فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۶، شمارهٔ ۳، صفحهٔ ۵۶۳-۵۴۵، (۱۳۹۰)

بررسی مهمترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی الیاف کاغذ

محمدرضا نیک‌سرشت سیگارودی[۱]، وحیدرضا صفدری*[۲]، محمدجواد سپیده‌دم[۳] و سیدخلیل حسینی هاشمی[٤]

۱- کارشناس‌ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، پست‌الکترونیک: 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.
٤- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۰

چکیده

نحوهٔ شناسایی الیاف کاغذ ازجمله 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 گونه های 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، نحوهٔ قرارگیری آوندهای چوب تابستانه در بُرش عرضی و شکل ظاهری اشعه چوبی در پهن‌برگان و دستجه‌های 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 به‌درستی 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 وکاغذ 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 الیاف‌کاغذ 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[1]، ۱۹٦۷). 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 پفافلی[2]، ۱۹۹۵).

در ایران به‌جزء 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 (۱۹٦۷) 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[3](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

شناسایی هر یک از آنها مفید باشد را مورد بررسی قرار داد. وی پونکتواسیون‌های میدان تقاطع (کراس‌فیلد)[1] و تراکئیدهای بهاره را در سوزنی‌برگان و نوع پونکتواسیون‌های دیواره‌آوندی و نوع دریچه آوندی را مهم‌ترین عوامل شناسایی در پهن‌برگان تشخیص داد.

آدامپلوس[2] (۲۰۰۶) ۱۵ نوع کاغذکارتن (۷ عدد لاینر بورد 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-پفافلی (۱۹۹۵)، هر یک با تدوین یک جلد کتاب آناتومی مصور (اطلس)، ویژگی آناتومیکی الیاف گونه‌های مهم چوبی و غیرچوبی مورداستفاده 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.)، زبان‌گنجشک(*Fraxinus exelsior*) و نمدار(*Tilia* spp.) و گونه‌های غیرچوبی شامل کاه گندم[3]، برنج[4]، ذرت[5]، باگاس[6] و کنف[7]. 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[8]، ۱۹۶۱). روش آماده‌سازی نمونه‌های میکروسکوپی مطابق با روش شواین گروبر و پارساپژوه (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.

1- Cross field
2- Adamopoulos

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

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
چوب و کاغذ مازندران	روزنامه	شیمیایی –مکانیکی (CMP)	٤٨ ± ١	مخلوط منابع جنگلی و خمیروارداتی
	فلوتینگ	نیمه شیمیایی (NSSC)	١٢٧ ± ٣	مخلوط منابع جنگلی و کاغذهای باطله بسته‌بندی
	چاپ و تحریر	شیمیایی- مکانیکی (CMP)	٧٠ ± ٢	مخلوط منابع جنگلی و خمیروارداتی
لطیف	کاغذ بهداشتی	شیمیایی	٢٢-٢٤	خمیر وارداتی الیاف بلند و کوتاه و کاغذهای باطله اداری
چوکا	تست لاینر	OCC	١١٢-١٦٠	به‌مقدار کم ازمخلوط 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(۰/۲۵گرم) کاغذ پاره وجمع‌آوری شد. تکه کاغذهای جدا شده در داخل یک بشر حاوی آب‌مقطر 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 وآب‌مقطر 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 فشارحاصل از یکدیگر باز شوند. در نهایت سوپانسیون تهیه شده تاحد ۰/۰۵ درصد (wt./vol) رقیق گردید. مطابق با استاندارد فوق تقریباً ٦٠٠ عدد الیاف بر روی هر لام میکروسکوپی قابل روئت خواهد بود. البته خارج از دستورالعمل استاندارد، تعدادی لام میکروسکوپی با غلظت دو برابر تهیه گردید تا شناسایی با حداکثر اطمینان صورت بگیرد. آنگاه مقدار۱ میلی‌لیتر از سوسپانسیون نمونه توسط یک پیپت بر روی لام‌های تمیز منتقل شد. مطابق با استاندارد، لام‌های میکروسکوپی باید بر روی صفحات داغ و یا هیترهای برقی(٦٠ – ٥٠ 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،

الیاف به یکدیگر چسبیده و شناسایی با مشکل مواجه شود. ازاین‌رو 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 به‌تدریج 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 حداکثر۳ 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 به‌صورت افقی و عمودی با کمک این خط‌کش‌های مدرج یا خطوط متقاطع مورد بررسی قرار گرفتند تا در هر بار مشاهده یک قسمت از لام، به‌صورت تکراری مورد بازبینی قرار نگیرد. میکروسکوپ همچنین مجهز به دوربین دیجیتالی سونی[1] 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.

