استفاده از UVA (۳۶۵-۳۶۲ نانومتر) اثر کاهشی کمتری بر روی آفلاتوکسین‌های موجود در غذاها دارد [۷]. دیگر نتایج نشان می‌دهد که اثرات بازدارندگی UVC (۲۵۴ نانومتر) بر روی تولید آفلاتوکسین بهتر از UVA (۳۲۶ نانومتر) بود. در حالیکه در تحقیقات دیگر اشعه UVA (۳۶۵ نانومتر) در کاهش AFB_1 موجود در روغن بادام زمینی نسبت به UVC (۲۵۴ نانومتر) بهتر بود. علاوه بر این نتایج متناقض در دو تحقیق بالا که ذکر شد ممکن است در نتیجه شرایط آزمایشگاهی مختلف و حالت محصولات تابش یافته (مثل جامد یا مایع) باشد.

معمولاً، از اشعه UVC برای کنترل آفلاتوکسین‌ها استفاده می‌شود که اینکار را از طریق جلوگیری از رشد قارچ آفلاتوکسین انجام می‌دهد. تابحال گزارش نشده است که UVB برای سمیت‌زدایی آفلاتوکسین‌ها در غذاها استفاده شده باشد، زیرا نفوذپذیری و انرژی ضعیفی دارد.

زمان تابش

زمان تابش یکی از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار در سمیت‌زدایی UV بر روی آفلاتوکسین‌ها می‌باشد. معمولاً میزان کاهش در سطوح آفلاتوکسین با افزایش زمان در معرض قرار گرفتن UV متناسب است. با افزایش در معرض قرار گرفتن خشکبارها با اشعه UV میزان آفلاتوکسین‌های AFB_1، B_2، G_1، G_2 و آفلاتوکسین‌های کل کاهش معنی‌داری داشته است [۹]. زمان تابش باید در یک محدوده‌ی صحیحی انجام شود تا اینکه کیفیت غذاهای تابانده شده حفظ شود. به‌طور معمول، سمیت‌زدایی آفلاتوکسین در مدت زمان ۶۰-۱۰ دقیقه می‌تواند به حالت و ضخامت مواد غذایی، طول موج و شدت UV و سطوح آلوده بودن آفلاتوکسین‌ها و غیره بستگی داشته باشد [۱۶].

شدت تابش

شدت تابش یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تاثیرگذار در اثرات سمیت‌زدایی UV بر روی آفلاتوکسین‌ها می‌باشد. در مدت زمان مشابه تابش، اثرات تغییرات مولکولی اجزای داخلی محصولات مختلف با افزایش شدت UV، افزایش می‌یابد. تحت طول موج و شدت مساوی نور UV، شدت تابش رابطه نزدیکی با فاصله نوری بین منبع نور تا سطح مواد غذایی تابش دیده شده دارد، بنابراین اکثر محققان شدت تابش را بر اساس فاصله نوری تنظیم می‌کنند [۱۱]. لیو همکاران (۲۰۱۱) [۳] با تنظیم

فاصله نوری، تابش‌های ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ $\mu w/cm^2$ اشعه UV را بهترین محدوده برای پرتودهی مواد غذایی اعلام کردند. میزان سمیت‌زدایی AFB_1 توسط اشعه UV به‌صورت: ۸۰۰>۴۰۰>۲۰۰ $\mu w/cm^2$ می‌باشد. میزان AFB_1 در روغن بادام زمینی تیمار شده با شدت ۸۰۰ $\mu w/cm^2$ به‌مدت ۳۰ دقیقه به‌طور کامل کاهش یافت در حالیکه در شدت‌های ۴۰۰ و ۲۰۰ $\mu w/cm^2$ حدود ۸۵ و ۷۹ درصد به ترتیب کاهش یافت. با این حال شدت‌های بالای تابش UV، دلیل اصلی کاهش کیفیت مواد غذایی است، بنابراین باید در میزان شدت و زمان تابش تعادل ایجاد کرد تا از کیفیت و سلامت غذاهای تابش داده شده مطمئن بود.

