

## مروری بر توصیف ویژگی الیاف کاغذهای دوره سلجوقی و تیموری و بهره‌گیری از روش‌ها و ابزارهای دستگاهی در شناسایی الیاف آنان\*

محدثه حسینی صومعه<sup>۱\*</sup>، مهرناز آزادی بویاغی<sup>۲</sup>، کامبیز پورطهماسی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری مرمت اشیای فرهنگی و تاریخی، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران
  ۲. استادیار گروه مرمت آثار، دانشکده مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران
  ۳. استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- (تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۵/۱۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۵/۸/۹)

### چکیده

نسخ خطی دوره سلجوقی و تیموری، از نفیس‌ترین آثار کتاب‌آرایی و نسخه‌پردازی محسوب می‌شوند و بسیاری از محققان به توصیف کاغذهای اولیه در نسخه‌پردازی ایرانی-اسلامی پرداخته‌اند. نتایج حاصل از مطالعات تاریخی نشان می‌دهد کاغذهای دست‌ساز دوره سلجوقی و تیموری، کاغذهایی به نام سمرقندی، بغدادی و خراسانی بوده‌اند و عموماً شامل گیاهان غیرچوبی می‌شوند. در این میان، الیاف گیاهی کتان، کنف و شاهدانه بیشتر استفاده شده‌اند. با این حال، اطلاعات دقیقی درباره ساختار این کاغذها وجود ندارد. هدف اصلی در این پژوهش، گردآوری اطلاعات در زمینه نحوه شناسایی الیاف در کاغذهای تاریخی دوره سلجوقی و تیموری است تا با انطباق بر روش‌های تجربی کیفی، کمی و دستگاهی، شناخت این کاغذها میسر شود. براساس نتایج، روش‌های بسیاری علاوه بر کاربرد معرف‌های شیمیایی که روشی کیفی است، وجود دارد؛ به‌طوری که با استفاده از میکروسکوپ‌های الکترونی، بررسی سطحی الیاف در کاغذها امکان‌پذیر شده است و ویژگی‌هایی همچون تاب و اندازه الیاف، برجستگی‌ها و خطوط متقاطع آنان را آشکار می‌نماید. همچنین استفاده از میکروسکوپ پلاریزان نه تنها با تغییرات رنگی بر سطح الیاف، آنها را متمایز می‌کند، بلکه وجود اگزالات کلسیم در الیاف را تصدیق می‌کند و نقش مؤثری در شناسایی الیاف کاغذهای تاریخی اولیه دارد.

### واژگان کلیدی

شناسایی الیاف کاغذ تیموری، شناسایی الیاف کاغذ سلجوقی، معرف‌های شیمیایی کاغذ، میکروسکوپ الکترونی، میکروسکوپ پلاریزان

\* این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی در راستای پایان‌نامه دوره دکتری نگارنده اول با عنوان «ارزیابی مرفولوژی الیاف در خمیر کاغذهای تاریخی برای تبیین آناطومی مصور «اطلس» از نسخ خطی نفیس (موردپژوهی؛ نسخ خطی دوره سلجوقی و تیموری موجود در مؤسسه کتابخانه و موزه ملی ملک)» به راهنمایی نگارندگان دوم و سوم است که در سال ۱۳۹۴، در دانشگاه هنر اصفهان انجام گردیده است.

\*\* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۳۸۵۲۴۵۵۷۰، نمابر: ۰۳۱۱-۶۲۵۶۰۱۹، E-mail: m.hosseini@aui.ac.ir.

## مقدمه

بررسی و ارزیابی روش‌های دقیق آزمایشگاهی در این زمینه است. از آنجا که قدیمی‌ترین و ابتدایی‌ترین نسخ خطی کاغذی موجود در موزه‌های داخلی همچون موزه ملی ملک، تقریباً به این دو دوره تعلق دارند، نقش مطالعات و ارزیابی در این خصوص اهمیت بیشتری می‌یابد. تا به امروز، بسیاری از بررسی‌ها بر روی کاغذهای تاریخی، بر مبنای تجربیات و بهره‌گیری از ویژگی‌های ظاهری و قابل لمس در نسخ خطی انجام شده و هیچ تحلیل علمی در خصوص ویژگی‌های آنان صورت نگرفته است. این در حالی است که حتی خود نویسندگان هم در نوشته‌های خود با شک و تردید به ذکر این موضوع پرداخته‌اند. با در نظر گرفتن آنچه گفته شد، این سؤالات مطرح می‌شود که وجه تمایز این کاغذها به لحاظ ساختاری از چه نوع الیاف گیاهی بوده است؟ چگونه کاغذهای تاریخی متعلق به این دوره‌ها شناسایی می‌شوند؟ و برای دستیابی به این شناخت، از چه روش‌هایی بهره‌گیری می‌شود؟

ضروری است برای پاسخ به تمامی پرسش‌ها و شبهات درباره کاغذسازی اسلامی و کتاب‌آرایی دوره‌های سلجوقی و تیموری در ایران، به بررسی دقیق‌تری از مرفولوژی الیاف پرداخته شود تا مهم‌ترین فاکتورهای شناسایی الیاف در خمیر کاغذهای تاریخی در دوره‌های مذکور تعیین شود. بنابراین، با در نظر گرفتن تفاوت و تمایز ساختارها در الیاف گیاهان غیرچوبی، امکان شناسایی الیاف در خمیر کاغذهای سلجوقی و تیموری به وجود می‌آید. با این حال، مسئله مهم‌تر از شناسایی، نحوه شناسایی و چگونگی ارزیابی‌های فنی و علمی بر روی این الیاف است تا تمایزات و ویژگی‌های منحصر به فرد آنان را آشکار گرداند.

بسیاری از محققان داخلی<sup>۱</sup> و خارجی<sup>۲</sup> که در زمینه سنت نسخه‌پردازی و کتاب‌آرایی در ایران به تحقیق پرداخته‌اند، پیشینه این هنر و صنعت را به قبل از اسلام نسبت می‌دهند؛ همچنان که تجویدی در کتاب خود به نام *نگاهی به هنر نقاشی/ایران* از کتاب‌هایی نام می‌برد که با روی کار آمدن خلفای عباسی در آتش سوزانده شده‌اند. وی در کتاب خود می‌نویسد: «بسیاری از پیروان مانی به سرزمین‌های شرقی و شمال خاوری ایران روی آورده و بسیاری از مردم این سرزمین‌ها و از جمله ایغوری و ترکستان را به دین خود در آوردند. بنابراین، بعید نیست سنت کاغذسازی قبل از اسلام، از زمان ساسانیان به سرزمین‌های شمال خاوری رسیده باشد. مشاهده شباهت‌هایی که میان اوراق تورفان متعلق به قرن دوم هجری (هشتم و نهم میلادی) و پارهای از تصاویر کتاب‌های ایرانی عصر مغول وجود دارد و همچنین کتاب‌هایی که حاوی نقاشی‌هایی از آیین مانوی رقم‌خورده بر روی کاغذهای مرغوب بوده است، شاهدی بر این ادعا است» (تجویدی، ۱۳۵۲: ۳۱؛ پورتر، ۱۳۸۹: ۲۳). گرابر نیز در کتاب *مروری بر نگارگری ایرانی در خصوص پیشینه سنت نقاشی و تصویرگری به نقل از مسعودی، اشاراتی به ساخت کاغذ در دوره پیش از اسلام داشته است*؛<sup>۳</sup> هر چند در وصف نقاشی‌های تصویر شده بر کاغذهایی که نسخ خطی را آفریده‌اند، نوع آنان مرقوم نگشته است (گرابر، ۱۳۹۰: ۳۵). این محققان در توصیف نسخه‌پردازی و کتاب‌آرایی در دوران اسلامی نیز از کاغذهای متنوع و مرغوبی صحبت می‌کنند که موجب رقابت با سایر کاغذها در جهان بوده است.

اهمیت پژوهش حاضر، گردآوری اطلاعات در زمینه شناخت کاغذهای تاریخی دوره سلجوقی و تیموری و

## توصیف کاغذهای دوره سلجوقی و تیموری در منابع نسخه‌شناسی و کتاب‌آرایی

کاغذ از قرن دوم هجری/هشتم میلادی آغاز شده بود؛ ولی نمونه آشکاری که به معنای واقعی کاغذ نامیده می‌شود، طی قرن چهارم هجری/دهم میلادی در ایران پدیدار شد. البته در نیمه دوم قرن سوم هجری/نهم میلادی نمونه‌های پراکنده‌ای وجود دارند؛ مانند جزوه‌های بی‌شماری از نسخ خطی این دوره‌ها که عموماً به صورت «پنج‌برگی» خوانده می‌شوند و در حال حاضر، در کتابخانه ملی فرانسه موجودند<sup>۴</sup> (دروش و دیگران، ۱۳۷۹: ۳۹).