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 199o) ISO 9184-1 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

براساس 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 ٦ گروه متفاوت مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت(پرهام و گری ۱۹۹۰،۲؛ ایوسالو و پفافلی، ۱۹۹۵؛ آدامپلوس، ۲۰۰٦). در کاغذهای مورد مطالعه این تحقیق از خانوده 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.)

1- Sony , Model No SSC-Dc50AP

2- Parham and Gray

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[1] بود، که دلیل آن مطابق با تحقیقات انجام شده نوع خمیرکاغذ وارداتی است که کارخانه تولید کننده به‌طور عمده از این گونه در تولید کاغذ استفاده می‌کند.

شکل آوندها، دریچه‌های آوندی (ساده و نردبانی) و ضخامت مارپیچی 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[2] و تراکئید آوندی[3] جزء سایر ویژگی‌های پُر اهمیت در شناسایی پهن برگان محسوب می‌شوند، که ارزش تشخیصی آنها کمتر از دسته اول(شکل آوندها، دریچه‌های آوندی، ضخامت مارپیچی 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 طویل‌تر، اشعه آنها برخلاف صنوبر برجسته و چند ضلعی نبوده و همچنین از ضخامت‌های مارپیچی بسیار ظریف برخوردارند(شکل۲، الف و ه). دوگونه غان و توسکا به سبب برخورداری از دریچه 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 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. دریچه 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[4] نظیر کاه‌گندم، برنج و ذرت هستند(شکل ٤، 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 ٤ آمده است. سلول‌های اپیدرمال نیز از علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گروه الیاف علفی به‌خصوص کاه گندم بود. پنبه[5] جزء گروه الیاف میوه[6] 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[7] امکان تفکیک گونه‌های غیرچوبی نظیرالیاف کتان[8]،کنف، کنف بنگالی[9]، جوت[10] و غیره از

1- Acacia auriculiformis
2 -Vasicentric tracheid
3 -Vascular tracheid

4 -Grass fibers
5 -Cotton
6 -Fruit fibers
7- Bast fibers
8 -Flax
9 -Sunn
10 -Jute

یکدیگر وجود نداشت(شکل ٤، 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، قطرفیبر و آوند) بسیاری از فیبرها با تحقیقات انجام شده توسط کمیته آیووآ[1](۱۹۸۹) مورد مقایسه قرار گرفت. اما محدوده وسیعی از گونه‌های چوبی دارای ویژگی‌های بیومتری متشابه 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 به‌صورت 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 خمیرکاغذهای وارداتی در فرایند تولید کاغذ نسبت داد. پدیده‌ای که در اثر تجارت جهانی خمیرکاغذ، کاغذ و چوب رخ داده است. شناسایی الیاف پهن‌برگ به سبب اینکه تنوع ساختار سلولی آنها نسبت به سوزنی‌برگان و حتی غیرچوبی‌ها بیشتراست، ساده‌تر می‌باشد. ویژگی‌هایی نظیر شکل پونکتواسیونهای میدان تقاطع (کراس فیلد) درسوزنی‌برگان، 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 برخورداراست که نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق آدامپلوس (۲۰۰٦) 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 (کراس‌فیلد) نمی‌باشد. بر خلاف اینکه پارانشیم‌ها در الیاف چوبی از ارزش تشخیصی بالایی برخوردار نیستند اما در الیاف غیرچوبی به‌خصوص 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(۲۰۰٦) در تحقیقات خود نیز به همین نتیجه دست یافت.

