



دانشگاه گوارن و فناوری چوب و جنگل

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم، شماره اول، ۱۳۹۲
<http://jwfst.gau.ac.ir>

بهبود ویژگی‌های خمیر کاغذ CMP سپیدار با استفاده از خمیر کاغذ مرکب‌زدایی شده مخلوط کاغذهای باطله اداری

*سمیرا حبیبی^۱، علی قاسمیان^۲، احمد رضا سرائیان^۳ و حسین رسالتی^۳

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲استادیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۳استاد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۰/۱/۲۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۲

چکیده

برای بهبود ویژگی‌های مختلف خمیر کاغذ CMP گونه سپیدار از خمیر کاغذ مرکب‌زدایی شده مخلوط کاغذهای باطله اداری استفاده شد. خمیر کاغذ CMP براساس شرایط استاندارد صنعتی (چوب و کاغذ مازندران) و خمیر DIP مخلوط کاغذ باطله اداری به روش شناورسازی تهیه شد. بعد از رساندن درجه روانی خمیرهای کاغذ یاد شده به حدود ۳۰۰، از آن‌ها در اختلاط با خمیر الیاف بلند وارداتی کاغذهای دست‌ساز ساخته شد و ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری آن‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که با افزایش سهم خمیر DIP کاغذهای باطله اداری در مخلوط خمیرها، ویژگی‌های نوری کاغذها بهبود یافته ولی ویژگی‌های مقاومتی اندکی کاهش نشان دادند. امتیازدهی تیمارهای آزمایشی براساس محاسبه‌های نرمال‌سازی نشان داد که کاغذ شامل ۸۰ درصد خمیر CMP سپیدار، ۱۵ درصد خمیر مرکب‌زدایی شده و ۵ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی دارای بالاترین رتبه و به‌عبارت دیگر، بهترین شرایط از نظر مجموع ویژگی‌های کاغذ است و بنابراین استفاده از خمیر DIP مخلوط کاغذهای باطله اداری تا حد ۱۵ درصد در اختلاط با خمیر کاغذ CMP گونه سپیدار به همراه مقدار کمی خمیر الیاف بلند وارداتی منجر به تولید کاغذ روزنامه مناسب شده و توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خمیر CMP، سپیدار، مرکب‌زدایی، مخلوط کاغذهای باطله اداری، شناورسازی

*مسئول مکاتبه: habibi_samira65@yahoo.com

مقدمه

کاغذ پاره اصلی تمدن بشر طی دو هزار سال گذشته بوده و یکی از بخش‌های جدایی‌ناپذیر زندگی روزانه بشر معاصر است، ارتباط بسیار نزدیک ما با این ماده سبب شده است تا آن را ماده‌ای با پیچیدگی خاص ندانیم. اما این تصور از حقیقت دور است. کاغذ از منابع گیاهی تهیه می‌شود، بنابراین هم از نظر مرفولوژیکی و هم از نظر فیزیکی و شیمیایی ماده‌ای پیچیده است (میرشکرایی و صادقی‌فر، ۲۰۰۷). کاغذ را می‌توان با تکیه بر روش تولید آن تعریف کرد، یعنی ماده‌ای ورقه‌ای ساخته شده از شبکه‌ای از الیاف طبیعی سلولزی که با ته‌نشینی از یک تعلیق آبی تشکیل شده است. الیاف مورد استفاده برای کاغذسازی، سلول‌های سازنده گیاهان محسوب می‌شوند و در نتیجه از منابع گیاهی گسترده‌ای ممکن است تامین شوند. در عمل، منابع تامین الیاف برای ساخت کاغذ توسط عواملی مثل در دسترس بودن، بازده در واحد سطح و کیفیت الیاف محدود شده است. در پایان قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، پنبه به‌دست آمده از ضایعات نساجی عمده‌ترین منبع فیبری محسوب می‌شد و مهم‌ترین کارخانه‌های ساخت کاغذ در اطراف صنایع پارچه بافی توسعه یافت. در اوایل قرن بیستم با افزایش تقاضا برای مصرف کاغذ و نبود تکافوی ضایعات صنایع نساجی برای تامین ماده اولیه، مصرف چوب به‌شدت افزایش یافت به‌طوری‌که در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد الیاف بکر از چوب تامین می‌شود (میرشکرایی و صادقی‌فر، ۲۰۰۷).

مصرف کاغذ در کشورهای پیشرفته زیاد و مصرف سرانه کاغذ و مقوا در نقاط مختلف دنیا به‌طور چشم‌گیری متغیر است به‌علاوه مصرف کاغذ و مقوا به‌طور پیوسته در جهان در حال افزایش است. در حالی‌که در سال ۱۹۵۰ حدود ۴۴ میلیون تن، در سال ۱۹۹۸ تقریباً ۳۰۰ میلیون تن، در سال ۲۰۰۳ حدود ۳۳۹ میلیون تن کاغذ در جهان تولید شد و تخمین زده شد تولید در سال ۲۰۱۰ به ۴۰۰ میلیون تن افزایش پیدا کند. داده‌های آماری نشان می‌دهد که بین سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۵۰ سرعت رشد تولید کاغذ در آمریکا ۲/۵ درصد، در کشورهای اروپایی ۴/۲ درصد، در آلمان ۴/۸ درصد و در سراسر جهان ۴ درصد بوده است و در یک بازه زمانی تقریباً ۱۰ ساله، یعنی از سال ۱۹۶۰-۱۹۵۰، تولید کاغذ در جهان دو برابر گردیده است (اونسیت، ۲۰۰۶؛ سیکستا، ۲۰۰۶).

صنایع چوب و کاغذ به‌طور پیوسته در جستجوی تکنولوژی‌های جدید و دوست‌دار محیط زیست هستند تا به این وسیله هم سهم سالیانه گیاهان کشاورزی را در تولید کاغذ افزایش دهند و هم استفاده از خمیر کاغذ باطله در تولید کاغذ را به‌طور پیوسته بیش‌تر کنند (کوپانیا و همکاران، ۲۰۰۸).

