

شناسایی الیاف کاغذهای تاریخی جهت امکان‌سنجی تاریخ‌گذاری نمونه‌های مجهول

مسعود باقرزاده کثیری^{۱*}، بهاره یونسی^۲، افسانه یاجم^۳

۱. دانشیار، دانشکده هنرهای کاربردی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۲. کارشناس ارشد باستان‌سنجی دانشگاه هنر اسلامی تبریز

۳. کارشناس ارشد مرمت آثار تاریخی، کتابخانه مرکزی تبریز

چکیده

کاغذهای تاریخی علاوه بر ارزش زیبایی‌شناسی و موزه‌ای، دارای ارزش فرهنگی و علمی فراوانی می‌باشند که نشان‌دهنده پیشرفت فن‌آوری‌های موجود در جامعه در ادوار مختلف هستند. با مطالعه ساختار مصنوعات آثار کاغذی می‌توان به تحولات جوامع بشری در زمینه‌های اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و سیاسی پی برد. در میان برخی از آثار کاغذی، نسخ خطی وجود دارند که تاریخ‌نگاری آنها مشخص نیست. در پاره‌ای از مواقع این آثار دارای ارزش خاص و محتوایی ویژه‌ای هستند اما به دلیل عدم شناخت تاریخ‌نگاری آنها، ارزش استنادی آنها کاسته می‌شود. بنابراین شناخت اصالت این گونه نسخ نیازمند تحلیل‌های فنی و ساختاری جهت تاریخ‌گذاری آنها است. روش‌های تجزیه کمی و کیفی و شناسایی مواد آلی که کاغذ هم جزء آنها محسوب می‌شود می‌توانند به شناخت ساختار آنها و در نتیجه تعیین زمان احتمالی تهیه کاغذ و یا زمان استفاده از آن به‌عنوان یک اثر فرهنگی منتهی شوند. امروزه با توجه به پیشرفت علم و فناوری، از روش‌های علمی و دقیقی مانند سالیابی رادیوکربن برای تاریخ‌گذاری مواد آلی همچون آثار کاغذی استفاده می‌شود. متأسفانه امروزه امکان استفاده از این روش در کشور ما به دلیل پرهزینه بودن و عدم دسترسی گسترده، برای بسیاری از کارشناسان وجود ندارد. در این کار پژوهشی سعی شده است با بررسی و شناسایی الیاف مورد استفاده در تهیه کاغذهای تاریخی، علاوه بر شناخت مواد پرکاربرد در یک دوره زمانی مشخص، امکان سالیابی غیرمستقیم مواد کاغذی بر اساس این روش نیز مورد مطالعه قرار گیرد. جهت نیل به این هدف از سه روش شناسایی با استفاده از معرف‌های رنگی، مشاهدات میکروسکوپی و آنالیز طیف‌سنجی مادون‌قرمز تبدیل فوریه (FT-IR) استفاده شده است. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد الیاف کتان به همراه کنف بالاترین میزان کاربرد را در نمونه‌های مورد مطالعه با تاریخ‌نگاری مشخص داشتند که با مقایسه این نتایج با نتایج بررسی نمونه‌های بی‌تاریخ، هم‌خوانی خوبی مشاهده شد.

واژگان کلیدی: تاریخ‌گذاری، نسخ خطی، شناسایی الیاف، معرف‌های رنگی، FT-IR

* نویسنده مسئول: مکاتبات: تبریز، خیابان آزادی، میدان حکیم نظامی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، دانشکده هنرهای کاربردی، کد پستی:

۵۱۶۴۷۳۶۹۳۱

پست الکترونی: m.kasiri@tabriziau.ac.ir

۱- مقدمه

هر نسخه خطی پیشینه‌ای دارد که بررسی و تبیین این سرگذشت نمایانگر بخش‌هایی از تمدن مردمانی است که این نسخه در میان آن‌ها تدوین شده است. از دیدگاه نسخه‌شناسان، کاغذ در نسخه‌های خطی بخشی از هویت آن را شکل می‌دهد. تعیین نوع کاغذ در نسخه‌های خطی، از نظر الیاف تشکیل دهنده آن، می‌تواند نشان‌دهنده تعیین منشأ جغرافیایی آن؛ نگرش کاتب در انتخاب نوع کاغذ و یا کاربرد برخی از مواد در یک دوره‌ی زمانی مشخص باشد. بنابراین، کاغذ در نسخ خطی از لحاظ تنوع آن و ویژگی‌های منحصر به فرد هر یک از اجزای هر نسخه خطی، به‌عنوان یک ماده نوشتاری صرف لحاظ نمی‌شود؛ بلکه می‌تواند یک موضوع پژوهشی و محتوایی نیز باشد (عظیمی، ۱۳۹۰، ص. ۱۳۱). به‌عبارت‌دیگر، با بررسی ویژگی‌های کاغذ، می‌توان تا حدودی به تاریخ و موقعیت جغرافیایی کارگاه تولید آن پی برده و اطلاعاتی در مورد محیط فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و فنی تولید آن به دست آورد. به‌طور کلی گذر زمان، حوادث، چگونگی استفاده و دیگر وقایع، اثر خود را بر کاغذ باقی می‌گذارند (بحرالعلومی، ۱۳۸۷، ص. ۱۲۳). سال‌هاست که کارشناسان و نسخه‌شناسان برای طبقه‌بندی نسخ خطی تنها به بررسی ویژگی‌های ظاهری آن‌ها همچون رنگ کاغذ، نوع خط، شیوه تزئین و موارد مشابه می‌پردازند (Paleographical). امروزه از این روش برای تقسیم‌بندی و تاریخ‌گذاری برخی از کتبی که تاریخ کتابت آن‌ها نامشخص است؛ نیز استفاده می‌کنند. روش فوق علاوه بر داشتن خطای زیاد، محدوده‌ی زمانی گسترده‌ای را نیز در برمی‌گیرد. در این پژوهش سعی شده است با بررسی علمی و آزمایشگاهی الیاف مورد استفاده در ساخت کاغذهای تاریخی با تاریخ کتابت معلوم و نامعلوم، علاوه بر شناسایی برخی مواد پرکاربرد در یک دوره زمانی مشخص، امکان سالیابی غیرمستقیم نسخ خطی با تاریخ کتابت نامعلوم مورد بررسی قرار گیرد.

