

## شناسایی الیاف کاغذهای بازیافتی

وحیدرضا صفدری<sup>1</sup>، محمدرضا نیکسرشت سیگارودی<sup>2</sup>، سیدخلیل حسینی‌هاشمی<sup>3</sup>، محمدجواد سپیده‌دم<sup>4</sup>، میثم گلچین‌فر<sup>5</sup>

### چکیده

امروزه کارخانجات تولیدکننده کاغذ، به‌ویژه کارخانجاتی که بنا به مسایل زیست‌محیطی و کمبود منابع جنگلی از کاغذهای باطله استفاده می‌کنند، نیازمند هستند تا نوع الیاف موجود در منابع اولیه را شناسایی نمایند، تا درخصوص بهبود کیفیت کاغذهای تولید شده در فرایند بازیافت، مدیریت بهتری را اعمال نمایند. به‌همین منظور از 6 کارخانه مهم کاغذسازی در ایران (7 نوع کاغذ مختلف) که ماده اولیه آنها کاغذ باطله می‌باشد، نمونه‌برداری شد، تا امکان شناسایی الیاف مورد بررسی قرار گیرد. از کاغذهای تولیدی مطابق با استاندارد (ISO 9184-1 (ISO 1990) ، نمونه‌های لام آزمایشگاهی تهیه شد و از ویژگی‌های مورفولوژیک و آناتومیک مندرج در اطلس‌های معتبر آناتومی در جهت شناسایی الیاف غیر بومی کمک گرفته شد و در نهایت فراوانی هر یک از گونه‌های شناسایی شده نیز یادداشت گردید. نتایج نشان داد که شناسایی الیاف کاغذهای بازیافتی کاملاً امکان پذیر می‌باشد. در میان کاغذهای تولید شده در کارخانجات ایران، از سوزنی‌برگان کاج‌ها (*Pinus spp.*)، پیسه‌آ (*Picea spp.*) و لاریکس (*Larix spp.*)، از پهن‌برگان گونه‌های صنوبر (*Populus spp.*)، راش (*Fagus orientalis*)، غان (*Betula spp.*)، توسکا (*Alnus spp.*) و ممرز (*Carpinus betulus*) و از غیر چوبی‌ها گندم، ذرت، پنبه، برنج از فراوان‌ترین گونه‌های شناسایی شده بودند. تعداد دفعات بازیافت و همچنین مراحل نظیر پالایش و کوبیدن در فرآیند تولید کاغذ باعث تخریب الیاف شده و شناسایی الیاف کاغذ را به‌ویژه برای گونه‌هایی که الیاف آنها متشابه می‌باشد به سختی همراه می‌سازد.

**واژه‌های کلیدی:** شناسایی الیاف، کاغذ بازیافتی، کاغذ باطله

1، 3 و 4)، اعضای هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

2 و 5)، دانش‌آموختگان مقطع کارشناسی ارشد، رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

1)، مولف مسئول vahid.safdari@gmail.com

## مقدمه

رشد فزاینده جمعیت جهان همراه با افزایش مصرف کاغذ، کافی نبودن سطح جنگل‌ها به‌عنوان یک ماده اولیه جهت تولید کاغذ و همچنین رعایت مسایل زیست محیطی باعث شده تا کارخانجات تولید کننده کاغذ از انواع کاغذهای باطله در فرآیند تولید کاغذ بهره برده، تا ضمن کاهش فشار به جنگل‌ها و افزایش تولید، در پاک‌سازی محیط زیست نیز نقش داشته باشند (یانگ<sup>۱</sup>، ۱۹۹۷). اما آنچه که اهمیت دارد این است که کاغذهای تولید شده از فرآیند بازیافت شامل انواع و اقسام کاغذهای تولیدی، مانند کاغذهای تاپ لاینر، تست لاینر و فلوتینگ بوده که در صنایع بسته‌بندی مصرف فراوان دارد و بر خلاف کاغذهای بکر<sup>۲</sup>، نوع الیاف حاصل از گونه چوبی یا غیر چوبی به‌کار رفته در آن فراوان و نامعلوم می‌باشد. با توجه به این موضوع که بخش قابل توجهی از ویژگی‌های کاغذهای تولیدی علاوه بر فرآیند تولید، به ویژگی‌های الیاف به‌کار گرفته شده مربوط است، به همین دلیل کارخانجات تولید کننده کاغذ، به ویژه کارخانجاتی که برای تولید محصولات خود از بازیافت کاغذهای باطله بهره می‌برند نیازمند هستند تا آگاهی بیشتری از منابع اولیه به‌کار گرفته شده در تولید کاغذ داشته باشند تا بتوانند نقش بهتری در بهبود کیفیت تولید کاغذهایی که در فرآیند بازیافت تولید می‌شوند ایفاء کنند (هورن<sup>۳</sup>، ۱۹۷۴ و ۱۹۷۸).

اما نکته مهم این است که شناسایی الیاف کاغذ کار بسیار مشکلی است، چرا که برای تبدیل گیاهان چوبی و غیر چوبی به الیاف در کارخانجات خمیر کاغذ، چوب تحت تاثیر مواد شیمیایی، دما و فشار قرار می‌گیرد و کل بافت چوب تجزیه می‌شود و تمام ویژگی‌های ماکروسکوپی و اکثر جزئیات میکروسکوپی با ارزش برای شناسایی چوب دیگر وجود ندارد. از این‌رو توجه را باید بر روی ویژگی‌های ساختاری قابل رویت دیگری همانند منافذ (کراس فیلد<sup>۴</sup>) در سوزنی برگان و آوندها در پهن برگان متمرکز نمود (ایوسالو و پفافلی<sup>۵</sup>، ۱۹۹۴؛ پرهام و گری<sup>۶</sup>، ۱۹۹۰؛ آدامپولوس<sup>۷</sup>، ۲۰۰۶). در غیر چوبی‌ها نیز شناسایی الیاف بیشتر بر روی سلول‌های پارانشیم، سلول‌های اپیدرمال، عناصر آوندی و شکل عمومی الیاف صورت می‌گیرد (آدامپولوس، ۲۰۰۶).

