

## بررسی مهمترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی الیاف کاغذ

محمد رضا نیک‌سرشت سیگارودی<sup>۱</sup>، وحیدرضا صفدری<sup>۲\*</sup>، محمدجواد سپیده‌دم<sup>۳</sup> و سیدخلیل حسینی هاشمی<sup>۴</sup>

۱- کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، پست الکترونیک: Reza\_nik60@yahoo.com

۲- \* مسئول مکاتبات، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

پست الکترونیک: Vahid.safdari@gmail.com

۳- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۸۹

### چکیده

نحوه شناسایی الیاف کاغذ از جمله موارد بسیار مهم برای صنایع خمیرکاغذ و بسیاری از سازمان‌هاست. بنابراین در این پژوهش هدف این است تا ویژگی‌های آناتومیکی مؤثر در شناسایی الیاف کاغذ مورد بررسی قرارگیرد. پیش از شناسایی الیاف کاغذ، به منظور شناخت بهتر از ویژگی‌های آناتومی الیاف کاغذ، ویژگی‌های آناتومیکی الیاف گونه‌های سوزنی‌برگ، پهن‌برگ، و غیرچوبی مهم در صنایع کاغذسازی مورد مطالعه قرار گرفتند. سپس کاغذهای تولیدی ۳ کارخانه بسیار مهم کاغذسازی در ایران (۵ نوع کاغذ مختلف) که منابع اولیه بکار رفته در آنها منابع مخلوط جنگلی، خمیر وارداتی و کاغذهای باطله می‌باشد نمونه‌برداری و بررسی شد. از کاغذهای تولیدی مطابق با استاندارد (ISO 1990) ISO 9184-1، نمونه‌های لام آزمایشگاهی تهیه شد و از ویژگی‌های آناتومیکی مندرج در اطلس‌های معتبر آناتومی برای شناسایی الیاف گونه‌های چوبی و غیرچوبی در کاغذ کمک گرفته شد و در نهایت ویژگی‌های مهم آناتومیکی نیز ثبت گردید. نتایج نشان داد که شناسایی الیاف کاغذ کاملاً امکان‌پذیر می‌باشد. در شناسایی الیاف سوزنی‌برگان نوع پونکتواسیون‌های واقع در میدان تقاطع (کراس فیلد) و در الیاف پهن‌برگان، شکل آوندها، دریچه آوندی، پونکتواسیون بین آوند و اشعه و پونکتواسیون بین آوندی از مهمترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی بودند. پارانشیم‌ها و همچنین شکل و ویژگی بیومتری فیبرها در گونه‌های مختلف الیاف چوبی با یکدیگر شبیه بوده و به همین جهت در شناسایی مؤثر واقع نشدند. اما پارانشیم‌ها، آوندها و سلول‌های اپیدرمال در شناسایی الیاف غیرچوبی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار هستند.

واژه‌های کلیدی: ویژگی‌های آناتومیکی، شناسایی، الیاف کاغذ.

## مقدمه

شناسایی الیاف کاغذ بر خلاف چوب ماسیو به سبب تخریب بافت‌های گیاهی در فرایند تولید کاغذ (تحت تأثیر مواد شیمیایی، فشار و دما) و تجزیه ساختار سه بُعدی و حذف برخی از علائم آناتومیکی مؤثر در شناسایی عملی دشوار است. بسیاری از ویژگی‌های آناتومیکی مهم در شناسایی نظیر وجود یا عدم وجود مجاری مترشحه صمغی و نحوه‌ی گذر از چوب بهاره به تابستانه در سوزنی‌برگان، نحوه‌ی قرارگیری آوندهای چوب تابستانه در بُرش عرضی و شکل ظاهری اشعه چوبی در پهن‌برگان و دسته‌های چوب و آوند در گیاهان غیرچوبی و سایر علائم مؤثر آناتومیکی در شناسایی گونه‌ها، طی فرایند خمیر و کاغذ از بین می‌رود. شناسایی الیاف کاغذ برای کارخانجات تولیدکننده کاغذ که منابع اولیه تولید در آنها متفاوت (مخلوط منابع جنگلی، خمیرهای وارداتی و خصوصاً کاغذهای باطله) می‌باشد از اهمیت قابل توجهی برخوردار است تا به درستی نوع ماده اولیه مصرفی خود را شناسایی نمایند تا مدیریت بهتری را در تولید محصولات کاغذی اعمال کنند. البته شناسایی الیاف کاغذ صرفاً برای کارخانه‌های خمیرکاغذ و کاغذ اهمیت نداشته، بلکه در دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی جهت تحقیق و پژوهش، سازمان‌هایی نظیر میراث فرهنگی و موزه‌ها جهت شناسایی کاغذهای قدیمی، گمرگ کشور به منظور شناسایی الیاف کاغذ وارداتی و تطبیق آن با شناسنامه الصاق شده بر روی محصول، مؤسسه استاندارد به منظور تدوین یک روش مناسب در شناسایی الیاف خمیرکاغذ و کاغذ و آزمایشگاه کشف جرم اداره پلیس جهت شناسایی الیاف طبیعی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است.

فرایندهای مختلف تولید کاغذ نظیر فرایندهای مکانیکی، شیمیایی و نیمه شیمیایی اثرهای تخریبی متفاوتی بر روی الیاف گذاشته تا آنجا که الیاف خمیرکاغذهای مکانیکی به سبب حذف نشدن لیگنین، الیاف سالم‌تری نسبت به فرایندهای شیمیایی و نیمه شیمیایی دارند و به همین دلیل عملیات شناسایی در آنها به سبب تخریب کمتر ساده‌تر می‌باشد (استرلیس و کندی<sup>۱</sup>، ۱۹۶۷). البته تخریب و حذف علائم آناتومیکی فقط به نوع فرایند تولید خمیرکاغذ محدود نشده و سایر عملیات فرآوری نظیر پالایش، کوبیدن و رنگ‌بری نیز در تخریب الیاف تأثیرگذار است. به طور مثال با افزایش شدت پالایش، الیاف اغلب شکسته می‌شوند و پیدا کردن منافذ کراس فیلد یا پونکتواسیون‌های روی عناصر آوندی برای شناسایی نوع گونه‌های چوبی بسیار مشکل می‌شود (ایوسالو و پفالی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵).

