

# کاغذ

## مواد تشکیل دهنده کاغذ و عوامل تخریب آن

حمید نصرآبادی

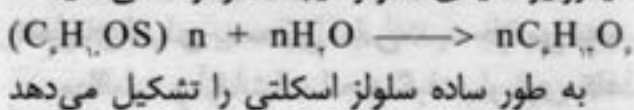
کارشناس بخش حفاظت و مرمت نسخ خطی  
و دانشجوی کارشناسی ارشد پژوهش هنر

چکیده: بدون شک کاغذ از مهمترین موادی است که انسان را در مرحله علم، تمدن و فرهنگ با گام‌های سریع پیش انداخته و به پیشرفت آنها راه نیز کمک‌های بزرگی کرده است. علوم و ادبیات تا قبل از این که انسان به ساختن کاغذ توفیق یابد، در محیطی محدود و محصور بود. بی اغراق نیست اگر بگوییم که پیشرفت دانش و فرهنگ مدیون این اختراع مهم بشری بوده است. در این مقاله به طور اجمال سعی شده است که با شناسایی مواد تشکیل دهنده کاغذ و عوامل تخریب آن، گامی کوچک در جهت شناسایی این اختراع مهم بشری برداشته شود.

### مواد تشکیل دهنده کاغذ

#### سلولز<sup>(۱)</sup>

سلولز به عنوان ماده اولیه کاغذسازی محسوب می‌گردد و در الیاف، نیشکر، کتان، کنف، برنج بامبوه، پنبه و دیگر الیاف گیاهی یافت می‌شود. الیاف سلولزی یا مستقیماً از گیاه به دست می‌آیند یا به طور غیرمستقیم در صنایع نساجی از طریق جناسازی مکتیکی حاصل می‌شوند. سلولز، یک کربوهیدرات با وزن مولکولی بالاست که جزء اصلی دیواره سلول‌های گیاهی می‌باشد. هیدرولیز اسیدی سلولز، ایجاد گلوکز<sup>(۲)</sup> می‌نماید.



به طور ساده سلولز اسکلتی را تشکیل می‌دهد که مواد دیگری آن را دربر گرفته است. این موادمی سلولزها و لیگنین<sup>(۳)</sup> می‌باشد. سلولز یک هوموپلی ساکارید می‌باشد که با پیوندهای کلیکوزیدی<sup>(۴)</sup> به یکدیگر متصل شده‌اند. مولکول‌های سلولز کاملاً خطی هستند و تمایل شدیدی به تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین مولکولی دارند؛ در نتیجه رشته‌های از مولکول‌های سلولز بایکدیگر مجتمع می‌شوند و فیبرهای ریزی را تشکیل می‌دهند. در این فیبرها نواحی بسیار منظم (بلورین) و نواحی نسبتاً نامنظم (بی شکل) به طور متناوب در مجاورت یکدیگر قرار دارند و از تجمع این فیبرها، فیبر سلولزی تشکیل می‌شود. در اثر همین ساختار فیبری و پیوندهای هیدروژنی محکم، سلولز از استقامت کششی بالایی برخوردار است و در اغلب حلال‌ها نامحلول می‌باشد.

#### لیگنین

فیبر چوب علاوه بر سلولز، محتوی پلی ساکارید دیگری نیز می‌باشد که کربن بیشتری دارد. این ماده «لیگنین» نام گذاری شده است. لیگنین طبیعی، یک پلیمر شبکه دار با ساختمان نامنظم و جرم مولکولی نسبتاً زیاد است (حدود ۱۰۰۰). لیگنین دارای تعداد زیادی از گروه‌های فعال مخصوصاً گروه‌هایی متوکسیل، فتیلیک و فنل پروپان است. بیش از دو سوم واحدهای فنیل پروپان در لیگنین

لزوم ثبت و انتقال افکار و عقاید و ارتباط با هم نوع، از ابتدای تاریخ انسان را واداشت تا راهی برای آن پیدا کند. انسان‌های اولیه با الهام‌گیری از محیط پیرامون خود و با ابزار وسایل موجود این امکان را هرچند به صورت ابتدائی فراهم آوردند که اولین نشانه‌های آن را می‌توان در غارهای لاسکو<sup>(۱)</sup> و آلتامیرا<sup>(۲)</sup> مشاهده نمود.

