

## ارزیابی اثرات پالایش بر ویژگی های کاغذ شفاف ساخته شده از الیاف باگاس

فرزانه شیرعلیزاده<sup>۱\*</sup>، محمد آزادفلاح<sup>۲</sup>، علی عبدالخانی<sup>۲</sup>، محمد لایقی<sup>۲</sup> و سعید مهدوی<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد، صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک: mis.falizadeh@yahoo.com

۲- استادیار صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۲

### چکیده

این تحقیق با هدف ساخت نمونه های آزمایشگاهی کاغذ شفاف با روش پالایش شدید انجام شد. برای این منظور، خمیر کاغذ سودای رنگ بری شده باگاس به منظور حذف کامل گروه های رنگ ساز باقیمانده تحت تیمار رنگ بری تکمیلی با توالی DED قرار گرفت. سپس این خمیر کاغذ برای دستیابی به درجه روانی ۵۵، ۱۳۰، ۲۰۰ و ۲۶۰ میلی لیتر (CSF) (استاندارد کانادایی) توسط PFI پالایش و از آنها کاغذهای دست ساز ساخته شد. نتایج تأثیر قابل ملاحظه پالایش را بر ویژگی های نوری به ویژه شفافیت نشان داد. به طوری که بیشترین شفافیت در نمونه های ساخته شده از خمیر کاغذهایی با کمترین درجه روانی مشاهده شد. همچنین تغییرات مشاهده شده در میزان شفافیت در اثر پالایش با اندازه گیری تغییرات ضریب پخش، ماتی و روشنی کاغذهای دست ساز بیشتر توجیه گردید. بعلاوه اینکه تغییرات شدید در ساختار خلل و فرج کاغذهای دست ساز که تأثیر عمده ای بر توسعه شفافیت کاغذ دارند با بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM) و تخلخل سنج جیوه ای تأیید شد.

واژه های کلیدی: شفافیت، پالایش، تخلخل سنجی جیوه، الیاف باگاس.

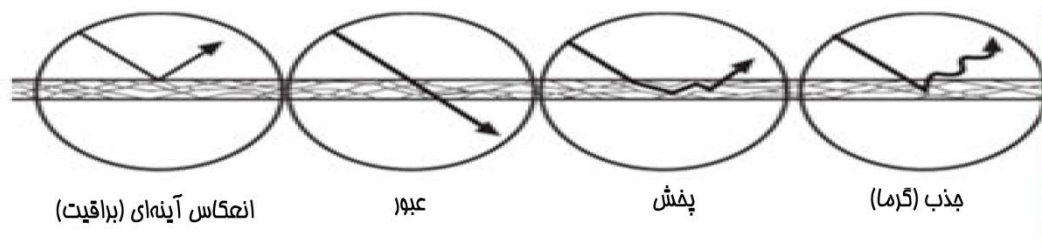
### مقدمه

ویژگی های نوری مطلوب انواع کاغذها متناسب با کاربردها متغیر است؛ به طور مثال در کاغذ چاپ تحریر ویژگی ماتی (Opacity) برای کاغذ بسیار حائز اهمیت است، در حالی که در بسیاری از کاربردهای دیگر مانند کاغذ ترسیم (Tracing paper)، کاغذ حباب لامپ (Lampshade) و بعضی از کاغذهای بسته بندی، شفافیت کاغذ بسیار مهم است.

درواقع شفافیت، ماتی، روشنی، رنگ، براقیت، فلورسانسی و سفیدی مهمترین خواص نوری کاغذ هستند که بر پایه برهم کنش نور با کاغذ تعریف می شوند. اغلب هنگامی که اشعه نور به سطح کاغذی برخورد می کند،

چهار حالت انعکاس، جذب، پخش و عبور نور اتفاق می افتد (شکل ۱).

انعکاس نشان داده شده در شکل ۱ عمدتاً انعکاس از سطح رویی ورقه است که به انعکاس آینه ای معروف است. در صورتی که ورقه کاغذ به شدت اتوزنی شود و یا پوشش براق داشته باشد، مؤلفه آینه ای انعکاس زیاد خواهد بود که در این صورت پخش نیز زیاد می شود. پخش زیادی از پرتو نور به طور کامل از ورقه عبور می کند و مقدار عبور به ماتی و یا توان پوشش دهی ورقه بستگی دارد (Popson, et al., 1997).



