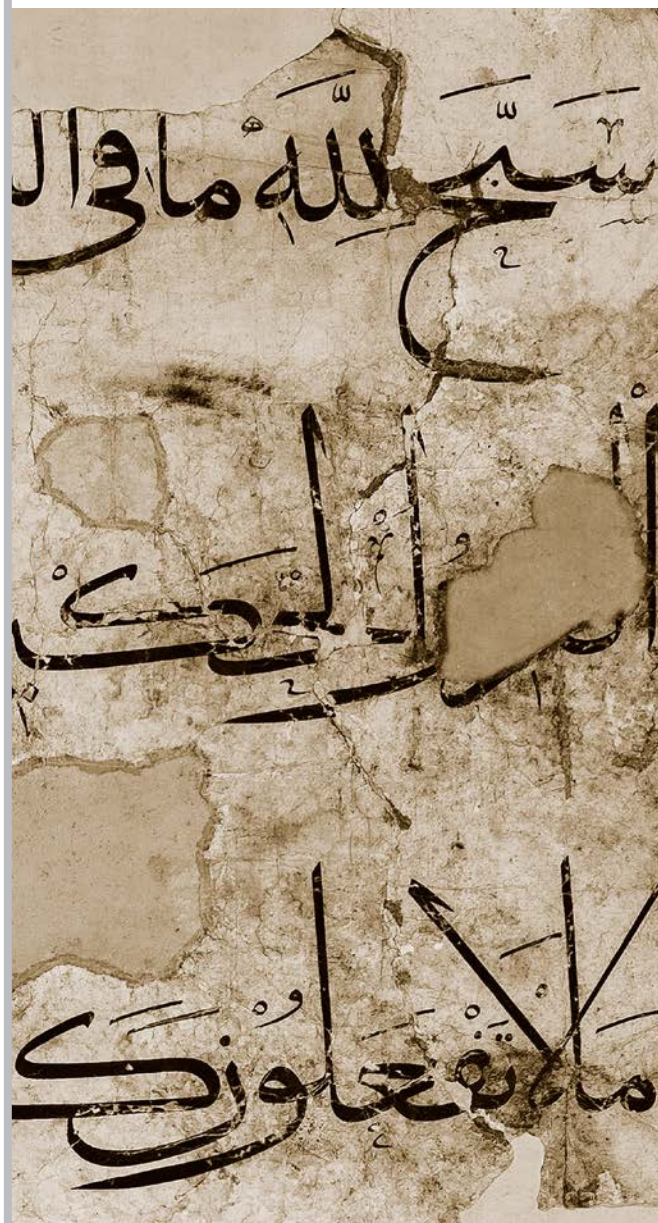


بررسی و شناسایی آزمایشگاهی کاغذ قرآن بایسنغری

علی اصغر ثابت جازاری*

مقدمه

یکی از مهم‌ترین موارد مکتوب به‌جامانده از گذشتگان که پیام‌آور فرهنگ و تمدن دوران گذشته این سرزمین است، اسناد و کتب خطی است. حفظ و نگهداری این‌گونه آثار نه تنها به خاطر جنبه‌های فرهنگی، تاریخی، هنری و مذهبی‌شان، بلکه به جهت نقشی که در پیشبرد دانش بشری دارند، امری بسیار مهم و حساس است؛ خصوصاً آن‌که در بین این آثار، نسخه‌هایی خطی وجود دارند که به سبب ویژگی‌های انحصاری‌شان جزو آثار بی‌نظیر و منحصر به فرد محسوب می‌شوند. یکی از این آثار بی‌نظیر، قرآن بایسنغری دوره تیموری است که نسخه‌شناسان کتب خطی آن را بزرگ‌ترین قرآن موجود کاغذی (اندازه بزرگ‌ترین برگ موجود ۲۰۴×۱۳۷ سانتی‌متر است) می‌دانند. در امر حفظ و نگهداری این‌گونه آثار همواره دستیابی به راه‌حل‌های مناسب و اصولی جهت مرمت و حفاظت آنها مهم بوده است که انجام آن از طریق بررسی و مطالعه آزمایشگاهی اثر توأم با بهره‌گیری از امکانات علمی و فنی گوناگون میسر است. اهمیت مسئله از آن جهت است که مواد و تکنیک‌های حفاظتی و مرمتی تأثیر بسزایی در تشخیص اصالت و کمک به بقای اثر دارند، زیرا هر یک خواص و کیفیت‌های مختلف فیزیکی و شیمیایی دارند. بدیهی است کاربرد این مواد و تکنیک‌ها بدون در نظر گرفتن ماهیت و نوع آسیب‌های اثر می‌تواند صدمه‌های جدی دیگری به اثر وارد نماید، همین امر ایجاب نمود تا کاغذ قرآن بایسنغری که نسخه‌شناسان کتب خطی آن را خانبالغ معرفی نموده‌اند، از نظر کیفی شناسایی و بررسی شود. در این مقاله ضمن شناسایی کاغذ خانبالغ، کیفیت آن از طریق آزمون‌های استاندارد مربوط به کاغذ ارزیابی و اقدام به نمونه‌سازی و بررسی کاغذ، جهت کاربرد در مرمت اثر شده است.



