

اثر تیمار قارچی بر ویژگی‌های مقاومتی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی چوب ممرز

جعفر ابراهیم پور کاسمانی^{۱*}، محمد طلایی پور^۲، امیر هومن حمصی^۳ و احمد ثمریها^۴

*- نویسنده مسئول، استادیار صنایع چوب و کاغذ، باشگاه پژوهشگران جوان، واحد سوادکوه، دانشگاه آزاد اسلامی، مازندران،

پست الکترونیک: Jafar_Kasmani@yahoo.com

۲- استادیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۳- دانشیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

۴- دانشجوی دکتری صنایع چوب و کاغذ، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران.

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۰

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۸۹

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی خواص مقاومتی کاغذهای حاصل از تیمارهای ۱، ۲ و ۴ هفته‌ای با قارچ *Phanerochaete chrysosporium* BKM - 1767 مورد ارزیابی قرار گرفته و با نمونه شاهد مقایسه گردیده است. پس از آماده‌سازی نمونه‌های قارچی، خرده‌چوب‌های ممرز در سه سطح ۱، ۲ و ۴ هفته‌ای تحت دمای ۳۹ °C با رطوبت نسبی ۶۵٪ تیمار شدند. به منظور تهیه خمیر کاغذ CMP از خرده‌چوب‌های تیمار شده، دمای پخت ۱۶۵ درجه سلسیوس، زمان پخت ۸۰ و ۹۰ دقیقه، درصد مواد شیمیایی سولفیت سدیم: ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد و نسبت مایع پخت به خرده‌چوب ۷ به ۱ در نظر گرفته شد. نتایج نشان می‌دهد که در چوب‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد میزان بازده کاهش یافته است. این کاهش برای تیمارهای ۱، ۲ و ۴ هفته‌ای به ترتیب حدود ۱/۶۴، ۲/۸۴ و ۶/۲۰ درصد بوده است. همچنین ویژگی‌های مقاومت به کشش، ترکیدن، پاره‌شدن و تاشدن کاغذ تهیه شده از خرده‌چوب‌های تیمار شده کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: قارچ *Phanerochaete chrysosporium* BKM - 1767، خرده‌چوب ممرز، بازده، خواص مقاومتی.

مقدمه

به دلیل اهمیت روزافزون کاغذ در زندگی انسان و نقش آن به عنوان یک کالای استراتژیک و مورد نیاز همگان، کشورهای مختلف سعی در تولید و تامین نیازهای روبه افزایش خود داشته و در این راه، استفاده از روش‌های مناسب جهت ساخت کاغذ را مورد توجه قرار داده‌اند. خمیرسازی بیولوژیکی به معنی پیش تیمار

خرده‌چوب با استفاده از قارچ قبل از انجام خمیرسازی است. از آنجا که چوب از ترکیب‌های پیچیده متفاوتی تشکیل شده است، قارچ‌ها با ایجاد یک سیستم آنزیمی باعث تخریب بافت‌های چوبی می‌گردند. قارچ‌ها قادرند پلیمرهای ساختاری دیواره‌ی سلولی یعنی سلولز، همی سلولزها، و لیگنین را تخریب کنند و چوب را به دی‌اکسید کربن و آب تجزیه کنند (Blanchette and

1998). ولفارت و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند تیمار قارچی با *P.chryso sporium* سبب افزایش خصوصیات مقاومتی کاغذهای حاصل می‌شود (Wolfaardt et al., 2004). هرناندز و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند پیش‌تیمار ۲ هفته‌ای توسط قارچ روی خرده‌چوب‌های نوئل برای خمیرسازی مکانیکی سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در خواص مقاومتی کاغذ از قبیل طول پارگی و کشش می‌شود (Hernandez et al., 2005). همچنین سایر محققین نیز در این مورد مطالعاتی انجام دادند (Blanchette et al., 1990, Akhtar et al., 1997). با توجه به این مطالعات برای این تحقیق قارچ *P.chryso sporium* در نظر گرفته شد. هدف اصلی این تحقیق بررسی اثر تیمار قارچی بر ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ شیمیایی - مکانیکی چوب ممرز می‌باشد

مواد و روشها

خرده‌چوب‌های ممرز مورد نیاز از یارد خرده‌چوب خط تولید خمیرکاغذ شیمیایی - مکانیکی کارخانه چوب و کاغذ مازندران به صورت برداشت تصادفی تهیه شد. قارچ مورد استفاده در این تحقیق *Phanerochaete chryso sporium BKM-1767* بود. نمونه‌ی قارچی بر اساس روش Kirk آماده شد (Kirk et al., 1993). بر اساس این روش، خرده‌چوب‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در اتوکلاو قرار داده شد تا از آلودگی به میکروارگانیزم‌ها جلوگیری شود. در شرایط استریل حدود ۱۵۰۰ گرم خرده‌چوب (بر مبنای وزن خشک) داخل بیورآکتور ریخته شد. مایع تلقیح با عصاره غذایی ذرت^۱ غیر استریل (۰/۵ درصد وزن خشک) مخلوط شده و روی خرده‌چوب‌ها

1998). قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید جهت استفاده در فرآیندهای متفاوت کاغذسازی در درجه اول توجه قرار دارند. اگرچه عمده این قارچ‌ها توانایی زیادی برای تخریب لیگنین را دارا هستند ولی برخی از آنها سلولز و همی سلولز را علاوه بر لیگنین تخریب می‌کنند (Blanchette and Behrendt 1998). قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید قادر به تخریب بیشتر لیگنین نسبت به دیگر عناصر دیواره سلولی هستند. عمدتاً قارچ‌های مولد پوسیدگی سفید، لیگنین را بصورت انتخابی تخریب می‌کنند و این همان چیزی است که فرآیندهای کاغذسازی به دنبال آن هستند، و این دسته از قارچ‌ها محور تمرکز تحقیقات خمیرسازی بیولوژیکی قرار گرفته‌اند.

