حسساسیت کاغذهای چاپی نسبت به حمله و آسیب حشرات جونده بعد از تابش گاما و پیرسازی مصنوعی.

ترجمه : نرگس پدرام(نفری)*

بررسی آزمایشگاهی برروی پتانسیل تابش یونیزاسیون گاما جهت ضد عفونی کردن کتاب‌ها و اسناد، به سال‌های دهه ۱۹۶۰ بر می‌گردد. زمانی که حساسیت میکرو ارگانسیم‌ها نسبت به تابش، به منظور نگهداری حفاظت کتاب‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

در سال‌های اخیر، برروی اثرات ناشی از تابش برخصوصیات شمیایی و مکانیکی کاغذ و مخصوصاً سلولز که ماده اصلی و اساسی متشکله آن است، کارهای زیادی انجام شده است.

در این چارچوب اکنون معلوم شده است که :

- اشعه یونیزاسیون هیچ‌گونه مواد مضر روی اشیا باقی نمی‌گذارد.

- این روش در حذف حشرات و میکرو ارگانسیم‌ها موثر است .

- اگر چه ملکول‌های بزرگ سلولز، توسط تابش (اشعه) دی‌پلیمریزه می‌شوند، در مقادیر توصیه شده برای انجام این عمل (روش)، این پدیده (دی‌پلیمریزه شدن) مقدار ناچیزی است و به هرحال خصوصیات کاربری و مکانیکی ورقه‌های خالص سلولز و یا یک محصول کاغذی تغییر نمی‌کند.

- استحکام مرکب‌های چاپی هم توسط تابش گاما تغییر نکرده است.

با توجه به عارضه منفی دی‌پلیمریزه شدن سلولز، ما تصمیم گرفتیم اثرات آن را روی حساسیت کاغذ نسبت به حملات قارچ‌های میکروسکوپی و حشرات جونده، مطالعه کنیم.

با این فرضیه که در طول دوره بعد از رفع آلودگی، مواد ممکن است مجدداً در تماس با چنین موجودات مخربی قرار گیرند، در حقیقت مانند سایر روش‌ها، روش یونیزاسیون، مواد را از حمله های بعدی موجودات زنده مخرب (قارچ‌ها و حشرات) موجود در محیط نگهداری آنها مخافظت نمی‌کند.

آزمایشات انجام شده بر روی کاغذ واتمن[1] سلولز خالص ثابت کرد که حساسیت نسبت به قارچ‌ها و حشرات متناسب با مقدار اشعه جذب شده توسط کاغذ می‌باشد.

در همان زمان ثابت شد که اهمیت این اثرات عمدتاً جزیی و ناچیز است. به دلیل این که برای بهبود و احیای صحیح، مقدار جذب اشعه توسط کاغذ برای ایجاد یک تغییر محسوس نا کافی است و اثر قابل توجهی باقی نمی‌گذارد و به علت این که با گذشت زمان سلولز به آهستگی تخریب می‌شود (مانند گروه کنترل بدون دی‌پلیمراسیون ایجاد شده به وسیله اشعه) بنابر این توسط جانوران و قارچ‌های مخرب به صورت یکسان آسیب می‌بینند و میزان تخریب آن مانند تخریب ناشی از اشعه با دوز (مقدار) خیلی بالا است با این مطالعه ما می‌خواستیم اطلاعات عمیق‌تری از این نوع حساسیت داشته باشیم و به همین دلیل مطالعات خودمان را به حمله حشرات جونده محدود کردیم و آزمایشات را با کارکردن بر روی کاغذ های چاپی (اصلی) کامل نمودیم. برای این منظور، مانند یک بیودترژن [(آسیب رساندن زیستی) (قارچ)] با حشره‌ای را که قبلاً بر روی سلولز آزمایش شده بود انتخاب کردیم.

مواد و روش‌ها :

حشره انتخاب شده برای آزمایش سوسک آمریکایی[2] یک جونده کاغذ شناخته شده از خانواده بلاتیدا[3] بود. ما مطالعاتی بر روی پاسخ این حشره نسبت به اشعه داشتیم و همانطور که قبلاً ذکر شد رفتار این سوسک را در برابر سلولز خالص اشعه دیده آزمایش کرده بودیم. خواننده را به مقاله قبلی برای توصیف متدولوژی این تجربه ارجاع میدهیم.

