



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## بررسی مقایسه‌ای اثرات پالایش جدا و مخلوط خمیرهای کاغذ شیمیایی - مکانیکی ممرز و الیاف بلند وارداتی بر ویژگی‌های کاغذ

\* میثم علی‌آبادی<sup>۱</sup>، علی قاسمیان<sup>۲</sup>، احمد رضا سرائیان<sup>۳</sup> و سیدضیاءالدین حسینی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> کارشناس 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> استاد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۲/۱۲

### چکیده

در این پژوهش، اثرات پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP داخلی ممرز و الیاف بلند وارداتی بر ویژگی‌های کاغذهای تهیه شده از آنها در دو حالت جداگانه مطالعه و ارزیابی شد. در حالت اول، خمیر CMP ممرز برای رسیدن به درجه روانی بین ۴۰۰-۲۵۰ CSF (۲۶۱، ۳۰۹، ۳۶۲ و ۴۱۰) و خمیر الیاف بلند برای رسیدن به درجه روانی بین ۶۰۰-۴۰۰ CSF (۴۱۰، ۴۷۴، ۵۳۰ و ۵۹۰) به صورت جداگانه توسط دستگاه PFI پالایش شدند. سپس خمیرهای یاد شده با نسبت ۲۰/۸۰ با هم مخلوط شده و از هر کدام به تعداد کافی کاغذ دست‌ساز ساخته شده و ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری آنها اندازه‌گیری شد. در حالت دوم، مقادیر درجه روانی مخلوط خمیرها در هر دسته (۲۶۱ ممرز و ۴۱۰ الیاف بلند، ۳۰۹ ممرز و ۴۷۴ الیاف بلند، ۳۶۲ ممرز و ۵۳۰ الیاف بلند، ۴۱۰ ممرز و ۵۹۰ الیاف بلند) به دست آمده از حالت اول محاسبه شده و سپس با پالایش مخلوط خمیرها، درجه روانی آنها به درجه روانی محاسبه شده برای هر دسته رسانده شد. از هر یک از مخلوط‌های به دست آمده، کاغذهای دست‌ساز ساخته شده و ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری آنها اندازه‌گیری شد. مقایسه نتایج به دست آمده نشان داد که بین ویژگی‌های کاغذهای ساخته شده در دو حالت پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد خطای آزمایش، وجود ندارد. با این وجود،

\* مسئول مکاتبه: [meysam.aliabadi@gmail.com](mailto:meysam.aliabadi@gmail.com)

استفاده از دوره‌های بیش‌تر برای پالایش خمیرها سبب بهبود ویژگی‌های کاغذها شد. از سوی دیگر، مشاهده شد که پالایش خمیرها به‌صورت مخلوط، در مقایسه با پالایش جداگانه آن‌ها، سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی پالایش شده و بنابراین فرآیند پالایش مخلوط خمیرها توصیه می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** خمیر CMP ممرز، خمیر الیاف بلند، پالایش جدا، پالایش مخلوط، ویژگی‌های کاغذ

### مقدمه

پالایش خمیرکاغذ نوعی تیمار مکانیکی است که بر روی الیاف خمیر برای بهینه کردن ویژگی‌های آن صورت می‌گیرد. اهمیت پالایش صحیح و درست هم‌اکنون بیش‌تر از گذشته است. دلایل آن نیز استفاده از الیاف بازیافتی، سریع‌تر شدن ماشین‌های کاغذ، نیاز به ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری بهتر در کاغذ و همچنین تمرکز و توجه تولیدکنندگان به کاهش هزینه‌های تولید است (جوی و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش سطح تماس بین الیاف از مهم‌ترین اهداف پالایش می‌باشد.

به‌طور عموم در خمیرهای مختلف که برای ساخت یک نوع کاغذ به‌کار می‌روند پالایش جداگانه صورت می‌گیرد. این عمل مستلزم صرف انرژی و وقت است و همواره پژوهشگران تلاش نموده‌اند تا با استفاده از راه‌های مختلف و پالایش مخلوط زمان تولید را کوتاه نمایند. از سوی دیگر چنین تصور می‌شود که با کوتاه نمودن زمان پالایش به کمک مخلوط کردن خمیرها ممکن است نتوان بهترین نتیجه را در رابطه با ویژگی‌های مقاومتی به‌دست آورد. در این بین با توجه به مقاومت‌های مورد نیاز از یک محصول کاغذی گاهی اوقات لازم نیست که هر خمیر به‌طور ایده‌آل و جداگانه پالایش گردد و این سوال کلی مطرح می‌شود که کدام خمیرها را و برای چه مقصود می‌توان با هم پالایش نمود تا بهترین نتیجه به‌دست آید؟ از آن‌جا که در کشور ما خمیر CMP<sup>۱</sup> به‌همراه مقداری خمیر الیاف بلند برای تولید کاغذ روزنامه مصرف می‌شود و هر کدام به‌صورت جداگانه پالایش می‌شوند، بنابراین در این پژوهش، سوال زیر مدنظر است:

۱- آیا پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی تأثیرات متفاوتی بر ویژگی‌های مختلف آن‌ها دارد؟

در این مورد بررسی‌های تحقیقاتی مختلفی نیز به‌عمل آمده است.