کاغذ باطله بزرگ‌ترین بخش زباله جامد است که بیش‌ترین تأثیر را روی محیط زیست و زندگی معمولی افراد دارد. خوب بدانید که بازیافت کاغذ باطله به‌طور مطلوبی باعث کاهش آلودگی پیرامون با کاهش جریان زباله به محیط زیست و همچنین کاهش هزینه‌های مصرفی مربوطه می‌شود. کاهش در مصرف انرژی اضافه در تولید کاغذ و محصولات مقوایی از چوب و پنبه و همچنین ذخیره منابع جنگلی اصلی (بکر) منجر به کاهش آلودگی هوا و زمین می‌شود و تعادل اکولوژیکی را بهبود می‌بخشد (نی و همکاران، ۱۹۹۸).

براساس آمار شرکت‌های کاغذسازی بازیافت هر تن کاغذ باطله می‌تواند باعث ذخیره ۷۰۰۰ گالن آب، ۴۱۰۰ کیلووات ساعت انرژی، دور کردن ۶۰ پوند پساب آلوده‌کننده هوا می‌شود. ثابت شده است که هر تن کاغذ اگر از ۱۰۰ درصد الیاف بازیافتی تهیه شود تقریباً ۲۵ درصد حفظ می‌شود. بنابراین یکی از موضوعات مهم زیست‌محیطی بازیابی و استفاده دوباره از الیاف ثانویه به‌عنوان یک منبع از مواد خام برای تولید محصولات کاغذی است. در عوض، بهبود تکنولوژی‌های فرآیندی به‌منظور استفاده کامل از این منابع ثانویه ضروری است (نی و همکاران، ۱۹۹۸؛ کوستا و رویو، ۲۰۰۵).

کاغذ و محصولات فیبری وابسته تقریباً حدود ۵۰ درصد از زباله‌های جامد شهری^۱ در ایالات متحده به‌شمار می‌آیند. بسیاری از ایالت‌ها قوانین مورد نیاز شرکت‌های تولیدکننده کاغذ را برای تعیین کم‌ترین حد استفاده از الیاف ثانویه در کاغذهایشان تصویب کرده‌اند. شرکت‌های کاغذسازی در نتیجه این قوانین ملزم به استفاده از ۲۵-۵۰ درصد الیاف ثانویه در ترکیب کاغذهای روزنامه یا چاپ و تحریر (اداری) هستند که در نتیجه بازیافت کاغذ به یک صنعت مهم در کشور و ایالت‌ها تبدیل شده است. براساس نتایج آنالیز فیزیکی زباله‌های شهری در ایران نیز به‌طور متوسط حدود ۱۰/۹ درصد از این زباله‌ها را کاغذ و مقوا تشکیل می‌دهد (نی و همکاران، ۱۹۹۸؛ میرشکرایی، ۲۰۰۱).

کاغذسازها روی بازیافت کاغذ به‌عنوان یک ضرورت اقتصادی تمرکز کرده‌اند. یکی از فرآیندهای مهم در بازیافت کاغذ، مرکب‌زدایی^۲ نامیده می‌شود که از کاغذ باطله برای رسیدن به خمیر روشن‌تر استفاده می‌کند. مرکب‌زدایی شامل خارج‌سازی ذرات مرکب از سطح الیاف و جداسازی مرکب خارج شده از سوسپانسیون الیاف است (پونیت و همکاران، ۲۰۱۰).

کارآیی فرآیند مرکب‌زدایی وابسته به ویژگی‌های مرکب، فرآیند چاپ، ویژگی‌های الیاف و ترکیبات پوشش‌دهنده، سن خمیر، نوع و مقدار مواد شیمیایی استفاده شده در مراحل مختلف فرآیند،

1- Municipal-Solid-Waste (MSW)

2- De-Inking

موقعیت‌های فیزیکی و شیمیایی فرآیند، pH، درصد خشکی خمیر و هیدرودینامیک فرآیندهای شناورسازی و شستشو است (پونیت و همکاران، ۲۰۱۰؛ الس و همکاران، ۲۰۰۱).

انواع مختلفی از خمیر کاغذهای باطله با ترکیبات الیاف مختلف در تولید کاغذ مورد استفاده قرار می‌گیرد. اخیراً تمایل مشخصی نسبت به استفاده از مخلوط کاغذ باطله سفید اداری^۱ که به‌طور عمده از چاپگرهای لیزری و مرکب و دستگاه‌های کپی هستند، می‌توان مشاهده کرد. مخلوط کاغذ باطله اداری یک منبع عظیم از الیاف کاغذ ارزشمند است که بعد از مرکب‌زدایی و رنگ‌بری می‌تواند در تولید کاغذهای با کیفیت زیاد و کاغذهای بهداشتی استفاده شود (کوپانیا و همکاران، ۲۰۰۸).

مطالعات نیمه‌صنعتی نشان داده است که بین ۵-۱ کیلوگرم کاغذ در هر هفته به‌ازای هر اداره ممکن است در دسترس باشد. پس هر اداره با ۱۰ کارمند به‌طور متوسط حدود ۱ تن کاغذ باطله در سال تولید می‌کند. توان بازیافت از این منابع بسیار با اهمیت است و در بسیاری از کشورها از این توان بهره‌برداری کافی نشده است (میرشکرایی و صادقی‌فر، ۲۰۰۷).

