

## بررسی مقایسه‌ای ویژگی‌های خمیر کاغذ سودا و سودا - اتانول از سه چوب پهن برگ

حسین والایی<sup>۱</sup> و احمد جهان‌لتیباری<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناس، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، پست الکترونیک: Latibary.aj@gmail.com

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۳۹۴

### چکیده

ویژگی‌های مقاومتی و بازده خمیر کاغذ سودا و سودا - اتانول از چوب‌های ممرز، راش و صنوبر بررسی شد. خمیر کاغذ سودا با اعمال ۲۰ درصد قلیابیت فعال و خمیر کاغذ سودا - اتانول با استفاده از ۱۰ درصد قلیایی و ۵۰ درصد اتانول در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد تهیه گردید. زمان پخت سودا در ۱۲۰ دقیقه و زمان پخت سودا - اتانول به مدت ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه تنظیم شد. زیادترین بازده قابل قبول به مقدار ۵۸/۵۴ درصد از پخت سودای چوب صنوبر و کمترین آن از پخت سودا - اتانول راش با زمان پخت ۱۸۰ دقیقه به میزان ۴۹/۲۹ درصد بود. با وجودی که بازده خمیر کاغذ قابل قبول فرایند سودا - اتانول کمتر بود ولی عدد کاپای این خمیر کاغذها تا حدود ۲۰ واحد کمتر از فرایند سودا تعیین شد. به‌طور کلی ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذهای سودا - اتانول زیادتر از خمیر کاغذ سودا اندازه‌گیری شد و بین مقادیر تعیین شده اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اعتماد ۹۹ درصد وجود داشت. نتایج این بررسی نشان داد که لیگنین‌زدایی فرایند سودا - اتانول زیادتر از فرایند سودا از چوب پهن‌برگان مخصوصاً چوب صنوبر بود.

واژه‌های کلیدی: لیگنین‌زدایی، ویژگی‌های مقاومتی، عدد کاپا، صنوبر، ممرز، راش، بازده

### مقدمه

صنعت خمیر کاغذ و کاغذسازی یکی از صنایع در حال توسعه بوده و تولید و مصرف کاغذ در مقیاس دنیا از ۳۱۶ میلیون تن در سال ۱۹۹۹ به حدود ۴۲۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته است (Garcia, et al., 2008). متأسفانه این صنعت یکی از صنایع آلاینده تلقی شده و همواره مورد توجه طرفداران محیط‌زیست بوده است. به‌هر حال فناوری‌های مدرن‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند (Warangou, 2010) و از فناوری‌های با آلاینده‌گی کمتر استفاده شده است. از اواخر دهه سوم قرن بیستم دریافته‌اند که بعضی از حلال‌های آلی قادر به حل کردن لیگنین و جداسازی آن

هستند (Kleinert, 1974) که این یافته‌ها به فرایندهای حلال آلی تولید خمیر کاغذ انجامیدند (April, et al., 1979; Johansson, et al., 1987). مهمترین حلال‌های مورد استفاده در فرایند حلال آلی تولید خمیر کاغذ شامل متانول، اتانول، اسید استیک و اسید فرمیک می‌باشد. البته سایر حلال‌های آلی مانند فنول‌ها، آمین‌ها، گلیکول‌ها، نیتروبنزن، دی‌اوکسان و ... نیز استفاده شده‌اند (Hergert, 1998) و سیستم‌های مختلف حلال آلی توسعه یافته‌اند (Aziz and Sarkanen, 1989). فرایندهای حلال آلی از مزایایی مانند COD و BOD کمتر از فرایند متداول کرافت برخوردار بوده و عاری از AOX هستند (Aziz and Sarkanen, 1989;)

## مواد و روش‌ها

### مواد

خرده چوب گونه‌های راش (*Fagus orientalis*) و مرز (*Carpinus betulus*) (دو چوب با دانسیته متوسط) و صنوبر (*Populus nigra*) (چوب با دانسیته کم) با ابعاد تقریبی طول و پهنا بین ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متر و ضخامت حدود ۵ میلی‌متر از انبار خرده چوب کارخانه کاغذسازی صنایع چوب و کاغذ مازندران در شهرستان ساری جمع‌آوری و به آزمایشگاه خمیرکاغذ و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج منتقل گردید. خرده چوب‌ها برای جلوگیری از پوسیده شدن در محیط آزمایشگاه تا رسیدن به رطوبت تعادل محیط خشک شدند و پس از آن تا زمان مصرف در کیسه‌های پلاستیکی غیرقابل نفوذ نگهداری شده‌اند. رطوبت خرده چوب‌های خشک شده در هوای آزاد معادل ۸ درصد اندازه‌گیری شد.