در ایران تحقیقات چندان قابل توجهی بر روی شناسایی الیاف چوبی و غیر چوبی صورت نگرفته است، اما در معدود مطالعات صورت گرفته می‌توان به تشریح ویژگی مورفولوژیک گونه‌های پهن‌برگ شمال ایران توسط حسینی (۱۳۷۹) نام برد. همچنین نگارندگان این مقاله قبل از شناسایی الیاف کاغذهای بازیافتی، کلیه ویژگی‌های آناتومیک مهم در شناسایی الیاف گونه‌های پهن‌برگ شمال ایران و همچنین الیاف کاغذهای بکر (غیر بازیافتی) را مورد بررسی قرار دادند (مقاله تحت چاپ در مجله علوم صنایع چوب و

<sup>1</sup> Yang

<sup>2</sup> Virgin pulp

<sup>3</sup> Richard A. Horn

<sup>4</sup> Cross-field

<sup>5</sup> Ivessalo- Pfaffli, M-S

<sup>6</sup> Parham and Gray

<sup>7</sup> Adamopoulos

کاغذ ایران) تا در ادامه دو هدف عمده را پی‌گیری نمایند: 1) شناسایی الیاف کاغذهایی که در فرایند بازیافت مصرف می‌شوند، 2) بررسی اثر تعداد دفعات بازیافت بر شناسایی الیاف کاغذ.

## مواد و روش‌ها

### جمع‌آوری کاغذها

به‌منظور شناسایی الیاف کاغذهای تولیدشده در کارخانجات ایران، از 6 کارخانه تولید کننده کاغذ در ایران که همگی از کاغذهای باطله استفاده می‌کردند، مطابق با جدول 1 نمونه‌برداری شد.

جدول 1- مشخصات کاغذهای تولید شده در کارخانجات ایران در سال 1387.

نام کارخانه	نوع کاغذ تهیه شده	نوع فرآیند	گرماتژ (Gr/mm)	منابع مورد استفاده
افرا کاغذ سپاهان	تست لاینر	OCC	130	ضایعات کارتن (کاغذهای باطله بسته‌بندی)
ساقه سلولز	تست لاینر	OCC	127	ضایعات کارتن (کاغذهای باطله بسته‌بندی)
فرآور سلولز زاگرس	تست لاینر	OCC	140 - 180	ضایعات کارتن (کاغذهای باطله بسته‌بندی)
کاغذسازی یاسمین	تست لاینر	OCC	120 - 160	ضایعات کارتن (کاغذهای باطله بسته‌بندی)
صنایع مقوای یزد	تست لاینر	OCC	140 - 160	ضایعات کارتن (کاغذهای باطله بسته‌بندی)
میثم کاغذ	تست لاینر	OCC	127	ضایعات کارتن (کاغذهای باطله بسته‌بندی)
	فلوتینگ	OCC	140	ضایعات کارتن (کاغذهای باطله بسته‌بندی)

OCC: Old corrugated container

### آماده‌سازی نمونه جهت شناسایی الیاف

آماده‌سازی نمونه‌ها جهت شناسایی الیاف بر اساس استانداردهای (ISO 1990) ISO 9184-1 و ASTM (D 1030-95) و همچنین استاندارد (TAPPI ( T 401om-93) صورت گرفت. بدین ترتیب که برای هر یک از کاغذهای تولیدی (جدول 1) 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 (0/25 گرم) کاغذ پاره و جمع‌آوری شد. تکه کاغذهای جدا شده در داخل یک بشر حاوی آب مقطر یا هیدروکسید سدیم یک درصد به مدت 30 دقیقه جوشانده شد و سپس 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 گردید و به آن آب مقطر اضافه شد و به شدت تکان داده شد تا الیاف در اثر فشار حاصله از یکدیگر باز شوند. در نهایت سوپانسیون تهیه شده تا حد 0/05 درصد (wt./vol) رقیق گردید. مطابق با استاندارد فوق تقریباً 500 عدد الیاف بر روی هر لام میکروسکوپی قابل رویت خواهد بود. البته خارج از دستور العمل استاندارد، تعدادی لام میکروسکوپی

با غلظت دو برابر تهیه گردید تا شناسایی با حداکثر اطمینان صورت پذیرد. آنگاه مقدار ۱ میلی لیتر از سوسپانسیون نمونه توسط یک پیپت بر روی لام‌های تمیز منتقل شد. مطابق با استاندارد، لام‌های میکروسکوپی می‌باید بر روی صفحات داغ و یا هیترهای برقی (50 تا 60 درجه سانتی‌گراد) قرار می‌گرفتند تا رطوبت آنها خشک گردد، و در حین خشک شدن الیاف می‌بایست با یک سوزن آزمایشگاهی از یکدیگر جدا می‌شدند. اما این عمل چندان موفقیت آمیز نبود و دما باعث می‌شد، الیاف به یکدیگر چسبیده و شناسایی با مشکل مواجه شود. از این رو به منظور اجتناب از این مشکل، لام‌های میکروسکوپی مرطوب و حاوی الیاف به مدت 24 ساعت در هوای آزاد بر روی یک میز ثابت و تمیز گذاشته شد تا رطوبت آن به تدریج، با طمانینه و تحت دمای محیط آزمایشگاه تبخیر گردد. پس از تبخیر، 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 3 تکرار و به ازای هر تکرار 15 عدد لام میکروسکوپی (5 عدد غلیظ و 10 عدد رقیق) در جمع (315) 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 این که الیاف به صورت متراکم بر روی هم قرار دارند برای عکسبرداری مناسب نیستند. لام‌های میکروسکوپی در زیر میکروسکوپ نوری نیکون 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 مدل<sup>1</sup> SSC-Dc50AP 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 100 تا 700 برابر بوده است.

