ضدعفونی کاغذ با استفاده از اشعه گاما، اشعه الکترونی و میکروویو*

نوشته: فرانسوا فلیدر، مالالا نایرینا راکوتو نایراینی،
مارتین لبروی و فابین فوهرر
ترجمه: فاطمه قدرتی**

چکیده:
در گذشته برای ضدعفونی کاغذ از اکسید اتیلن استفاده می‌کردند اما این گاز برای سلامت انسان‌ها خطرناک است. بنابراین بعضی از کشورها، بررسی روش‌های دیگر را آغاز کردند. ما در این مقاله بعضی از روش‌های فیزیکی مانند اشعه گاما، اشعه الکترونی و میکروویو را برای از بین بردن قارچ‌های مختلف سلولز در انواع کاغذ بررسی می‌کنیم. اشعه گاما به میزان ۳Kgy همراه با نیتروژن همه اسپورهای قارچ را در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۲۴ ساعت از بین می‌برد. این مقدار اشعه باعث انحطاط شیمیایی و فشار فیزیکی کاغذ می‌گردد. میزان اشعه الکترونی برای از بین بردن قارچ ۱۰Kgy تعیین گردید اما این مقدار باعث انحطاط شیمیایی کاغذ می‌شود. استفاده از این دو روش برای ضدعفونی کاغذ چندان رضایت بخش نمی‌باشد با این وجود این روش‌ها می‌تواند برای ضدعفونی چرم مفید باشد، زیرا چرم تحمل بیشتری در مقابل تابش دارد اما گرما و رطوبت مورد استفاده در درمان چرم مناسب نمی‌باشد. استفاده از اشعه میکروویو برای کاغذ مناسب تر است. ما با استفاده از دستگاه میکروویو می‌توانیم شرایط موثر و مناسب با توان ۶۰۰W تنظیم نماییم. نتایج نشان می‌دهد اشعه میکروویو برای از بین بردن اسپورهای قارچ بسیار مناسب است، به طوری که اثرات سوء فیزیکی و شیمیایی در کاغذهای مورد مطالعه، مشاهده نمی‌گردد. اما متاسفانه به دلیل ابعاد دستگاه، ما محدودیت داریم و از این روش برای اسناد کم حجم (قطر کم) استفاده می‌نماییم و در مقادیر حجم بالا، عملی نمی‌باشد.

مقدمه

درمان اسنادی که توسط قارچ ها و میکروارگانیسم‌ها آسیب دیده‌اند، بسیار پیچیده می‌باشد زیرا مستلزم تخریب کامل این عوامل، توسط روش‌های بی‌ضرر برای انسان، محیط و اسناد است. شاید بتوان به آسانی حشرات را به روش منجمد کردن و یا کاهش اکسیژن از بین برد اما مشکل از بین بردن قارچ‌ها هنوز باقی مانده است. در حال حاضر اتیلن اکساید تنها ترکیبی است که برای درمان اسناد موثر می‌باشد اما این ترکیب سمی است و استفاده از آن در بعضی از کشورها ممنوع شده است. بنابراین لازم است جایگزینی مناسبه انتخاب شود. ما فکر می‌کنیم روش‌های فیزیکی مناسب‌تر از روش‌های شیمیایی است زیرا به عنوان مثال پس‌مانده و باقیمانده مواد در کاغذ نمی‌ماند و محیط هم آلوده نمی‌شود. بررسی کنونی مربوط به استفاده از تابش‌های یونی (اشعه گاما، اشعه الکترونی) و میکروویو برای ضدعفونی می‌باشد.

اشعه گاما

اشعه گاما از امواج الکترومگنتیک است که طول موج آن بین ۱۰.۱۴.۱۰.۱۱ متر می‌باشد. این اشعه از شکافت هسته‌ای یک رادیو المنت (عنصر رادیویی) مانند کبالت ۶۰ (که در صنعت بسیار کاربرد دارد) یا سزیم ۱۳۷ به دست می‌آید. انرژی بالای این اشعه باعث شده قدرت نفوذ بالایی داشته باشد به طوری که اشعه می‌تواند باعث برانگیختن تغییرات در مواد تابش شده، گردد. زمانی که اشعه گاما به

* Francoise Flieder, Malalanirina Rakotonirainy, Martine Leroy Fabien Fohrer:
Disinfection of paper using Gamma Rays, Electron Beams, and Microwaves.
Biodeterioration of cultural property 3, proceeding of the 3rd international conference, July 4-7 (1995) Bangkok, Thailand. P 283-297

