

■ بررسی میزان تأثیر چسب‌های مرمتی در جذب و رشد عوامل بیولوژیک در حوزه اسناد آرشویی ایران

زهره مرادخانی؛ مهناز عبدالله‌خان‌گرچی؛ رضا وحیدزاده؛ صدیقه روحی؛ رقیه محمودی

■ چکیده

آنچه در درمان اسناد کاغذی مهم است، عدم تغییر خصوصیات اولیه شیء (شیمیایی، فیزیکی، و بیولوژیکی)، در اثر گذشت زمان است. انتخاب روش و مواد و مصالح درمانی مناسب می‌تواند تا حدودی از این روند جلوگیری کند. به نظر می‌رسد چسب‌های مورد استفاده در این حوزه، به دلیل فراهم نمودن شرایط محیطی مناسب، می‌توانند در جذب و رشد عوامل بیولوژیک مؤثر باشند.

هدف: این پژوهش به بررسی میزان تأثیر چسب‌های به‌کاررفته در مرمت آثار کاغذی- از لحاظ جذب و رشد عوامل بیولوژیک- تحت شرایط استاندارد محیطی می‌پردازد، که شامل سنجش میزان رشد میکروارگانیسم‌ها در هر یک از چسب‌ها و نمونه‌های تحت درمان با آنها و مقایسه با نمونه شاهد بدون درمان است. دو گروه چسب‌های سنتی (سریش و نشاسته) و سنتزی (کریوکسی متیل سلولوز و تکسی کریل) از رایج‌ترین چسب‌های مرمت آثار کاغذی در ایران هستند.

جامعه پژوهشی: شامل نمونه کاغذهای دست‌ساز و ماشینی و چهار نمونه چسب شاخص مرمت آثار کاغذی است.

روش/ رویکرد پژوهش: جهت انجام مطالعات آزمایشگاهی، نمونه‌های یکسان از کاغذهای دست‌ساز و ماشینی جدا شد؛ در ادامه نمونه‌های کاغذ با چهار نمونه چسب انتخابی به روش مشابهی مرمت شدند. در مرحله بعد، تأثیر چسب‌ها بر روی نمونه‌های کاغذ، از جهت رشد عوامل بیولوژیک، مورد بررسی قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: در جمع‌بندی نتایج حاصل، شاهد این مسئله هستیم که تقریباً همه نمونه چسب‌ها می‌توانند باعث جذب و رشد عوامل بیولوژیک شوند.

کلیدواژه‌ها

اسناد کاغذی/ مرمت/ آلودگی بیولوژیک/ چسب/ سریش/ نشاسته/ کریوکسی متیل سلولوز/ تکسی کریل

مطالعات آرشویی

فصلنامه گنجینه اسناد: سال بیستم و یکم، دفتر دوم، (تابستان ۱۳۹۰)، ۷۹-۶۲

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۱ ■ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۴/۱۴

بررسی میزان تأثیر چسب‌های مرمتی در جذب و رشد عوامل بیولوژیک در حوزه اسناد آرشیوی ایران

زهرة مرادخانی^۱؛ مهناز عبدالله‌خان‌گرچی^۲؛ رضا وحیدزاده^۳؛ صدیقه روحی^۴؛ رقیه محمودی^۵

۱. کارشناس ارشد مرمت اشیای
تاریخی و فرهنگی دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکز.
z_m506@yahoo.com

۲. مسئول بخش مرمت موزه ملی ایران.
gorjimah@yahoo.com

۳. دانشجوی دکتری مرمت اشیای
تاریخی و فرهنگی و مربی مرمت اشیای
تاریخی و فرهنگی دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران مرکز.
rezavahidzade@yahoo.com

۴. کارشناس شیمی کاربردی سازمان
اسناد و کتابخانه ملی ایران.
Sedighe.roohi@yahoo.com

۵. کارشناس شیمی کاربردی سازمان
اسناد و کتابخانه ملی ایران.
roghi_mah_2005@yahoo.com

کلیدیه آزمایش‌های این پژوهش با حمایت
سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران انجام
شده است. نویسندگان از سرکار خانم‌ها
بیدار و رئیس‌نیا (کارشناسان آزمایشگاه)
و سایر دوستان شاغل در این سازمان،
که در این پژوهش همکاری داشتند،
قدردانی می‌نمایند.

مقدمه

آثار کاغذی، به دلیل ماهیت آسیب پذیرشان نیازمند توجه ویژه‌ای در حوزه حفاظت و مرمت می‌باشند. در آرشیوهای اسناد تاریخی، مکتوبات و نسخ با ارزشی را می‌توان دید که صرف نظر از روش درمانی، به دلیل نامناسب بودن چسب به کار رفته، دچار آسیب‌های جبران ناپذیری شده‌اند. چسب‌ها، به عنوان عامل افزایشی، نقش ویژه‌ای را در زمینه حفاظت و مرمت ایفا می‌کنند که در صورت استفاده نادرست ممکن است روند تخریب را سرعت بخشند؛ به صورتی که آثار کاغذی مرمت شده - حاوی چسب - بر اثر مرور زمان دچار زردشدگی، خشکی، و شکنندگی می‌شوند (اوانسون، کاکس کرو، ۲۰۰۳، ص ۱۷).

از قرن‌ها پیش، در دست‌نوشته‌های باقی مانده از وراقان و صحافان، فرمول‌ها و روش‌های مختلفی برای تهیه چسب‌های مورد استفاده در مرمت آثار کاغذی بیان شده است. این چسب‌ها، اعم از گیاهی و حیوانی، به دلایل مختلفی از جمله مشکلات تهیه مواد اولیه، روش ساخت و آسیب‌رسانی به کاغذ، دیگر کاربردی ندارند. از بین آنها تنها سریش و نشاسته است که با وجود گذشت قرون متمادی هنوز هم در کارگاه‌های سنتی مرمت آثار کاغذی استفاده می‌شوند.

هریک از مرمتگران فعال آثار کاغذی، دلایل خاصی برای استفاده از چسب مصرفی در کارگاه‌های خود دارند، به طوری که گزینش چسب مناسب مشکل به نظر می‌رسد؛ ولی آنچه در اولویت قرار دارد انتخاب چسبی است که باعث تسریع فعالیت عوامل آسیب‌رسان نشود. عوامل بیولوژیک یکی از مهم‌ترین آسیب‌ها را در کاغذ به وجود می‌آورند که خود باعث ایجاد



آسیب‌های متعدد ثانویه از جمله اسیدی شدن کاغذ می‌گردند و در نتیجه فعالیت و رشد آنها، به سرعت، تمام یا قسمتی از یک سند پوسیده شده و کاملاً از بین می‌رود.