### اندازه‌گیری ابعاد الیاف و ترکیبات شیمیایی

برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف، ابتدا الیاف خرده چوب‌ها مطابق با روش فرانکلین (۱۹۵۴) جداسازی شده و پس از آن ابعاد ۵۰ رشته فیبر با استفاده از میکروسکوپ نوری اندازه‌گیری و میانگین آنها محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی از دستورالعمل‌های آیین‌نامه TAPPI بشرح زیر استفاده شده است:

خاکستر، T211-om 07، مواد استخراجی محلول در الکل - استن T204-cm 07، مواد استخراجی محلول در آب گرم، T207-cm 08، محلول استخراجی محلول در آب سرد T207-cm 98، مواد قابل حل در هیدروکسید سدیم ۱ درصد T212-om 07، سلولز Kurscher-Hoffer و لیگنین T222-om 06

### تهیه خمیر کاغذ

بخت خرده چوب‌ها و تهیه خمیرکاغذ با دو روش انجام شده است:

(Stockburger, 1993). بدین ترتیب مسائل زیست‌محیطی ناشی از آلاینده‌های شیمیایی نظیر ترکیب‌های گوگردار را به حداقل می‌رساند.

مهمترین حلال‌های آلی مورد استفاده در فرایندهای تولید خمیرکاغذ در مقیاس صنعتی اتانول و متانول می‌باشند که به سهولت قابل دستیابی بوده و ارزان هستند. بنابراین در سال‌های اخیر انواع فرایندهای حلال آلی پخت چوب و مواد غیرچوبی با استفاده از اتانول به‌تنهایی و یا به‌صورت همراه با یک کاتالیزور مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این فرایند مناسب تولید خمیرکاغذ از پهن‌برگان با دانسیته کم نظیر صنوبرهاست (Paszner and Cho, 1989; Akgul and Kirci, 2009). معمولاً در فرایندهای حلال آلی از حلال‌های با نقطه جوش پایین نظیر اتانول و متانول استفاده شده و این حلال‌ها به سهولت توسط تقطیر بازیابی می‌شوند. از این‌رو در چنین حالتی دمای پخت بین ۱۴۰ تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب می‌شود. البته استفاده از دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد موفقیت‌آمیز بوده است (Rodriguez et al. 2008; Lopez et al., 2006; Muurinen, 2000; Lavarack, et al., 2005; Ogunsile and Guintana, 2010). بنابراین در موارد زیادی برای کم کردن دمای پخت از هیدروکسید سدیم به‌عنوان کاتالیزور استفاده شده است (Akpakpan et al., 2001; Akgul and Tozluoglu, 2010). باوجودی که استفاده از فرایندهای حلال آلی محدود به چوب‌های سبک بوده است، ولی در تولید خمیرکاغذ از ساقه کتان (Akgul and Tozluoglu, 2010) و کنف (Sahin, 2003) و سایر گیاهان غیرچوبی مورد بررسی قرار گرفته است (Tschirmer et al., 2002; Ogunsile and Quintana, 2010; Lopez, et al., 2010).

در این بررسی تولید خمیرکاغذ حلال آلی از سه چوب پهن‌برگ با دانسیته کم و دانسیته متوسط با استفاده از حلال آلی (اتانول) همراه با کاتالیزور قلیایی (هیدروکسید سدیم) انجام شده و با فرایند سودا مقایسه شده است. بدین ترتیب عملکرد چوب‌های پهن‌برگان با دانسیته متوسط در فرایند حلال آلی ارزیابی شده است.

و باقی مانده بر روی غربال ۲۰۰ مش به عنوان خمیر کاغذ قابل قبول است.

بازده قابل قبول و مقدار وازده اندازه گیری شده و بازده کل پس از پخت محاسبه شده است. عدد کاپای خمیر کاغذها مطابق با دستورالعمل T236-om 99 آیین نامه TAPPI تعیین شده است.