در ایران به جزء تحقیقی که توسط حسینی (۱۳۷۹) بر روی ساختار آناتومیکی الیاف گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ مهم ایران انجام شده، دیگر تحقیقی در این خصوص در داخل کشور مشاهده نمی‌شود. اما از دیگر پژوهش‌های انجام شده در خارج از کشور، می‌توان به تحقیقات استرلیس و کندی (۱۹۶۷) اشاره کرد که گونه‌های تجاری مهم سوزنی‌برگ آمریکای شمالی را مورد بررسی قرار داده‌اند و علائم مهم آناتومیکی که در شناسایی اهمیت دارد را در قالب یک اطلس مصور به چاپ رسانده‌اند. هودلی<sup>۳</sup> (۱۹۹۰) به بررسی روش‌های جداسازی و شناسایی الیاف پهن‌برگان و سوزنی‌برگان در کاغذ پرداخت و مهم‌ترین اجزاء آناتومیکی که می‌تواند در

1 - Strelis, I. and Kennedy R.W

2 -Ilvessalo- Pfaffli, M-S

3- Hoadley

زبان گنجشک (*Fraxinus exelsior*) و نمدار (*Tilia spp.*) و گونه‌های غیرچوبی شامل گندم<sup>۳</sup>، برنج<sup>۴</sup>، ذرت<sup>۵</sup>، باگاس<sup>۶</sup> و کنف<sup>۷</sup>. خرده‌چوب‌ها مطابق با روش فرانکلین در مخلوط اسیداستیک و آب‌اکسیژنه به نسبت یک به یک به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۶۰°C در داخل لوله آزمایش قرار داده شده و پس از آنکه رنگ نمونه‌های داخل لوله آزمایش به سفید روشن تغییر نمود، نمونه‌ها از داخل لوله آزمایش تخلیه و با یک همزن مغناطیسی، عمل جداسازی الیاف انجام گردید (برزیر و فرانکلین<sup>۸</sup>، ۱۹۶۱). روش آماده‌سازی نمونه‌های میکروسکوپی مطابق با روش شواین گروبر و پارساژوه (۱۳۷۲) بود. اسلایدهای میکروسکوپی تهیه شده، توسط میکروسکوپ نوری نیکون مورد مطالعه قرار گرفتند.

### جمع‌آوری کاغذها

به منظور شناسایی الیاف کاغذهای تولیدشده در کارخانه‌های ایران از ۳ کارخانه مهم تولیدکننده کاغذ در ایران در سال ۱۳۸۷ مطابق با جدول ۱ نمونه‌برداری شد.

شناسایی هر یک از آنها مفید باشد را مورد بررسی قرار داد. وی پونکتواسیون‌های میدان تقاطع (کراس‌فیلد)<sup>۱</sup> و تراکئیدهای بهاره را در سوزنی‌برگان و نوع پونکتواسیون‌های دیواره‌آوندی و نوع دریچه‌آوندی را مهم‌ترین عوامل شناسایی در پهن‌برگان تشخیص داد.

آدامپلوس<sup>۲</sup> (۲۰۰۶) ۱۵ نوع کاغذکارتن (۷ عدد لاینر بور و ۸ عدد فلوتینگ) از کارخانه‌های مختلف کشور اسپانیا را جمع‌آوری و بعضی از الیاف به‌کاررفته در تولید کاغذ را تا حد جنس و بعضی دیگر را تا حد گونه شناسایی نمود. پرهام و گری (۱۹۹۰) و ایوسالو-پفافی (۱۹۹۵)، هر یک با تدوین یک جلد کتاب آناتومی مصور (اطلس)، ویژگی آناتومیکی الیاف گونه‌های مهم چوبی و غیرچوبی مورد استفاده در صنعت خمیرکاغذ جهان را بررسی نمودند. این تحقیق چند هدف عمده را در بردارد: ۱) آیا شناسایی الیاف کاغذ امکان‌پذیر است؟ ۲) کدام اجزاء آناتومی در گیاهان (پهن‌برگ، سوزنی‌برگ و غیرچوبی) مهمترین عامل شناسایی الیاف می‌باشد؟ ۳) آیا از طریق ویژگی‌های بیومتری (طول و قطرالیاف) می‌توان پی به نوع الیاف کاغذ برد؟

### مواد و روشها

قبل از شناسایی الیاف کاغذ، برای آشنایی با ساختار الیاف چوبی و غیرچوبی، ویژگی‌های آناتومیکی الیاف پهن‌برگان و غیرچوبی‌های بومی ایران و مهم در صنایع کاغذسازی مورد مطالعه قرار گرفتند. گونه‌های پهن‌برگ مورد مطالعه عبارت بودند از: صنوبر (*Populus spp.*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، راش (*Fagus orientalis*)، توسکا (*Alnus spp.*)، بلوط (*Quercus spp.*)

3 -Wheat  
4-Rice  
5-Corn  
6-Sugare cane  
7-Kenaf  
8- Brazier & Franklin

1- Cross field  
2- Adamopoulos

جدول ۱- مشخصات کاغذهای تولید شده سه کارخانه مهم کاغذسازی در ایران در سال ۱۳۸۷.

نام کارخانه	نوع کاغذ تولید شده	نوع فرایند	گراماژ (Gr/mm)	منابع مورد استفاده
	روزنامه	شیمیایی - مکانیکی (CMP)	۴۸ ± ۱	مخلوط منابع جنگلی و خمیر وارداتی
چوب و کاغذ مازندران	فلوتینگ	نیمه شیمیایی (NSSC)	۱۲۷ ± ۳	مخلوط منابع جنگلی و کاغذهای باطله بسته‌بندی
	چاپ و تحریر	شیمیایی - مکانیکی (CMP)	۷۰ ± ۲	مخلوط منابع جنگلی و خمیر وارداتی
لطیف	کاغذ بهداشتی	شیمیایی	۲۲-۲۴	خمیر وارداتی الیاف بلند و کوتاه و کاغذهای باطله اداری
چوکا	تست لاینر	OCC	۱۱۲-۱۶۰	به مقدار کم از مخلوط منابع جنگلی و کاغذ-های باطله بسته‌بندی

OCC: old corrugated container

#### آماده‌سازی نمونه جهت شناسایی الیاف

آماده‌سازی نمونه جهت شناسایی الیاف براساس استانداردهای (ISO 1990) ISO 9184-1 و ASTM (D 1030-95) و همچنین استاندارد (TAPPI ( T 401om-93) انجام گردید. بدین ترتیب برای هر یک از کاغذهای تولیدی (جدول ۱) لام‌های میکروسکوپی مطابق با استاندارد (ISO 9184-1 (1990-12-15) تهیه گردید. روش کار بدین صورت بود که از قسمت‌های مختلف کاغذهای تولید شده به مقدار (۲۵/۰ گرم) کاغذ پاره و جمع‌آوری شد. تکه کاغذهای جدا شده در داخل یک بشر حاوی آب مقطر یا هیدروکسید سدیم یک درصد به مدت ۳۰ دقیقه جوشانده شد و بعد آب داخل بشر تخلیه و الیاف نرم شده داخل آن توسط اسید کلریدریک دو درصد و آب مقطر شستشو و آنگاه فشرده و از آن یک گلوله کوچک خمیری شکل تهیه گردید. گلوله به داخل یک لوله آزمایش منتقل