** کارشناس آزمایشگاه (سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران)

سلول زنده برخورد می‌کند مولکول DNA آسیب می‌بیند و اگر مقدار اشعه کافی باشد مرگ سلولی اتفاق می‌افتد. بنابراین این اشعه خاصیت حشره‌کشی، قارچ کشی و باکتری کشی دارد و اغلب در گندزدایی و استرلیزه کردن وسایل پزشکی، داروسازی و صنایع غذایی کاربرد دارد. مقدار اشعه برای از بین بردن حشرات ۰/۵ـ۱ KGy می‌باشد اما میکروارگانیسم‌ها مخصوصاً قارچ‌ها مقاوم‌تر هستند. علاوه بر این در یک گروه حساسیت رادیویی[1] کپک‌ها نسبت به لکه‌ها و اثرات باقیمانده متفاوت می‌باشند. دما، رطوبت، اکسیژن و تراکم اسپورهای اولیه، در واکنش موثر می‌باشد. بیش از ۳۰ سال قبل بعضی از محققین، استفاده اشعه گاما را برای یک مجموعه (کلکسیون) آزمایش کردند. تحقیقات اولیه در سال ۱۹۶۰ توسط بلیاکووا[2] شروع و سپس توسط بورس۳ در سال ۱۹۶۸ ادامه یافت.

مقدار ۴/۵ـ۵ KGy می‌تواند برای تخریب همه اسپورهای قارچ مناسب باشد. آنها همچنین دریافتند که دما با اشعه گاما ارتباط دارد. افزایش دما تا ۵ درجه سانتیگراد باعث کاهش میزان اشعه تا ۲Kgy می‌گردد بدون آنکه تغییر خاصی در درمان کاغذ مشاهده گردد. این بررسی‌ها نشان می‌دهد مقدار اشعه لازم برای از بین بردن میکروارگانیسم‌ها ۱۰ Kgy می‌باشد. در این شرایط مقاومت مکانیکی کاغذ هیچ تغییری نمی‌کند.

پاوُن فلورِس[3] در سال ۱۹۷۵ تخریب حدود ۳۰ نوع قارچ سلولولیتیک را به میزان ۱۸Kgy اشعه، سرعت متوسط $2Kgyh^{-1}$ در دما و رطوبت محدود بررسی نمودند. متاسفانه در این شرایط درمان کامل کاغذ مناسب نمی‌باشد زیرا مقاوما کاغذ به شدت کاهش می‌یابد.

جاستا[5] در سال ۱۹۹۲ با بررسی‌هایی که انجام داده مشاهده نمود اسنادی که در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد به مدت ۲۴ ساعت به میزان ۳-۲ Kgy قرار گرفته‌اند، می‌توانند ضدعفونی شوند. با این وجود عدم تاثیر این تکنیک در کاغذ هنوز مشخص نمی‌باشد و این خود یکی از دلایلی است که ما را تحریک می‌کند در این خصوص مطالعه نماییم.

اشعه الکترونی

اشعه الکترونی یا اشعه بتا از یک ذره شتاب دهنده به وجود می‌آید. اگرچه این اشعه انرژی کمتری نسبت به اشعه گاما دارد و نفوذ آن کمتر است اما بر کاغذ و قارچ موثر است. با این وجود درمان در جایی که اشعه متمرکز شده است کارایی بسیار خوبی دارد. بنابراین میزان اشعه باید زیاد باشد و اسناد می‌بایست به میزان کوتاه (چند ثانیه) در معرض اشعه قرار بگیرند. این روش به طور گسترده در صنایع شیمیایی، تغذیه و داروسازی (Icre، ۱۹۸۹) استفاده شده است. تاکنون مطلب زیادی در مورد استفاده از این اشعه در حفظ و نگهداری آثار فرهنگی چاپ نشده است.[6]

میکروویو

میکروویو تابش الکترومگنتیک غیریونی با طول موج یک متر تا یک میلی‌متر است. در طیف الکترومگنتیک، میکروویو در فرکانس رادیویی با طول موج بالاتر و اشعه مادون قرمز در طول موج کوتاه‌تر وجود دارد. فرکانس میکروویو بین ۳۰۰ مگاهرتز تا گیگاهرتز ۳۰ می‌باشد و بالاخره این که تنها فرکانس ۲۴۵۰ مگاهرتز در صنعت کاربرد دارد. میکروویو در صنایع غذایی و کشاورزی برای استرلیزه کردن و گندزدایی مایعات و ضدعفونی حبوبات و غلات استفاده می‌گردد. تاکنون تحقیقات کمی در مورد رفتار قارچ‌ها شده است.[7]

براندت و برتیود۸ (۱۹۸۷) نشان دادند استفاده از میکروویو که روشی خشک می‌باشد برروی کاغذ بی‌تاثیر است. متاسفانه شرایط استفاده از این روش برای ضدعفونی نامناسب می‌باشد.