لازم به ذکراست که ورقه‌های کاغذ برای بررسی آمادگی و حساسیت آنها نسبت به تخریب (فساد) مستقیماً در جعبه‌های حاوی تخم سوسک آمریکایی قرارداده شدند و در نوبت‌های مختلف در طول آزمایش وزن شدند.

شرایط محیطی برای پرورش، شرایط طبیعی در یک اتاق بسته با دمای معمولی، آب و هوای معتدل و بنابر این تغییر پذیر و ناپایدار بود.

با قراردادن ۲۸ حشره در تماس دائم در برابر یک ورقه کاغذ، شرایط آلوده شدن فراهم شد که مسلماً نسبت به شرایط واقعی نگهداری کاغذ شدیدتر است.

مواد شامل سه نوع مختلف کاغذ است که همگی به طور متوسط به اندازه ۱۷x۲۴ cm هستند:

* روزنامه: ۹۵٪ خمیر ساخته شده از کاج (صنوبر) و ۵٪ خمیر شیمیایی (۵۰٪ صنوبر . ۵۰٪ پهن برگ)
* کاغذهای روکش‌دار از یک مجله : ۱۰۰٪ خمیر شیمیایی (۴۰٪ صنوبر، ۶۰٪ پهن برگ)
* کاغذ تولید شده مطابق با استاندارد ایزو ۹۷۰۶ (ISO9706 اطلاعات و مدارک . کاغذ برای اسناد . مواد لازم برای دوام و پایداری)

دوزهای اشعه مطابق با این مقادیر ۲۰۰ KGy و ۱۰۰و ۱۰ و ۳ (هر KGy = ۱۰۰۰Gy و هر Gy= ۱۰۰/۰۰۰ Rad است) به روش زیر استفاده شد : ابتدا دو مقدار اولیه اشعه (۱۰ و ۳) برای مقایسه کاغذهای تحت بررسی و کاغذهایی که اصلاً تابش نشده‌اند(0 KGy).

دو مقدار تابش بعدی(۲۰۰ KGy و ۱۰۰) برای تأکید بر اثرات قابل انتظار دی‌پلیمریزه شدن سلولز و این که مدارک و شواهد بیشتری راجع به پیامدهای بیولوژیکی این پدیده وجود داشته باشد. پیر سازی تسریع شده، مطابق با استاندارد ایزو ۵۶۳۰/۳ (در دمای ۸۰°C و رطوبت نسبی ۶۵٪، به مدت ۱۲ روز) انجام و هر آزمایش ۵ بار تکرار شد.

آنالیزها در یک دوره از فوریه ۲۰۰۱ تا مارچ ۲۰۰۲ برروی یک نوع کاغذ انجام شد. در این دوره زمانی، فرسایش سه نوع مختلف کاغذ که تحت هیچ درمانی نبودند(در همان زمان و در همان شرایط محیطی) مورد بررسی مقایسه‌ای قرار گرفت، (جدول ۱) و اندازه‌گیری‌ها در همان دما و رطوبت نسبی انجام شد. تفاوت‌های آشکار در وزن کاغذها

ممکن است به دلیل تفاوت در ترکیب آنها بوده باشد.

جدول ۱ : تغییرات وزن برحسب گرم براساس فرسایش انجام شده توسط سوسک آمریکایی بر سه نوع مختلف کاغذ که تحت هیچ درمانی نبودند:

نوع کاغذ	زمان بر حسب هفته				
	۰	۱	۲	۳	۴
روزنامه	۱/۵۵	۱/۵۷(+۱٪)	۱/۵۶	۱/۵۶	۱/۵۶
مجله	۳/۹۸	۴/۰۰+۱٪)	۳/۹۸	۳/۹۸	۳/۹۸
کاغذ بادوام	۳/۲۵	۳/۲۸(+۱٪)	۳/۲۶	۳/۲۶	۳/۲۶

نتایج: شکل ۱ و جدول ۲ وزن متوسط نمونه‌های کاغذ و درصد آنها را در مقایسه با نمونه‌های تابش نشده (0KGy)، درهر مرحله آزمایش نشان می‌دهد.

