



مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد نوزدهم، شماره سوم، ۱۳۹۱  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## بررسی مقایسه‌ای روش‌های مختلف بهبود ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ OCC

\*مژگان رسا<sup>۱</sup>، حسین رسالتی<sup>۲</sup> و الیاس افرا<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup>دانشیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۳</sup>استادیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۹/۳/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۸

### چکیده

ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ به دست آمده از کارتن‌های کنگره‌ای کهنه (OCC) در اثر عمل بازیافت کاهش می‌یابد. بنابراین در این مقاله، بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذ OCC از طریق تیمار پالایش و نیز استفاده از نشاسته کاتیونی و خمیر الیاف بلند وارداتی بررسی گردید. علاوه بر تأثیر مستقل هر یک از این متغیرها، اثر ترکیب پالایش و نشاسته، پالایش و خمیر الیاف بلند و نشاسته و خمیر الیاف بلند نیز ارزیابی گردید. از نشاسته کاتیونی در ۳ سطح (۰/۵، ۱ و ۱/۵) درصد و خمیر الیاف بلند در ۳ سطح (۵، ۱۰ و ۱۵) درصد به صورت اختلاط با خمیر پالایش نشده و پالایش شده استفاده شد. نتایج نشان داد که تیمارهای پالایش، نشاسته کاتیونی، خمیر الیاف بلند و ترکیب نشاسته و خمیر الیاف بلند به طور معنی‌داری باعث بهبود ویژگی‌های مقاومتی خمیر OCC شدند. بالاترین مقاومت‌ها از ترکیب ۱ درصد نشاسته کاتیونی و ۱۵ درصد خمیر الیاف بلند به دست آمد که در مقایسه با نمونه شاهد، حدود ۴۰ درصد افزایش در شاخص مقاومت به ترکیدن، ۴۰ درصد افزایش در مقاومت به کشش، ۳۰ درصد افزایش در مقاومت به پاره شدن را به همراه داشت. مقاومت به عبور هوا، در تیماری که از ۱/۵ درصد نشاسته در خمیر پالایش شده استفاده گردید، ۴۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش در برداشت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که تیمار ترکیبی پالایش، نشاسته و خمیر الیاف بلند، از نظر بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذ OCC، تیمار بهینه‌ای است، اما بسته به کیفیت و نیازمندی مورد نیاز، می‌توان از تیمار پالایش با و یا بدون استفاده از درجه‌های مختلف نشاسته کاتیونی و خمیر الیاف بلند، برای بهبود ویژگی‌های خمیر OCC استفاده کرد.

**واژه‌های کلیدی:** پالایش، نشاسته کاتیونی، خمیر کرافت سوزنی‌برگان، خمیر کاغذ OCC

\* مسئول مکاتبه: [m.rasa2008@yahoo.com](mailto:m.rasa2008@yahoo.com)

## مقدمه

امروزه صنعت بازیافت کاغذ و مقوا از نظر زیست‌محیطی و اقتصادی، به دلیل کمبود منابع اولیه چوبی و تقاضای روزافزون فرآورده‌های کاغذ و مقوا، جایگاه و نقش مهمی در توسعه صنایع خمیر و کاغذ دارد اما بازیافت با وجود برتری‌ها و پتانسیل‌ها، با کاهش شدید کیفیت و ویژگی‌های مقاومتی همراه است. یک نکته کلیدی در فرآیند بازیافت، پیشرفت و توسعه روش‌های مختلف به منظور بهبود اتصال بین الیاف و افزایش ویژگی‌های مقاومتی می‌باشد. از جمله این روش‌ها، می‌توان از پالایش بیشتر، افزودن الیاف بکر و استفاده از مواد افزودنی مقاومت خشک نام برد. پالایش متداول‌ترین این روش‌ها می‌باشد. نتایج پژوهش‌های بیهات و همکاران (۱۹۹۱)، بیانگر این است که خمیرسازی دوباره تحت شرایط قلیایی و پالایش، دو روش مورد قبول برای بهبود مقاومت‌های الیاف بازیافتی است. در اثر تعداد بازیافت مقاومت به کشش کاهش می‌یابد ولی با افزایش میزان پالایش بر روی خمیرهای بازیافتی مقاومت به کشش افزایش می‌یابد. دلیل کاهش مقاومت به کشش در اثر بازیافت کاهش پیوندهای بین لیفی است و در اثر بازیافت مکرر، مقاومت کششی تک‌تک الیاف اندکی کاهش می‌یابد و کاهش سطوح پیوندهای بین لیفی عمده‌ترین نقش را در کاهش مقاومت به کشش خمیرهای بازیافتی بازی می‌کند (خانتایانوانگ، ۲۰۰۲). در اثر پالایش، قابلیت اتصال الیاف بازیافتی بهبود می‌یابد و الیاف بازیافتی به هنگام پالایش رفتاری مشابه الیاف بکر از خود نشان می‌دهند (لومی‌آنین، ۱۹۹۲). پالایش باعث فیبریله شدن خارجی الیاف و در نتیجه بهبود مقاومت کششی و مقاومت اتصال داخلی می‌شود. و از این طریق می‌توان کاهش واکشیدگی و مقاومت کاغذ بازیافتی را جبران نمود (کانگ، ۲۰۰۴)، اما مسایلی همچون هزینه انرژی مصرفی پالایش و صدمات ناشی از پالایش بر طول الیاف و ایجاد نرمه‌ها و کاهش برخی ویژگی‌ها مانند مقاومت در برابر پاره شدن، تخلخل، روشنی، ماتی و پایداری ابعادی کاربرد این روش را محدود نموده است (حمزه و رستم‌پور، ۲۰۰۸؛ کتولا و اندرسون، ۱۹۹۸). در روش پالایش تغییرات ساختاری در الیاف به‌طور هم‌زمان صورت می‌گیرد: فیبریله شدن خارجی، فیبریله شدن داخلی، تشکیل نرمه‌ها، کوتاه شدن و برش الیاف، مستقیم‌شدگی یا پیچش الیاف. بنابراین بیش‌تر خصوصیات مقاومتی مانند: مقاومت کششی، ترکیدن، دانسیته و مقاومت نفوذ هوا افزایش می‌یابد اما مقاومت به پاره شدن به‌علت کوتاه شدن طول الیاف کاهش می‌یابد (کانگ، ۲۰۰۷). زمانی‌که پالایش با شدت بیش‌تری اعمال می‌شود، مقاومت کششی و ترکیدگی تا یک مقدار حداکثر افزایش و سپس به‌علت شکست الیاف کاهش می‌یابد. در شرایط مشابه، شاخص پارگی به‌علت کاهش