1-IAWA Committee

جدول ۲- مقدار فراوانی الیاف گونه‌های چوبی وغیرچوبی در کاغذهای تولیده در سه کارخانه چوب و کاغذ مازندران، لطیف و چوکا

نام کارخانه	نـــوع کاغـــذ تولیدی	گونه‌های شناسایی شده ومقدار فراوانی آنها در کاغذهای نمونه‌برداری شده		
		سوزنی‌برگ	پهن برگ	غیرچوبی
چوب و کاغذ مازندران	روزنامه	*Pinus(sylvestris group(pinus sylvestris), ponderosa group (pinus pinaster))*$^{+++}$ *Picea spp.*$^{+}$ *or Larix spp.*$^{+}$	*Populus* spp.$^{+++}$, *Carpinusbetulus*$^{++}$, *Fagus orientalis* $^{++}$, *Ulmus* spp.$^{+}$	Grass fibers (Wheat , Rice) $^{+}$
	فلوتینگ	*Pinus(sylvestris group(pinus resinosa , pinus sylvestris))*$^{+++}$ *Picea* spp.$^{+}$ *or Larix* spp.$^{+}$	*Populus* spp. $^{+++}$, *Carpinus betulus*$^{++}$, *Fagus orientalis*$^{++}$, *Alnus* spp.$^{++}$, *Tilia* spp.$^{+}$, *liquidambar styraciflua*$^{+}$ *Acacia auriculiformis*$^{+}$, *Ulmus* spp. $^{+}$	Grass fibers $^{+}$ (Wheat , Corn, Rice) $^{+}$
	چاپ و تحریر	*Pinus(sylvesris group (pinus resinosa, pinus sylvestris))* $^{+++}$, *Abies* spp.$^{+}$,	*Populus* spp. $^{+++}$, *Carpinus betulus*$^{++}$, *Fagus orientalis*$^{++}$, *Alnus* spp.$^{++}$, *Betula* spp. $^{++}$, *Liquidambar styraciflua*$^{+}$	Grass fibers (Wheat or Rice) + Fruit fibers(Cotton) +
لطیف	کاغذ بهداشتی	*Pinus(sylvestris group(pinus sylvestris), Halepensis group(pinus halepensis))*$^{+++}$ *Picea* spp.+ *or Larix* spp.$^{+}$	*Acacia auriculiformis*$^{+++}$, *Populus* spp.$^{+}$	Fruit fibers (Cotton) $^{+++}$ Grass fibers^{+}
چوکا	کرافت	*Pinus(sylvestris group(pinus sylvestris), kesiya group(pinus kesiya), ponderosa group (pinus ponderosa))*$^{+++}$, *Picea* spp.+ *or Larix* spp.+	*Populus* spp.$^{+++}$, *Betula* spp.$^{+++}$, *Alnus* spp.$^{++}$, *Fagus orientalis*$^{++}$, *Carpinus betulus* $^{++}$	(Grass fibers) (Wheat,Rice) $^{+}$ Bast fibers^{+} (Fruit fibers) (cotton) $^{+}$

$^{+++}$ فراوان . $^{++}$متوسط . $^{+}$کم

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

سوزنی‌برگان				پهن‌برگان			
گروه	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل
Sylveteris	*Piuus sylvestris*	در ناحیه کراس- فیلد منافذ شبه پنجره‌ای که تعداد این منافذ ۲ تا٤ منفذ می‌باشد. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	۱- الف	*Populus* spp.	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.	۲- الف
	Pinus resinosa	از خانواده کاج Sylvestris، با منافذ شبه پنجره‌ای در ناحیه کراس-فیلد تراکئید که تعداد این منافذ ۲ تا ٦ منفذ می‌باشد. بسیار شبیه به Piuus sylvestris می‌باشد. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	۱- ب	*arpinus betulus*	تمام عناصر آوندی همراه با دریچه آوندی ساده وبه شکل بیضوی است. منافذ پونکتواسیون بر روی پارانشیم عرضی به شکل بیضی دیده می‌شود.ضخامت مارپیچی به شکل ضعیف بر روی دیواره آوند دیده می‌شود.	۲- ه
Halepensis	*Pinus halepensis*	از خانواده کاج Halepensis ، با ناحیه کراس-فیلد گسترده همراه با منافذ شبه کاجی بیضی شکل کوچک در ردیف افقی می باشد.منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	۱- ج	*Fagus orientalis*	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 بیضوی با آرایش متقابل تا متمایل به نرده‌ای است.	۲- ج