شکل ۱- برهم کنش نور با کاغذ (Popson, et al., 1997)

با ضریب شکست ۱/۵۲ استفاده شد و پس از آغشته‌سازی، کاغذهای دست‌ساز به مدت ۱۰ دقیقه و درجه حرارت ۱۱۸ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۰ مگاپاسکال پرس شدند. نتایج نشان دادند که پرس کردن کاغذهای آغشته شده با لاتکس‌های تحت گرما موجب کاهش شدید حجم خلل و فرج کاغذ می‌شود. به‌علاوه اینکه پالایش شدید موجب دستیابی به شفافیت بالا در کاغذ گردید.

در این مطالعه نیز سعی شد تا با استفاده از روش پالایش شدید امکان ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی کاغذ شفاف از الیاف رنگبری شده با گاس بررسی شود. به‌علاوه اینکه سایر تغییرات ایجاد شده در ویژگی‌های کاغذ با هدف توجیه دقیق‌تر مشاهدات رصد شد.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه از خمیر کاغذ رنگ‌بری شده با گاس تهیه شده از شرکت کاغذسازی پارس برای ساخت نمونه‌های آزمایشگاهی استفاده شده است. ابتدا به‌منظور حذف کامل لیگنین باقیمانده در خمیر کاغذ اولیه با درجه روشنی ISO %۷۷ و به‌منظور حداقل رساندن ضریب جذب، رنگ‌بری تکمیلی با توالی DED مطابق با شرایط مندرج در جدول ۱ انجام شد. سپس مطابق با دستورالعمل T۲۴۸sp-۰۰ استاندارد TAPPI خمیر کاغذ رنگ‌بری شده توسط پالایشگر PFI برای رسیدن به درجه روانی مختلف (۵۵، ۲۰۰، ۱۳۰ و ۲۶۰ میلی‌لیتر، CSF) پالایش شد. از این خمیر کاغذها، مطابق با دستورالعمل T ۲۰۵ om-۸ استاندارد TAPPI کاغذهای دست‌ساز با گراماژ ۶۰ g/m<sup>2</sup> ساخته شدند. با این تفاوت که به‌منظور هرچه بیشتر تحت تأثیر قرار دادن خلل و فرج کاغذها، فشار اعمال شده تا ۵۰ bar افزایش داده شد.

الیاف سلولزی خالص اساساً بی‌رنگ هستند و هر زمان که اشعه نور به این الیاف برخورد کند، مقداری از اشعه از سطح الیاف انعکاس می‌یابد و مقدار دیگری از آن از نزدیک الیاف شفاف عبور کرده و انحراف پیدا می‌کند. این انعکاس یا انحراف در داخل شبکه الیاف سلولزی باعث پخش نور می‌شود.

برای ساختن کاغذ شفاف سه روش شناخته‌شده وجود دارد: ۱) اشباع کاغذ با مواد شیمیایی دارای ضریب شکستی نزدیک به سلولز، ۲) عمل‌آوری با اسید غلیظ و ۳) پالایش شدید (Overbeating) (Van der Reyden, et al., 1993). در واقع شفاف‌سازی کاغذ مستلزم بکارگیری روش‌هایی است که عبور نور از کاغذ را افزایش و سایر حالت‌های برهم‌کنش نور با کاغذ را به حداقل برساند. معمولاً کاهش جذب نور (ضریب جذب، k) با حذف کامل لیگنین و گروه‌های رنگ‌ساز موجود در الیاف طی فرایندهای خمیرسازی شیمیایی و رنگ‌بری و کاهش پخش نور (ضریب پخش، s) با فرایندهای پالایش، پرس و اتوزنی امکان‌پذیر است. البته روش‌های شفاف‌سازی کاغذ و تکنولوژی‌های مربوط عمده‌تاً قدیمی هستند. با وجود این، توسعه محصولاتی با کاربردهای جدید همواره مورد توجه پژوهشگران است. به‌عنوان مثال Nogi و همکاران (2009) با استفاده از نانوفیبرهای سلولزی کاغذهای شفاف نوری با قابلیت تاخوردگی و با ضریب انبساط، CTE (Thermal Expansion Coefficient) کم ساختند که در تولید وسایل الکترونیکی از جمله نمایشگرهای تاچو، سلول‌های خورشیدی و کاغذهای الکترونیکی می‌توانند به‌کار برده شوند. همچنین Yamauchi و همکاران (2005) تحقیقاتی را پیرامون شفاف‌سازی کاغذ با اشباع لاتکس و مقایسه آن با کاغذ شفاف ساخته شده با فرایند پالایش انجام داده‌اند. در روش آغشته‌سازی از لاتکس (Acrylonitrile Butadiene Rubber NBR)