بعدها لوحه‌های گلی، فلز، سنگ، پوست درختان، پوست حیوانات، استخوان و غیره به عنوان موادی جهت نوشتن یا نقاشی کردن مورد استفاده قرار گرفت. لوحه‌های گلی به دست آمده از تمدن بین‌النهرین (میان رودان) حاکی از رواج این ماده برای نوشتن در این تمدن می‌باشد.

مصریان برای ثبت تاریخ و بیشتر فرمان‌های حکومتی از برگ درخت نخل و یک نوع نی بلند که در کنارهای رود نیل می‌روید و به نام پاپیروس<sup>(۳)</sup> معروف بوده است، بهره می‌بردند.

چینی‌ها را اولین سازندگان کاغذ می‌دانند که در سال ۱۰۵ میلادی موفق به اختراع کاغذ شدند.

### تاریخچه کاغذ سازی در ایران

هخامنشیان تا زمان حمله اسکندر بروی لوحه‌های گلی می‌نوشتند و این در حالی است که از دوران فرمانروایی پارت‌ها پوست‌های نوشته شده به دست آمده است که به آن «دیفترا» می‌گفتند و ریشه دفتر که امروزه به کار می‌رود، از همان گرفته شده است. در حدود سال ۶۵۰ میلادی ساسانیان کاغذ چینی را که از پوست درخت توت ساخته می‌شد به ایران وارد کردند، اما این کاغذ منحصرأ برای مدارک مهم دولتی به کار برده می‌شد.

در سال ۷۵۱ میلادی در زمان عباسیان و در جنگ میان آنان با اعراب تعدادی از چینی‌هایی که اعراب را در جنگ یاری می‌دادند به اسارت درآوردند. در میان اسیران چند تن کاغذساز بود که آنها را به سمرقند برده و با استفاده از دانش آنها صنعت کاغذ سازی را در این شهر رایج نمودند.

چه می‌بایست باشد، آیا زبان یک اختراع بشری است یا وسیله‌ای است که به نحوی در اختیارش گذاشته شده، جامعه از چه زمانی به وجود آمده و علت به وجود آمدن آن چه بوده است. از نقطه نظر علم پزشکی و زیست‌شناسی این نکته حائز اهمیت است که اساساً خود مغز انسان (یا ذهن) چیست و کارکردهای آن کدام است، چه عواملی بر روی ذهن تاثیر می‌گذارند و تاثیر این عوامل مختلف بر ذهن تا کجاست. به لحاظ روان‌شناسی این مساله حائز اهمیت است که آیا اساساً روانی وجود دارد یا این که حالت‌ها و رفتارهای مختلف بشری بستگی به کارکرد همین ذهنی دارد که گفته می‌شود مادی است. طبیعی است که بعد از بررسی این مسائل و موضوعات، نویسنده به این موضوع می‌پردازد که آیا مفهوم خدا یک اختراع بشری است یا خیر.

نویسنده در این راستا به بررسی نظریات بعضی از جامعه‌شناسان، انسان‌شناسان و روان‌شناسان پرداخته و اندیشه آنان را منعکس نموده است.

از جنبه هستی‌شناسی، نویسنده اساساً به این موضوع پرداخته که آیا در جهان واقعی (جهان خارج از ذهن بشری) نشانه‌ها، علائم و موجودات یا موجوداتی دیده شده‌اند که دلالت بر وجود موجودی متعالی داشته‌اند یا خیر. بدیهی است که قضاوت درباره همین موضوع نیز به عهده خود انسان است. یعنی باز هم این انسان است که باید بگوید چه می‌بیند و آنچه که می‌بیند واقعی است یا غیر واقعی. آیا مساله نمی‌توانست صرفاً ریشه در حالات و عواطف و نیازهای بشری داشته باشد؟ آیا منشأ پیدایش این مفهوم، ترس از ناشناخته‌ها نبوده است؟ آیا علت آن نیاز به حس جاودانگی انسان نبوده است؟ اما نویسنده در این راستا به بررسی این نکته می‌پردازد که آیا حقیقت صرفاً سوبژکتیو (یعنی ذهنی) است و یا ابژکتیو، و در این مورد به بررسی تجربیات، نشانه‌ها و علائمی می‌پردازد که از طرف انسان‌های مختلف در دوره‌های مختلف تاریخی برای وجود یک موجود متعالی ابراز و یا نشان داده شده‌اند و نتیجه می‌گیرد که انسان‌های مختلف در زمان‌ها و مکان‌ها و با فرهنگ‌ها و محیط‌های مختلف نمی‌توانسته‌اند دچار یک توهم یکسان و واحدی شده باشند، پس به لحاظ هستی‌شناسی باید در عالم خارج نشانه‌ها و علائمی موجود باشند که دال بر وجود موجودی متعالی (یعنی برتر از انسان) هستند.