سؤال‌های پژوهش عبارت‌اند از:

- آیا چسب، به‌عنوان یک عامل افزایشی در مرمت آثار کاغذی، می‌تواند تأثیری در جذب عوامل بیولوژیک داشته باشد؟

- کدامیک از چسب‌ها از این لحاظ برتری دارد؟

- درصد فراوانی رشد کدام عامل بیولوژیک در چسب‌ها بیشتر است؟

به‌نظر می‌رسد برخی چسب‌ها، به‌دلیل بسترسازی و ایجاد شرایط مناسب به عنوان منبع تغذیه، باعث جذب و رشد میکروارگانیسم‌ها می‌شوند.

هدف این تحقیق، بررسی و مقایسه تأثیر چسب‌های به کاررفته در مرمت آثار کاغذی، در رشد و جذب عوامل بیولوژیک، تحت شرایط استاندارد محیطی است.

جامعه پژوهش، نمونه کاغذهای ماشینی انتخابی از آرشیو مؤسسه مطالعات تاریخ معاصر ایران و کاغذهای دست‌ساز از موزه ملی ایران است، که با چهار چسب رایج و متداول در مرمت آثار کاغذی ایران (سریش، نشاسته، کربوکسی متیل سلولز، و چسب‌های آکریلیکی) درمان شده‌اند.

روش تحقیق، به‌صورت انجام عملیات آزمایشگاهی و مقایسه نتایج به‌دست آمده است. در زمینه حفاظت و مرمت آثار تاریخی، به‌خصوص آثار کاغذی، منابع بسیار معدودی در ایران به‌چاپ رسیده است؛ به‌طوری‌که با مراجعه به بانک‌های اطلاعاتی دانشگاه‌های ایران و بررسی پایان‌نامه‌ها به تحقیق تخصصی در این زمینه برخورد نشد. تنها در مورد اصلاح چسب سریش یک پایان‌نامه وجود دارد. تأثیرات ریزساختاری و بیولوژیکی انواع چسب‌های مرمتی بر روی آثار کاغذی مسئله‌ای است که مراکز معتبر مرمتی جهان کمتر بدان پرداخته‌اند. مرمتگران و محققان، در مورد چسب‌های مرمتی آرشیوی و تعیین نمونه‌ای - که در حوزه حفاظت و مرمت قابل قبول باشد - تحقیقاتی انجام داده‌اند، ولی متأسفانه نتیجه‌ای در مورد اثرات استفاده از این چسب‌ها در طولانی مدت برای استفادهٔ مجموعه‌داران و کتابداران منتشر نشده است (اوانسون، کاکس کرو، ۲۰۰۳، ص ۱۴).

در زمینه مقالات تخصصی، با مراجعه به بانک‌های اطلاعاتی مؤسسات مرمتی و آرشیوهای معتبر جهانی، مانند ACC، BRITISH MUSEUM، CCI، JAIC، ICCROM، GETTY، و ICA مقالات متعددی با موضوع بررسی چسب‌ها و رزین‌های پلیمری مورد مصرف در آثار تاریخی، به‌خصوص پارچه^۲، به‌دست آمد که به آنها اشاره خواهد شد. اما مقاله‌ای که مستقیماً به موضوع مورد نظر پرداخته باشد مشاهده نشد.

1. www.iihs.org

عدنانی، صدیقہ (۱۳۷۴). ارزیابی و اصلاح چسب گیاهی سریش برای اهداف مرمت اسناد و کتب فرهنگی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان.

3. Abdel-Kareem, Omar (2010). Microbiological Testing of Polymers and Resins Used in Conservation of Linen Textiles. Poland. 15th World Conference on Nondestructive Testing Roma (Italy) 15-21 October 2010.

کاغذ^۱

کاغذها را می‌توان بر حسب مقاومت‌شان در برابر قارچ‌ها طبقه‌بندی کرد. مقاومت کاغذ به عملیات شیمیایی بستگی دارد که در مراحل تولید کاغذ به کار می‌رود. مقاومت کاغذهای آهارزده،^۲ در برابر قارچ، به دلیل جذب رطوبت کمتر، بیشتر است (پورممتاز، مدرسی تهرانی، ۱۳۸۰، ص ۷۳).

کاغذهای صیقل داده شده با ماشین به خاطر نرمی، تمیزی، و جذب رطوبت کمتر در مقابل کپک مقاوم‌اند. همچنین، کاغذهای ضخیم‌تر به آسانی هاگ‌ها را جذب می‌کنند. کاغذهایی که آهارنشاسته یا ژلاتین دارند برای رشد کپک مناسب‌اند. لکه‌های قهوه‌ای که اغلب روی کاغذهای قدیمی دیده می‌شود نشانه آلودگی کاغذ به قارچ است. ثابت شده است که رطوبت لازم برای زنگ‌زدگی خیلی کمتر از رطوبت لازم برای پیشرفت کپک‌های قابل رؤیت است (پورممتاز، مدرسی تهرانی، ۱۳۸۰، ص ۷۳). اهمیت و گستردگی آسیب‌های ناشی از عوامل بیولوژیک در آرشیوهای اسناد کاغذی و ارتباط این مسئله با مواد و مصالح مرمتی، به‌خصوص چسب، یکی از موضوعات بحث برانگیز در این حوزه است.

تأثیر میکروارگانیسم‌ها بر روی مواد آرشیوی عبارت است از تأثیر روی کاغذ، چسب، جوهر و نقاشی‌ها. در این میان، چسب‌های حیوانی، گیاهی، و حتی سنتزی می‌توانند تحت تأثیر میکروارگانیسم‌ها قرار گیرند (بارکشلی، آگراوال، ۱۹۹۷، ص ۳۷). چسب‌های گیاهی، که گاهی به‌عنوان آهار^۳ در کاغذهای قدیمی به کار می‌روند، می‌توانند باعث جذب میکروارگانیسم‌ها شوند (بارکشلی، آگراوال، ۱۹۹۷، ص ۳۷).

از انواع میکروارگانیسم‌های مؤثر در تخریب آثار کاغذی می‌توان از قارچ^۴، مخمر^۵، جلبک^۶، و فاکسینگ^۷ نام برد (بارکشلی، آگراوال، ۱۹۹۷، صص ۳۲-۳۵).

چسب

چسب‌ها موادی هستند که برای چسباندن یا اتصال بین دو سطح به کار می‌روند، و به‌صورت مایع، خمیر، گرد یا لایه خشک وجود دارند (فرهنگ، ۱۳۶۶، ص ۱۱).