* کارشناس ارشد مرمت آثار تاریخی فرهنگی، رئیس اداره حفاظت و مرمت آثار فرهنگی سازمان کتابخانه‌ها، موزه‌ها و مرکز اسناد آستان قدس رضوی.
sabet8@yahoo.com

تکنیک ساخت کاغذ

استفاده می‌شود؛ اما در گذشته کاغذسازان الیاف را در معرض نور آفتاب به مدت چندین روز قرار می‌دادند تا رنگ آنها زائل و سفید گردد.

مرحله قالب‌زدن کاغذ به کمک وسیله‌ای به نام قالب انجام می‌شود که شبیه غربال‌های امروزی است. در گذشته توری کف قالب را همانند حصیر از نی‌های باریک بامبو و... می‌بافتند و با قراردادن آن در بین دو چهارچوب، قالب متناسب با اندازه کاغذ مدنظر می‌ساخته می‌شد^۱. در این مرحله خمیر به دست آمده را در حوضچه‌ای پر آب می‌ریزند و مخلوط را آنقدر هم می‌زنند تا الیاف سلولز به صورت کاملاً معلق در آب درآید، سپس قالب را داخل حوضچه نموده، به آرامی خارج می‌کنند تا مقداری معین و مناسب از مخلوط درون قالب باقی بماند. پس از خارج کردن قالب از حوضچه، آب از توری قالب عبور کرده و لایه‌ای نازک از الیاف به صورت ورقه کاغذ بر سطح توری قالب باقی می‌ماند. برای آنکه آب اضافی کاغذ گرفته شود لایه‌های کاغذ را روی یکدیگر گذاشته، به آرامی فشرده می‌کنند^۲. پس از آب‌گیری، کاغذ را روی سطحی صاف پهن کرده، در معرض آفتاب یا در سایه خشک می‌کنند. در گذشته کاغذسازان لایه‌های کاغذ را بر سطوح دیوار گچی یا چوبی خشک می‌کردند^۳.

مرحله آهارزدن کاغذ جزو مراحل پایانی کار است که ممکن است به دو صورت انجام شود: یکی آهارزنی درونی که ماده آهاری را به خمیر کاغذ می‌افزایند و دیگری آهارزنی سطحی که پس از خشک شدن کاغذ با استفاده از موادی همچون نشاسته، کنیرا، صمغ عربی، سریشم و... انجام می‌شود^۴. رنگ کردن کاغذ نیز پس از مرحله آهارزنی یا همزمان با آن انجام می‌شود.

پس از اتمام مراحل فوق ورق کاغذ را بر سطحی صاف پهن نموده، با سنگ عقیق سطح آن را مهره می‌کنند تا کاملاً صیقلی گردد^۵. به این ترتیب کاغذ دست‌ساز تهیه می‌شود.