مفهوم خمیرسازی بیولوژیکی احتمالاً برای محققان اولیه واضح و آشکار بود. شاید اولین کار جدی در این زمینه در دهه‌ی ۱۹۵۰ توسط محققان آزمایشگاه کارخانه خمیر و کاغذ وستا ویرجینیا انجام شد. تحقیق آنها به انتشار مقاله‌ای منجر شد (Lawson and Still 1957). آنها در این تحقیق ۷۲ نوع قارچ تخریب‌کننده لیگنین را مورد تحقیق قرار دادند. گونه‌هایی از قارچ مولد پوسیدگی سفید که به طور انتخابی میزان لیگنین را کاهش می‌دهند برای خمیرسازی زیستی مفید می‌باشند. سیستم‌های مطلوب برای خمیرسازی زیستی باید پتانسیلی برای کاهش تاثیر محیطی و کاهش مصرف انرژی داشته باشد. موثرترین گونه‌های یافت شده از قارچ‌ها که برای چوب مفید هستند عبارتند از: *phlebis ceriporiopsis subvernmisspora* و *brevispore phanerochaete chryso spoium* (Villalba et al., 2006). اسکات و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که تیمار خرده‌چوب‌ها با قارچ مخرب لیگنین سبب بهبود مقاومت‌های کاغذ می‌شود (Scott and

1- Corn steep liquor

رطوبت، از خرده‌چوب‌های تیمار داده شده با قارچ و همچنین خرده‌چوب‌های تیمار نشده (شاهد)، خمیر شیمیایی - مکانیکی (CMP) تهیه شد. برای پخت خمیر کاغذها از لیکور سفید پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران استفاده گردید. پخت خرده‌چوب‌ها با شرایط زیر انجام گرفت:

پاشیده شد. برای اطمینان از تأثیر مایع تلقیح روی تمام خرده‌چوب‌ها، آنها را زیر و رو کرده و با ریختن آب استریل رطوبت خرده‌چوب‌ها به رطوبت مناسب رشد قارچ‌ها (حدود ۶۰٪ - ۵۵٪) رسانده شد. بیورآکتور در انکوباتوری با دمای °C ۳۹ و رطوبت نسبی ۶۵٪ قرار داده شد. مدت زمان تیمار با قارچ، سه زمان ۱، ۲ و ۴ هفته در نظر گرفته شد. بعد از تیمار قارچی و تعیین درصد

نسبت L:W	۷:۱	مواد شیمیایی مصرفی (%)	۱۴، ۱۸ و ۲۲
زمان پخت (min)	۸۰ و ۹۰	مواد شیمیایی مایع پخت	سولفیت سدیم (Na ₂ SO ₃)
دما (°C)	۱۶۵	Na ₂ O (gr/l)	۱۰۰
pH	۷	SO ₂ فعال (gr/l)	۱۱۵

TAPPI استاندارد شماره T403-Om91 توسط دستگاه L&W Bursting Strength Tester انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌های نتایج آزمون‌های مختلف مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از آنالیز تجزیه واریانس و آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

در این تحقیق ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای حاصل از خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی ممرز تحت شرایط فرآیندی مختلف (جدول ۱) بررسی شد.

پس از پخت و دفیبره کردن خمیر کاغذ حاصل از پخت، خمیر کاغذها طبق استاندارد شماره T248-Om88 آئین‌نامه TAPPI با کوبنده آزمایشگاهی PFI Mill تا رسیدن به درجه روانی حدود ۳۰۰ (CSF) پالایش شد. کاغذهای دست‌ساز با جرم پایه ۶۰ g/m²، طبق دستورالعمل شماره T205-om-88 آئین‌نامه TAPPI تهیه شدند. اندازه‌گیری مقاومت کششی طبق آئین‌نامه TAPPI استاندارد شماره T240-Om92 توسط دستگاه ABL&W Tensile Tester انجام شد. جهت اندازه‌گیری مقاومت در برابر پاره‌شدن از آئین‌نامه SCAN استاندارد شماره P11:73 توسط L&W Tearing Tester استفاده شد. اندازه‌گیری مقاومت به ترکیدن بر اساس آئین‌نامه

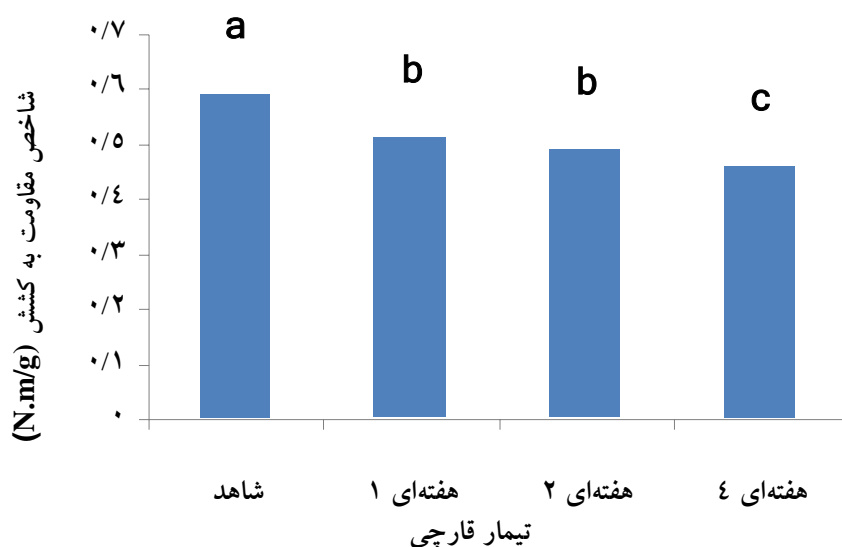
جدول ۱- مشخصات فرآیندی پخت شیمیایی- مکانیکی و مقادیر خواص مقاومتی کاغذهای ۶۰ گرمی حاصل از ممرز

مقاومت به تاشدن	شاخص ترکیدن	شاخص پاره‌شدن	شاخص کشش	شرایط پخت		
				مواد شیمیایی	زمان	دما
شاهد						
۲۹	۲/۷	۷/۱	۰/۶۱	۱۴		
۲۰	۲/۷	۶/۶	۰/۵۷	۱۸	۸۰	
۹۳	۳	۶/۳	۰/۶۴	۲۲		۱۶۵
۳۲	۲/۶	۶/۳	۰/۵۴	۱۴		
۴۷	۲/۸	۶/۸	۰/۵۸	۱۸	۹۰	
۸۶	۳/۱	۶/۴	۰/۶۱	۲۲		
۱ هفته‌ای						
۱۵	۲/۲	۵/۸	۰/۴۷	۱۴		
۱۲	۲/۳	۵/۶	۰/۴۳	۱۸	۸۰	
۵۵	۲/۸	۵/۱	۰/۵۹	۲۲		۱۶۵
۳۴	۲/۴	۵/۳	۰/۴۹	۱۴		
۴۷	۲/۶	۴/۸	۰/۴۹	۱۸	۹۰	
۴۸	۲/۷	۵/۲	۰/۵۷	۲۲		
۲ هفته‌ای						
۱۵	۲/۱	۴/۴	۰/۴۳	۱۴		
۲۵	۲/۳	۴/۱	۰/۴۷	۱۸	۸۰	
۱۳	۲/۵	۴/۵	۰/۴۵	۲۲		۱۶۵
۱۹	۲/۴	۴/۳	۰/۴۷	۱۴		
۲۷	۲/۴	۴/۲	۰/۵۱	۱۸	۹۰	
۴۴	۲/۸	۴/۲	۰/۵۹	۲۲		
۴ هفته‌ای						
۱۵	۲/۵	۴/۳	۰/۴۴	۱۴		
۱۴	۲	۴/۴	۰/۴۴	۱۸	۸۰	
۲۶	۲/۳	۴/۷	۰/۵۲	۲۲		۱۶۵
۲۶	۲/۲	۴/۸	۰/۴۹	۱۴		
۲۱	۱/۸	۳/۷	۰/۴	۱۸	۹۰	
۲۵	۲	۴/۳	۰/۴۹	۲۲		