کاغذی که در قرن چهارم هجری قمری به‌عنوان نخستین کاغذ ایرانی ساخته شد، سلطان علی مشهدی در

صنعت نسخه‌پردازی و کتاب‌آرایی در ایران با ورود کاغذ متحول شده و کاغذهای تاریخی-ایرانی متنوع و نفیسی به وجود آورده است. در عصر مغولان ۶۵۶ ه.ق/۱۲۲۶ م و در شهرهای تحت سلطه آنان همچون شیراز، اصفهان، تبریز، بغداد، سمرقند و بخارا، کارگاه‌های ساخت کاغذ وجود داشت که غالباً به نام همان شهر شهرت یافته‌اند و در میان آنان، کاغذهای سمرقندی، بخارایی، اصفهانی و بغدادی از مرغوبیت بیشتری برخوردار بوده‌اند. علاوه بر کاغذ ساخته شده در داخل قلمرو ایلخانان، کاغذهای ختایی<sup>۵</sup> و خانبالغ<sup>۶</sup> نیز به ایران وارد می‌شده است (کیانفر، ۱۳۷۶: ۲۵). بنابراین، باید گفت تولید

همچنین در بررسی کاغذها، ویژگی خوب و نرم بودن را به کاغذهای سمرقندی نسبت می‌دهد که صنعت کاغذسازی پروونقی را به سبب فراوانی آب رودخانه بخارا داشته است. این نویسنده به نقل از ابن ندیم، کاغذهای خراسانی را که توسط کارگران چینی در خراسان تهیه می‌شده و کاغذهای سمرقندی که در اصفهان رواج داشته است، از جنس کتان<sup>۹</sup> و همسان می‌داند (صفری آق قلعه، ۱۳۹۰: ۵۵).

کاوسی نیز قرن نهم هجری/پانزدهم میلادی را از دوره‌های درخشان در نسخه‌نویسی می‌داند و در کتاب خود به نام تیغ و تنبور هنر دوره تیموریان به روایت متون، تأکید می‌کند که میرزا بایسنقر دستور داد مولانا برای او خمسه نظامی را بنویسد و او کاغذ خوب برای مولانا فرستاده است (کاوسی، ۱۳۸۹: ۳۵۸). این در حالی است که ابوریحان بیرونی در کتاب *الجماهر* (ص ۳۸۵) به ساخت کاغذ سمرقندی از کف<sup>۱۰</sup> اشاره کرده است. عظیمی به نقل از کتاب *حدود العالم*، شهرت این کاغذ را از قرن چهارم تا دهم و یازدهم/دهم تا شانزدهم و هفدهم میلادی بیان می‌کند؛ به طوری که به سایر مناطق فرستاده می‌شده است. ابوسعید سمعانی هم تنها سمرقند را در مشرق‌زمین نام برده است که در آن کاغذ ساخته می‌شده است. این کاغذ دارای بافتی ضخیم، مستحکم و صاف بوده که به رنگ نخودی و عموماً برای کتاب‌های ارزشمند و مهم علمی به کار می‌رفته است. به موازات زمانی استفاده از کاغذ خانبالغ، کاغذ ختایی نیز در کتابت متون معتبر علمی یا آرایه‌دار کاربرد داشته است. این کاغذ که در منطقه «ختای» چین تولید می‌شد، ضخیم، درخشان و شفاف با بافتی منسجم‌تر و مرغوب‌تر از خانبالغ و بیشتر به رنگ نخودی بوده و گویا پنبه و ابریشم در آن به کار رفته است (عظیمی، ۱۳۹۰: ۱۳۳، ۱۳۵۳).

کاغذ خانبالغ با ویژگی نازک یا نسبتاً ضخیم و محکم بودن توصیف شده است. این کاغذ دارای بافت چندان یکدستی نیست و بیشتر به رنگ حنایی مشاهده شده است. همچنین بیشتر در نسخه‌های کتابت سده‌های نهم تا سیزدهم/پانزدهم تا هجدهم میلادی و در کتاب‌های درسی و متون علمی مکتب هرات کاربرد داشته است. کاغذ دولت آبادی<sup>۱۱</sup> نیز که در شهر دولت‌آباد هند تولید می‌شد، کاغذی صاف، یکدست‌تر، خالص‌تر از کشمیری<sup>۱۲</sup>، سیالکوتی<sup>۱۳</sup> و با تردی و شکنندگی کمتر از آنها بوده است. اما در منابع قبل از قرن یازدهم/هفدهم میلادی از این کاغذ یاد نشده است (عظیمی، ۱۳۹۰: ۱۳۳). پورتر<sup>۱۴</sup> به فاصله نسخه‌پردازی سه قرن میان ظهور اسلام و اولین نسخه خطی مذهب عربی قرن چهارم هجری/دهم میلادی اشاره می‌کند؛ هرچند در این میان نسخ خطی

*صراط السطور*، مرغوب‌ترین کاغذ معرفی کرده است. دومین کاغذ، کاغذ بخارایی است و در نهایت، کاغذ خانبالغ که در قرن پنجم هجری قمری/یازدهم میلادی در ایران تولید و به چین هم صادر می‌شده است. این کاغذ رنگ روشن‌تر، متراکم‌تر و بافت نازک‌تری از کاغذ چینی داشته و آهار استفاده‌شده در آن صمغ عربی بوده است (بحرالعلومی، ۱۳۹۲: ۹۰). تاریخ کاغذسازی در ایران چنان‌که در نقشه رنکر<sup>۱۵</sup> مشخص است، به سال ۱۳۴/۷۵۱ می‌رسد که عمدتاً آثار مانوی به زبان پهلوی اشکانی و کاغذ آن سمرقندی است (بابزاده، ۱۳۸۲: ۸۷). همچنان که مجیدی راد نیز در توصیف نگاره‌های خطی، جنس کاغذ را جزئی از نفاست اثر بر می‌شمارد و به نمونه‌هایی مانند *روضه الانوار* اثر خواجوی کرمانی اشاره می‌کند که در سال ۹۲۷ هجری قمری/۱۵۴۴ میلادی رقم خورده است که بر روی کاغذهای خانبالغ نخودی زرافشان با حاشیه دولت‌آبادی مزین گشته‌اند یا نمونه پنج گنج عبدالرحمن جامی مربوط به قرن نهم هجری قمری/پانزدهم میلادی که بر کاغذ بخارایی کتابت شده است (مجیدی راد، ۱۳۸۴: ۱۰۱، ۱۰۷).

در کتاب *تاریخ آموزش و پرورش در روزگار فرمانروایی مغولان و تیموریان* آمده است که خواجه رشیدالدین هنگام بحث از آب‌رسانی در دیارش (شهرستان رشیدی) به برخی از کارگاه‌های ساخت کاغذ اشاره و سفارش کرده است هر سال، نسخه‌ای از نوشته‌های خودش را بر کاغذهای نیکو و لطیف بنویسند (نعمتی لیمایی، ۱۳۸۵: ۱۹۲). رهنورد نیز باصراحت کاغذسازی در ایران را قبل از اسلام در سمرقند و بخارا بیان کرده است. او از کاغذی نام می‌برد که در قرون اولیه اسلامی به‌عنوان کاغذ بغدادی شناخته شده بود و از قدیمی‌ترین نسخ مربوط به دوره سلجوقی، *شاهنامه فردوسی و کلیله و دمنه* یاد می‌کند (رهنورد، ۱۳۸۶: ۵۴). در دوران تیموری نیز به سبب فرستادن هنرمندان به سمرقند توسط تیمور، همچنان این صنعت پابرجا بود؛ اما در دوره جانشینان او، سمرقند درخشش گذشته خود را در صنعت کتاب‌آرایی از دست می‌دهد و به‌دنبال آن، هرات تحولی شگرف را در صنعت کتاب‌آرایی پدید می‌آورد؛ به طوری که ساخت کتب نفیس در کتابخانه‌ها و کارگاه‌های سلطنتی رواج می‌یابد؛ هرچند نحوه ساخت کاغذهای این دوره نیز ذکر نگردیده‌اند (آژند، ۱۳۸۷: ۳۷).