افزایش وزن نمونه‌ها می‌تواند به دلیل جذب رطوبت هوای اطراف باشد؛ چرا که رطوبت همیشه متغیر است. به منظور حذف این مداخلات، در پایان آزمایش کاغذها بعد از قرارداده شدن در همان میزان رطوبتی که در زمان صفر داشتند، وزن شدند (جدول ۳) .

روزنامه اشعه دیده:

تغییرات وزن در طی آزمایش (شکل ۱، جدول ۲) به نظر نمی‌رسد که هیچ ارتباطی بین مقدار اشعه جذب شده گاما توسط کاغذ و فرسایش ناشی از جویدن حشره نشان دهد.

در واقع، صدمه ناشی از فرسایش، حتی در نمونه‌هایی که با 200 KGy تابش شده بودند (حدود ۴۵٪) قابل مقایسه بود با آنچه که با نمونه‌های تابش نشده و نمونه‌های تابش شده انجام شده بود.

مدت آزمایش برحسب هفته .

شکل ۱: تغییرات وزن در سه نوع از کاغذ نسبت به مقدار تابش.

نمودار چپ: فقط تابش؛ **نمودار راست :** تابش‌ها و پیرسازی تسریع شده (دمای ۸۰ °C رطوبت نسبی ۶۵٪، در ۱۲ روز)

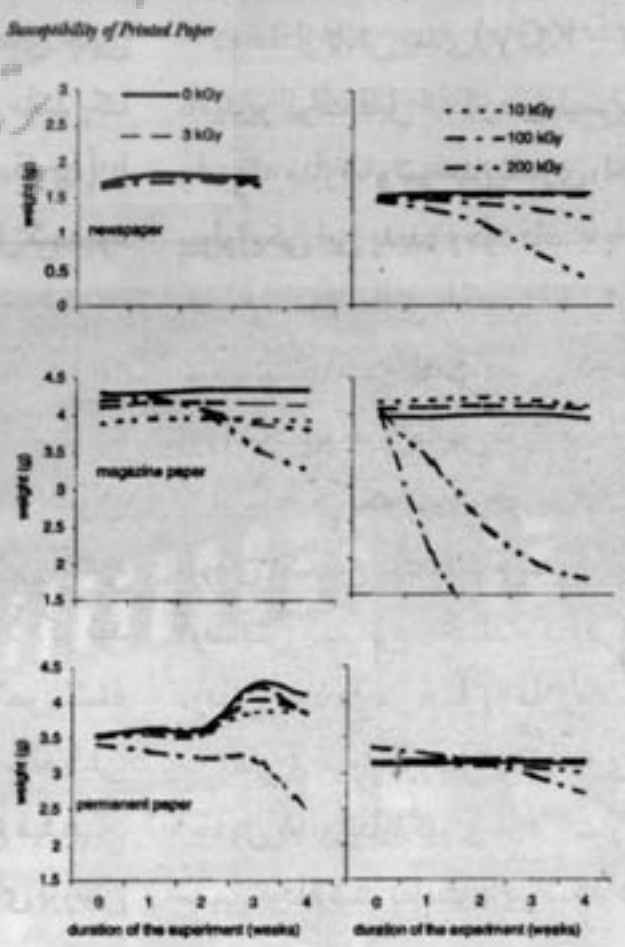
جدول ۲: تغییرات وزن بر حسب گرم بر اساس فرسایش بوجود آمده توسط سوسک امریکایی بر نمونه‌های کاغذ تحت تابش با مقادیر مختلف اشعه گاما قبل و بعد از پیرسازی تسریع شده. (۱۲ روز)