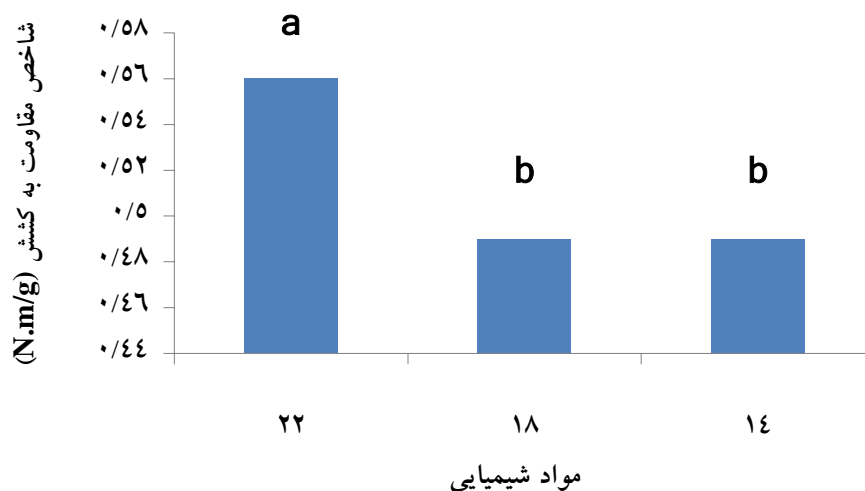
شاخص کشش

آنالیز تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمار قارچی و میزان مواد شیمیایی بر شاخص کشش کاغذ در سطح ۹۵ درصد معنی دار بوده به طوری جدول دانکن میانگین حاصل از اندازه گیری شاخص کشش کاغذ، در سه تیمار ۱، ۲ و ۴ هفته ای و تیمار شاهد را در سه گروه مجزا قرار داده است (جدول ۲). میزان شاخص کشش در تیمار

شاهد نسبت به سایر زمانها بیشتر است (نمودار ۱). همچنین جدول دانکن، میانگین حاصل از اندازه گیری شاخص کشش کاغذ در سه سطح مواد شیمیایی ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد را در دو گروه جداگانه قرار می دهد (جدول ۲). روند تغییرات شاخص کشش کاغذ با افزایش مواد شیمیایی تقریباً صعودی است (نمودار ۲).



نمودار ۱ - اثر تیمار قارچی بر شاخص کشش کاغذ ($F= ۴۲/۰۴۴۱$)

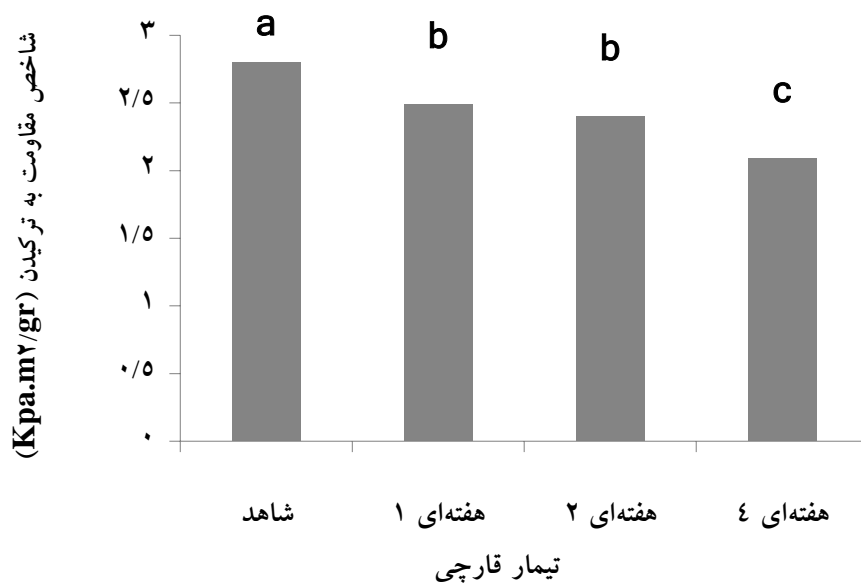


نمودار ۲ - اثر مواد شیمیایی روی مقاومت کششی کاغذ

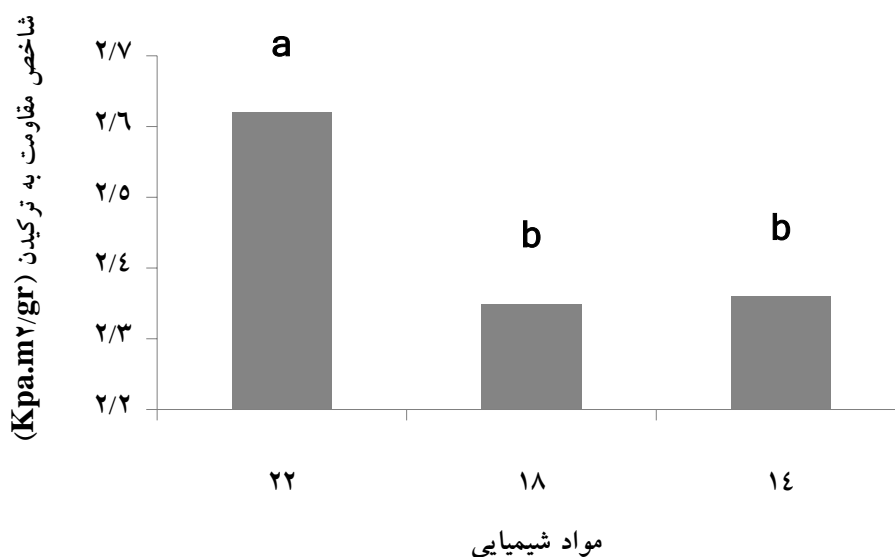
شاخص ترکیدن

آنالیز تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمار قارچی و میزان مواد شیمیایی بر شاخص ترکیدن کاغذ در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده به طوری جدول دانکن میانگین

حاصل از اندازه‌گیری شاخص ترکیدن کاغذ در سه تیمار ۱، ۲ و ۴ هفته‌ای و تیمار شاهد را در سه گروه مجزا قرار داده است (جدول ۲). میزان شاخص ترکیدن در تیمار شاهد نسبت به سایر زمان‌ها بیشتر است (نمودار ۳).