شد و بعد به آن آب مقطر اضافه گردید و به شدت تکان داده شد تا الیاف در اثر فشار حاصل از یکدیگر باز شوند. در نهایت سوپانسیون تهیه شده تا حد ۰/۰۵ درصد (wt./vol) رقیق گردید. مطابق با استاندارد فوق تقریباً ۶۰۰ عدد الیاف بر روی هر لام میکروسکوپی قابل رویت خواهد بود. البته خارج از دستورالعمل استاندارد، تعدادی لام میکروسکوپی با غلظت دو برابر تهیه گردید تا شناسایی با حداکثر اطمینان صورت بگیرد. آنگاه مقدار ۱ میلی‌لیتر از سوپانسیون نمونه توسط یک پیپت بر روی لام‌های تمیز منتقل شد. مطابق با استاندارد، لام‌های میکروسکوپی باید بر روی صفحات داغ و یا هیترهای برقی (۶۰ - ۵۰ درجه سانتی گراد) قرار می‌گرفتند تا رطوبت آنها خشک گردد، و در حین خشک شدن الیاف باید با یک سوزن آزمایشگاهی از یکدیگر جدا می‌شدند. اما این عمل چندان موفقیت‌آمیز نبود و دما باعث می‌شد،

ویژگی‌های بیومتری الیاف شامل طول و قطر فیبر و همچنین طول و قطر آوندها مربوط به سه لام آزمایشگاهی بود که از طریق استاندارد (ISO 9184-1 (ISO 1990) تهیه گردید در یک جدول یادداشت‌برداری شد و بعد با بیومتری الیاف گونه‌های پهن‌برگ ایران مقایسه شد تا امکان استفاده از بیومتری الیاف در شناسایی آنها مورد بررسی قرار گیرد.

### نتایج

بر اساس نتایج بدست‌آمده، نوع منافذ پونکتواسیون بر روی پارانشیم عرضی و تعداد آن در میدان تقاطع (کراس‌فیلد) مهمترین ویژگی آناتومیکی بوده که در شناسایی سوزنی‌برگان مؤثر واقع شده است (جدول ۳). بر این اساس کاج‌ها تنها گونه‌ای هستند که دارای منافذ شبه پنجره‌ای و شبه کاجی می‌باشند و دوگونه پیسه‌آ و لاریکس دارای منافذ شبه پیسه‌آ هستند. کاج‌ها به سبب شباهت‌های ساختاری بسیار نزدیک به هم دارند، همانند دیگر محققان در ۶ گروه متفاوت مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت (پرهام و گری ۱۹۹۰، ۲؛ ایوسالو و پفافی، ۱۹۹۵؛ آدامپلوس، ۲۰۰۶). در کاغذهای مورد مطالعه این تحقیق از خانواده کاج‌ها، همه گروه‌ها به غیر از گروه *Strobus* و *Taeda*، با فراوانی متفاوت مورد مشاهده قرار گرفتند (جدول ۲). فراوانترین گونه کاج‌ها از گروه *Sylvestris* بوده که می‌توان از کاج جنگلی (*Pinus sylvestris*)، کاج رزی‌نوزا (*Pinus resinosa*) را نام برد (شکل ۱، الف و ب). گونه‌های صنوبر (*Populus spp.*)، ممرز (*Carpinus betulus*)، راش (*Fagus orientalis*)، توسکا (*Alnus spp.*) و غان (*Betula spp.*)

الیاف به یکدیگر چسبیده و شناسایی با مشکل مواجهه شود. از این رو به منظور اجتناب از این مشکل، لام‌های میکروسکوپی مرطوب و حاوی الیاف به مدت ۲۴ ساعت در هوای آزاد بر روی یک میز ثابت و تمیز گذاشته شد تا رطوبت آن به تدریج و تحت دمای محیط آزمایشگاه تبخیر گردد. پس از تبخیر رطوبت، الیاف کاغذ به شکل رسوب سفید رنگ بر روی شیشه‌ی لام قابل مشاهده بود. در این مرحله بر روی الیاف خشک شده چند قطره محلول رنگی سفرانین یک درصد چکانده و بر روی آن لامل (شیشه رویی) قرار داده شد. برای هر نمونه کاغذ تولیدی حداکثر ۳ تیمار و از هر تیمار ۸ عدد لام میکروسکوپی (۳ عدد غلیظ و ۵ عدد رقیق) در جمع (۱۲۰) عدد لام میکروسکوپی تهیه و در داخل کیف لام و لامل جاسازی شد. هدف از تهیه لام‌های رقیق علاوه بر شناسایی الیاف بیشتر عکسبرداری الیاف شناسایی شده بود. در لام‌های غلیظ به سبب اینکه الیاف به صورت متراکم بر روی هم قرار دارند برای عکسبرداری مناسب نیستند. لام‌های میکروسکوپی در زیر میکروسکوپ نوری دارای چشمی مجهز به خطوط متقاطع یا خط‌کش مدرج مورد مشاهده قرار گرفتند. لام‌های میکروسکوپی به صورت افقی و عمودی با کمک این خط‌کش‌های مدرج یا خطوط متقاطع مورد بررسی قرار گرفتند تا در هر بار مشاهده یک قسمت از لام، به صورت تکراری مورد بازبینی قرار نگیرد. میکروسکوپ همچنین مجهز به دوربین دیجیتالی سونی<sup>۱</sup> بوده و در هر قسمتی که الیاف مورد شناسایی از کیفیت خوبی برخوردار بود، از آن عکس تهیه گردید. بزرگنمایی مورد استفاده برای شناسایی و عکسبرداری در محدوده ۱۰۰ تا ۷۰۰ برابر بوده است.

2- Parham and Gray

1- Sony , Model No SSC-Dc50AP

د). نارون و آکاسیا از دیگر گونه‌هایی هستند که هر دو دارای آوندهای قطور و کوتاه هستند. تفاوت این دو گونه اخیر نوع منافذ پونکتواسیون بر روی دیواره آوندی است. درچه پونکتواسیون در نارون نسبت به آکاسیا کشیده‌تر و درشت تر می‌باشد (شکل ۳، الف و ب).