### شیوه‌ی شناسایی الیاف

در سوزنی‌برگان تراکتیدهای چوب بهاره، نوع و تعداد پونکتواسیون‌های موجود در میدان تقاطع (کراس فیلد)، تراکتیدهای عرضی و تعداد ردیف‌های پونکتواسیون‌های تراکتید طولی و در پهن برگان شکل ظاهری آوند (پونکتواسیون‌های روی آن و دریچه آوندی)، ضخامت ماریچی<sup>2</sup>، وازی ستریک تراکتید و اسکولار تراکتید<sup>3</sup> و در غیر چوبی‌ها شکل آوندها، نوع پارانشیم‌ها، نوع سلول‌های اپیدرمی و شکل عمومی الیاف مهم‌ترین ویژگی‌های آناتومی در شناسایی محسوب می‌شوند (استرلیس و کندی<sup>4</sup>، 1967؛ پرهام و گری، 1990؛ ایوسالو- پافلی، 1995؛ آدامپلوس، 2006). فیبرها به سبب ساختار مشابه، همچنین پارانشیم‌ها

<sup>1</sup> Sony, Model No SSC-Dc50AP

<sup>2</sup> Spiral thickening

<sup>3</sup> Vasicentric tracheid and Vascular tracheid

<sup>4</sup> Strelis, I. and Kennedy R.W

و ذرات ریز کوچکتر 0/1 میلی‌متر در شناسایی نوع گونه‌ها مورد توجه نیستند. تک‌تک لام‌های میکروسکوپی تهیه شده از نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ نوری با کمک خط‌کش مدرج مورد مشاهده قرار گرفتند. در پهن‌برگان اکثر فضای لام‌های شیشه‌ای را فیبرها و در سوزنی‌برگان تراکتیدها به خود اختصاص داده‌اند. پارانشیم‌ها در پهن‌برگان، سوزنی‌برگان و غیرچوبی‌ها به شکل‌های متفاوت مشاهده شدند. تمامی اجزای آناتومی در عرض خط‌کش از قسمت بالای لام به سمت پایین در زیر میکروسکوپ نوری مورد مشاهده قرار گرفتند. مطابق با استاندارد (ISO 1990) ISO 9184-1، به‌منظور قضاوت صحیح در خصوص ویژگی‌های فیبر بایستی حداقل 600 عدد فیبر در هر اسلاید میکروسکوپی مورد مطالعه قرار گیرد. همچنین با مشاهده لام‌های میکروسکوپی، هر یک از گونه‌هایی که تشخیص داده می‌شد، یادداشت و در صورت مشاهده تکراری به تعداد دفعات مشاهده شده اضافه می‌گردید که عدد مذکور مبین بر فراوانی حضور گونه مورد نظر است.

## نتایج

گونه‌های چوبی و غیر چوبی به‌کار رفته در ساخت کاغذهای تولید شده در کارخانجات ایران در جدول 2 آمده است. مطابق با جدول 2، در ساختار کاغذهای تولید شده در همه کارخانجات الیاف سوزنی‌برگ، پهن‌برگ و غیر چوبی مشاهده گردید. مطابق با نتایج به‌دست آمده فراوان‌ترین گونه‌های شناسایی شده از سوزنی‌برگان کاج‌ها (*Pinus spp.*)، پیسه‌آ (*Picea spp.*) و لاریکس (*Larix spp.*) و از پهن‌برگان گونه‌های صنوبر (*Populus spp.*)، راش (*Fagus orientalis*)، غان (*Betula spp.*)، توسکا (*Alnus spp.*)، ممرز (*Carpinus betulus*) و بلوط (*Quercus spp.*) و از غیر چوبی‌ها کاه گندم<sup>1</sup>، ذرت<sup>2</sup> و پنبه<sup>3</sup> بودند. گونه‌های سوزنی‌برگ نظیر کاج‌ها، پیسه‌آ و لاریکس و گونه‌های پهن‌برگ نظیر غان، نارون‌ها<sup>4</sup>، آکاسیا<sup>5</sup>، اکالیپتوس<sup>6</sup>، ماگنولیا<sup>7</sup>، نیسا<sup>8</sup> که جزو گونه‌های بومی ایران نبوده و وجود آنها در الیاف کاغذهای تولیدی را می‌توان به استفاده از کاغذهای باطله و الیاف وارداتی نسبت داد. الیاف سوزنی‌برگ به‌سبب ویژگی‌های مناسب مورفولوژیک، به‌خصوص نسبت طول به قطر بالایی که دارند از کشورهای خارجی وارد شده و به‌منظور افزایش ویژگی‌های مکانیکی کاغذهای تولید شده در کارخانجات داخل کشور که اغلب از پهن‌برگان بومی شمال ایران و کاغذهای باطله استفاده می‌کنند مخلوط می‌گردند. مطابق با نتایج، گونه‌های کاج که از فراوان‌ترین گونه‌های سوزنی‌برگ شناسایی شده در نمونه‌های کاغذ بودند را می‌توان به سبب تنوع گونه‌ای بالا نسبت به سایر گونه‌های سوزنی‌برگ دانست. فراوان‌ترین گونه کاج‌ها از سه گروه