برای ساخت کاغذ دست ساز و تعیین ویژگی های خمیر کاغذ، ابتدا درجه روانی خمیر کاغذها با استفاده از پالایشگر PFI تا ۴۰۰-۳۵۰ میلی لیتر استاندارد کانادایی (۴۰-۳۵ SR) کاهش یافته و پس از آن کاغذ دست ساز با وزن پایه ۶۰ گرم بر متر مربع تهیه شده و ویژگی های آن اندازه گیری شده است. برای تعیین ویژگی های خمیر کاغذ از دستورالعمل های آیین نامه TAPPI بشرح زیر استفاده شده است:

درجه روانی: T227-om 96

ساخت کاغذ دست ساز: T205-om 95

شاخص مقاومت به پاره شدن: T414-om 04

شاخص مقاومت به کشش: T444-om 92

شاخص مقاومت به ترکیدن: T403-om 02

### تجزیه و تحلیل آماری

برای تجزیه و تحلیل آماری از روش آنالیز واریانس یک طرفه استفاده شده و در صورت معنی دار شدن اختلاف میانگین ها از آزمون گروه بندی چند دامنه ای دانکن استفاده شده است.

### نتایج

ابعاد الیاف چوب سه گونه مورد بررسی و ترکیب شیمیایی آنها در جدول ۱ خلاصه شده است.

۱- روش سودا با استفاده از ۲۰ درصد قلیابیت فعال  
۲- روش حلال آلی با اتانول و کاتالیزور هیدروکسید سدیم شامل ۱۰ درصد هیدروکسید سدیم، ۵۰ درصد اتانول و ۵۰ درصد آب. زمان پخت سودا معادل ۱۲۰ دقیقه و پخت فرایندهای حلال آلی با دو زمان ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه انجام شده است. دمای پخت (۱۷۵ درجه سانتی گراد) و نسبت مایع پخت به خرده چوب (۴ به ۱) و مقدار خرده چوب (۲۰۰ گرم خرده چوب خشک) ثابت در نظر گرفته شده است. هر یک از پخت ها در سه تکرار انجام شده و میانگین سه تکرار محاسبه و گزارش شده است.

### مراحل پخت خرده چوب

پخت خرده چوب در یک دایجستر ۴ لیتری چرخشی انجام شده است. محفظه دایجستر مجهز به المنت حرارتی برای گرم کردن آن است. ابتدا، مواد مورد نیاز هر پخت شامل خرده چوب و مواد شیمیایی به داخل محفظه پخت انتقال یافته و پس از بستن درب آن، شروع به حرارت دادن آن شده است. سپس زمان حرارت دادن برای تمام پخت ها یکسان بوده و در حدود ۳۰ دقیقه تنظیم شده است. زمان پخت پس از رسیدن به دمای پخت تنظیم شده است.

پس از پایان زمان پخت، محتویات محفظه پخت بر روی یک غربال با اندازه سوراخ های ۱۲۰ مش تخلیه شده و توسط آب گرم شستشو شده است. الیاف خرده چوب های پخته شده توسط یک پالایشگر صفحه ای با قطر ۲۵ سانتی متر جداسازی شده و پس از آن جداسازی الیاف با استفاده از دو غربال با اندازه ۱۴ مش واقع بر روی غربال با اندازه سوراخ های ۲۰۰ مش انجام شده است. مواد باقی مانده بر روی غربال با اندازه سوراخ ۱۴ مش به عنوان وازده و الیاف عبور کرده از غربال ۱۴ مش

جدول ۱- ابعاد الیاف و ضرایب کاغذسازی چوب سه گونه راش، ممرز و صنوبر

چوب	طول الیاف (میلی‌متر)	قطر الیاف (میکرون)	قطره حفره (میکرون)	ضخامت دیواره الیاف (میکرون)	ضرایب بیومتری	
					ضریب لاغری	انعطاف‌پذیری (%)
ممرز	۱/۴۸	۲۱	۱۰/۰۵	۶/۴۰	۷۰/۴۷	۴۷/۸۵
راش	۱/۱۲۶	۱۸/۲۵	۸/۱۸	۵/۰۳	۶۱/۷۰	۴۴/۸۲
صنوبر	۱/۳۱۷	۲۴/۸	۱۸/۳۱	۳/۲۳	۵۳/۱۰	۷۳/۸۳

جدول ۲- ترکیبات شیمیایی و مقدار مواد استخراجی چوب سه گونه راش، ممرز و صنوبر

ترکیب شیمیایی	چوب		
	صنوبر	ممرز	راش
سلولز	۴۹/۰۰	۴۷/۳	۴۷/۶
لیگنین	۲۳/۱۰	۲۷/۲	۲۹/۱
خاکستر	۱/۱۶	۱/۶۱	۰/۳۷
مواد استخراجی محلول در الکل استن	۲/۸۳	۲/۰۰	۱/۰۰
مواد استخراجی محلول در هیدروکسید سدیم ۱٪	۲۱/۰۰	۱۸/۳۳	۱۹/۲۵
مواد استخراجی محلول در آب گرم	۵/۰۰	۳/۵	۱/۵
مواد استخراجی محلول در آب سرد	۴/۰۰	۴/۰۰	۲/۰۰