مقاومت پیوند درون لیفی و یا کاهش مقاومت ذاتی لیف و افزایش انعطاف‌پذیری کاهش می‌یابد. اثر نامطلوب دیگر پالایش، تولید نرمه و کاهش آب‌گیری خمیر می‌باشد. (پالا و همکاران، ۲۰۰۲). روشن است که تعداد محدودی از خصوصیات کاغذ هم‌زمان از راه پالایش بهبود می‌یابند. این وضعیت با در نظر گرفتن آب‌گیری از خمیر، قابلیت گذر و هزینه‌ها بسیار پیچیده‌تر می‌شود. یک راه برای بهبود این وضعیت این است که افزودنی‌های مقاومت خشک به خمیر آماده کاغذسازی اضافه شود. این مواد متناسب با شرایط پایانه تر، هزینه، دسترسی و... مطلوبیت‌های گوناگون و گاهی متضادی را به همراه خواهند داشت. عملکرد این مواد این است که مقاومت کاغذ را با حفظ دیگر خصوصیات کاغذ بهبود می‌بخشند. با این روش تمام خصوصیات مقاومتی کاغذ به‌طور هم‌زمان افزایش می‌یابند. با مقدار پالایش و مقاومت کششی یکسان، با افزودن ماده افزایش‌دهنده مقاومت خشک، مقاومت پارگی بیش‌تری قابل دستیابی است (حمزه و رستم‌پور، ۲۰۰۸). این مواد همانند چسبی مفید و محکم، قوام و استحکام لازم را بدون به‌همراه داشتن اثرات منفی پالایش در شبکه الیاف ایجاد می‌کنند (نیمن، ۱۹۹۹). متداول‌ترین ماده افزودنی مقاومت خشک نشاسته کاتیونی می‌باشد. نشاسته‌های کاتیونی در بهبود آب‌گیری، ماندگاری و شکل‌گیری الیاف در بخش تر ماشین کاغذ بسیار مؤثر واقع می‌شوند (گلبتبرگ و همکاران، ۲۰۰۴). نشاسته کاتیونی دارای بار الکتریکی مثبت، جذب الیاف و فیلرهای دارای شارژ منفی شده و قرار گرفتن آن‌ها بر سطح الیاف باعث کاهش پتانسیل زتا، ارتباط مناسب بین الیاف، نرمه‌ها و فیلر، تقویت دلمه‌شدگی و بهبود ماندگاری در اولین گذر می‌گردد. همچنین فرایند آب‌گیری، ماندگاری و فشار بر روی کاغذ افزایش‌یافته که در نتیجه باعث افزایش در سرعت و حرکت‌پذیری ماشین کاغذ می‌گردد. اگر نشاسته کاتیونی به‌طور صحیح استفاده گردد، همه ویژگی‌های کاغذ هم‌زمان با بهبود ماندگاری و حرکت‌پذیری ماشین کاغذ افزایش می‌یابد (آیو و تورن، ۱۹۹۵). مقاومت فشار لبه‌ای را می‌توان با نشاسته کاتیونی افزایش داد، با پالایش نرخ آب‌گیری کاهش می‌یابد که می‌توان با افزودن نشاسته برای افزایش پیوندیابی و افزایش نرخ آب‌گیری آن را رفع نمود. افزودن نشاسته باعث افزایش مقاومت و کاهش اندکی در ماتی و همچنین افزایش ثابت سطح پیونددار نسبی می‌گردد. مواد افزودنی باعث افزایش دانسیته نیز می‌شوند (هیوب، ۲۰۰۶). اختراع و همکاران (۲۰۰۸)، اثر ترکیدن کاغذ را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که به‌کارگیری ۱/۵ درصد نشاسته، ۰/۷ درصد پلی‌کلرید آلومینیوم، ۰/۴ درصد آلوم و ۰/۱ درصد روزین سبب ایجاد کاغذی با ویژگی‌های مطلوب می‌گردد. هیرمن و همکاران (۲۰۰۶)، بیان کردند نشاسته به‌عنوان یک ماده چسبنده عمل کرده و بین

بخش‌های موجود در ساختار کاغذ پیوند برقرار می‌کند. نتیجه پژوهش‌های هیوب و همکاران (۲۰۰۳)، و مایکل و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که نشاسته کاتیونی با افزایش مقاومت هر واحد از سطح پیوندیافته باعث بهبود خواص فیزیکی به‌خصوص مقاومت‌های کاغذ به‌دست آمده می‌شود. طی پژوهش‌های گلینبرگ (۱۹۹۳)، اثبات شد که نشاسته کاتیونی می‌تواند در هنگام فرایند کلوخه‌شدگی به‌عنوان ایجادکننده پل بین ذرات با فاصله زیاد عمل کند. هوارد و جوسای (۱۹۸۹)، نتیجه گرفتند که متصل شدن نشاسته به الیاف بازیافتی منجر به احیای نقاط از دست رفته در سطح این الیاف شده و قدرت اتصال بین لیفی را افزایش می‌دهد و خواص مقاومتی کاغذهای دست‌ساز را تا حد خمیرکاغذ بکر بهبود می‌بخشد. پتانسیل خمیرکاغذ بازیافتی را نیز می‌توان به‌وسیله مخلوط کردن آن با خمیرکاغذ بکر با ویژگی‌های مناسب و حداکثر ارتقاء داد، زیرا خمیرکاغذ بکر دارای الیاف و نرمه‌های فعال بیش‌تری است. همچنین وقتی این الیاف را با الیاف بازیافتی مخلوط می‌کنند سبب افزایش کیفیت محصول در هنگام بازیافت دوباره کاغذ می‌گردد (لتیباری و همکاران، ۲۰۰۷). با افزودن الیاف بلند می‌توان اثر منفی کوتاه شدن الیاف بازیافتی را بر شاخص مقاومت پارگی خنثی نمود و خمیرکاغذ را تقویت نمود (مینور، ۱۹۹۳). اما مشکلی که وجود دارد، مسأله واردات خمیر الیاف بلند به‌دلیل نبود جنگل‌های سوزنی‌برگ در ایران است. بنابر عیب‌ها و برتری‌های ذکر شده مربوط به هر یک از روش‌های مورد مطالعه، انتظار می‌رود با کاربرد نشاسته کاتیونی به تنهایی و یا در ترکیب با خمیر الیاف بلند علاوه بر کاهش مصرف انرژی و هزینه تولید، بهبود ماندگاری، آب‌گیری و افزایش سرعت تولید، امکان دست‌یابی به ویژگی‌های مقاومتی مطلوب و مورد نیاز به‌طور هم‌زمان فراهم شود. به‌علاوه با ترکیب نشاسته و خمیر الیاف بلند می‌توان با مصرف کم‌تر خمیر الیاف بلند و در نتیجه هزینه کم‌تر، کیفیت خمیرکاغذ OCC<sup>۱</sup> را در حد مطلوب ارتقاء بخشید. لازم به ذکر است که با ترکیب هر سه روش ذکر شده، می‌توان کاغذی با ویژگی‌های مقاومتی بسیار بالاتر تولید نمود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش: بررسی تأثیر هر یک از روش‌های پالایش، نشاسته کاتیونی و خمیر الیاف بلند و همچنین بررسی تأثیر ترکیب پالایش و نشاسته، پالایش و الیاف بلند، نشاسته و الیاف بلند بر خواص ساختاری و مقاومتی کاغذ بازیافتی OCC، مقایسه اثر پالایش، نشاسته کاتیونی و الیاف بلند وارداتی با اثر ترکیبی پالایش و نشاسته، پالایش و الیاف بلند، نشاسته و الیاف بلند در بهبود کیفیت خمیرکاغذ OCC و در نهایت تعیین روش بهینه از نظر خواص ساختاری و مقاومتی به‌منظور بهبود کیفیت کاغذ OCC.

## مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نشاسته کاتیونی: نشاسته کاتیونی مورد نیاز با درجه جانشینی (DS)<sup>1</sup> ۰/۰۲ از شرکت فلوکا تهیه گردید و در ۳ سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد نسبت به وزن خشک خمیر OCC استفاده شد. به‌منظور انحلال‌پذیر شدن نشاسته در آب، بشر محتوی آب و نشاسته با غلظت ۵ درصد به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و در نهایت به‌منظور پخش و جذب بهینه بر روی سطح الیاف به دوغاب خمیر با درصد خشکی ۰/۰۳ درصد افزوده گردید.

آماده‌سازی خمیر الیاف بلند وارداتی: الیاف بلند وارداتی از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. خمیرسازی در درصد خشکی ۵ درصد و با استفاده از خمیرساز آزمایشگاهی صورت گرفت. سپس سوسپانسیون الیاف به‌طور یکنواخت آب‌گیری شد و به‌طور تصادفی ۱۰ نمونه ۲ گرمی به‌منظور تعیین میانگین درصد رطوبت، به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از تعیین درصد رطوبت، خمیر الیاف بلند توسط دستگاه پالایشگر PFI در درصد خشکی ۱۰ درصد تا رسیدن به درجه روانی CSF<sup>2</sup> ۵۰۰ پالایش گردید و در ۳ سطح ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد براساس وزن خشک خمیر مورد استفاده قرار گرفت.

تولید خمیر و کاغذ: در این پژوهش، از کارتن‌های کنگره‌ای کهنه ۱۰۰ درصد بازیافتی و به‌طور کامل از کارتن‌های بسته‌بندی محصولات نادری، استفاده گردید. مواد آلاینده فیزیکی و ناخالصی‌ها با دقت کامل از آن‌ها جدا شد. به‌منظور جداسازی آسان‌تر الیاف، با دست به قطعات کوچک یکسان تبدیل شدند و به‌مدت ۷۲ ساعت در آب با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. خمیرسازی در درصد خشکی ۵ درصد و با استفاده از خمیرساز آزمایشگاهی صورت گرفت. سپس سوسپانسیون الیاف به‌طور یکنواخت آب‌گیری شد و به‌طور تصادفی ۱۰ نمونه ۲ گرمی به‌منظور تعیین میانگین درصد رطوبت، به‌مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. با توجه به این‌که در این پژوهش، اثر نشاسته کاتیونی و الیاف بلند در ۳ سطح و ۱۰ تکرار، همچنین اثر ترکیبی نشاسته و الیاف بلند در ۳ سطح و ۱۰ تکرار و اثر پالایش در مقایسه با تمام تیمارها، بر چهار ویژگی ساختاری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز تعیین شده است، در مجموع ۲۰۰ عدد کاغذ دست‌ساز با جرم پایه ۱۳۰-۱۲۵ (گرم بر مترمربع) و تحت شرایط یکسان ساخته شد.

1- Degree of Substitution

2- Canadian Standard Freeness

ارزیابی خمیر کاغذ و کاغذ به دست آمده: براساس استانداردهای مربوطه در آیین‌نامه TAPPI، خمیر کاغذ OCC توسط دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی تا رسیدن به درجه‌های روانی  $25 \pm 300$  (CSF) و در درصد خشکی ۱۰ درصد پالایش گردید. ساخت نمونه‌های کاغذ دست‌ساز طبق استاندارد ۸۸ T۲۰۵-om آیین‌نامه TAPPI صورت گرفت. در نهایت کاغذهای دست‌ساز به منظور انجام آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی به کارخانه چوب و کاغذ مازندران منتقل و تحت شرایط استاندارد ۹۳ T۴۰۲-om آیین‌نامه TAPPI در دمای  $1 \pm 23$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی  $2 \pm 50$  درصد قرار گرفتند. اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز طبق استانداردهای زیر از آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت:

مقاومت در برابر پاره شدن: استاندارد شماره ۸۸ T۲۲۰-om

مقاومت در برابر کشش: استاندارد شماره ۹۶ T۴۹۴-om

مقاومت در برابر ترکیدن: استاندارد شماره ۹۷ T۴۰۳-om

مقاومت در برابر نفوذ هوا: استاندارد شماره ۹۶ T۴۶۰-om

ضخامت: استاندارد شماره ۹۷ T۴۱۱-om

جرم پایه کاغذ دست‌ساز: استاندارد شماره ۹۸ T۴۱۰-om

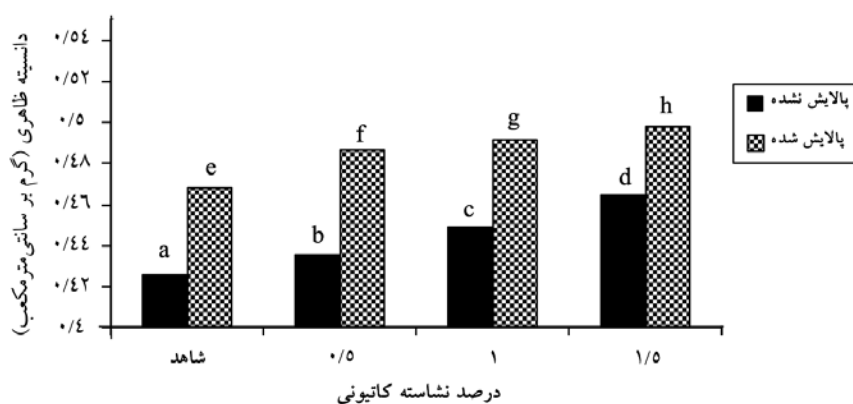
تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS در قالب طرح تحلیل واریانس یک‌طرفه و در نهایت مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها به کمک آزمون دانکن در سطح ۵ درصد ( $P < 0.05$ ) انجام شد.