شناسایی و بررسی آزمایشگاهی خواص مختلف کاغذ قرآن

بین روش‌های آزمون فیزیکی و شیمیایی استاندارد که برای بررسی خواص مختلف کاغذهای جدید به کار برده می‌شود، چندین آزمون مهم وجود دارد که با انجام دادن آنها روی نمونه کاغذهای قدیمی می‌توان به بررسی و شناسایی خواص فیزیکی و نوع مواد کاغذ پرداخت و

در ساخت کاغذ دو روش دست‌ساز و ماشینی معمول است. در روش دست‌ساز تمام مراحل کاغذسازی حتی فرآوری خمیرکاغذ با دست و در روش ماشینی همه مراحل با ماشین انجام می‌شود. شیوه فرآوری خمیر کاغذ در روش ماشینی نیز متفاوت از روش دست‌ساز است. اصولاً تولید و فرآوری خمیرکاغذ به سه روش صورت می‌پذیرد^۱.

۱. روش مکانیکی: در این روش الیاف گیاه یا چوب را به وسیله عملیات مکانیکی همچون کوبیدن یا آسیاب کردن از یکدیگر جدا می‌کنند. خمیر حاصل از این روش دارای مقدار قابل توجهی ناخالصی (مانند لیگنین) خواهد بود.

۲. روش شیمیایی: در این روش الیاف گیاه یا چوب را تحت تأثیر محلول‌های شیمیایی و حرارت، از یکدیگر جدا کرده، ناخالصی‌های آن را می‌گیرند. این نوع خمیر کاغذ براساس نوع ماده شیمیایی به کاررفته انواع مختلفی دارد مانند: خمیر سولفیت، خمیر سولفات، خمیر سودا و...^۲

۳. روش نیمه‌شیمیایی: در این روش برای تهیه خمیر کاغذ ابتدا به روش شیمیایی قسمت کمی از ناخالصی‌ها را حذف نموده و در مرحله دوم با یک عمل مکانیکی مناسب الیاف را کاملاً از هم جدا می‌کنند.

از آنجا که ساخت دستی کاغذ با موضوع این تحقیق در ارتباط است، روش ساخت آن شرح داده می‌شود. تهیه کاغذ دست‌ساز در چندین مرحله صورت می‌گیرد: ابتدا تکه‌های درشت ساقه و پوست گیاه را خرد کرده، برای جذب ناخالصی‌هایی همچون لیگنین و پکتین، آن را در آب آهک اشباع یا خاکستر چوب به مدت چند ساعت می‌جوشانند^۳. با خروج ناخالصی‌های فوق از سلولز، خاصیت هیدروفیلی افزایش یافته، الیاف سلولز، ملایم و انعطاف‌پذیر می‌شود، سپس ذرات چوب و پوست زائد را از بین الیاف جدا نموده تا الیاف کاملاً تمیز و یک‌دست گردد.

در مرحله پالایش (کوبیدن) الیاف را پس از شست‌وشو با دستک‌های چوبی به مدت چندین ساعت و حتی چند روز می‌کوبند تا الیاف کاملاً له شده و آب به درون آنها نفوذ کند^۴. عمل کوبیدن همچنین سبب خروج مواد ناخالص باقی‌مانده احتمالی می‌شود. امروزه برای سفیدکردن یا به اصطلاح رنگ‌بری الیاف، از موادی شیمیایی همچون ترکیبات کلر و اکسیژن

آنها در زیر میکروسکوپ (با بزرگنمایی ۱۵۰، ۱۸۰ و ۴۰۰) ملاحظه می‌شود در هر دو نمونه، الیاف به صورت پراکنده و با دسته‌های چندتایی به هم چسبیده وجود دارند. دیواره اکثر الیاف له شده و به صورت رشته‌های انشعابی درآمده‌اند. (عکس‌های ۱ تا ۴) سر لیفه‌ها نیز به صورت انشعابی (چند رشته‌ای) بوده و فاصله حفره مرکزی با دیواره لیف ناموازی است. (عکس‌های ۵ تا ۸) همچنین طول لیفه‌ها حدود ۱/۹ تا ۳/۲ میلی‌متر و قطر آن حدود ۱۶/۶ تا ۲۰/۷ میکرون است.

با استفاده از تصاویر الیاف شناخته شده و نیز مقایسه نمونه‌ها با الیاف پنبه، کتان، کنف و ابریشم که از قبل به عنوان نمونه شاهد تهیه شده، شناسایی نمونه انجام می‌گیرد. طبق این آزمون و با توجه به نتیجه به دست آمده، الیاف هر دو نمونه کاغذ قرآن، از نظر مرفولوژی، کنف تشخیص داده شد.