لامیانن (۱۹۹۷) اثر پالایش مخلوط و جدا را بر ۴ نوع مختلف خمیر کاج و ۳ نوع خمیر پهن‌برگ، مورد بررسی قرار داد. هر کدام از خمیرها طول الیاف و زبری خاص خود را داشتند. نتایج به دست آمده نشان داد که برای تعدادی از ترکیب‌ها، با پالایش مخلوط خمیرها، ویژگی‌های مقاومتی بهتری به دست می‌آید. لامیانن پیشنهاد کرد که وقتی یک خمیر پهن‌برگ با زبری کم با خمیری سوزنی‌برگ با زبری زیاد مخلوط شود، یک استراتژی مناسب برای پالایش مخلوط است.

لامیانن (۱۹۹۷) عملکرد پالایش جدا و مخلوط خمیرهای پهن‌برگ و سوزنی‌برگ برای ساخت کاغذهای ظریف، را مورد بررسی قرار داد. وی این کار را در مقیاس صنعتی و با استفاده از پالاینده‌های دیسکی و مخروطی انجام داد. نتایج به دست آمده نشان داد که در بعضی از حالت‌ها پالایش جداگانه خمیرها نتیجه مقاومتی بهتری را به همراه دارد، اما پالایش مخلوط خمیرها نیز در بعضی موارد مؤثر بود.

سمپسون و ویلد (۲۰۰۱) پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای کرافت توس و کرافت رنگ‌بری شده کاج با نسبت اختلاط ۷۰ به ۳۰ و با استفاده از یک پالاینده دیسکی با قطر ۳۰ سانتی‌متر را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که با پیش پالایش خمیر پهن‌برگ و سپس ترکیب کردن آن با خمیر سوزنی‌برگ و پالایش مخلوط دو خمیر، بهترین نتیجه به دست می‌آید. نتایج نشان داد که مقاومت به کشش کاغذها افزایش پیدا می‌کند، بدون این‌که اثر منفی بر دانسیته و مقاومت به پاره شدن داشته باشد.

آجیت و همکاران (۲۰۰۳) دو نوع پالایش جدا و مخلوط را برای خمیرهای کرافت رنگ‌بری شده پهن‌برگان و سولفیت رنگ‌بری شده سوزنی‌برگان با استفاده از پالاینده دیسکی در مقیاس نیمه‌صنعتی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که اگر خمیرها به صورت مخلوط و با شدت کم‌تر از  $1 \text{ ws/m}$  پالایش شوند، در مقایسه با پالایش جدای آن‌ها و در انرژی خالص به کار رفته مشابه، مقاومت‌ها بهبود پیدا می‌کند. اما مقاومت‌ها در پالایش مخلوط و شدت زیاد پالایش، از پالایش جداگانه خمیرها کم‌تر بود. در پالایش جدای خمیر سولفیت در شدت پالایش  $1/5 \text{ ws/m}$ ، برش الیاف بیش‌تر از فیبریله شدن اتفاق افتاده بود.

اولابریت و همکاران (۲۰۰۶) پالایش خمیر اقاچیا و اوکالیپتوس را با پالایشگر مخروطی (مقیاس صنعتی) مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که خمیر اقاچیا نسبت به خمیر اوکالیپتوس، نسبت به پالایش واکنش آهسته‌تری دارد. آن‌ها در بررسی دیگری پالایش جدا و مخلوط اقاچیا و سوزنی‌برگان را با یکدیگر مقایسه کردند.

این پژوهش نشان داد که پالایش مخلوط خمیر افاقیا و خمیر سوزنی‌برگان با نسبت اختلاط ۸۰ به ۲۰، اثر منفی بر کیفیت فیزیکی و مکانیکی خمیر نداشت. کنگ و پاولاپرو (۲۰۰۶) با بررسی اثر فیبریله شدن خارجی (با حفظ فیبریله شدن داخلی) بر ویژگی‌های کاغذ گزارش نمودند که دانسیته کاغذها هر چند که بسیار زیاد به فیبریله شدن داخلی وابسته است، اما با فیبریله شدن خارجی نیز بهبود پیدا می‌کند. همچنین مقاومت به کشش کاغذها نیز بهبود پیدا کرد، به طوری که شاخص مقاومت به کشش با فیبریله شدن خارجی ۲۰ درصد افزایش را نشان داد. هدف از این پژوهش بررسی مقایسه‌ای اثرات پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی بر ویژگی‌های کاغذهای دست‌ساز ساخته شده بود. اگر بین مقادیر ویژگی‌های آنها تفاوت معنی‌داری وجود نداشته باشد، می‌توان با استفاده از پالایش مخلوط خمیرها در مصرف انرژی صرفه‌جویی نمود.

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش از خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی استفاده شد. برای این منظور خرده‌چوب صنعتی ممرز، مایع پخت صنعتی CMP و خمیر الیاف بلند وارداتی از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. سپس خمیر CMP ممرز در آزمایشگاه با بازده حدود ۸۵ درصد تهیه شد. شرایط تهیه خمیر به صورت زیر بود: نسبت مایع پخت به خرده‌چوب: ۷ به ۱، دمای پخت: ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت: ۷۵ دقیقه و غلظت مایع پخت: ۱۴ درصد. درجه روانی اولیه خمیرهای ذکر شده با استفاده از دستگاه شوپر ریگلر و براساس استاندارد شماره ۹۲-۲۲۷ om T آیین‌نامه تاپی<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد و از رابطه زیر برای تبدیل به درجه روانی طبق روش استاندارد کانادایی CSF<sup>۲</sup> استفاده شد:

$$CSF = 927 - 20SR + 0.12(SR)^2 \quad (1)$$

پالایش خمیرها: پالایش خمیرها در دو حالت توسط پالایشگر آزمایشگاهی PFI<sup>۳</sup> انجام شد.