چسب‌هایی که امروزه در درمان آثار کاغذی ایران به کار می‌روند، به دو گروه گیاهی و سنتزی تقسیم می‌شوند. این چسب‌ها عبارت‌اند از: سریش، نشاسته، کربوکسی متیل سلولوز و چسب‌های آکرلیکی. نشاسته و سریش از گروه چسب‌های سنتی گیاهی هستند که چندین قرن سابقه کاربرد در مرمت آثار کاغذی دارند. کربوکسی متیل سلولوز و چسب‌های آکرلیکی از گروه چسب‌های سنتزی هستند که تنها چند دهه است وارد کارگاه‌های مرمت کاغذ شده‌اند. مدت کوتاهی است که چسب کلوسل (سنتزی) نیز به این مجموعه اضافه شده است.

4. Fungi
5. Yeasts
6. Algae
7. Faxing

۱. استاندارد صنعتی ژاپن، کاغذ را صفحه تولید شده از الیاف گیاهی و دیگر الیاف بدون عملیات بافت تعریف کرده است.
(JIS p0001 ;Paper, board and pulp-vocabulary; no.4004)

۲. از سویی، آسیب مهم کاغذ بر اثر استفاده از آهار آلوم- کلوفون به وجود می‌آید که منجر به تولید اسید می‌شود. از این رو، تعداد زیادی از کتاب‌ها و اسناد وجود دارند که به دلیل شکنندگی قابل استفاده نیستند (بروس آرنولد، ۲۰۰۳، ص ۱).

۳. عمل روکش کشیدن روی کاغذ را آهار زدن می‌گویند (پورممتاز، مدرسی تهرانی، ۱۳۸۰، ص ۲۱).



معرفی چسب‌ها

الف. چسب سریش

سریش گیاهی از دسته سوسنی‌هاست که دارای ریشه‌ای ضخیم و لعابدار (که یکی از منابع چسب سریش است) می‌باشد. این گیاه به دلیل چسبناک بودنش، طی قرون متمادی، به صورت سنتی، به عنوان یک عامل چسبنده مورد استفاده قرار گرفته است.

ب. چسب نشاسته^۱

نشاسته به گروه بزرگی از ترکیبات کربوهیدرات طبیعی با فرمول تجربی $(C_6H_{10}O_5)_x$ اطلاق می‌شود که هنگام پخت با آب، خمیر چسبناکی تولید می‌کند (کلاسر، بریدی، ۱۳۶۶، ص ۵۷۰). مزایای چسب نشاسته، به دلیل قدمت طولانی استفاده از آن، کاملاً شناخته شده است (دانیلز، ۱۹۹۹، ص ۴۷). نشاسته، پلیمری است که همانند سلولز از واحدهای گلوکز بدون آب تشکیل شده است که به دلیل تفاوت در نحوه اتصال زنجیره‌ای مجاور، خواص آن تفاوت زیادی با سلولز دارد (هوری، ۱۳۷۸، ص ۱۴۵). از زمان پیدایش کاغذسازی، نشاسته به عنوان یک عامل افزودنی مهم در ساخت کاغذ به کار رفته است (وودوپیوک و همکاران، ۲۰۰۴، ص ۱).

نشاسته، تا زمانی که به درجه ۵۵-۸۰ درجه سانتی‌گراد نرسد حل نمی‌شود. در این دما، دانه‌ها نرم می‌شوند و شروع به وارفتن می‌کنند. این امر موجب بالا رفتن سریع ویسکوزیته و سپس کاهش آن و وارفتن کامل دانه‌ها می‌شود (هوری، ۱۳۷۸، ص ۱۴۶). تهیه چسب نشاسته با کمک حرارت و آب، تا زمانی که دانه‌های آن ورم کند و بترکد انجام می‌شود که سرانجام یک محلول نیمه‌شفاف سفید رنگ به دست می‌آید (دانیلز، ۱۹۹۹، ص ۴۸).

ج. کربوکسی متیل سلولز^۲

کربوکسی متیل سلولز یا CMCl، پودر سفید دانه‌ای شکل و بدون بوست که غلیظ کننده محلول‌های با پایه آبی است (کلایدزیل، ۱۳۷۹، ص ۳۴۷). این ماده از مشتقات سلولز است که از استخلاف گروه‌های کربوکسی متیل^۳ به جای برخی گروه‌های هیدروکسی^۴ به دست می‌آید. کربوکسی متیل سلولز به سرعت در آب سرد و گرم حل می‌شود و عمده‌ترین کاربرد آن در مرمت عبارت است از: چسباندن کاغذ، استفاده به صورت ژل نم‌گیر در حین مرمت‌هایی که نیازمند رطوبت سطحی است، و تثبیت رنگدانه‌ها و تحکیم کاغذ در روش پرس سرد و گرم (هوری، ۱۳۷۸، ص ۱۴۰).

تکسی کریل^۵

در سال ۱۹۷۲، یک امولسیون آکریلیک به نام تکسی کریل (۱۳-۰۰۲) تولید شد که در اصل

1. STARCH
2. Carboxy Methyl cellulose
3. Car boxy Methyl (CH2-COOH)
4. Hydroxy (OH)
5. Texicryl

برای نقاشی طراحی شده بود، ولی مشخص شد که می‌توان کاغذ تیشو را با آن پوشش داده و به کمک حرارت به منظور مرمت از آن استفاده کرد (دانیلز، ۱۹۹۸، ص ۴۷). به طور کلی، آکرلیک به ماده پلاستیکی ای اطلاق می‌شود که شفاف است، در برابر رطوبت مقاوم است، و دارای ثبات رنگ است که به دلیل مقاومت در برابر تغییرات شیمیایی در مرمت کاربرد زیادی دارد (Library Preservation Glossary, 1990).

پلیمرهای آکرلیک، به دلیل انعطاف پذیری، به طور فزاینده‌ای برای پوشش دهی در مرمت استفاده می‌شوند (اوانسون، کروز، ۲۰۰۳، ص ۱۶).

