

## افزایش مقاومت‌های مکانیکی و شیمیایی کاغذ با افزودن عوامل کاهش دهنده هیدرولیز اسیدی، اکسیداسیون و فتواکسیداسیون

علیرضا خاکی فیروز<sup>۱\*</sup>، احمدنمربها<sup>۲</sup>

۱- استادیار، پژوهشکده شیمی و پتروشیمی، گروه پژوهشی بسته بندی و سلولزی، پژوهشگاه استاندارد، کرج، ایران

۲- استادیار فنی، گروه صنایع چوب، دانشگاه فنی و حرفه ای، تهران، ایران

مسئول مکاتبات: [khakifirooz@standard.ac.ir](mailto:khakifirooz@standard.ac.ir)

### چکیده

این تحقیق به منظور افزایش مقاومت‌های مکانیکی و شیمیایی کاغذ با استفاده از عوامل کاهش دهنده هیدرولیز اسیدی، اکسیداسیون و فتواکسیداسیون کاغذ انجام شد که از عوامل اصلی تاثیرگذار بر تخریب کاغذ هستند. کاغذ دست‌ساز ۷۰ گرمی از خمیر کاغذ نوئل رنگبری شده مطابق آیین‌نامه شماره C25-65 استاندارد SCAN ساخته شد. در ساخت کاغذ دست‌ساز از آلکیل کتن دایمر (AKD) به‌عنوان عامل آهاردهی داخلی و افزایش مقاومت سطح کاغذ، کربنات کلسیم به‌عنوان قلیای باقیمانده و اتیلن‌دی‌آمین‌تترا استیک اسید (EDTA) به‌عنوان عامل کی‌لیت‌کننده استفاده شد که می‌تواند به راحتی با فلزات، کمپلکس تشکیل دهد. کاغذهای دست‌ساز تحت تابش نور U.V در فواصل زمانی ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ساعت قرار گرفت و در نهایت شاخص‌های مقاومتی بر اساس استاندارد (ISO) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد افزایش زمان کهنه‌سازی باعث کاهش شاخص مقاومت پاره شدن، شاخص مقاومت به ترک‌شدن و کشش شده و شاخص‌های مقاومتی با افزایش غلظت ماده کی‌لیت‌کننده EDTA کاغذ دست‌ساز نسبت به نمونه شاهد افزایش می‌یابد.

**واژه‌های کلیدی:** مقاومت مکانیکی، هیدرولیز اسیدی کاغذ، شاخص‌های مقاومتی کاغذ، اکسیداسیون و فتواکسیداسیون کاغذ

### مقدمه

کاغذ نقش اساسی در پیشرفت فرهنگی و اقتصادی بشریت دارد. کتب و اسناد آرشیوی گنجینه‌های گرانبهایی هستند که باید حفظ شوند و به نسل‌های آینده منتقل شوند [۱]. دوام و ماندگاری اسناد مکتوب کاغذی غالباً نتیجه صدمات و تخریب شیمیایی و شکست الیاف سلولزی است که به صورت‌های گوناگون از محیط اطراف و عوامل درونی کاغذ وارد می‌شود. آنچه کهنگی طبیعی کاغذ نامیده شده، اصولاً نتیجه تاثیرات آهسته و تدریجی عوامل مخرب فیزیکی و شیمیایی است. هرچند اهمیت نسبی مکانیسم‌های این تخریب بخوبی شناخته نشده‌اند ولی بطور کلی می‌توان مهم‌ترین این عوامل را در سه گروه هیدرولیز اسیدی، اکسیده شدن و واکنش‌های فتوشیمیایی طبقه‌بندی نمود. توانایی کاغذ به مقاومت در برابر کهنه شدن به شدت تحت تاثیر مواد خام و عوامل کاهش دهنده هیدرولیز اسیدی، اکسیده شدن و واکنش‌های فتوشیمیایی بستگی دارد. استفاده از کهنه‌سازی تسریع شده و تاثیر آن بر خواص نوری و مقاومتی کاغذ توسط محققین متعددی بررسی شده است [۲ و ۳]. این تحقیق با هدف افزایش مقاومت شیمیایی کاغذ و امکان ساخت کاغذ با دوام و ماندگاری بیشتر انجام شد.