صفری آق قلعه در کتاب *نسخه شناخت*، آغاز تاریخی کتاب‌آرایی دوره اسلامی<sup>۱۶</sup> را از زمان استفاده از کاغذ یعنی از سده سوم هجری/نهم میلادی می‌داند که این صنعت از چین به ماوراءالنهر (سمرقند) و از آن طریق به ایران رسید.

شیارهای حصیر آبیگری و ته خط‌های افقی ناشی از قالب‌گیری خمیر کاغذسازی در آن قابل اندازه‌گیری نبوده است. از طرفی، کاغذهای ساخته‌شده توسط آنان اندازه مشخص نداشته و از جمله کاغذهای آنان، کاغذی با ویژگی ریزبافی بوده است که تا سده نهم/ سیزدهم میلادی در بیشتر نقاط خاورمیانه وجود داشته است (بکر، ۱۳۸۰: ۱۹۸، ۱۹۹). به هر حال، ابن عبدوس جهشیاری (متوفی ۳۳۱/ ۹۴۸) در کتاب *الوزاء و الکتاب*، بهترین کاغذ را با ویژگی‌هایی همچون سفیدی، درخشانی، وزن سنگین با قطعی مناسب و پردوام توصیف کرده است (بابازاده، ۱۳۸۲: ۸۸).

رهنورد در کتاب *تاریخ هنر ایران در دوره اسلامی*، از کاغذهای بغدادی از جنس پایپروس نام برده است که از کشور مصر به شهر بغداد رسیده‌اند (رهنورد، ۱۳۸۶: ۵). اما در دوره اسلامی، علی‌رغم اطلاعات اندکی که درباره ماده اصلی موجود در خمیر کاغذهای دوره سلجوقی و تیموری وجود داشت، اشارات مختصری به جنس برخی از این کاغذها شده است. به‌طور مثال، نظری در مقاله خود به نام «*جواز و فن ساخت کاغذ سمرقندی*» تهیه خمیر کاغذ سمرقندی را از شاخه‌های باریک توت سفید بیان کرده است؛ به‌طوری که پس از خیساندن سرشاخه‌ها و جداسدن پوست آن، الیاف نازکی از چوب تراشیده و جوشانده می‌شده است (نظری، ۱۳۸۸: ۱۱). گیتنز<sup>۲۱</sup> در پژوهش‌های خود در مقاله‌ای با عنوان «آزمایش‌های فنی اولیه بر روی رنگ‌های به‌کاررفته در نسخه خطی اندرزنامه [کاپوسنامه]» متعلق به قرن پنجم/ یازدهم میلادی، الیافی از جنس علف یا بامبو تشخیص داده که بافت ناهموار و بلندی در کاغذهای آن ایجاد کرده است (گیتنز، ۱۳۸۹: ۱۸۹).

علاوه بر این، افشار در کتاب *کاغذ در زندگی و فرهنگ ایرانی*، نقش کاغذ را در زندگی و فرهنگ ایرانی بررسی کرده و اسلوب کاغذسازی را با خمیر کردن پنبه و لته‌های کهنه کرباس‌ها بیان کرده است. او همچنین منطقه را در نوع کاغذسازی سهمیم دانسته، بدین صورت در مناطقی که گیاه کنف وجود داشته، از آن در ساخت کاغذ استفاده شده است (افشار، ۱۳۹۰: ۸۶، ۸۵). پورتر<sup>۲۲</sup> در بیان کاغذهای سمرقندی در مقاله‌ای با عنوان «رسالة بوقلمون در رنگ‌ها (اواخر سده نهم و اوایل سده دهم ه.ق)» می‌نویسد: «این کاغذها تا قرن دوازدهم هجری/ هجدهم میلادی از بهترین کاغذهای شرقی محسوب می‌شدند و الیاف کتان جزء اصلی سازنده در این نوع کاغذها بوده‌اند. رنگ زرد و راه‌آب‌بودن این کاغذها از دیگر ویژگی‌های آنان ذکر شده است. او همچنین قیمت گران کاغذها در قرن پنجم/ یازدهم میلادی

مصور مربوط به قرن نهم هجری قمری نیز وجود داشته‌اند. او در کتاب *آداب و فنون نقاشی و کتاب‌آرایی* به کاغذهای قرون اولیه اسلامی به نقل از ابن ندیم می‌پردازد و بیان می‌دارد علی‌رغم همه این تفاسیر (کاغذهای مستحکم، ضخیم و نرم سمرقندی از جنس کنف/ کاغذهای بغدادی مشابه کاغذهای سمرقندی در قرون اولیه اسلامی/ کاغذهای خراسانی از جنس کتان/ کاغذهای درخشان و شفاف خانبالغ از پنبه و ابریشم و...) درباره کاغذهای ایرانی قبل از دوران تیموری اطلاعی در دست نیست (پورتر، ۱۳۸۹: ۲۴).

## خصوصیات و مواد اولیه در کاغذسازی دوره سلجوقی و تیموری

درباره کاغذهای تاریخی پیش از اسلام اطلاعاتی در دست نیست و تنها اشاره به متونی است که از کاغذهای مرغوب و جلادار نقاشی‌های آیین مانی در دوره ساسانی یاد کرده‌اند. پوپ<sup>۱۵</sup> در کتاب *سیر و صور نقاشی ایران*، در توصیف کاغذهای زیبای کتب مانویان و مکتبی متأثر از آنان که تا سده چهارم/ دهم میلادی وجود داشت، بیان کرده است برخی از نقاشی‌ها علاوه بر پوست و کاغذ پوستی، بر روی کاغذ ابریشمی نیز بوده‌اند. همچنین در ادامه ذکر کرده است کاغذهای سفید کتاب‌های آنان بی‌همتا بوده<sup>۱۶</sup> و مرغوب‌ترین آنان، کاغذ ترکستان، از جنس کنف و اغلب با الیاف پنبه<sup>۱۷</sup> آمیخته بوده است. برای تحریر نیز از ابریشم<sup>۱۸</sup> و کاغذ پوستی استفاده می‌کرده‌اند (پوپ، ۱۳۷۸: ۲۸). معانی در مقاله «یک رساله نفیس و کهن‌سال هنری» که به بررسی نسخه‌ها پرداخته است، به نسخه‌ای به‌صورت مجموعه<sup>۱۹</sup> شش‌بخشی به خط نستعلیق اشاره می‌کند که مربوط به اواخر قرن نهم هجری/ پانزدهم میلادی است و بر کاغذ سمرقندی آهار مهره‌دار نگاشته شده است. رساله پنجم این مجموعه انواع کاغذ را بیان داشته است. او به نقل از این رساله، کاغذ مناطق بغداد، دمشق، آمل و سمرقند را به نازکی، لطافت و استحکام توصیف کرده است و سایر کاغذها را به سبب شکنندگی، پراکندن مرکب و نداشتن استحکام قابل قبول ندانسته است، به‌علاوه کاغذهایی را که کمتر رنگ شده‌اند، ترجیح داده است (معانی، ۱۳۴۱: ۲۸۹، ۲۹۲).

بکر<sup>۲۰</sup> نیز در بیان ویژگی کاغذهای شرقی نسبت به کاغذ مصری، ستبری، رنگ و تراکم کاغذها را بررسی کرده و بیان داشته است که کاغذسازان ایرانی در سده هشتم هجری/ چهاردهم میلادی کاغذهای یکدستی می‌ساختند که سایه

خمیر کاغذها می‌تواند نوع کاغذها و سایر ویژگی مربوط به آنان را بیان کند. وی علاوه بر بیان ویژگی کاغذها و خمیر آنان، روش‌های استاندارد فیزیکی و شیمیایی را در خصوص خمیر کاغذها ارزیابی کرده است. وی پالایش کردن الیاف را قبل از ساخت کاغذ مهم دانسته است؛ به طوری که این ویژگی قدرت الیاف را در پیوند برقرار کردن با سطح سایر الیاف افزایش می‌دهد و علاوه بر انعطاف‌پذیری الیاف، در خمیر کاغذها تراکم و غلظت الیاف را نیز کنترل می‌کند (Biermann, 1996: 137).