<sup>1</sup> Wheat

<sup>2</sup> Corn

<sup>3</sup> Cotton

<sup>4</sup> *Ulmus spp.*

<sup>5</sup> *Acacia auriculiformis*

<sup>6</sup> *Eucalyptus spp.*

<sup>7</sup> *Magnolia acuminata*

<sup>8</sup> *Nyssa sylvatica*

(1) *Strobus*، (2) *Ponderosa* و (3) *Sylvestris* بودند. از گروه *Strobus*، کاج استروبوس (*Pinus strobus*) و از گروه *Ponderosa*، کاج پوندروزا (*Pinus ponderosa*) و کاج رادیاتا (*Pinus radiata*) و از گروه *Sylvestris*، کاج جنگلی (*Pinus sylvestris*) و کاج رزی نوزا (*Pinus resinosa*) جزو گونه‌هایی بودند که مشاهده شدند.

الیاف غیر چوبی مشاهده شده در نمونه‌ها عمدتاً از گروه الیاف علفی<sup>1</sup>، نظیر کاه گندم، ذرت، برنج و باگاس<sup>2</sup> بودند. در تمام کاغذهای مورد مطالعه، الیاف غیر چوبی با فراوانی کم از گروه الیاف پوست<sup>3</sup> و گروه الیاف میوه<sup>4</sup> نظیر پنبه مشاهده گردید (شکل 5). در بعضی از لام‌های میکروسکوپی، آوند، فیبر و تراکتید به صورت بریده شده (تخریب) مشاهده می‌شود که فراوانی بیش از اندازه الیاف تخریب شده را می‌توان به تعدد دفعات بازیافت و اثرات پالایش بر روی الیاف در فرآیند تولید در کاغذهای باطله دانست. در چنین نمونه‌هایی (نمونه‌های تخریب شده) شناسایی الیاف به‌خصوص در گونه‌های مشابه نظیر کاج‌ها (شکل 1، الف تا و)، صنوبر و ممرز (شکل 2، الف و ه)، غان و توسکا (شکل 2، ج و د)، نارون و آکاسیا (شکل 3، الف و ب)، بلوط و اکالیپتوس (شکل 2، و شکل 4، ج) با خطا همراه خواهد بود. به‌عنوان مثال توسکا و غان هر دو جزو گونه‌هایی هستند که دارای دریچه آوندی نردبانی (5 تا 25 پله) هستند، ولی نوع پونکتواسیون بین آوندی این دو گونه تفاوت جزیی دارد. پونکتواسیون بین آوندی در گونه‌هایی نظیر غان و توسکا فراوان و پر تعداد است ولی هاله پونکتواسیون‌های غان بر خلاف توسکا به یکدیگر متصل شده<sup>5</sup> است (ایوسالو و پفافلی، 1994). با این توضیح، در حالتی که یک آوند پاره شده که فقط بخش دریچه آوندی در روی لام مشاهده می‌شود، معلوم نخواهد شد که گونه مورد نظر غان است یا توسکا و نتیجه دقیق مستلزم نمونه‌گیری بیشتر و رویت بخش‌های دیگر آوند و پونکتواسیون‌های بین آوندی است.