در روش دوم، آزمون واکنش رنگی شدن الیاف با چهار معرف رنگی ویلسون، هرزبرگ، لوفت مریت و گراف سی روی دو نمونه از کاغذهای در دست بررسی به همراه دو نمونه شاهد شامل الیاف کنف و پنبه، برای مقایسه واکنش‌های رنگی شدن، انجام می‌گیرد. معرف‌های رنگی طبق دستورالعمل استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۱۷ تهیه شده‌اند. برای انجام آزمون از نمونه‌های شماره ۱ و ۲ و الیاف پنبه و کنف همانند آزمون قبل چندین لام تهیه می‌گردد. برای جلوگیری از رقیق شدن معرف رنگی، ابتدا لام را کمی گرم کرده تا آب اضافی آن تبخیر گردد سپس یکی دو قطره از معرف رنگی مدنظر را روی لام ریخته بلافاصله زیر میکروسکوپ قرار داده می‌شود. از نمونه‌ها چندین عکس تهیه و با بزرگنمایی‌های مختلف جهت بررسی ارائه شده است. (عکس‌های شماره ۹ تا ۲۱). رنگ‌های حاصل از واکنش نمونه‌های الیاف نیز در جدول شماره ۱ آمده است.

از آنجا که یک معرف رنگی به تنهایی نمی‌تواند ملاک تشخیص دقیق نوع خمیر الیاف باشد، از چهار معرف رنگی و دو نمونه الیاف شاهد، برای شناسایی الیاف نمونه استفاده شده است. طبق جداول راهنمای معرف‌های رنگی، الیاف نمونه شماره ۱ و ۲ کنف تشخیص داده شده که به روش مکانیکی خمیر شده‌اند و چون در رنگ‌آمیزی با معرف‌های لوفت مریت مقدار کمی از الیاف نمونه ۱ و ۲ آبی‌رنگ شده بودند، احتمال می‌رود مقدار کمی از الیاف کنفی رنگ‌بری شده باشد.

براساس نتایج حاصل، آن اثر را حفاظت و مرمت نمود. آزمون‌هایی که برای این بررسی به کار می‌روند عبارتند از: تعیین ترکیب فیبری کاغذ، تعیین مقاومت کششی، تعیین مقاومت در برابر تاخوردگی، تعیین نوع آهار، تعیین وجود آهن در مرکب و تعیین ضخامت و گرماژ کاغذ.

تعیین ترکیب فیبری کاغذ^۱

اصولاً برای شناسایی نوع الیاف کاغذ دو روش وجود دارد: ۱. مشاهده میکروسکوپی خصوصیات مرفولوژی^۱ (ریخت‌شناسی) الیاف و مقایسه آن با الیاف شناخته شده؛ ۲. آزمون رنگ‌آمیزی الیاف با معرف‌های رنگی خاص. در روش اول، خصوصیات ریخت‌شناسی الیاف مثل شکل سر و بدنه الیاف و ابعاد آن و نیز شکل حفره مرکزی از نظر ضخامت و موازی یا ناموازی بودن آن با غشا و سایر جزئیات، بررسی و مقایسه می‌شوند. در روش دوم نیز بر اساس واکنش‌های رنگی شدن الیاف با معرف‌های رنگی خاص، نوع الیاف و روش فرآوری آن مشخص می‌گردد. همچنین با شمارش تعداد تقاطع انواع مختلف الیاف با خط شمارشی میکروسکوپ و تبدیل آن به درصد وزنی به کمک فاکتورهای وزن، کمیت انواع مختلف الیاف کاغذ محاسبه می‌گردد.