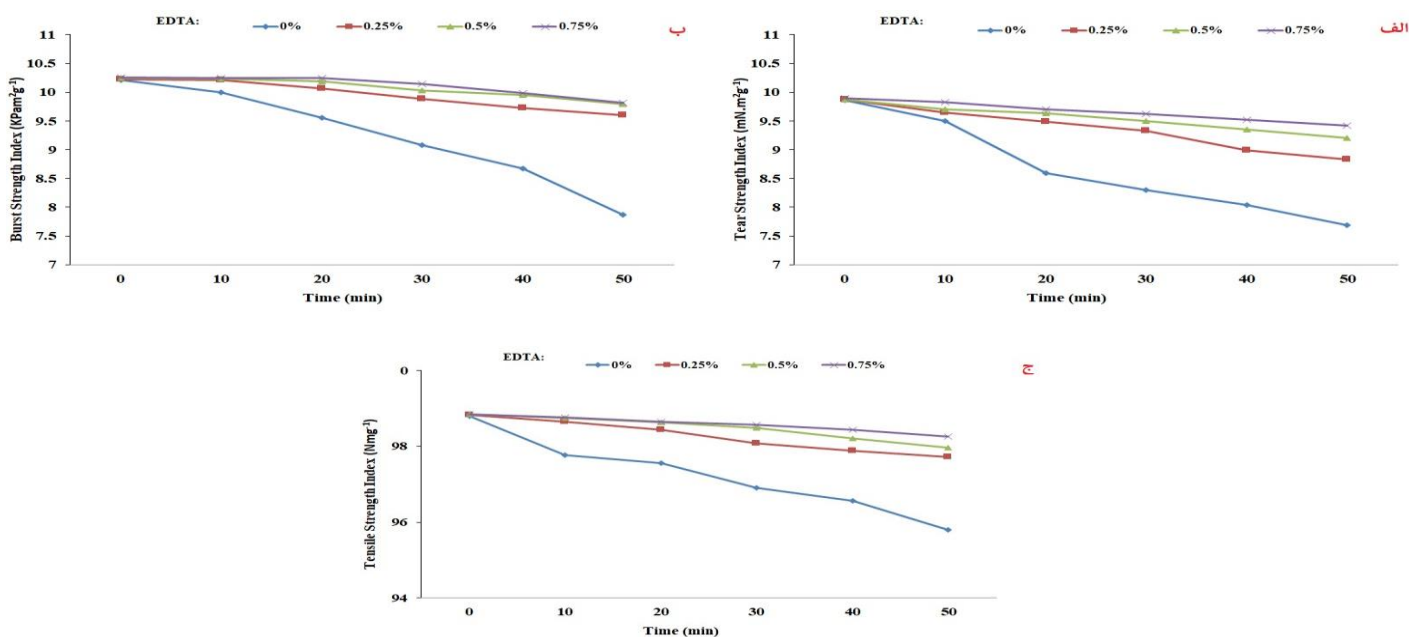
### مواد و روش‌ها

خمیر کاغذ سولفیت نوئل (رنگبری شده) تهیه و به آزمایشگاه منتقل شد. همچنین از ماده کی‌لیت‌کننده EDTA در غلظت‌های ۰، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد وزن خشک الیاف، AKD به میزان ۲٪ [۴] و کربنات کلسیم به میزان ۲۰٪ به کاغذ اضافه گردید. pH محلول بین ۷ تا ۷/۵ نگه داشته شد. خمیرها حدود ۱۷۰۰۰ دور در دقیقه پالایش شدند. از هر نمونه خمیر، کاغذ دست‌ساز ۷۰ گرمی تهیه شد. برای کهنه‌سازی از دستگاه کهنه‌سازی نوری تسریع شده با طول موج نور UV خروجی بین ۳۳۰ تا ۴۴۰ نانومتر استفاده شد. زمان کهنه‌سازی در فواصل زمانی ۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ ساعت انجام شدند. در نهایت خواص مقاومتی با سه تکرار بر اساس استانداردهای ISO اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گرفت. برای محاسبات آماری نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

### نتایج و بحث

شکل ۱ (الف تا ج) اثرات EDTA و زمان کهنه‌سازی بر خصوصیات مقاومتی کاغذهای دست‌ساز را نشان می‌دهد. اثر EDTA بر شاخص مقاومت کشش در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. درحالی‌که بر سایر شاخص‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. اثر زمان به غیر از

شاخص مقاومت کشش در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. اثر متقابل EDTA و زمان کهنه‌سازی بر خواص مکانیکی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. شکل ۱ (الف تا ج) نشان داد افزایش زمان همواره باعث کاهش شاخص مقاومت پاره شدن، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش می‌گردد. همچنین افزایش غلظت ماده کی‌لیت‌کننده EDTA سبب می‌گردد که میزان شاخص مقاومت پاره شدن، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش نمونه‌های کاغذهای دست ساز ساخته شده از خمیر سولفیت نوئل با نسبت کمتری افزایش پیدا کند و نقش مثبت این ماده در بهبود خواص شاخص مقاومت پاره شدن، شاخص مقاومت به ترکیدن کاملاً مشهود است.



شکل ۱. تاثیر متغیرها بر الف) شاخص مقاومت به پاره شدن، ب) شاخص مقاومت به ترکیدن، ج) شاخص مقاومت به کشش

### نتیجه‌گیری

افزایش زمان کهنه‌سازی تسریع شده بر ویژگی‌های مقاومتی تاثیر منفی می‌گذارد. تاثیر منفی به گونه‌ای است که شاخص مقاومت به پاره شدن، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به کشش کاهش می‌یابد. افزایش غلظت ماده کی‌لیت‌کننده EDTA بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز تاثیر مثبت می‌گذارد.

### مراجع

- [1] Dadmohamadi, K. Mohamadi Achacheloei, M., and Taghi Jafrai, M., 2021. Influence of the cellulose nanofibers on optical and mechanical strength of the historical paper relics. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*. 11(4): 683-692.
- [2]. Nemati M, Hemmasi, A H, Talaeipour M, and Samariha, A., 2013. Studying the Effect of Photo-yellowing on the Brightness Property of Chemi-mechanical Pulping Paper. *Cellulose Chemistry and Technology*, 47(1-2): 93-109.
- [3]. Kasmani, J. E, Samariha, A, and Nemati, M., 2013. Effect of Optical Aging on Yellowness Characteristics of Soda Paper Made from Bagasse. *Asian Journal of Chemistry*. 25(3): 1587-1589.
- [4]. Karademir, A., 2002. Quantitative Determination of Alkyl keten Dimer (AKD) Retention in Paper made on Pilot Paper machine, *Turkish Journal of Agriculture and forestry*, 26(5): 253-260.