۲- پیشینه پژوهش

منابع کتابخانه‌ای و رسالات بسیاری به فن شناسی و بررسی ساختارشناسانه نسخ خطی و کتب تاریخی

پرداخته‌اند. در این بین، مطالعات مختلفی بر روی الیاف کاغذ صورت گرفته است. محققان در مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی مهم‌ترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی الیاف کاغذ» به بررسی ویژگی‌های آناتومیکی الیاف گونه‌های سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و غیرچوبی مهم در صنایع کاغذسازی پرداخته و در انتها به این نتیجه رسیده‌اند که شناسایی الیاف کاغذ امکان‌پذیر است. هرچند ممکن است برخی از الیاف که به‌صورت ناچیز در ساخت کاغذ بکار رفته‌اند از دید شخص شناساگر پوشیده بمانند، اما این موضوع نمی‌تواند تأثیرات قابل توجهی در نتیجه اطلاعات داشته باشد (نیک‌سرشت سیگاردی و همکاران، ۱۳۹۰). در مقاله‌ای با عنوان «خمیر (کاغذ) چوب سوزنی‌برگ در تجارت کاغذ کره‌ای بین قرون ۱۵ و ۱۸ میلادی» به ساختارشناسی الیاف چندین نمونه کاغذ، توسط میکروسکوپ پلاریزان پرداخته شده است. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که از چوب درختان به‌عنوان ترکیبی از خمیر در کاغذسازی سنتی شبه‌جزیره کره در اوایل قرن ۱۵ میلادی استفاده می‌شده است که این امر برخلاف نظریه آغاز استفاده از چوب در ساخت کاغذ در غرب است. همچنین، نتایج آنالیزها تأکید داشته که بیشتر کاغذها از گونه توت به‌عنوان ماده اصلی ساخته شده‌اند (Yum et al., 2009). جی لانگ شی و تائو لی در مقاله‌ای با عنوان «بررسی تکنیکی پول‌های کاغذی رایج چین در قرون ۱۵ و ۱۹: الیاف مورد استفاده و شناسایی رنگدانه» ۳ نمونه پول کاغذی (اسکناس) از امپراطوری مینگ و چینگ در طی چند قرن در چین را با کمک معرف هرزبرگ به‌عنوان راهی آسان و سریع برای تشخیص الیاف غیرچوبی از الیاف چوبی مورد بررسی قرار داده و از طیف‌سنجی رامان به منظور بررسی رنگدانه‌های بکار رفته در آن استفاده نمودند. در این مقاله به بررسی معرف هرزبرگ (Herzberg Stain) و طرز تهیه آن و همچنین نحوه تغییر رنگ آن در برابر الیاف مختلف پرداخته شده است. در انتها بر اساس شناسایی الیاف با معرف هرزبرگ و مشاهدات میکروسکوپی به این نتیجه رسیدند که الیاف نمونه‌های مورد بررسی از پوست درخت به‌خصوص توت و میزان بسیار اندکی پنبه (احتمالاً مربوط به آلودگی در دوره‌های

Jasco 2002 ساخت کشور ژاپن و میکروسکوپ پلاریزان نوری مدل OLYMPUS BX51 و روش‌های آزمایشگاهی شیمی کلاسیک، الیاف و آهار نمونه‌های کاغذ تاریخی در آزمایشگاه دانشگاه هنر اسلامی تبریز مورد بررسی و آزمایش قرار گرفته و سپس، بر اساس یافته‌ها و نتایج حاصل از این بررسی‌ها، اطلاعات جمع‌آوری شده مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفتند. در مراحل مختلف تحقیق، از اسناد و کتب مرتبط با موضوع، استفاده شده است.

۴- نمونه‌های مورد مطالعه، دستگاه‌ها و روش اجرای آزمایش‌ها

در این پژوهش ۲۴ نسخه خطی متعلق به کتابخانه مرکزی تبریز مورد مطالعه قرار گرفتند. ۲۰ نمونه از نسخ دارای تاریخ کتابت معلوم و مربوط به قرن دهم هجری و ۴ نمونه بی‌تاریخ می‌باشند که توسط نسخه‌شناس و بر اساس خصوصیات ظاهری مربوط به قرن دهم تشخیص داده شده‌اند. در گزینش نسخ خطی موارد زیر مدنظر بودند:

- تمام نمونه‌ها با تاریخ معلوم مربوط به قرن ۱۰ هجری باشند.
 - تاریخ دقیق کتابت توسط کاتب در انتهای نسخه مرقوم شده باشد (در نمونه‌هایی با تاریخ کتابت معلوم).
 - نوع کاغذ از لحاظ رنگ و ضخامت و دیگر ویژگی‌های ظاهری در تمامی صفحات نسخه شبیه و یکسان باشد.
 - نمونه‌ها تحت هیچ‌گونه عملیات حفاظت و مرمت قرار نگرفته باشند.
 - صفحات نسخ، رنگی و یا دارای تصویر نباشند.
- در جدول ۱ به معرفی اجمالی نسخ مورد مطالعه با تاریخ کتابت مشخص و نامشخص پرداخته شده است. عنوان انتخاب شده برای نام‌گذاری نمونه‌ها همان شماره ثبت اموال نسخه در کتابخانه مذکور است. همچنین نمونه‌هایی که با حرف K (Known) آغاز شده‌اند دارای تاریخ مشخص و نمونه‌هایی که با حرف U (Unknown) آغاز شدند، احتمالاً مربوط به قرن دهم هستند.

بعدها (است) می‌باشند و نه الیافی مانند بامبو، برنج و یا کاه گندم (Shi and Li, 2013). رویا بهادری و فرانک بحرالعلوم نیز در مقاله‌ای با عنوان «بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی نسخه‌ای خطی با ورق‌های چوبی» به مطالعه روی یکی از کتاب‌های کتابخانه مجلس شورای اسلامی پرداخته‌اند که اوراق آن به جای کاغذ از ورقه‌های نازک چوبی ساخته شده است. در این بررسی از سه دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز تبدیل فوریه (FT-IR)، میکروسکوپ نوری (OM) و میکروسکوپ الکترونی روبشی مجهز به بخش تجزیه شیمیایی پراکندگی انرژی پرتوایکس (SEM-EDX) استفاده شده است. نتایج نشان دادند که نوع چوب مورد استفاده در اوراق از نوع چوب چنار بوده است (بهادری و بحرالعلومی، ۱۳۹۰). در انتها باید به مقاله‌ای با عنوان «هم شکل‌های کتان: مشکلات شناسایی الیاف گیاهی تاریخی» اشاره نمود که نویسندگان بر ارزش و اهمیت ویژه الیاف گیاهی باقی‌مانده از کاوش‌های باستان‌شناسی در شناخت کشاورزی و ذخایر مورد استفاده در زمان گذشته، تأکید می‌کنند. در این مقاله مجموعه‌ای از ویژگی‌های گیاهان مانند نشانه‌های متقاطع، شکل لومن و گره‌ها و غیره، برای سه الیاف معمول در نساجی (کتان، گزنه و شاهدانه) با استفاده از میکروسکوپ عبوری مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد که شناخت برخی از الیاف گیاهی تاریخی نیاز به بررسی و مطالعات زیادی داشته و ممکن است برخی از خصوصیات ظاهری در چندگونه با هم مشابه باشند (Haugan and Holst, 2013).

۳- روش تحقیق

روش تحقیق مورد استفاده از نظر هدف، پژوهشی-کاربردی و بنیادی، و از نظر روش، تحقیقی آزمایشگاهی بود. روش گردآوری داده‌ها نیز آزمایشگاهی و کتابخانه‌ای است. برای تجزیه و تحلیل نتایج نیز بدین صورت عمل شد که پس از نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌ها با استفاده از آنالیزهای دستگاهی همچون دستگاه طیف سنج مادون قرمز تبدیل فوریه مدل FT-IR-680 Plus-

جدول ۱: مشخصات نسخ مورد مطالعه (یونسی، ۱۳۹۳، ص. ۴۱)