نوع آفلاتوکسین‌ها

در حال حاضر ۱۸ نوع مختلف آفلاتوکسین شناسایی شده و اجزای اصلی آن AFB_1، B_2، G_1، G_2، M_1 و M_2 می‌باشد. ساختار شیمیایی مشابه‌ای دارند، آفلاتوکسین‌های مختلف حساسیت مختلفی به نور UV با طول موج‌های متفاوت دارند. AFB_1 تحت طول موج‌های مختلف اشعه ۲۲۲، ۲۶۵ و ۳۶۲ نانومتر UV، حداکثر جذب را در طول موج ۳۶۲ نانومتر دارد [۹]. AFB_1 با باند دوگانه C_{8-9} در حلقه‌ی انتهایی فوران شناسایی می‌شود که می‌تواند به‌وسیله نور UV در ۳۶۲ نانومتر شکسته شود. علاوه بر این AFB_2 و G_2 ساختار مشابهی در حلقه انتهایی فوران دارند که بدون باند دوگانه C_{8-9} هستند، که ممکن است به راحتی به‌وسیله UVC (خصوصاً در ۲۵۴ نانومتر) شکسته شوند. نتایج مختلفی توسط آتالا و همکاران (۲۰۰۴) [۱۰] و جوبین[۱] و همکاران (۲۰۱۲) [۹] گزارش شده است. هر چند باساران[۲] (۲۰۰۹) [۱۷] اعلام کردند که نور UV در طول موج ۲۵۴ نانومتر اثری بر AFG_2 و AFB_2 ندارد اما سبب کاهش معنی‌داری در میزان AFB_1 و AFG_1 می‌شود. این ممکن است در نتیجه اختلاف در آلودگی طبیعی در هنگام آنالیز نمونه‌های خشکبار و یا تنوع در طول موج منبع نوری باشد. بر اساس حساسیت‌های مختلف آفلاتوکسین‌ها به نور UV، انواع آفلاتوکسین‌ها در مواد غذایی آلوده باید ابتدا شناسایی شود و سپس طول موج مناسب UV که حداکثر جذب را دارد، انتخاب شود.

مقادیر رطوبت غذاهای تابش دیده

جوبین و همکاران (۲۰۱۲) [۹] اثرات تغییر مولکولی آفلاتوکسین‌ها را در خشکبار در دو سطح رطوبت ۳±۱۰ درصد و ۳±۱۶ درصد مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مشاهده کردند که تغییرات مولکولی آفلاتوکسین‌های کل (مثلاً AFG_1، B_1، B_2) با رطوبت نسبی ۳±۱۰ درصد بهتر از آن‌هایی بود که دارای رطوبت نسبی ۳±۱۶ درصد بودند که با نتایج آتالا و همکاران (۲۰۰۴) [۱۰] مطابقت داشت. علت این موضوع به‌دلیل افزایش رشد قارچ و تولید آفلاتوکسین توسط فاکتورهایی نظیر

[۱] Jubeen

[۲] Basaran

رطوبت نسبی بالا، دمای بالا می‌باشد. در تمام نمونه‌های خشکبار آنالیز شده، مقدار قارچ در سطح بالای رطوبت (۳±۱۶ درصد) در مقایسه با سطح رطوبت کم (۳±۱۰ درصد) بیشتر بوده است [۹].

سایر فاکتورها

ضخامت لایه مواد غذایی از موارد مهمی است که در هنگام پرتودهی باید به آن توجه کرد، تا تابش نور UV به داخل غذا نفوذ کند. بسته به خصوصیات نور UV فقط غذاهایی با ضخامت بالای چندین میلی متر قابل قبول می‌باشند. UV می‌تواند به راحتی از آب عبور کرده اما به سختی در شیر و غذاهای تیره نفوذ می‌کند، بنابراین غذاهای غیر شفاف (مات) و دارای دانه جهت تابش باید ضخامت کمتری داشته باشند [۳]. برای مواد غذایی که حالت مایع دارند، رنگ از جمله فاکتورهایی است که میزان نفوذپذیری UV را کاهش می‌دهد. علاوه بر این گزارش شده است که AFB_1 به تابش UV در پ‌هاش کمتر از ۳ یا بالاتر از ۱۰ حساسیت بالایی دارد [۱۸]. میزان AFM_1 با تغییر در پ‌هاش در رنج پ‌هاش ۷-۳ تحت تاثیر قرار نمی-گیرد.