آزمون‌های انجام شده روی نمونه کاغذ قرآن بایسنجری و نتایج آن

برای ساخت کاغذ مرمتی مشابه کاغذ قرآن که شرح آن در ذیل خواهد آمد، شناخت برخی از خصوصیات مهم کاغذ قرآن همچون نوع الیاف، مقاومت در برابر کشش، مقاومت در برابر تاخوردگی، نوع آهار و ... ضروری است، لذا آزمون‌های گوناگونی روی نمونه کاغذ قرآن انجام می‌شود که چند نمونه از آن‌ها در ذیل آمده است:

آزمون شناسایی الیاف کاغذ قرآن

همان‌طور که گفتیم شناسایی الیاف کاغذ به دو روش مشاهده میکروسکوپی خواص مرفولوژی (ریخت‌شناسی) و رنگ‌آمیزی با معرف‌های رنگی خاص، انجام می‌گیرد. برای انجام این آزمون‌ها، از کاغذ قرآن، دو نمونه در حد چند لیفه تهیه شده که یکی با شماره ۱ و دیگری با شماره ۲ مشخص گردیده است. هر کدام از این نمونه‌ها را به مدت پانزده دقیقه در آب مقطر جوشانده، باریختن یکی دو قطره از نمونه‌ها روی لام و مشاهده و بررسی

تشخیص نوع خمیر و الیاف	رنگ الیاف نمونه				نوع معرف رنگی
	نمونه شماره ۲	نمونه شماره ۱	نمونه الیاف کنف	نمونه الیاف پنبه	
خمیر مکانیکی رنگ‌بری شده	زرد مایل به سبز تا زرد روشن	زرد مایل به سبز	زرد مایل به سبز روشن	قرمز قهوه ای	معرف ویلسون
خمیر تکه پارچه کنف	قرمز قهوه ای (قرمزشرابی)	قرمز قهوه ای (قرمز شرابی)	سبز متمایل به زرد	قرمز	معرف هرزبرگ
خمیر مکانیکی کمی رنگ‌بری شده	اکثر الیاف بی‌رنگ و تعداد کمی آبی	اکثر الیاف بی‌رنگ و تعداد کمی آبی	-	-	معرف لوفتن مریت
کنف رنگ‌بری شده و نشده	سبز زرد روشن	سبز زرد روشن	سبز زرد روشن	سبز زرد مات	معرف گراف سی

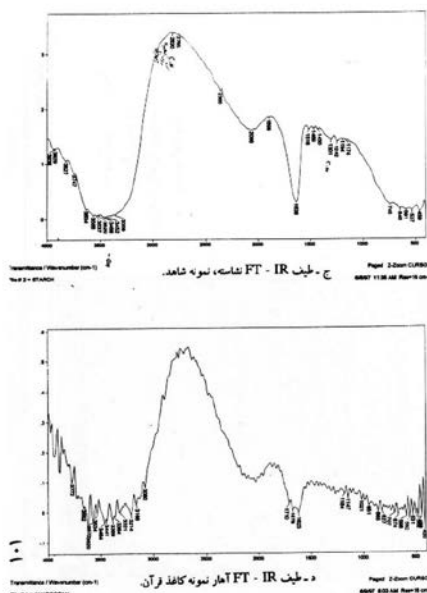
جدول ۱- رنگ حاصل از واکنش الیاف نمونه کاغذ قرآن

شناسایی نوع ماده آهاری کاغذ قرآن

برای شناسایی نوع ماده آهاری سه آزمون تشخیص نشاسته، ژلاتین و کلوفان بر روی نمونه کاغذ قرآن انجام گرفت که نتایج آزمون وجود نشاسته را نشان می‌دهد.

طیف سنجی FT - IR آهار کاغذ

در این آزمون که در بخش آزمایشگاه شیمی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران صورت گرفته، از آهار کاغذ و سه نمونه شاهد آهار نشاسته و کنیرا و صمغ عربی طیف‌سنجی به عمل آمده است. با مقایسه طیف آهار کاغذ قرآن با نمونه شاهد مشخص شد که جنس آهار کاغذ قرآن نشاسته است. (شکل ۱)



شکل ۱. نمودار طیف سنجی FT-IR

تعیین مقاومت کاغذ در مقابل کشش

به دلیل وجود محدودیت در تهیه نمونه برای آزمون و با توجه به ابعاد کاغذ قرآن و طبق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۶ (روش تهیه نمونه‌های مشروط برای کاغذ و مقوا)، دو نمونه به ابعاد ۱۵×۱۰۰ میلی‌متر در جهت عرضی کاغذ (CD) تهیه شد. پس از انجام آزمون روی نمونه‌ها و بررسی دقیق، مشخص شد میانگین مقاومت کششی کاغذ قرآن در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۴۸٪، ۱۲۶ نیوتن بر ۱۵ میلی‌متر عرض یا ۸۴ نیوتن بر سانتی‌متر در جهت عرض کاغذ (CD) است.