<sup>1</sup> Grass fibers

<sup>2</sup> Sugar cane

<sup>3</sup> Bast fibers

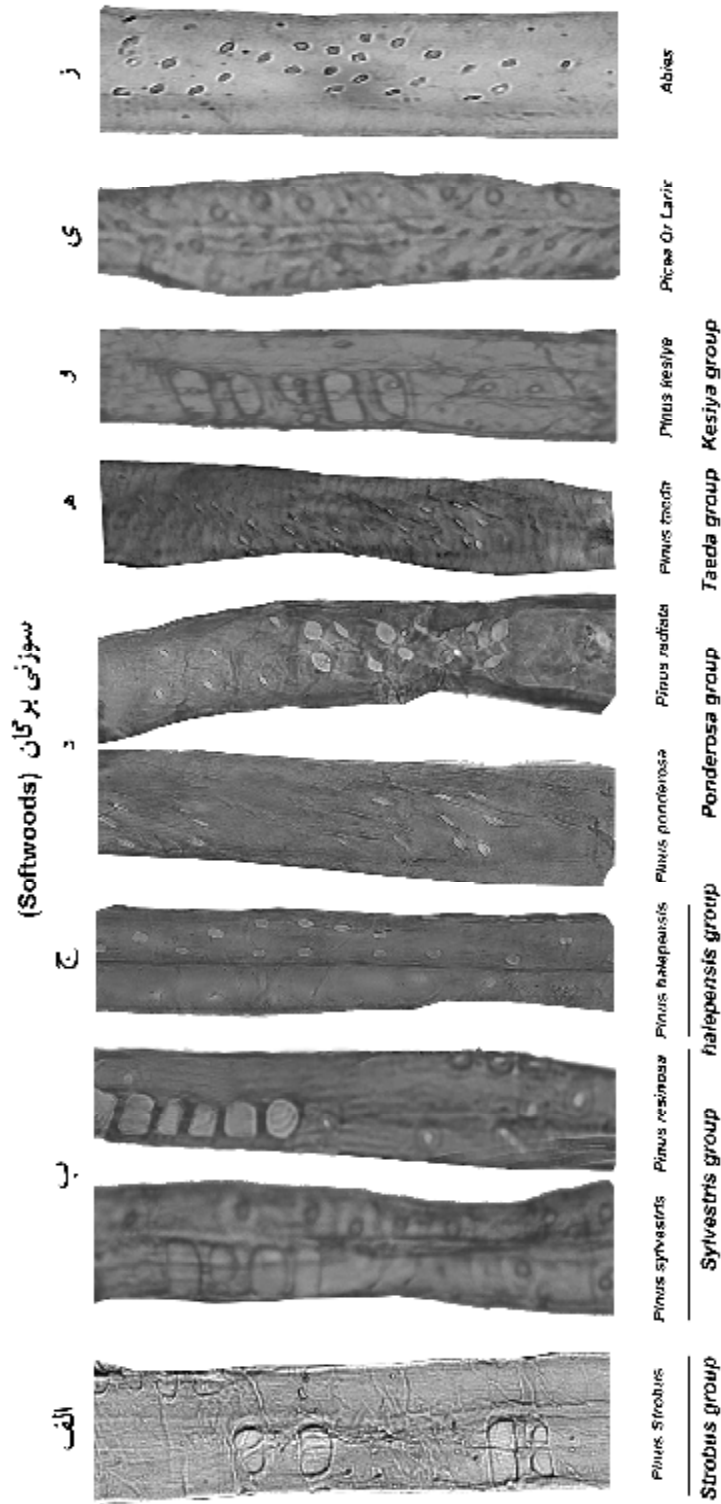
<sup>4</sup> Fruit fibers

<sup>5</sup> Confluent

جدول 2- مقدار فراوانی الیاف گونه‌های چوبی و غیر چوبی در کاغذهای تولید شده در کارخانجات ایران

گونه های شناسایی شده و مقدار فراوانی آنها در کاغذ های نمونه برداری شده			نوع کاغذ	نام کارخانه
غیر چوبی	پهن برگ	سوزنی برگ	تولیدی	
Grass fibers (Wheat Sugarcane, Rice, Corn) <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> , <i>Quercus spp.</i> <sup>+</sup> , <i>Eucalyptus spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Pinus (halepensis group (pinus halepensis), kesiya group (Pinus kesiya), strobis group (pinus strobis), ponderosa group (pinus ponderosa))</i> <sup>+++</sup> , <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	تست لاینر	افرا کاغذ سپاهان
Grass fibers (Wheat) <sup>+</sup>	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Betula spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Alnus spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Carpinus betulus</i> <sup>++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Quercus spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Pinus (ponderosa group (Pinus radiate), sylvestris group (Pinus sylvestris), Strobis group (Pinus stobis))</i> <sup>+++</sup> , <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	تست لاینر	ساقه سلولز
Grass fibers (Wheat, sugarcane) <sup>++</sup> Fruit fibers (cotton) <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> , <i>Quercus spp.</i> <sup>+</sup> , <i>Fraxinus exelsior</i> <sup>+</sup> , <i>Magnolia acuminata</i> <sup>+</sup> , <i>Acer spp.</i> <sup>+</sup> , <i>Tilia spp.</i> <sup>+</sup> , <i>Nyssa sylvatica</i> <sup>+</sup>	<i>Pinus (strobis group (pinus strobis), taeda group (pinus taeda), ponderosa group (pinus ponderosa))</i> <sup>+++</sup> , <i>Abies spp.</i> <sup>+</sup>	تست لاینر	فراور سلولز زاگرس
Grass fibers (Wheat) <sup>++</sup> Fruit fibers (Cotton) <sup>+</sup>	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Betula spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Acacia auriculiformis</i> <sup>+</sup> , <i>Eucalyptus spp.</i> <sup>+</sup> , <i>Fraxinus exelsior</i> <sup>+</sup> , <i>Tilia spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Pinus (kesiya group (pinus kesiya), sylvestris group (pinus resinosa), Strobis group (pinus strobis))</i> <sup>+++</sup>	تست لاینر	کاغذ سازی یاسمین
Grass fibers (Wheat) <sup>+</sup> Bast fibers <sup>+</sup>	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Betula spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Alnus spp.</i> <sup>++</sup> , <i>Quercus spp.</i> <sup>+</sup> , <i>Ulmus spp.</i> <sup>+</sup>	<i>Pinus (kesiya group (pinus kesiya), sylvestris group (pinus sylvestris), ponderosa group (pinus ponderosa))</i> <sup>+++</sup>	فلوتینگ	صنایع مقوای یزد
Grass fibers (Wheat, Corn) <sup>+</sup> Bast fibers <sup>+</sup> Fruit Fibers (Cotton) <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>Acacia auriculiformis</i> <sup>+</sup> , <i>Ulmus spp.</i> <sup>+</sup> , <i>Magnolia acuminata</i> <sup>+</sup>	<i>Pinus (sylstris group (pinus sylvestris), Strobis group (pinus strobis), ponderosa group (pinus radiate))</i> <sup>+++</sup> , <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	تست لاینر	میثم کاغذ
Grass fibers (Corn, Rice) <sup>++</sup>	<i>Populus spp.</i> <sup>+++</sup> , <i>Fagus orientalis</i> <sup>++</sup> , <i>Carpinus betulus</i> <sup>+</sup>	<i>Pinus (sylstris group (pinus sylvestris), Pinus (ponderosa group (pinus ponderosa), halepensis group (pinus halepensis), strobis group (pinus strobis))</i> <sup>+++</sup> , <i>Picea spp.</i> <sup>+</sup> or <i>Larix spp.</i> <sup>+</sup>	فلوتینگ	