1- Technical Association of the Pulp and Paper Industries

2- Canadian Standard Freeness

3- Papirindustriens Forsknings Institute Mill

حالت اول، پالایش جداگانه خمیرها: خمیرهای کاغذ ممرز و الیاف بلند به صورت جداگانه و با دوره‌های متفاوتی پالایش شدند، به نحوی که خمیر ممرز به درجه روانی CSF ۲۵۰-۴۰۰ (۲۶۱، ۳۰۹، ۳۶۲ و ۴۱۰) و خمیر الیاف بلند به درجه روانی CSF ۴۰۰-۶۰۰ (۴۱۰، ۴۷۴، ۵۳۰ و ۵۹۰) برسند. دوره‌های پالایش مورد استفاده برای خمیر ممرز به ترتیب ۱۵۵۰۰، ۱۴۰۰۰، ۱۲۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ دور و برای خمیر الیاف بلند به ترتیب ۸۰۰۰، ۷۰۰۰، ۵۵۰۰ و ۳۵۰۰ دور بودند. سپس خمیرهای کاغذ یاد شده با نسبت ۸۰ به ۲۰ با هم مخلوط شده و درجه روانی مخلوط خمیرها اندازه‌گیری شد که بین CSF ۳۲۹-۵۰۲ (۳۲۹، ۳۹۸، ۴۶۱ و ۵۰۲) بود. از مخلوط خمیرهای کاغذ یاد شده براساس دستورالعمل شماره T ۲۰۵ sp-۰۲ آیین‌نامه تاپی کاغذهای دست‌ساز ساخته شد و ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری آن‌ها اندازه‌گیری شدند. جدول ۱ خلاصه‌ای از نتایج درجه روانی و دور پالایش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- درجه روانی مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی.

درجه روانی خمیر ممرز	دور پالایش خمیر ممرز به صورت جداگانه	درجه روانی خمیر الیاف بلند وارداتی	دور پالایش خمیر الیاف بلند به صورت جداگانه	درجه روانی مخلوط خمیرها
۲۶۱	۱۵۵۰۰	۴۱۰	۸۰۰۰	۳۲۹
۳۰۹	۱۴۰۰۰	۴۷۴	۷۰۰۰	۳۹۸
۳۶۲	۱۲۰۰۰	۵۳۰	۵۵۰۰	۴۶۱
۴۱۰	۱۰۰۰۰	۵۹۰	۳۵۰۰	۵۰۲

حالت دوم، پالایش مخلوط خمیرها: قبل از انجام عمل پالایش، ابتدا خمیرهای کاغذ ممرز و الیاف بلند با نسبت ۸۰ به ۲۰ با هم مخلوط شدند. سپس مخلوط به دست آمده پالایش گردید تا به درجه روانی معادل با خمیرهای به دست آمده از حالت اول (۳۲۹-۵۰۲) برسد. در ادامه از مخلوط این خمیرها، دوباره کاغذهای دست‌ساز ساخته شد و ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری آن‌ها اندازه‌گیری شد. جدول ۲ دوره‌های پالایش مورد نیاز برای رسیدن به درجه روانی مخلوط خمیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- دوره‌های پالایش مورد نیاز برای رسیدن به درجه روانی مخلوط خمیرها.

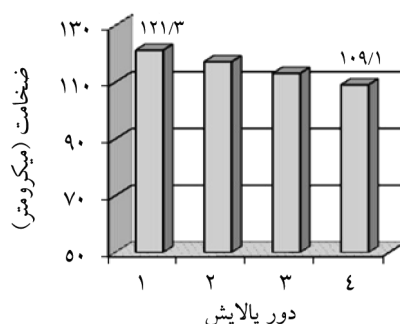
درجه روانی مخلوط خمیرها	دور پالایش مورد نیاز
۵۰۲	۵۵۰۰
۴۶۱	۷۰۰۰
۳۹۸	۸۰۰۰
۳۲۹	۹۵۰۰

تجزیه و تحلیل آماری: برای مقایسه کاغذهای ساخته شده از هر تیمار با یکدیگر در هر دو پالایش جدا و مخلوط از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد. گروه‌بندی میانگین دوره‌های مختلف پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها، با کمک آزمون دانکن صورت گرفت. سپس برای مقایسه ویژگی‌های پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها از آزمون T استفاده شد. همه مراحل بالا به کمک نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد.