گست (۱۹۹۱) در بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های کاغذ به‌دست آمده از الیاف بازیافتی کاغذهای اداری و کاغذ به‌دست آمده از خمیر کرافت اکالیپتوس بیان داشت که شاخص ترکیدن، شاخص کشش و طول پارگی به‌دست آمده از اوراق اداری در مقایسه با خمیر کرافت اکالیپتوس افزایش یافته و شاخص پارگی کاهش می‌یابد، او علت این امر را وجود مخلوط الیاف پهن‌برگان و سوزنی‌برگان در خمیر کاغذ اداری عنوان کرد که موجب شده ویژگی‌های کاغذ به‌دست آمده شبیه کاغذ به‌دست آمده از خمیر کاغذ پهن‌برگان دست اول یا کمی بهتر از آن باشد.

لو و والاده (۱۹۹۴) موضوع اختلاط انواع کاغذهای باطله با خمیر شیمیایی - حرارتی - مکانیکی را مورد بررسی قرار دادند. در مورد شاخص کشش کاغذ، افزودن خمیر بازیافتی اثر کمی بر روی مقاومت کششی کاغذهای دست‌ساز دارد، که این موضوع بیانگر برهم‌کنش ضعیف بین این دو نوع الیاف است. سعید ابوبکر و همکاران (۱۹۹۵) با جزج‌سازی الیاف به‌عنوان یک روش سعی کردند ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز را بعد از بازیافت‌های متوالی بهبود بخشند. آن‌ها در این پژوهش از مخلوط کاغذ باطله استفاده کردند. بازیافت از ۴-۱ بار مقاومت به ترکیدن، مقاومت کششی و مقاومت به پارگی را به‌علت سخت شدن و شکست الیاف و قابلیت کم‌تر آن‌ها برای تطبیق با یکدیگر کاهش می‌دهد.

1- Mixed Office Waste (MOW)

پلتکواو همکاران (۲۰۰۰) عوامل مؤثر بر مرکب‌زدایی مخلوط کاغذ باطله اداری را بررسی کردند. نتایج نشان داد که با افزایش درجه حرارت شناورسازی، درجه روشنی خمیر مرکب‌زدایی شده افزایش می‌یابد. فائزی‌پور و همکاران (۲۰۰۶) مرکب‌زدایی کاغذهای روزنامه باطله و باطله اداری به روش آکواسل را مورد بررسی قرار دادند. طی همه مراحل نتایج نشان داد دمای نزدیک ۶۰ درجه سانتی‌گراد بهترین درجه روشنی را در مقایسه با دمای ۹۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. همچنین روش آکواسل برای کاغذهای زیراکس و کپی و چاپ و تحریر باطله (اداری) که محتوی مواد چسبناک هستند مناسب است و به‌عنوان پس تیمار توصیه می‌شود.

طلایی‌پور و همکاران (۲۰۰۷) کاغذهای چاپ باطله مکانیکی را بازیافت کرده و آن را با خمیر کاغذ CMP پهن‌رگان به‌منظور تولید چاپ مخلوط کردند. نتایج آزمون مرکب‌زدایی نشان داد که علاوه بر تأثیر مواد شیمیایی، دو عامل درجه حرارت و زمان خمیرسازی اثر مستقیمی بر درخشندگی خمیر مرکب‌زدایی شده دارد. به‌گونه‌ای که با افزایش درجه حرارت یا زمان خمیرسازی یا هر دو، درخشندگی خمیر کاغذ مرکب‌زدایی شده افزایش می‌یابد. همچنین نتایج آزمون‌های ویژگی‌های فیزیکی و نوری و نیز مقاومت‌های مکانیکی کاغذهای دست‌ساز تهیه شده، از درصد‌های مختلف اختلاط خمیر کاغذ مکانیکی مرکب‌زدایی شده و خمیر کاغذ CMP نشان داد که در تولید کاغذ چاپ، خمیر کاغذ مرکب‌زدایی شده جایگزین بخشی از خمیر کاغذ CMP می‌شود.

صادقی‌آمالو و همکاران (۲۰۰۸) اثر خمیرهای مرکب‌زدایی شده کاغذهای باطله اداری و الیاف بلند وارداتی بر ویژگی‌های مکانیکی و نوری خمیر APMP سپیدار و مطالعه امکان استفاده از خمیر مرکب‌زدایی شده یاد شده به‌جای خمیر الیاف بلند وارداتی را بررسی کردند. نتایج بیانگر این موضوع است که افزودن خمیر مرکب‌زدایی شده مخلوط کاغذ باطله اداری موجب کاهش مقاومت‌های مکانیکی و افزایش ویژگی‌های نوری می‌شود.

اکبرپور و همکاران (۲۰۱۰) مرکب‌زدایی کاغذ روزنامه باطله به دو روش شیمیایی متداول و آنزیمی مورد بررسی قرار دادند. مقایسه نتایج ویژگی‌های نوری تیمارهای بهینه شیمیایی و آنزیمی نشان داد که خمیرهای مرکب‌زدایی شده به روش شیمیایی متداول دارای درجه روشنی بیش‌تر و زردی بیش‌تر می‌باشند. همچنین خمیر مرکب‌زدایی شده به روش شیمیایی متداول کاغذهای حجیم‌تر، ضخیم‌تر و مقاومت به عبور هوای بیش‌تر را نتیجه داد.

هدف از این پژوهش تعیین تأثیر استفاده از خمیر کاغذ بازیافتی مرکب‌زدایی شده مخلوط کاغذ باطله اداری در ترکیب با خمیر CMP به‌دست آمده از گونه سپیدار بر ویژگی‌های کاغذهای به‌دست

آمده و تعیین مقادیر بهینه درصد اختلاط و به‌دست آوردن شرایط مناسب‌تر با توجه به ویژگی‌های مهم‌تر درصد اختلاط خمیرهای بازیافتی مخلوط کاغذ باطله اداری همراه با حداقل استفاده از خمیر الیاف بلند وارداتی در ترکیب با خمیر CMP به‌دست آمده از سپیدار است.