حسینی در کتاب *مرفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ* به بررسی الیاف در این گیاهان غیرچوبی پرداخته و برخی از روش‌های شناسایی آنان را بیان کرده است. او علاقه مهمی که در شناسایی گیاهان غیرچوبی مؤثرند، طول، پهنا، قطر حفره و علائم ریز ساختاری که در دیواره الیاف یا منتهی‌الیه آنان وجود دارد، بر می‌شمارد. همچنین لیگنین کم، مقدار سلولز مشابه، اما با پنتوزان بیشتر و خاکستر زیاد را برخی از مشخصات شیمیایی آنان می‌داند. به لحاظ مورفولوژیکی نیز پهنای هم‌اندازه با گیاهان چوبی، اما طول بیشتر را برای آنان بر شمرده است (حسینی، ۱۳۷۹: ۱۰۴، ۱۰۵). در بخشی از کتاب *تست‌های الیاف* که به بررسی مواد طبیعی و خام در بافته‌ها پرداخته است، آلبرشت و همکارانش ویژگی‌های هریک از الیاف طبیعی مانند پنبه، کتان، شاهدانه و رامی/گزنه<sup>۳۳</sup> را ارزیابی کرده‌اند و آنها را به سبب داشتن سلولز<sup>۳۴</sup>، آب‌دوست<sup>۳۵</sup>، جاذب و دافع رطوبت<sup>۳۶</sup> دانسته‌اند. برای مثال، در این کتاب فاکتورهایی مانند طول، خالص بودن، امتداد طول و قدرت کششی الیاف پنبه از موارد مهم کیفیت آن بر شمرده شده است (Albrecht et al., 2003: 18).

کوزلووسکی نیز در کتاب خود تحت عنوان *راهنمای الیاف طبیعی*، در ذکر مقدمه‌ای از تاریخچه بافته‌های الیاف طبیعی، آنان را حداقل به چهار هزار تا پنج هزار سال نسبت می‌دهد. او در میان این الیاف، کتان را از همه قدیمی‌تر می‌داند. وی در ادامه به بیان ویژگی مورفولوژی گیاهان غیرچوبی پرداخته و کیفیت الیاف را در بخش‌های مختلف گیاه و در مراحل مختلف رشد آن ارزیابی کرده است. برای مثال، در میان الیاف کتان، هنگامی که ساقه الیاف کتان در مرحله‌ای از رشد خود به رنگ سبز در می‌آید، دارای بیشترین طول است و زمانی که به مرحله زرد شدن می‌رسد، بیشترین ثمردهی را برای الیاف کتان دارد. در نهایت، وی ثابت کرده است که بهترین کیفیت الیاف کتان زمانی میان سبز و زرد شدن از مرحله رشد آن است که دارای الیاف نرم، با کیفیت و با مقدار لیگنین کمتری نسبت به مرحله زرد شدن است. او همچنین بیان می‌دارد که الیاف گیاهان غیرچوبی در مراحل مختلف رشد

را بیان می‌دارد و عنوان می‌کند در قرن ۱۵۱۴/۹۲۰ سلطان علی مشهدی بدون اشاره به نوع و منشأ کاغذها از کاغذهای ختایی و سمرقندی استفاده می‌کرده است. این نویسنده در باب فنون ساخت کاغذ به نقل از آنچه در *عمده‌الکتاب* آمده است، ماده اولیه مورد استفاده در آن را کتان بر می‌شمارد (پورتر، ۱۳۸۹: ۳۹، ۳۴).

## مهم‌ترین فاکتورها در شناسایی

### کاغذهای سلجوقی و تیموری

آنچه مطالعات تاریخی در نحوه ساخت و منابع کاغذسازی در دوره سلجوقی و تیموری و پیش از آن بیان کردند، گیاهان غیرچوبی<sup>۳۳</sup> یک‌ساله‌ای هستند که در ساخت کاغذها به کار می‌رفته‌اند. در این زمینه، منابع بسیاری از جمله کتاب‌ها، مقالات و اطلس‌های مختلف وجود دارد که به بررسی الیاف در گیاهان غیرچوبی پرداخته و ویژگی‌های بارز در این گیاهان را به عنوان معیار سنجش خود قرار داده‌اند. الیاف این گیاهان سهم عمده‌ای در کاغذسازی سنتی بر عهده داشته‌اند. این الیاف عموماً از گیاهان یک‌ساله‌ای همچون الیاف گیاهان تک‌لپه‌ای و دولپه‌ای به دست می‌آیند. الیاف تهیه شده از این گیاهان به چهار دسته: الیاف علفی<sup>۳۴</sup>، الیاف پوست<sup>۳۵</sup>، الیاف برگ<sup>۳۶</sup> و الیاف میوه<sup>۳۷</sup> تقسیم می‌شوند (Sisko and Pfaffli, 1995: 289; Isenberg, 1967: 164).

در مقایسه با الیاف گیاهان چوبی، این گیاهان دارای لیگنین کم، خاکستر زیاد، سلولز مشابه با الیاف چوبی، اما پنتوزان<sup>۳۸</sup> بیشترند و به همین دلیل، راحت‌تر و ارزان‌تر تبدیل به خمیر می‌شوند (حسینی، ۱۳۷۹: ۱۰۵). در اطلسی از الیاف تحت عنوان «اطلس شناسایی الیاف مورد استفاده در کاغذسازی»<sup>۳۹</sup> که در سال ۱۹۹۵ منتشر و ویژگی الیاف در آن بیان شده بود، الیاف گروه پوست (لیف نرم) از الیاف برگ (لیف سخت) را به واسطه ساختار شیمیایی‌شان تفکیک‌پذیر دانسته بود. نویسنده بیان داشته است که لیف‌های سخت دارای لیگنین سنگین‌تر و بیشتری در دیواره‌های الیاف خود هستند (مانند مقایسه بین شاهدانه<sup>۴۰</sup> و سیسال<sup>۴۱</sup>) و به این دلیل، سخت‌تر و انعطاف‌ناپذیرترند. همچنین وی بیان داشته است که در مقایسه الیاف گروه پوست، لیف‌های کنف و جوت<sup>۴۲</sup> کمتر از لیف‌های کتان و شاهدانه از انعطاف دارند (Sisko and Pfaffli, 1995: 294).

بیرمن در کتاب *راهنمای خمیرسازی و کاغذسازی* که روش‌های ساخت کاغذ را تشریح می‌کند، بیان داشته که الیاف ترکیبات پایه‌ای کاغذها هستند و ویژگی‌های این الیاف در

شاهدانه و جوت دارای تاب در جهت Z در سطح خود هستند (Bergfjord et al., 2010: 1192).

در سال ۲۰۱۴، هان و همکارانش در پژوهشی با نام «متشابه‌هایی به کتان، مشکلات شناسایی الیاف گیاهان باستانی» به بررسی ویژگی‌ها و صفات بارز الیاف گیاهی غیرچوبی پرداختند. آنان با استفاده از راهکارهای روشمند میکروسکوپی، الیاف گیاهان امروزی همچون کتان، گزنه و شاهدانه را بررسی کردند تا از این طریق، مشکلات مربوط به شناسایی الیاف گیاهی در بافته‌های به‌دست‌آمده از محوطه‌های باستانی را حل کنند. ارزیابی‌های آنان در نهایت نشان داد به‌واسطه ویژگی‌های بارزی همچون قطر مقطع عرضی، قطر لومن، برجستگی‌ها و خطوط مقطع بر روی الیاف، نمی‌توان به‌تنهایی برای شناسایی الیاف استفاده کرد. بنابراین، اگرچه ویژگی‌های منحصر به فرد الیاف که بسیار هم مختلف هستند، نمایش داده می‌شوند، اما الیافی وجود دارند که همه ویژگی‌ها و خصلت‌های دیگر گونه‌ها را دارند (Haugan et al., 2014: 951).