Observation time (weeks)			Irradiation doses (kGy) 0	3	10	100	200
0	newspaper	unaged	1.70	1.67 (-2%)	1.63 (-5%)	1.66 (-2%)	1.71 (+1%)
1			1.83	1.82 (-1%)	1.82 (-1%)	1.73 (-5%)	1.84
2			1.82	1.78 (-3%)	1.79 (-2%)	1.74 (-4%)	1.78 (-2%)
3			1.78	1.72 (-4%)	1.70 (-5%)	1.69 (-5%)	1.70 (-4%)
0		aged	1.53	1.48 (-4%)	1.51 (-2%)	1.47 (-4%)	1.47 (-4%)
1			1.57	1.52 (-4%)	1.55 (-2%)	1.49 (-6%)	1.34 (-15%)
2			1.58	1.53 (-4%)	1.56 (-2%)	1.43 (-10%)	1.14 (-28%)
3			1.58	1.55 (-2%)	1.57 (-1%)	1.35 (-15%)	0.75 (-53%)
4			1.58	1.54 (-3%)	1.57 (-1%)	1.23 (-23%)	0.36 (-78%)
0	magazine paper	unaged	4.27	4.10 (-4%)	3.89 (-9%)	4.20 (-2%)	4.32 (+1%)
1			4.31	4.17 (-4%)	3.95 (-9%)	4.23 (-2%)	4.25 (-3%)
2			4.35	4.17 (-5%)	3.95 (-10%)	4.06 (-7%)	4.06 (-7%)
3			4.34	4.16 (-5%)	3.94 (-10%)	3.88 (-11%)	3.54 (-19%)
4			4.34	4.15 (-5%)	3.94 (-10%)	3.81 (-13%)	3.23 (-26%)
0		aged	3.95	4.07 (+3%)	4.17 (+5%)	4.02 (+1%)	4.04 (+2%)
1			3.96	4.09 (+3%)	4.19 (+5%)	3.31 (-17%)	2.09 (-48%)
2			4.00	4.11 (+2%)	4.22 (+5%)	2.47 (-39%)	0.95 (-77%)
3			3.99	4.11 (+3%)	4.20 (+5%)	1.92 (-52%)	0
4			3.94	4.07 (+3%)	4.12 (+4%)	1.72 (-57%)	0
0	permanent paper	unaged	3.53	3.51 (-1%)	3.54	3.51 (-1%)	3.43 (-3%)
1			3.63	3.61 (-1%)	3.64	3.56 (-2%)	3.33 (-9%)
2			3.63	3.62	3.64	3.55 (-3%)	3.23 (-12%)
3			4.26	4.04 (-6%)	3.88 (-9%)	4.23 (-1%)	3.20 (-25%)
4			4.11	3.88 (-6%)	3.89 (-6%)	3.83 (-7%)	2.49 (-40%)
0		aged	3.12	3.15	3.16	3.11 (-1%)	3.36 (+7%)
1			3.14	3.18 (+1%)	3.18 (+1%)	3.12 (-1%)	3.28 (+3%)
2			3.16	3.19	3.19	3.10 (-2%)	3.15 (-1%)
3			3.15	3.18	3.18	3.07 (-3%)	2.96 (-7%)
4			3.14	3.18 (+1%)	3.18 (+1%)	3.00 (-5%)	2.70 (-15%)

جدول ۳ : وزن نمونه‌ها (برحسب گرم)، سه نوع مختلف کاغذ تحت تابش، تابش به همراه پیرسازی تسریع شده در شروع و پایان آزمایش.

روزنامه اشعه دیده و کهنه شده : (روزنامه تابش شده و پیر سازی شده)