مواد و روش‌ها

خمیر CMP: یک اصله درخت سپیدار (*Populus Alba*) از جنگل آموزشی-پژوهشی شصت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه و پس انتقال به آزمایشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به خرده‌چوب با ابعاد استاندارد تبدیل شده و با روش CMP برای رسیدن به بازده حدود ۸۵ درصد با مایع پخت شامل سولفیت سدیم با غلظت ۱۵ درصد، نسبت L/W برابر ۷ و زمان پخت برابر ۹۰ دقیقه به خمیر کاغذ تبدیل شد. خمیر CMP به‌دست آمده، دفییره شده و بعد از گذراندن آن از الک ۲۰ مش، خمیر باقی‌مانده روی الک ۲۰۰ مش به‌عنوان خمیر مطلوب نگهداری شد. **رنگ‌بری و پالایش خمیر CMP:** به‌منظور افزایش درجه روشنی خمیر CMP از یک مرحله رنگ‌بری پراکسید هیدروژن استفاده شد، شرایط رنگ‌بری شامل پراکسید هیدروژن ۲ درصد بر مبنای وزن خشک، هیدروکسید سدیم ۱/۵ درصد بر مبنای وزن خشک، سیلیکات سدیم ۲ درصد بر مبنای وزن خشک، DTPA ۰/۲ درصد بر مبنای وزن خشک بود. سپس خمیر به‌دست آمده با آب مقطر شست و شو گردید. خمیر رنگ‌بری شده و خمیر الیاف بلند وارداتی پس از تعیین درجه روانی براساس استاندارد شماره ۲۲۷ om-۰۴ آیین‌نامه TAPPI به‌منظور رسیدن به درجه روانی حدود ۳۰۰ توسط دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی (PFI) براساس شماره T ۲۴۸ sp-۰۰ آیین‌نامه TAPPI پالایش شدند.

کاغذهای باطله اداری: مخلوط کاغذهای باطله اداری به‌طور تصادفی از انتشارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد. کاغذهای باطله دارای چاپ یک‌رو بودند که به دلایل مختلف، بیش‌تر به‌دلیل مشکلات ویرایشی یا مشکلات فنی مربوط به چاپ و... به‌صورت باطله درآمدند.

مرکب‌زدایی: در مرحله خمیرسازی کاغذهای باطله اداری در آب به‌مدت ۱ ساعت خیسانده شد تا الیاف آب جذب کرده و واکنشیده شوند سپس مواد مربوط به مرحله خمیرسازی در شرایط pH ۸ و درصد خشکی ۱۰ درصد طبق جدول زیر اضافه گردید:

جدول ۱- مواد شیمیایی به کار برده شده در مرحله شناورسازی.

نوع ماده شیمیایی	میزان افزودن (درصد بر مبنای وزن خشک)
هیدروکسید سدیم	۱ درصد بر مبنای وزن خشک
پراکسید هیدروژن	۱ درصد بر مبنای وزن خشک
سیلیکات سدیم	۲ درصد بر مبنای وزن خشک
DTPA	۰/۳ درصد بر مبنای وزن خشک
پلی سوربات ۸۰	۰/۲ درصد بر مبنای وزن خشک

هیدروکسید سدیم باعث واکنش پذیری بیشتر لیف و انحلال چسب موجود در مرکب می شود اما مشکل اصلی این است که رنگ خمیر را تیره می کند. که برای رفع این مشکل از ۱ درصد پراکسید هیدروژن به عنوان عامل اصلی رنگبری به کار برده می شود، که باعث افزایش درجه روشنی خمیر به دست آمده می گردد. سیلیکات سدیم همانند عوامل کی لیت کننده و به عنوان یک جداساز مانع عملکرد یونهای فلزی مانند منیزیم، کلسیم و آهن شده و به طور غیرمستقیم از تجزیه پراکسید هیدروژن جلوگیری می کند، همچنین باعث پراکنده شدن ذرات مرکب آزاد شده و مانع رسوب دوباره آنها می شود. پلی سوربات ۸۰ به عنوان ماده فعال ساز سطح و به عنوان یک پراکنده ساز- جمع کننده باعث پراکنده گی و پخش ذرات مرکب در محیط سوسپانسیون می شود. سپس خمیر به سلول شناورسازی انتقال یافت و ۰/۳۳ درصد کلرید کلسیم به آن اضافه گردید با افزودن آب درصد خشکی خمیر به ۱ درصد کاهش یافت پس از برقراری جریان هوا کف به دست آمده به همراه ذرات مرکب از بالای سلول جمع آوری شد.

ساخت کاغذ دست ساز: برای هر یک از نسبت های اختلاط، تعداد ۱۲ کاغذ دست ساز براساس دستورالعمل به شماره ۰۲-sp-۲۰۵ آیین نامه تاپی^۱ و طبق درصد های اختلاط جدول ۱ تهیه شد و آزمون های فیزیکی، مکانیکی و نوری روی کاغذ های دست ساز انجام شد برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمایش های انجام شده روی کاغذ های به دست آمده از اختلاط خمیر CMP، خمیر مخلوط کاغذ باطله اداری و خمیر الیاف بلند وارداتی، با استفاده از نرم افزار SPSS 16 براساس طرح آزمایشی کاملاً تصادفی آزمون تجزیه واریانس انجام شد و سپس گروه بندی میانگین ها با کمک آزمون دانکن صورت پذیرفت. متغیر آزمایشی در این بررسی درصد اختلاط خمیر بازیافتی بود که در ۶ سطح مورد تجزیه تحلیل آماری قرار گرفت.

1- TAPPI

جدول ۲- نسبت اختلاط خمیر CMP، الیاف بلند وارداتی و DIP کاغذ باطله اداری.