## کاربرد روش‌ها و ابزارها برای شناسایی الیاف

با استفاده از روش‌های دستگامی، میکروسکوپی و کاربرد معرف‌های شیمیایی می‌توان به تشخیص الیاف کاغذهای دوره سلجوقی و تیموری دست یافت. استفاده از معرف‌های شیمیایی از روش‌هایی است که لیه ناردی در کتاب خود با عنوان *راهنمای حفاظت، نگهداری و مرمت کاغذ* به آن اشاره کرده است. معمول‌ترین این معرف‌های رنگی همچون معرف هرزبرگ، گراف، فلوروگلوکوسینول، سلگر، یدید پتاسیم و... (Isenberg H, 1967: 225; 228: 231) است که امکان تشخیص ترکیبات فیبری کاغذ را فراهم می‌سازد. برای مثال، معرف هرزبرگ که همه الیاف را که از سلولز خالص هستند، به قرمز متمایل به قهوه‌ای تبدیل می‌کند. این معرف سلولز دارای لیگنین را به رنگ زرد درخشان در می‌آورد و خمیرهای شیمیایی را به رنگ آبی متمایل به بنفش تبدیل می‌سازد (لیه ناردی و همکاران، ۱۳۷۹: ۳۶، ۳۷). علاوه بر این، به‌وسیله میکروسکوپ نوری نیز می‌توان الیاف را شناسایی کرد؛ بدین صورت که پس از آماده‌سازی الیاف، با بزرگ‌نمایی‌های مختلف، ارزیابی می‌شوند و سپس با اطلس الیاف تطبیق داده می‌شوند. مبنای سنجشی که ایزنبرگ در کتاب خود به نام *خمیر و کاغذ میکروسکوپی* قرار داده است، مشاهده الیاف با میکروسکوپ‌های نوری عبوری است و علاوه بر اندازه‌گیری

خود دارای ویژگی‌ها و قابلیت‌های طبیعی و معینی هستند که به ضخامت، شدت کشش و نرمی آنان مربوط می‌شود (Kozlowski, 2012: 63; Pickering, 2009: 5,6; Houck, 2008: 13,15). خلوص الیاف نیز از دیگر موارد تأثیرگذار است که بررسی شده است. برای مثال، کتان پوست‌کنده طول بیشتر، نرم‌تر و تمیزتری از کتان پوست‌نشده (خام) دارد؛ در حالی که گیاه کتان پوست‌نشده دارای الیاف درهم‌وبرهم (نامنظم)، ناخالص و کوتاه است و این تفاوت در ویژگی‌های مورفولوژیکی الیاف کتان موجب تفاوت مقاومت در مواد ساخته‌شده از الیاف کتان دارد (Martin et al., 2014: 284). بنابراین، کاغذهای دست‌ساز و تهیه‌شده از این الیاف گیاهی غیرچوبی تحت‌الشعاع عوامل مذکور، خصوصیات و ویژگی‌های متفاوت به خود می‌گیرند.

نیک‌سرشت سیگارودی و همکارانش نیز در مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی مهم‌ترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی الیاف کاغذ»، داشتن فیبرهای غیرچوبی بلند و نوک‌تیز، دیواره‌های نوک‌تیز و تنوع شکلی پارانشیم‌ها<sup>۳۷</sup> در خمیر کاغذهای تهیه‌شده از گیاهان غیرچوبی را عاملی مهم در شناسایی آنها دانسته و به کم‌رنگ‌بودن بیومتری الیاف<sup>۳۸</sup> در شناسایی آنان اشاره کرده‌اند (نیک‌سرشت سیگارودی و دیگران، ۱۳۹۰: ۵۵۷، ۵۵۰). برای نمونه در پژوهشی مشترک، برگ‌فورد و هولتس بیان داشته‌اند که تمایز و شناسایی میان الیاف گروه پوست مانند گیاه کتان، کنف، شاهدانه و... حتی با بررسی میان ویژگی‌های ظاهری سطح الیاف، ترکیبات شیمیایی، اندازه و شکل مقطع عرضی آنان قطعی نیست؛ به این دلیل که ویژگی‌های ظاهری سطح گیاهان کتان، کنف، جوت و گزنه و رامی بسیار به هم شبیه‌اند. همچنین ترکیب شیمیایی الیاف پوست نیز به استثنای گیاه جوت که دارای لیگنین بیشتری است، مشابه هم‌اند. از طرفی شکل و اندازه مقطع عرضی در الیاف گروه پوست نیز قابل تفکیک از یکدیگر نیست. این محققان، وجود کریستال‌های اگزالات کلسیم ( $\text{CaC}_2\text{O}_4$ )<sup>۳۹</sup> را عامل مهم در شناسایی الیاف پوست برشمرده‌اند. بدین صورت که در ارزیابی آنان، الیاف گیاهان کتان فاقد این کریستال‌ها، الیاف گیاه رامی به‌صورت کریستال‌های خوشه‌ای، الیاف گیاه شاهدانه کریستال‌های خوشه‌ای و به‌ندرت تنها و الیاف گیاه جوت اغلب به‌صورت کریستال‌های تنها و به‌ندرت خوشه‌ای مشاهده شده‌اند. علاوه بر این، خطوط جهت‌دار در سطح الیاف از عوامل مؤثر دیگری هستند که در تشخیص الیاف گیاهان غیرچوبی از آن بهره گرفتند. آنان دریافتند الیاف گیاهان کتان و رامی دارای تاب در جهت S و الیاف گیاهان

تیموری از آن استفاده می‌شود. در پژوهشی که حاجی و همکارانش در سال ۲۰۱۵، در مقاله‌ای با عنوان «حفاظت از نسخ خطی ۱۵۰، ۲۰۰ و ۸۰۰ساله مراکشی با کاربرد آنالیزهای طیف بینی مادون قرمز، پراکنش اشعه ایکس و انرژی طیف‌سنجی میکروسکوپ الکترونی» بر روی حفاظت از دست‌نوشته‌های مراکشی انجام داده‌اند، از میکروسکوپ الکترونی روبشی برای تهیه تصاویری از مرفولوژی و ساختار سطحی الیاف کاغذ بهره گرفتند و با الحاق انرژی پراکنش اشعه ایکس<sup>۴۱</sup> ساختار مواد موجود در کاغذها را بررسی کردند. تصاویر حاصل از بررسی سطح الیاف در تحقیقاتشان نشان داد کاغذهای آنان دارای الیاف سلولزی بزرگی با پوششی از نقاط سفید هستند. همچنین آنالیز الحاقی انرژی اشعه ایکس نیز وجود آلوم، کائولین و کربنات کلسیم را در ساختار کاغذهای ۸۰۰ساله تصدیق کرد. برای تعیین فازهای عنصری، ساختمان کریستال‌ها و دیگر پارامترهای معدنی در کاغذها نیز آنالیز تفرق اشعه ایکس<sup>۴۲</sup> به کار گرفته شد. نتایج این آنالیز نیز وجود سولفات باریوم را به‌عنوان پرکننده اصلی در ساختار همه کاغذها نشان داد؛ در حالی که وجود کربنات کلسیم فقط در کاغذهای ۲۰۰ و ۱۵۰ساله وجود داشته است. علاوه بر این، از آنالیز دستگاهی تبدیل فوریه مادون قرمز<sup>۴۳</sup> برای شناسایی مواد آلی موجود در کاغذهای این نسخه خطی استفاده شد (Hajji et al., 2015: 1045, 1043, 1040).

بنتی و همکارانش نیز برای بررسی سطح کاغذهای حساس باستانی و به‌دست آوردن اطلاعات از آنان از دو روش طیف‌بینی دومین زمان پرواز یون گازی و طیف‌بینی فتوالکترون اشعه ایکس<sup>۴۴</sup> استفاده و در مقاله‌ای آن را منتشر کردند. آنچه روش طیف‌بینی یون گازی از بررسی کاغذها نشان داد، مرفولوژی سطح الیاف و آنالیز کاغذها و مواد تشکیل‌دهنده آنان بود که ژلاتین و آلوم به کاغذها افزوده شده بود. طیف‌بینی فتوالکترون اشعه ایکس نیز علائمی از تخریب الیاف سلولز را ظاهر کرده بود که از ژلاتین پوشیده‌نشده بودند (Benetti et al., 2011: 2142).

در سال ۲۰۱۳ نیز فانتی و همکارانش در مقاله‌ای با نام «تاریخ‌گذاری غیرتخریبی بافته‌های کتان باستانی به‌وسیله طیف‌بینی ارتعاشی»، بر پایه نوسانات و ارتعاشات طیف‌بینی به‌عنوان روشی غیرتخریبی برای تاریخ‌گذاری بر روی بافته تاریخی کتان استفاده کردند. آنان در پژوهش خود، علاوه بر تبدیل فوریه مادون قرمز از رامان<sup>۴۵</sup> نیز بهره گرفتند و بر مبنای ارتعاشات مولکولی به تاریخ‌گذاری آنان پرداختند (Fanti et al., 2013: 61). کاربرد روش پیکسی خارجی<sup>۴۶</sup> روش غیرتخریبی دیگری است که برای آنالیز کاغذها و

الیاف با معرف‌های شیمیایی، به شناسایی ساختاری و شیمیایی آنان نیز پرداخته است (Isenberg H, 1967: 161,175).