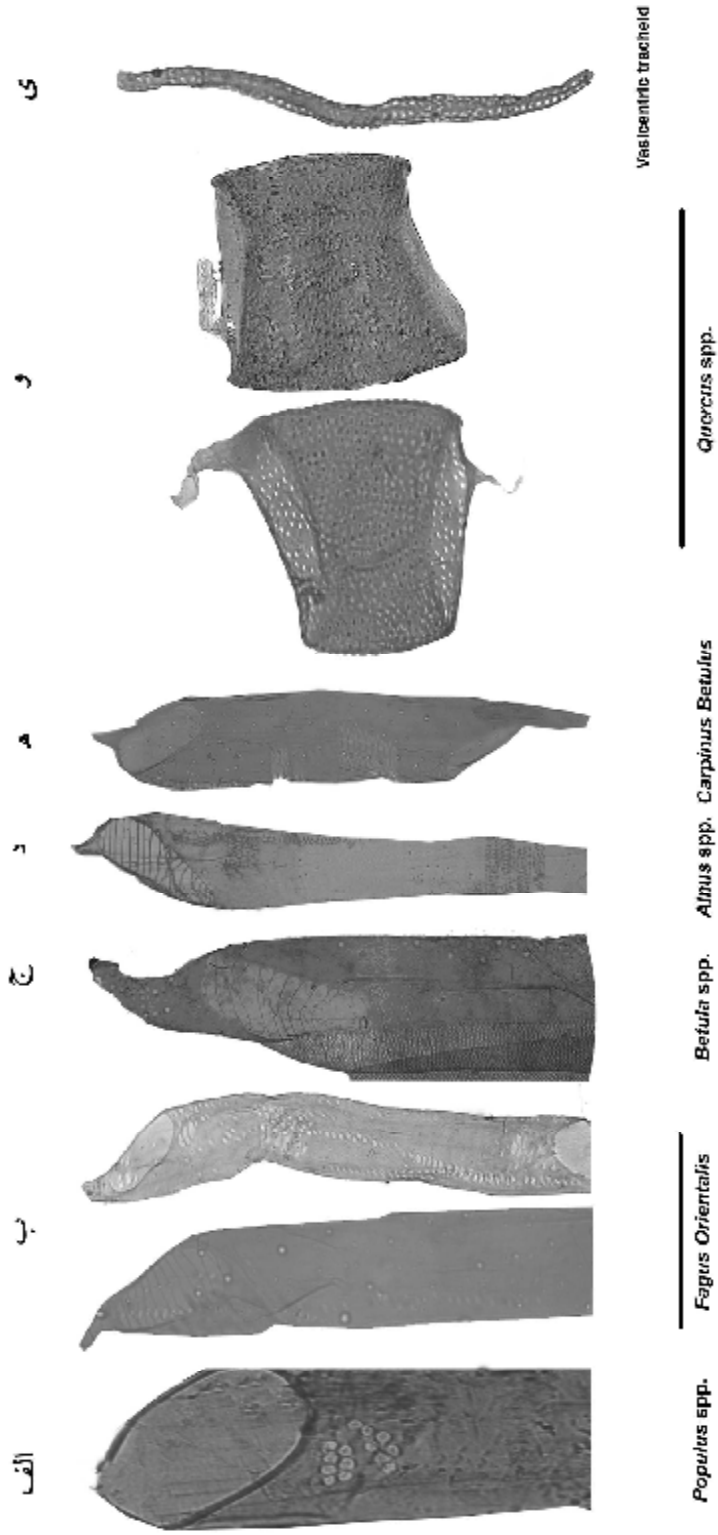
+++ فراوان . ++ متوسط . + کم



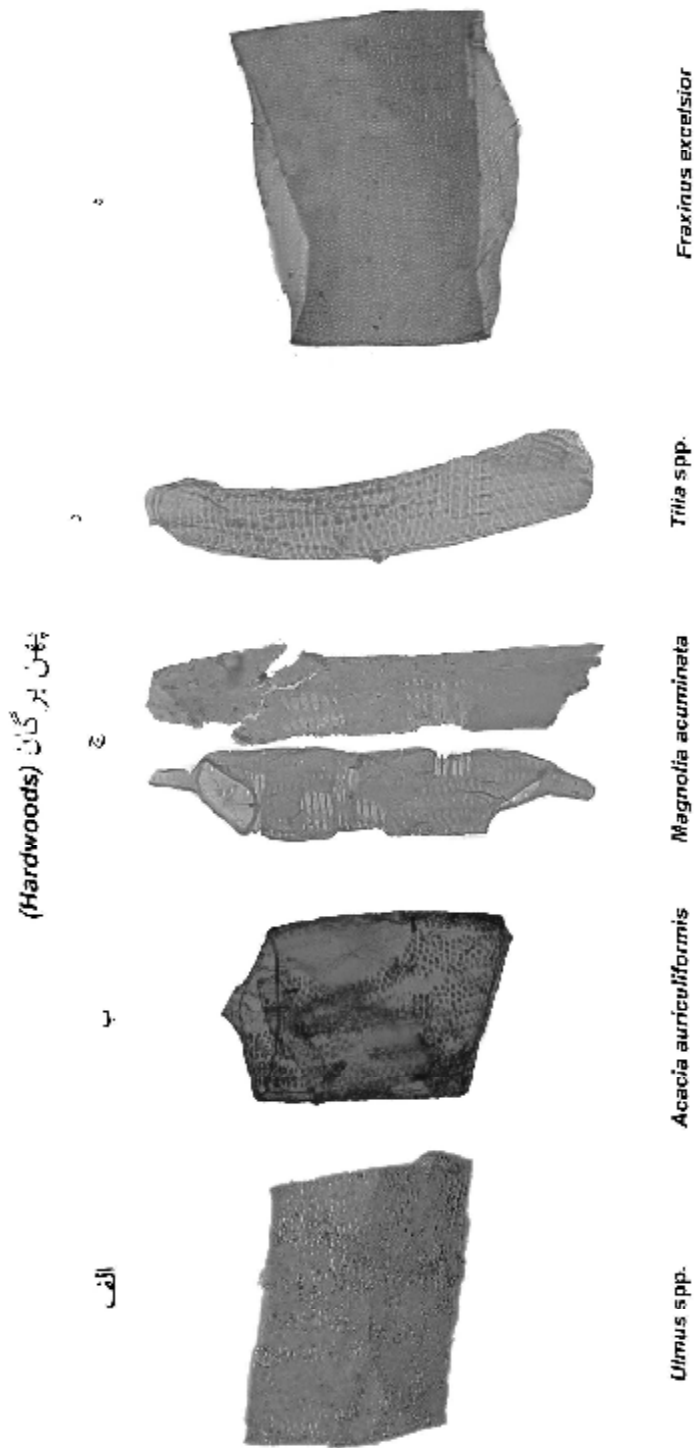
شکل ۱- الیاف گونه های سوزنی برگ شناسایی شده در کاغذهای بازیافتی