مقاومت به کشش در جهت CD (نیوتن)	تعداد آزمون
۱۲۸	آزمون اول
۱۲۴	آزمون دوم

جدول شماره ۲، نتایج آزمون کشش

تعیین مقاومت کاغذ قرآن در مقابل تاخوردگی

به دلیل محدود بودن نمونه کاغذ، این آزمون نیز با دو نمونه انجام گرفت. نمونه‌ها یکی در جهت عرضی کاغذ (CD) و دیگری در جهت طولی آن (MD) به ابعاد ۱۵×۱۰۰ میلی‌متر تهیه شد. در این آزمون سرعت دستگاه ۱۱۰ دور در دقیقه و وزنه کشش فنر آن ۸۰۰ گرم بود. نتایج به دست آمده در جدول شماره سه آمده است.

تعداد دفعات تاخوردگی	جهت تاخوردگی
۰/۵	در جهت CD
۱	در جهت MD

جدول شماره ۳- نتایج آزمون تاخوردگی



عکس شماره ۱- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۱ بزرگنمایی X۱۵۰.



عکس شماره ۲- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۲ بزرگنمایی X۸۰.



عکس شماره ۳- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۲ بزرگنمایی X۱۵۰.



عکس شماره ۴- الیاف کتان طبیعی نمونه شاهد بزرگنمایی X۱۸۰.

آزمون وجود آهن در مرکب کاغذ

پس از حل کردن مقدار کمی از مرکب مشکی کاغذ قرآن در ۱ میلی‌متر اسیداستیک ۱٪ و افزودن یک قطره محلول فروسیانور پتاسیم ۱٪ به آن، رنگ محلول آبی شد که این امر نشانه وجود آهن در مرکب کاغذ است.

تعیین ضخامت و جرم پایه (گرمات) کاغذ قرآن

میانگین ضخامت نمونه کاغذ قرآن ۰/۳۶ میلی‌متر و جرم یک مترمربع آن حدود ۲۶۵ گرم است. بنابراین جرم هر برگ کاغذ قرآن که حدود سه مترمربع مساحت دارد، تقریباً ۸۰۰ گرم است.

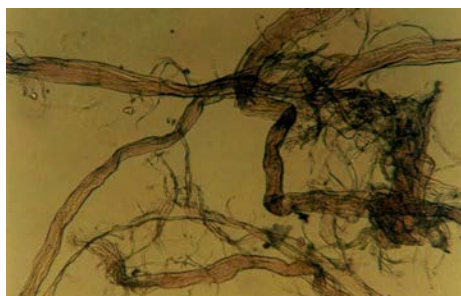
نتیجه

پس از انجام آزمون‌ها و بررسی‌های لازم مشخص شد که کاغذ بزرگ‌ترین قرآن بایسنجری که نسخه‌شناسان آن را خانبالغ می‌نامند، از الیاف گیاه کنف ساخته شده و برای آهار آن از نشاسته بهره گرفته شده است. کاغذ کنفی در مقایسه با کاغذ کتانی از لطافت و انعطاف کمتری برخوردار است و هنرمند کاغذساز تیموری با شناخت همین خاصیت کنف موفق به ساخت بزرگ‌ترین اندازه کاغذ جهان شده است. همچنین مشخص شد میانگین ضخامت کاغذ قرآن بایسنجری ۰/۳۶ میلی‌متر و جرم یک مترمربع آن حدود ۲۶۵ گرم است، بنابراین جرم هر برگ کاغذ قرآن که حدود سه مترمربع مساحت دارد، تقریباً ۸۰۰ گرم است. وجود آهن در مرکب به کاررفته برای نوشتن قرآن نیز مسجل شد.