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

سوزنی‌برگان				پهن‌برگان			
گروه	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل
Ponderosa	*Pinus ponderosa*	از خانواده کاج Ponderosa، با منافذ شبه کاجی درناحیه کراس- فیلدتراکئید در گروه‌های منظم که تعداد این منافذ ۱تا ۷ یا(۲-۵) منفذ می‌باشد. منافذ پونکتواسیون بین تراکئیدی در یک یا دو ردیف عمودی قرار گرفته است.	۱- د	*Alnus*spp.	دارای عناصر آوندی با طولهای متفاوت و طویل با دریچه آوندی نردبانی(تعداد پله ها ۲۵-۱۲) همراه با منافذ پونکتواسیونی بین آوندی با آرایش متناوب هستند. منافذ پونکتواسیون بر روی دیواره آوند خیلی کوچک هستند.	۲- د
	Pinus pinaste	از خانواده کاج Ponderosa، با منافذ شبه کاجی بیضی شکل در ناحیه کراس- فیلد تراکئید چوب آغاز با آرایش افقی یا ضربدری که تعداد این منافذ۲ تا ۵ منفذ می‌باشد. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	۱- ه	*Betula*spp.	دارای عناصر آوندی طویل با دریچه 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 تراکئید در آن دیده می‌شود.	۲- ب

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

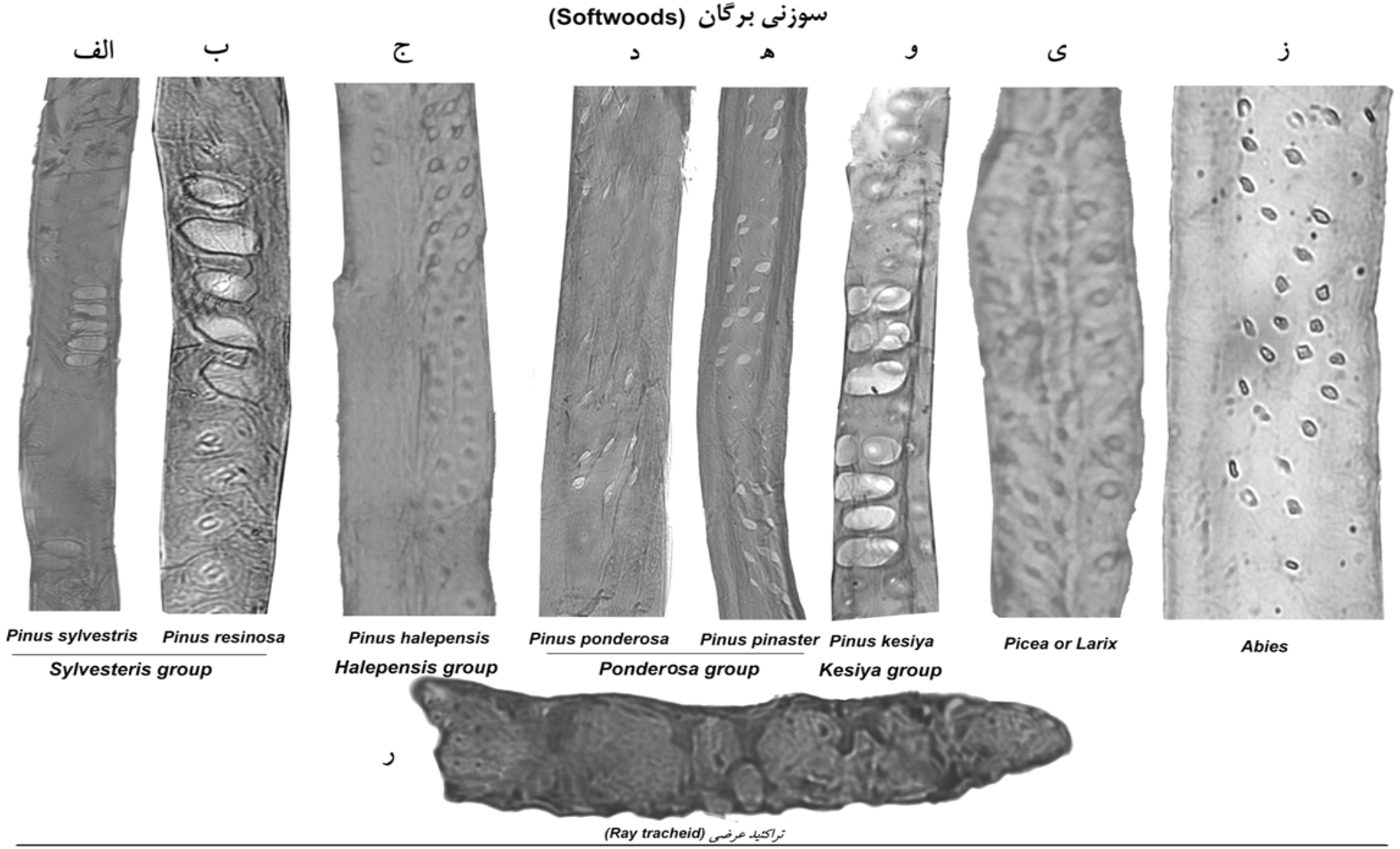
	سوزنی‌برگان			پهن‌برگان		