نتایج

به‌عنوان یک روش استریلیزه غیر گرمایی، عمل پاستوریزه کردن UV به‌طور وسیعی در صنایع غذایی برای سلامتی غذا و افزایش عمر نگهداری استفاده می‌شود. تحقیقات اخیر در مورد اثرات سمیت‌زدایی UV بر روی آفلاتوکسین‌های موجود در غذاها، آن‌را به‌عنوان یک تکنولوژی مهم و بادوام برای کاربرد تجاری در صنعت غذا معرفی کرده است. تابش UV سبب تخریب باندهای دو گانه C_{8-9} در حلقه انتهایی فوران یا سبب باز شدن حلقه لاکتون در آفلاتوکسین AFB_1 می‌شود، که وجود این حلقه‌ها برای سمیت و فعالیت سرطان‌زایی ضروری است. اشعه UV بدون از دست‌دهی قابل محسوس در میزان کیفیت و مقدار ارزش غذایی محصولات مختلف، به‌طور معنی‌داری سمیت آفلاتوکسین‌ها را کاهش می‌دهد. در بین آفلاتوکسین‌های اصلی فقط نوع AFB_1 توسط محققان مورد مطالعه قرار گرفته است. مکانیسم‌های آفلاتوکسین‌های دیگر در آینده نیاز به بررسی بیشتر دارد هر چند که بیشتر آن‌ها ساختارهای شیمیایی مشابهی دارند. علاوه بر این، برای ارزیابی سلامتی آفلاتوکسین نوع AFB_1 و محصولات آن‌ها فقط آزمون‌های Ames و سیتوتوکسیتی انجام شده است. در حالیکه این آزمون‌ها کافی نیست. بنابراین باید حیوانات مختلف و بیشتری به‌منظور بررسی سمیت آفلاتوکسین مورد آزمایش قرار گیرند و به‌نظر می‌رسد یکی از موضوعات حیاتی و مهم است.

برای تایید اثر سمیت‌زدایی UV بر روی آفلاتوکسین‌های موجود در غذاهای مختلف، انتخاب طول موج، شدت تابش، زمان تابش، نوع آفلاتوکسین‌ها، مقدار رطوبت مواد غذایی و فاکتورهای دیگری که برای سلامت غذا مهم است، باید مورد بررسی قرار گیرد. معمولاً نور UV با انرژی پایین (UVA) برای تیمار مواد غذایی با سمیت کم انتخاب می‌شود و کیفیت مواد غذایی تابش دیده از بین نمی‌رود. UVC معمولاً برای کنترل رشد قارچ آفلاتوکسین استفاده می‌شود و از تولید آفلاتوکسین

در مواد غذایی جلوگیری می‌کند. جهت سمیت‌زدایی UV، مقدار رطوبت نسبی مواد غذایی باید کم باشد. علاوه بر این ضخامت مواد غذایی در هنگام تابش باید کم باشد تا نور UV به داخل آن نفوذ کند.

در حال حاضر اکثر مطالعات در مورد سمیت‌زدایی آفلاتوکسین‌ها در شرایط آزمایشگاهی محدود شده و به‌ندرت در محیط و بر روی گیاه استفاده می‌شود. به هر حال میزان تحقیقات عملی از تحقیقات تئوری رشد کمتری داشته که کاربرد این تکنولوژی در صنایع غذایی کمرنگ است. بنابراین برای افزایش کاربرد عملی، تحقیقات بیشتری باید در مورد سمیت‌زدایی UV انجام شود.

منابع

[1] C. Das, and H. N. Mishra, "Effect of aflatoxin B1 detoxification on the physicochemical properties and quality of ground nut meal", Food Chemistry. 70, 483-487 (2000).

[2] P. J. Andrellos, A. C. Beckwith, and R. M. Eppley, "Photochemical changes of aflatoxin B_1" Journal-Association Official Analytical Chemists. 50, 346-350 (1967).