نویسنده در تحقیقاتی که انجام داده تا اندازه‌ای موفق بوده و به نتایج جالبی نیز دست یافته است. اما به علت عدم دسترسی به تاریخ پیدایش انسان، موضوع را برای تحقیقات بیشتر به آیندگان سپرده است.

این کتاب به کوشش نگارنده ترجمه و با همکاری مرکز پژوهش کتابخانه مجلس شورای اسلامی به زودی چاپ و منتشر خواهد شد.



به وسیله پیوندهای اتری به هم متصل می‌باشند و بقیه اتصال‌ها از نوع پیوندهای کربن - کربن است. از جمله مواد موثر بر لیگنین، کلر، مواد شیمیایی کلردار و نیز اکسیژن می‌باشد که در عمل سفید کردن کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### همی سلولزها

ابتدا عقیده بر این بود که «همی سلولزها» ترکیبات واسطه‌ای در بیوسنتز سلولز هستند، اما امروزه معلوم شده است که همی سلولزها از جمله پلی ساکاریدهای ناهمگن هستند و بیوسنتز آنها با بیوسنتز سلولز متفاوت است. برخلاف سلولز که هوموپلی ساکارید است، همی سلولزها، هتروپلی ساکارید می‌باشند. همی سلولزها را بوسیله استخراج می‌توان از چوب یا خمیر کاغذ جدا کرد. بین سلولز و همی سلولزها پیوند شیمیایی وجود ندارد، اما در اثر پیوندهای هیدروژنی و نیروهای واندروانسی، چسبندگی کافی بین آنها ایجاد شده است. البته بین لیگنین و همی سلولزها و همچنین بین لیگنین و سلولز، پیوند شیمیایی وجود دارد که احتمالاً از نوع پیوند کووالانسی می‌باشد.

### کاغذ و عوامل تخریب

اسیدی شدن کاغذ یکی از دلایل مهم زوال و تخریب کاغذها و اسناد قدیمی، که میراث فرهنگی به شمار می‌روند، اسیدی شدن آنها می‌باشد. اسید در کاغذها موجب زردی و شکنندگی آنها می‌گردد به طوری که در موارد حاد، کاغذهای اسیدی به محض تماس دست خرد می‌شوند. مطالعات و آزمایشات انجام گرفته بر روی کاغذ و اسناد در حال تخریب دلایل ایجاد فرایند اسیدی شدن این مواد را تا اندازه‌ای روشن نموده است. تخریب کاغذ را به عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نسبت می‌دهند. این عوامل کاملاً به هم وابسته می‌باشند: گرما و رطوبت، اکسیداسیون، شکست هیدرولیتیکی<sup>(۸)</sup> گازهای اسیدی موجود در اتمسفر، گرد و غبار، رنگدانه‌ها، حشرات، قارچ‌ها و... از جمله عوامل می‌باشند که اکثراً با تولید اسید چه به میزان زیاد و چه میزان کم موجب تخریب و زوال کاغذ می‌گردند. حضور اسیدیتته بیشتر باعث تقسیم سریع زنجیره مولکولی می‌گردد و در چنین حالتی پلیمرهای بلندسلولز که در سلامت یک اثر کاغذی بسیار مهم است، به قطعات کوتاه و شکننده تقسیم می‌شوند و ارتباط پهلوی به پهلوی و لایه به لایه آنها به هم می‌خورد و کاغذ شروع به تخریب می‌نماید. الیاف سازنده کاغذ، خود حاوی مقداری مواد اسیدی هستند.