روش‌های مورد آزمایش

۱- انتخاب لکه های قارچ

لکه‌های مورد آزمایش از کتابخانه قارچ‌شناسی در موزه ملی تاریخ طبیعی[9] پاریس (جدول ۱) انتخاب شد. بخشی از کاغذ به شکل

فوزاریوم گرامی نرئوم	(Fusarium graminearum)	(Alternaria alternata)	آلترناریا آلترناتا
فوزاریوم سولانی	(Fusarium solani)	(Aureobasidium pullulans)	اروبازیدیوم پولولانس
ممنونیلا اکیناتا	(Memnnoiella echinata)	(Aspergillus amstelodami)	اسپرژیلوس امستلودامی
مایروتسیوم وروکاریا	(Myrothecium verrucaria)	(Aspergillus chevalieri)	اسپرژیلوس چوالیری
پنی‌سیلیوم کری سوژنوم	(Penicillium chrysogenum)	(Aspergillus flavus)	اسپرژیلوس فلاووس
پائسیلومایسز واریوتی	(Paecilomyces varioti)	(Aspergillus nidolans)	اسپرژیلوس نیدولانس
پنی‌سیلیوم فرکوئنتانس	(Penicillium frequentans)	(Aspergillus niger)	اسپرژیلوس نیجر
پنی‌سیلیوم پارپورسنس	(Penicillium purpurescens)	(Aspergillus terreus)	اسپرژیلوس تیرئوس
استاکی بوتریس آترا	(Stachybotrys atra)	(Chaetomium globosum)	کتومیوم گلوبوزوم
استفانوسپوریوم سیریالیس	(Stephanosporium cerealis)	(Cladosporium herbarum)	کلادوسپوریوم هربااریوم
تریکودرما ویریده	(Trichoderma viride)		

جدول ۱ ـ فهرست آسیب‌های قارچی مورد مطالعه

دایره در ظروف کوچک مخصوص کشت میکروب همراه مایع آگار غذایی (مالت + گلوکز) رشد داده شد. ابتدا کاغذ با لایه یکنواختی از بی‌نهایت هاگ[10] پوشیده شده، سپس خشک گردید، حال بر آن اشعه تابیده می‌شود.

انتخاب کاغذها

چهار کاغذ مختلف انتخاب گردید:

۱- ۷۷ درصد خمیر مکانیکی، ۲۳ درصد خمیر شیمیایی با آهار راتیانه و نشاسته

۲- ۱۰۰ درصد خمیر از الیاف پنبه بدون آهار

۳- ۱۰۰ درصد خمیر شیمیایی سفید شده بدون آهار

۴- ۱۰۰ درصد خمیر شیمیایی سفید شده شامل خاک چینی، آهار با راتیانه و سطح آغشته به نشاسته

آزمایشات

آزمایشات پایداری بعد از تابش اشعه

بعد از پرتوافکنی، اسپورها در محیط غذایی مناسب رشد در دمای ۲۷ درجه سانتیگراد رشد داده می‌شوند. مقدار پایداری روزانه با مشاهده افزایش فعالیت میسلیا به مدت ۳۰ روز کنترل می‌شود.

ما آزمایشات زیر را انتخاب کردیم:

۱- اندازه‌گیری مقدار کشش[11]

۲- اندازه‌گیری میزان ظرفیت[12]

۳- اندازه‌گیری قدرت از هم پاشیدگی[13]

۴- اندازه‌گیری درجه چسبندگی پلی مریزاسیون(DPV) سلولز[14]

۵- اندازه‌گیری عدد ترکیبات مسی[15]

در این مبحث اثرات اشعه بعد و قبل از کهنگی تسریع شده در شرایط دما و رطوبت خاص (دما ۸۰ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۶۵ درصد، زمان ۷ روز) ارزیابی و تجزیه و تحلیل می‌گردد.

شرایط تابش

درمان با اشعه گاما

نمونه‌ها در آزمایشگاه[16] در گرینوبل[17] تابش داده شد. درمان‌های مختلف مورد استفاده از T1 تا T5 در جدول ۲ نشان داده شد. ما تعداد زیادی از پارامترها را تغییر می‌دهیم.

میزان اشعه (۰/۵-۴ Kgy)، سرعت ($^{-1}$۰/۸-۳Kgyh): هوای اطراف نمونه

بعضی از درمان‌ها در حضور نیتروژن انجام می‌شود تا اکسیژن در کاغذهای تابش یافته، محدود شود. در بعضی موارد ما اثرات را قبل از درمان با احتمال حساس تر شدن اسپورها در اثر تابش، به وسیله کاهش مقدار مورد نیاز اشعه آزمایش می‌کنیم.

درمان با اشعه الکترونی

تابش بدون درمان قبلی در II سیرس[18] از ذره شتاب دهنده در کمپانی کاریک[19] انجام گرفت. انرژی اشعه ۱۰ Mev و ۱۰kw بود. نمونه‌ها در تسمه انتقال دهنده که زیر شتاب دهنده اسلریتور۲۰ است، می‌گیرد. چون پرتوافکنی از وظایف سرعت تسمه انتقال دهنده است ما در این آزمایش چندین تابش را بررسی می‌کنیم.