جدول ۱- شرایط رنگ‌بری تکمیلی خمیر کاغذ با گاس با توالی DED

D <sub>1</sub>	E	D <sub>0</sub>	توالی رنگ‌بری (DED)
۱	-	۱	درصد ClO <sub>2</sub> (بر مبنای وزن خشک خمیر)
-	۱	-	درصد NaOH (بر مبنای وزن خشک خمیر)
۹۰	۸۰	۸۰	دما °C
۱۲۰	۶۰	۹۰	مدت زمان (دقیقه)
۴	۱۲/۵	۳/۵	PH اولیه
۳/۵	۱۱/۵	۲/۳	PH نهایی

می‌شود و مایعات با فشار بالا به داخل نمونه تزریق می‌شود. اندازه حفرات را می‌توان به وسیله فشار مورد نیاز برای وارد کردن جیوه در داخل حفرات اندازه‌گیری کرد. این روش معمولاً تحت خلأ انجام می‌گیرد و زاویه تماس جیوه با بیشتر جامدات بین ۱۴۲-۱۳۵ درجه و به‌طور متوسط ۱۴۰ درجه است.

#### اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومت در برابر پاره شدن، کشش و ترک‌یدن به ترتیب طبق استانداردهای SCAN ۱۱:۷۳ P, ۹۲-۲۴۰om TAPPI و ۹۱-۲۴۰om TAPPI انجام شد. همچنین سطح نسبی پیوند (RBA) (Relative Bonded Area) مطابق با روش Ingmanson و Thode (1959) و با استفاده از معادله زیر محاسبه شد:

$$RBA = (S_0 - S) / S$$

در این معادله S ضریب پخش نمونه کاغذ و S<sub>0</sub> ضریب پخش کاغذ فاقد هرگونه پیوند بین الیاف است. پارامتر S<sub>0</sub> با ترسیم منحنی تغییرات ضریب پخش نور در مقابل شاخص مقاومت به کشش و برون‌یابی ضریب پخش نور تا مقدار مقاومت به کشش صفر به دست می‌آید.

#### نتایج

طیف‌های عبوری فرابنفش مرئی تهیه شده از نمونه‌ها به‌عنوان معیاری از شفافیت در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان عبور نور در طول موج‌های ۵۵۷ (حداکثر حساسیت چشم) و ۸۰۰ نانومتر (حد بالای ناحیه مرئی) در جدول ۲ ارائه شده است.

اندازه‌گیری میزان عبور نور (Transmittance) میزان نور عبور کرده به‌عنوان معیاری از شفافیت با طیف‌سنجی فرابنفش - مرئی از نمونه‌ها در محدوده طول موج ۲۵۰ تا ۸۰۰ نانومتر توسط طیف‌سنج مدل Lambda25 اندازه‌گیری شد.

#### تهیه تصاویر میکروسکوپ الکترونی (SEM)

به‌منظور بررسی مورفولوژی الیاف سطح کاغذهای ساخته شده، پس از اعمال پوشش طلا در سطح نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی مدل ۲۳۰۰ CamScan MV تصاویر میکروسکوپی تهیه شد.

#### اندازه‌گیری ویژگی نوری کاغذ

ویژگی‌های نوری کاغذ شامل روشنی، ماتی، ضریب جذب و ضریب پخش نور طبق استانداردهای ISO-۲۴۷۰ و ISO-۲۴۷۱ اندازه‌گیری شده است.

#### تخلخل‌سنجی جیوه

برای بررسی دقیق تغییرات ایجاد شده در خلل و فرج کاغذهای دست‌ساز از تخلخل‌سنجی جیوه‌ای کم فشار (۱۴۰ Kpa) با استفاده از تخلخل‌سنج جیوه‌ای مدل Pascal 140 مطابق استاندارد EN ۶۱۰۱۰ استفاده شده است. در این روش دیلاتومتر (محل قرارگیری نمونه) تحت فشار از جیوه پر می‌شود و برای تعیین اندازه خلل و فرج با قطر/شعاع با دامنه ۲ تا ۷۰ میکرومتر مناسب است.