یکی دیگر از منابع تولید اسید در کاغذهای کتاب هیدرولیز، یون‌های آلومینیم می‌باشد که در هنگام افزودن زاج سفید ایجاد می‌گردد. زاج سفید در ترکیب با آب تبدیل به اسید سولفوریک می‌شود که اسید حاصل به میزان زیادی در تخریب آثار کاغذی موثر است. از دیگر عوامل افزودن کلرین در کاغذ به منظور سفید کردن آن می‌باشد. کلرین در کاغذ به صورت پس مانده باقی می‌ماند که هر گاه بازاج سفید موجود در کاغذ، که یک

ماده اسیدی است، ترکیب شود تولید کلرید آلومینیم می‌نماید. کلرید آلومینیم در حرارت و رطوبت، ایجاد اسید هیدروکلریدریک می‌نماید؛ بنابراین پلیمرهای بلندسلولز از اسید ایجاد شده در درون کاغذ تأثیر پذیرفته و موجب تخریب سلولز کاغذ می‌گردد.

### گرد و غبار

تا مدت‌ها تصور می‌شد که گرد و غبار موجود در هوا تنها موجب کثیف شدن کتاب‌ها و آثار کاغذی می‌گردد، اما بررسی‌های میکروسکوپی نشان می‌دهد که گرد و غبار به علت داشتن ذرات ریز و سخت سیلیکا، سطح کاغذ را خراش داده و موجب زخمی شدن فیبر کاغذ می‌گردد.

لایه گرد و غبار در مجاورت رطوبت و با ترکیب با آلودگی‌های گازی موجود در هوا موجب تخریب اسیدی کاغذ می‌گردد. به طور مثال به علت جذب رطوبت توسط گرد و غبار، رطوبت با گاز دی‌اکسید سولفور هوا ترکیب شده و تولید اسید سولفوریک در کاغذ می‌نماید.

### جوهرها

بسیاری از کتب و نسخ خطی قدیمی در اثر اسید موجود در جوهر مصرف شده در آنها تخریب گردیده‌اند. در بسیاری از موارد مشاهده گردیده در قسمت‌هایی از کاغذ که جوهر به کار رفته، آن قسمت سوراخ شده است. در گذشته از جوهرهای آهن دار برای نوشتن بر روی کاغذ استفاده می‌کردند و این جوهرها در مجاورت متمادی رطوبت تبدیل به اسید شده و زمینه‌های تخریب کاغذ را فراهم می‌آورد. حرارت حرارت صورتی از انرژی است و وقتی توسط کاغذ جذب گردد، موجبات تسریع واکنش‌های شیمیایی را در کاغذ فراهم می‌آورد.

### حرارت

همچنین می‌تواند موجب استقرار حشرات و انگل‌ها در کاغذ گردد. عمده اثر تخریبی حرارت، در هنگام ترکیب با عوامل دیگر چون رطوبت، آلودگی‌های هوا و... آشکار می‌گردد و افزایش رطوبت موجب تسریع در تشکیل اسید و تخریب اسیدی کاغذ می‌گردد.

### رطوبت

کنترل رطوبت نسبی<sup>(۹)</sup> در فضاهایی که کتب و اشیای کاغذی دیگر نگاهداری می‌شوند، اهمیت زیادی دارد، زیرا کاغذ ماده‌ای رطوبت گیر<sup>(۱۰)</sup> است؛ یعنی رطوبت هوا را جذب می‌کند.

رطوبت زیاد، بافت کاغذ را سست و شرایط لازم برای رشد میکروارگانیسم‌هایی را که باعث فساد آهار کاغذ و لکه لکه شدن آن می‌شوند، فراهم می‌کند.

### حشرات

کاغذ نیز مانند سایر مواد آلی در معرض حمله حشرات خاص قرار می‌گیرند. شکی نیست که وجودنشاسته و ژلاتین، باعث تشدید این امر می‌شوند. مهم‌ترین عامل که شرایط محیطی لازم را برای حشرات مهیا می‌سازد، رطوبت است.