### نتایج و بحث

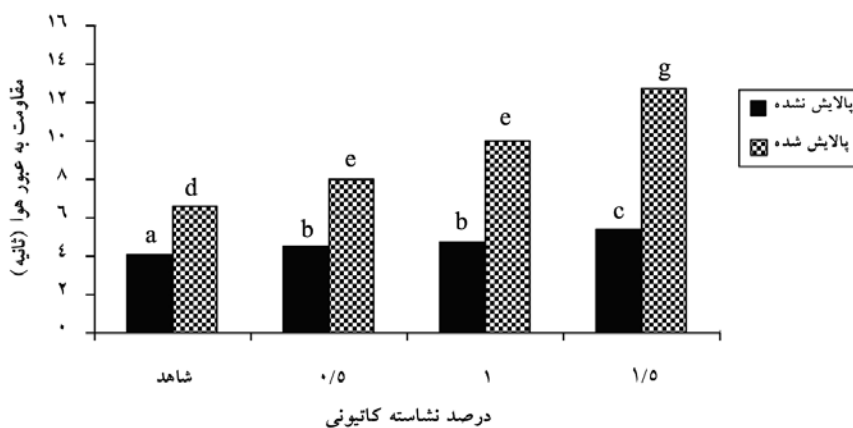
**تأثیر پالایش و نشاسته کاتیونی:** دانسیته ظاهری کاغذ یکی از مهم‌ترین خواص ساختاری کاغذ است که تقریباً بر روی تمام خواص مکانیکی، فیزیکی و الکتریکی کاغذ تأثیر می‌گذارد (افرا، ۲۰۰۶). چنانچه در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در اثر پالایش، دانسیته ظاهری به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است که دلیل عمده این ارتباط را می‌توان به تأثیر اصلی عمل پالایش (ایجاد نرمة، فیبریله شدن داخلی و خارجی الیاف) نسبت داد به‌طوری‌که کوتاه شدن الیاف موجب افزایش میزان نرمة در خمیر کاغذ شده و این نرمة‌ها به‌دلیل سطح ویژه بسیار بالا در مقایسه با الیاف پالایش نشده، به‌ویژه در خمیر کاغذهای بازیافتی، منجر به افزایش پیوند بین الیاف ورقه و افزایش دانسیته ظاهری می‌شود (کانگ، ۲۰۰۴). با افزودن نشاسته نیز دانسیته ظاهری افزایش یافته است زیرا که نشاسته کاتیونی در سطوح

الیاف برای افزایش سطح اتصال قرار گرفته و آن را پر می‌کند (هیوب و همکاران، ۲۰۰۳). قابلیت نفوذ هوا در کاغذ می‌تواند از بسیاری جهات دارای اهمیت باشد از جمله: ارتباط با خواص مقاومتی و خواص ظاهری و نیازمندی‌های مصرف‌نهایی شامل انواع کاغذهای بسته‌بندی و... (افرا، ۲۰۰۶). در شکل ۲ مشاهده می‌شود با اعمال پالایش و افزودن مقادیر نشاسته، مقاومت به عبور هوا افزایش معنی‌داری یافته است، که بالاترین میزان آن در سطح ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی و در حالت پالایش شده اتفاق افتاده است و در مقایسه با نمونه شاهد ۴۵ درصد افزایش را در بردارد. این پدیده را می‌توان ناشی از جذب مؤثر نشاسته کاتیونی در شبکه الیاف ورقه شکل گرفته دانست و منشاء آن را به بار مثبت نشاسته کاتیونی و تمایل شدید آن به جذب شدن بر روی سطح منفی الیاف و بهبود قدرت اتصال بین الیاف نسبت داد. تیمار پالایش، باعث بهبود و افزایش معنی‌داری در تمام ویژگی‌های مقاومتی کاغذ شده است (شکل‌های ۳ تا ۵). این افزایش در شاخص ترکیبگی حدود ۳۶ درصد، شاخص کشش حدود ۳۰ درصد، شاخص پاره شدن حدود ۱۳ درصد و در همه سطوح تیمارها این اختلاف معنی‌دار است. عمل پالایش با تغییر ساختار الیاف و ویژگی‌های سطحی آن موجب بهبود سطح نسبی پیوند یافته الیاف شده و در نتیجه باعث ارتقاء ویژگی‌های مقاومتی می‌شود. از آنجا که در اثر بازیافت و تکرار آن، مقاومت به ترکیدن و کشش کاغذ به دست آمده به دلیل کاهش پیوندهای بین لیفی، افت شدیدی پیدا می‌کند، در این حالت هدف اصلی از پالایش، بهبود پتانسیل تشکیل پیوند بین الیاف به وسیله واکنشیدگی دوباره در دیواره الیاف می‌باشد. چرا که این پتانسیل هنگام خشک کردن الیاف از بین رفته است. اصولاً عمل پالایش روشی برای از بین بردن اثرات ناشی از عمل استخوانی شدن است. در اثر عمل مکانیکی پالایشگر، دیواره‌های الیافی که در طی فرآیند خشک کردن، پیوندهای هیدروژنی برقرار کرده‌اند، دوباره ورقه‌ورقه می‌شود (لتیباری و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج به دست آمده از افزودن نشاسته کاتیونی بیانگر آن است که با افزایش میزان نشاسته، مقاومت به ترکیدن، کشش و پاره شدن افزایش می‌یابد، به طوری که در سطح ۱/۵ درصد در هر دو حالت پالایش نشده و پالایش شده به حداکثر می‌رسد. نشاسته کاتیونی از طریق دو مکانیسم باعث بهبود مقاومت می‌شود: اولین مکانیسم این است که نشاسته پیوند بین الیاف را زیاد می‌کند، زیرا یون هیدروکسیل آزاد گلوکز آن در ایجاد پیوندهای هیدروژنی شرکت می‌کند و به طور معمول تعداد پیوندهای هیدروژنی را که در سطح پیوند الیاف اتفاق می‌افتد، افزایش می‌دهد. این مکانیسم نوعی آب‌دار کردن شیمیایی الیاف است. مکانیسم دوم آن است که نشاسته کاتیونی دارای بار مثبت با اتصال مؤثر به الیاف

بازیافتی دارای بار منفی به صورت یک پل الکترولیتی عمل نموده و باعث بهبود قدرت پیوند بین الیاف می‌گردد و از طریق احیای نقاط از دست رفته سطح الیاف، قدرت اتصال بین لیفی را افزایش می‌دهد (حمزه و رستم‌پور، ۲۰۰۸)، بنابراین با افزایش مقدار نشاسته کاتیونی، مولکول‌های بیش‌تری از نشاسته بر روی الیاف جذب شده و پیوندهای هیدرژنی بیش‌تری به وجود می‌آیند و در نتیجه کاغذ مقاوم‌تری تولید می‌شود.