گروه	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل
Kesiya	Pinus kesiya	از خانواده کاج kesiya، با منافذ شبه پنجره‌ای کوچک و شبه کاجی در ناحیه کراس- فیلد تراکئید به تعداد(۱-٤) منفذ است. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	۱- و	Ulmusspp.	دارای عناصرآوندی با دریچه آوندی ساده همراه با منافذ پونکتواسیونی بیضی شکل با آرایش متناوب و فراوان هستند. ضخامت مارپیچی بر روی دیواره آوند دیده می شود. وسکولار تراکئید نیز در آن دیده می شود.	۳- الف
سایرسوزنی‌برگان	Picea or Larix	نوع منافذ در ناحیه کراس- فیلد تراکئید شبه پیسهآ است. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	۱- ی	Acaciaauriculiformis	دارای عناصر آوندی در اندازه وشکل‌های متفاوت با دریچه آوندی ساده همراه با منافذ پونکتواسیونی بسیار زیاد و کوچک بر روی دیواره آوند هستند.	۳- ب
	Abies	نوع منافذ در ناحیه کراس- فیلد تراکئید شبه سرخداری است. منافذ پونکتواسیونی بین تراکئیدی در یک یا دو ردیف به صورت عمودی قرار گرفته است.	۱- ز	Liquidambarstyraciflua	دار ای عناصر آوندی دراز با دریچه آوندی نردبانی(تعداد پله ها ۲۵- ۱۵)، همراه با منافذ بین آوندی با آرایش متقابل ونردبانی هستند. ضخامت مارپیچی خیلی ضعیف برروی دیواره آوند دیده می‌شود.	۳- د