درباره کاغذهای تاریخی نیز در مقاله «نوشته‌ها، نقاشی‌ها و نگاره‌های دانگ هانگ: تشخیص مواد ساختاری و کاربردی نسخ خطی اولیه تبتی وابسته به مراسم مذهبی» که به آنالیز کاغذ و رنگدانه‌های دسته نوشته تبتی پرداخته است، وان چایک و همکارانش نوع کاغذهای این نسخه خطی را با استفاده از معرف هرزبرگ و بررسی‌های مورفولوژیکی بر روی الیاف خمیر کاغذهای آن از رامی و کنف تشخیص داده‌اند (Yum, 2008: 115,127; Van Schalk et al., 2015: 4; Durkin-Meisterenst, 2015: 114,116). علاوه بر این، خمسه در مقاله‌ای با نام «شناسایی روش‌هایی از الیاف‌شناسی کاغذ و مرمت پنج نمونه از اسناد بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی»، به شناسایی روش‌هایی از الیاف‌شناسی کاغذ و مرمت پنج نمونه از اسناد بقعه شیخ صفی‌الدین اردبیلی پرداخته است. او پس از کاربرد معرف‌های رنگی و تهیه تصاویر با میکروسکوپ نوری<sup>۴۰</sup> الیاف کنف و کتان را در طومارهای متعلق به قرن هفتم هجری/ سیزدهم میلادی شناسایی کرده است (خمسه، ۱۳۸۸: ۱۹۲، ۱۸۴). همچنین وی از روش‌های دیگری همچون کاربرد اشعه X، میکروسکوپ الکترونی روبشی، روش‌های جدید میکروسکوپ نیروی اتمی، استفاده از کاربرد خواص نوری، جذب اشعه زیر قرمز، بررسی ساختمان از نظر خواص عمومی فیزیکی الیاف و آنالیز کمی خمیر الیاف نام برده است. علاوه بر این، در اطلسی که توسط مؤسسه گیتی از الیاف کاغذ تهیه شده است، از میکروسکوپ‌های پلاریزان نیز استفاده شده است (McBride, 202: 44,51). میکروسکوپ‌های پلاریزان با توجه به تغییرات رنگی که توسط نور قطبیده‌شده اعمال می‌کنند، امکان بررسی سطح الیاف را نیز فراهم می‌سازند؛ به‌طوری که خطوط متقاطع، برجستگی‌ها و شکستگی‌ها در سطح الیاف که به تشخیص آنان منجر می‌شود، واضح‌تر از میکروسکوپ نوری دیده می‌شود.

(Isenberge H, 1967: 161,175; Durkin-Meisterenst, 2015: 2; Yum, 2008: 115-127; Haugan et al., 2014: 953; Bergfjord et al., 2010: 1192).

از طرفی، اغزالات کلسیم که مهم‌ترین فاکتور شناسایی در الیاف ذکر شد، به‌وسیله میکروسکوپ پلاریزان قابل رؤیت و شناسایی است (Bergfjord et al., 2010: 115,127; Yum, 2008: 1192).

استفاده از میکروسکوپ الکترونی از روش‌های دیگری است که برای بررسی سطح الیاف کاغذهای سلجوقی و

و دیگران، ۱۳۸۱: ۴۳۱). تمامی این روش‌ها در حوزه ساختارشناسی، نوع مواد متشکله کاغذها و نحوه کاغذسازی دوره سلجوقی و تیموری استفاده می‌شوند.

مرکب‌های قدیمی استفاده شده است. در این روش، کاغذهای قدیمی نسبت به کاغذهای جدید، دارای ناخالصی زیادتر و به خصوص میزان گوگرد زیاد هستند (لامعی رشتی

## نتیجه

آنالیزهای دستگاهی همچون میکروسکوپ‌های الکترونی، بررسی سطح الیاف را امکان‌پذیر ساخته است؛ به طوری که برای شناسایی سطح الیاف گیاهان پوست خطوط جهت‌دار در جهات  $s$  و  $z$  ارزیابی می‌شوند. همچنین این میکروسکوپ سطح کاغذهای تاریخی را به واسطه داشتن آهار و پوشش‌دهنده‌ها آشکار می‌کند. علاوه بر این، هنگامی که کاغذهای سلجوقی و تیموری تحت انرژی اشعه ایکس قرار می‌گیرند، وجود مواد معدنی در آنان تصدیق می‌شود.

از طرفی، برای بررسی مواد تشکیل‌دهنده کاغذهای سلجوقی و تیموری، آنالیزهای دیگری همچون تبدیل فوریه مادون قرمز وجود دارد که علاوه بر دستیابی به ساختار شیمیایی کاغذها، وجود مواد پرکننده در ساختار آنان را نیز آشکار می‌سازد. استفاده از روش‌های پیکسی خارجی و سایر آنالیزهای دستگاهی همچون پراش اشعه ایکس نیز از روش‌هایی است که در شناسایی ساختار و مواد متشکله کاغذهای سلجوقی و تیموری به کار می‌رود. بنابراین، تنها با اکتفا به منابع تاریخی، روش‌های تجربی و بر پایه ویژگی‌های ملموس و بصری، نمی‌توان به نوع کاغذها و مواد سازنده آنان دست یافت و به کارگیری روش‌های آزمایشگاهی در راستای ارزیابی مرفولوژیکی الیاف می‌تواند در شناسایی الیاف کاغذهای سلجوقی و تیموری مؤثر واقع شود.

نتایج مطالعات نشان داد که کاغذسازی در قرن چهارم (دهم میلادی) در ایران پدیدار شد و از نمونه‌های اولیه آن، کاغذ بغدادی و سمرقندی است. این کاغذها تا قرن یازدهم هجری قمری (هفده میلادی) نیز استفاده شده‌اند. بر اساس منابع تاریخی، کاغذ سمرقندی متشکل از کتان یا کنف بوده و در جایی به کاغذ خراسانی نیز معروف بوده است. بنابراین، عمده کاغذهای سلجوقی و تیموری از الیاف گیاهان گروه پوست تشکیل شدند که از گیاهان غیرچوبی و عمدتاً شامل الیاف گیاهی کتان، کنف و شاهدانه هستند. امروزه با بهره‌گیری از روش‌های شناسایی توسط معرف‌های شیمیایی و بررسی با میکروسکوپ‌های نوری و اندازه‌گیری طول و قطر الیاف، امکان تشخیص الیاف کاغذهای سلجوقی و تیموری فراهم شده است؛ اگرچه براساس پژوهش‌های محققان، مواردی از الیاف گیاهان تاریخی وجود دارند که امکان تشخیص در میان گروه الیاف پوست را دشوار کرده‌اند؛ خصوصاً میان الیاف گیاهان کتان، شاهدانه و رامی (گزنه) که تنها اکتفا به بیومتری الیاف نمی‌تواند آنان را از یکدیگر متمایز کند. بنابراین، فاکتورهای مهم دیگری از جمله کریستال‌های اگزالات کلسیم در الیاف گروه پوست وجود دارند که با کمک میکروسکوپ پلاریزان دیده می‌شوند و به شناسایی‌ها کمک می‌کنند. استفاده از

## پی‌نوشت‌ها

۸. استفاده از کاغذ در کتاب‌آرایی دوره اسلامی به شکل متعارف آن از اواخر سده دوم هجری در دنیای اسلام رواج پیدا کرد.
۹. گیاه کتان (*Lium usitatissimum*) یا Flax متعلق به خانواده *Linaceae* و بیش از پنج‌هزار سال پیش به کار می‌رفته است. طول الیاف حدود ۳۳mm و متوسط پهنای ۱۹µm و دارای انتهای مخروطی شکل است.
۱۰. گیاه کنف (*Hibiscus cannabinus*) گیاهی است یک‌ساله از تیره پنیرک (*Malvacea*) که مقطع عرضی ساقه این گیاه شبیه شاهدانه است. الیاف کنف، از قسمت زیرین لایه پوست ساقه و پس از خشک‌شدن برداشته می‌شوند. طول الیاف ۵mm و متوسط پهنای ۲۱µm است.
۱۱. میرعماد در *آداب‌المشوق*، نام دیگر این کاغذ را «سلطانی» آورده است.
۱۲. کاغذی براق‌تر و صاف‌تر از سیالکوتی با ضخامت کمتر و شبیه ترمه بخارایی است. این کاغذ در میان ایرانیان به مرغوبی شهرت داشته است.