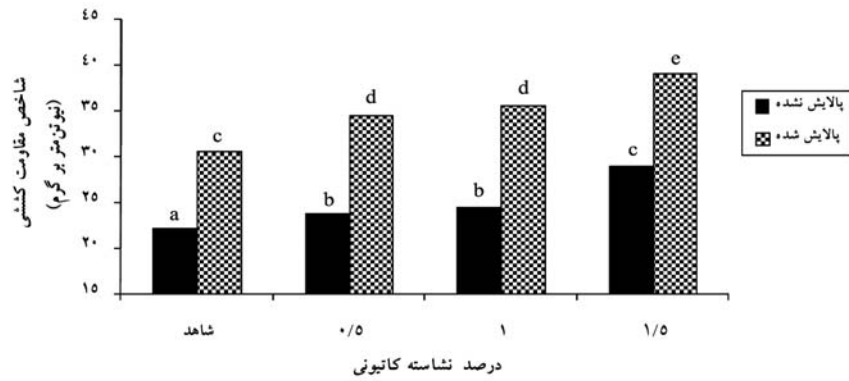


شکل ۱- تأثیر پالایش و نشاسته کاتیونی بر دانسیته ظاهری.

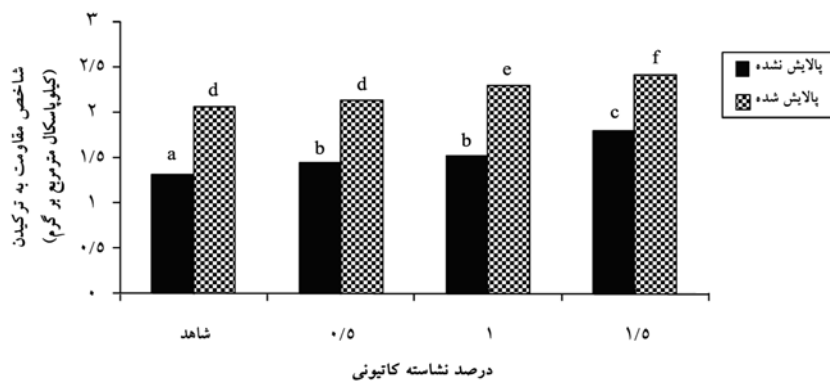


شکل ۲- تأثیر پالایش و نشاسته کاتیونی بر مقاومت به عبور هوا.

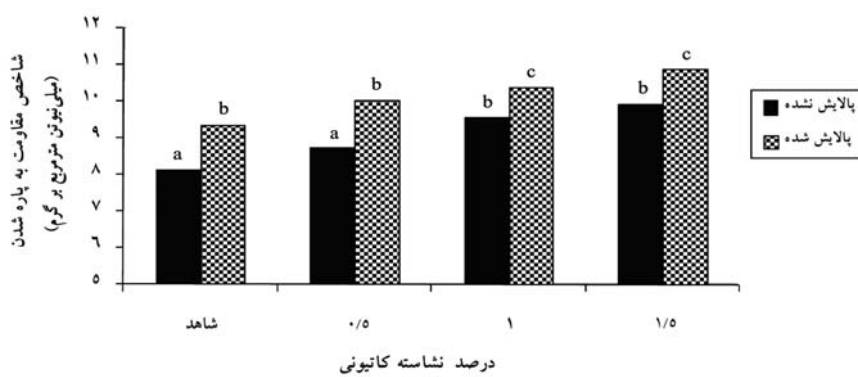




شکل ۳- تأثیر پالایش و نشاسته کاتیونی بر شاخص مقاومت کششی.

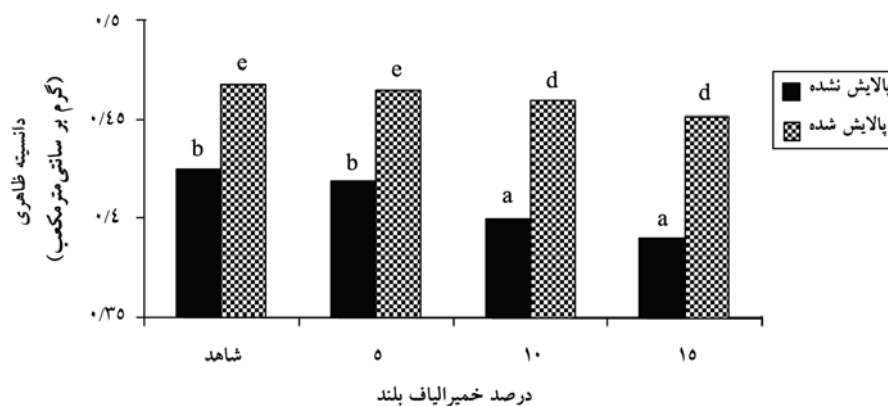


شکل ۴- تأثیر پالایش و نشاسته کاتیونی بر شاخص مقاومت به ترکیدن.

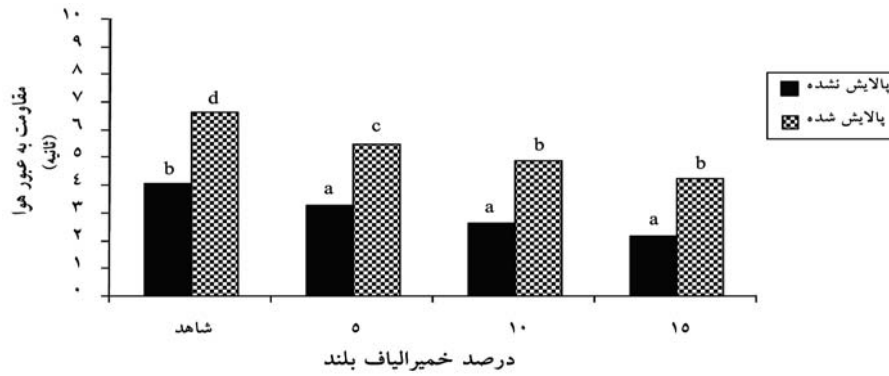


شکل ۵- تأثیر پالایش و نشاسته کاتیونی بر مقاومت به پاره شدن.

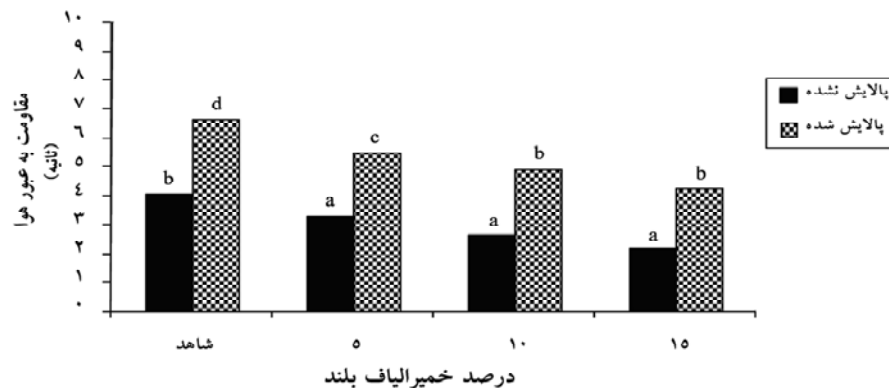
تأثیر خمیر الیاف بلند وارداتی: افزایش درصد مصرف خمیر الیاف بلند باعث کاهش دانسیته ظاهری کاغذ و مقاومت به عبور هوا شده است (شکل‌های ۶ و ۷). علت این امر احتمالاً ممکن است به کم‌تر بودن تعداد الیاف در واحد وزن در خمیر شیمیایی الیاف بلند و نیز کاهش مقدار درصد نرمة‌ها در صورت افزایش سهم خمیر الیاف بلند مربوط شود. کاهش دانسیته با افزایش مقدار درصد خمیر الیاف بلند در ترکیب با خمیر بازیافتی، در مقاومت‌های کششی، ترکیب‌گی و به‌ویژه مقاومت پارگی افزایش چشم‌گیر و معنی‌داری ایجاد شده است (شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰). در شکل ۱۰، اثر خمیر الیاف بلند بر شاخص مقاومت به پاره شدن در هر دو حالت پالایش نشده و پالایش شده کاملاً بارز می‌باشد که علت آن به طول بلند و مقاومت تک‌تک الیاف بر می‌گردد. بالاترین شاخص پاره شدن در حالت پالایش شده و در سطح ۱۵ درصد دیده می‌شود. تأثیر مصرف ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی در خمیر پالایش نشده بر افزایش شاخص مقاومت کششی و پارگی در مقایسه با خمیر شاهد پالایش شده برابر است و بین این دو تیمار اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.