فراوانی الیاف غیرچوبی نسبت به گونه‌های چوبی (سوزنی‌برگان و پهن‌برگان) در کاغذهای مورد مطالعه کمتر بود به طوری که شکل فیبرهای غیرچوبی مستقیم، نوک‌تیز و بلند بوده و دیواره نسبتاً لاغری دارند. پارانشیم‌ها در غیرچوبی‌ها علاوه بر آوندها، از تنوع شکلی بالایی برخوردار بوده و از ویژگی‌های آناتومی مطلوب در شناسایی محسوب می‌شوند. الیاف غیرچوبی مشاهده شده در نمونه‌ها عمدتاً از گروه الیاف علفی<sup>۴</sup> نظیر کاه‌گندم، برنج و ذرت هستند (شکل ۴، الف، ب و ج). الیاف گندم، برنج و ذرت جزء گروه الیاف علفی بوده که تفاوت آناتومیکی آنها اغلب در نوع پارانشیم بوده که در جدول ۴ آمده است. سلول‌های اپیدرمال نیز از علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گروه الیاف علفی به‌خصوص کاه گندم بود. پنبه<sup>۵</sup> جزء گروه الیاف میوه<sup>۶</sup> بوده که در کارخانه لطیف به فراوانی مشاهده شد که علت آن را می‌توان به خمیر وارداتی این کارخانه نسبت داد. در کارخانه لطیف، بدلیل تخریب شدید پارانشیم‌ها در فرایند شیمیایی تفکیک نوع گونه الیاف غیرچوبی در گروه الیاف علفی امکانپذیر نبود. در گروه الیاف پوست<sup>۷</sup> امکان تفکیک گونه‌های غیرچوبی نظیر الیاف کتان<sup>۸</sup>، کف، کف بنگالی<sup>۹</sup>، جوت<sup>۱۰</sup> و غیره از

جزء فراوانترین گونه‌های پهن‌برگ شناسایی شده در الیاف کاغذ دو کارخانه چوب و کاغذ مازندران و چوکا بوده است (جدول ۲). در کاغذ تولیدی کارخانه لطیف فراوانترین گونه پهن‌برگ شناسایی شده آکاسیا<sup>۱</sup> بود، که دلیل آن مطابق با تحقیقات انجام شده نوع خمیر کاغذ وارداتی است که کارخانه تولید کننده به‌طور عمده از این گونه در تولید کاغذ استفاده می‌کند.

شکل آوندها، درچه‌های آوندی (ساده و نردبانی) و ضخامت ماریچی روی آوندها از مهمترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی و گروه‌بندی پهن‌برگان محسوب می‌شوند (جدول ۳). سایر ویژگی‌های آناتومی نظیر نوع پونکتواسیون بین آوندی، نوع پونکتواسیون بین آوند و اشعه و حضور یا عدم حضور تراکئید دور آوندی<sup>۲</sup> و تراکئید آوندی<sup>۳</sup> جزء سایر ویژگی‌های پُر اهمیت در شناسایی پهن‌برگان محسوب می‌شوند، که ارزش تشخیصی آنها کمتر از دسته اول (شکل آوندها، درچه‌های آوندی، ضخامت ماریچی روی آوندها) نمی‌باشد (جدول ۳). گونه‌های صنوبر و ممرز به دلیل داشتن منافذ درشت بیضوی بین آوند و اشعه به یکدیگر شبیه هستند. اما آوندهای ممرز طولی‌تر، اشعه آنها برخلاف صنوبر برجسته و چند ضلعی نبوده و همچنین از ضخامت‌های ماریچی بسیار ظریف برخوردارند (شکل ۲، الف و ه). دو گونه غان و توسکا به سبب برخورداری از درچه آوندی نردبانی و شکل پونکتواسیون‌ها جزء گونه‌های متشابه هستند که تفاوت این دو گونه را می‌توان در تعداد زیاد پونکتواسیون‌های ریز و بسیار نزدیک به هم بر روی دیواره آوندی غان نسبت به توسکا دانست (شکل ۲، ب و

4 - Grass fibers

5 - Cotton

6 - Fruit fibers

7 - Bast fibers

8 - Flax

9 - Sunn

10 - Jute

1- Acacia auriculiformis

2- Vasicentric tracheid

3- Vascular tracheid

(کراس فیلد) در سوزنی‌برگان، شکل آوند و پونکتواسیون‌های روی آن در پهن‌برگان و اشکال پارانشیم‌ها و آوندها در الیاف غیرچوبی به مراتب از ارزش تشخیصی بالاتری نسبت به بیومتری الیاف برخوردار است که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق آدامپلوس (۲۰۰۶) هم‌خوانی دارد. منافذ موجود بر روی تراکئید طولی و شکل تراکئید عرضی به سبب فراوانی کم و شباهت‌های بسیار نزدیک به یکدیگر در خانواده کاج‌ها چندان در شناسایی و تفکیک گونه‌ها از یکدیگر مؤثر واقع نشد، از این رو می‌توان نتیجه گرفت که ارزش شناسایی آنها به اندازه منافذ میدان تقاطع (کراس فیلد) نمی‌باشد. بر خلاف اینکه پارانشیم‌ها در الیاف چوبی از ارزش تشخیصی بالایی برخوردار نیستند اما در الیاف غیرچوبی به خصوص در گروه الیاف علفی از ویژگی‌های آناتومی مهم در شناسایی محسوب می‌شوند. در کارخانه لطیف، بدلیل اضمحلال شدید پارانشیم‌ها در فرایند شیمیایی، تفکیک نوع گونه الیاف غیرچوبی در گروه الیاف علفی امکانپذیر نبود، به طوری که می‌توان نتیجه گرفت نوع فرایند شیمیایی و شدت آن در تخریب بعضی از ویژگی‌های آناتومی نظیر پارانشیم نقش قابل توجهی دارد. در گروه الیاف پوست امکان تفکیک گونه‌های غیرچوبی نظیر نظیرالیاف کتان، کنف، کنف بنگالی، جوت و غیره وجود نداشت، به نحوی که آدامپلوس (۲۰۰۶) در تحقیقات خود نیز به همین نتیجه دست یافت.

یکدیگر وجود نداشت (شکل ۴، د). اما میان این گروه و سایر گروه‌های الیاف غیرچوبی تفاوت آناتومیکی که منجر به تشخیص آنها از یکدیگر شود، وجود داشت. ویژگی‌های بیومتری (طول، قطر فیبر و آوند) بسیاری از فیبرها با تحقیقات انجام شده توسط کمیته آیوآ<sup>۱</sup> (۱۹۸۹) مورد مقایسه قرار گرفت. اما محدوده وسیعی از گونه‌های چوبی دارای ویژگی‌های بیومتری مشابه بوده و در نتیجه از ویژگی بیومتری نمی‌توان در تفکیک و شناسایی الیاف استفاده نمود.

### بحث

مطابق با پژوهش انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که شناسایی الیاف بکار رفته در کاغذ کاملاً امکان‌پذیر است. هر چند احتمال دارد الیافی که به صورت ناچیز در ساخت کاغذ مورد استفاده قرار گرفتند، از دید شخص شناساگر پوشیده بماند، اما می‌توان استنباط نمود که این نوع الیاف به سبب فراوانی‌های بسیار کم چندان در ویژگی‌های کاغذهای تولیدی تأثیرگذار نیستند و عدم رؤیت آنها نمی‌تواند تأثیرات قابل توجهی در نتیجه اطلاعات اتخاذ شده داشته باشد. حضور الیاف سوزنی‌برگ، پهن‌برگ غیربومی و الیاف غیرچوبی در سه کارخانه مورد مطالعه را می‌توان به استفاده از خمیر کاغذهای وارداتی در فرایند تولید کاغذ نسبت داد. پدیده‌ای که در اثر تجارت جهانی خمیر کاغذ، کاغذ و چوب رخ داده است. شناسایی الیاف پهن‌برگ به سبب اینکه تنوع ساختار سلولی آنها نسبت به سوزنی‌برگان و حتی غیرچوبی‌ها بیشتر است، ساده‌تر می‌باشد. ویژگی‌هایی نظیر شکل پونکتواسیونهای میدان تقاطع