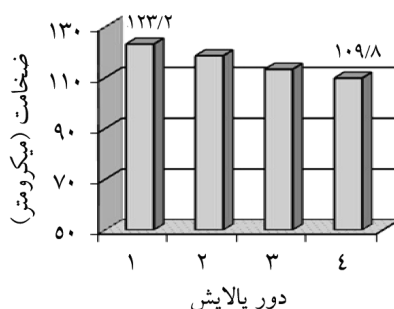
### نتایج

#### ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز

ضخامت: شکل‌های ۱ و ۲ اثر دور پالایش بر ضخامت کاغذهای به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش دور پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط، ضخامت کاغذهای دست‌ساز کاهش می‌یابد. براساس آزمون دانکن نیز، میانگین مقادیر ضخامت کاغذهای دست‌ساز در دوره‌های مختلف پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط در ۴ گروه مجزا قرار گرفت.

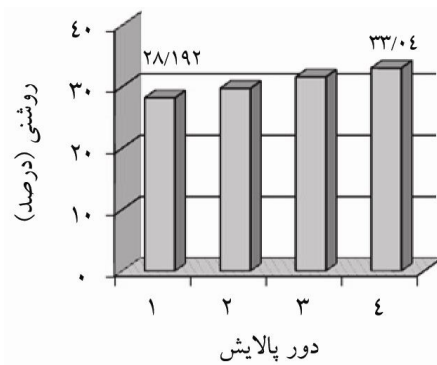


شکل ۱- اثر دور پالایش بر ضخامت کاغذهای به‌دست آمده از پالایش جداگانه خمیرها.

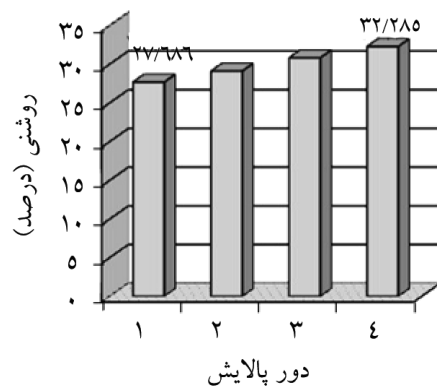


شکل ۲- اثر دور پالایش بر ضخامت کاغذهای به‌دست آمده از پالایش مخلوط خمیرها.

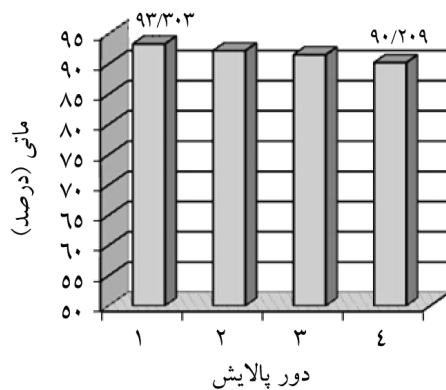
روشنی و ماتی: همان‌طور که در شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ مشاهده می‌شود با افزایش دور پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط، روشنی کاغذها افزایش و ماتی آن‌ها کاهش پیدا می‌کند. آزمون دانکن نیز، میانگین مقادیر روشنی و ماتی کاغذهای به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط در دوره‌های مختلف را در ۴ گروه مجزا رده‌بندی کرد.



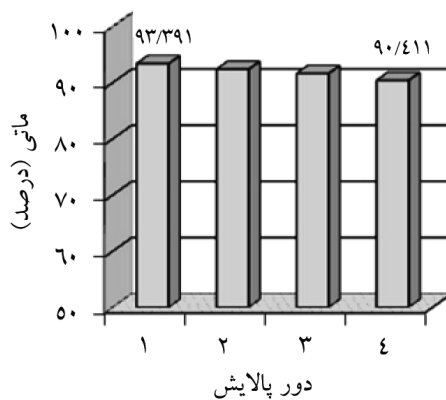
شکل ۳- اثر دور پالایش بر روشنی کاغذهای به‌دست آمده از پالایش جداگانه خمیرها.



شکل ۴- اثر دور پالایش بر روشنی کاغذهای به‌دست آمده از پالایش مخلوط خمیرها.



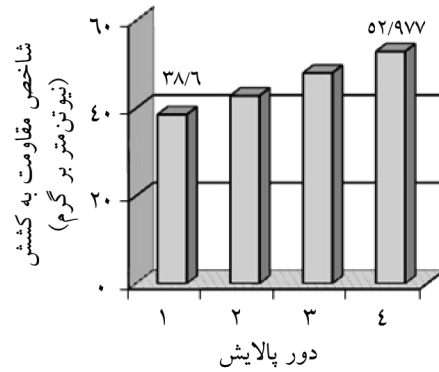
شکل ۵- اثر دور پالایش بر ماتی کاغذهای به دست آمده از پالایش جداگانه خمیرها.



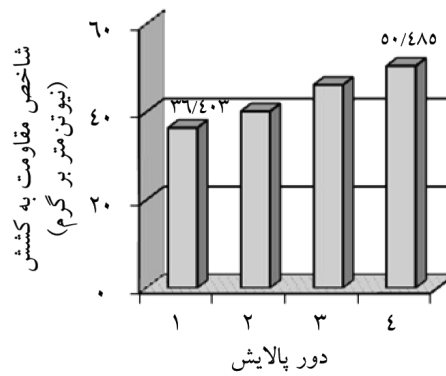
شکل ۶- اثر دور پالایش بر ماتی کاغذهای به دست آمده از پالایش مخلوط خمیرها.