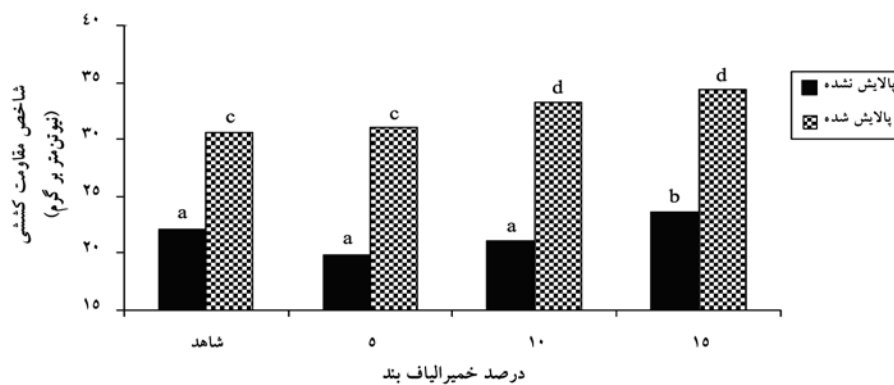
شکل ۶- تأثیر پالایش و خمیر الیاف بلند بر دانسیته ظاهری.



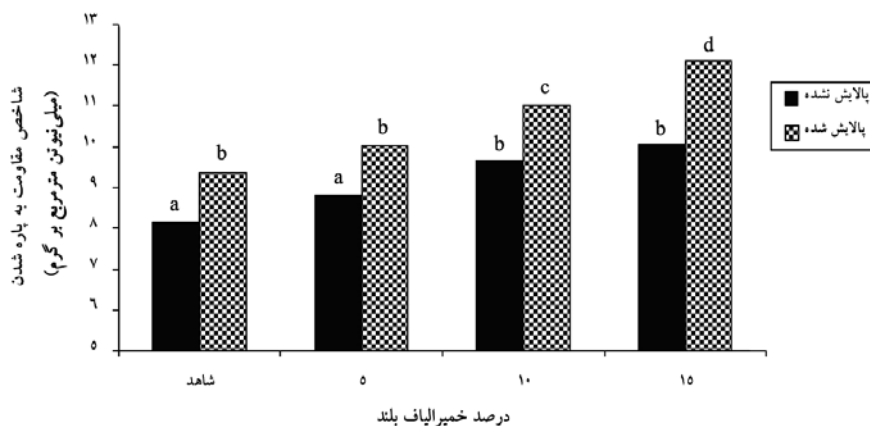
شکل ۷- تأثیر پالایش و خمیر الیاف بلند بر مقاومت به عبور هوا.



شکل ۸- تأثیر پالایش و خمیر الیاف بلند بر مقاومت کششی.



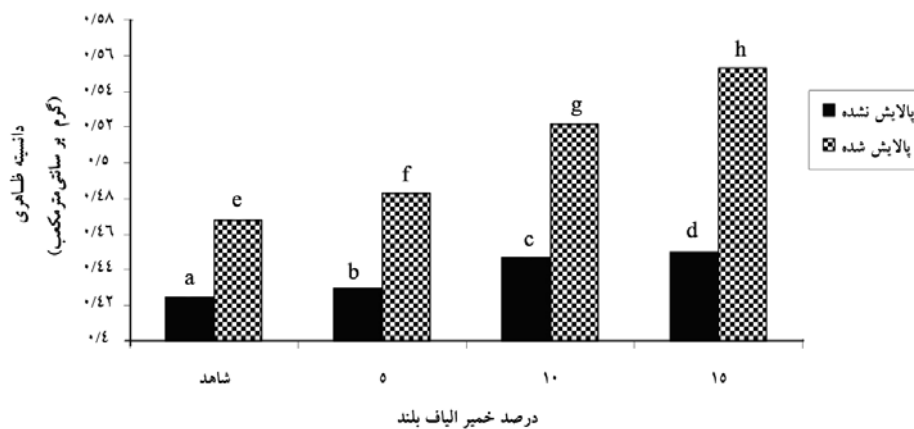
شکل ۹- تأثیر پالایش و خمیر الیاف بلند بر مقاومت به ترکیدن.



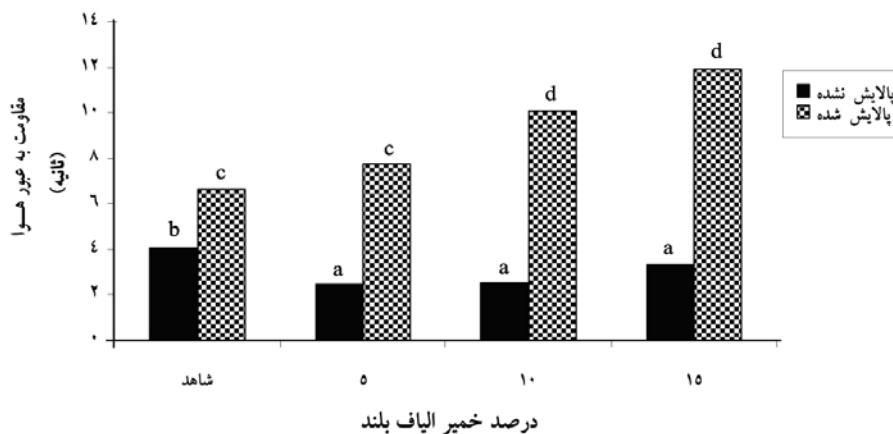
شکل ۱۰- تأثیر پالایش و خمیر الیاف بلند بر مقاومت به پاره شدن.