انتخاب نمونه‌ها

در این پژوهش، کاغذهای انتخاب شده، با چسب‌های انتخابی، درمان می‌شوند. باروش مشابه، نمونه‌های درمان شده و شاهد تحت شرایط استاندارد محیطی، یکسان‌سازی می‌شوند، سپس نمونه‌ها در محیط مستعد، از لحاظ جذب و رشد میکروارگانیسم، قرار داده می‌شوند. در مرحله بعد، پس از ۱۴ روز، از لحاظ تعداد و نوع میکروارگانیسم، مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

الف. نمونه‌های کاغذ

از آنجاکه در آرشیو اسناد تاریخی دو نوع کاغذ دست‌ساز و ماشینی وجود دارد، آزمایش‌ها روی هر دو نوع کاغذ انجام شد. برای نمونه کاغذ دست‌ساز تاریخی، از کاغذ دست‌ساز مربوط به دوره صفویه استفاده شد (قطر کاغذ دست‌ساز ۰/۱۵ میلیمتر). در مورد کاغذ ماشینی تاریخی، کاغذهای کاملاً یکسانی از دوره احمد شاه قاجار به عنوان نمونه‌های ماشینی تهیه شد. از این کاغذها، در گذشته، استفاده نوشتاری نشده بود و در جعبه نگهداری اسناد کاغذی مؤسسه مطالعات تاریخ معاصر ایران، داخل پوشه واحد قرار داشتند (قطر کاغذ ماشینی ۰/۰۹ میلیمتر).

در ابتدا، کلیه کاغذها، از لحاظ آلودگی بیولوژیک بررسی شدند. پس از انجام آزمایش و نتیجه‌گیری، کاغذهای بدون آلودگی به عنوان نمونه جدا شدند. از کلیه نمونه‌های کاغذ دست‌ساز و ماشینی ۸ نمونه کاملاً یکسان جدا شد.

لازم به توضیح است که به دلیل انتخاب نمونه‌های تاریخی و تخریبی بودن آزمایش‌های انجام شده، در تعدد و تنوع نمونه‌ها محدودیت ایجاد شد.

آزمایش شناسایی الیاف نمونه‌های کاغذ

ابتدا، تکه کوچکی از نمونه را مرطوب نموده و روی لام قرار می‌دهیم. سپس، به کمک سوزن، به آرامی الیاف آن را از هم باز نموده به گونه‌ای که الیاف آسیبی نبینند. روی الیاف باز شده لامل قرار داده و در زیر میکروسکوپ گذاشته شد. از مشخصات ظاهری لیف مشاهده شده و مقایسه آن با اطلس الیاف‌شناسی می‌توان نوع لیف را مشخص نمود.

مشخصات ظاهری لیف مشاهده شده در نمونه کاغذ دست‌ساز:

-دسته‌های متراکم، منظم و لبه‌های کشیده به همراه گره.

با توجه به مشخصات مشاهده شده دریافتیم که نمونه کاغذ ماشینی از نوع الیاف کتان است (لیه ناردی، دم، ۱۳۷۶، ص ۴۳).

مشخصات ظاهری لیف مشاهده شده در نمونه کاغذ ماشینی:

-استوانه‌ای، حداکثر قطر 20um، دسته‌های متراکم الیاف، انتهای الیاف کاملاً کشیده (اندازه قطر الیاف با عکسبرداری SEM تعیین شد).

با توجه به مشخصات مشاهده شده دریافتیم نمونه کاغذ ماشینی از نوع الیاف کنف است (لیه ناردی، دم، ۱۳۷۶، ص ۴۵).

ب. نمونه‌های چسب

برای نمونه چسب‌های گروه سنتی، نشاسته^۱ و سریش، از گروه صنعتی کربوکسی متیل سلولز^۲ و تکسی کریل - به جهت فراوانی مصرف در کارگاه‌های مرمت کاغذ ایران - انتخاب شدند. از آنجا که برای مقایسه میزان جذب آلودگی بیولوژیک، نیاز به تنوع نمونه است، چسب تکسی کریل در دو غلظت تهیه شد. به این صورت که از چسب D541^۳ و B500^۴ یک غلظت چسب پایه^۵ تهیه شد و در نهایت این چسب با دو نسبت ۴۰ درصد و ۶۰ درصد با آب رقیق شد. همچنین، یک نمونه هم کاغذ تیشو پشت چسبدار^۶ (آماده) انتخاب شد.

جدول مشخصات چسب نشاسته مصرفی

کدمشخصات	شرکت تولید کننده
۱,۰۱۲۵۳,۱۰۰۰	MERCK

جدول مشخصات چسب کربوکسی متیل سلولز مصرفی
--

کدمشخصات	شرکت تولید کننده
۱,۰۵۰۶۴,۱۰۰۰	MERCK

جدول مشخصات چسب D541 مصرفی

کدمشخصات	نام محصول
۱۰۸T۱۳۷۰۱	CHARGEN-NR.C

جدول مشخصات نمونه B500 مصرفی

کدمشخصات	نام محصول
۰۱۰۸ A۰۲۸۰	PLEXTOL %۰۵ CA

جدول فرمولاسیون- تهیه غلظت پایه چسب تکسی کریل

آب	D541	B500
۲	۱	۳

جدول مشخصات تیشو پشت چسبدار

وزن	کدمشخصات	نام
۸.۵ G/M ^۲	۴۱۴۸۲۶۲۰۳	FILMOPLAST R



چسب سریش هم از دو کارگاه مختلف (سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران و موزه ملی ملک)^۱ تهیه شد.

آماده سازی نمونه ها

به منظور درمان نمونه های کاغذ، روش های مختلف مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت و روشی انتخاب شد که با هر چهار چسب قابل انجام باشد. نمونه های کاغذ، بنا به روش مرمتی انتخاب شده، با یک لایه چسب (متفاوت در هر نمونه) و یک لایه کاغذ تیشو^۲، به طور یکسان ساپورت شدند. در مجموع، ۱۶ نمونه کاغذ با چسب های انتخابی درمان شدند. یک نمونه کاغذ دست ساز و یک نمونه از کاغذ ماشینی هم بدون چسب به عنوان شاهد باقی ماند.

استاندارد سازی نمونه ها

همه نمونه ها در شرایط استاندارد محیطی داخل دستگاه پیرسازی تسریعی قرار گرفتند (دما: ۲۳ درجه سانتی گراد، رطوبت: ۵۰ درصد و زمان: ۲۴ ساعت)^۳. پس از استاندارد سازی، نمونه ها از دستگاه خارج شدند.

آزمایش بیولوژیک محیط مخزن

در این آزمایش، چهار پلیت استریل (A, B, C, D)، در چهار نقطه مخزن نگهداری از اسناد آلوده^۴ - مؤسسه مطالعات تاریخ معاصر ایران - (به منظور شناسایی عوامل بیولوژیک هوای این محیط) به صورت در باز قرار داده شد (شرایط محیطی شامل دمای ۱۸ درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد).

پس از ۱۵ دقیقه، در پلیت ها را بسته و نمونه ها به آزمایشگاه بیولوژی منتقل شد. آلودگی های بیولوژیک، با روش SABRAUD DEXTROSE AGAR بررسی شد.