جدول ۲- مقدار فراوانی الیاف گونه‌های چوبی و غیرچوبی در کاغذهای تولید شده در سه کارخانه چوب و کاغذ مازندران، لطیف و چوکا

نام کارخانه	نوع کاغذ تولیدی	سوزنی برگ	پهن برگ	غیر چوبی
	روزنامه	<i>Pinus(sylvestris group(pinus sylvestris), ponderosa group (pinus pinaster))</i> <sup>+++</sup> <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Carpinusbetulus</i> <sup>++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Ulmus spp.</i> <sup>+</sup>	Grass fibers (Wheat , Rice) <sup>+</sup>
چوب و کاغذ مازندران	فلوتینگ	<i>Pinus(sylvestris group(pinus resinosa , pinus sylvestris ))</i> <sup>+++</sup> <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Carpinus betulus</i> <sup>++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Alnus spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Tilia spp.</i> <sup>+</sup> , <i>liquidambar styraciflua</i> <sup>+</sup> <i>Acacia auriculiformis</i> <sup>+</sup> , <i>Ulmus spp.</i> <sup>+</sup>	Grass fibers <sup>+</sup> (Wheat , Corn, Rice) <sup>+</sup>
	چاپ و تحریر	<i>Pinus(sylvestris group (pinus resinosa, pinus sylvestris))</i> <sup>+++</sup> , <i>Abies spp.</i> <sup>+</sup> ,	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Carpinus betulus</i> <sup>++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Alnus spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Betula spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Liquidambar styraciflua</i> <sup>+</sup>	Grass fibers (Wheat or Rice) <sup>+</sup> Fruit fibers(Cotton) <sup>+</sup>
لطیف	کاغذ بهداشتی	<i>Pinus(sylvestris group(pinus sylvestris), Halepensis group(pinus halepensis))</i> <sup>+++</sup> <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Acacia auriculiformis</i> <sup>+++</sup> , <i>Populus spp.</i> <sup>+</sup>	Fruit fibers (Cotton) <sup>+++</sup> Grass fibers <sup>+</sup>
چوکا	کرافت	<i>Pinus(sylvestris group(pinus sylvestris), kesiya group(pinus kesiya), ponderosa group (pinus ponderosa))</i> <sup>+++</sup> , <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Betula spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Alnus spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Carpinus betulus</i> <sup>++</sup>	(Grass fibers) (Wheat,Rice) <sup>+</sup> Bast fibers <sup>+</sup> (Fruit fibers) (cotton) <sup>+</sup>

<sup>+++</sup> فراوان . <sup>++</sup> متوسط . <sup>+</sup> کم



جدول ۳- علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌های چوبی (کلید شناسایی الیاف چوبی)

پهن برگان			سوزنی برگان			
شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	نوع گونه	شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	نوع گونه	گروه
۲- الف	دارای عناصر آوندی متوسط، طویل و کشیده با دریچه آوندی ساده همراه با منافذ پونکتواسیونی بزرگ، گرد تا بیضی شکل با آرایش متناوب بر روی آوند هستند.	<i>Populus spp.</i>	۱- الف	در ناحیه کراس- فیلد منافذ شبه پنجره‌ای که تعداد این منافذ ۲ تا ۴ منفذ می‌باشد. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	<i>Pinus sylvestris</i>	Sylveteris
۲- ه	تمام عناصر آوندی همراه با دریچه آوندی ساده و به شکل بیضی است. منافذ پونکتواسیون بر روی پارانشیم عرضی به شکل بیضی دیده می‌شود. ضخامت مارپیچی به شکل ضعیف بر روی دیواره آوند دیده می‌شود.	<i>arpinus betulus</i>	۱- ب	از خانواده کاج <i>Sylvestris</i> ، با منافذ شبه پنجره‌ای در ناحیه کراس-فیلد تراکئید که تعداد این منافذ ۲ تا ۶ منفذ می‌باشد. بسیار شبیه به <i>Pinus sylvestris</i> می‌باشد. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	<i>Pinus resinosa</i>	
۲- ج	دارای عناصر آوندی طویل با دریچه آوندی ساده یا گاهی عناصر آوندی کوچک با دریچه آوندی نردبانی با منافذ پونکتواسیون به تعداد کم بر روی دیواره آوند به شکل بیضی با آرایش متقابل تا متمایل به نرده‌ای است.	<i>Fagus orientalis</i>	۱- ج	از خانواده کاج <i>Halepensis</i> ، با ناحیه کراس-فیلد گسترده همراه با منافذ شبه کاجی بیضی شکل کوچک در ردیف افقی می‌باشد. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	<i>Pinus halepensis</i>	Halepensis

## ادامه جدول ۳- علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌های چوبی (کلید شناسایی الیاف چوبی)

پهن‌برگان			سوزنی‌برگان			
شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	نوع گونه	شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	نوع گونه	گروه
د-۲	دارای عناصر آوندی با طولهای متفاوت و طویل با دريچه آوندی نردبانی (تعداد پله ها ۱۲-۲۵) همراه با منافذ پونکتواسیونی بین آوندی با آرایش متناوب هستند. منافذ پونکتواسیون بر روی دیواره آوند خیلی کوچک هستند.	<i>Alnus</i> spp.	د-۱	از خانواده کاج <i>Ponderosa</i> ، با منافذ شبه کاجی در ناحیه کراس-فیلد تراکتید در گروه‌های منظم که تعداد این منافذ ۱ تا ۷ یا (۲-۵) منفذ می‌باشد. منافذ پونکتواسیون بین تراکتیدی در یک یا دو ردیف عمودی قرار گرفته است.	<i>Pinus ponderosa</i>	Ponderosa
ب-۲	دارای عناصر آوندی طویل با دريچه آوندی نردبانی (تعداد پله ها ۲۵-۵)، همراه با منافذ پونکتواسیونی بین آوندی با آرایش متناوب هستند. منافذ پونکتواسیون بر روی دیواره آوند خیلی ریز، فراوان و بسیار نزدیک هم هستند. وسکولار تراکتید در آن دیده می‌شود.	<i>Betula</i> spp.	ه-۱	از خانواده کاج <i>Ponderosa</i> ، با منافذ شبه کاجی بیضی شکل در ناحیه کراس-فیلد تراکتید چوب آغاز با آرایش افقی یا ضربدری که تعداد این منافذ ۲ تا ۵ منفذ می‌باشد. منافذ پونکتواسیونی بین تراکتیدی در یک ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	<i>Pinus pinaste</i>	