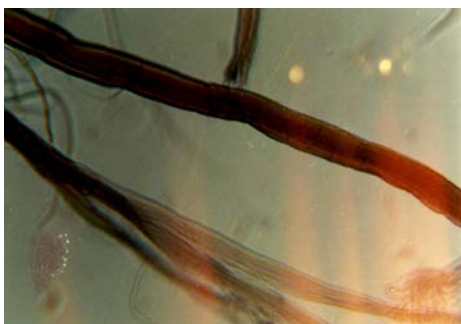
پانوش

۱. برای اطلاع بیشتر از روش‌های تهیه خمیر کاغذ رجوع کنید به : یحیی نظیری، کاغذ چگونه ساخته می‌شود، ص ۸۴ به بعد و نیز: گری اسموک، تکنولوژی خمیر و کاغذ، جلد ۱ و ۲.
2. Dard munter, papermaking, p 139-140
۳. همان، ص ۱۴۲ تا ۱۵۴.
۴. برای اطلاع بیشتر رک به: همان، ص ۷۷ تا ۱۱۵.
۵. همان، ص ۱۷ و ۱۷۸ و ۱۸۲ و ۱۸۳.
۶. همان، ص ۱۸۶ الی ۱۹۴.
۷. همان، ص ۱۹۴.
۸. همان، ص ۱۹۶.
۹. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، تعیین ترکیب فیبری انواع کاغذ و مقوا، استاندارد شماره ۱۴۱۷ و ۱۴۱۷/۲.
10. Identification of Textill Matrials, Textile Institute, London 1965.

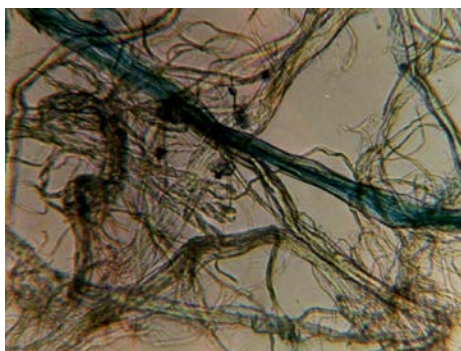
عکس شماره ۹- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۲ ، رنگ آمیزی با معرف ویلسون، بزرگنمایی ۲۰۰X.



عکس شماره ۱۰- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۱ ، رنگ آمیزی با معرف هرزبرگ، بزرگنمایی ۱۵۰X.



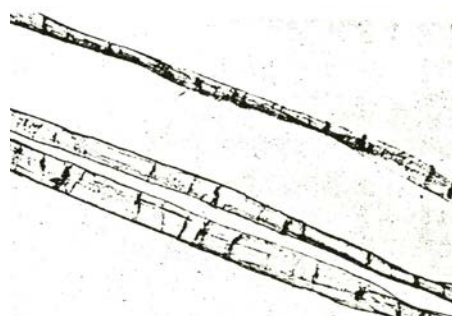
عکس شماره ۱۱- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۲ ، رنگ آمیزی با معرف هرزبرگ، بزرگنمایی ۲۰۰X.



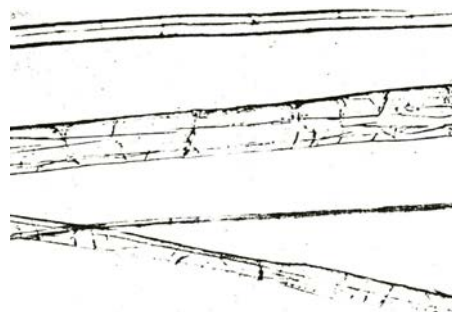
عکس شماره ۱۲- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۱، رنگ آمیزی با لوفتن مریت، بزرگنمایی ۲۰۰X.



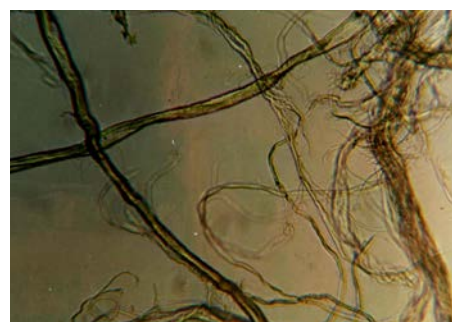
عکس شماره ۵- الیاف کتف طبیعی نمونه شاهد بزرگنمایی ۱۸۰X.