۲Kgy با سرعت تسمه انتقال دهنده $^{-1}$۱۰/۱۶ mmin به دست می‌آید.

۴Kgy با سرعت تسمه انتقال دهنده $^{-1}$۵/۰۸ mmin به دست می‌آید.

۶Kgy با سرعت تسمه انتقال دهنده $^{-1}$۳/۳۸ mmin به دست می‌آید.

۷Kgy با سرعت تسمه انتقال دهنده $^{-1}$۲/۵۴ mmin به دست می‌آید.

۹Kgy با سرعت تسمه انتقال دهنده $^{-1}$۲/۲۵ mmin به دست می‌آید.

۱۰ Kgy با سرعت تسمه انتقال دهنده $^{-1}$۲/۰۳ mmin به دست می‌آید.

درمان با میکروویو

تابش میکروویو توسط خشک کننده پُلسار[21] اس.تی 22 انجام می‌شود. سیستم انرژی میکرو ـ اوندز فرانسه[22]، دستگاه شامل دو مگنترون[23] می‌باشد که توان آن بین ۰ تا ۸۰۰ وات است. امواج توسط ۲ هادی با شکاف عمودی در فاصله ۵ سانتیمتری بالای تسمه انتقال دهنده منتشر می‌شود. نمونه‌ها در تسمه انتقال دهنده قرار گرفته و به وسیله حرکت به جلو و عقب برداشته می‌شود. برای تعیین مقدار اشعه لازم برای از بین بردن قارچ‌ها ما پارامترها را تغییر می‌دهیم. توان ۱۰۰۸۰۰ وات، سرعت تسمه انتقال دهنده ($^{-1}$۳mmin و ۱/۵، ۰/۷ تعداد جلو و عقب رفتن میله هادی (۱۳ـ۱) بار.

نتایج

تابش بااشعه گاما

اثرات تابش گاما بر قارچ

درمان T1 و T3: همه اسپورها زنده باقی می‌مانند. با این وجود رشد اسپورها خیلی آشفته است. زمانی که میسلیا رشد می‌کند در درمانT1 بین ۲ تا ۱۰ روزT3 بین ۲ تا ۱۵ روز طول می‌کشد. میسلیا رشد یافته در روش غیرتابشی بعد از ۲۴ ساعت قابل رویت است.

	T1	T2	T3	T4	T5 *
معالجه قبلی	—	30°C, در 3d	50°C, در 24 h	50°C, در 24 h	50°C, در 24 h
		95% RH	خشک	رطوبت نسبی 95%	رطوبت نسبی 95%
مقدار دُز معالجه	3 $kGyh^{-1}$	0.8 $kGyh^{-1}$	3 $kGyh^{-1}$	0.8 $kGyh^{-1}$	0.8 $kGyh^{-1}$
		3 $kGyh^{-1}$			3 $kGyh^{-1}$
دُز	3 kGy	5.0 kGy	3 kGy	2 kGy	2 kGy
		0.1 kGy		3 kGy	3 kGy
		1.5 kGy		4 kGy	
اتمسفر	نیتروژن	هوا	نیتروژن	هوا	نیتروژن

* فقط گونه T_5 بر روی کاغذ انجام شده است.

جدول ۲ ـ درمان با اشعه گاما

درمان T2: هیچ اثری از تابش بر گونه‌های مختلف مشاهده نمی‌شود. با این وجود مقدار مورد استفاده ۱/۵Kgy یا ۱، ۰/۵ یا سرعت $^{-1}$۳Kgyh یا ۰/۸ در حضور نیتروژن یا هوا انجام می‌شود.

درمان T4: بیشترین اسپورها بعد از تابش ۴Kgy یا ۳ از بین می‌رود اگر مقدار اشعه ۲Kgy باشد اکثریت اسپورها باقی مانده اما رشد آنها آهسته می‌شود. (رشد بعد از ۴۰ - ۲۳ روز ظاهر می‌شود)

درمان T5: مقدار ۳Kgy با سرعت $^{-1}$۳Kgyh باعث تخریب همه اسپورها می‌شود.