مقاومت به کشش و مقاومت به پاره شدن: در شکل‌های ۷، ۸، ۹ و ۱۰ مشاهده می‌شود که با افزایش دور پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز افزایش و مقاومت به پاره شدن کاهش یافته است. براساس آزمون دانکن نیز، میانگین مقادیر مقاومت به کشش و مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست‌ساز در دوره‌های مختلف پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط در ۴ گروه مجزا قرار گرفت.

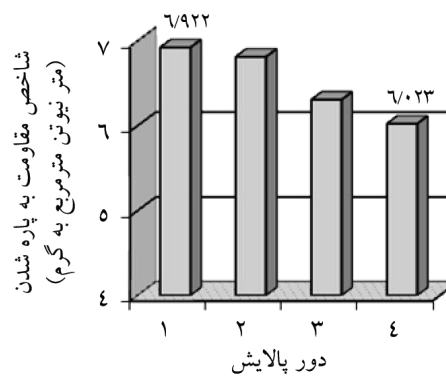




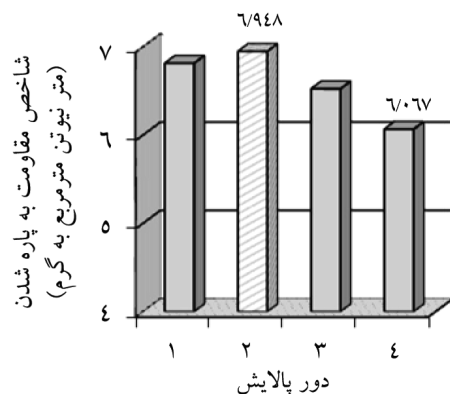
شکل ۷- اثر دور پالایش بر مقاومت به کشش کاغذهای به دست آمده از پالایش جداگانه خمیرها.



شکل ۸- اثر دور پالایش بر مقاومت به کشش کاغذهای به دست آمده از پالایش مخلوط خمیرها.

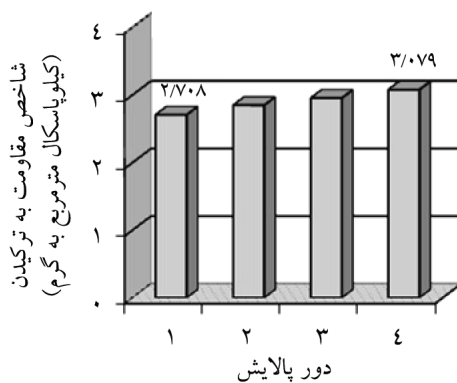


شکل ۹- اثر دور پالایش بر مقاومت به پاره شدن کاغذهای به دست آمده از پالایش جداگانه خمیرها.

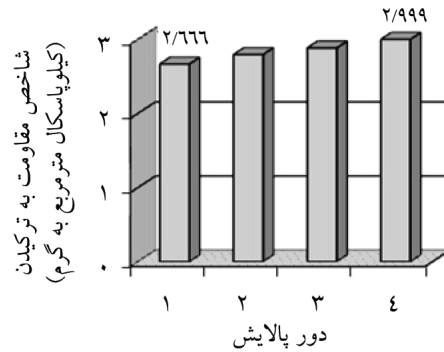


شکل ۱۰- اثر دور پالایش بر مقاومت به پاره شدن کاغذهای به‌دست آمده از پالایش مخلوط خمیرها.

مقاومت به ترکیدن: همان‌طور که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌شود با افزایش دور پالایش، مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها افزایش پیدا می‌کند. آزمون دانکن نیز، میانگین مقادیر مقاومت به ترکیدن کاغذهای به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط در دوره‌های مختلف را در ۴ گروه مجزا رده‌بندی کرد.



شکل ۱۱- اثر دور پالایش بر مقاومت به ترکیدن کاغذهای به‌دست آمده از پالایش جداگانه خمیرها.



شکل ۱۲- اثر دور پالایش بر مقاومت به ترکیدن کاغذهای به دست آمده از پالایش مخلوط خمیرها.

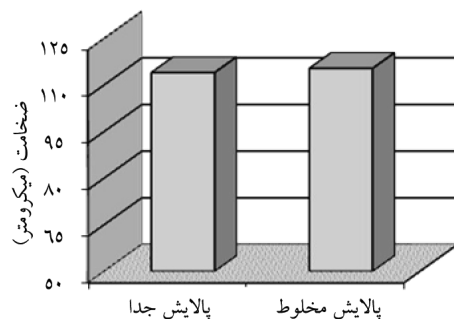
مقایسه کاغذهای به دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها: جدول ۳ خلاصه‌ای از نتایج آزمون T را نشان می‌دهند.

جدول ۳- نتایج آزمون T میانگین ویژگی‌های کاغذهای به دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP مرمرز و الیاف بلند وارداتی با نسبت ۸۰ به ۲۰.