نمودار ۳ - اثر تیمار قارچی بر شاخص ترکیدن کاغذ ($F= ۲۸۳/۰۳۵$)



نمودار ۴ - اثر مواد شیمیایی بر شاخص ترکیدن کاغذ ($F= ۲/۴۸۳$)

معنی دار نیست (جدول ۲). استفاده از درصد مواد شیمیایی بیشتر موجب کاهش شاخص پاره شدن کاغذ شده است (نمودار ۶).

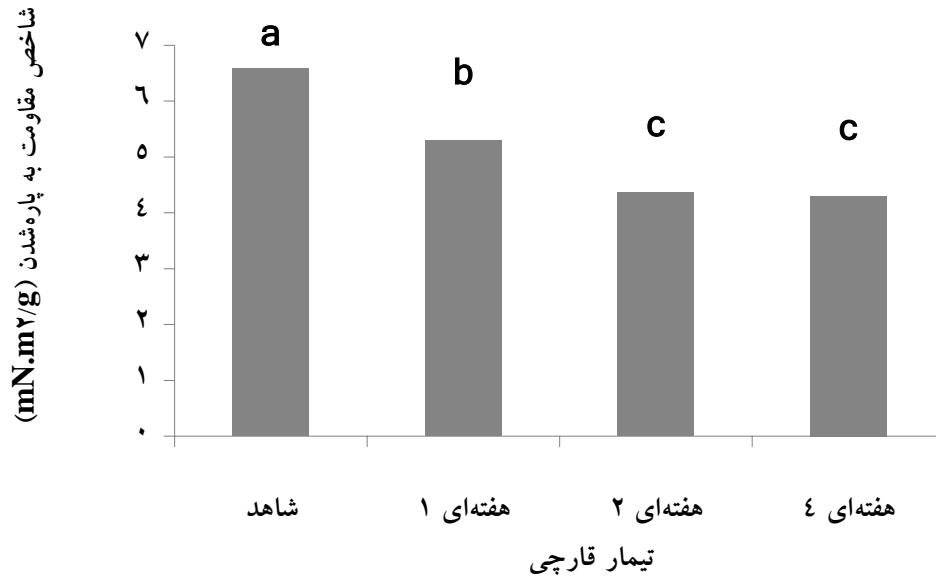
مقاومت به تاشدن

آنالیز تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمار قارچی و میزان مواد شیمیایی بر مقاومت به تاشدن کاغذ در سطح ۹۵ درصد معنی دار بوده به طوری جدول دانکن میانگین حاصل از اندازه گیری مقاومت به تاشدن کاغذ در سه تیمار ۱، ۲ و ۴ هفته ای و تیمار شاهد را در سه گروه مجزا قرار داده است (جدول ۲). میزان مقاومت به تاشدن در تیمار شاهد نسبت به سایر زمان ها بیشتر است (نمودار ۷). همچنین جدول دانکن میانگین حاصل از اندازه گیری مقاومت به تاشدن کاغذ در سه سطح مواد شیمیایی ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد را در دو گروه جداگانه قرار می دهد (جدول ۲). بیشترین میزان مقاومت به تاشدن مربوط به میزان مواد شیمیایی ۲۲ درصد و کمترین میزان آن مربوط به سطح ۱۴ درصد است (نمودار ۸).

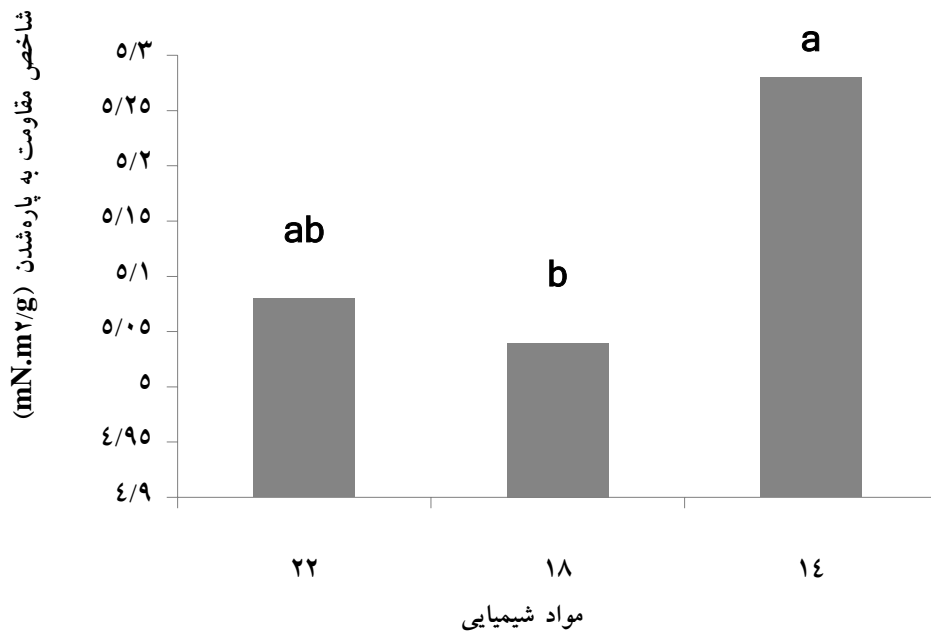
همچنین جدول دانکن، میانگین حاصل از اندازه گیری شاخص ترکیدن کاغذ در سه سطح مواد شیمیایی ۱۴، ۱۸ و ۲۲ درصد را در دو گروه جداگانه قرار می دهد (جدول ۲). بیشترین میزان شاخص ترکیدن مربوط به میزان مواد شیمیایی ۲۲ درصد (۲/۶۲) و کمترین میزان آن مربوط به سطح ۱۸ درصد (۲/۳۵) است (جدول ۲). روند تغییرات شاخص ترکیدن کاغذ با افزایش مواد شیمیایی تقریباً صعودی است (نمودار ۴).

