



قطب کشوری زیست فناوری  
پژوهش‌سراهای دانش آموزی

# کاغذ زیستی

## BIO PAPER

جهت آماده سازی دانش آموزان برای مسابقات زیست  
فناوری کشوری

گردآوری: سعیده بارفروش، مرضیه رئوفی منش

## تاریخچه ی مصرف کاغذ

▶ کاغذ از مهم‌ترین ابزار دانش بشری است که برای نخستین بار در سال ۱۰۵ میلادی توسط شخصی به نام تسای لون و شاگردش تسوپر اختراع شد. تسایی لون از خیساندن تکه‌های بدون مصرف ابریشم در آب توانست خمیری به دست آورد و از پهن کردن و خشک کردن آن روی صفحه ای مسطح کاغذ به دست آمد. وی بعدها به جای ابریشم از چوب درخت توت و خیزران استفاده کرد. این بار کاغذ به دست آمده بدون چین و تاخوردگی بود و کیفیت بهتری داشت. تا پنج قرن متمادی فن تولید کاغذ، به کشور چین اختصاص داشت.





ابوریحان بیرونی در این باره نوشته است که مردم بخش‌های جنوبی هند برگ‌های درختی به نام تاری را، که مانند درخت نخل و نارگیل است، به هم می‌چسبانند و روی آن‌ها می‌نوشتند و سپس آن برگ‌ها را با نخ به هم می‌چسبانند. شاید به همین دلیل باشد که امروزه به صفحه‌های کتاب یا دفتر، برگ می‌گویند.

## تولید کاغذ

▶ کاغذ یکی از فرآورده های مهم چوب است و خمیر کاغذ بیشتر از چوب سوزنی برگان ساخته می شود چرا که الیاف طولانی تری نسبت به دیگر درختان دارد. البته در کل می توان گفت گیاهانی که الیاف طولانی دارند برای ساخت کاغذ مناسب هستند.

▶ تبدیل چوب به کاغذ در شش مرحله صورت می گیرد:

۱- قطع درختان

۲- حمل الوار به کارخانه

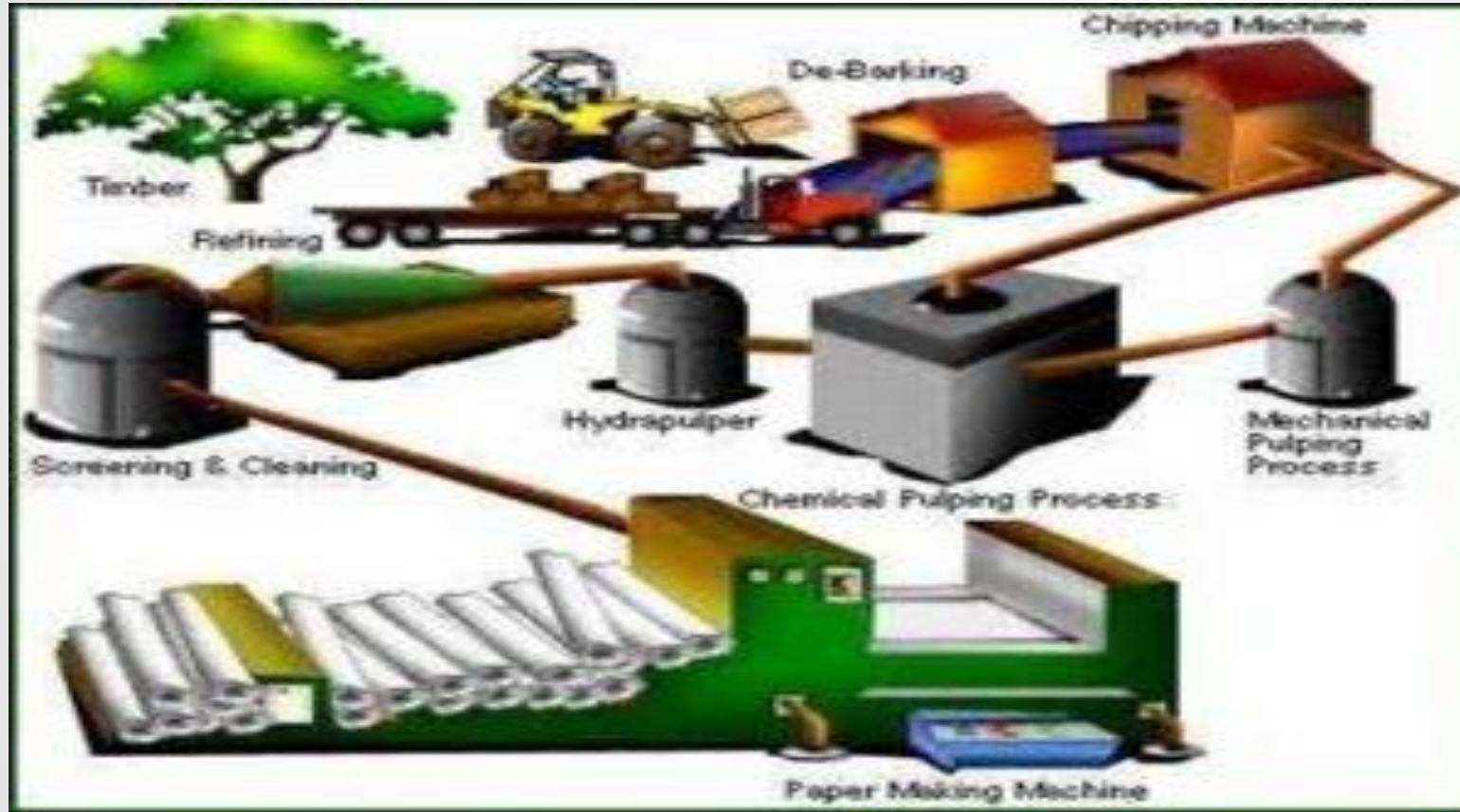
۳- کندن پوست درختان

۴- تبدیل درختان به تکه های ریز چوب و تهیه چیپس چوب

۵- از بین بردن رنگ زرد چوب و مخلوط چیپس چوب با آب و مواد شیمیایی (از جمله گچ، پلاستیک، آب ژاول پتاسیم پرمنگنات و...)

۶- خشک کردن خمیر کاغذ و تهیه کاغذ.

## مراحل تولید کاغذ از چوب (۱)



## مراحل تولید کاغذ از چوب (۲)؛ تهیه ی خمیر کاغذ

شرح مراحل بدین ترتیب است؛

▶ در ساخت کاغذ ابتدا پوست تنه درخت را به وسیله ماشین پوست کنی، کنده و سپس به وسیله دستگاه چوب خرد کن به خرده چوب تبدیل می کنند. این خرده چوب ها توسط دستگاه تولید تراشه، به تراشه های ریز تبدیل شده که برای اطمینان بیشتر از الک مخصوص عبور داده می شود. سپس خرده چوب ها را به وسیله مواد شیمیایی و روش های مختلف پخت خمیر تجزیه می کنند و از آن ها الیاف سلولوزی به دست می آورند که در اصطلاح خمیر کاغذ گفته می شود. در این مرحله خمیر قهوه ای رنگی به دست می آید که از آن در تهیه مقوا، کارتن و یا کاغذهای گاهی استفاده می شود.



## مراحل تولید کاغذ از چوب (۳)؛ کاغذ سفید

► برای داشتن کاغذ سفید چه باید کرد؟!