نمونه‌های کاغذ		دوزهای تشعشع (kGy) 0	3	10	100	200
روزنامه	آغاز	1.70	1.67	1.63	1.62	1.67
	پایان	1.68 (-1%)	1.63 (-3%)	1.61 (-2%)	1.44 (-12%)	1.43 (-15%)
مجله	آغاز	4.27	4.10	3.89	4.20	4.32
	پایان	4.07 (-5%)	4.01 (-3%)	3.81 (-3%)	3.68 (-13%)	3.07 (-29%)
کاغذ بادوام	آغاز	3.53	3.51	3.54	3.51	3.43
	پایان	3.53	3.51	3.53 (-1%)	3.36 (-5%)	2.37 (-31%)
بعد از تشعشع و پیرسازی						
روزنامه	آغاز	1.53	1.48	1.51	1.47	1.47
	پایان	1.51 (-2%)	1.48	1.50 (-1%)	1.16 (-22%)	0.17 (-89%)
مجله	آغاز	3.95	4.07	4.17	4.02	4.04
	پایان	3.79 (-5%)	3.89 (-5%)	3.90 (-7%)	1.63 (-60%)	0 (-100%)
کاغذ بادوام	آغاز	3.12	3.15	3.16	3.11	3.36
	پایان	3.12	3.15	3.15 (-1%)	2.97 (-5%)	2.69 (-20%)



مقادیر به دست آمده نشان می‌دهد که بعد از کهنه شدن، روند فساد در این نوع کاغذ نسبت به نمونه های کاغذ کنترل که تحت اشعه قرار نگرفته‌اند آسانتر صورت می‌گیرد، تنها در صورتی که شرایط به طور همزمان فراهم شده باشند :

ـ کاغذ باید با مقادیر بسیار بالا ۱۰۰KGy و مقدار بسیار بالاتر آن ۲۰۰KGy اشعه دیده باشد.

ـ کاغذ باید تحت یک عمل پیرسازی قوی به صورت مصنوعی قرار گرفته باشد.

کاغذ مجله : در این نوع کاغذ بین مقدار اشعه جذب شده و وزن رابطه مستقیمی وجود دارد به این معنی که فرسایش و خوردگی به وسیله سوسک‌ها ایجاد شده است . این تغییرات در بالاترین مقادیر تابش(۲۰۰ KGy و ۱۰۰) مشخصی است و در مقادیر ۱۰ KGy و ۳ چندان محسوس نیست.

همین نتایج در مورد نمونه‌هایی که هم تحت تابش و هم پیرسازی قرار گرفته‌اند درست است. رابطه مشخصی بین مقدار تابش جذب شده و فرسایش و خوردگی وجود دارد.

کاغذ بادوام:[۴]

نتایج نشان می‌دهد که این نوع کاغذ مقاومت خوبی در برابر تابش اشعه دارد. به نظر می‌رسد که پیرسازی مصنوعی نیز آن اثرات را افزایش دهد. اگر چنین بود، بعد از اینکه نمونه‌ها در معرض حمله سوسک‌ها قرار می گرفتند، یک کاهش وزن مشخصی برای نمونه هایی که تحت تابش با مقدار بالا بودند(200KGy) مشاهده می‌شود.

نتایج :