اثرات اشعه گاما بر کاغذ

خلاصه نتایج آزمایشات به شرح زیر می‌باشد:

- کارهایی که قبل از درمان برروی اسناد انجام می‌شود اثری بر خواص شیمیایی و فیزیکی ندارد.
- در هر حال مقدار اشعه مورد استفاده باعث کاهش قدرت کششی به صورت ناچیز می‌گردد. (شکل ۱)
- وضعیت شیمیایی اسناد درمان شده به عنوان یک مشکل مطرح است مخصوصاً در کاغذهایی که از الیاف پنبه ساخته شده‌اند. مقدار ۲Kgy و مخصوصاً ۳Kgy باعث اکسیداسیون وسیع و دی‌پلیمریزاسیون می‌گردد:

تابش با اشعه الکترونی

اثرات اشعه الکترونی بر روی قارچ

میزان ۲Kgy - ۳ اشعه برای از بین بردن اسپورها مناسب نیست (جدول ۳) رشد قارچ در ۳Kgy آهسته می‌گردد. بعد از ۹Kgy

		۲ کیلوگری	۳ کیلوگری	۹ کیلوگری	۱۰ کیلوگری
ای. آلترناریا	A. alternaria	+	+	+	—
ای. پولولانس	A. pullulans	+	+	+	—
ای. استلودامی	A. amstelodami	+	+	—	—
ای. چوالیری	A. chevalieri	+	+	—	—
ای. فلاووس	A. flavus	+	+	—	—
ای. نیدولانس	A. nidulans	+	+	—	—
ای. نیجر	A. niger	+	+	—	—
ای. ترئوس	A. terreus	+	+	—	—
سی. گلوبوزوم	C. globosum	—	—	—	—
سی. هربارِیوم	C. herbarum	+	+	—	—
اف. گرامی نرئوم	F. graminearum	+	+	—	—
ام. اکیناتا	M. echinata	+	+	—	—
ام. ورروکاریا	M. verrucaria	+	+	—	—
پی. وریوتی	P. varioti	—	—	—	—
پی. پاریورسنس	P. purpurescens	—	—	—	—
پی. کری سوژنوم	P. chrysogenum	+	—	—	—
تی. ویریده	T. viride	—	—	—	—

+: رشد ونمو
—: از بین بردن هاگها

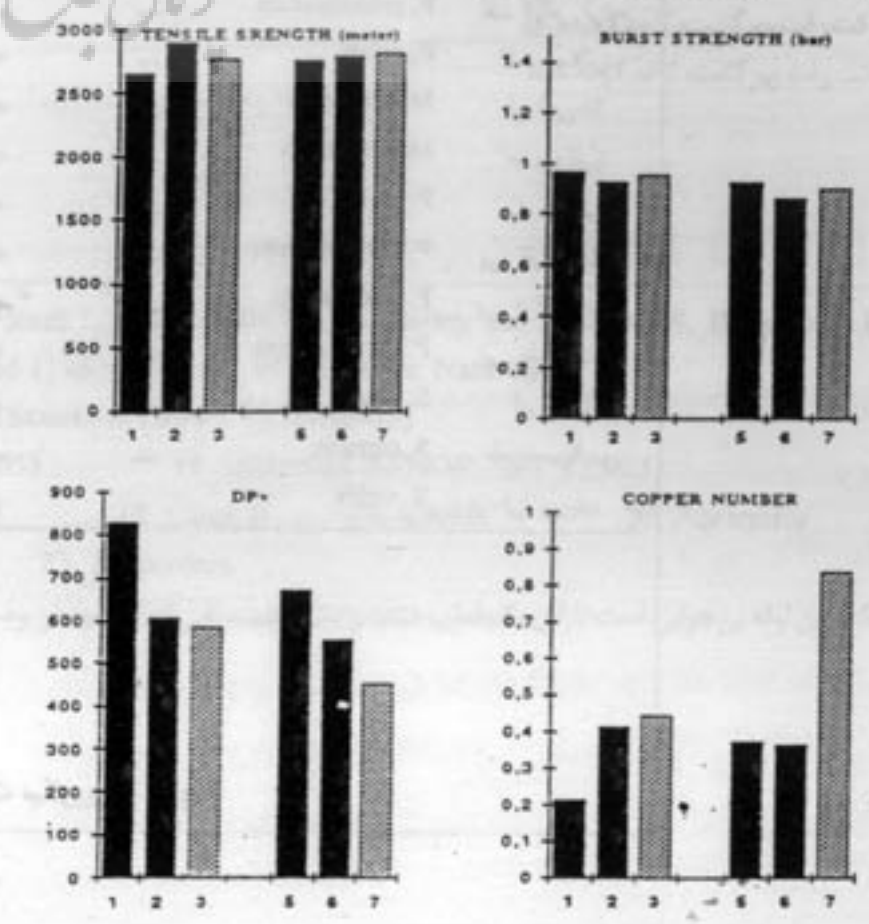
جدول ۳ ـ اثرات اشعه الکترونی به قارچ

اشعه، فشار به قارچ‌های ای. آلترناتا[۳۴] و ای. پولولانس[۳۵] بیشتر شده و اگر مقدار اشعه به ۱۰ Kgy برسد تمامی اسپورها از بین می‌روند.