## لیگنین‌زدایی

شرایط پخت و ویژگی‌های خمیرکاغذ سودا و سودا - اتانول از سه چوب صنوبر، ممرز و راش در جدول ۳ خلاصه شده است. بازده قابل قبول خمیرکاغذ سودا زیادتر از بازده قابل قبول خمیرکاغذ سودا - اتانول اندازه‌گیری شده و بازده خمیرکاغذ آن کمتر از خمیرکاغذ سودا - اتانول تعیین شده است. ولی بازده قابل قبول و مقدار بازده خمیر سودا - اتانول از چوب صنوبر تقریباً مشابه خمیرکاغذ سودا از این چوب است. عدد کاپای خمیرکاغذهای سودا زیادتر از خمیرکاغذ سودا - اتانول است که نشان‌دهنده لیگنین‌زدایی بهتر و زیادتر فرایند

الیاف چوب ممرز با طول الیاف ۱/۴۸ میلی‌متر بلندترین و چوب راش دارای کوتاه‌ترین الیاف در بین سه چوب مورد بررسی می‌باشند. قطر و ضخامت دیواره الیاف چوب ممرز نیز زیادتر از چوب‌های راش و ممرز است.

چوب صنوبر حاوی مقدار سلولز زیادتر و مقدار لیگنین کمتر از چوب دو گونه دیگر است. مقدار مواد استخراجی محلول در هیدروکسید سدیم یک درصد چوب صنوبر بیشتر از چوب دو گونه دیگر و خاکستر و مواد استخراجی محلول در الکل - استن آن کمتر است (جدول ۲).

## ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذها

ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ سودا و سودا - اتانول از چوب ممرز، راش و صنوبر که تا درجه روانی بین ۳۶ تا ۴۰ درجه SR پالایش شده‌اند در شکل‌های ۱ تا ۳ ترسیم شده است. هر یک از ارقام شکل‌های ۱ تا ۳ میانگین پنج اندازه‌گیری است. اختلاف میانگین‌ها در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی‌دار شده و گروه‌بندی دانکن میانگین‌های هر ویژگی نیز در همان شکل با حروف نشان داده شده است.

سودا - اتانول است. درجه روانی قبل از پالایش خمیر کاغذهای سودا بین ۸ تا ۱۲ SR° و درجه روانی خمیر کاغذهای سودا - اتانول بین ۹/۵ تا ۱۴ SR° متغیر بوده است. درجه روانی خمیر کاغذها بعد از ۱۳۰۰۰ دور پالایش در پالایشگر PFI به ۳۶ تا ۴۰ درجه SR رسیده است. اختلاف میانگین‌های بازده و عدد کاپا در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی‌دار شده و گروه‌بندی میانگین‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

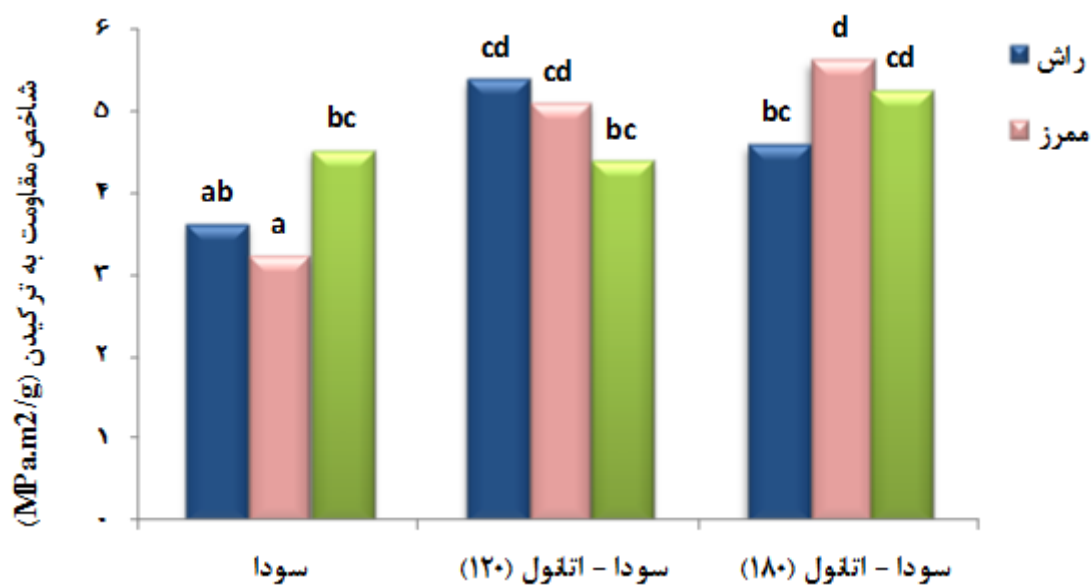
جدول ۳- شرایط پخت و ویژگی‌های لیگنین‌زدایی فرایند سودا و سودا - اتانول چوب صنوبر، راش و ممرز