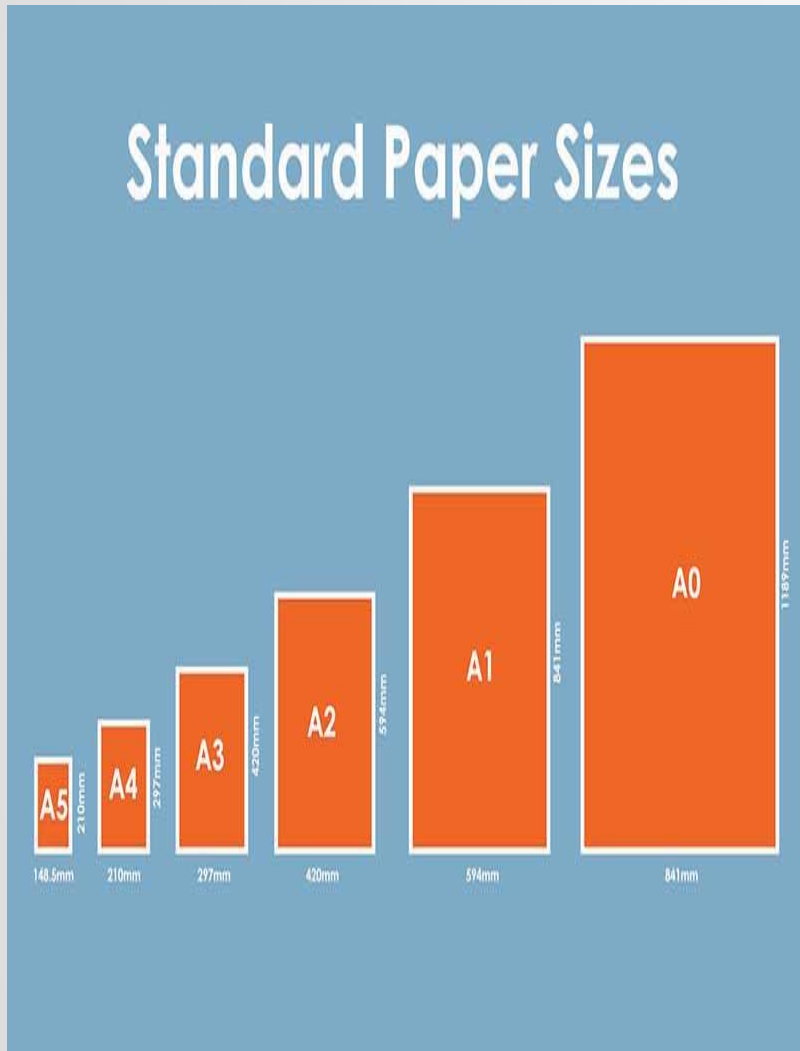
برای تهیه کاغذ سفید، خمیر چوب را با آب مخلوط می کنند تا خمیر صاف و یک دست شود و سپس آن را در داخل ماشین تصفیه کننده می ریزند. این عمل برای جدا کردن لیگتین و کاهش رنگ خمیر صورت می گیرد. در این ماشین الیافها به طور یک نواخت صاف و مرتب می شوند و آب خمیر گرفته می شود. در واقع از درهم رفتن الیاف سلولوزی و پرس آنها، ورقه های کاغذ ایجاد می شود. در این ماشین، صفحات حاوی خمیر کاغذ بر اثر ارتعاش می لرزند و خمیر کاغذ را صاف و یک نواخت می کنند. در نهایت مرحله آخر خشک کردن کاغذ است که به وسیله دستگاهی با چند استوانه به نام خشک کن صورت می گیرد.



## مراحل تولید کاغذ از چوب (۴)؛ برش کاغذ

در واقع خمیر حاوی آب از توری هایی با سوراخ های دو تا سه میلیمتری عبور داده می شود تا بخش عمده آب خود را از دست بدهد و سپس آن را از پرس های قوی عبور می دهند تا باقیمانده آب آن نیز از بین رفته و کامل خشک شود. خمیر خشک شده را از میان غلتک های ویژه عبور می دهند تا به صورت صفحات کاغذ در آید. در این لحظه کاغذ برای مصرف آماده است که طبق استانداردهای بین المللی به اندازه های مختلف برش داده شده و بسته بندی می شود.

یکی از مهم ترین طبقه بندی های بین المللی برش کاغذ، استاندارد A است. حتماً نام کاغذ A3 یا A4 بارها به گوشتان خورده است.





## اما... جنگل ها در خطرند!

برای تولید هر تن کاغذ باید ۱۷ اصله درخت را قطع کنیم که هر درخت به طور متوسط قادر است سالانه ۶ کیلوگرم دی اکسید کربن را به اکسیژن تبدیل کند.

اگر کاهش سطوح جنگل ها به همین منوال ادامه پیدا کند تا ۵۰ سال آینده جنگلی در کشور وجود نخواهد داشت و آلودگی هوا، سیلاب و فرسایش خاک عرصه زندگی را بر مردم تنگ می کند. اما چه ماده ی جایگزینی می تواند از قطع بخشی از تنه درختان جنگل جلوگیری کند؟



## چاره چیست؟!

- ▶ صنعت کاغذسازی از قرن هفتم هجری به بعد در ایران وجود داشته و گسترش یافته است. با گذشت سالیان متمادی از گسترش این صنعت، تولیدکنندگان کاغذ کشور به تدریج مشکل کاهش مواد اولیه را در سال‌های اخیر بیشتر احساس کرده و لازم می‌دانند همگام با استفاده از فناوری‌های جدید، راه‌کارهایی عملی برای استفاده از منابع جدید و بهبود کیفیت و کمیت محصولات اتخاذ نمایند. ازین رو به استفاده‌ی مجدد از کاغذهای باطله و استفاده شده روی آوردند.
- ▶ تا پیش از جنگ جهانی دوم تولید کاغذ غالباً با قطع درختان و استفاده از چوب انجام می‌شد اما پس از آن و رشد صنعت کاغذسازی و معطوف شدن تحقیقات به سمت استفاده از مواد غیرچوبی برای جلوگیری از تخریب و انهدام جنگل‌ها، این صنعت نیز رشد یافته و استفاده از ضایعات کشاورزی توجه صنایع کاغذسازی را به خود جلب کرده است.