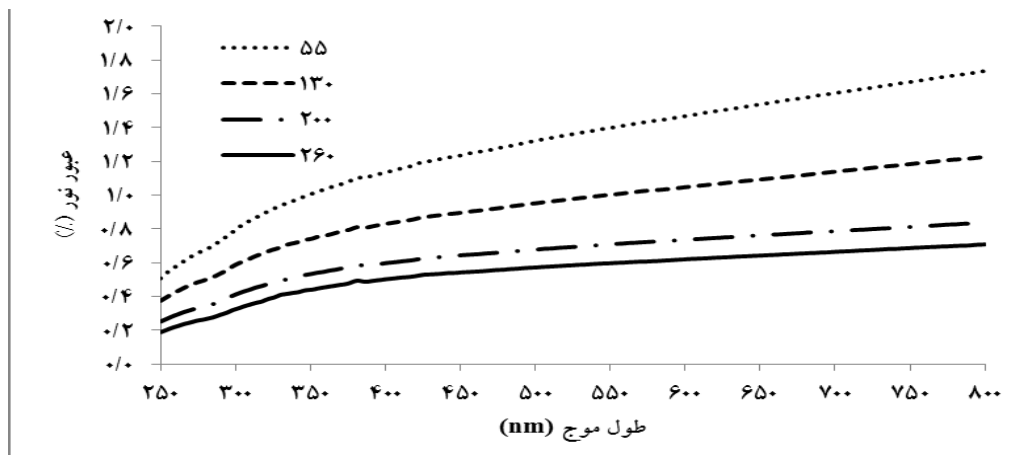
تخلخل‌سنجی جیوه یک روش آنالیز اندازه‌گیری ساختار حفرات شامل قطر حفرات، کل حجم حفرات، فضای سطحی و حجمی و دانسیته خالص است. در این روش از مایعاتی که خاصیت ترکندگی ندارند (اغلب جیوه) استفاده

جدول ۲- میزان عبور نور کاغذهای شفاف ساخته شده در طول موج ۵۵۷nm و ۸۰۰nm

۸۰۰nm	۵۵۷nm	درجه روانی (CSF(mL))
۱/۷۳	۱/۴۳	۵۵
۱/۲۲	۱/۰۳	۱۳۰
۰/۸۳	۰/۷۲	۲۰۰
۰/۷۰	۰/۶۱	۲۶۰
۰/۲۹	۰/۲۶	۷۲۰ (شاهد)

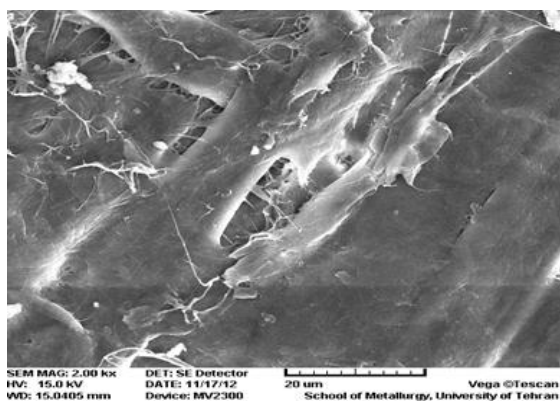
که بیشترین شفافیت مربوط به کمترین درجه روانی (۵۵mL) و کمترین مقدار مربوط به نمونه شاهد است.

مطابق با نتایج ارائه شده در جدول ۲ و شکل ۲، افزایش میزان پالایش (کاهش درجه روانی) موجب افزایش میزان عبور نور و به عبارتی شفافیت کاغذها شده است. به طوری

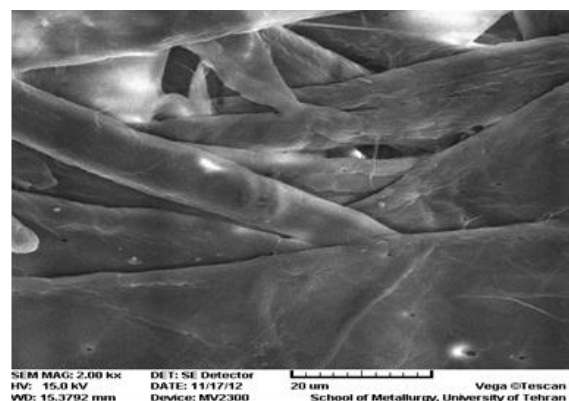


شکل ۲- طیف عبوری کاغذهای شفاف ساخته شده از خمیر کاغذ باگاس با درجه روانی متفاوت در دامنه طول موج ۲۵۰-۸۰۰nm

تصاویر میکروسکوپ الکترونی تهیه شده از سطح نمونه‌های شاهد و کاغذ شفاف حاصل از خمیر کاغذ پالایش شده تا درجه روانی ۵۵ mL در شکل ۳ نشان داده شده است.