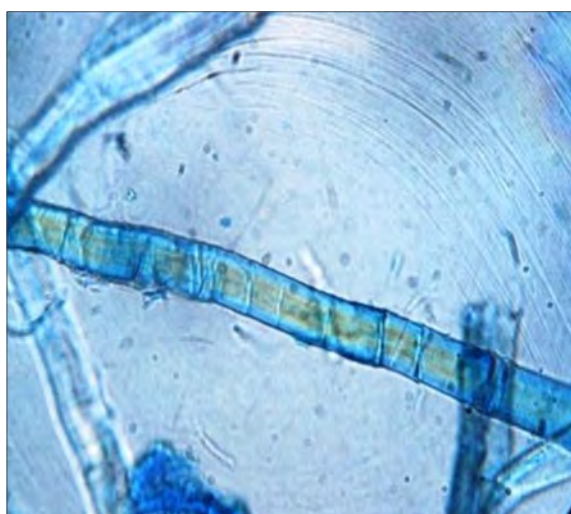
شماره	عنوان اصلی	نویسنده	تاریخ کتابت
K818	حاشیه بر شرایع الاسلام	شهید ثانی، زین‌الدین بن علی، ۹۱۱-۹۶۶ ق.	۹۵۱ هـ.ق
K597	مجالس النفاس	سلطان محمدبن امیری	۹۹۲ هـ.ق
K651	رسائل عزالدین عاملی	حارثی، حسین بن عبدالصمد، ۹۱۸-۹۸۴ ق.	۹۶۸ هـ.ق
K697	قراوت عبدالله بن کثیر	نامشخص	۹۴۰ هـ.ق
K1144	شواکل الحور فی شرح هیاکل النور	دوانی، محمدبن اسعد، ۸۳۰-۹۰۸ ق.	۹۹۲ هـ.ق
K1174	کتاب الجوامع القوی الادویه	ابن بیطار، عبدالله بن احمد، ۶۴۶ ق.	۹۱۳ هـ.ق
K1432	شرح شبستان خیال	سروری	۹۲۳ هـ.ق
K1872	ترجمه صفوه الصفا	نشاطی، محمدبن حسین الکاتب	۹۵۰ هـ.ق
K1927	منتهی المقال	مازندرانی حائری، محمدبن اسماعیل، ۱۱۵۹-۱۲۱۶ ق.	۹۸۹ هـ.ق
K123	دیوان امیر علیشیر نوائی	امیرعلیشیرنوائی، علیشیربن کیچکنه، ۸۴۴-۹۰۶ ق.؟	۹۵۹ ق
K1874	هشت بهشت	بدلیسی، ادیس بن حسام‌الدین، ۹۳۰ ق.	۹۶۸ ق
K1672	مجموعه (حلیه حلل و ...)		
K156	تحفه الاسرار	جامی، عبدالرحمن بن احمد، ۸۱۷-۸۹۸ ق.	۹۴۸ ق
K821	تحریر الاحکام	علامه حلّی، حسن بن یوسف، ۶۴۸-۷۲۶ ق.	۹۳۴ هـ.ق
K1641	مرقه اللغه	نامشخص	۹۷۲ هـ.ق
K534	گلستان	سعدی، مصلح‌بن عبدالله، ۶۹۱ ق.؟	۹۷۵ هـ.ق
K1358	اشجار و اثمار	خوارزمی، علیشه بن محمدقاسم معروف به علاء بخاری	۹۶۶ ق
K1179	منهاج البیان فیما یستعلمه الانسان	ابن جزله، یحیی بن عیسی ۴۹۳ ق.	۹۷۴ ق
K572	انوار التنزیل و اسرار التاویل	بیضاوی، عبدالله بن عمر، ۶۸۵ ق.	۹۷۶ ق
K236	دیوان جامی	جامی، عبدالرحمن بن احمد، ۸۱۷-۸۹۸ ق.	۹۸۰ ق
U1522	لوامع الاشراف فی مکارم الاخلاق	دوانی، محمدبن اسعد، ۸۳۰-۹۰۸ ق.؟	احتمالا قرن ۱۰
U1497	سرالمعیه	شیخ احمد الهی	احتمالا قرن ۱۰
U1359	دیوان شانی	شانی تکلو، وجیه‌الدین نسف، ۹۵۳-۱۰۲۳ ق.؟	احتمالا قرن ۱۰
U1389	جام جم	اوحدی، رکن‌الدین، ۶۷۰-۷۳۸ ق.	احتمالا قرن ۱۰

۵- شناسایی با استفاده از میکروسکوپ نوری پلاریزان

اسیدکلریدریک رقیق (۲٪ HCl) به آن اضافه گردید تا الیاف به حال خنثی بازگردند. شستشو با آب مقطر دوباره تکرار می‌شد و پس از آماده شدن نمونه برای جداسازی، از چند قطره ماده رنگ‌زا مانند متیل بلو (Methyl blue) برای رنگ‌آمیزی الیاف استفاده گردید. سپس الیاف با کمک سوزن، از هم جدا و روی لام مناسب قرار گرفت. پس از آماده‌سازی، الیاف با استفاده از میکروسکوپ نوری پلاریزان مورد مشاهده و بررسی قرار گرفتند. سپس الیاف ناشناخته با تصاویر نمونه‌های شاهد موجود در اطلس‌های معتبر^۲ شناسایی شدند (اشکال ۱ تا ۴) (جدول ۲).

نتایج شناسایی الیاف نمونه‌ها با تاریخ کتابت مشخص در شکل ۵ آمده است. همچنین شکل ۶ مربوط به نتایج شناسایی الیاف نمونه‌های فاقد تاریخ است.

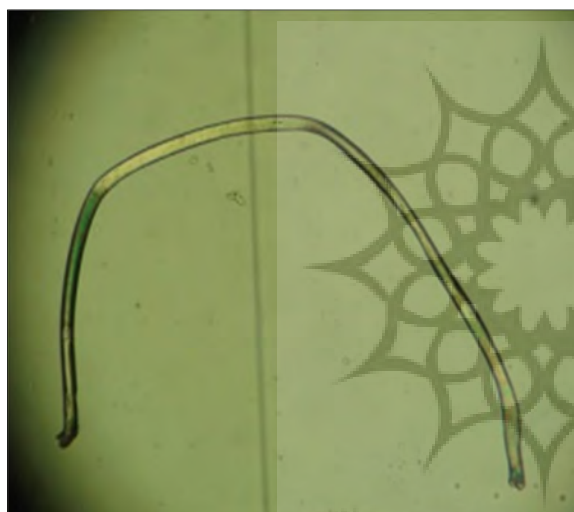
آماده‌سازی نمونه‌ها و تهیه لام‌های میکروسکوپی جهت شناسایی الیاف بر اساس استاندارد TAPPI(T 401om- (93) دستورالعمل آگراوال و برکشلی (Agrawal and Barkeshli, 1997) انجام گرفت. بر این اساس، تکه بسیار کوچکی از کاغذ مورد مطالعه به همراه چند سی‌سی آب مقطر حرارت داده شد. این کار تا زمانی که الیاف کاغذ به راحتی از هم جدا شوند ادامه یافت. در صورتی که الیاف به خوبی از هم جدا نشوند یک قطره محلول هیدروکسید سدیم (۱٪ NaOH) به آن اضافه و گرمادهی می‌شود. سپس الیاف با آب مقطر چند مرتبه شسته شده و در صورت استفاده از هیدروکسید سدیم، چند قطره