## استفاده از منابع جایگزین



- ▶ تولید کنندگان به این نتیجه رسیدند که به جز منابع رایج و مرسوم از منابع جایگزین نیز می توان بهره گرفت. به این مثال ها توجه کنید؛
- ▶ ساقه کتان، شاهدانه، پنبه که الیاف بلند در حدود ۱/۲ الی ۶ میلی متر طول دارند.
- ▶ ساقه گیاهانی مانند گندم، جو، نی، کنف و غیره
- ▶ درختانی که برگ سوزنی با الیاف بلند دارند، مانند کاج و یا برگ پهن هستند همانند چنار.
- ▶ انواع کاغذهای باطله و قطعات مقوای کهنه
- ▶ الیاف تفاله نیشکر (باگاس)

## انواع خمیر کاغذ

- ▶ در صنایع تولید خمیر کاغذ از مواد اولیه چوبی، مواد اولیه غیر چوبی و خمیر حاصل از کاغذهای باطله، انواع خمیر کاغذ بدست می‌آید که به عنوان مواد اولیه صنایع کاغذ سازی استفاده می‌شوند. انواع خمیرهای اصلی عبارتند از:
- ▶ خمیر الیاف بلند: این خمیر معمولاً از چوب‌های سوزنی برگ که الیاف بلندی دارند تهیه می‌شود.
- ▶ خمیر الیاف کوتاه: این خمیر معمولاً از باگاس و برخی از ضایعات کشاورزی بدست می‌آید مانند؛ کاه گندم، برنج و باگاس نیشکر، گیاهان خودرو شامل بامبو نی اسبر قو، الیاف برگی مانند کف درخت صبار و الیاف پوست یا ساقه مانند کف هندی، کف بنگالی، الیاف کتان و دیگر محصولات زائد آن ها
- ▶ سایر خمیرها نظیر خمیر پالپ که از کاغذ و مقوای بازیافتی تهیه می‌شود.

## تولید خمیر کاغذ با ضایعات کشاورزی در ایران و دیگر کشورها

▶ در ایران فعالیت کاغذ سازی با استفاده از مواد بازیافتی، اولین بار با تأسیس کارخانه مقواسازی و با استفاده از کاغذهای باطله در سال ۱۳۱۳ شمسی در کرج شروع شد.

▶ در بسیاری از کشورها استفاده از کاه برای تولید خمیر کاغذ پیشرفت چشمگیری داشته است. در کشورهای دانمارک، یونان، هلند، مجارستان، ایتالیا، رومانی، اسپانیا و یوگسلاوی که منابع تأمین چوبشان محدود است و بیشتر به واردات اتکا دارد، این صنعت رواج بسیاری یافته است. همچنین برخی کشورهای دیگر مانند: آرژانتین، چین، مصر، هند، اندونزی، مکزیک، پاکستان، سریلانکا و ترکیه به دلیل محدودیت منابع چوبی به استفاده از بقایای محصولات کشاورزی به‌ویژه کاه روی آورده و نتایج مثبتی گرفته‌اند.

## باگاس چیست؟



به تفاله گیاه نیشکر، باگاس (bagasse) گفته می‌شود. باگاس در واقع یکی از تولیدات جانبی نیشکر است که حدوداً ۲۰-۳۰ درصد وزن آن را تشکیل می‌دهد. این محصول باقیمانده فیبری به جای مانده پس از عصاره گیری از شکر است که به صورت قطعات ریز تراشه چوب و به رنگ زرد کاهی می‌باشد. این ماده دارای فیبر بالا و نیتروژن است که میزان عناصر تشکیل دهنده آن با توجه گونه های مختلف نیشکر و بر حسب رشد سنی نیشکر، نحوه ی برداشت آن و بالاخره میزان بازیابی و راندمان عصاره گیری در آسیاب ها به مقدار کمی متفاوت است.

از این ماده می‌توان فرآورده هایی همچون نئوپان، MDF، خوراک دام و الکل تهیه کرد. باگاس با توجه به مزارع وسیع نیشکر در استان خوزستان و کمبود چوب در کشور، مناسب ترین جانشین برای چوب، جهت تولید خمیر کاغذ است.