تأثیر ترکیبی نشاسته و خمیر الیاف بلند: چنانچه در شکل ۱۱ مشخص است، با افزایش درصد خمیر الیاف بلند در ترکیب با ۱ درصد نشاسته، دانسیته ظاهری به‌طور معنی‌دار در هر دو حالت پالایش نشده و پالایش شده، افزایش یافته است که ایجاد پیوند بین الیاف در اثر مصرف نشاسته کاتیونی را می‌توان علت اصلی آن بیان نمود. این در حالی است که مقاومت به عبور هوا در حالت پالایش نشده در تمام سطوح مصرف خمیر الیاف بلند در مقام مقایسه با شاهد کاهش معنی‌داری یافته است (شکل ۱۲) و بین سطوح مصرف نیز از نظر آماری اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود. دلیل عمده این امر را احتمالاً می‌توان به کاهش تعداد الیاف در واحد وزن و کاهش درصد نرمه‌ها مربوط دانست. نتایج شکل‌های ۱۳، ۱۴ و ۱۵ بیانگر این است که با افزایش سطوح مختلف ترکیب نشاسته و خمیر الیاف بلند، شاخص‌های کششی، ترکیب‌دگی و پارگی در خمیر پالایش شده در مقایسه با خمیر پالایش نشده به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است و این اختلاف در تمام سطوح مصرف مشاهده می‌گردد، به‌طوری‌که بالاترین مقاومت‌ها از ترکیب ۱ درصد نشاسته کاتیونی و ۱۵ درصد خمیر الیاف بلند در حالت پالایش شده، به‌دست آمد که در مقایسه با نمونه شاهد، حدود ۴۰ درصد افزایش در مقاومت به ترکیدن، ۴۰ درصد افزایش در مقاومت به کشش و ۳۰ درصد افزایش در مقاومت به پاره شدن را نشان می‌دهد. به‌علاوه افزایش معنی‌دار ویژگی‌ها در خمیر پالایش نشده نسبت به خمیر پالایش شده، کم‌تر می‌باشد.

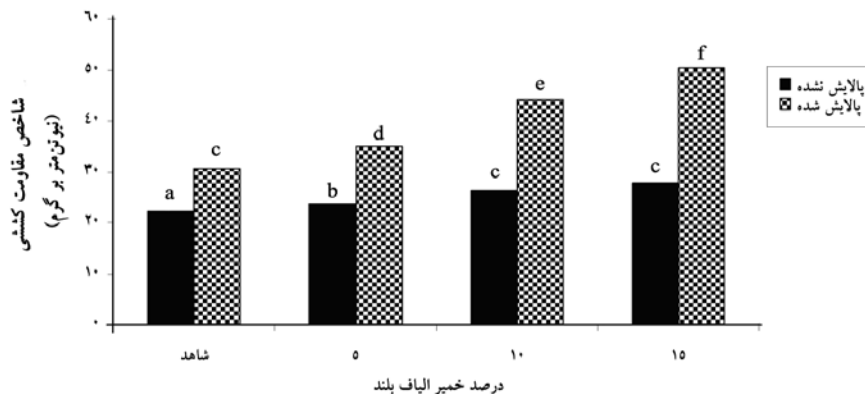
با دقت در شکل‌های ۱۳ و ۱۵ در می‌یابیم که بین خمیر شاهد پالایش شده و سطح ترکیب نشاسته و ۱۵ درصد خمیر الیاف بلند در خمیر پالایش نشده، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. جذب مؤثر نشاسته کاتیونی بر روی الیاف کوتاه و نرمه‌ها باعث افزایش مقاومت پیوند بین لیفی از یک طرف و بهبود مقاومت به پاره شدن به علت افزایش درصد خمیر الیاف بلند از طرف دیگر، را می‌توان دو عامل اصلی بهبود هم‌زمان خواص مقاومتی خمیر بازیافتی دانست.



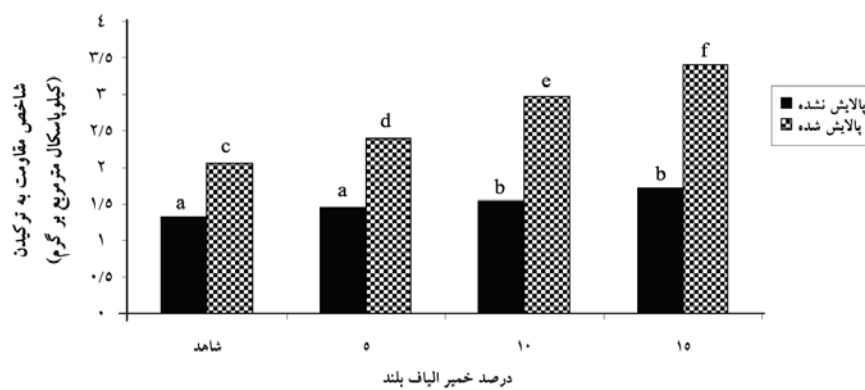
شکل ۱۱- تأثیر ترکیب ۱ درصد نشاسته کاتیونی و سطوح مختلف خمیر الیاف بلند بر دانسیته ظاهری.



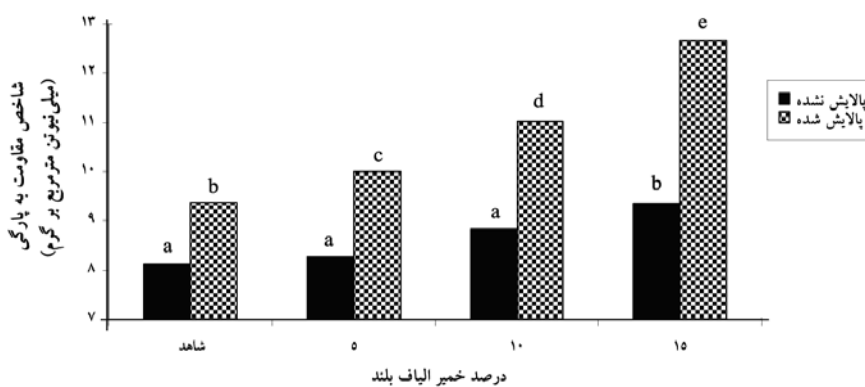
شکل ۱۲- تأثیر ترکیب ۱ درصد نشاسته کاتیونی و سطوح مختلف خمیر الیاف بلند بر مقاومت به عبور هوا.



شکل ۱۳- تأثیر ترکیب ۱ درصد نشاسته کاتیونی و سطوح مختلف خمیر الیاف بلند بر مقاومت کشتی.



شکل ۱۴- تأثیر ترکیب ۱ درصد نشاسته کاتیونی و سطوح مختلف خمیر الیاف بلند بر مقاومت به ترکیب.



شکل ۱۵- تأثیر ترکیب ۱ درصد نشاسته کاتیونی و سطوح مختلف خمیر الیاف بلند بر مقاومت به پاره شدن.