(دمای پخت: ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد)

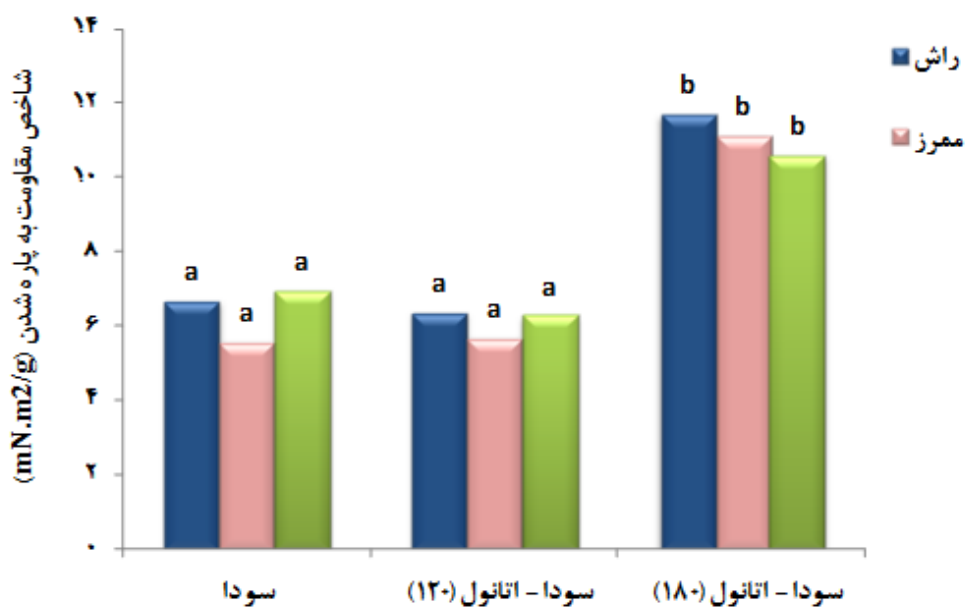
عدد کاپا	بازده قابل قبول (%)	زمان پخت (دقیقه)	مواد شیمیایی		گونه چوبی	فرایند پخت
			اتانول (%)	NaOH (%)		
۶۴/۸۰ <sup>d</sup>	۱/۷۲ <sup>a</sup>	۵۴/۱۷ <sup>bc</sup>			راش	
۵۸/۶۶ <sup>bcd</sup>	۴/۵۷ <sup>b</sup>	۵۳/۵۱ <sup>bc</sup>	۱۲۰	-	ممرز	سودا
۶۰/۵۵ <sup>cd</sup>	۰/۷۴ <sup>a</sup>	۵۸/۵۴ <sup>c</sup>			صنوبر	
۵۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۶/۹۷ <sup>b</sup>	۴۹/۵۸ <sup>ab</sup>			راش	
۴۸/۹۲ <sup>abc</sup>	۶/۱۵ <sup>b</sup>	۴۴/۸۲ <sup>a</sup>	۱۲۰	۵۰	ممرز	
۴۱/۶۲ <sup>a</sup>	۶/۳۷ <sup>b</sup>	۴۹/۴۸ <sup>ab</sup>			صنوبر	سودا - اتانول
۴۷/۷۱ <sup>abc</sup>	۹/۵۸ <sup>c</sup>	۴۹/۲۹ <sup>ab</sup>			راش	
۴۶/۹۵ <sup>ab</sup>	۱/۲۳ <sup>a</sup>	۴۸/۸۵ <sup>ab</sup>	۱۸۰	۵۰	ممرز	
۴۲/۴۷ <sup>a</sup>	۰/۲۸ <sup>a</sup>	۵۰/۷۴ <sup>abc</sup>			صنوبر	

و مقاومت به کشش مربوط به خمیر کاغذهای سودا بوده است. به‌طور کلی در فرایند سودا - اتانول، زمان پخت کوتاه‌تر به شاخص مقاومت به کشش زیاده‌تر و شاخص مقاومت به پاره شدن کمتر انجامیده است. البته شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذها در دو گروه مجزا (شکل ۲) و شاخص مقاومت به کشش در پنج گروه جداگانه (شکل ۳) قرار گرفته‌اند.