شاخص پاره شدن

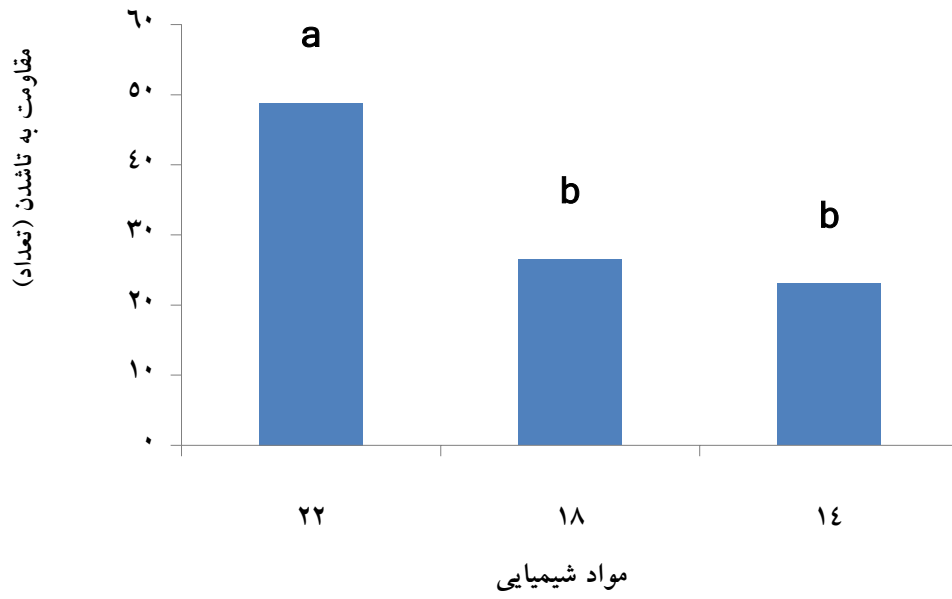
آنالیز تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمار قارچی بر شاخص پاره شدن کاغذ در سطح ۹۵ درصد معنی دار بوده به طوری جدول دانکن میانگین حاصل از اندازه گیری شاخص پاره شدن کاغذ در سه تیمار ۱، ۲ و ۴ هفته ای و تیمار شاهد را در سه گروه مجزا قرار داده است (جدول ۲). میزان شاخص پاره شدن در تیمار شاهد نسبت به سایر زمان ها بیشتر است (نمودار ۵). آنالیز تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر میزان مواد شیمیایی بر شاخص پاره شدن کاغذ در سطح ۹۵ درصد



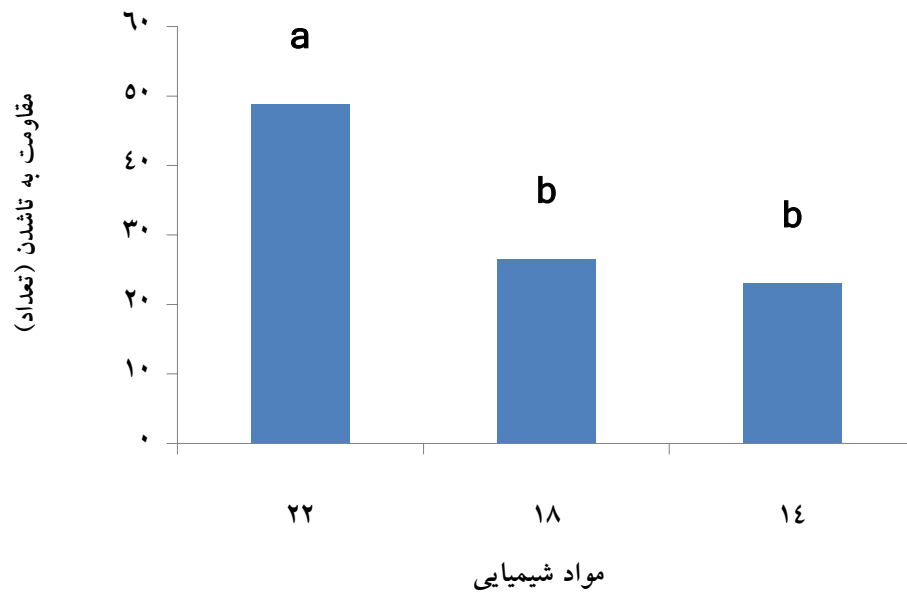
نمودار ۵- اثر تیمار قارچی بر شاخص پاره‌شدن کاغذ (F= ۱۳۶/۵۳۱)



نمودار ۶- اثر مواد شیمیایی بر شاخص پاره‌شدن کاغذ (F= ۲/۷۶۶)



نمودار ۷- اثر تیمار قارچی بر مقاومت به تاشدن کاغذ ($F= ۱۴/۸۰۴$)



نمودار ۸- اثر مواد شیمیایی بر مقاومت به تاشدن کاغذ ($F= ۲۰/۹۲۴$)

جدول ۲- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای اثر مستقل فاکتور تیمار و مواد شیمیایی بر شاخص‌های مقاومتی

کاغذهای دست‌ساز شیمیایی مقاومتی حاصل از چوب ممرز

مقاومت به تاشدن	شاخص پاره‌شدن (mN.m ² /gr)	شاخص ترک‌یدن (Kpa.m ² /gr)	شاخص کشش (N.m/gr)		
۵۱/۰۰ ^a	۶/۵۸ ^a	۲/۸۰ ^a	۰/۵۹ ^a	شاهد	
۳۵/۱۱ ^b	۵/۲۹ ^b	۲/۴۹ ^b	۰/۵۱ ^b	۱ هفته‌ای	تیمار
۲۳/۸۹ ^c	۴/۳۶ ^c	۲/۴۰ ^b	۰/۴۹ ^b	۲ هفته‌ای	
۲۱/۰۶ ^c	۴/۳ ^c	۲/۰۹ ^c	۰/۴۶ ^c	۴ هفته‌ای	
۲۳/۰۰ ^b	۵/۲۸	۲/۳۶ ^a	۰/۴۹ ^b	۱۴	
۲۶/۵۰ ^b	۵/۰۴	۲/۳۵ ^b	۰/۴۹ ^b	۱۸	مواد شیمیایی %
۴۸/۷۹ ^a	۵/۰۸	۲/۶۲ ^b	۰/۵۶ ^a	۲۲	