اثرات اشعه الکترونی بر کاغذ

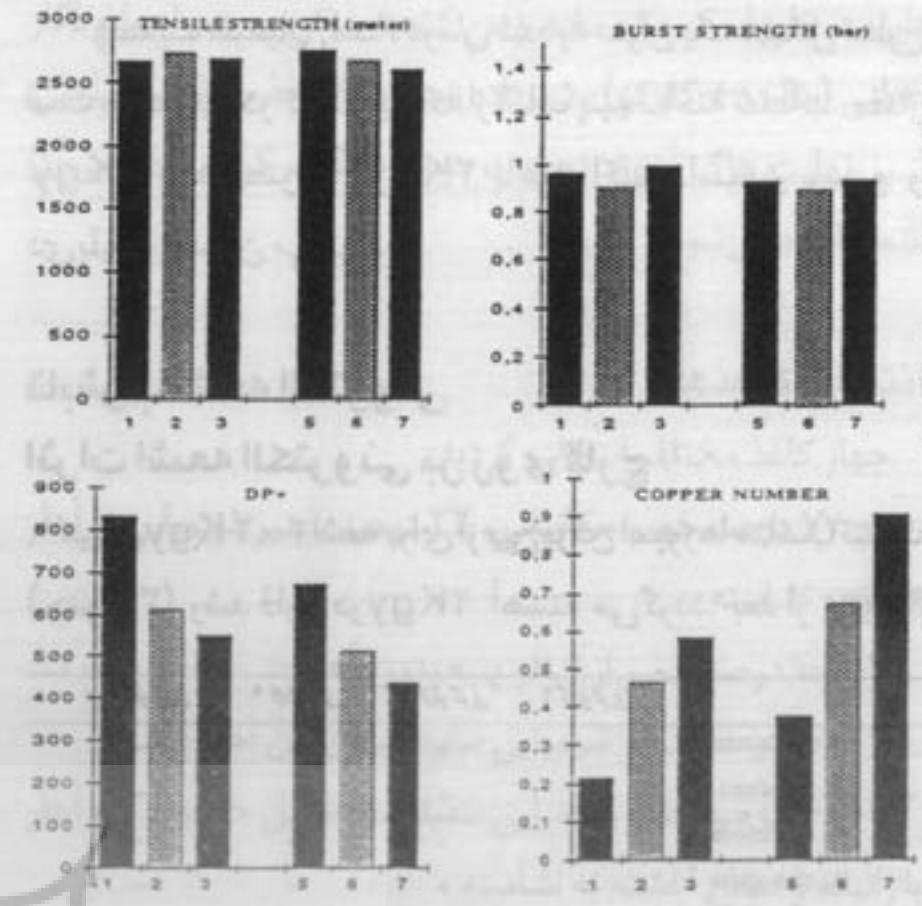
رفتار کاغذهایی که با اشعه الکترونی درمان شده‌اند نسبت به کاغذهای درمان شده با اشعه گاما برای مشاهده محدود می‌باشند. (شکل ۲) بعد از تابش اشعه به میزان ۲Kgy موارد زیر را مشاهده می‌کنیم:

- مقاومت مکانیکی کمی تغییر کرده و کم می‌شود اما درجه مقاومت ترکیدن[۳۶] و درجه مقاومت کششی[۳۷] نمونه‌های تابش یافته و کهنه کاغذ چهارم به شدت پایین می‌آید.
- افزایش درجه اکسیداسیون و دی‌پلیمریزاسیون در کاغذهایی



شکل ۱- فیزیکی- شیمیایی کاغذ شماره ۲ در معرض اشعه میکروویو
۱. در معرض اشعه قرار ندارد
۲. میزان اشعه ۲KGy
۳. میزان اشعه ۳KGy
۵. در معرض اشعه قرار ندار، کاغذ کهنه شده
۶. میزان اشعه ۲KGy، کاغذ کهنه شده
۷. میزان اشعه ۳KGy، کاغذ کهنه شده

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۲- فیزیکی- شیمیایی کاغذ شماره ۲ در معرض اشعه میکروویو
۱. در معرض اشعه قرار ندارد
۲. میزان اشعه ۲KGy
۳. میزان اشعه ۴KGy
۵. در معرض اشعه قرار ندار، کاغذ کهنه شده
۶. میزان اشعه ۲KGy، کاغذ کهنه شده
۷. میزان اشعه ۲KGy، کاغذ کهنه شده

که اشعه به آنها تابیده شده مشاهده گردید که این افزایش در کاغذهایی که با اشعه گاما درمان شده‌اند، بیشتر بود.

تابش با میکروویو

اثرات میکروویو بر قارچ

تابش بر قارچی که روی کاغذ خشک رشد کرده است در زنده ماندن اسپورها موثر نمی‌باشد اما پرتوافکنی در حضور آب باعث تاخیر در رشد قارچ شده تا اسپورها به طور کامل از بین روند. بهترین نتایج زمانی به دست می‌آید که نمونه کاغذ آلوده در میان دو کاغذ نم‌گیر باشد.