عکس شماره ۶- الیاف شاهدانه طبیعی نمونه شاهد بزرگنمایی ۱۸۰X.



عکس شماره ۷- الیاف رامی طبیعی نمونه بزرگنمایی ۱۸۰X.



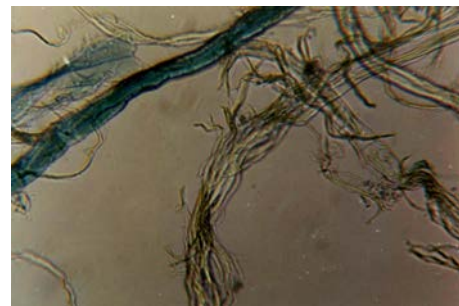
عکس شماره ۸- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۱، رنگ آمیزی با معرف ویلسون، بزرگنمایی ۱۰۰X.



عکس شماره ۲۱- الیاف پنبه طبیعی نمونه شاهد، رنگ آمیزی با معرف گراف C، بزرگنمایی ۲۰۰X.



عکس شماره ۱۷- الیاف کنف طبیعی کوبیده شده نمونه شاهد، رنگ آمیزی با معرف هرزبرگ، بزرگنمایی ۲۰۰X.



عکس شماره ۱۳- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۲، رنگ آمیزی با معرف لوفتن مریت، بزرگنمایی ۲۰۰X.



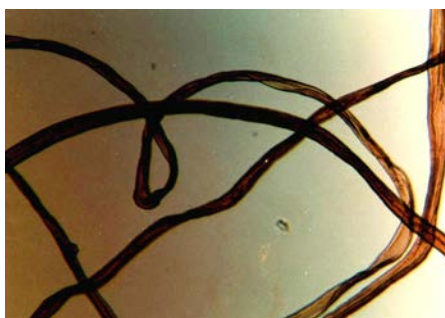
عکس ۲۲ - رحل سنگی قرآن در سمرقند



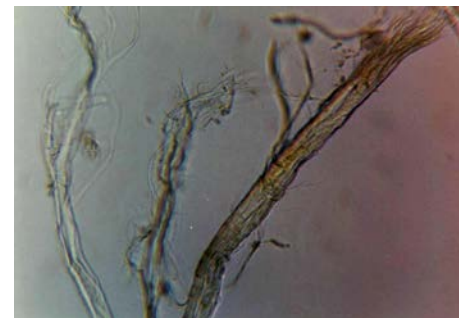
عکس شماره ۱۸- الیاف کنفی طبیعی کم کوبیده شده نمونه شاهد، رنگ آمیزی با معرف گراف C، بزرگنمایی ۱۰۰X.



عکس شماره ۱۴- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۱، رنگ آمیزی با معرف گراف C، بزرگنمایی ۲۰۰X.



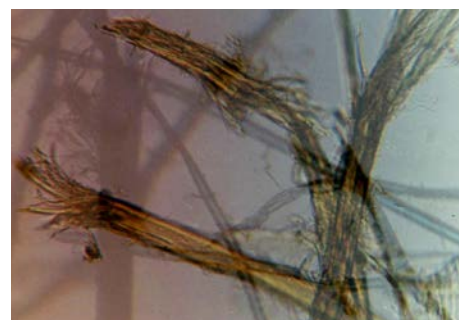
عکس شماره ۱۹- الیاف پنبه طبیعی نمونه شاهد، رنگ آمیزی با معرف ویلسون، بزرگنمایی ۱۰۰X.



عکس شماره ۱۵- الیاف کاغذ قرآن نمونه ۲، رنگ آمیزی با معرف گراف C، بزرگنمایی ۲۰۰X.



عکس شماره ۲۰- الیاف پنبه طبیعی نمونه شاهد، رنگ آمیزی با معرف هرزبرگ، بزرگنمایی ۲۰۰X.



عکس شماره ۱۶- الیاف کنف طبیعی کوبیده شده نمونه شاهد، رنگ آمیزی با معرف ویلسون، بزرگنمایی ۲۰۰X.