بحث

اثر پیش تیمار قارچی روی شاخص کشش

مهمترین فاکتورهای موثر بر شاخص کششی کاغذ، مقدار و کیفیت اتصال بین الیاف، مقاومت الیاف و طول الیاف است (Villalba et al., 2006). از بین این فاکتورها، اتصال بین الیاف دارای اهمیت بیشتری است. پالایش خمیرها تاثیر مثبتی روی خواص مقاومتی کاغذهای ساخته شده دارد. از آنجائیکه برای کلیه تیمارها رسیدن به درجه روانی CSF ۳۰۰ مدنظر بوده است، در نتیجه کاغذها از خمیرکاغذهایی ساخته شدند که از دوایر پالایش متفاوت ولی درجه روانی یکسان بودند، مقایسه کاغذهای ساخته شده از خرده‌چوب‌های تیمار داده شده و تیمار داده نشده نشان می‌دهد کاغذهای حاصل از خرده‌چوب‌های تیمار داده شده با دور کمتری پالایش شدند (ابراهیم‌پور کاسمانی ۱۳۸۹). پالایش کمتر خرده‌چوب‌های تیمار داده شده باعث کاهش مقدار و کیفیت اتصالات بین الیاف، کاهش انعطاف‌پذیری، و در نتیجه کمتر فیبریله شدن الیاف می‌شود. بنابراین یکی از دلایل اصلی کاهش شاخص کشش کاغذهای ساخته شده

از خرده‌چوب‌های تیمار داده شده این است که میزان پالایش خمیرهای حاصل از این خرده‌چوب‌ها کمتر بوده است (ابراهیم‌پور کاسمانی ۱۳۸۹). هر چه مدت زمان تیمار قارچی افزایش می‌یابد، میزان پالایش بیشتر کاهش می‌یابد. بالطبع با کاهش پالایش، شاخص کشش نیز بیشتر کاهش می‌یابد.

همچنین افزایش درصد مواد شیمیایی بر شدت واکنش شیمیایی می‌افزاید و پالایش‌پذیری الیاف بهبود می‌یابد. در واقع با افزایش درصد مواد شیمیایی، تیمار شیمیایی شدیدتری صورت می‌گیرد و انحلال لیگنین و واکنش‌پذیری الیاف بیشتر می‌شود. در نتیجه با افزایش تعداد اتصالات بین الیاف، شاخص کششی افزایش می‌یابد.

اختر و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که تیمار خرده‌چوب‌های کاج لابلالی توسط قارچ‌های *Phlebia Hyphoderma setigerum* و *P.sordida brevispor* قبل از خمیرسازی، بترتیب سبب کاهش ۱۲، ۹، ۳۶ و ۱۷ درصدی مقاومت به کشش کاغذ حاصل می‌گردد (Akhtar et al., 1997). ویلایا و همکاران (۲۰۰۶)

گزارش کردند در اثر تیمار ۲ و ۴ هفته‌ای خرده‌چوب‌ها با قارچ مولد پوسیدگی سفید، مقاومت به کشش خمیر تهیه شده از خرده‌چوب تیمار شده بالاتر از خرده‌چوب تیمار نشده بود (Villalba et al., 2006). نتیجه این بررسی مغایر با نظر ویلالبا بوده، در حالی که با نتایج تحقیق اختر مطابقت دارد.

علاوه بر این نتایج تحقیقات گذشته نشان داد، تیمار خرده‌چوب‌ها با قارچ مولد پوسیدگی سفید، همزمان با کاهش لیگنین، سبب کاهش پلی‌ساکاریدهای چوب نیز می‌شود (Erikson and Vallander 1982, Kirk et al., 1990, Setliff et al., 1993). به عنوان مثال ویلالبا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند در تیمار خرده‌چوب‌ها با قارچ *C.subvermispora* عناصر اصلی ساختار همی سلولزها مانند زایلوز، مانوز و گالاکتوز کاهش یافته است و میزان کاهش نیز با افزایش مدت زمان تیمار قارچی بیشتر شده است (Villalba et al., 2006). همی سلولزها دارای تاثیرات مثبتی بر پیوندهای بین فیبری هستند و حفظ آنها باعث بهبود مقاومت الیاف و کیفیت بهتر الیاف می‌گردد. از طرفی کاهش میزان همی سلولزها، مقاومت ذاتی الیاف را کاهش می‌دهد. زیرا مقاومت خود الیاف نیز تاثیر زیادی روی شاخص کششی دارد و کاهش آن باعث کاهش شاخص کشش می‌گردد. در این تحقیق نیز شاخص کشش در کاغذهای حاصل از خرده‌چوب‌های تیمار داده شده به طور معنی داری کاهش یافته است. به نظر می‌رسد در خرده‌چوب‌های تیمار داده شده به همراه لیگنین، مقدار همی سلولزها نیز کاهش یافته است و احتمالاً می‌تواند یکی دیگر از دلایل کاهش شاخص کشش باشد.

اثر پیش تیمار قارچی روی ترکیدن

در بررسی فاکتور مقاومت به ترکیدن دو عامل: (۱) طول فیبر و (۲) اتصالات بین الیاف موثرتر هستند، گرچه با افزایش طول فیبر، مقاومت به ترکیدگی افزایش می‌یابد اما مقاومت به ترکیدن بیشتر به اتصال بین الیاف بستگی دارد. افزایش دور پالایش، مقاومت به ترکیدگی تا حد معینی افزایش می‌دهد. افزایش لیگنین‌زدایی از خمیر و ایجاد اتصالات قویتر در کاغذ نیز مقاومت به ترکیدن را افزایش می‌دهد.

همان طور که گفته شد در این تحقیق خواص مقاومتی کاغذهایی مقایسه شدند که میزان پالایش آنها یکسان نبوده است. در واقع خرده‌چوب‌های تیمار داده شده با دور کمتری پالایش شدند و میزان پالایش آنها کمتر بوده است. پالایش کمتر سبب کاهش مقاومت به ترکیدگی کاغذهای حاصل می‌شود، که علت آن کاهش انعطاف‌پذیری الیاف و کاهش اتصالات هیدروژنی بین الیاف است که موجب کاهش پیوند بین الیاف می‌گردد. کاهش فیبریله شدن نیز تاثیر زیادی در کاهش این مقاومت داشته است. همچنین به دلیل پالایش کمتر در خمیرهای حاصل از خرده‌چوب‌های تیمار شده، واکشیدگی کمتری در الیاف اتفاق می‌افتد و اتصال الیاف به دلیل واکشیدگی، کمتر کاهش می‌یابد. در خرده‌چوب‌های بدون تیمار چون میزان پالایش بیشتر بوده است، اتصالات بین الیاف نیز بیشتر گردیده است. با افزایش اتصالات، شاخص ترکیدن کاغذهای حاصل از آنها نیز بالاتر می‌باشد.