مطالب به صورت زیر خلاصه می‌گردد: (جدول ۴)

- در درمان اگر از ژنراتور با توان ۵۰۰W استفاده می‌نماییم هیچ تاثیری در نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده نمی‌کنیم.
- عمل ضدهاگ (هاگ کشی) با ۵ حرکت رفت و برگشت نمونه با استفاده از میله‌های راهنمای ژنراتور با توان ۶۰۰W و تسمه انتقال دهنده با سرعت $1/5mmin^{-1}$ انجام می‌شود. در بعضی شرایط، تسمه انتقال دهنده با سرعت $3mmin^{-1}$، بعد از ۱۳ حرکت رفت و برگشت همه اسپورها باقی می‌مانند.

قارچ		۵۰۰ وات قدرت		۶۰۰ وات قدرت		
		۵ حرکت رفت و برگشت		۵ حرکت رفت و برگشت		۱۳ حرکت رفت و برگشت
		$1.5mmin^{-1}$	$3mmin^{-1}$	$1.5mmin^{-1}$	$3mmin^{-1}$	$3mmin^{-1}$
ای. آلترناتا	A. alternata	—	—	—	—	—
ای. پولولانس	A. pullulans	+	+	—	—	—
ای. استلودامی	A. amstelodami	+	+	—	+	—
ای. چوالیری	A. chevalieri	+	+	—	+	—
ای. فلاووس	A. flavus	—	—	—	—	—
ای. نیدولانس	A. nidulans	—	—	—	—	—
ای. نیجر	A. niger	—	+	—	—	—
ای. ترئوس	A. terreus	—	+	—	—	—
سی. گلوبوزوم	C. globosum	—	—	—	—	—
اف. گرامی نرئوم	F. graminearum	—	—	—	—	—
اف. سولانی	F. solani	—	+	—	—	—
ام. اچی‌ناتا	M. echinata	—	+	—	—	—
ام. وروکاریا	M. verrucaria	—	+	—	+	—
پی. وریوتی	P. varioti	—	+	—	+	—
پی. کری‌سوژنوم	P. chrysogenum	—	+	—	+	+
پی. فرکوئنتانوس	P. frequentans	—	+	—	+	+
پی. پارپورسنس	P. purpurescens	—	+	—	+	—
اس. آترا	S. arta	—	+	—	—	+
اس. سریالیس	S. cerealis	—	—	+	+	+
تی. ویریده	T. viride	+	+	—	+	

* : مقدار ناچیز
+ : رشد و نمو
— : از بین بردن هاگها

جدول ٤ ـ اثرات میکروویو بر قارچ

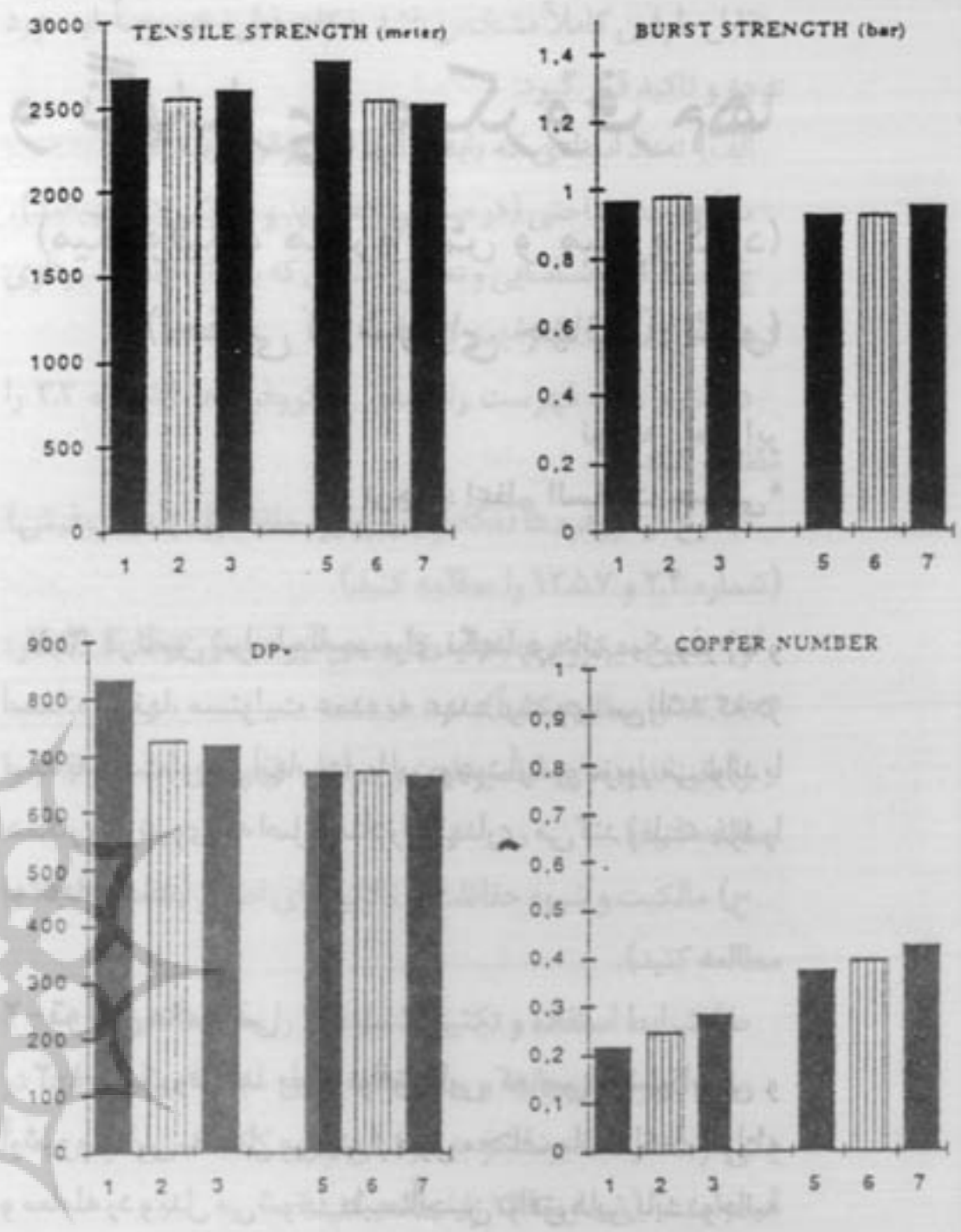
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اثرات میکروویو بر کاغذ