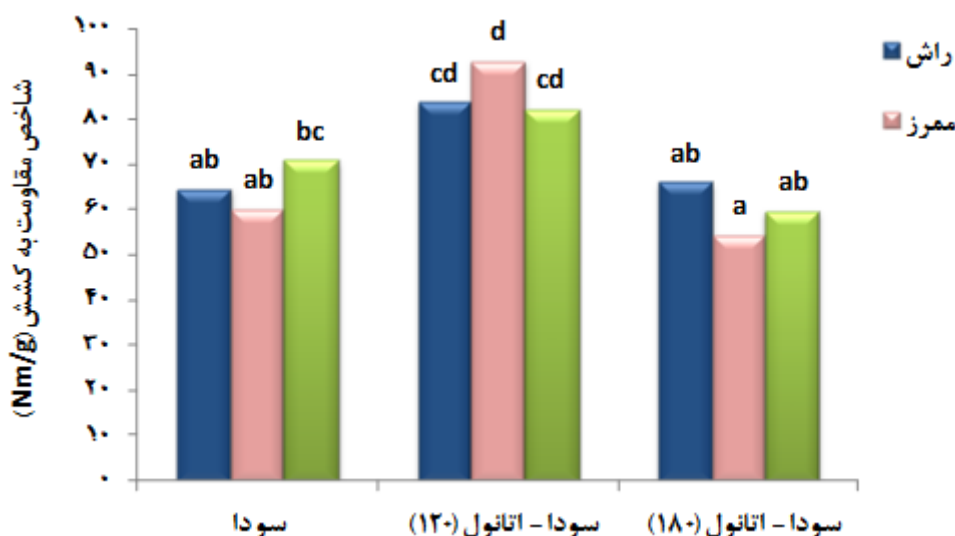
شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ سودا کمتر از خمیر کاغذ سودا - اتانول از همان گونه چوبی بوده و میانگین‌ها در ۵ گروه مختلف قرار گرفته‌اند (شکل ۱). خمیر کاغذ سودا - اتانول چوب ممرز که به مدت ۱۸۰ دقیقه پخته شده است دارای زیاده‌ترین شاخص مقاومت به ترکیدن بوده است. دو شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و مقاومت به کشش نیز رفتار مشابه شاخص مقاومت به ترکیدن داشته و کمترین شاخص‌های مقاومت به پاره شدن



شکل ۱- مقایسه شاخص مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذ سودا و سودا- اتانول از چوب صنوبر، راش و ممرز



شکل ۲- مقایسه شاخص مقاومت به پاره شدن خمیرکاغذ سودا و سودا- اتانول از چوب صنوبر، راش و ممرز



شکل ۳- مقایسه شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذ سودا و سودا - اتانول از چوب صنوبر، راش و ممرز

کمتر است که مؤید مناسب بودن چوب‌های سبک برای فرایند سودا - اتانول است ( Akgul and Kirci, 2009; Paszner and Cho, 1989).

مقایسه ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ سودا و سودا - اتانول از سه چوب ممرز، راش و صنوبر نشان‌دهنده برتری خمیر کاغذهای سودا - اتانول به ویژه خمیر کاغذهای سودا - اتانول با زمان پخت ۱۸۰ دقیقه‌ای نسبت به خمیر کاغذ سودا از گونه‌های مشابه است. شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذهای سودا - اتانول با زمان پخت ۱۸۰ دقیقه زیادتر از خمیر کاغذهای مشابه، ولی شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذ سودا و خمیر کاغذ سودا اتانول با زمان پخت کوتاه‌تر (۱۲۰ دقیقه) مشابه است. ولی شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذهای سودا - اتانول با زمان پخت ۱۲۰ دقیقه زیادتر بوده است. لیگنین‌زدایی زیادتر خمیر کاغذهای سودا - اتانول با زمان پخت طولانی‌تر به حذف بیشتر لیگنین و احتمالاً حذف زیادتر همی سلولزها انجامیده و از قابلیت پیوندیایی الیاف کم کرده است.