ب



الف

شکل ۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی از سطح نمونه‌های الف) شاهد (۷۲۰ mL) و ب) پالایش شده (۵۵ mL) با بزرگنمایی ۲۰۰۰

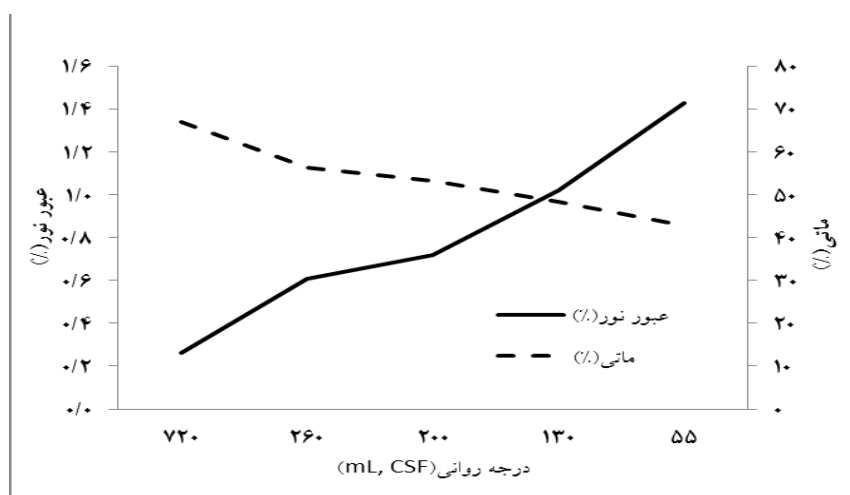
جدول ۳- خواص نوری کاغذهای شفاف ساخته شده از خمیر کاغذ باگاس با درجه روانی متفاوت

ضریب پخش $m^2/kg(S)$	روشنی (%)	ماتی (%)	درجه روانی CSF(mL)
۸/۵۷	۶۶/۶۱	۴۲/۷۴	۵۵
۱۰/۸	۶۷/۳۱	۴۸/۲۴	۱۳۰
۱۲/۳۴	۷۳/۶۳	۵۳/۱۷	۲۰۰
۱۵/۵۳	۷۱/۵۹	۵۶/۳۶	۲۶۰
۲۷/۱۹	۸۲/۶۸	۶۶/۸۸	۷۲۰ (شاهد)

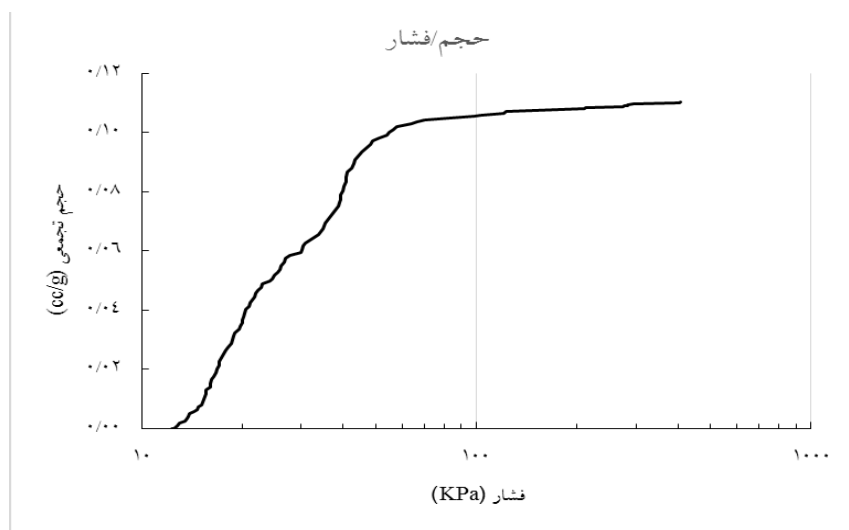
شده است. نتایج اندازه‌گیری حجم خلل و فرج توسط تخلخل‌سنج جیوه‌ای مربوط به نمونه کاغذ ساخته شده با بیشترین شفافیت و نمونه شاهد به ترتیب در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت به ترکیدن و پارگی کاغذهای شفاف ساخته شده از خمیر کاغذ باگاس در جدول ۴ ارائه شده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری سایر خواص مهم نوری شامل ماتی، روشنایی و ضریب پخش نور در جدول ۳ ارائه شده است.