پهن برگان (Hardwoods)

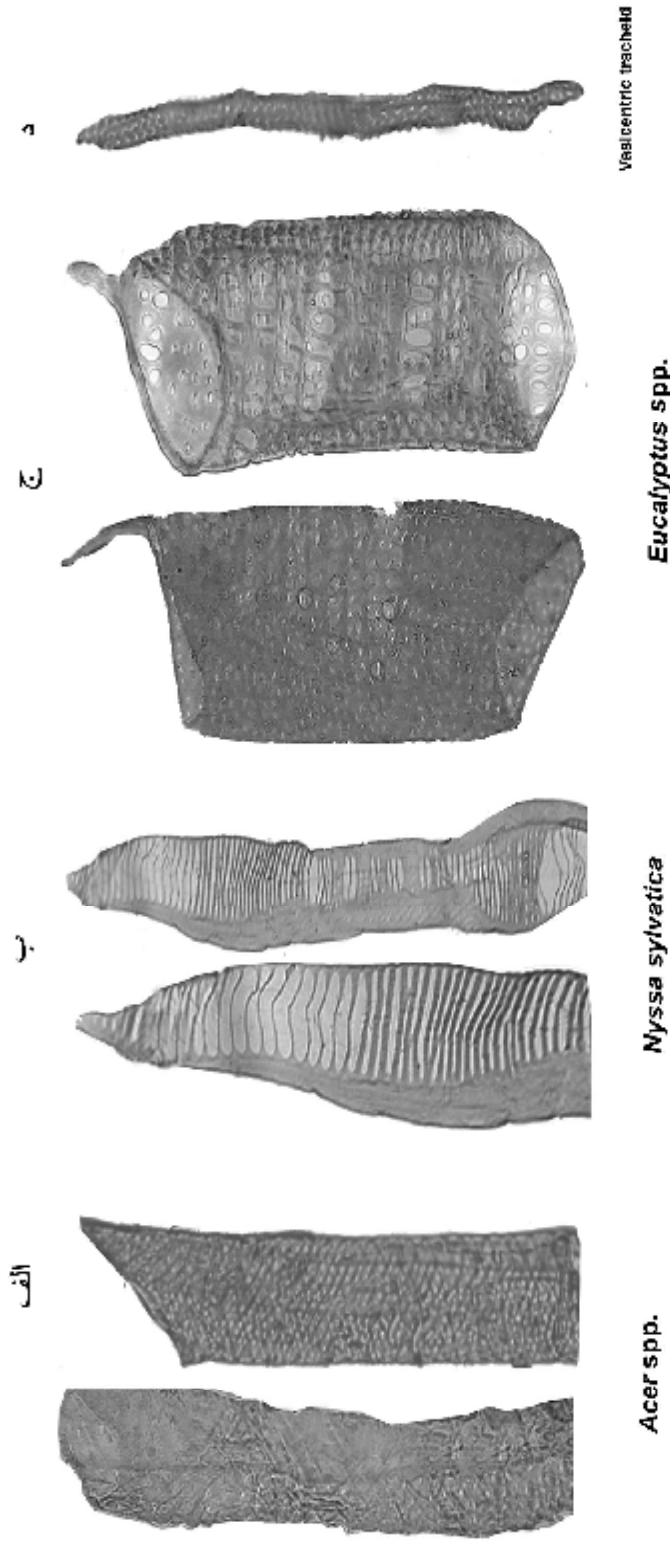


شکل 2- ایف گونه های پهن برگ شناسایی شده در کاغذهای بازیافتی

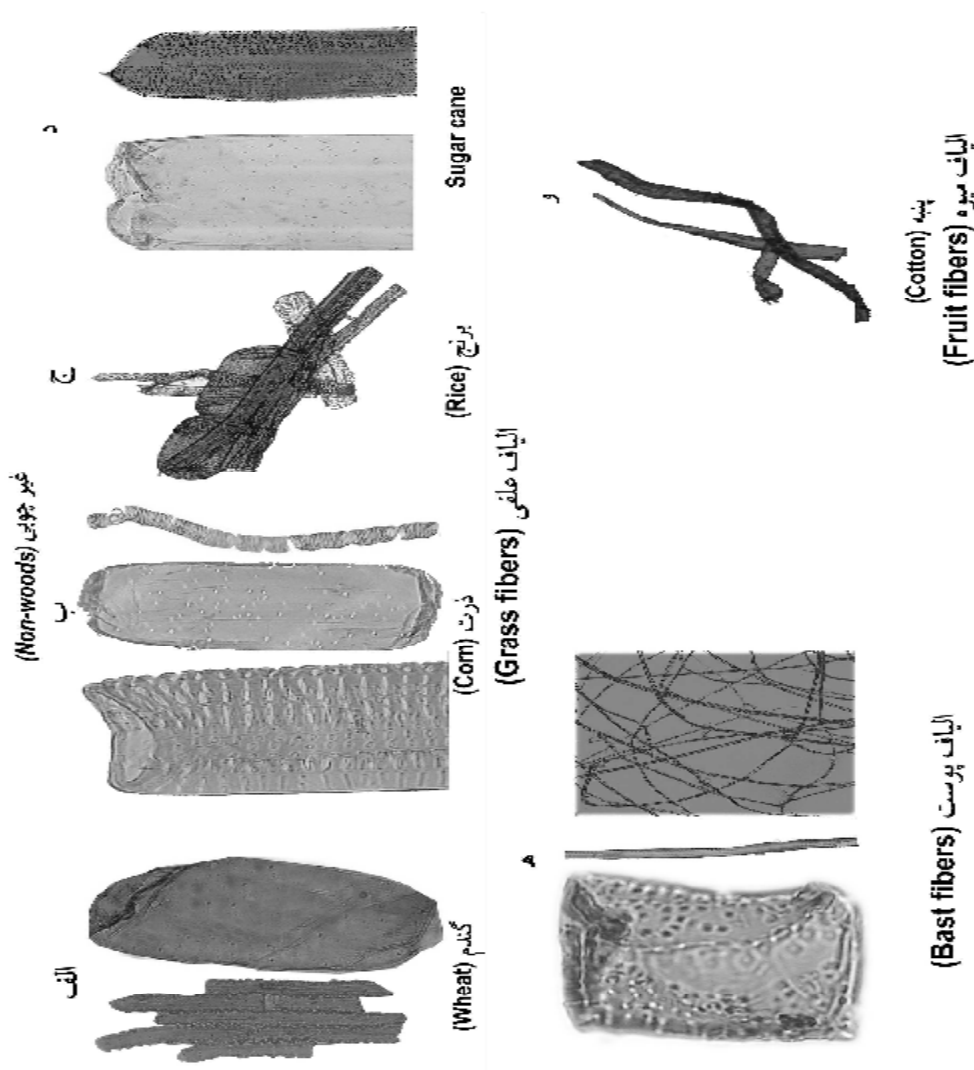


شکل 3- الیاف گونه های پهن برگ شناسایی شده در کاغذهای بازیافتی

پهن برگان (Hardwoods)



شکل 4- الیاف گونه های پهن برگ شناسایی شده در کاغذهای بازیافتی



شکل ۵- الیاف گونه های غیر چوبی شناسایی شده در کاغذهای بازیافتی

## بحث

نتایج نشان داد که شناسایی الیاف کاغذهای بازیافتی کاملاً امکان پذیر است، البته احتمال دارد که الیافی که به صورت قابل توجه در ساخت کاغذ مورد استفاده قرار نگرفتند، از دید شخص شناساگر پوشیده بمانند، اما می توان استنباط نمود که این نوع الیاف به سبب فراوانی های بسیار کم چندان در ویژگی های کاغذهای تولیدی تاثیر گذار نیستند و عدم رویت آنها نمی تواند تاثیرات قابل توجهی در نتیجه اطلاعات اتخاذ شده داشته باشد. شناسایی الیاف پهن برگ به سبب این که تنوع ساختار سلولی آنها نسبت به سوزنی برگان و حتی غیر چوبی ها بیشتر است، ساده تر می باشد. شناسایی الیاف کاغذهایی که تعداد دفعات بیشتری بازیافت شدند و یا تحت اثر پالایش و کوبیدن تخریب شدند نسبت به الیاف کمتر بازیافت شده مشکل تر می باشد و به منظور افزایش دقت و صحت در شناسایی، مستلزم تهیه لام های میکروسکوپی بیشتری بود تا از این طریق تعداد الیاف بیشتری مورد مطالعه قرار گیرد.

## منابع و مآخذ

1. حسینی، ض، 1379. مرفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ. انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، 288 صفحه.