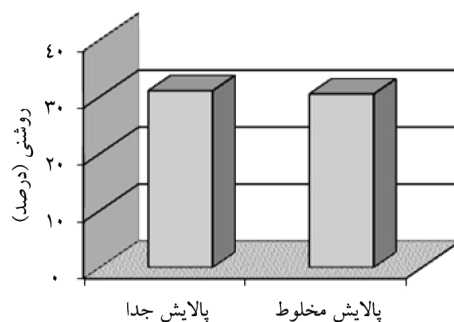
تیمار	ضخامت (میانگین)	روشنی (میانگین)	ماتی (میانگین)	مقاومت به کشش (میانگین)	مقاومت به پاره شدن (میانگین)	مقاومت به ترکیدن (میانگین)
پالایش جداگانه	۱۱۴	۳۱/۰۲۱	۹۱/۷۴۴	۴۶/۶۹	۶/۵۳	۲/۹۴
پالایش مخلوط	۱۱۵/۳۵	۳۰/۴۵۵	۹۱/۸۵۹	۴۴/۲۸	۶/۶۶	۲/۸۸
سطح معنی‌داری	۰/۴۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۳۳۷ <sup>ns</sup>	۰/۷۵۰ <sup>ns</sup>	۰/۱۸۴ <sup>ns</sup>	۰/۸۱۹ <sup>ns</sup>	۰/۱۲۶ <sup>ns</sup>

\*\* معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار.

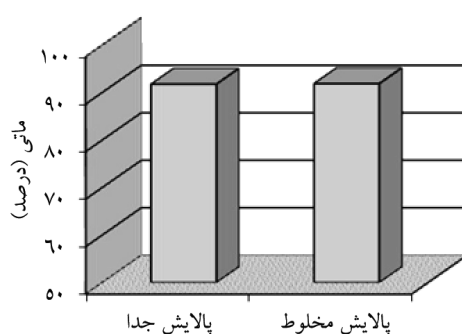
همان‌طورکه در جدول ۳ مشاهده می‌شود اختلاف بین مقادیر ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مکانیکی کاغذهای به دست آمده از پالایش جدا با نسبت اختلاط ۸۰ به ۲۰ از کاغذهای ساخته شده با پالایش مخلوط خمیرها، خیلی کم و در سطح ۱ درصد معنی‌دار نیست. شکل‌های ۱۳ تا ۱۸ مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز به دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها را نشان می‌دهند.



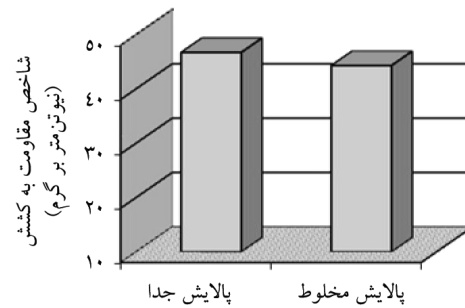
شکل ۱۳- مقایسه میانگین ضخامت کاغذهای دست‌ساز به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی.



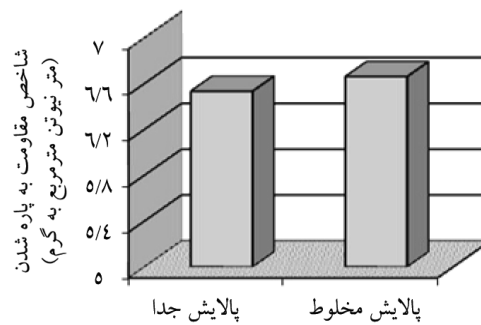
شکل ۱۴- مقایسه میانگین روشنی کاغذهای دست‌ساز به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی.



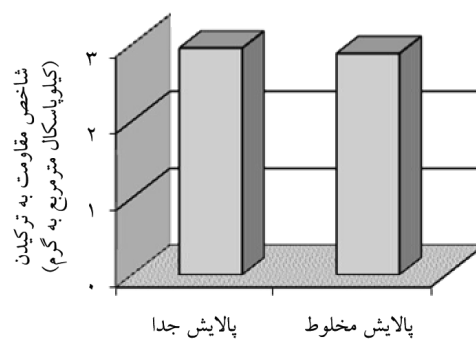
شکل ۱۵- مقایسه میانگین ماتی کاغذهای دست‌ساز به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی.



شکل ۱۶- مقایسه میانگین مقاومت به کشش کاغذهای دست ساز به دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی.



شکل ۱۷- مقایسه میانگین مقاومت به پاره شدن کاغذهای دست ساز به دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی.



شکل ۱۸- مقایسه میانگین مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز به دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی.

## بحث و نتیجه‌گیری

درجه روانی: همان‌طور که مشاهده شد با پالایش جداگانه خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند، درجه روانی خمیرها کاهش یافت. تفاوت بین این دو خمیر باعث می‌شود تا در مقابل عمل پالایش، رفتار کاملاً متفاوتی را از خود نشان دهند. خمیر CMP به این دلیل که یک خمیر مکانیکی محسوب می‌شود و تیمار شیمیایی کمی بر روی آن اعمال شده است شامل مقدار زیادی لیگنین است که در اثر پالایش نرمه‌های زیادی تولید می‌نماید. خمیر الیاف بلند به دلیل این‌که شامل مقدار کمی لیگنین است و همچنین به دلیل انعطاف‌پذیر بودن الیاف آن نسبت به پالایش به آرامی واکنش نشان می‌دهد و فیبره‌ها شدن الیاف در سطح آن بیش‌تر از خمیر CMP ممرز صورت می‌گیرد و در نتیجه سطوح بیش‌تری ایجاد می‌نماید.

در پالایش مخلوط خمیرها نتایج قابل توجهی به دست آمد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده شد، با مخلوط خمیرهای پالایش شده CMP ممرز و الیاف بلند و گرفتن درجه روانی مخلوط آن‌ها، درجه روانی به دست آمده به‌طور تقریبی حد وسط این دو خمیر بود. از این درجه روانی برای تعیین مقدار دور پالایش مورد نیاز مخلوط خمیرها استفاده شد.