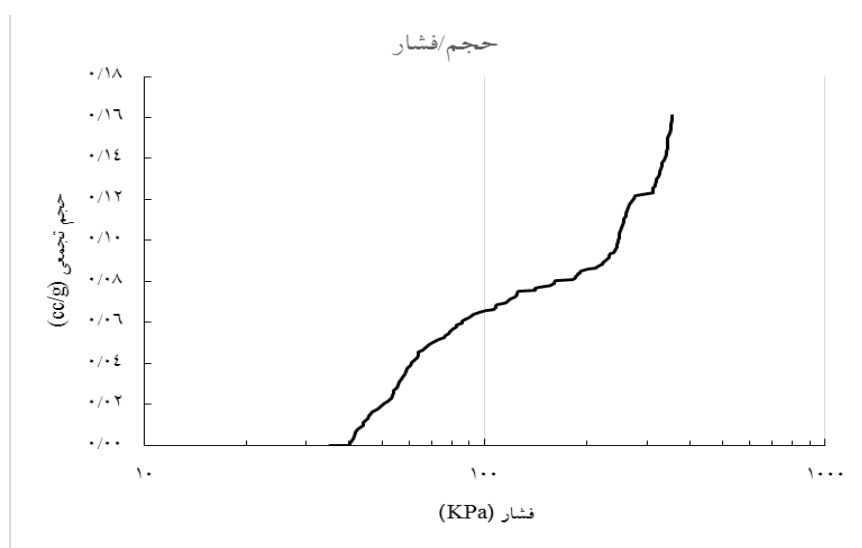
طبق نتایج به دست آمده (جدول ۳) بیشترین ماتی، روشنایی و ضریب پخش مربوط به نمونه شاهد است و با افزایش شدت پالایش از مقدار ماتی، روشنایی و ضریب پخش کاغذهای شفاف کاسته شده است، به طوری که نمونه حاصل از خمیر کاغذ پالایش شده تا درجه روانی ۵۵mL کمترین مقادیر را نشان می‌دهد. در شکل ۴ روند تغییرات ماتی در اثر پالایش با توجه به تغییرات شفافیت نشان داده



شکل ۴- تغییرات ماتی کاغذهای دست‌ساز با توجه به تغییرات میزان پالایش و میزان عبور نور



شکل ۵- رابطه بین حجم تجمعی خلل و فرج و فشار جیوه در کاغذ شفاف ساخته شده از خمیر کاغذ باگاس با درجه روانی ۵۵mL



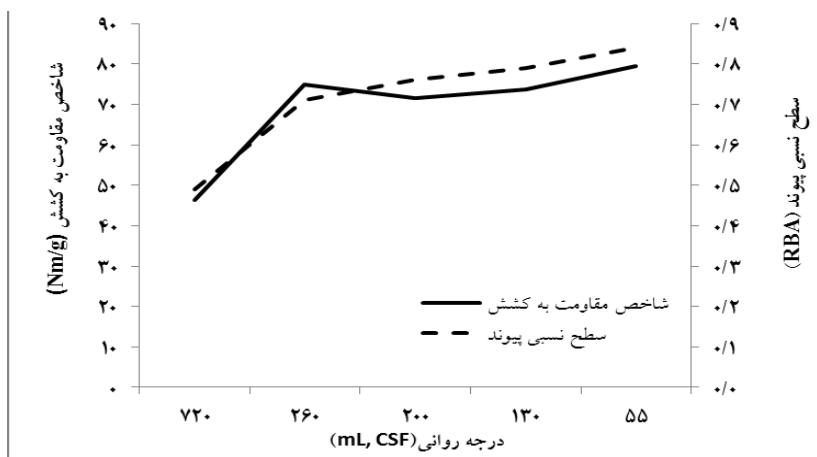
شکل ۶- رابطه بین حجم تجمعی خلل و فرج و فشار جیوه در نمونه شاهد (۷۲۰ mL,CSF)

جدول ۴- شاخص مقاومت به ترکیدن و پارگی کاغذهای شفاف ساخته شده از خمیر کاغذ باگاس با درجه روانی متفاوت

شاخص مقاومت به پارگی (mN.m <sup>۲</sup> /g)	شاخص مقاومت به ترکیدن (KPa.m <sup>۲</sup> /g)	درجه روانی CSF (mL)
۱/۷	۳/۲۱	۵۵
۱/۹۸	۲/۸۸	۱۳۰
۲	۲/۵۱	۲۰۰
۲/۳۸	۳/۰۶	۲۶۰
۳/۰۸	۱/۸۹	۷۲۰ (شاهد)

پارگی در اثر افزایش شدت پالایش کاسته شده است. البته تغییرات نتایج اندازه‌گیری شاخص مقاومت به کشش و سطح نسبی پیوند در شکل ۷ در نمونه‌های پالایش شده نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهند که با افزایش میزان پالایش، مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز تقریباً روند افزایشی دارد، به طوری که بیشترین مقادیر به خمیر کاغذ پالایش شده با درجه روانی ۵۵ mL مربوط است. در مقابل، از شاخص مقاومت به



شکل ۷- تغییرات شاخص مقاومت به کشش و سطح نسبی پیوند (RBA) در اثر پالایش

شدن الیاف و افزایش سطح تماس بین الیاف، ضریب پخش کاهش یافته است و در نتیجه شفافیت افزایش و به تبع آن ماتی کاغذ حاصله نیز تا حدی کاهش پیدا کرده است. صافی سطح و شفافیت کاغذ به خصوصیت خلل و فرج آن بستگی دارد. متلاشی شدن (Collapse) ساختار الیاف و کاهش خلل و فرج در اثر پالایش باعث محدود کردن پخش نور بین الیاف/ هوا می‌شود (Van der Reyden, et al., 1993). در نتیجه با صراحت می‌توان به اهمیت تعیین ساختار خلل و فرج برای بیان و توصیف خصوصیات ظاهری و شفافیت (عبور نور) کاغذ پی برد.

همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است با افزایش فشار جیوه، حجم تجمعی خلل و فرج اندازه‌گیری شده کاغذ شفاف ساخته شده از خمیر کاغذ باگاس با درجه روانی ۵۵ mL افزایش می‌یابد و در نهایت در حجم حدود  $0.11 \text{ cm}^3/\text{g}$  به حداکثر مقدار خود رسیده و ثابت می‌شود. به عبارتی با اعمال فشار بیشینه تخلخل سنج ( $140 \text{ Kpa}$ ) تمام خلل و فرج از جیوه پر شده‌اند. ولی در مورد نمونه شاهد (شکل ۶) مشاهده می‌شود که حجم تجمعی در محدوده فشار

## بحث

اصولاً هدف اصلی پالایش خمیر کاغذ افزایش انعطاف پذیری دیواره سلول برای افزایش تماس ناحیه‌ای و افزایش لیفی شدن (Fibrillation) سطح الیاف به منظور افزایش پیوند هیدروژنی و افزایش سطح کل قابل دسترس برای پیوندهاست (Gary Chinga, 2002).

در ریزنگار الکترونی تهیه شده از نمونه شاهد (شکل ۳- الف) الیاف به صورت دوکی شکل و نسبتاً دست نخورده دیده می‌شوند و حتی خلل و فرج بین الیاف را به خوبی می‌توان مشاهده کرد. همان‌طور که انتظار می‌رود افزایش شدت پالایش باعث لیفی شدن و پرزدار شدن الیاف، تغییر شکل آنها از حالت دوکی شکل به حالت نواری، افزایش سطح تماس الیاف و در نتیجه پر شدن خلل و فرج کاغذ شده است (شکل ۳- ب). به علاوه وجود نرمه‌ها و تأثیر آنها نیز قابل اثبات هستند. این تغییرات مورفولوژیکی و ساختاری به وضوح خود را در خواص نوری و مکانیکی مورد مطالعه نشان داده‌اند. در واقع با افزایش شدت پالایش خمیر کاغذ به دلیل لیفی

شفاف کاهش یافته و میزان مقاومت به ترکیدن و کشش افزایش و شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذ شفاف کاهش می‌یابد. پاسخ ضعیف خمیرکاغذ سودای باگاس به پالایش و عدم استفاده از فرآیند اتوزنی را شاید بتوان از دلایل توسعه کم شفافیت در این نوع کاغذهای مور مطالعه دانست. بعلاوه استفاده توأم از مواد شیمیایی مناسب شفاف‌کننده مثل روغن‌های معدنی، نشاسته و رزین‌های سنتزی برای ارتقاء شفافیت پیشنهاد می‌شود. شایان ذکر است در این پژوهش کل نور عبوری به‌عنوان معیاری از شفافیت اندازه‌گیری شد، بنابراین استفاده از روش‌ها و ابزارهایی با قابلیت اندازه‌گیری کسر نور موازی عبور کرده (*Clarity*) و نور پخشی (*Haze*) برای قضاوت دقیق‌تر در مورد شفافیت توصیه می‌شود.

### منابع مورد استفاده

- Afra, E. 2005. Properties of paper: an introduction. Aeeizh Press. 360 pp. (In Persian)
- Casey, J. P. 1980. Pulp and Paper: Chemistry and Chemical Technology. Volume 3, (3rd edition), John Wiley and Sons. New York, 236pp.
- Gary Chinga. 2002. Structural studies of LWC paper coating layers using SEM and image analysis techniques. Doctoral thesis, Norwegian University of Science and Technology, Department of Chemical Engineering. 108 pp.
- Ingmanson, W.L. and Thode, E.F. 1959. Factors contributing to the strength of a sheet of paper. II. Relative bonded area, TAPPI, 42(1):83-93.
- Mirshokraie, S.A. 2003. Handbook for pulp and paper technologists. Aeeizh Press. (In Persian)
- Nogi, M., Iwamoto, Sh., Nakagaito, A.N., and Yan, H. 2009. Optically transparent nanofiber paper. *Advanced Materials*, 20:1-4.
- Popson, S. J., Mathouse, D. D., Robert son, P. C. 1997. Measurement and control of the optical properties of paper. Second Edition, Technidyne corporation.
- Vaurio, P. 1960. Transparentizing of paper. TAPPI, 43(1):18-24.
- Van der Reyden, Dianne, Christa Hofmann, and Mary Baker. 1993. Effects of aging and solvent treatments on some properties of contemporary tracing papers. *Journal of the American Institute for Conservation* 32 (2):177-206.
- Yamauchi, T. and Uenaka, T. 2005. Transparentizing paper by latex impregnation. *Appita Journal*, 58(6):455-458.