آزمایش ما ثابت کرد که سوسک آمریکایی مانند سایر گونه‌های سوسک‌ها درجات متفاوتی از فرسایش را برروی کاغذ سبب می‌شود. بخصوص وقتی منابع غذایی دیگری در کار نباشد، سوسک‌ها کاغذ را می‌خورند. همچنین نشان داده شده که بدون توجه به زوال و فساد اجزای کاغذ، اگر به حال خود مانده باشد، فعالیت حشرات همیشه مخرب است. اگر برای مدت‌های طولانی به حال خود رها شده باشد، این امر به فرسودگی کامل کاغذ خواهد انجامید. نکته جالب این که، اگر چه این تحقیق، تجربی و ابتدایی است، در آنالیزها برای بررسی میزان فساد و زوال کاغذی که تحت تاثیر اشعه‌ها گاما قرار گرفته از یک موجود زنده (بویژه یک سوسک معمولی) استفاده کردیم که به طور فوق‌العاده‌ای حساس است و در ارزیابی حتی تغییرات جزیی که در ماده مورد نظر اتفاق می‌افتد، نشان می‌دهد، مقایسه‌ای بین عکس العمل‌های سه نوع مختلف کاغذ (در بین آنها و همچنین نمونه‌هایی که از کاغذ واتمن به دست می‌آمد) به نظر رسید که نشان دهد، تغییرات ایجاد شده توسط اشعه (تابش) و پیرسازی همان اثراتی که بروی کاغذ های چاپی دارند بر کاغذ سلولز خالص ندارد. بنابر این در حالی که کاغذ واتمن بهترین ماده برای مطالعه رفتار سلولز است (ماده اولیه کاغذ)، همان رفتاری را که در سلولز مشاهده می‌کنیم، نمی‌توانیم به کاغذ نسبت دهیم. درجات مختلف خوردگی، بعد از تأثیر دادن اشعه با توجه به نوع ماده‌ای که تحت اثر اشعه قرار گرفته، متغیر بود که ممکن بود به دلیل سمیّت ایجاد شده از مرکب به کار رفته در چاپ باشد، اما به طور کلی ما متعجب نخواهیم شد اگر کسی بخواهد مسئولیت اثرات منفی روی اجزای کاغذ را به موادی که برای پوشش کاغذ و بادوام کردن سلولز درون آن و بهبود کیفیت محصول نهایی به آن افزوده شده نسبت دهد، مانند (کربنات کلسیم، کلرید سدیم، سفید کننده‌های نوری، عوامل نیلی کننده، نشاسته کاتیونی، نشاسته ذرت، ترکیبات اکریلیکی، کتون‌های آلکیدی و غیره) این مواد ممکن است به وسیله روند کهنه شدن تغییر شکل داده و به صورت منبع تغذیه‌ای برای حشرات در آمده باشد. کمی بعد، تفسیرها در مورد پیر سازی شدت گرفت.

با مقایسه داده‌های به دست آمده مربوط به کاربرد اشعه به مقدار 0kGy (ستون صفر) ـ در نمونه‌های پیرسازی نشده و پیر سازی شده ـ می‌توانیم نتیجه بگیریم که پیرسازی ساده باعث ازدیاد حساسیت کاغذها (هر سه نوع) در برابر حمله حشرات نیست.

اگر چه وقتی پیرسازی سریع با تابش گاما تلفیق می‌شود، در مقادیرتابش ۲۰۰ KGy ـ ۱۰۰ هم اثر بودن و تقویت اثر یکدیگر به صورت واضح نمایان می‌شود. در مقادیر تابش خیلی بالا، پدیده خوب شناخته شده دی‌پلیمریزه شدن سلولز که به علت تابش اشعه ایجاد می‌شود، به مقدار جذب شده بستگی دارد و باعث بروز اثرات منفی می‌شود که با پیرسازی افزایش می‌یابد در حالی که پیرسازی به تنهایی قادر به ایجاد این اثرات منفی نیست، این چنین مشاهدات ما برروی سلولز خالص، برای کاغذ هم تأیید شد. جالب است که بدانید دیگران نیز از اشعه گاما و اشعه UV برای پیرسازی استفاده کرده‌اند. براساس نتایج این تحقیق ما باید تأکید کنیم که مکانیزم عمل پیرسازی با تابش، مانند پیرسازی مطابق استاندارد ایزو ۵۶۳۰/۳ عمل نمی‌کند. آن چه توسط دیگران ثبت شده بود، با اثراتی که ما مشاهده کردیم متفاوت بود. کاغذ تخت تابش با کاغذهای پیرسازی شده به خوبی با کاغذهایی که هم تابش شدند و هم پیرسازی، مورد مقایسه قرار گرفتند. به گونه ای دیگر، ما می‌خواستیم توصیه کنیم که خواننده به یادداشته باشد، اثرات یک روش بستگی به مکانیزم خاص روش انتخاب شده دارد، که ممکن است با هم متفاوت باشند.

از این آزمایشات تشخیص می‌دهیم که تابش سبب آمادگی بیشتر کاغذ نسبت به حمله بیودترژن‌ها می‌شود و با مطالعات دیگر کاملاً معلوم می‌شود که تغییرات بوجود آمده توسط این روش، (تابش یونیزاسیون) برخصوصیات شیمی فیزیکی کاغذ، قویاً با مقدار جذب اشعه گاما توسط مواد (ترکیبات) مرتبط است. با توجه به این مطلب، باید به خاطر داشته باشیم که تمامی آنالیزهایی که ما انجام داده‌ایم، ما را چنین راهنمایی می‌کند که درمان کاغذ با استفاده از تابش یونیزاسیون در مقادیر تا ۱۰kGy سبب تغییرات آشکاری نمی‌شود.