# مراحل تولید کاغذ از باگاس در صنعت

## واحد خمیرسازی

باگاس  
(تفاله نیشکر)

واحد مغزه گیری  
(تفکیک الیاف)

واحد پخت  
(محلول در سود کاستیک)

شستشوی خمیر

خمیر کاغذ

تغلیظ خمیر

تصفیه خمیر

خمیر کاغذ

خشک کردن خمیر

خمیر ویرجین

اضافه کردن خمیر الیاف بلند

کاغذ رول سفید

اضافه کردن کاغذ آخال

رول فلوتینگ

معاوضه با تیشو- فروش تیشو در بازار

## آخال (ضایعات کاغذ)

برای بازیافت کاغذهای باطله ی چاپ شده، عملیات ویژه ای برای از بین بردن مرکب چاپ با استفاده از روش های شیمیایی رنگبری صورت می گیرد. از این گروه از کاغذها در تولید برخی از انواع روزنامه ها و کاغذهای پرحجم استفاده می شوند.





## کاغذهای باطله را دور نیاندازید!

به کمک وسایل بسیار ساده‌ای می‌توانید در خانه کاغذ بسازید.

▶ در خانه ی خود به دنبال هر وسیله ی دوررختنی بگردید که جنسی مشابه کاغذ یا مقواهای نازک داشته باشد.

▶ اگر روی کاغذ باطله هایتان روکش پلاستیکی است، آن را جدا کنید.

▶ کاغذها را ریز ریز کنید.

▶ تکه‌های کاغذ را ۴ الی ۶ ساعت در آب گرم بگذارید. سپس به کمک قاشق، آن‌ها را با آب مخلوط کنید تا خمیر کاغذ آماده شود.

▶ اکنون به کمک غربال، آب اضافی خمیر را از آن بگیرید.

▶ خمیر را به آرامی روی یک ورقه‌ی پلاستیک برگردانید و روی آن را با ورقه پلاستیکی دیگری بپوشانید.

▶ اکنون به کمک وردنه آب اضافی را از کاغذ بیرون کنید و آن را در آفتاب بگذارید تا خوب خشک شود.

## روش ساخت کاغذ از باگاس در آزمایشگاه

- ۱- ابتدا باگاس را در آب جوش گذاشته تا نرم شود سپس آن را شسته و آب می کشیم.
- ۲- باگاس را همراه با سدیم کربنات و سدیم هیروکسید (نسبت به حجم باگاس) در آب جوش به مدت یک ساعت قرار می دهیم.
- ۳- کمی از آب ظرف را خارج کرده و مایع مذکور را داخل مخلوط کن می ریزیم.
- ۴- مایع بدست آمده را در قالب می ریزیم و پهن می کنیم و آن را با وردنه صاف می کنیم.
- ۵- سپس با پارچه یا کاغذ روی آن را ۵ پوشانده و در آخر بر روی آن چند جسم سنگین قرار می دهیم تا فشرده شود و پس از فشرده شدن، آن را کمی حرارت می دهیم تا خشک شود.

## در ساخت کاغذ خود خلاقیت به خرج دهید!



چینی‌های باستان، به همین روش از پوست درخت توت کاغذ می‌ساختند. ایرانی‌ها کاغذ سازی را از چینی‌ها آموختند و برای این که روی کاغذ بهتر بتوانند بنویسند، هر دو سطح آن را با نشاسته می‌پوشاندند. شما نیز می‌توانید به خمیر کاغذ خود کمی نشاسته بزنید تا کاغذ بهتری داشته باشید. همچنین می‌توانید با نوآوری خود کاغذهای جالب‌تری بسازید. برای مثال به خمیر کاغذ چند گلبرگ یا گیاهانی که رنگدانه‌های قوی دارند (مثل لبو یا زعفران) اضافه کنید و اثر آن را بر کاغذ ساخت خود ببینید. نکته‌ی مهم این است که برای رنگ کردن یا تزئین کاغذ خود فقط از مواد طبیعی استفاده کنید.

## ویژگی های کاغذی که می سازید

▶ به مواد و مثال های ذکر شده توجه کنید. نگاهی به اطراف بیاندازید و سعی کنید از مواد دورریز و کم ارزش برای تهیه ی خمیر کاغذ بهره ببرید؛ کاغذی که مخصوص خودتان است و شما مخترعش هستید! سعی کنید این معیارها را در ساخت کاغذ خود مدنظر قرار دهید؛

✓ مقاومت نسبت به پارگی، که با انرژی مورد نیاز برای انتشار پارگی در نمونه کاغذی که در آن شکافی ایجاد شده است اندازه گیری می شود.

✓ مقاومت در برابر سوراخ شدن

✓ پایداری در مقابل تا شدن، این خاصیت را به این ترتیب اندازه می گیرند

که یک باریکه کاغذ را بارها به داخل و خارج تا می کنند تا پاره شود.

✓ داشتن سطح صاف و یکدست