## ادامه جدول ۳- علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌های چوبی (کلید شناسایی الیاف چوبی)

پهن‌برگان			سوزنی‌برگان			
شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	نوع گونه	شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	نوع گونه	گروه
۳- الف	دارای عناصر آوندی با دریچه آوندی ساده همراه با منافذ پونکتواسیونی بیضی شکل با آرایش متناوب و فراوان هستند. ضخامت مارپیچی بر روی دیواره آوند دیده می‌شود. وسکولار تراکنید نیز در آن دیده می‌شود.	Ulmusspp.	۱- و	از خانواده کاج kesiya، با منافذ شبه پنجره‌ای کوچک و شبه کاجی در ناحیه کراس- فیلد تراکنید به تعداد (۱-۴) منفذ است. منافذ پونکتواسیونی بین تراکنیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	Pinus kesiya	Kesiya
۳- ب	دارای عناصر آوندی در اندازه و شکل‌های متفاوت با دریچه آوندی ساده همراه با منافذ پونکتواسیونی بسیار زیاد و کوچک بر روی دیواره آوند هستند.	Acaciaauriculiformis	۱- ی	نوع منافذ در ناحیه کراس- فیلد تراکنید شبه پیسه‌آ است. منافذ پونکتواسیونی بین تراکنیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	Picea or Larix	سایر سوزنی‌برگان
۳- د	دارای عناصر آوندی دراز با دریچه آوندی نردبانی (تعداد پله‌ها ۲۵-۱۵)، همراه با منافذ بین آوندی با آرایش متقابل و نردبانی هستند. ضخامت مارپیچی خیلی ضعیف بر روی دیواره آوند دیده می‌شود.	Liquidambarstyraciflua	۱- ز	نوع منافذ در ناحیه کراس- فیلد تراکنید شبه سرخداری است. منافذ پونکتواسیونی بین تراکنیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	Abies	

بررسی مهمترین ویژگی‌های آناتومی...

ادامه جدول ۳- علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه های چوبی (کلید شناسایی الیاف چوبی)

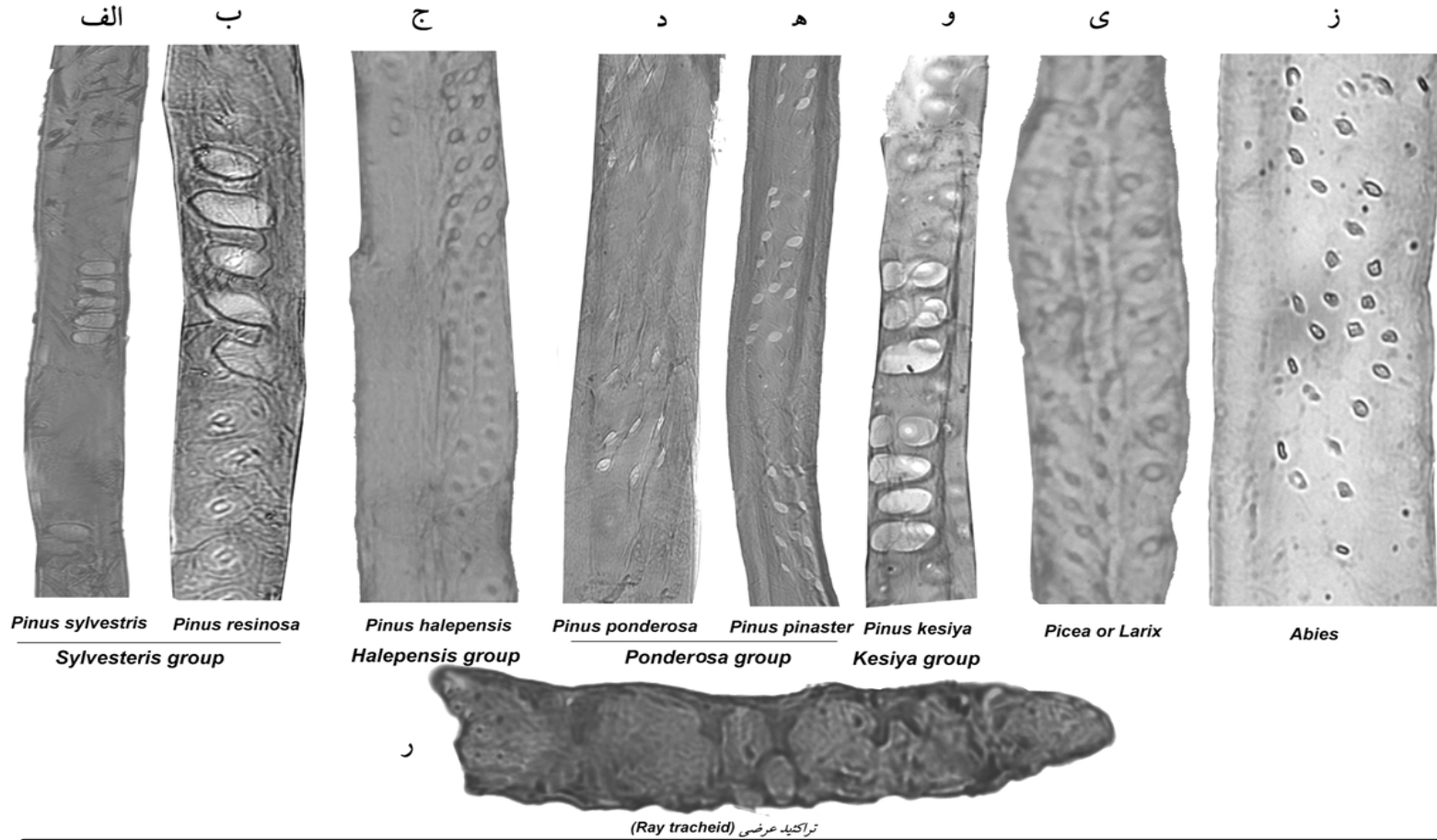
پهن برگان		سوزنی برگان	
شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها
شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها
ج-۳	دارای عناصر آوندی با دریچه آوندی ساده است. منافذ پونکتواسیون بر روی پارانشیم عرضی کوچک و بیضی است. ضخامت ماریپیچی بر روی دیواره آوند دیده می‌شود.	<i>Tiliasp.</i>	

جدول ۴- علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌های غیر چوبی (کلید شناسایی الیاف غیر چوبی)