اعمال شده به نقطه ثابتی نرسیده است و همچنان سیر صعودی را دنبال می‌کند. درواقع به علت محدودیت دستگاهی، اعمال فشارهای بالای جیوه در این نمونه امکان‌پذیر نبوده است و بنابراین برآورد درستی از حجم تجمعی خلل و فرج مربوط به نمونه شاهد ارائه نشده است. با این وجود با توجه به نتایج به دست آمده از آزمون تخلخل‌سنجی و سایر خواص نوری می‌توان استنباط کرد که با کاهش درجه روانی خمیرکاغذ از طریق افزایش شدت پالایش حجم تجمعی خلل و فرج کاغذهای حاصل کاهش یافته و در نتیجه بهبود شفافیت را به دنبال دارد.

با توجه به نتایج اندازه‌گیری شده شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به پارگی در جدول ۴، مقاومت به ترکیدن به عواملی چون طول، میزان درهم‌رفتگی و مقاومت ذاتی الیاف بستگی دارد. از طرفی میزان درهم‌رفتگی الیاف به میزان پرزدار شدن الیاف بستگی دارد، بنابراین با افزایش میزان پالایش، میزان پرزدار شدن الیاف افزایش یافته و از میزان خلل و فرج کاغذ کاسته می‌شود و در نتیجه مقاومت به ترکیدن بهبود می‌یابد. با ادامه روند پالایش به دلیل کوتاه شدن طول الیاف مقاومت در برابر پاره شدن الیاف افت می‌کند (Mirshokraie, 2003).

افزایش انعطاف‌پذیری، قابلیت لهیدگی، سطح تماس الیاف و در نتیجه افزایش پیوند بین الیاف همگی با افزایش میزان پالایش خمیرکاغذ رخ می‌دهند (Casey, 1980). همان‌طوری که در شکل ۷ به خوبی نشان داده شده است این عوامل با بهبود سطح نسبی پیوند (*RBA*) بین الیاف باعث افزایش مقاومت به کشش کاغذ شده‌اند.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پالایش شدید خمیرکاغذ رنگ‌بری شده باگاس و پرس شدید آن تا حدی منجر به شفاف‌سازی کاغذهای حاصل می‌شود. همچنین از حجم خلل و فرج کاغذ کاسته می‌شود. به‌علاوه با افزایش شدت پالایش مقدار ماتی، روشنی و ضریب پخش کاغذ



## **Evaluation of the refining effects on the properties of transparent paper produced from bagasse fiber**

**F. Shiralizadeh<sup>1\*</sup>, M. Azadfallah<sup>2</sup>, A. Abdolkhani<sup>2</sup>,  
M. Layeghi<sup>2</sup> and S. Mahdavi<sup>3</sup>**

1\*- Corresponding author, M.Sc., Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran, Email: mis.falizadeh@yahoo.com

2- Assistant professor, department of wood and paper science & technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Wood and Paper Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran, Iran

Received: March, 2014

Accepted: June, 2014

### **Abstract**

This study was conducted with the aim of producing laboratory samples of transparent paper using overbeating method. Hence, bagasse bleached soda pulp was subjected to post-bleaching sequence of DED to remove residual chromophores. Then this pulp was refined in a PFI mill to reach different levels of 55, 130, 200, and 260 mL/CSF (Canadian standard freeness) freeness. Then handsheets were made according to TAPPI standard T 205 om- 8. Results indicated that refining has significant effect on optical properties especially transparency so that the maximum value was observed using pulp with the minimum freeness, i.e. 55 ml. The variations of transparency due to refining were also further explained by measuring scattering coefficient, opacity and brightness of the specimens. In addition, mercury porosimetry and analyzing the pictures of scanning electron microscopy (SEM) demonstrated the extensive variations of pore structure in paper during refining which impose great influence on developing transparency.

**Key words:** Transparency, refining, mercury porosimetry, bagasse fiber.