تغییرات زمانی آشکار می‌شوند که تابش جذب شده از مقدار لازم برای ضد عفونی معمولی بیشتر باشد در حقیقت محدود تابش بین ۱۰ـ۳ kGy برای پاک کردن مواد از قارچ‌های میکروسکوپی کافی است و برای از بین بردن جمعیت حشرات آلوده کننده مقادیر بالاتر از ۰/۵kGy ـ ۰/۲ لازم است.

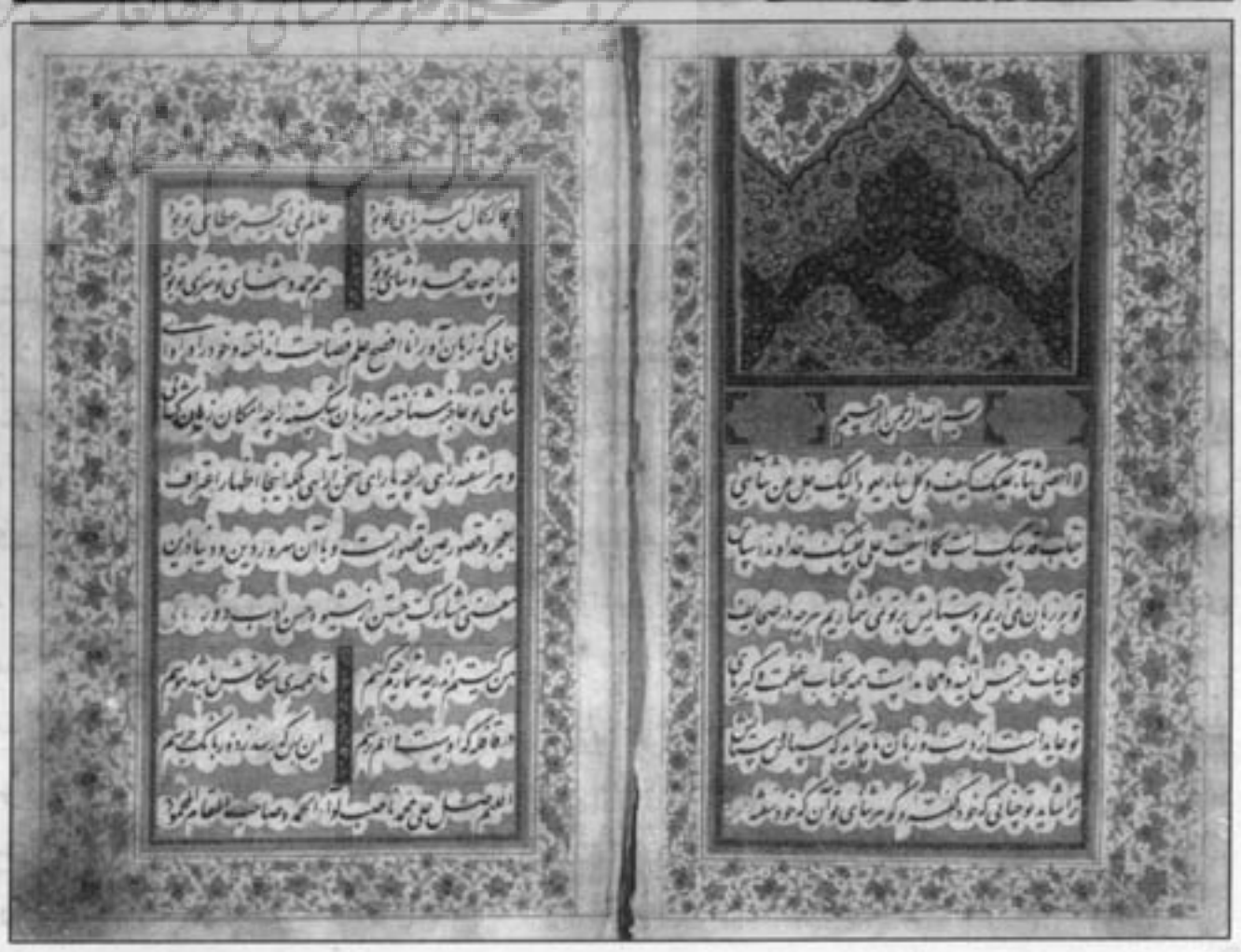
بنابر این هرگونه منع استعمال از اشعه اهمیتی ناچیز و قابل اغماض دارد. از این دیدگاه ممکن است سودمند باشد که به خاطر داشته باشیم، این یک زمینه کار بردی کاملاً متفاوت است و از ماده کاملاً متفاوتی استفاده می‌شود، حتی در مورد موادی که با منشأ طبیعی و آلی به کار می‌رود، غذای انسان وقتی در مقادیر ۴/۵ـ۷kGy تابش و نگهداری شوند، سطوح پروتئین آن تغییر نمی‌کند و کیفیت غذایی آن (قوام، رنگ و بوی) تغییر نمی‌کند.