۱. محققان داخلی همچون آژند، افشار، بابازاده، صفری آق قلع، عظیمی و...
۲. محققان خارجی همچون بکر، پورتر، دروش و ریشار، گرابر و...
۳. مسعودی مورخ و جغرافی‌دان بزرگ بغدادی اوایل قرن دهم میلادی / چهارم هجری قمری نقل می‌کند در نوشتن تاریخ پیش از اسلام، از تعدادی از رویدادهای ساسانی استفاده کرده است که در سال ۷۳۱/۱۱۲ق به عربی برگردانده شده بود.
۴. کاغذ ختایی، کاغذی ضخیم و درخشان که در نواحی ختای چین ساخته می‌شده است.
۵. کاغذ خان‌بالغ نامش را از نام پایتخت مغولان چین یعنی در خان بالغ (پکن چین امروزی) گرفته است.
۶. این نتیجه تحقیق به صورت تجربی برای تألیف فهرست نسخ خطی فارسی کتابخانه ملی فرانسه انجام شده است.

7. Renker Armin



۳۴. سلول، ترکیب آلی با فرمول (C6H10O5)n است که از اتصال صدها تا هزاران گلوکز به شکل خطی تشکیل شده است.
۳۵. هیدروفیلیک (Hydrophilic)، اصطلاحی است که به ترکیب شیمیایی آب‌گرا یا آب‌دوست اطلاق می‌شود؛ مانند کاغذ که آب را جذب می‌کند.
۳۶. هیگروسکوپیک (Hygroscopic)، انبساط و انقباض بر اثر جذب و دفع رطوبت است.
۳۷. پارانشیم بخش اعظم پیکر گیاهان علفی را تشکیل می‌دهد.
۳۸. بیومتری الیاف (Fiber Biometric, Fiber dimension) علمی است که به بررسی ویژگی‌هایی همچون طول، قطر و ضخامت دیواره الیاف می‌پردازد.
۳۹. آگزالات کلسیم از فراوان‌ترین و معمول‌ترین مواد معدنی نامحلول موجود در گیاهان و بسیاری از خانواده‌های گیاهی است.
۴۰. میکروسکوپ الکترونی روبشی یا Scanning Electron Microscope با نام مخفف SEM، ابزاری کارا و مفید با دامنه بزرگ‌نمایی پنج تا پانصد هزار برابر برای بررسی ساختاری و توپوگرافی سطحی مواد است. مکانیسم این دستگاه بر اساس واکنش متقابل پرتوهای الکترونی با مواد است.
۴۱. امروزه همراه با میکروسکوپ بخش آنالیز SEM برای دستیابی به ترکیب نقطه‌ای و بررسی کمی و کیفی ترکیب شیمیایی از آنالیز EDS استفاده می‌شود.
۴۲. طیف‌سنجی پراکنش پرتوی ایکس XRD، از روش‌هایی است که برای شناسایی مواد با ساختار بلوری به کار می‌رود.
۴۳. طیف‌سنجی مادون قرمز FT-IR، یکی از روش‌های آنالیز است که بیشتر برای شناسایی کیفی مواد آلی و برخی از مواد معدنی به کار می‌رود.
44. X-ray Photoelectron Spectroscopy [XPS]
۴۵. رامان یا Raman، از روش‌های دستگاهی است که به کمک تابش پراکنده شده از برخورد فوتون با مولکول، خواص مولکول را آشکار می‌کند.
۴۶. روش پیکسی (PIXE: Proton Induced X-Ray Emission)
- گسیل پرتوی ایکس بر اثر برانگیختگی با پروتون است. در روش پیکسی خارجی، باریکه ذرات از محیط خلأ به هوا منتقل می‌شود و نمونه تحت بمباران قرار می‌گیرد.

## منابع

- اژند، یعقوب (۱۳۸۷)، مکتب نگارگری هرات، تهران: انتشارات فرهنگستان هنر.
- افشار، ایرج (۱۳۹۰)، کاغذ در زندگی و فرهنگ ایرانی، تهران: میراث مکتوب.
- بابازاده، شهلا (۱۳۸۲)، «سیری در پیدایش کاغذ»، *مطالعات ملی کتابداری و سازمان‌دهی اطلاعات*، شماره ۵۵، ۹۱-۸۶.
- بحرالعلوم، فرانک (۱۳۹۲)، «مطالعات کاغذشناسی»، *کتاب ماه کلیات*، سال شانزدهم، شماره ۱۹۲، ۹۴-۸۸.
- بکر، دان (۱۳۸۰)، «یادداشتی درباره عبارت «کاغذ شرقی»»، برگردان محسن جعفری مذهب، *نامه بهارستان*، شماره ۴، ۱۹۹-۱۹۷.
- پوپ، آرتور اپهام (۱۳۷۸)، *سیر و صور نقاشی ایران*، ترجمه یعقوب اژند، چاپ اول، تهران: مولی.
- پورتر، ایو (۱۳۸۹)، *آداب و فنون نقاشی و کتاب‌آرایی*، ترجمه زینب رجبی، تهران: ترجمه و نشر آثار هنری «متن».
۱۳. از قرن نهم به بعد، در هندوستان ساخته می‌شده است. تردی، شکننده‌بودن و داشتن رنگ نخودی تیره از صفات این کاغذ است. احتمالاً کاغذ گجراتی نیز همین کاغذ باشد که از کاغذهای غیرمرغوب و ارزان بوده است.
14. Yues Porter  
15. Artor Pop
۱۶. پوپ در وصف کاغذهای ترکستان از boehmeria nivea سفید همچون برف و brussonetia از جنس کتان نام برده است: «هنوز هم نوشته‌هایشان در سده پنجم (یازدهم میلادی) در خزانه غزنه سلطان محمود موجود باشند».
۱۷. گیاه پنبه (*Gossypium herbaceum*) درختچه‌ای بومی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است. الیاف پنبه به دو صورت الیاف بلند صاف و پیچ‌خورده معروف به Lint و الیاف کوتاه‌تر (۲-۷mm) معروف به Linter تهیه می‌شوند که دارای دیواره سلولی ضعیف و استوانه‌ای هستند.
۱۸. ابریشم یکی از الیاف حیوانی طبیعی مهم است که تنوع بسیاری دارد.
۱۹. یک مجموعه به شماره ۲۴۵۹ موجود در کتابخانه مجلس شورای اسلامی دارای شش رساله (قسمت)، این مجموعه در قطع ۱۲ در ۱۶ سانتی‌متر در ۵۲ برگ و در هر سطر، ۲۰ خط وجود دارد.
۲۰. Don Baker مرمتگر کاغذ در مدرسه هنر و فنون کمبرول (Camberwell) که از سال ۱۹۸۱ شروع به جمع‌آوری اطلاعات درباره کاغذهای دست‌نوشته اسلامی می‌کند.
۲۱. رادرفورد گتنز (Rutherford J. Gettens) متخصص گالری هنر فری
22. Yves Porter
۲۳. گیاهان غیرجوبی به گیاهان یک‌ساله‌ای اطلاق می‌شود که گیاهانی همچون کتان، کنف، پنبه، رامی، شاهدانه، باگاس و... را در بر می‌گیرند.
24. Grass Fibers  
25. Bast Fibers  
26. Leaf Fibers  
27. Fruit Fiber
۲۸. پنتوزان (Pentosan) پلی ساکاریدی با فرمول مولکولی (C5H10O5)n است که در مواد گیاهی مثل سیوس گندم، پوسته الیاف و... فراوان است.
۲۹. اطلس «Fiber Atlas Identification of Papermaking Fibers» که در سال ۱۹۹۵ منتشر شد.
۳۰. شاهدانه نام معمول برای گیاهانی است که متعلق به جنس *Cannabis Sativa* هستند. میانگین بیشترین طول برای الیاف این گیاه ۲۵mm و پهنای ۲۵µm است. انتهای الیاف این گیاه مخروطی و غیرنافذ است.
۳۱. گیاه سیسال (Sisal) با نام علمی *Agave sisalana* از تیره *Agave* و جزء گیاهان گروه برگ است و برگ‌هایی به شکل شمشیری دارد. میانگین بیشترین طول برای الیاف این گیاه ۳mm و پهنای آن ۲۰µm است.
۳۲. گیاه جوت (Jute) با نام علمی *Corchorus capsularis*. طول الیاف ۲mm و متوسط پهنای ۲۰µm است. الیاف این گیاه کوتاه‌اند و دارای دیواره سلولی بسیار نازکی هستند.
۳۳. رامی (Rami) گیاهی وابسته به خانواده *Nettle* (با نام علمی *Urtica dioica*) است. جنس گیاه رامی با نام علمی *Boehmeria* است. طول الیاف حدود ۱۲۰mm و متوسط پهنای ۵۰µm و دارای انتهای گرد و پیچ‌خورده شبیه پنبه است.

نظری، فرهاد (۱۳۸۸)، «جواز و فن ساخت کاغذ سمرقندی»، گلستان هنر، شماره ۱۶، ۱۳-۸.