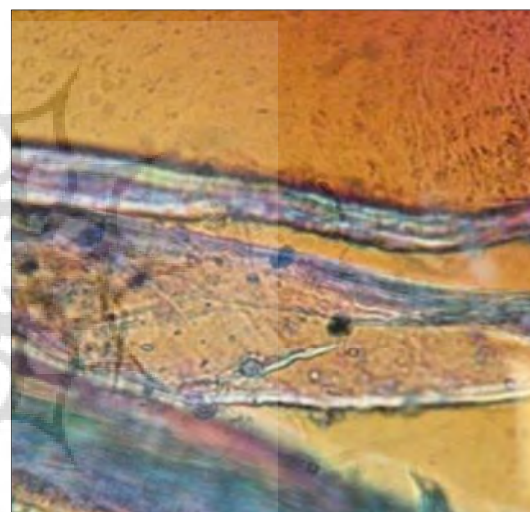
شکل ۲: لیف کنان با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر



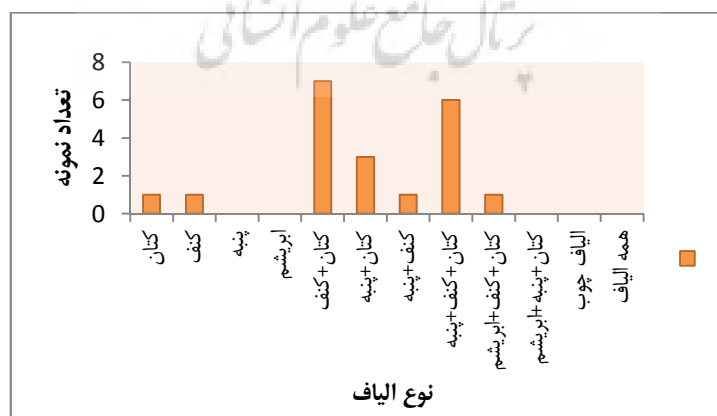
شکل ۱: الیاف کنف با بزرگنمایی ۲۰۰ برابر



شکل ۴: لیف ایریشم با بزرگنمایی ۱۰۰ برابر



شکل ۳: الیاف پنبه با بزرگنمایی ۱۰۰۰ برابر



شکل ۵: نمودار نتایج به دست آمده از مطالعه‌ی میکروسکوپی الیاف نسخ با کتابت معلوم

جدول ۲: نتایج شناسایی میکروسکوپی الیاف نمونه‌ها (یونسی، ۱۳۹۳، ص. ۷۶)

شماره	کتان	کتف	پنبه	موارد دیگر
K818	-	+	-	ندارد
K676	+	+	-	ندارد
K597	-	+	+	ندارد
K1041	+	+	+	ندارد
K1432	+	-	-	احتمالا برگ درخت
K1872	+	+	+	ندارد
K1144	+	+	-	ندارد
K413	+	+	+	ندارد
K1927	+	+	-	ندارد
K1980	+	+	-	ندارد
K651	+	+	-	ندارد
K123	+	+	-	ندارد
K1672	-	+	+	ندارد
K156	+	+	+	ندارد
K1134	+	-	+	ندارد
K534	+	-	+	ندارد
K1212	+	+	+	ابریشم
K1358	+	+	+	ندارد
K1179	+	+	-	ندارد
K236	+	+	+	ندارد
U1522	+	+	+	ندارد
U1497	+	-	-	ندارد
U1476	+	+	+	ندارد
U1359	+	-	+	ندارد



شکل ۶: نمودار نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه‌ی میکروسکوپی الیاف نسخ با کتابت نامعلوم

جدول ۳: خلاصه نتایج به دست آمده از شناسایی الیاف با استفاده از معرف‌های رنگی (یونسی، ۱۳۹۳، ص. ۷۵)

شماره	گراف C	هرزبرگ	سلگر	نتیجه
K818	نارنجی قرمز	قرمز - قهوه‌ای	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K676	نارنجی تیره	قرمز	قرمز تیره	خمیر کهنه پارچه
K597	نارنجی - قرمز	قرمز - قهوه‌ای	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K1041	نارنجی	قهوه‌ای	قرمز تیره	خمیر کهنه پارچه
K1432	نارنجی - قرمز	قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K1872	قرمز - نارنجی تیره	قرمز تیره	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K1144	زرد - خنایی	قرمز - نارنجی	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K413	قرمز	قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K1927	قهوه‌ای	قرمز	ارغوانی	خمیر غیر چوبی
K1980	قرمز - قهوه‌ای	قرمز تیره	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K650	قرمز - قهوه‌ای تیره	قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K1134	قرمز	قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K123	زرد	قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K1672	نارنجی	قرمز - نارنجی	قرمز تیره	خمیر کهنه پارچه
K156	نارنجی - قرمز	قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K534	قهوه‌ای - قرمز	نارنجی تیره	ارغوانی	خمیر غیر چوبی
K1212	خنایی	نارنجی تیره	قرمز	خمیر کهنه پارچه
K1358	نارنجی	قرمز	قرمز تیره	خمیر کهنه پارچه
K1179	نارنجی	نارنجی - قرمز	قرمز تیره	خمیر کهنه پارچه
K236	قرمز	نارنجی	قرمز	خمیر کهنه پارچه
U1522	قرمز - قهوه‌ای	ارغوانی	قرمز	خمیر کهنه پارچه
U1497	نارنجی - قرمز	نارنجی - قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
U1476	نارنجی	قرمز	قرمز	خمیر کهنه پارچه
U1359	بنفش	آبی - بنفش	قرمز	خمیر کهنه پارچه