از طرفی در خرده‌چوب‌های تیمار شده طول الیاف در اثر فعالیت قارچ‌ها کم شده است. در نتیجه اتصال بین الیاف نیز کاهش می‌یابد. در واقع در چوب‌های تیمار شده

کوتاه‌تر، اتصالات طولی کمتر و ضعیف‌تری دارند و در اثر پالایش این پدیده مضاعف می‌گردد. الیاف خرده‌چوب‌های تیمار شده نرم‌تر و و به دلیل واکنشیدگی کمتر انعطاف‌پذیری کمتری نیز دارند. این عوامل باعث شده که مقاومت با پارگی کاغذهای تهیه شده از خرده‌چوب‌های تیمار شده کمتر از نمونه شاهد باشد. ولی خمیرهای حاصل از خرده‌چوب‌های تیمار نشده، دارای الیاف بلندتر و سالم‌تر با فیبره‌ها شدن بیشترند. به همین منظور مقاومت بیشتری در مقابل پاره‌شدن و کندن الیاف از خود نشان می‌دهند.

بلندچت و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که تیمار ۴ هفته‌ای خرده‌چوب‌های صنوبر توسط قارچ مولد پوسیدگی سفید قبل از خمیرسازی سبب افزایش مقاومت به پارگی کاغذ حاصل می‌گردد (Blanchette et al., 1990). اختر و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که تیمار خرده‌چوب‌های کاج لابلالی با قارچ *P. chrysosporium* و تیمار با قارچ *C. subvermispora* تأثیری روی مقاومت به پارگی کاغذ ساخته شده ندارد (Akhtar et al., 1997). ویلایا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند در اثر تیمار ۲ و ۴ هفته‌ای خرده‌چوب‌ها با قارچ مولد پوسیدگی سفید، مقاومت به پارگی خمیر تهیه شده از خرده‌چوب تیمار شده بالاتر از خرده‌چوب تیمار نشده بود (Villalba et al., 2006). نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق سایر محققین مغایرت دارد. یکی دیگر از دلایل کاهش مقاومت پاره‌شدن کاغذها در تیمار قارچی را می‌توان به کندانس شدن لیگنین بر روی الیاف دانست. عبارتی استفاده از درصد مواد شیمیایی بالاتر نه تنها مفید نبوده بلکه باعث کاهش کیفیت خمیر کاغذ نیز می‌گردد.

بدلیل تضعیف پیوندهای بین الیاف مقاومت به ترکیدگی کاهش می‌یابد (ابراهیم‌پور کاسمانی ۱۳۸۹). نتایج نشان می‌دهد که استفاده از درصد مواد شیمیایی بالاتر سبب افزایش شاخص ترکیدن کاغذها شده است (ابراهیم‌پور کاسمانی ۱۳۸۹). اختر و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که تیمار خرده‌چوب‌های کاج لابلالی توسط قارچ‌های *Phlebia brevispor*، *P. sordida* و *Phlebia tremellosa* قبل از خمیرسازی، بترتیب سبب کاهش ۴، ۲۹ و ۱۸ درصدی مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل می‌گردد (Akhtar et al., 1997). هرناندز و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند پیش‌تیمار دو هفته‌ای توسط قارچ *Streptomyces cyaneus* بر روی خرده‌چوب‌های نوئل برای خمیرسازی، سبب افزایش مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل می‌شود (Hernandez et al., 2005). نتیجه این بررسی مطابق نظر اختر و همکاران بود، در حالیکه با نتایج تحقیق هرناندز و همکاران مغایرت دارد.

اثر پیش تیمار قارچی روی پارگی

مهمترین خصوصیت موثر بر شاخص پاره‌شدن، طول فیبر است. با کاهش طول فیبر مقاومت به پارگی کاهش می‌یابد، زیرا افزایش طول فیبر به مفهوم صرف نیروی بیشتر برای کندن الیاف است. اندازه‌گیری طول الیاف خرده‌چوب‌های بدون تیمار و تیمار داده شده نشان می‌دهد تیمار قارچی خرده‌چوب‌ها، باعث کاهش طول الیاف آنها شده است و میزان کاهش طول الیاف با افزایش مدت زمان تیمار قارچی بیشتر شده است (ابراهیم‌پور کاسمانی ۱۳۸۹). خرده‌چوب‌های تیمار شده بخصوص تیمارهای دو و چهار هفته‌ای، به دلیل داشتن طول الیاف

اثر پیش تیمار قارچی روی تاشدن

یکی از پیچیده‌ترین خواص مکانیکی کاغذ، مقاومت به تاشدن می‌باشد. دو عامل (۱) میزان پالایش (۲) طول الیاف در افزایش این مقاومت تأثیر زیادی دارند. اگر در خمیر کاغذ میزان الیاف بلند بیشتر باشد، مقاومت به تاشدن کاغذ حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. همانطور که گفته شد در خرده‌چوب‌های تیمار داده شده از طول الیاف کاسته شده است و تعداد الیاف کوتاه‌تر بیشتر می‌باشد (ابراهیم‌پور کاسمانی ۱۳۸۹). در نتیجه با کوتاه‌تر شدن الیاف، میزان مقاومت به تاشدن کاغذهای حاصل از آنها نیز کاهش یافته است. هر چه مدت زمان تیمار قارچی بیشتر می‌گردد، به سبب کوتاه‌تر شدن بیشتر الیاف، مقاومت به تاشدن کاغذهای حاصل از آنها افت بیشتری خواهد داشت.

پالایش بیشتر به دلیل انعطاف‌پذیرتر کردن الیاف، باعث افزایش این مقاومت می‌گردد. بنابراین خمیر حاصل از خرده‌چوب‌های بدون تیمار به دلیل پالایش بیشتر، مقاومت به تاشدن بالاتری دارد. خرده‌چوب‌های تیمار داده شده نسبت به نمونه شاهد کمتر پالایش شدند. در کاغذهای حاصل از خرده‌چوب‌های تیمار داده شده، به دلیل پالایش کمتر، فیبریلایسیون و انعطاف‌پذیری الیاف کمتر می‌شود در نتیجه اتصالات بین فیبری کاهش می‌یابد و این امر باعث می‌گردد با افزایش مدت زمان تیمار قارچی کاهش مقاومت به تاشدن کاغذهای حاصله، بیشتر گردد.