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

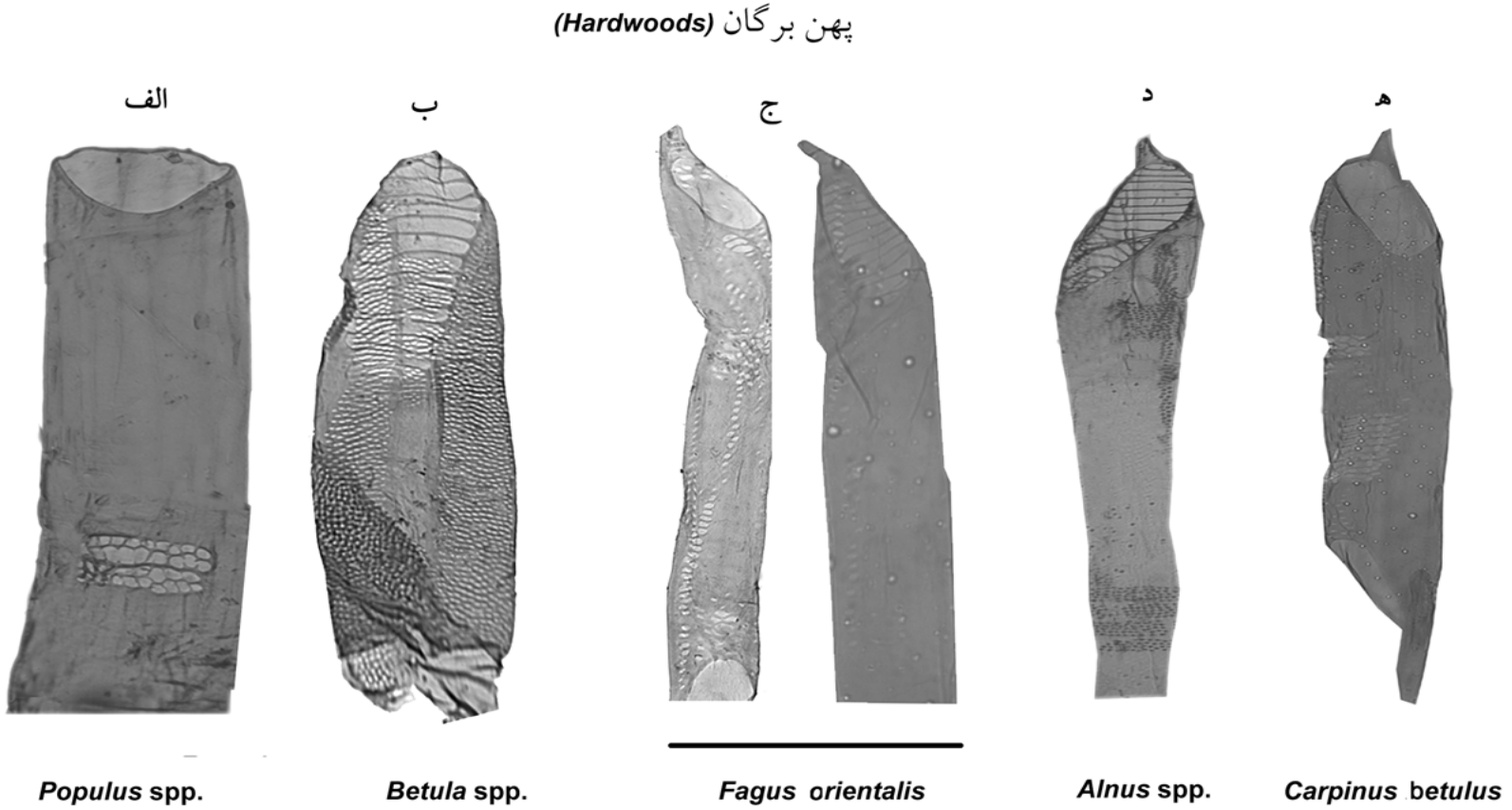
سوزنی‌برگان			پهن‌برگان		
گروه	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌ها	شکل
				*Tilia*spp.	دارای عناصر آوندی با دریچه آوندی ساده است. منافذ پونکتواسیون بر روی پارانشیم عرضی کوچک و بیضی است. ضخامت مارپیچی بر روی دیواره آوند دیده می‌شود.	۳- ج

جدول٤- علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه‌های غیرچوبی (کلید شناسایی الیاف غیرچوبی)