2. Adamopoulos, S., 2006. Identification of Fiber Components in of Packaging Grade Papers . IAWA Journal , 27(2):153-172 .
3. ISO. 1990. ISO Standard 9184-1. Paper, board and pulps. Fiber furnish analysis. Part 1: General method. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
4. 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.
5. Ilvessalo- Pfaffli, M-S., 1995. Fiber atlas: Identification of papermaking fibers. Springer- Verlag, Berlin.
6. Parham, R. A. , Gray, R. L., 1990. The practical identification of wood pulp fibers. Tappi Press USA.
7. Richard A. Horn., 1974. Morphology of wood pulp fiber from soft woods and influence on paper. Technologist Forest products Laboratory, Forest service U.S. Department of Agriculture. Fp 1 242.
8. Richard A. Horn., 1978. Morphology of pulp fiber from Hard woods and influence on paper strength. Technologist Forest products Laboratory, Forest service U.S. Department of Agriculture Madison , Wisconsin 53705. Fpl 312.
9. TAPPI. 2000. TAPPI standards and suggested methods , T 401om-93 .TAPPI press, Atlanta, Ga.
10. Young, R.A. 1997. Processing of agro-based resources into pulp and paper. In: R.M. Rowell, R.A. Young & J.K. Rowell (eds.), Paper and composites from agro-based resources: 137–245. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, FL.