در مجموع، ۳۶ کلنی (۱۴ نوع مختلف) داخل پلیت ها رشد کرد که از این تعداد بالاترین تعداد کلنی مربوط به کلادوسپوریوم (۱۱ کلنی) بود.

۱. در تهیه این نمونه از جناب آقای فیضی درخواست همکاری شد. که از هر دو گروه کاغذ یک نمونه توسط ایشان مرمت شد.

کد مشخصات	نوع الیاف	شرکت تولید کننده	وزن
R/۶۲۴۰۵۰	Kuranai (Manila) ۱۰۰%	Japica-japan	۹ G/QM

۲. جدول مشخصات کاغذ تیشو ۹ گرم مصرفی

۳. استاندارد ISO106

۴. در این مخزن اسنادی که دارای انواع آلودگی هستند نگهداری می شوند.



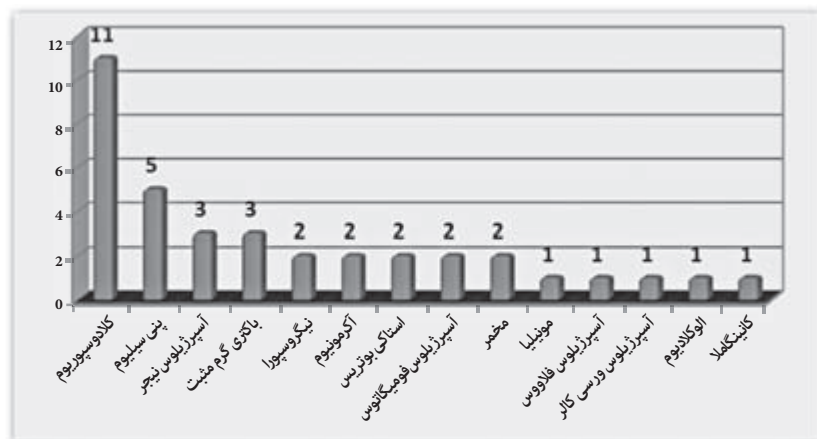
شناسایی آلودگی	نمونه
کانینگاملا (۱ کلنی) آسپرژیلوس نیجر (۱ کلنی) پنی سیلیوم (۳ کلنی) کلادوسپوریوم (۵ کلنی) باکتری گرم مثبت (۱ کلنی)	A
مونیلیا (۱ کلنی) آسپرژیلوس فلاووس (۱ کلنی) آسپرژیلوس فومیگاتوس (۱ کلنی) پنی سیلیوم (۱ کلنی) مخمر (۱ کلنی)	B
کلادوسپوریوم (۱ کلنی) آسپرژیلوس ورسی کالر (۱ کلنی) آسپرژیلوس فومیگاتوس (۱ کلنی) نیگروسپورا (۱ کلنی) آکرمونیوم (۱ کلنی)	C
کلادوسپوریوم (۵ کلنی) نیگروسپورا (۱ کلنی) آکرمونیوم (۱ کلنی) پنی سیلیوم (۱ کلنی) آسپرژیلوس نیجر (۲ کلنی) استاکی بوتریس (۱ کلنی) باکتری گرم مثبت (۲ کلنی) مخمر (۱ کلنی) الوکلادیوم (۱ کلنی)	D

جدول ۱

نتایج آزمایش بیولوژیک هوای محیط مخزن

نمودار ۱

نتایج آزمایش هوای محیط بر حسب نوع و تعداد کلنی ها



آزمایش بیولوژیک چسب‌ها

به منظور تخمین میزان جذب عوامل بیولوژیک چسب‌های مورد آزمایش، چهار نمونه چسب را داخل پلیت استریل ریخته و به مدت ۱۴ روز، در شرایط محیطی $+5$ تا -12 دما، و رطوبت نسبی $+5$ تا -50 درصد، در مخزن آلوده مورد نظر قرار داده شد. پس از این مدت، در پلیت‌ها رابسته و نمونه‌ها به آزمایشگاه بیولوژی منتقل شد.

بررسی نتایج آزمایش‌های بیولوژیک چسب‌ها

بالاترین تعداد رشد کلنی را در نمونه چسب سریش شاهد هستیم. چسب کربوکسی متیل سلولز از این نظر در رتبه بعدی قرار دارد. در نمونه چسب تکسی کریل کمترین تعداد و نوع



تصویر چهار نمونه چسب داخل پلیت استریل

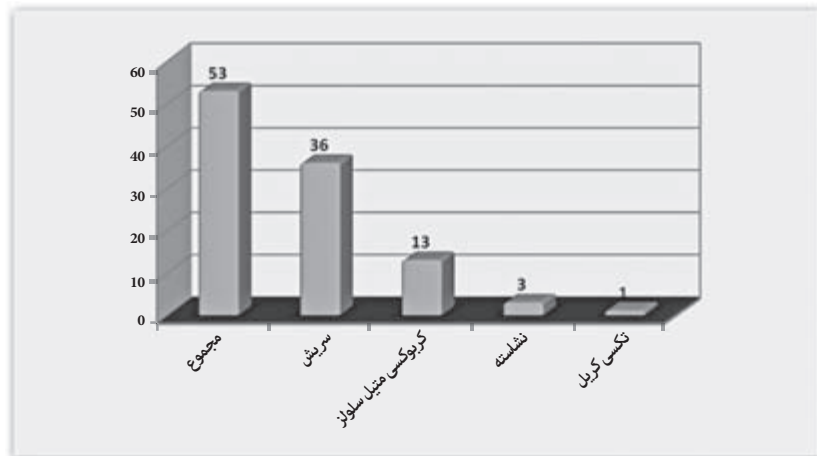
چسب	آسپرژیلوس نیجر	پنی‌سیلیوم	آسپرژیلوس فلاووس	کلادوسپوریوم	مخمر	مجموع
CMC	۳	۵	۵			۱۳
تکسی کریل			۱			۱
سریش	۱	۴		۲۹	۲	۳۶
نشاسته			۱	۲		۳

جدول ۲

نتایج آزمایش بیولوژیک چسب

۱. در جدول آزمایش‌های بیولوژیک این مقاله، اعداد، نمایشگر تعداد کلنی است.