سوسک و ماهی نقره‌ای<sup>(۱۱)</sup> دو نوع حشره هستند که سطح خارجی کتب را مورد حمله و تغذیه خود قرار

می‌دهند و عمدتاً به قسمت خارجی کتب و مجلات مثل مواد صحافی و شیرازه‌ای و چرم و غیره صدمه می‌زنند. نوع دیگری از حشرات که برای کاغذ حتی از حشراتی که قبلاً ذکر شد ویرانگرتر و مضرترند مورپانه‌ها هستند که معمولاً آنها را مورچه‌هایی سفید می‌نامند.

### جوندگان

علاوه بر آفات بیولوژیکی که قبلاً ذکر شد، گاهی موش‌های خانگی معمولی نیز خسارت‌های فیزیکی بر کتاب‌ها و کاغذ وارد نموده و مشکلاتی جدی ایجاد می‌کنند. این حیوانات موزی در وارد کردن خسارت به مواد خیلی سریع عمل می‌کنند و گاهی فقط در طول یک شب قادرند چندین مجموعه بسیار با ارزش را به ذرات ریزی تبدیل کنند.

### قارچ‌ها و کپک‌ها

شیوع زنگ گیاهی (میلویر) یا کپک‌ها در میان کتب و مجلات در آب و هوای گرم و مرطوب خیلی معمولی است. اصطلاح کپک را برای تمام انواع موجودات زنده‌ای به کار می‌برند که روی کاغذ، چرم و منسوجات و غیره رشد و نمو می‌کنند، در صورتی که زنگ گیاهی اصطلاح عامی است که برای مشخص کردن یک وارپته گیاهی از انواع قارچ‌ها به کار می‌رود.

سلولز و آهار ژلاتین همگی مواد غذایی مناسب و خوبی برای قارچ‌ها هستند و وقتی رطوبت نسبی هوا از ۷۰ درصد بیشتر باشد، کپک‌ها فوراً رشد کرده و با شروع رشد آنها اگر درمان ننمایند، آسیب زیادی به کتب وارد خواهد شد.

### پانویس‌ها

- ۱- "Lascaux" نام غارهایی در دورنی (جنوب غربی فرانسه) که بر دیواره‌های آن نقاشی‌های مربوط به دوره پارینه سنگی پیدا شده است.
  - ۲- "Altamira" نام یک غار آهکی در شمال اسپانیا است که نخستین بار در سال ۱۸۷۹ نقاشی‌های مربوط به دوران پارینه سنگی بر سقف و دیواره‌های آن کشف شد.
  - ۳- "Papyrus" نوعی الیافی گیاهی است که مصریان در ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد از آن برای نوشتن به کار می‌گرفتند.
  - ۴- "Cellulose".
  - ۵- «گلوتکز» معروفترین منوساکارید دسته هگزوزها می‌باشند که ممکن است ساختمان حلقوی به خود بگیرد و به فرم آزاد در تمام گیاهان سبز وجود دارد.
  - ۶- "Lignin" ماده‌ای حاوی اجزای ساختمانی سلولزی که مواد اصلی بافت‌های چوبی را تشکیل می‌دهد.
  - ۷- «کلیکوزیدی» از ترکیب قندها، ترکیبات هیدروکسیل دار از قبیل الکل‌ها و فنول‌ها، گلیکوزیدها حاصل می‌شوند که دارای دو شکل a و b می‌باشند.
  - ۸- تجزیه مولکول‌های آب در اثر حمله اسید را شکست هیدرولیتیکی گویند.
  - ۹- رطوبت نسبی (R.H) Relative Humidity عبارتست از نسبت مقدار رطوبت موجود در حجم معینی از هوا (m) بر مقدار رطوبت لازم برای اشباع همان حجم از هوا (M) در دمای یکسان یعنی:  $(R.H. \frac{m}{M} \times 100)$
  - ۱۰- Hygroscopice
  - ۱۱- Silver fish
- منابع**
- ۱- حفاظت و نگاهداری و مرمت آثار هنری و تاریخی (درمان مرمت و بازسازی)، نوشته هارولد. ج. پلندرلیت و ای. ا. ورنر، ترجمه دکتر رسول وطن دوست، انتشارات دانشگاه هنر، چاپ اول، ۱۳۷۶.
  - ۲- طرح تحقیقاتی آسیب‌شناسی و فن‌شناسی کاغذ، از نگارنده.