## نتیجه گیری

به طور کلی، میزان اثربخشی هر کدام از تیمارها به ترتیب زیر می باشد:

تیمار ترکیبی پالایش و نشاسته و الیاف بلند در افزایش، مقاومت کششی و ترکیدن دارای بیشترین تأثیر می باشد و در بهبود و افزایش مقاومت به پاره شدن تفاوت معنی داری با تیمار ترکیبی پالایش و الیاف بلند نداشت. تیمار پالایش و نشاسته در سطح ۱/۵ درصد حداکثر تأثیر بر قابلیت نفوذ هوا را به خود اختصاص می دهد و در سایر سطوح با تیمار ترکیب پالایش و نشاسته و الیاف بلند اختلاف معنی داری نداشت. همچنین تیمار ترکیب پالایش و نشاسته و الیاف بلند، نسبت به سایر تیمارها، دارای بیشترین تأثیر بر دانسیته ظاهری OCC بوده است. تأثیر ۱/۵ درصد نشاسته کاتیونی به تنهایی و ترکیب ۱ درصد نشاسته و ۱۵ درصد خمیر الیاف بلند در خمیر پالایش نشده در مقایسه با خمیر شاهد پالایش شده برافزایش شاخص مقاومت کششی و پارگی برابر بوده است که نتیجه می گردد استفاده از نشاسته کاتیونی به تنهایی و یا در ترکیب با خمیر الیاف بلند، امکان دستیابی به ویژگی های مقاومتی مطلوب و مورد نیاز را بدون به همراه داشتن اثرات منفی پالایش، به طور هم زمان فراهم می سازد. بنابراین با توجه به کیفیت و نیازمندی مصرف، خمیر کاغذ OCC می تواند با پالایش یا نشاسته کاتیونی در صورت لزوم با اختلاط خمیر الیاف بلند به کار رود.

## منابع

1. Afra, E. 2006. Basis of Paper Properties. Aiihz Press, 360p. (Translated In Persian)
2. Au, C.D. and Thorn, I. 1995. Application of wet-end paper chemistry: Blackie academic and professional new york, USA, 200p.
3. Bhat, G.R., Heitmann, J.A. and Joyce, T.W. 1991. Novel techniques for enhancing the strength of secondary fiber. Tappi J. Pp: 76-83.
4. Ekhtera, M.H., Rezayati Charani, P., Ramezani, O. and Azadfallah, M. 2008. Effects of polyaluminum chloride, starch, alum, and rosin on the rosin sizing, strength, and microscopic appearance of paper prepared from old corrugated container (OCC) pulp. Bioresources Technology, 4: 2. 291-318.
5. Glittenberg, D. 1993. Starch alternatives for improved strength, retention and sizing. Tappi J. 11: 76. 215-219.
6. Glittenberg, D., Tippet, R.J., Dipl, P.L. and Timmermans, M. 2004. Highly effective cornstarch in the wet-end as a low-cost alternative to potato starch. Chemische Technologie papiererzeugung/Chemical Technology of papermaking.
7. Hamzeh, Y. and Rostampour Haftkhani, A. 2008. Principales of papermaking chemistry. First Edition. Tehran University Press, 424p. (Translated In Persian)

8. Heerman, M., Welter, S. and Hubbe, M.A. 2006. Effect of high treatment levels in a dry strength additive program on deposition of polyelectrolyte complexes. *Tappi J.* 5: 6. 9-14.
9. Howard, R.C. and Jowsay, C.J. 1989. Effect of cationic starch on the tensile strength of paper, *J. Pulp and Paper Sci.* 15: 6. 22-25.
10. Hubbe, M.A., Tracy, L., Jakson and Zhang, M. 2003. Fiber surface saturation as a strategy to optimize dual-polymer dry strength treatment. *Tappi J.* 2: 11. 7-11.
11. Hubbe, M.A. 2006. Bonding between cellulose fibers. *Bioresources Technology*, 1: 2. 281-318.
12. Kang, T. 2004. Role of external fibrillation in pulp and paper properties. *P. A. J.* 57: 3. 199.
13. Ketola, H. and Anderson, T. 1998. *Papermaking chemistry-chapter 12: Dry Strength Additives.*
14. Khantayanuwong, S. 2002. Effect of beating and recycling on strength of pulp fibers and paper. *Tappi. J.* 56: 193-199.
15. Latibari, A.G., Khosravani, A. and Rahmaninia, M. 2007. *Technology of Paper Recycling.* Arvich Press, 540p. (Translated in Persian)
16. Lumiainen, J.J. 1992. Refinig recycled fibers: advantages and disadvantages. *Tappi J.* Pp: 92-97.
17. Michele, M., Tsai, J. and Richardson, P.H. 2005. Starches for use in papermaking, US patent 6: 2. 843-888.
18. Minor, J.L., Scott, C.T. and Rajai, H. 1993. Restoring bonding strength to recycled fibers. Atlanta, GA. *Tappi Press*, Pp: 379-385.
19. Neimo, L. 1999. *Papermaking chemistry-chapter 12: Dry Strength Additives.* 329p.
20. Pala, H., Mota, M. and Gama, F.M. 2002. Refining and enzymatic treatment of secondary fibers for paperboard production: Cyberflex measurement of fiber flexibility. COST E20-Wood fiber cell wall structure.





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 19 (3), 2012*  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Comparative Investigation on Different Methods for Improving Strength Properties of OCC Pulp**

**\*M. Rasa<sup>1</sup>, H. Resalati<sup>2</sup> and E. Afra<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of  
Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Associate Prof., Faculty of Wood and  
Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>3</sup>Assistant Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of  
Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2010/06/07; Accepted: 2011/03/09

### **Abstract**

The pulp strength properties of old corrugated containers (OCC) are reduced as a result of recycling process. So at present paper, improvement of OCC pulp properties was investigated through refining and also using cationic starch and imported unbleached softwood kraft pulp (USKP). In addition to studying the effects of each of above mentioned parameters, the effects of combined treatment of refining + cationic starch, refining + USKP, and cationic starch + USKP were also investigated. Cationic starch at 3 dosing levels (0.5, 1.0 and 1.5%) and USKP at 3 dosing levels (5, 10 and 15%) were used in admixture with refined and unrefined OCC pulps. The results have shown that treatments such as refining, cationic starch, USKP, and cationic starch + USKP significantly improved the OCC strength properties. The highest strengths were obtained from treatment of 1% cationic starch + 15% USKP, which in comparison with reference sample; about 40% increase in burst and tensile strength, and 30% increase in tear strength were occurred. Air resistant, in treatment where 1.5% cationic starch was used in refined pulp, was increased 45% as compared with the reference sample. The results showed that the optimum treatment, in terms of obtaining highest improvement in OCC pulp properties, was a combined treatment of refining + cationic starch + USKP. However, depending on the required end use quality, OCC pulp can be improved by using refining treatment with or without using different dosages of cationic starch and USKP.

**Keywords:** Refining, Cationic starch, Softwood kraft pulp, OCC

---

\* Corresponding Author; Email: m.rasa2008@yahoo.com