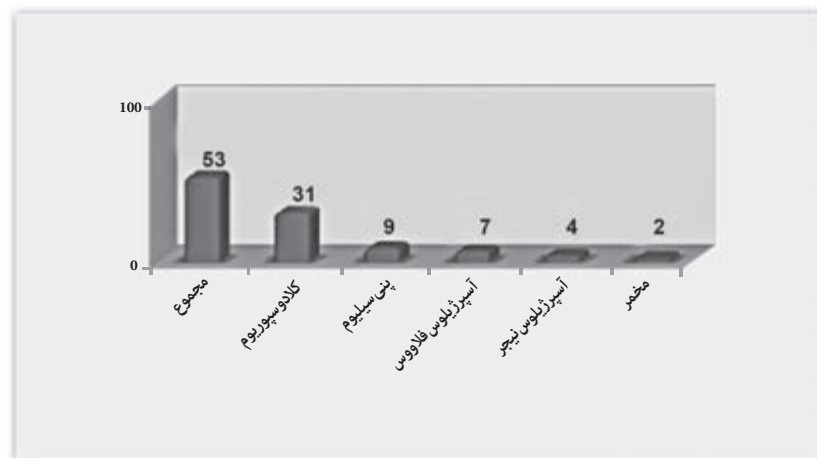
کلنی رشد کرده است (۱). از نظر تنوع، از مجموع ۵ نوع کلنی بالاترین تنوع مربوط به سریش است (۴نوع).



نمودار ۲

نتایج آزمایش‌های بیولوژیک چسب‌ها از نظر تعداد کلنی

در این آزمایش، از نظر میزان فراوانی عوامل بیولوژیک رشد یافته، کلادوسپوریوم (۳۱ کلنی) و پنی سیلیوم (۹ کلنی) بالاترین تعداد کلنی را دارا هستند و در آزمایش محیطی (نمودار ۱) نیز بالاترین تعداد کلنی مربوط به کلادوسپوریوم و پنی سیلیوم بوده است.



نمودار ۳

نتایج آزمایش‌های بیولوژیک چسب‌ها از نظر تنوع کلنی

آزمایش‌های بیولوژیک نمونه‌های تحت درمان

هدف از این آزمایش، مقایسه میزان جذب آلودگی بیولوژیک نمونه‌های کاغذ آغشته به چهار چسب انتخابی با یکدیگر و نمونه کاغذ بدون چسب است. نمونه‌ها به مدت ۱۴ روز،

■ زهره مرادخانی، مهناز عبدالله خان گرچی، رضا وحیدزاده، صدیقه رومی، رفیقه محمودی

به صورت جداگانه، در ۱۸ پلیت استریل داخل مخزن آلوده قرار داده شدند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه بیولوژی نتایج حاصل به صورت جدول ۳ آورده شده است.

مجموع	فوزاریوم	کلادیسیوم	آنتزرا	آکرونیوم	باکتری	رایزوپوس	مخمر	پنیسیلیوم	آسپرژیلوس فلاووس	آسپرژیلوس نیجر	کاغذ دست ساز
۱						۱					بدون چسب
۹		۵	۱					۳			سریش ۲ موزه ملک
۱۱	۱							۴	۴	۲	سریش ۱ سازمان اسناد
۱						۱					تیشوچسپدار
۱									۱		تکسی کریل غلیظ ^۱
۲				۱				۱			تکسی کریل رقیق ^۲
۳									۲	۱	نشسته
۶							۱	۲	۲	۱	کریوکسی متیل سلولز

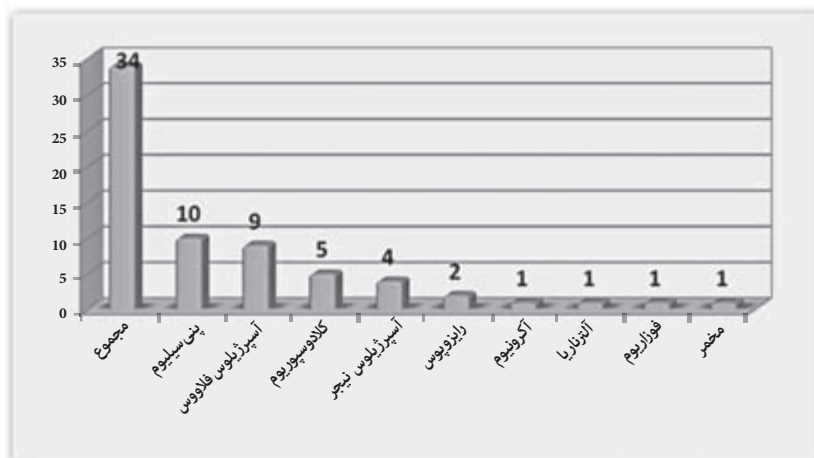
جدول ۳

نتایج آزمایش بیولوژیک کاغذ دست ساز

۱. تکسی کریل با غلظت پایه ۶۰ درصد + آب ۴۰ درصد
۲. تکسی کریل با غلظت پایه ۴۰ درصد + آب ۶۰ درصد

نمودار ۴

نتایج آزمایش بیولوژیک کاغذ دست ساز از
نظرنوع میکروارگانیسم‌ها

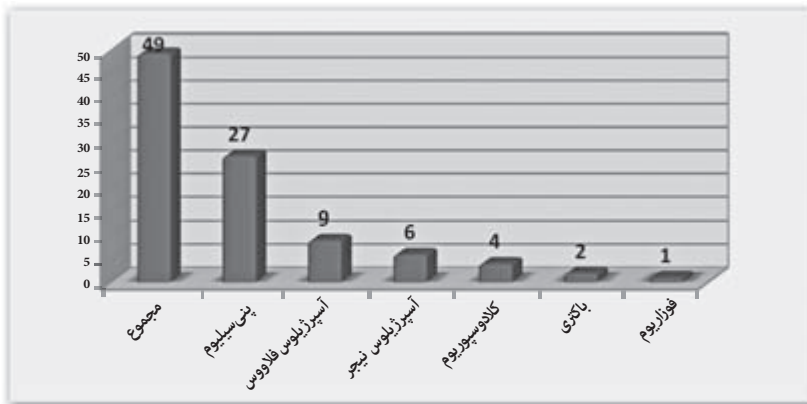


مجموع	فوزاریوم	کلادوسپوریوم	آتوزاریا	آکرونیوم	باکتری	رازوئوس	مخمر	پن‌سیلیوم	اسپرژیلوس فلاووس	اسپرژیلوس نیچر	کاغذ ماشینی
۱					۱						بدون چسب
۱۱								۷	۳	۱	سریش موزه ملک
۸		۴						۳			سریش ۱ سازمان اسناد
۱					۱						تیشو چسب دار
۳	۱									۲	تکسی کریل غلیظ
۶								۳	۳		تکسی کریل رفیق
۱۱								۷	۳	۱	نشاسته
۸								۷		۱	کربوکسی متیل سلولز