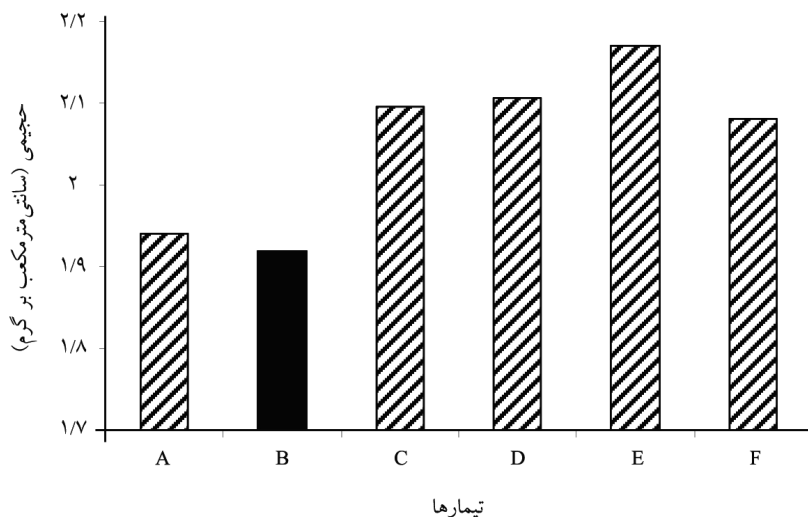
کد تیمار آزمایشی	نوع خمیر					
	A	B	C	D	E	F
CMP	۱۰۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰	۸۰
الیاف بلند وارداتی	۰	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰
خمیر مرکب‌زدایی شده	۰	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰

نتایج و بحث

ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز به دست آمده از اختلاط خمیرها

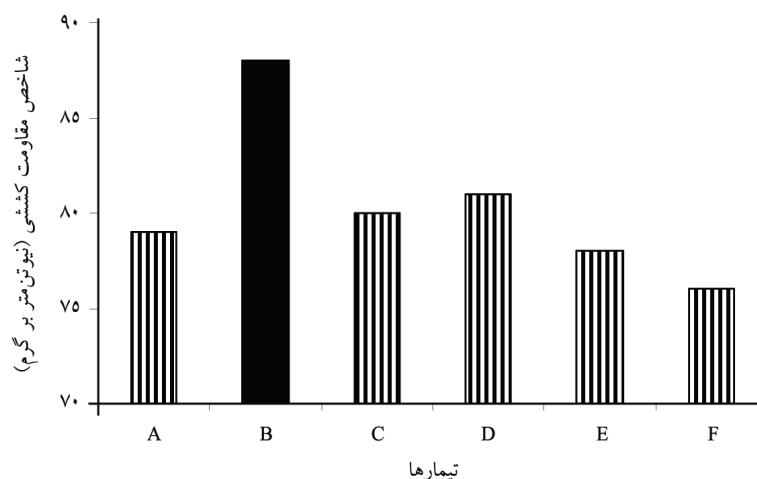
ویژگی‌های فیزیکی

حجمی: حجمی یا بالک نشان‌دهنده حجمی است که توسط ۱ گرم کاغذ اشغال شده است با داشتن مقادیر ضخامت و وزن پایه، حجمی را می‌توان از تقسیم ضخامت بر وزن پایه محاسبه نمود. حجمی کاغذهای تهیه شده بر حسب سانتی‌متر مکعب بر گرم گزارش شد (شکل ۱).



شکل ۱- تغییرات حجمی کاغذهای دست‌ساز.

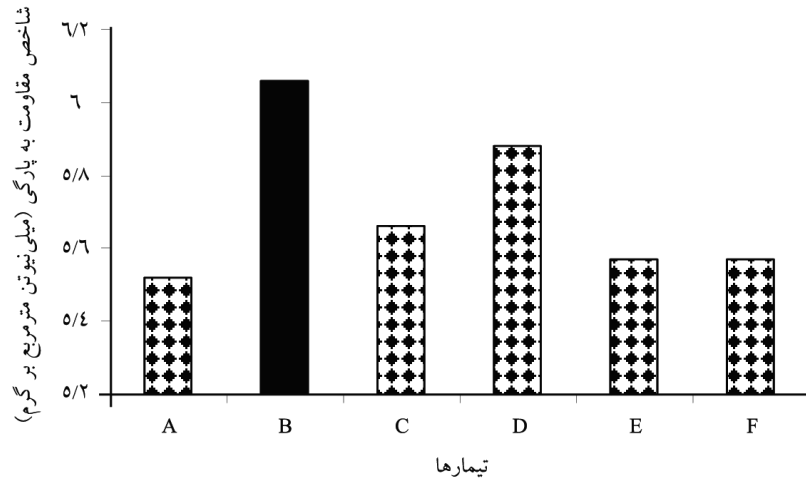
در بین تیمارها، تیمار E با داشتن ۱۵ درصد خمیر بازیافتی همراه با ۵ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی و ۸۰ درصد خمیر CMP بیشترین حجمی را از خود نشان داد. این تیمار به علت داشتن بیشترین ضخامت در وزن پایه ثابت بیشترین حجمی را دارا می‌باشد. کمترین حجمی مربوط به نمونه شاهد با ترکیب ۸۰ درصد خمیر CMP و ۲۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی است این موضوع به انعطاف‌پذیری بیش‌تر الیاف بلند وارداتی و الیاف صنوبر در مقابل پالایش مربوط می‌شود که نتیجه آن شکل‌گیری بهتر و کیفیت اتصالات مطلوب‌تر در کاغذ به دست آمده است. گفتنی است این مسأله باعث ایجاد ساختار متراکم‌تر، متوسط خلل و فرج موجود در کاغذ را کاهش می‌دهد که در نهایت سبب افزایش شاخص‌های مقاومتی کاغذ به دست آمده می‌شود. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد وجود ندارد. از طرف دیگر آزمون دانکن تغییرات حجمی را در یک گروه قرار می‌دهد. به بیان دیگر افزودن خمیر بازیافتی مخلوط کاغذ باطله اداری تغییر قابل توجهی در حجمی کاغذهای دست‌ساز ایجاد نمی‌کند. اکبرپور و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی مقایسه‌ای مرکب‌زدایی روزنامه باطله به دو روش شیمیایی و آنزیمی به این نتیجه رسیدند که خمیر مرکب‌زدایی شده به روش شیمیایی متداول کاغذهای حجیم‌تر و با ضخامت بیش‌تری را ایجاد می‌کند. نتایج به دست آمده از این بررسی با نتایج مطالعات آن‌ها مطابقت دارد. **شاخص مقاومت کششی:** شاخص مقاومت کششی کاغذهای ساخته شده در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد و در شکل زیر ارائه شده است.