نتایج این بررسی نشان داد که با استفاده از فرایند سودا - اتانول می‌توان خمیر کاغذ با بازده بیشتر و ویژگی‌های

## بحث

الیاف چوب ممرز در بین چوب‌های پهن‌برگ ایران بلندتر از سایر چوب‌هاست و این چوب به دلیل الیاف بلندتر و چوب با دانسیته متوسط (ضخامت دیواره الیاف ممرز ۶/۴ میکرون اندازه‌گیری شده است) برای تولید خمیر کاغذ مناسب‌تر است. ولی سلولز چوب ممرز و راش کمتر از چوب صنوبر و لیگنین آنها زیادتر از چوب صنوبر است.

لیگنین‌زدایی سودا و سودا - اتانول چوب ممرز، راش و صنوبر نشان داد که لیگنین‌زدایی سودا این چوب‌ها مشکل‌تر از لیگنین‌زدایی سودا - اتانول است. بعد از زمان پخت ۱۲۰ دقیقه، بازده بعد از غربال فرایند سودا زیادتر از فرایند سودا - اتانول بوده، ولی عدد کاپای خمیر کاغذ سودا از سه چوب مورد بررسی بیشتر از خمیر کاغذ سودا - اتانول از همان چوب‌ها بوده است که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر سودا - اتانول بر حذف لیگنین و حفظ کربوهیدرات‌ها است ( Hergert, 1998; Paszner, 1998 Sidiras and Koukios, 2004).

در اثر زیاد شدن زمان پخت سودا - اتانول تا ۱۸۰ دقیقه بازده بعد از غربال تغییر زیادی پیدا نکرده ولی بازده کاهش یافته است. عملکرد فرایند سودا - اتانول بر چوب صنوبر که یک چوب سبک است، بهتر است. بازده بعد از غربال خمیر کاغذ سودا - اتانول از چوب صنوبر بیشتر و بازده آن