غیر چوبی							
شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه ها	نوع گونه	گروه	شکل	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه ها	نوع گونه	گروه
د-۴	دارای عناصر آوندی همراه با انواع متفاوت منافذ پونکتواسیون بر روی آوند هستند. الیاف به حالت بندبند دیده می‌شود. ضخامت ماریپیچی بر روی دیواره آوند دیده می‌شود. گونه‌های این خانواده قابل تفکیک نیستند (ادامپولوس، ۲۰۰۶)	Flax orHemp orKee orSun orJute	Bast fibers	۴- الف	دارای سلولهای پارانشیمی بزرگ، مستطیلی شکل در اندازه و شکل‌های متفاوت با انتهای تاخورده هستند. عناصر آوندی همراه با منافذ پونکتواسیونی وضخامت ماریپیچی دیده می‌شود. سلولهای اپیدرمال بزرگ و به شکل منظم دیده می‌شود.	Wheat	
				۴- ج	دارای سلولهای پارانشیم خیلی ریز با اشکال متفاوت هستند. عناصر آوندی، کوچک با منافذ پونکتواسیونی بر روی آن دیده می‌شود. سلولهای اپیدرمال در اندازه‌های متفاوت و باریک دیده می‌شود.	Rice	Grass fibers
ه-۴	دارای الیاف بلند، پهن و به شکل پیچ در پیچ (ماریپیچ) هستند.	Cotton	Fruit fibers	۴- ب	دارای سلولهای پارانشیمی بزرگ و گرد هستند. عناصر آوندی با منافذ پونکتواسیونی بر روی آن دیده می‌شود. سلولهای اپیدرمال، کوچک و به شکل نامنظم دیده می‌شود.	Corn	

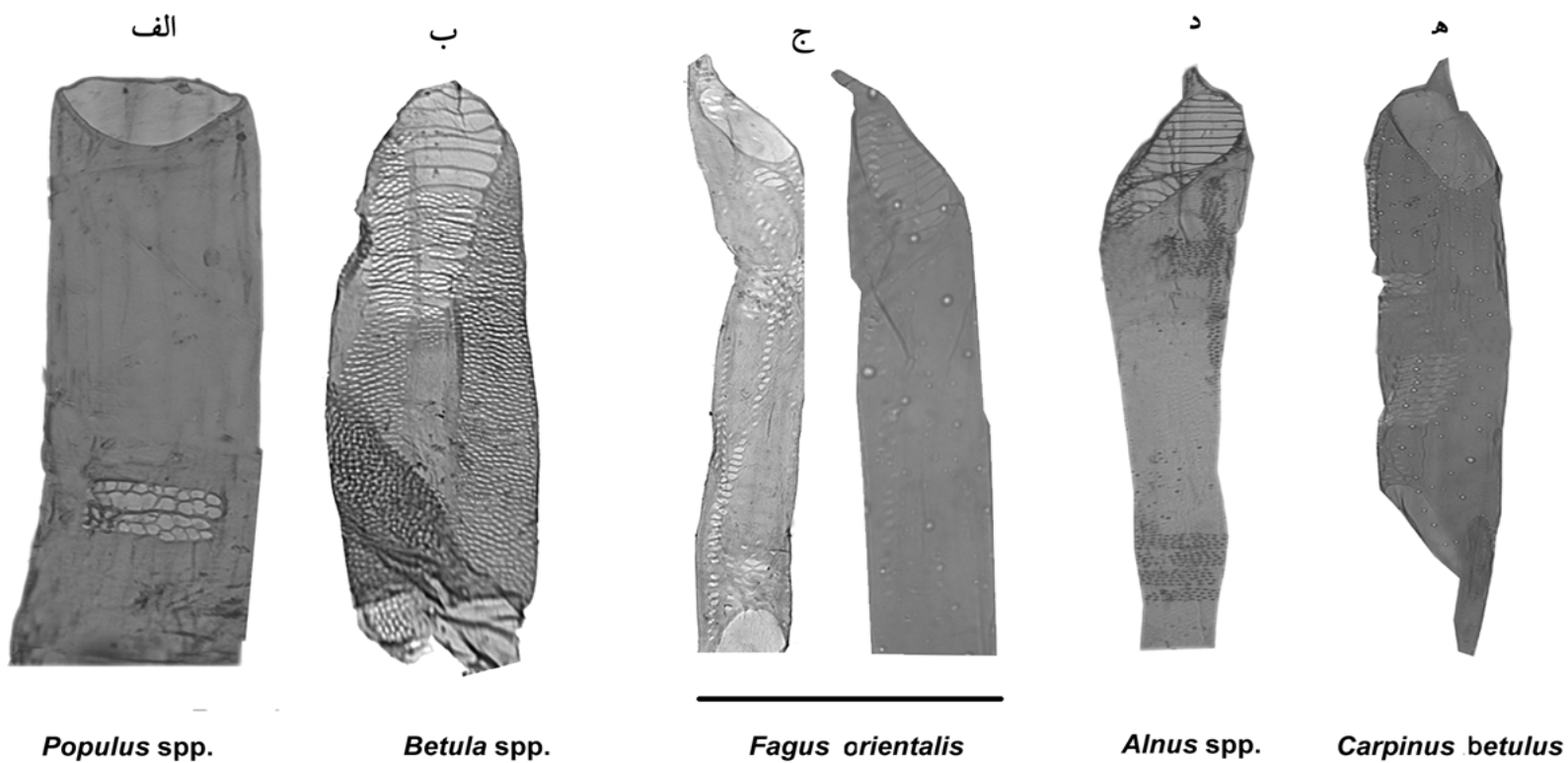
بررسی مهمترین ویژگی‌های آناتومی...

سوزنی برگان (Softwoods)



شکل (۱) الیاف گونه‌های سوزنی برگ شناسایی شده در کاغذ (برای توضیحات به جدول ۳ مراجعه شود).

## پهن برگان (Hardwoods)



شکل ۲) الیاف گونه های پهن برگ شناسایی شده در کاغذ (برای توضیحات به جدول ۳ مراجعه شود).

پهن برگان (Hardwoods)

الف



*Vascular tracheid*

*Ulmus* spp.

ب



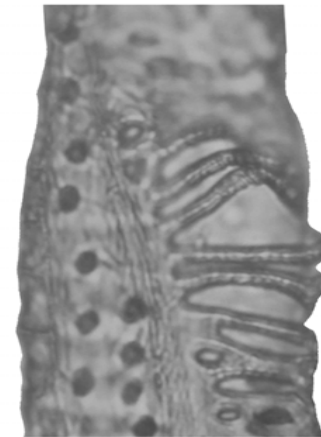
*Acacia auriculiformis*

ج



*Tilia* spp.