به دلیل این‌که خمیر الیاف بلند در اثر پالایش جداگانه به خوبی فیبره شده و سطح اتصال بین الیاف آن گسترش یافته است، در درجه روانی مخلوط خمیرها نقش عمده را بر عهده داشته است. دورهای پالایش مورد نیاز برای رسیدن به درجه روانی مخلوط خمیرها نیز بیانگر این مطلب است. زیرا با این‌که خمیر CMP ممرز در مخلوط خمیرها سهم بیش‌تری را دارا است، اما دور پالایش مورد نیاز نزدیک به دور پالایش خمیر الیاف بلند به تنهایی است.

**ضخامت:** به‌طور کلی با افزایش میزان پالایش، از ضخامت کاغذها کاسته می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده از پالایش جداگانه خمیرها ملاحظه شد که آزمون دانکن ضخامت کاغذهای ساخته شده را در ۴ گروه مجزا قرار داد.

با افزایش پالایش، انعطاف‌پذیری الیاف افزایش، سطوح الیاف گسترش یافته و به دنبال آن قابلیت لهیدگی الیاف نیز افزایش پیدا می‌کند. در پالایش مخلوط خمیرها نیز همین نتایج به دست آمد. یعنی با افزایش مقدار خمیر الیاف بلند و دور پالایش از ضخامت کاغذهای ساخته شده کاسته شد.

نتایج مقایسه ضخامت کاغذهای ساخته شده با پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها با استفاده از T-test نشان داد که این اختلاف معنی‌دار نیست.

روشنی و ماتی: افزایش دور پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط تأثیر مثبت را در افزایش درجه شفافیت نشان داد. آزمون دانکن نیز این مقادیر را به ترتیب افزایش دور پالایش در ۴ گروه مجزا تقسیم کرد. دلیل عمده آن، افزایش تقابل نوری در اثر پالایش می باشد که موجب کاهش تفرق نوری و همچنین کاهش انکسار نور شده است.

مقایسه میزان روشنی پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها اختلاف معنی داری را در سطح ۱ درصد نشان نداد.

با افزایش دور پالایش در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط، ماتی کاغذها کاهش یافت. وقتی که الیاف پالایش می شوند از یک سو به دلیل افزایش سطح کلی الیاف، وسعت مکان‌هایی که ممکن است در آن پراکنش نوری اتفاق افتد افزایش یافته و ماتی افزایش می یابد. از سوی دیگر پالایش سطح تقابل نوری بین الیاف را به دلیل افزایش اتصالات بین الیاف زیاد کرده و نور به جای این که هنگام خروج از فیبر اول وارد هوا شود به درون فیبر دیگری که در تماس با آن است، می شود و در اثر تقابل نوری ماتی کاهش می یابد. در بیش تر خمیرها کاهش تفرق نور در اثر افزایش اتصالات مهم تر از افزایش تفرق به دلیل زیاد شدن سطح ویژه الیاف است.

آزمون T نشان داد که ماتی کاغذهای به دست آمده از پالایش جدا و مخلوط خمیرها در سطح ۱ درصد معنی دار نیست.

**مقاومت به کشش:** براساس آزمون دانکن در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط، میانگین مقادیر شاخص مقاومت به کشش در دوره های مختلف در ۴ گروه مجزا قرار گرفت به نحوی که بیش ترین مقدار مربوط به بیش ترین دور پالایش (۸۰۰۰ و ۱۵۵۰۰ در پالایش جدا و ۹۵۰۰ در پالایش مخلوط) بود.

با افزایش میزان پالایش انعطاف پذیری الیاف زیاد شده، سطح اتصال بین آنها به دلیل فیبریله شدن آنها افزایش می یابد. همچنین به وجود آمدن نرمه ها و افزایش اتصالات هیدروژنی نیز به بیش تر شدن این مقاومت در اثر پالایش بیش تر کمک می کند.

آزمون T اختلاف معنی داری را در سطح ۱ درصد بین میانگین مقادیر پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها نشان نداد.

**مقاومت به پاره شدن:** نتایج نشان داد که تأثیر دور پالایش بر پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها کمی با هم تفاوت داشت. در پالایش جداگانه خمیرها با افزایش جداگانه خمیرها و با افزایش دور پالایش، از مقدار شاخص مقاومت به پاره شدن خمیرها کاسته شد. به طوری که آزمون دانکن آنها را به ترتیب

دور پالایش در ۴ گروه مجزا قرار داد. اما در پالایش مخلوط، در ابتدا از دور پالایش ۵۵۰۰ به ۷۰۰۰ مقاومت به پاره شدن افزایش یافت و بعد از آن روند کاهشی را نشان داد. به نظر می‌رسد که در ابتدا با عمل پالایش الیاف فیبریله شده و بر اثر اتصال بهتر الیاف به یکدیگر، این مقاومت افزایش پیدا کرد. در ادامه و با عمل پالایش برش الیاف اتفاق افتاده و الیاف کوتاه می‌شوند. در نتیجه مقاومت به پاره شدن که بیش‌تر تحت تأثیر طول الیاف است کاهش پیدا کرده است. آزمون T-test نیز نشان داد که اختلاف بین میانگین اندیس مقاومت به پاره شدن کاغذها در دو نوع پالایش در سطح ۱ درصد معنی‌دار نیست.