- Biomass, 13, 45-65 .
- Kleunert, T.N., 1974. Organosol pulping with aqueous alcohol. Tappi J. 57, 99-102.
- Lavarack, B.P., Rainey, T.J., Falzon, K.L., and Bullock, G.E., 2005. A preliminary assessment of aqueous ethanol pulping of bagasse: the Ecopulp process. Intern Sugar J., 107(1283):611-615.
- López, F., Alfaro, A., Jiménez, L. and Rodríguez, A., 2006. Alcohols as organic solvents for the obtainment of cellulose pulp. Afinidad, 63(523): 174-182.
- Lopez, F., Garcia, J.C., Perez, A., Garcia, M.M., Feria, M.J. and Tapias, R., 2010. *Leucaena diversifolia* a new raw material for paper production by soda-ethanol pulping process. Chemical Engineering research and Design 88, 1-9.
- Muurinen, E., 2000. Organosolv pulping: A review and distillation study related to peroxyacid pulping. Department of Process Engineering, University of Oulu, FIN-90014 University of Oulu, Finland, 314p.
- Ogunsile, B.O. and Quintana, G.C., 2010. Modelling of soda-ethanol pulps from *Carpolobia lutea*. Bioresources 5(4), 2417-2430.
- Paszner, L., 1998. Catalysed alcohol organosolv pulping, in Environmental Friendly Technologies of the Pulp and Paper Industry, Young, R.A. and Akhtar, H., Akhtar, H. (eds), p. 69
- Paszer, L., and Cho, H.J., 1989. Organosol pulping: Acidic catalysis options and their effect on fiber quality and delignification. Tappi J. 72, 135-142.
- Rodríguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi J, Jiménez, L., 2008. Rice straw pulp obtained by using various methods. Bioresour. Technol., 99(8): 2881-2886.
- Sahin, HT., 2003. Base-catalyzed organosolv pulping of jute. Journal of Chemical Technol. Biotechnol., 78(12): 1267 – 1273.
- Sidiras, D. and Koukios, E., 2004. Simulation of acid-catalysed organosolv fractionation of wheat straw. Bioresour Technol, 94: 91-98.
- Shatalov, A.A. and Pereira, H., 2004, *Arundo donax* L. reed: new perspectives for pulping and bleaching. Part 3. Ethanol reinforced alkaline pulping. Tappi J, 3(2): 27-31.
- Stockburger, P., 1993. An overview of nearcommercial and commercial solven based pulping process. Tappi J., 76(6): 71-74.
- Tschirner U., Ramaswamy S., Goel A., 2002. Effect of cereal straw fiber addition to papermaking furnish, Annual Meeting - Technical Section. Canadian Pulp and Paper Association, Preprints. A301-A304.
- مقاومتی زیاده‌تر از فرایند سودا از چوب پهن‌برگان مانند راش، ممرز و صنوبر تولید کرد. با توجه به اینکه استفاده از اتانول در ترکیب با هیدروکسید سدیم نفوذپذیری مایع پخت به داخل خرده چوب را بهتر می‌کند، بنابراین در صورت استفاده از مخلوط اتانول- هیدروکسید سدیم لیگنین‌زدایی تسریع شده و کربوهیدرات‌ها حذف می‌شود. به علاوه اینکه حذف لیگنین بیشتر همراه با حفظ کربوهیدرات‌ها امکان تولید الباف سالم‌تر و محکم‌تر را فراهم می‌کند. مقدار مصرف قلیایی فرایند سودا- اتانول کمتر از فرایند سودا بوده و به دلیل استفاده از اتانول، بازیابی مواد شیمیایی آن آسان‌تر خواهد بود.
- منابع مورد استفاده**
- Akpakpan, A.E., Akpabio, U.D., Qgunsile, B.O. and Eduok, U.M., 2011. Influence of cooking variables on the soda and soda ethanol pulping of *Nypa fruticans petioles*. Australian Journal of basic and applied sciences 5(12), 1202-1208.
- Akgul, M. and Kirci, H., 2009. "An environmentally friendly organosolv (ethanol-water) pulping of poplar wood". *Journal of Environmental Biology* 30(5) 735-740 (2009).
- Akgul and Tozluoglu, 2010. "Alkaline-ethanol pulping of cotton stalks" *Scientific Research and Essays* Vol. 5(10), pp. 1068-1074.
- April, G.C., Kamal, M.M., Reddy, J.A., Bowers, G.S., and Hansen, M., 1979. Delignification with aqueous-organic solvents. Tappi J. 62, 83-85.
- Aziz, S. and Sarkanen, K., 1989. Organosolv pulping. A review. Tappi J, 72(3): 169-175.
- Franklin, O.L., 1954. A rapid method for softening wood for anatomical analysis. *Tropical Wood*, 88:35-36.
- Gracia, M.M., López, F., Alfaro, A., Ariza, J., and Tapias, R., 2008. The use of Tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*) from different origins for biomass and paper production. *Bioresour. Technol.*, 99(9):3451-3457.
- Hergert, H.L., 1998. Developments in organosolv pulping. An overview, in *Environmental Friendly Technologies of the Pulp and Paper Industry*, Young, R.A. and Akhtar, H., Akhtar, H. (eds) (p. 551).
- Johansson, A., Aaltonen, O. and Ylinen, P., 1987 *Organosolv pulping methods and pulping properties*.



## Comparative Investigation on the Properties of Soda and Soda-Ethanol Pulps from Three Hardwoods

H. Molayi<sup>1</sup> and A. Jahan Latibari<sup>2\*</sup>

1-Specialist, Department of Wood and Paper Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2\*- Corresponding Author, Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email: latibari.aj@gmail.com

Received: May, 2014 Accepted: April, 2015

### Abstract

Strength properties and the yield of soda and soda-ethanol pulps produced using hornbeam, beech and poplar woods were investigated. Soda pulps were produced applying 20% active alkali and the soda-ethanol pulps were made using 10% active alkali and 50% ethanol. The pulping temperature was constant at 175°C and the soda pulping time was selected at 120 minutes and the soda-ethanol pulping times were 120 and 180 minutes. The highest accepted pulping yield at 58.54% was reached using soda pulping on poplar wood and the lowest yield at 49.29% was related to soda-ethanol pulp produced from beech wood applying 180 minutes pulping time. The accepted yield of soda-ethanol pulping was low, but the kappa numbers of these pulps were almost 20 units lower than soda pulps. The strength properties of soda-ethanol pulps were superior to soda pulps and the difference was statistically significant at 99% confidence level. The results of this study indicated that the delignification of soda-ethanol pulping process is faster than soda pulping from the selected hardwoods especially poplar wood.

**Keywords:** Delignification, soda, soda-ethanol, kappa number, yield, poplar, beech, hornbeam.