۶- شناسایی الیاف به کمک معرف‌های رنگی

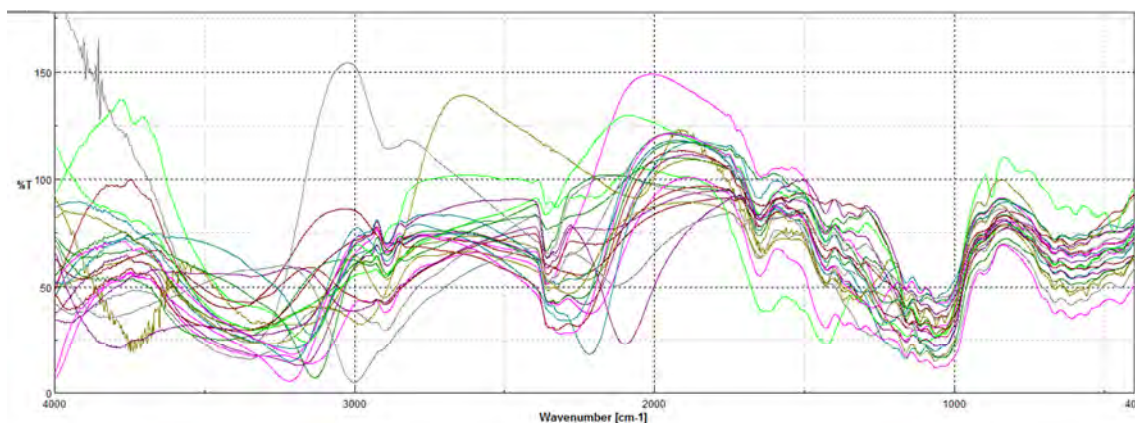
راه دیگر برای تعیین ترکیبات فیبری کاغذ استفاده از معرف‌های رنگی است. معرف‌های بکار رفته در این پژوهش عبارتند از: معرف هرزبرگ، گراف C (Graff C Stain) و سلگر (Selleger's Stain). معرف‌ها بر اساس استانداردهای ۱۴۱۷ (مربوط به موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران) تهیه و مقایسه رنگ الیاف در حضور معرف‌ها با جداول رنگ موجود در منبع ذکر شده، انجام پذیرفت (جدول ۳).

۷- شناسایی الیاف با استفاده از طیف‌سنجی مادون قرمز

برای انجام این آزمایش ابتدا نمونه‌سازی انجام گرفت. برای تهیه قرص مورد نظر، هر یک از نمونه‌ها همراه با بلور KBr (به نسبت ۱ به ۱۰۰) در هاونی از جنس عقیق

به خوبی ساییده و در دستگاه قرص ساز مخصوص، برای انجام آنالیز، قرار گرفت. طیف بینی جذبی مادون قرمز (IR) عمدتاً برای شناسایی ترکیبات آلی به کار می‌رود و بر پایه‌ی جذب تابش توسط مولکول است. به‌طور کلی تمامی ترکیبات شیمیایی، جذب انتخابی مشخصی در مادون قرمز نشان می‌دهند (خانمحمدی خرمی و بدر، ۱۳۸۶، ص. ۱۴۹). همچنین با استفاده از طیف نمونه کاغذ می‌توان تا حدودی به نوع خمیر کاغذ پی برد. شکل ۷ مربوط به طیف FT-IR نمونه‌های مورد مطالعه است. در این طیف‌ها با توجه به عدم وجود جذب در محدوده‌هایی همچون 1730 cm^{-1} (گروه‌های اکسیدشده)، 1590 cm^{-1} (به‌طور کلی به کربوکسیلات نسبت داده شده)، 1550 cm^{-1} (نشانه‌گر لیگنین)، 1237 cm^{-1} (جذب وسیع ناشی از پیوند C-O حلقه گویاسیل) و 808 cm^{-1} (حلقه‌ی سلولز کوتاه زنجیر) و نوار جذب

در حدود 1237 cm^{-1} که مربوط به خمیر چوب نرم و سخت است، می‌توان متوجه شد خمیر کاغذ غیرچوبی است. باندهای مشاهده شده در ناحیه 3417 cm^{-1} مربوط به CH_2 کششی در یک ترکیب غیرآروماتیک و 3073 cm^{-1} به ترتیب مربوط به O-H کششی و C-O کششی و یا OH است. همچنین باند 2926 cm^{-1} مربوط به CH_2 کششی در یک ترکیب غیرآروماتیک



شکل ۷: طیف FT-IR نمونه‌های مورد مطالعه

جدول ۴: خلاصه نتایج حاصل از شناسایی الیاف با استفاده از دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز (FT-IR) (اعداد جذبی بصورت حدودی هستند)

شماره	1730 cm^{-1}	1430 cm^{-1}	1650 cm^{-1}	1158 cm^{-1}	1550 cm^{-1}	808 cm^{-1}	نتیجه احتمالی
K818	-	+	+	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K676	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K597	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1041	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1432	-	-	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1872	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1144	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K413	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1927	-	+	-	-	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1980	-	-	-	-	-	-	فاقد الیاف چوبی
K650	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1134	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K123	-	+	-	+	+	-	فاقد الیاف چوبی
K1672	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K156	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K534	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1212	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K236	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1358	-	-	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
K1179	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
U1522	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
U1497	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
U1476	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی
U1359	-	+	-	+	-	-	فاقد الیاف چوبی