نیک‌سرشت سیگارودی و همکاران (۱۳۹۰)، «بررسی مهم‌ترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی الیاف کاغذ»، فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۶، شماره ۳، ۵۶۳-۵۴۵.

Albrecht, Wilhelm; Fuchs, Hilmar & Kittelmann, Walter (2003), *Nonwoven Fabrics: Raw Materials, Manufacture, Applications, Characteristics, Testing Processes*, Wiley-vch Verlag GmbH & Co, Weinheim.

Benetti, Francesca; Marchettini, Nadia & Atrei, Andrea (2011), TOF-SIMS and XPS study of ancient paper, *Applied Surface Science*, Vol. 257, 2142-2147.

Bergfjord, Christian & Holst, Bodil (2010), A procedure for identifying textile bast fibres using microscopy: Flax, Nettle/Ramie, Hemp and Jute, *Journal of Ultramicroscopy*, Vol. 110, 1192-1197.

Biermann, Christopher J (1996), Handbook of pulping and papermaking, *Department of forest products and for advanced materials research organ state University, Oregan*.

Durkin -Meisterenst, Desmond; Friedrich, Michael; Hahn, Oliver; Helman- Wazny, Agnieszka; Noller, Renate & Raschmann, Simone- Christiane (2015), Scientific methods for philological scholarship: Pigment and paper analyses in the field of manuscriptology, *Journal of cultural heritage*, Vol. 17, 7-13.

Fanti, Giulio; Baraldi, Pietro; Basso, Roberto & Tinti, Anna (2013), Non- destructive dating of ancient flax textiles by means of vibrational spectroscopy, *Vibrational Spectroscopy*, Vol. 67, 61-70.

Hajji, Latifa; Boukir, Abdellatif; Assouik, Jamal; Lakhiari, Hamid; Kerbal, Abdelali; Doumenq, Pierre; Mille, Gilbert & Luisa De Cavalho, Maria (2015), Conservation of moroccan manuscript paper aged 150, 200 and 800 years. Analysis by infrared spectroscopy (ATR-FTIR), x-ray diffraction (XRD), and scanning electron microscopy energy dispersive spectrometry (SEM-EDS), *Spectrochimica Acta part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, Vol. 136, 1038-1046.

Haug & Holts B (2014), Flax look-alikes: pitfalls of ancient plant fiber identification, *Archeometry*, Vol. 56, 951-960. Houck, Max M (2009), *Identify caution of textile fibers*, published in North America by CRC Press LLC The Textile Institute and Wood head publishing: volume 84, Boca Raton Boston New York Washington.

Isenberg, Irving H (1967), *Pulp and Paper Microscopy*, The Institute of Paper Chemistry, Second printing, Appleton, Wisconsin.

Kozlowski M., Ryszard (2012), *Handbook of natural fibres*, published by Wood head Publishing Limited in association with the Textile Institute: number 119, London.

Martin, Nicolas; Davies, Peter & Baley, Christophe (2014), Comparison of the properties of scutched Flax and Flax tow for composite material reinforcement, *Journal of Industrial Crops and Products*, Vol. 61, 284-292.

McBride, Claire (2002), *A Pigment Particle & Fiber Atlas for Paper Conservators*, Getty Trust Postgraduate Fellow, California.

Pickering, Kim L (2008), *Properties and performance of natural-fibre composites*, Boca Raton Boston New York Washington, DC: Wood head Publishing and Maney Publishing on behalf of The Institute of Materials, Minerals & Mining, Cambridge England.

Sisko, Marja & Pfaffli, Ilvessalo (1995), *Fiber Atlas Identification of Papermaking Fibers*, College of Environmental Science and Forestry Syracuse, New York.

Van Schaik, Sam; Helman- Wazny, Agnieszka & Noller, Renate (2015), Writing, painting and sketching at Dunhuang: assessing the materiality and function of early Tibetan manuscripts and ritual items, *Journal of Archaeological Science*, Vol. 53, 110-132.

Yum, Hyejung (2008), *Traditional Korean papermaking: history, techniques and materials*, Doctoral thesis, Northumbria University.

پورتر، ایو (۱۳۸۹)، «رساله بوقلمون در رنگ‌ها؛ ترجمه قدیمی بخش رنگ‌ها از کتاب عمده الکتاب از مترجمی ناشناخته (اواخر سده نهم و اوایل سده دهم ق)»، ترجمه نادر مطلبی کاشانی، مجله نامه بهارستان، سال یازدهم، دفتر ۱۷، ۳۰-۱۷.

تجویدی، علی اکبر (۱۳۵۲)، نگاهی به هنر نقاشی ایران از آغاز تا قرن دهم هجری، تهران: اداره کل انتشارات وزارت فرهنگ و هنر.

حسینی، سید ضیاء الدین (۱۳۷۹)، مرفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ، چاپ اول، گرگان: انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

خمسه، هایده (۱۳۸۸)، «شناسایی روش‌هایی از الیاف‌شناسی کاغذ و مرمت پنج نمونه از اسناد بقعه شیخ صفی الدین اردبیلی»، مجموعه مقالات هفتمین همایش حفاظت و مرمت اشیای تاریخی- فرهنگی، انتشارات پژوهشگاه سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری، چاپ اول، ۱۹۲-۱۸۴.

دروش، فرانسوا و ریشار، فرانسیس (۱۳۷۹)، «از پوست تا کاغذ، نکاتی در مورد چند نسخه خطی در خاورمیانه»، ترجمه جمیله دبیری، نامه بهارستان، شماره دوم، دفتر دوم، ۴۶-۳۷.

رهنورد، زهرا (۱۳۸۶)، تاریخ هنر ایران در دوره اسلامی «کتاب آرایه»، تهران: سازمان چاپ و انتشارات وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی.

صفری آق قلعه، علی (۱۳۹۰)، نسخه شناخت (پژوهشنامه نسخه‌شناسی نسخ خطی فارسی)، تهران: میراث مکتوب.

عظیمی، حبیب‌الله (۱۳۹۰)، «کاغذ در نسخه‌های خطی ایران - اسلامی»، مطالعات ملی کتابداری و سازمان‌دهی اطلاعات، شماره ۸۸، ۱۳۷-۱۲۱.

کاوسی، ولی‌الله (۱۳۸۹)، تیغ و تنبور هنر دوره تیموریان به روایت متون، چاپ اول، تهران: مؤسسه تألیف، ترجمه و نشر آثار هنری «متن».

کیانفر، جمشید (۱۳۷۶)، «هنر کتاب‌آرایی در عصر مغول»، مطالعات ملی کتابداری و سازمان‌دهی اطلاعات، شماره ۳۲، ۳۷-۲۳.

گیتنز، رادرفورد (۱۳۸۹)، «آزمایش‌های فنی اولیه بر روی رنگ‌های به کاررفته در نسخه خطی اندرزنامه [کاپوسنامه]»، ترجمه رؤیا بهادری، نامه بهارستان، سال یازدهم، شماره ۱۷، ۱۹۰-۱۸۱.

گرابر، اولک (۱۳۹۰)، مروری بر نگارگری ایران، تدوین مهرداد وحدتی دانشمند، تهران: مؤسسه تألیف، ترجمه و نشر آثار موزه‌های «متن».

گلچین معانی، احمد (۱۳۴۱)، «یک رساله نفیس و کهن‌سال هنری»، نشریه دانشکده ادبیات و علوم انسانی تبریز، شماره ۶۲، ۳۱۰-۲۸۷.

لامعی رشتی، محمد؛ اولیایی، پروین و شکوهی، فرح (۱۳۸۱)، «معرفی روش پیکسی خارجی در آنالیز مرکب و کاغذ قدیمی»، نامه بهارستان، شماره ۶، ۴۳۶-۴۳۱.

لیه ناردی، آن و فلیپ، وان دم (۱۳۷۹)، راهنمای حفاظت، نگهداری و مرمت کاغذ، چاپ دوم، مشهد: مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی.

مجیدی راد، عبدالحسین (۱۳۸۴)، شاهکارهای نگارگری ایران، چاپ اول، تهران: انتشارات موزه هنرهای معاصر تهران - مؤسسه توسعه هنرهای تجسمی.

نعمتی لیمایی، امیر (۱۳۸۵)، تاریخ آموزش و پرورش در روزگار فرمانروایی مغولان و تیموریان با نگاهی ویژه به پیشینه فرهنگی ایران، چاپ اول، سبزوار: امید مهر.