جدول ۴

نتایج آزمایش بیولوژیک کاغذ ماشینی





مُودار ۵

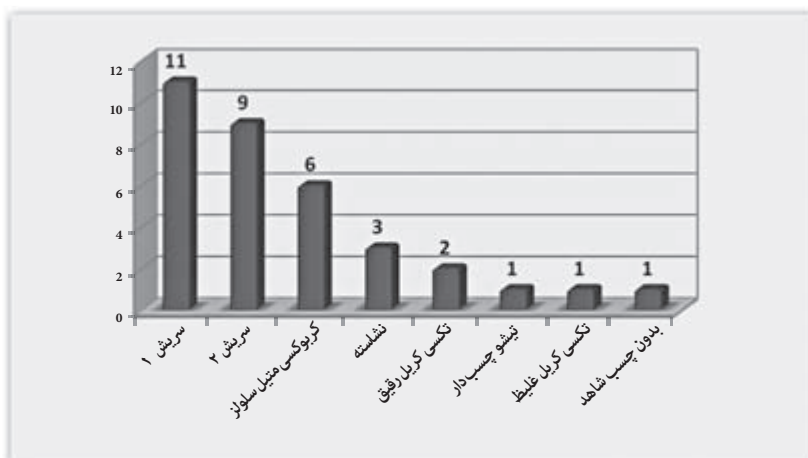
نتایج آزمایش بیولوژیک کاغذ ماشینی از نظر نوع میکروارگانیسم‌ها

بررسی آزمایش‌های بیولوژیک نمونه‌های تحت درمان

در کاغذ دست‌ساز تحت درمان با سریش، بالاترین تعداد کلنی (موزه‌ملک ۹ کلنی، سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران، ۱۱ کلنی) رشد کرده و پس از آن، کربوکسی متیل سلولز (۶ کلنی) بیشترین تعداد کلنی را دارد.

کاغذ بدون چسب (۱ کلنی) و نمونه دارای تیشو پشت چسب‌دار (۱ کلنی)، کمترین تعداد رشد کلنی را داشته‌اند و تفاوتی از لحاظ نوع میکروارگانیسم ندارند. از نظر تنوع، از مجموع ۹ نوع کلنی، سریش سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران و کربوکسی متیل سلولز بالاترین تنوع را داراست (۴ نوع).

به نظر می‌رسد، در این نوع کاغذ میزان غلظت چسب تکسی کریل در رشد میکروارگانیسم مؤثر بوده است؛ به طوری که با افزایش غلظت، میزان رشد میکروارگانیسم کاهش یافته است. در کاغذ ماشینی، نمونه‌های درمان شده با سریش و نشاسته بالاترین تعداد رشد کلنی را



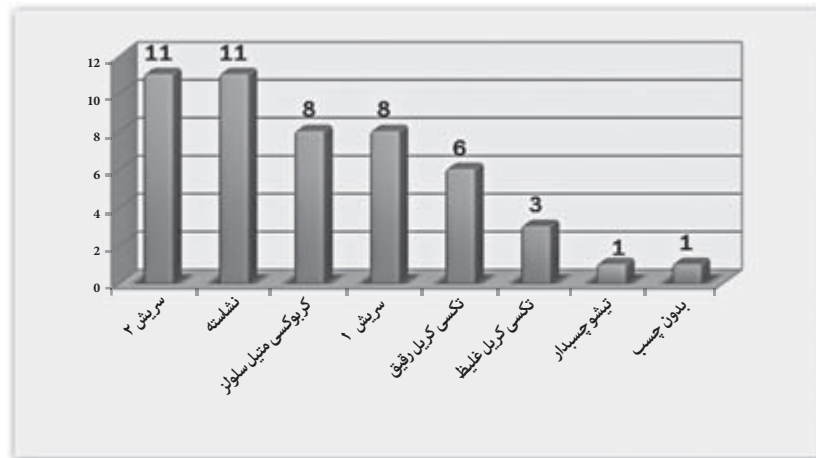
مُودار ۶

نتایج آزمایش بیولوژیک کاغذ دست‌ساز از نظر تعداد میکروارگانیسم‌ها

داشته اند (۱۱ کلنی)، و تیشو پشت چسبدار و کاغذ بدون چسب کمترین میزان رشد کلنی را داشته اند (۱ کلنی). در هر دو، باکتری رشد کرده است.

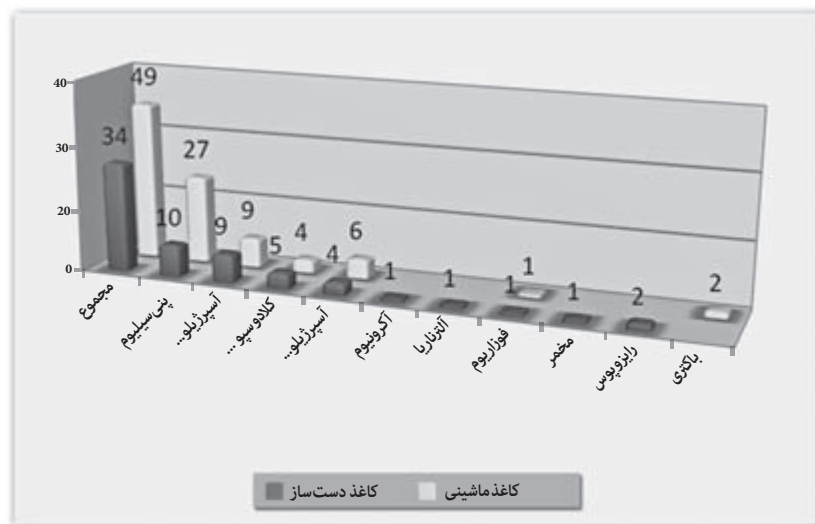
از نظر تنوع کلنی، از مجموع ۶ نوع کلنی، بالاترین تنوع مربوط به نشاسته (۳) و سریش (۳) است.

در این سری آزمایش، غلظت بالای چسب تکسی کریل عامل بازدارنده در رشد میکروارگانیسم بوده است.