غالب مشاهده شدند. در برخی از منابع به نوع و مواد مورد استفاده در کاغذسازی اشاره شده است: شیلان بای نیز در کتاب خود «نقاشی ایرانی» ذکر می‌کند که برخلاف کاغذ چینی، جنس کاغذ ایرانی از الیاف کتان به شکل نخ، که برخی اوقات همراه با کنف ممزوج می‌شد، تشکیل شده است (کن بای، ۱۳۸۷، ص. ۱۶). در کتاب جغرافیای اصفهان، متنی به شرح زیر آمده است:

«جماعتی عطایی... لباس و پلاس کهنه را جوربه‌جور می‌کنند. بعضی به کار کهنه‌فروش می‌خورد و برخی به کار کاغذگر، پوسیده‌های آن‌ها به کار قوت زمین زراعت شلتوک». این مطلب تقریباً همسانی دارد با آنچه آدام اولناریوس درباره‌ی کاغذسازی مرسوم در ایران دیده بود: «کاغذ را مانند ما از تکه‌های پارچه کهنه تهیه می‌کنیم آنان از کتان و یا اگر باید ظریف و نازک باشد از ابریشم درست می‌کنند» (افشار، ۱۳۹۰، ص. ۸۵).

۹- نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، الیاف چوبی در هیچ‌کدام از نمونه‌ها شناسایی نشد. بیشترین الیاف موجود کتان به همراه کنف و پس از آن کتان، کنف و پنبه باهم در نمونه‌ها مشاهده شد. نکته قابل توجه در بررسی‌ها، موارد معدود استفاده از الیاف به‌صورت تنها است. تنها در یکی از نمونه‌ها ابریشم به همراه کتان و کنف مشاهده شد. یکی از احتمالات موجود، می‌تواند نوع خمیر باشد که احتمالاً از نوع کهنه پارچه بوده است و ابریشم موجود در نمونه مربوط به پارچه بوده است. احتمال دیگر آلودگی نمونه حین ساخت کاغذ است. در ادامه برخی از الیاف مورد استفاده در کاغذسازی گذشته آورده شده است که با نتایج به‌دست‌آمده هم‌خوانی خوبی را نشان می‌دهد. روش دیگر برای شناسایی الیاف نمونه‌ها، استفاده از معرف‌های رنگی بود که در تمامی نمونه‌ها نوع خمیر غیرچوبی شناسایی شد. همچنین نتایج بررسی الیاف نمونه‌های بی‌تاریخ، مطابقت خوبی با نمونه‌های با تاریخ معلوم نشان داد. این امر نشان‌دهنده هم‌خوانی نسبی تاریخ‌گذاری نسخه‌شناس بر اساس ویژگی‌های ظاهری و کار پژوهشی حاضر است که در نتیجه، استفاده از هر دو روش در نسخه‌شناسی می‌تواند خطای سالیابی غیرمستقیم را به میزان بسیار

است. باندهای موجود در 1428 cm^{-1} و 1041 cm^{-1} به ترتیب مربوط به C-C کششی در یک ترکیب حلقوی و C-O کششی است. همچنین باند نسبتاً قوی در 1620 cm^{-1} می‌تواند مربوط به گروه کربوکسیلیک باشد. عبور زیاد در ناحیه 872 cm^{-1} و 781 cm^{-1} مربوط به C-H در یک ترکیب آروماتیک است. همچنین پیک‌ها در نواحی 598 ، 528 و 467 cm^{-1} مربوط به CH_2 و یا C-Br می‌باشند. به‌طور کلی نوارهای جذبی حاصل از جذب در 1028 cm^{-1} مربوط به گروه O-C در سلولز بوده و نوار جذبی 1158 cm^{-1} مربوط به پل اکسیژنی در سلولز می‌باشد. جذب‌های 1430 cm^{-1} مربوط به گروه CH_2 در زنجیره پلی‌ساکاریدهاست.

نتایج آنالیز طیف FT-IR کاغذ نمونه‌های مورد مطالعه (با توجه به رنگ طیف) در جدول ۴ آمده است.

۸- بحث

در آزمون شناسایی الیاف نسخ خطی با تاریخ معلوم و مجهول، به کمک معرف‌های رنگی، نتایج تقریباً مشابهی به دست آمد. در ۱۸ نمونه از ۲۰ نمونه مورد مطالعه با تاریخ معلوم جنس خمیر کاغذ از نوع کهنه پارچه و ۲ نمونه خمیر غیرچوبی شناسایی شد. در بررسی‌هایی که روی نسخ با تاریخ مجهول نیز انجام پذیرفت خمیر همه نمونه‌های مورد مطالعه از نوع کهنه پارچه بود. برای اطمینان بیشتر از نتایج به‌دست‌آمده بررسی‌هایی با استفاده از آنالیز FT-IR انجام گرفت که با استفاده از این آنالیز نتایج مشابهی با دو روش ذکر شده به دست آمد. البته باید به این نکته توجه داشت که در نمونه‌های تاریخی به دلیل محدودیت در نمونه‌برداری امکان خطا در برخی از جزئیات نتایج وجود دارد. در آزمون شناسایی الیاف نسخ خطی به کمک میکروسکوپ پلاریزان، نیز نتایج مشابهی به دست آمد. در نمونه‌های با تاریخ معلوم، کتان، کنف و پنبه به عنوان ماده اصلی تشکیل‌دهنده الیاف کاغذ شناسایی شدند. البته در برخی از نمونه‌ها میزان اندکی برگ، کاه و غیره نیز مشاهده شد که با توجه به میزان بسیار اندک آن‌ها به‌عنوان مواد خام اصلی در نظر گرفته نشدند و احتمالاً به‌صورت ناخالصی وارد ساختار کاغذ شده‌اند. در نمونه‌های مجهول نیز الیاف کتان، کنف و پنبه به‌صورت