**مقاومت به ترکیدن:** هرچه انعطاف‌پذیری الیاف بیش‌تر باشد، به دلیل ایجاد اتصالات هیدروژنی بیش‌تر پیوند بین الیاف افزایش یافته و در نتیجه مقاومت به ترکیدن کاغذ افزایش پیدا می‌کند. تأثیر افزایش دور پالایش نیز همانند مقاومت به کشش بر روی مقاومت به ترکیدن مثبت بود. یعنی با افزایش دور پالایش، بر شاخص مقاومت به ترکیدن در هر دو پالایش جداگانه و مخلوط افزوده شد. آزمون دانکن نیز میانگین مقادیر اندیس مقاومت به ترکیدن در هر دو پالایش جدا و مخلوط را به ترتیب دور پالایش در ۴ گروه مجزا رده‌بندی کرد. با افزایش دور پالایش الیاف انعطاف‌پذیرتر شده و اتصالات هیدروژنی بیش‌تر می‌شود. در نتیجه سطح اتصال بین الیاف افزایش یافته و بر مقدار این مقاومت که تحت تأثیر این عوامل است افزوده می‌شود.

مقایسه میانگین مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرها نیز نشان داد که بین این مقادیر در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

### نتیجه‌گیری نهایی

نتایج به‌دست آمده از این بررسی نشان داد که بین مقادیر میانگین ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز به‌دست آمده از پالایش جداگانه و مخلوط خمیرهای CMP ممرز و الیاف بلند وارداتی در سطح ۱ درصد خطای آزمایش، اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد. با این حال مشخص شده است که استفاده از دوره‌های پالایش بیش‌تر برای پالایش خمیرهای کاغذ منجر به بهبود ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مکانیکی آن‌ها خواهد شد. از سوی دیگر، با توجه به این‌که به‌طور کلی پالایش خمیرهای کاغذ به‌صورت مخلوط، در مقایسه با پالایش جداگانه آن‌ها، سبب صرفه‌جویی در مصرف انرژی پالایش می‌شود، در نتیجه پالایش آن‌ها به‌صورت مخلوط توصیه می‌گردد.



منابع

1. Ghosh, A., Rae, K.C. and Modrhouse, B. 2003. Determination of the optimal refining strategy-separate or co-refining: using a 16 double disk pilot refiner. *Appita J.* 56: 53-57.
2. Joy, E., Rintamaki, J., Weckroth, R. and Tuomelai, P. 2004. Ultra-Low intensity refining of short fibered pulps.
3. Kang, T. and Paulapuro, H. 2006. Effect of external fibrillation on paper strength. *Pulp Pap. Can. J.* 107: 7-8, 51-54.
4. Lumiainen, J. 1997. Behavior of fiber in mixed low consistency refining. *Pap. Tech. J.* 38: 6, 26-33.
5. Lumiainen, J. 1997. Refining performances with separated and mixed pulps for fine-paper production. *ATIP. Association technique*, 51: 99-108.
6. Sampson, W.W. and Wilde, R. 2001. An investigation into the pilot scale refining of blended papermaking furnishes. Department of paper science, Manchester.
7. Ullabritt, M., Tubek, A., Wooyung, D. and Burman, A. 2006. Industrial refining of Acacia. *Appita J.* 59: 53-57.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 20 (2), 2013

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Comparison Study on the Effects of Separate and Co-Refining of Hornbeam CMP and Imported Long Fiber Pulps on the Paper Properties**

**\*M. Aliabadi<sup>1</sup>, A. Ghasemian<sup>2</sup>, A.R. Saraeian<sup>2</sup> and S.Z. Hosseyni<sup>3</sup>**

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

Received: 01/02/2010; Accepted: 05/01/2012

### **Abstract**

In this study the effects of separate and combined refining of Hornbeam (*Carpinus betulus*) CMP and imported long fiber (LF) pulps on the prepared handsheets properties is evaluated in two states. In the first state, Hornbeam CMP and long fiber pulps were separately PFI-milled to reach to 250-400 ml, CSF (261, 309, 362 and 410) and 400-600 ml, CSF (410, 474, 530 and 590), respectively. Then, they were mixed at the ratio of 80/20 and laboratory handsheets were made and their physical, mechanical and optical properties were determined. In the second state, the average freeness value for each mixture of the pulps from the first state (261 Hornbeam + 410 LF, 309 Hornbeam + 474 LF, 362 Hornbeam + 530 LF, 410 Hornbeam + 590 LF) was calculated and the real freeness value for each mixture was reached to the calculated one using combined PFI-milling. Handsheets were then made from each mixture of the pulps and their physical, mechanical and optical properties were determined. The comparison of the results showed no significant difference at 1% experimental error level between properties of the papers prepared from both states. However, higher PFI revolutions improved the properties of papers. On the other hand, it was observed that combined refining of the pulps led to saving in refining energy use and, thus, is recommended.

**Keywords:** Hornbeam CMP, Long fiber pulp, Separate refining, Co-refining, Paper properties

---

\* Corresponding Author; Email: meysam.aliabadi@gmail.com