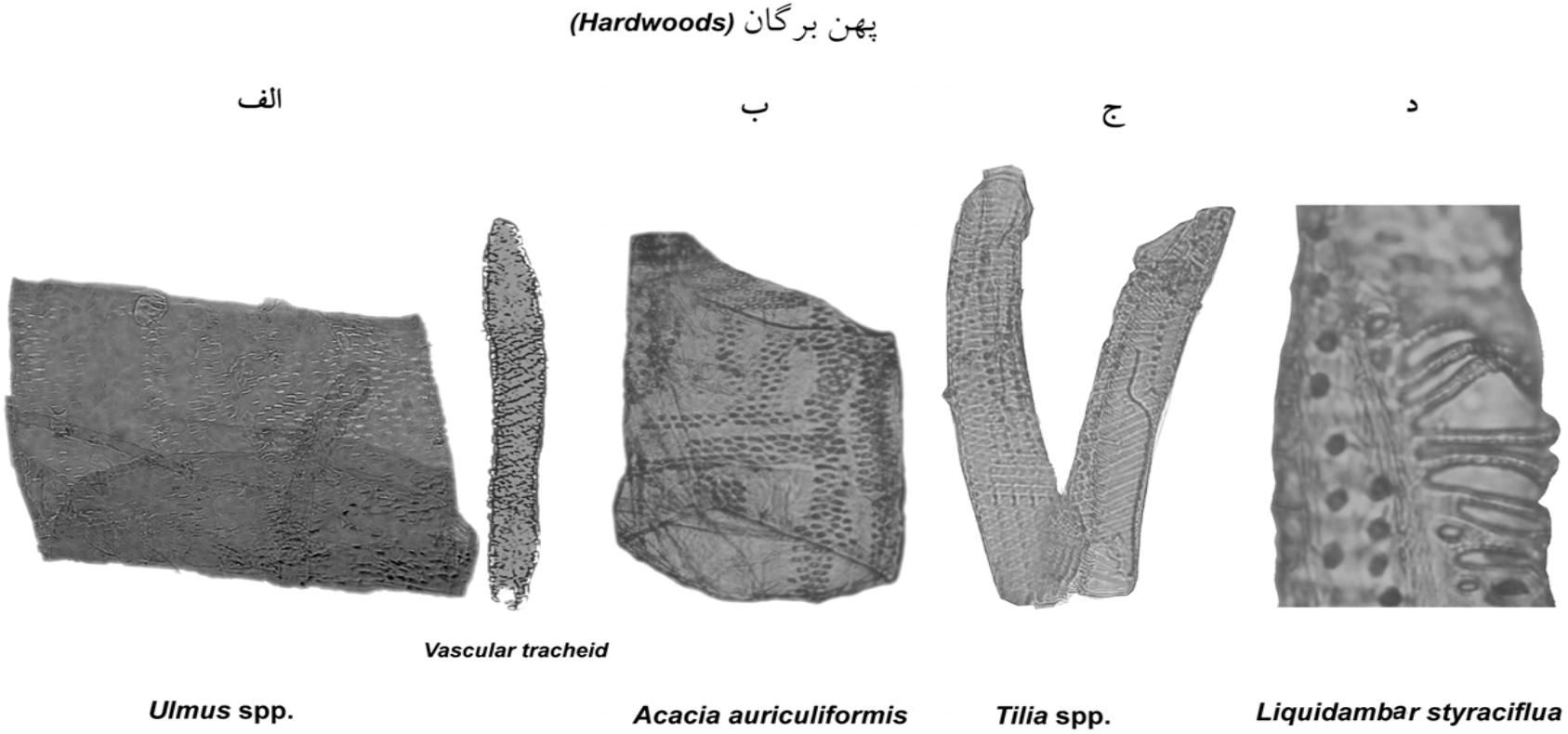
غیرچوبی							
گروه	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه ها	شکل	گروه	نوع گونه	علائم آناتومی مؤثر در شناسایی گونه ها	شکل
Grass fibers	Wheat	دارای سلولهای پارانشیمی بزرگ، مستطیلی شکل در اندازه و شکل‌های متفاوت با انتهای تاخورده هستند. عناصر آوندی همراه با منافذ پونکتواسیونی وضخامت مارپیچی دیده می‌شود. سلولهای اپیدرمال بزرگ و به شکل منظم دیده می‌شود.	٤- الف	Bast fibers	Flax orHemporKee orSunnorJute	دارای عناصر آوندی همراه با انواع متفاوت منافذ پونکتواسیون بر روی آوند هستند.الیاف به حالت بندبند دیده می‌شود. ضخامت مارپیچی برروی دیواره آوند دیده می‌شود.گونه‌های این خانواده قابل تفکیک نیستند(ادامپولوس ، ۲۰۰٦)	٤- د
	Rice	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 وباریک دیده می‌شود.	٤- ج				
	Corn	دارای سلولهای پارانشیمی بزرگ و گرد هستند. عناصر آوندی با منافذ پونکتواسیونی برروی آن دیده می‌شود. سلولهای اپیدرمال، کوچک و به شکل نامنظم دیده می‌شود.	٤- ب	Fruit fibers	Cotton	دارای الیاف بلند، پهن و به شکل پیچ در پیچ (مارپیچ) هستند.	٤- ه