کمک الیاف آن‌ها-روش آزمون (بی‌تا) موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره استاندارد ۸۹۸۱د. دسترسی در تاریخ ۹۲/۴/۲۲ و به آدرس اینترنتی:

www.isiri.gov.ir/portal/files/std/8981

کن بای، شبلا. (۱۳۸۷). *نقاشی ایرانی*. (ترجمه: مهدی حسینی). تهران: دانشگاه هنر.

نیک‌سرشت سیگارودی، محمدرضا، صفدری، وحید رضا، سپیده‌دم، محمدجواد، و حسینی هاشمی، سیدخلیل. (۱۳۹۰). بررسی مهم‌ترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی الیاف کاغذ. *فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران*، جلد ۲۶، ش ۳: ۵۴۵-۵۶۳.

یونسی، بهاره. (۱۳۹۳). *تحلیل‌های باستان‌سنجی الیاف و آثار مورد استفاده در ۲۰ نمونه نسخه خطی مربوط به قرن دهم هجری جهت امکان‌سنجی تاریخ‌گذاری نمونه‌های مجهول*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه باستان‌سنجی و مرمت. دانشکده هنرهای کاربردی. دانشگاه هنر اسلامی تبریز.

منابع لاتین

- Agrawal, O. P., & Barkeshli, M. (1997). *Conservation of Books, Manuscripts, and Paper Documents*. INTACH.
- Haugan, E., & Holst, B. (2013). Flax look-alikes: Pitfalls of ancient plant fibre identification. *Archaeometry*, 56(6), 951-960.
- Isenberg, I. H. (1958). *Pulp and paper microscopy*, 3rd ed. Institute of Paper Chemistry, Appleton, WI.
- McBride, C. (2002). A pigment particle & fiber atlas for paper conservators. Cornell University Available at 12/10/2013 at: www.library.cornell.edu/preservation/publications/mcbride.html
- Shi, J. L., & Li, T. (2013). Technical investigation of 15th and 19th century Chinese paper currencies: Fiber use and pigment identification. *Journal of Raman Spectroscopy*, 44(6), 892-898.
- TAPPI. (2000). TAPPI standards and suggested methods, T 401om-93. *Fiber analysis of paper and paperboard*. Test Methods TAPPI press, Atlanta, Ga.
- Yum, H., Singer, B. W., & Bacon, A. (2009). Coniferous wood pulp in traditional Korean paper between the 15th and 18th centuries AD. *Archaeometry*, 51(3), 467-479.

زیادی کاهش دهد. لازم به ذکر است برای رسیدن به نتایج گسترده‌تر و قابل تعمیم به دوره‌های زمانی دیگر، بایستی نمونه‌ها و دوره‌های زمانی مختلف مطالعه و بررسی شوند.

پی‌نوشت‌ها

۱. تمامی اطلاعات این جدول بر اساس نظر کارشناس نسخ خطی و منابع مکتوب موجود در کتابخانه مرکزی تبریز آورده شده است.
۲. منابع مورد استفاده برای شناسایی الیاف: Isenberg 1958; McBride 2002؛ کاغذ، مقوا و خمیر کاغذ، شناسایی گیاهان غیرچوبی با کمک الیاف آن‌ها - روش آزمون (بی‌تا).

منابع فارسی

- افشار، ایرج. (۱۳۹۰). *کاغذ در زندگی و فرهنگ ایرانی*. تهران: مرکز پژوهشی میراث مکتوب.
- بحرالعلمی، فرانک. (۱۳۸۷). طرح برنشتین - حافظه‌ی کاغذ. *فصلنامه‌ی گنجینه‌ی اسناد*، شماره ۷۲: ۱۲۳-۱۳۰.
- بهادری، رویا، و بحرالعلمی، فرانک. (۱۳۹۰). بررسی‌های آزمایشگاهی بر روی نسخه‌ای خطی با ورق‌های چوبی؛ صحیفه سجادیه، کتابت ۱۱۱۲ق (کتابخانه مجلس شورای اسلامی، ش ۱۴)، نامه بهارستان، س ۱۲، ش ۱۸ و ۱۹: ۱۶۹ - ۱۷۶.
- خانمحمدی خرمی، محمدرضا، و بدر، حیدر. (۱۳۸۶). *شیمی تجزیه دستگاهی*. قزوین: انتشارات دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره).
- عظیمی، حبیب‌الله. (۱۳۹۰). *کاغذ در نسخه‌های خطی ایرانی-اسلامی، مطالعات ملی کتابداری و سازمان‌دهی اطلاعات*، ش ۸۸.
- کاغذ، مقوا و خمیر کاغذ، تعیین ترکیب فیبری خمیر کاغذ. کاغذ و مقوا- روش آزمون (بی‌تا) موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، شماره استاندارد. ۱۴۱۷.
- دسترسی در تاریخ ۹۲/۴/۲۲ و به آدرس اینترنتی: www.isiri.gov.ir/portal/files/std/1417
- کاغذ، مقوا و خمیر کاغذ، شناسایی گیاهان غیرچوبی با