شکل ۲- تغییرات شاخص مقاومت کششی کاغذهای دست‌ساز.

اضافه کردن خمیر بازیافتی به جای خمیر الیاف بلند وارداتی سبب کاهش محسوس مقاومت کششی کاغذ بین تیمار شاهد و سایر تیمارها می‌شود اما بین تیمارهای آزمایشی تفاوت چندانی قابل توجه نمی‌باشد. به دلیل استخوانی شدن الیاف در اثر دفعات متوالی خشک شدن تمایل الیاف برای برقراری پیوند در مقایسه با الیاف خمیر دست اول و خمیر الیاف بلند وارداتی کاهش می‌یابد. به علاوه به نظر می‌رسد که در بخش شناورسازی ذرات مرکب به اندازه کافی آب‌دوست نشده و در طی این فرآیند به خوبی خارج نشده باشند. در نتیجه اتصال بین الیاف به دلیل رسوب دوباره ذرات مرکب و خروج نرمه‌ها مقاومت کششی کاهش می‌یابد. با توجه به پیشینه خمیر مرکب‌زدایی شده باطله اداری در اثر پالایش اتصال بین الیاف افزایش می‌یابد بنابراین اضافه کردن آن تا حدودی سبب افزایش مقاومت کششی کاغذ به دست خواهد آمد. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که از نظر آماری اختلاف بین شاخص مقاومت کششی تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد اما آزمون دانکن تغییرات شاخص مقاومت کششی نمونه‌ها را در ۳ گروه مجزا قرار می‌دهد. در مورد شاخص مقاومت کششی، لو و والاده (۱۹۹۴) به این نتیجه رسیدند که افزودن خمیر بازیافتی کاغذ روزنامه باطله یا ONP به خمیر CTMP اثر کمی بر مقاومت کششی کاغذهای دست‌ساز دارد، اگرچه خمیر ONP به صورت خالص قوی‌تر از خمیر CTMP است. این موضوع بیانگر برهم‌کنش ضعیف بین این دو نوع الیاف است. از سوی دیگر طلایی‌پور و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهشی با عنوان بازیافت کاغذهای چاپ باطله مکانیکی و اختلاط آن با خمیر کاغذ CMP پهن‌رگان در تولید کاغذ چاپ بیان کردند که با جایگزینی ۳۰ درصد خمیر مکانیکی مرکب‌زدایی شده به عنوان جایگزین خمیر CMP مقاومت کششی کاغذ به دست آمده به‌طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش می‌یابد.

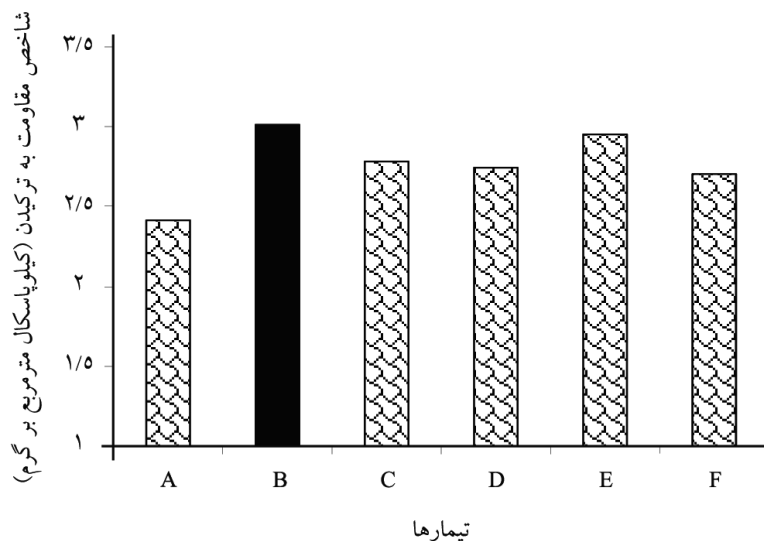
شاخص مقاومت به پارگی: شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای ساخته شده در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد و در شکل زیر ارائه شده است.



شکل ۳- تغییرات شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز.

بین کاغذهای دست‌ساز تیمار شاهد و تیمار آزمایشی اختلاف زیادی مشاهده می‌شود با کوتاه‌تر شدن طول الیاف در اثر چندین بار عمل پالایش و بازیافت درهم‌رفتگی الیاف کم‌تر شده و موجب کاهش مقاومت به پارگی می‌شود، به عبارت دیگر در پاره شدن کاغذ باید دو فاکتور مقاومت ذاتی خود فیبر و سطح اتصال بین الیاف را مدنظر داشت. در بین تیمارها، کاغذهای دست‌ساز تیمار B مقاومت به پارگی بیش‌تری از خود نشان داد، ظاهراً به این دلیل که خمیر الیاف بلند وارداتی شامل الیافی با طول زیاد و دیواره نازک داشت که در اثر پالایش به‌خوبی دفیبره شده و زمینه را برای تشکیل اتصالات به‌خوبی فراهم می‌آورد در نتیجه درهم‌رفتگی الیاف بسیار بیش‌تر از زمانی است که از الیاف بازیافتی استفاده می‌شود که به دفعات خشک شده‌اند. نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف بین مقاومت به پارگی کاغذهای دست‌ساز تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد معنی‌دار می‌باشد و آزمون دانکن تغییرات مقاومت به پارگی نمونه‌ها را در دو گروه مجزا قرار داد. سعید ابوبکر و همکاران (۱۹۹۵) با جزج‌سازی الیاف به‌عنوان یک روش سعی کردند ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز را بعد از بازیافت‌های متوالی بهبود بخشند. آن‌ها در این پژوهش از مخلوط کاغذ باطله استفاده کردند. بازیافت از ۱-۴ بار مقاومت به ترک‌شدن، مقاومت کششی و مقاومت به پارگی را به‌علت سخت شدن و شکست الیاف و قابلیت کم‌تر آن‌ها برای تطبیق با یکدیگر کاهش می‌دهد.