خصوصیات اخیر در ملکول‌هایی که معمولاً بیشتر از سلولز به حملات فیزیکی و شیمیایی حساس هستند دیده می‌شود. در گوشت تنها سطح ویتامین‌های آن به مخاطره می‌افتد، بهرحال در اثر پخش چنین اثری درآن پدید می‌آید.

خلاصه:

پروژه تحقیقاتی وسیعی درباره احیای کتب و اسنادی که در کتابخانه‌ها و مرکز اسناد نگهداری می‌شوند و نیزکار مشابهی در ارتباط با سلولز انجام گرفت است. در این پروژه سه نوع مختلف کاغذ (کاغذ روزنامه‌ای، کاغذ مجله و کاغذ چاپی بادوام) تحت دو سری مطالعات تجربی و آزمایشگاهی قرار گرفتند. در سری اول این آزمایشات، کاغذها بوسیله اشعه گاما تحت تابش قرار گرفته و در سری دوم آزمایشات، کاغذها به صورت مصنوعی و با روش گرمایی کهنه سازی شدند.

ارزیابی میزان آسیب پذیری این کاغذها با استفاده از آسیب‌پذیری آنها توسط سوسک آمریکایی صورت گرفت. کاغذها در طول دوره نگهداری بعدی در معرض این سوسک (به عنوان تنها ماده غذایی قابل دسترسی) قرار گرفته و میزان خوردگی و فرسایش در آنها مورد مشاهده و بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کاغذهایی که با مقادیر 0 تا10KGry اشعه دیده‌اند، آسیب دیدگی و خوردگی بیشتری در مقایسه با کاغذهایی که هم به صورت مصنوعی کهنه شده و هم تحت تابش اشعه گاما با مقادیر اندک قرار گرفته بودند نیز به دست آمد. امّا در موردکاغذهایی که به آنها اشعه گاما در مقادیر بالا تابانیده شده بود (۱۰۰ و ۲۰۰ kgy) ارتباط مستقیم بین مقدار اشعه جذب شده به وسیله کاغذ و آمادگی آن‌ها برای حشرات جونده مشاهده شد. این اثر در مواردی که تابش‌ها و کهنه کردن مصنوعی (پیرسازی مصنوعی) به طور تواماً انجام شده بود، حداقل برای دو نوع از کاغذها، به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر دیده می‌شود. در نهایت، اهمیت کاربردی این پدیده‌ها مورد توجه قرار گرفته است.



پی نوشت‌ها

* کارشناس ارشد مرمت اشیای فرهنگی. تاریخی

1- whatman
2- Periplaneta americana
3- Blattidae
4- Permanent Paper

منبع:

M. ADAMO & G. MAGAUDDA
Susceptibility of printed paper to attack of Chewing Insects after Gamma Irradiadion and Ageing.
Restaurator 24 : (95- 105), Vol 24, No 2 (2003), pages 95- 105