[3] R. J. Liu, Q. Zh. Jin, J. H. Huang, Y. F. Liu, X. G. Wang, W. Y. Mao, et al, "Photodegradation of aflatoxin B1 in peanut oil", European Food Research and Technology. 232, 843-849 (2011).

[4] E. J. Diao, X. Zh. Shen, Zh. Zhang, N. Ji, W. W. Ma, and H. Zh. Dong, "Safety evaluation of aflatoxin B1 in peanut oil after ultraviolet irradiation detoxification in a photodegradation reactor", International Journal of Food Science and Technology. http:// dx.doi.org/10.1111/ijfs.12648 (2014).

[5] A. E. Yousef, and E. H. Marth, "Use of ultraviolet energy to degrade aflatoxin M1 in raw or heated milk with and without added peroxide", Journal of Dairy Science. 69(9), 2243-2247 (1986).

[6] T. Altug, A. E.Yousef, & E. H. Marth, "Degradation of aflatoxin B_1 in dried figs by sodium bisulfite with or without heat, ultraviolet energy or hydrogen peroxide", Journal of Food Protection. 53, 581-582 (1990).

[7] S. Tripathi, and H. N. Mishra, "Enzymatic coupled with UV degradation aflatoxin B1 in red chili powder", Journal of Food Quality. 33, 186-203 (2010).

[8] U. Samarajeewa, C. L. V. Jayatilaka, A. Ranjithan, T. V. Gamage, and S. N. Arseculeratne, "A pilot plant for detoxification of aflatoxin B1-contaminated coconut oil by solar irradiation", MIRCEN Journal. 1, 333-343 (1985).

[9] F. Jubeen, I. A. Bhatti, M. Z. Khan, Zahoor-Ul-Hassan, and M. Shahid, "Effect of UVC irradiation on aflatoxins in groundnut (Arachis hypogea) and tree nuts (Juglans

regia, Prunus duclus and Pistachio vera) ", Journal of the Chemical Society of Pakistan. 34(6), 1366-1374 (2012).

[10] M. M. Atalla, N. M. Hassanein, A. A. El-Beih, and Y. A. Youssef,. "Effect of fluorescent and UV light on mycotoxin production under different relative humidities in wheat grains. International Journal of Agriculture and Biology". 6(6), 1006-1012 (2004).

[11] R. J. Liu, Q. Zh. Jin, J. H. Huang, Y. F. Liu, X. G. Wang, X. L. Zhou, et al, "In vitro toxicity of aflatoxin B_1 and its photodegradation products in HepG2 cells", Journal of Applied Toxicology. 32, 276-281 (2012).

[12] S. P. Gawade, "Photodynamic studies on aflatoxin B_1 using UV radiation in the presence of methylene blue", Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research. 44(2), 142-147 (2010).

[13] U. Samarajeewa, A. C. Sen, M. D. Cohen, and C. I. Wei, "Detoxification of aflatoxins in foods and feeds by physical and chemical methods", Journal of Food Protection. 53, 489-501 (1990).

[14] A. Kolakowska, "Lipid oxidation in food systems", In Chemical and functional properties of food lipids (pp. 133e168). New York: CRC Press (2003).

[15] X. Zh. Shen, E. J. Diao, Zh. Zhang, N. Ji, W.W. Ma, and H. Zh. Dong, "Effects of UV-irradiation detoxification in a photodegradation reactor on quality of peanut oil", International Food Research Journal. 21(6), 2311-2314 (2014).

[16] E. Diao, X. Li, Zh. Zhang, W. Ma, N. Ji, and H. Dong, Ultraviolet irradiation detoxification of aflatoxins, Trends in Food Science and Technology. 42, 64e69 (2015).

[17] P. Basaran, "Reduction of Aspergillus parasiticus on hazelnut surface by UV-C treatment", International Journal of Food Science and Technology. 44(9), 1857-1863(2009).

[18] D. A. Lillard, and R. S. Lantin, "Some chemical characteristics and biological effects of photomodified aflatoxins", Journal of the Association of Analytical Chemists. 53, 1060-1063 (1970).