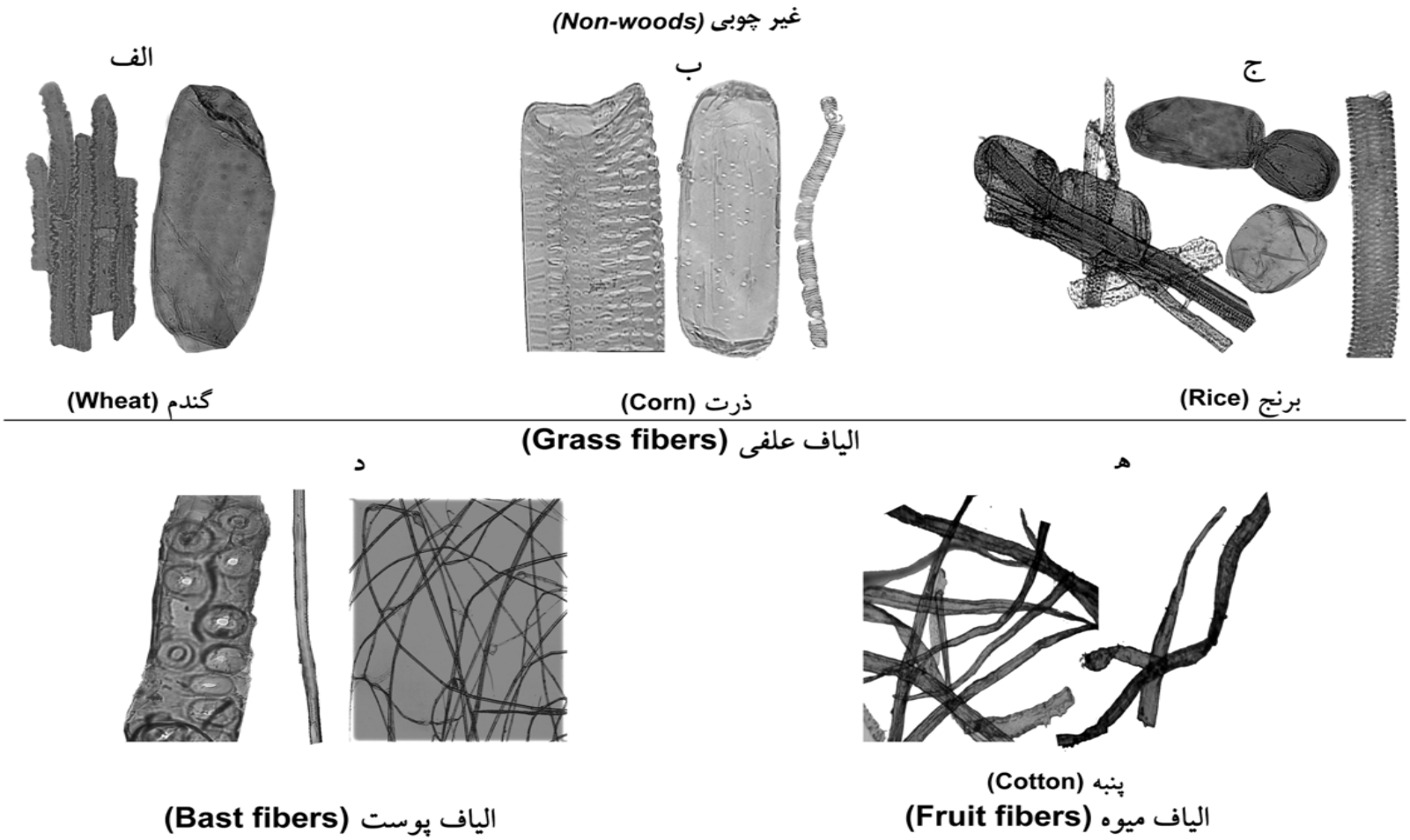
شکل ۱) الیاف گونه های سوزنی برگ شناسایی شده در کاغذ(برای توضیحات به جدول ۳ مراجعه شود).



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



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



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

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.
-Adamopulos,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.
-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.

The most important anatomical characteristics in paper's components identification

Nikseresht, M.[1], Safdari,V.[2*], Sepidehdam, M.[3] and Hosseini-hashemi, S.Kh.[4]

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