شاخص مقاومت به ترکیدن: شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای ساخته شده در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد و در شکل زیر ارائه شده است.



شکل ۴- تغییرات شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز.

هرچه الیاف نازک‌تر و انعطاف‌پذیرتر باشند به دلیل ایجاد اتصالات هیدروژنی بیشتر، پیوند بین الیاف افزایش یافته و در نتیجه مقاومت کاغذ در برابر ترکیدن افزایش می‌یابد. بیش‌ترین مقاومت به ترکیدن مربوط به نمونه شاهد B می‌باشد که از بیش‌ترین طول الیاف و بیش‌ترین مقاومت اتصالی الیاف برخوردار می‌باشد الیاف بازیافتی به دلیل بروز پدیده استخوانی شدن در اثر مرکب‌زدایی و پالایش به دلیل شکننده بودن خرد شده و نرمه بیش‌تری ایجاد می‌کند اما خمیر الیاف بلند وارداتی، الیافی دیواره نازک با طول بلند هستند که در نتیجه پالایش به‌خوبی فیبریله شده و نرمه کم‌تری ایجاد می‌کنند در نتیجه قابلیت برقراری اتصالات قوی بیش‌تر شده مقاومت به ترکیدن کاغذ افزایش می‌یابد. پس از آن بین تیمارها روند مقاومت به ترکیدن نزولی است به‌طوری‌که با کاهش سهم خمیر الیاف بلند وارداتی در کاغذ مقاومت به ترکیدن نیز کاهش می‌یابد و در این میان کاغذهای دست‌ساز تیمار F که عاری از خمیر الیاف بلند وارداتی است کم‌ترین رتبه را به خود اختصاص داده است. نتایج آزمون تجزیه

واریانس نشان می‌دهد که از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف بین مقاومت به پارگی نمونه‌های تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد معنی‌دار می‌باشد و آزمون دانکن تغییرات مقاومت به ترکیدن نمونه‌ها را در ۴ گروه مجزا قرار داد. گست (۱۹۹۱) در بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های کاغذ به‌دست آمده از الیاف بازیافتی کاغذهای اداری و کاغذ به‌دست آمده از خمیر کرافت اکالیپتوس بیان داشت که شاخص ترکیدن، شاخص کشش و طول پارگی به‌دست آمده از اوراق اداری در مقایسه با خمیر کرافت اکالیپتوس افزایش یافته، او علت این امر را وجود مخلوط الیاف پهن‌برگان و سوزنی‌برگان در خمیر کاغذ اداری عنوان کرد که موجب شده ویژگی‌های کاغذ به‌دست آمده شبیه کاغذ به‌دست آمده از خمیر کاغذ پهن‌برگان دست اول یا کمی بهتر از آن باشد.

نتیجه‌گیری

در صنعت به‌منظور تقویت ویژگی‌های نوری و مکانیکی خمیر کاغذ CMP صنوبر به‌منظور تولید کاغذ روزنامه، درصدی خمیر الیاف بلند وارداتی اضافه می‌کنند. جایگزین کردن بخشی از خمیر الیاف بلند با خمیر بازیافتی هم از خروج ارز جلوگیری کرده و هم برتری زیست‌محیطی دارد. میانگین نتایج ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای دست‌ساز نشان می‌دهد که افزودن خمیر بازیافتی مخلوط کاغذ باطله اداری به مخلوط خمیرها و کاهش سهم خمیر الیاف بلند وارداتی، سبب ایجاد ویژگی‌های مکانیکی و نوری مناسب در مقایسه با استانداردهای مربوط به کاغذ روزنامه می‌شود. استانداردهای مربوط به کاغذ روزنامه به‌صورت زیر تعریف شده است:

درجه روشنی (درصد ISO) $50 \leq$

ماتی (درصد) $80 \leq$

شاخص مقاومت به پاره شدن در جهت ماشین $4/1 \leq$ (میلی‌نیوتن مترمربع بر گرم)

شاخص مقاومت به پاره شدن در عرض ماشین $5/3 \leq$ (میلی‌نیوتن مترمربع بر گرم)

شاخص مقاومت به ترکیدن $1/5 \leq$ (کیلوپاسکال مترمربع بر گرم)

شاخص مقاومت به کشش در جهت ماشین $4/6 \leq$ (نیوتن متر بر گرم)

شاخص مقاومت به کشش در عرض ماشین $26/6 \leq$ (نیوتن متر بر گرم)