نمودار ۷

نتایج آزمایش بیولوژیک کاغذ ماشینی از نظر تعداد میکروارگانیسم‌ها



نمودار ۸

مقایسه کاغذ دست‌ساز و ماشینی از لحاظ تعداد و نوع عوامل بیولوژیک

نتیجہ گیری

- چسب سریش و کربوکسی متیل سلولز بالاترین میزان تاثیر را در جذب و رشد عوامل بیولوژیک (کاغذ دست ساز) دارند (نمودار ۲ و ۶).
 - بیشترین درصد فراوانی عامل بیولوژیک در نمونه های چسب و هوای محیط تحت آزمایش، مربوط به عوامل کلادوسپوریوم و پنی سیلیوم است (نمودار ۱ و ۳).
 - بیشترین درصد فراوانی عوامل بیولوژیک، در نمونه های کاغذ تحت درمان، مربوط به پنی سیلیوم است (نمودار ۴ و ۵).
 - همه نمونه های چسب - که جهت درمان استفاده شدند - به جز نمونه تیشو پشت چسبدار آماده، در مقایسه با نمونه بدون درمان، باعث جذب عوامل بیولوژیک می شوند (نمودار ۶ و ۷).
 - با افزایش غلظت تکسی کریل، تعداد و تنوع کلنی ها کاهش پیدا می کند (نمودار ۷ و ۶).
 - کاغذهای ماشینی، نسبت به کاغذهای دست ساز، باعث جذب و رشد عوامل بیولوژیک بیشتری می شوند؛ به عبارتی، کاغذهای ماشینی که با چسب های مورد نظر مرمت شده اند، مستعد آلودگی بیولوژیک بیشتری هستند (نمودار ۸).
 - با توجه به اینکه کاغذهای ماشینی، در مقایسه با کاغذهای دست ساز، دارای سطح صاف و صیقلی هستند، دلایل جذب آلودگی بیولوژیک بیشتر (پس از درمان با چسب های مورد نظر) می تواند موضوع جالب توجهی برای پژوهش های بعدی باشد. همچنین، در ادامه این تحقیق، پژوهش بر روی انواع دیگر کاغذ از لحاظ جذب و رشد عوامل بیولوژیک پیشنهاد می شود.
- با بررسی های صورت گرفته به این نتیجه رسیدیم که چسب مورد استفاده در مرمت اسناد کاغذی می تواند تاثیر بسزایی در رشد و جذب عوامل بیولوژیک داشته باشد. به طوری که، استفاده از چسب نامناسب می تواند باعث جذب عوامل بیولوژیک شود. تکسی کریل غلیظ و تیشو چسبدار آماده تا حدودی اثر خنثی دارند؛ ولی در اکثر اسناد کاغذی، به دلیل مشکلات حفاظتی مرمتی (از جمله چسبیدن اسناد به یکدیگر، افزایش قطر نسخه های مجلد، و تغییر در انعطاف پذیری سند) نمی توان از تکسی کریل با غلظت بالا یا تیشو چسبدار آماده استفاده کرد. متأسفانه، این تصور وجود دارد که چسب های پلیمری نقشی در جذب عوامل بیولوژیک ندارند؛ در صورتی که آزمایش های مذکور نشان داد که این چسب ها، در مقایسه با نمونه فاقد چسب، می توانند باعث جذب عوامل بیولوژیک شوند. چسب های سنتی، با وجود استفاده فراوانی که در گذشته داشته اند (امروزه، در برخی کارگاه های سنتی همچنان کاربرد فراوانی دارند)، می توانند خسارات بیولوژیکی جبران ناپذیری را به اسناد وارد کنند. البته اسنادی وجود دارند که با وجود گذشت چندین قرن از مرمت آنها و استفاده از سریش یا نشاسته

همچنان به لحاظ بیولوژیک سالم مانده‌اند، که دلیل آن شرایط محیطی این گونه اسناد بوده است (محیط نگهداری آنها از لحاظ دما و رطوبت مناسب رشد میکروارگانیسم نبوده است). بنابراین، در آرشیوهای که این گونه اسناد نگهداری می‌شوند پایش دو چندان محیطی الزامی است. با توجه به اینکه هیچ‌یک از چسب‌های مورد آزمایش عامل بازدارنده در رشد عوامل بیولوژیک نمی‌باشند و حتی باعث تشدید جذب این عوامل می‌شوند ضرورت مشارکت هر چه بیشتر متخصصان شیمی و پلیمر به منظور بهبود ساختار این چسب‌ها احساس می‌شود. در صورتی که استفاده از این نوع چسب‌ها همچنان در کارگاه‌های مرمت کاغذ ادامه داشته باشد، و اسناد و نسخ مرمت شده در آرشیوهای فاقد پایش محیطی دقیق و منظم نگهداری شود، با ایجاد شرایط مناسب برای رشد عوامل بیولوژیک در آینده‌های نه چندان دور شاهد از بین رفتن تعداد زیادی از میراث مکتوب این سرزمین خواهیم بود.

کتابنامه

- پور ممتاز، علیرضا؛ مدرس‌تهرانی، شهره (۱۳۸۰). *کاغذ*. تهران: خانه کتاب تهران.
- کلاس، هنری؛ بریدی، جورج (۱۳۶۶). *فرهنگ مواد* (پرویز فرهنگ، مترجم). تهران: عرفان.
- کلایدزیل، آماندا (۱۳۷۹). *مواد شیمیایی مورد استفاده در مرمت* (مریم باباشاهی، مترجم). تهران: دانشگاه هنر.
- لیه ناردی، آن؛ دم، فیلیپ وان (۱۳۷۶). *راهنمای حفاظت، نگهداری و مرمت کاغذ* (ابوالحسن سرو قد مقدم، مترجم). مشهد: بنیاد پژوهش‌های اسلامی آستان قدس رضوی.
- مقبل اصفهانی، احمد (۱۳۸۰). *شناخت و ساخت کاغذهای دست ساز*. مشهد: آستان قدس رضوی.
- هوری، سی وی (۱۳۷۸). *مواد مورد استفاده در مرمت - حلال‌های آلی - چسب‌ها و حلال‌ها* (ابوالفضل سمنانی، فرهمند بروجنی، مترجمان). تهران: دانشگاه هنر.
- Barkeshli, Mandana; Agrawal, o.p. (1997). *Coservation of Books, Manuscripts and Paper Documents*. India: Conservation Institute Lucknow
- Bruce Arnold, R. (2003). Astms Paper Aging Research Program (*The American Society for Testing & Materials*) from <http://cool.conservation-us.org/byauth/arnold/astm-aging-research>
- Daniels, Vincent (1999). *Occasional Paper*. 135, 47-51
- Glossary of Selected Preservation Terms (1990). *AICTS News letter*. from <http://www.nla.gov.au/chg/gloss.html>
- Vodopivec, j; Grkman, S; Cernic, m. Berovic, M. (2004). *Effect of Starch Coating During the Leaf Casting Technique*. ICCOM-CC
- Evenson, Janet; Cox Crews, Patricia (2003). *The Effects of Light Exposure and Heat aging on Selected Quilting Products Containing Adhesives*, JIAC. 44, 1