اسکات و اسوانی (۱۹۹۸) نشان دادند که تیمار خرده‌چوب‌ها با قارچ سبب بهبود مقاومت به تاشدن کاغذ می‌شود (Scott and Swaney 1998). هرناندز و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند پیش تیمار دو هفته‌ای توسط قارچ

Streptomyces cyaneus بر روی خرده‌چوب‌های نوئل برای خمیرسازی مکانیکی، سبب افزایش مقاومت به تاشدن کاغذ حاصل می‌شود (Hernandez et al., 2005). نتایج این تحقیق نیز با نتایج تحقیق سایر محققین مغایرت دارد.

در پایان خاطر نشان می‌شود همان طور که در ابتدای قسمت بحث ارائه شد، یکی از اهداف این تحقیق پالایش خمیر کاغذ جهت رسیدن به درجه‌روانی ثابت برای کلیه خمیر کاغذها بوده است، لذا در تمام موارد در اثر تیمار قارچی با کاهش مقاومت‌ها مواجه بوده‌ایم که با فرض تغییر شدت پالایش برای هر خمیر احتمال اینکه مقاومت کاغذ حاصل از تیمارهای قارچی افزایش یابد بیشتر خواهد بود.

منابع مورد استفاده

- ابراهیم‌پور کاسمانی، ج (۱۳۸۹). تأثیر فرآیند بایوپالپینگ بر تولید خمیر شیمیایی - مکانیکی (CMP) از چوب ممرز، رساله دکتری به راهنمایی دکتر محمد طلایی‌پور و دکتر امیر هومن حمصی. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.
- Akhtar, M., lentz, m.j., Blanchette, R.A., and kirk, T.k. (1997). "Corn steep liquor lowers the amount of inoculum for biopulping," TAPPI J. 80(6), 161- 165.
- Akhtar, M., Swaney, E.S., (1999) "BIOMECHANICAL PULPING: A MILL-SCALE EVALUATION" International Mechanical Pulping Conference TAPPI Proceedings.
- Blanchette, R.A., Leatham, G.F., Myers, G.C., Wegner, T.H., (1990) Biomechanical Pulping of Aspen chips: paper strength and optical Properties Resulting from Different Fungal Treatment, USDA Forest Service, Forest Products, Laboratory, Madison. Wis. 53705-2398.
- Blanchette, A.R., Behrendt, C.D., (1998). "A NEW APPROACH TO BIOPULPING: TREATING LOGS WITH PHLEBIOPSIS GIGANTEA" 7th International Conference on Biotechnology in the pulp and paper industry. June, 16-19, 1998.

- Scott, G. G.M., Swaney. R., (1998). "New technology for papermaking: biopulping economics" TAPPI Journal Vol 81: No. 12.
- Setliff, E.C., Marton, R., Granzow, S.G., and Erikson, K.L. (1990). "Biological modification of wood chips and mechanical pulps".Tappi J. Vol 73, pag 141-144.
- Villalba, L.L., Scott, G.M., Schroeder, L.R., (2006), "Modification of Loblolly Pine Chips with *Ceriporiopsis subvermispora* Part 2 : Kraft Pulping of Treated Chips" Journal of wood chemistry and technology Volume 26, Issue 4_December 2006 , pages 349 – 362
- Wolfaardt, F., Taljaard, J.L., Jacobs, A., (2004) "Assessment of wood-inhabiting Basidiomycetes for biokraft pulping of softwood chips" Bioresource Technology Volume 95, Issue 1, October 2004, Pages 25-30
- Erikson, K.L., and Vallander, L. (1982). "Properties of pulps from thermomechanical of chips pretreated with fungi". Svensk Papperstid. Vol 85. No 6. Page R33.
- Hernandez, M., Hernández-Coronado, M.J., Isabel Perez, M., (2005) "Biomechanical pulping of spruce wood chips with *Streptomyces cyaneus* CECT 3335 and hand sheet characterization" HOLZAZ Volume: 59 Issue: 2February 2005Page(s): 173-177
- Kirk, T.K., Koning, J.W., Burgess, R., Akhtar, M., Blanchette, R., Cameron, D.C., Cullen, D., Kerstin, P., Light foot, E.N., Mayers, G., Sykes, M.B., and Wall, M.B., 1993. "Biopulping A Glimpse of the Future?" Madison: Wisconsin. Rep. FPI- RR- 523.
- Lawson, L.R. and Still, C.N. (1957). "The biological decomposition of lignin-literature survey."Tappi J. 85, 56A.

Effects of fungal treatments on chemi-mechanical pulp and paper properties from hornbeam wood

Ebrahimpour Kasmani, J.^{1*}; Talaeipour, M.²; Hemmasi, A.H.³ and Samariha, A.⁴

1*- Corresponding author, Assistant Professor, Wood & Paper Industrial Engineering Dept., Scientific member of Islamic Azad University, Savadkooh Branch, Young Researchers Club, Savadkooh. Email: Jafar_Kasmani@yahoo.com

2-Assistant Professor. Wood & Paper Industrial Engineering Dept., Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3-Associate Professor, Wood and Paper Industries Engineering Dept, Science and Research Branch (IAU), Tehran, Iran.

4-PhD Student and Member of Young Researchers Club of Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: Oct., 2010

Accepted: Jan., 2012

Abstract

The strength properties of paper produced from pulp obtained after 1, 2 and 4 weeks treatment of hornbeam chips with the *Phanerochaete chrysosporium BKM - 1767* fungus was evaluated and compared with control samples. After preparing fungal specimens, hornbeam chips were exposed to this fungus for one of the three periods of 1, 2 and 4 weeks at 39°C temperature and 65% relative humidity. Then CMP pulp was prepared using treated chips, chemical treatment temperature of 165°C, for either 80 or 90 minutes and sodium sulfite charge of 14, 18 and 22% (based on oven dry weight of the wood). The liquor to chips was constant at 7 to 1. The results showed that the CMP pulping yield from treated chips was lower than control sample and the reduction after treatments for 1, 2 and 4 weeks was almost 1.64, 2.84, 6.20 percent respectively. Also the strength indices of paper such as tensile strength, burst strength, tear strength and folding endurance paper prepared from treated chips were lower than control chips.

Keywords: fungus *Phanerochaete chrysosporium BKM - 1767*, hornbeam, Yield, Mechanical properties.