به‌عنوان مثال تیمار B (۸۰ درصد خمیر CMP، ۲۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی) بهترین تیمار از نظر کل ویژگی‌های مکانیکی و نوری را دارا می‌باشد. با فاصله کمی از تیمار B، تیمار C و D قرار دارد که بیانگر این موضوع است که می‌توان سهم خمیر بازیافتی را بسته به مورد مصرف تا سطح ۱۵ درصد افزایش داد. افزودن سهم خمیر بازیافتی مخلوط کاغذ باطله اداری در تمامی موارد باعث بهبود ویژگی‌های نوری (درجه روشنی و ماتی) می‌شود، در حالی که بیش‌تر ویژگی‌های مکانیکی نسبت به نمونه شاهد که شامل ۸۰ درصد خمیر CMP و ۲۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی کم‌تر است. بنابراین در مواردی که ویژگی‌های نوری دارای اولویت باشد، هم‌چون کاغذ روزنامه و محصولات بهداشتی از این خمیر بازیافتی به‌خوبی می‌توان استفاده کرد. از نقطه‌نظر اقتصادی نیز استفاده از خمیر بازیافتی مخلوط کاغذ باطله اداری به‌جای خمیر الیاف بلند وارداتی، مقرون به‌صرفه بوده و علاوه‌بر جلوگیری از خروج ارز از کشور، سبب اشتغال‌زایی در کشور نیز خواهد شد.

منابع

1. Abubakr, S., Scott, G. and Klungness, J. 1995. Fiber Fractionation as a Method of Improving Hand Sheet Properties after Repeated Recycling. TAPPI J. 78: 5. 123-126.
2. Akbarpour, A., Resalati, H. and Saraiean, A. 2010. Enzymatic deinking of ONP in Comparison with conventional chemical method. Iran. Natur. Res. J. 25: 2. 223-233.
3. Alesse, V., Belardi, G., Cozza, C., Shehu, N. and Koch, V. 2001. De-inking Recycled Paper with a High Flexographic Ink Content. TAPPI J. Review Paper, 84: 8. 1-16.
4. Costa, C.A. and Rubio, J. 2005. Influence of Calcium Soap and Surface-Active Substances. Mineral Engineering, 18: 59-64.
5. Faezipour, M., Khalafi, A., Mirshokraie, A., Lohrasbi, A. and Pirjani, A. 2006. Investigation Possibility of Deinking ONP and MOW in Aquacell Method. Iran. Natur. Res. J. 59: 2. 457-470.
6. Ghasemian, A., Enayati, A., Resalati, H. and Pinder, K.L. 2004. A Study on the Properties of Local ONP/OMG Deinked Pulp in Comparison with Local CMP Pulp. Iran. Natur. Res. J. 57: 3. 537-550.
7. Guest, D.A. 1991. The Effect of Recycling on Paper Quality. Paper Technology, 32: 688-914.
8. Kopania, E., Stupinska, H. and Palenik, J. 2008. Susceptibility of De-inked Waste Paper Mass to Peroxide Bleaching. Fibers & Textiles in Eastern Europe. 16: 4. 112-116.

9. Law, K.N. and Valade, J.L. 1994. Production of New Grades of Mechanical Pulp. Pulp & Paper Canada, Pp: 23-29.
10. Nie, X., Milller, J.D. and Yeboah, Y.D. 1998. The Effect of Ink Types and Printing Process on Flotation De-inking Efficiency of Waste Paper Recycling. Environment eng and policy, Pp: 47-58.
11. Onusseit, H. 2006. The Influence of Adhesives on Recycling. Resources, Conservation and Recycling, 46: 168-181.
12. Pletkova, J., Gosiewska, A., Chee, K.Y., Guire, M.C., Drelich, J. and Gruleau, L. 2000. Interfacial Effect of Polyalkylene Oxide/Fatty Acid Surfactant Blend in Flotation De-inking of Mixed Office Paper. Progress in Paper Recycling, Pp: 40-48.
13. Puneet, P., Nishi, K.B. and Ajay, K.S. 2010. Enzymatic De-inking of Office Waste Paper: An overview. IPPTA J. 22: 2. 83-88.
14. Mirshokraie, S.A. and Sadeghifar, H. 2002. The Chemistry of Paper. 2nd edition, 192p. (Translate In Persian)
15. Sadeghi Almaloo, L. and Ghasemian, A. 2006. Effect of Mixed Office Waste DIP and Imported Bleached Long Fiber Use on White Poplar Pilot APMP Pulp Properties of Investigations of Wood and For. Sci. Technol. J. 59: 4. 73-84.
16. Sixta, H. 2006. Hand Book of Pulp, Vol. 1. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co Weinheim, Germany, 1149p.
17. Talaeipour, M., Resalati, H. and Mirshokraie, S.A. 2005. Investigation on Recycling of Printed Mechanical Paper and Effect of Its Blending with CMP Pulp in Production of Printing Paper. Iran. Natur. Res. J. 60: 1. 265-278.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 20 (1), 2013
<http://jwfst.gau.ac.ir>

Improving the properties of *Populus alba* CMP pulp by using MOW deinked pulp

***S. Habibi¹, A. Ghasemian², A.H. Saraiean² and H. Ressalati³**

¹M.Sc. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ³Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 04/10/2011; Accepted: 03/12/2012

Abstract

Deinked pulp of mixed office waste was used to improve different properties of CMP made by *Populus alba* species. CMP pulp and DIP of mixed office waste (MOW) were produced according to the industrial standard (Mazandaran Wood and Paper Industry) and flotation, respectively. The pulps were refined to reach 300 ml.csf, after which hand sheet were produced as mixed with imported long fibers and their physical, mechanical and optical properties were measured. Results showed that by increasing DIP of mixed office waste (MOW) content in blended pulps, optical paper properties improved but strength properties slightly decreased. Ranking of treatment based on normalization calculations showed that papers with 80% *Populus alba* CMP, 15% deinked pulp and 5 imported long fiber had the highest rank and on the other hand the best condition in paper properties. However using 15% DIP of mixed office waste blended with CMP pulp of *Populus alba* and little content of imported long fiber resulted to produce suitable newsprint.

Keywords: CMP pulp, *Populus alba*, Deinking, Mixed office waste, Flotation

* Corresponding Author; Email: habibi_samira65@yahoo.com