د

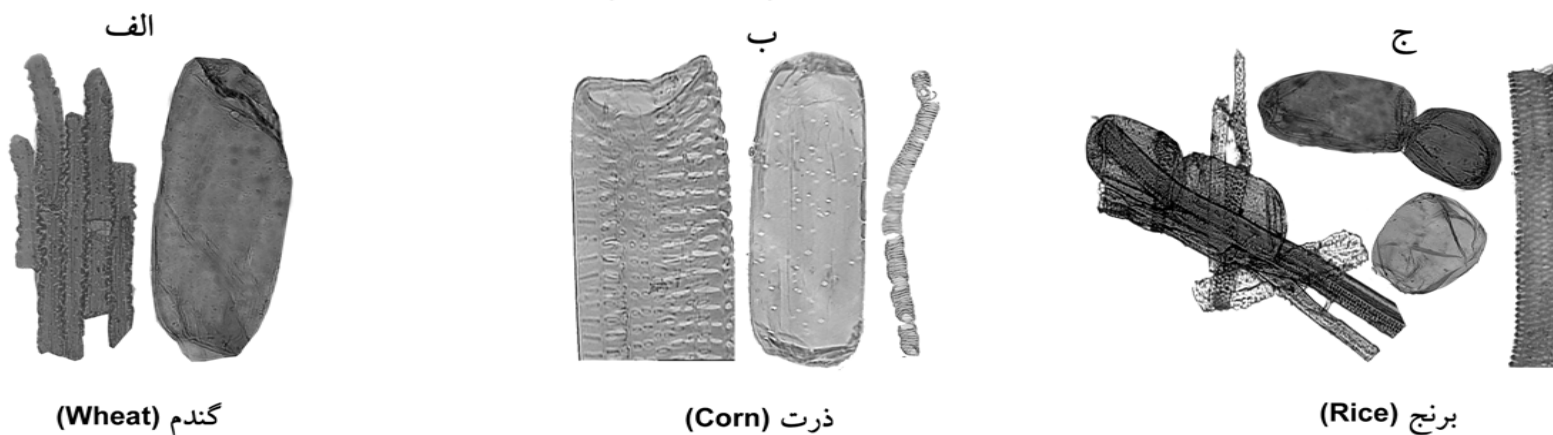


*Liquidambar styraciflua*

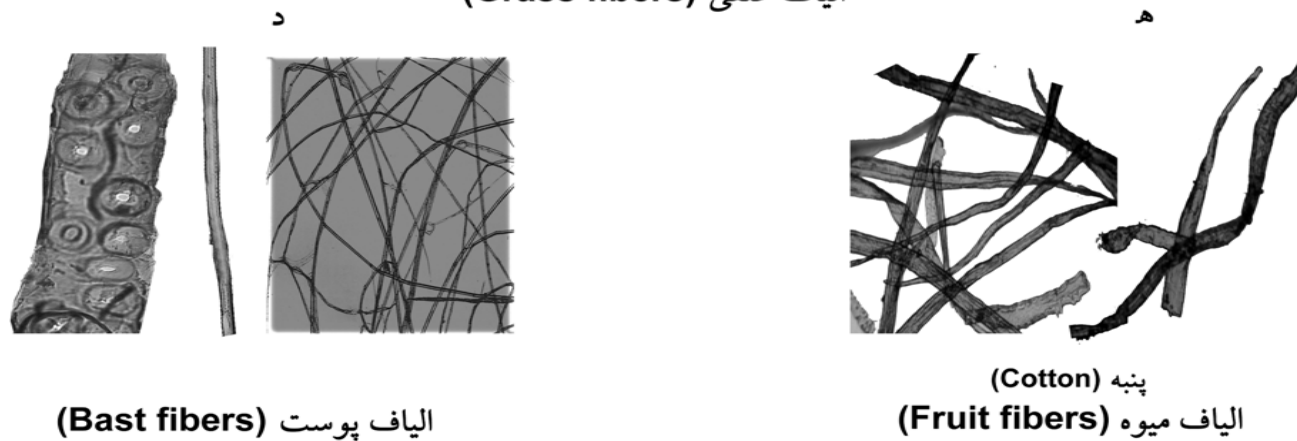
شکل ۳) الیاف گونه های پهن برگ شناسایی شده در کاغذ (برای توضیحات به جدول ۳ مراجعه شود).



غیر چوبی (Non-woods)



الیاف علفی (Grass fibers)



شکل ۴) الیاف گونه های غیر چوبی شناسایی شده در کاغذ (برای توضیحات به جدول ۴ مراجعه شود).

- ISO. 1990. ISO Standard 9184-1. Paper, board and pulps. Fiber furnish analysis. Part 1:General method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- IAWA Committee.1989.,IAWA list of microscopic features for hardwoods identification by an IAWA Committee .E.A. Wheeler,P.Baas&P.E.,Gasson(eds.)IAWA Bull.n.s.10:219-332.
- Ilvessalo-Pfaffli, M-S., 1995. Fiber atlas: Identification of papermaking fibers. Springer- Verlag,Berlin.
- Parham, R. A. , Gray, R. L., 1990. The practical identification of wood pulp fibers.Tappi Press USA.
- Strelis, I. and Kennedy, R. W.,1967. Identification of North American commercial pulpwoods and pulp fibers.University of Toronto Press, Toronto ,Canada.
- TAPPI. 2000. TAPPI standards and suggested methods, T 401om-93 .TAPPI press, Atlanta,Ga.

## منابع مورد استفاده

- پارسا پژوه، د.، و شواین گروبر، ف.ح.، ۱۳۷۲. اطلس چوبهای شمال ایران. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، 136 صفحه.
- حسینی، س.ض.، ۱۳۷۹. مرفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ۲۸۸ صفحه.
- Adamopoulos,S.,2006.Identification of Fiber Components in Packaging Grade Papers .IAWA Journal,27(2):153-172 .
- Brazier,J.&Franklin,G.L.,1961.Identification of hardwoods:a microscope Key.Prod.Res Bull.46.HMSO,London.
- Hoadley, R.B., 1990. Identifying wood: accurate results with simple tools. Taunton press,Newtown,CT.

## The most important anatomical characteristics in paper's components identification

Nikseresht, M.<sup>1</sup>, Safdari, V.<sup>2\*</sup>, Sepidehdam, M.<sup>3</sup>  
and Hosseini-hashemi, S.Kh.<sup>4</sup>

1-M.Sc., Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, karaj Branch.  
Email: Reza\_nik60@yahoo.com

2\*- Corresponding author, Assistant professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, karaj Branch. Email: vahid.safdari@gmail.com

3- Assistant professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, karaj Branch.

4- Assistant professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, karaj Branch.

Received: Sep., 2010

Accepted: April, 2011

### Abstract

Paper's components identification is important for pulp and paper mills and many organizations. In the present study we tried to identify paper fibers and introduce the most important anatomical characteristics which are effective in identification. First anatomical characteristics of wood and non-wood species which are important in pulp and paper industry were investigated. Then the papers of 3 important paper mills in Iran (totally 5 different papers) which their raw material include forest species, imported pulp and waste paper were sampled and examined. Many slides have been prepared according to ISO 9184-1 (ISO 1990) standard and valuable Atlases useful for identification of exotic species were reviewed. At the end important anatomical characteristics were recorded. Results showed that the fiber identification of papers is feasible. For softwoods identification, cross-field pits and for hardwoods, vessel shape, including, spiral thickening, perforation plate, inter-vessel pits and especially ray- vessels pits are the most crucial features for identification. Parenchyma, fiber biometric properties and fiber shape, in most species were similar and least effective in identification process. Epidermal cells, parenchyma and vessels were the most important anatomical feature for identification of non-woods.

**Key words:** Anatomical characteristics, identification, paper fibers