ضدعفونی کاغذهایی که به مدت طولانی در رطوبت گرم (شکل ۳) قرار گرفته‌اند در شرایط زیر انجام می‌شود: توان ۶۰۰W، تسمه انتقال دهنده با سرعت $۱/۵mmin^{-۱}$، ۵ حرکت رفت و برگشت تابش میکروویو باعث تغییرات شیمیایی و فیزیکی کاغذ نمی‌شود اما کاهش محسوس در Dpv و افزایش عدد مس در دومین کاغذ کهنه نشده، مشاهده می‌گردد.

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد تابش‌های یونیزه شده (اشعه بتا، گاما) برای ضدعفونی اسناد و کاغذ مناسب نیستند. این میزان اشعه که باعث از بین بردن قارچ و اسپور می‌شوند، سلولز کاغذ را از بین می‌برند. تابش با میکروویو نتایج خوبی نسبت به دو اشعه دیگر (اشعه الکترونی، اشعه گاما) برای از بین بردن نمونه‌های قارچی می‌دهد. متاسفانه به علت فاصله کم میان میله‌های راهنمای میکروویو و تسمه انتقال دهنده، می‌توانیم فقط اسناد به صورت ورق و برگ یا کتاب با ورقه‌های کم را ضدعفونی نماییم. بنابراین میکروویو نمی‌تواند به جای اتیلن اکساید در درمان حجمی مناسب باشد. با این وجود ممکن است اگر طراحی دیگری صورت گیرد روش استفاده از میکروویو به کار رود.



شکل ۳- وضع فیزیکی- شیمیایی کاغذ شماره ۲ در معرض اشعه میکروویو

۱. در معرض اشعه قرار ندارد
۲. ۵ حرکت رفت وبرگشت
۳. ۱۳ حرکت رفت وبرگشت
۵. در معرض اشعه قرار نداد، کاغذ کهنه شده
۶. حرکت رفت وبرگشته کاغذ کهنه شده
۷. حرکت رفت وبرگشته کاغذ کهنه شده

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

1. Radio sensitivity 2. Belyakowa 3. Bors 4. Pavon-Flores 5. Justa 6. Bailey and Hass, 1988, Brokerhof, 1989
7. Delaner et al., 1968; Lefevre, 1988 8. Brandt and Berteaud (1987) 9. d'Histoire Naturelle
10. Mycelia 11. (Standard AFNOR NFQ 30 400) 12. (Standard TAPPI T231-cm-85)
13. (Standard AFNOR NFQ 03 053) 14. (Standard NFI 12 005) 15. (Standard AFNOR NFT 12 005)
16. ARC Nucleart du Centre d'Etudes Nucleaires 17. Grenoble 18. Circe II 19. CARIC 20. Acelerator
21. Pulsar st22 22. (micro-ondes Energie system France) 23. Magnetron

مگنترون لوله بی هوایی است دارای یک قطب مثبت و یک قطب منفی که گرم بوده و بوسیله آن جریان الکترون از قطب منفی به میدان مغناطیسی خارجی کنترل می‌شود.

24. A. Alternata
25. A. Pullulans
26. Burst strength
27. Zero spar tensile strength