Archive of SID

فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۶، شمارهٔ ۱، صفحهٔ ۱۷۲-۱۶۱، (۱۳۹۰)

تأثیر تیمار آنزیمی در محیط خنثی بر ویژگیهای مقاومتی خمیرکاغذ جوهرزدایی شده کاغذ روزنامه باطله

نادر مایلی[1*] ، محمد طلایی پور[2] ، حبیب ا... خادمی اسلام[3] و بهزاد بازیار[2]

۱*- مسئول مکاتبات، کارشناس ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، پست الکترونیک: nader.mayelie@Gmail.com :

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۳- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۹

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تیمار آنزیمی بر خصوصیات مقاومتی خمیرکاغذ جوهرزدایی شده از کاغذ روزنامه بازیافتی انجام گرفت. به این منظور پس از تهیه نمونه ها، عملیات خمیرسازی در درصد خشکی ٤٪، به مدت ۵/۲ دقیقه، در pH خنثی، تحت تأثیر دو تیمار آنزیمی سلولاز و ترکیب سلولاز / لیپاز و در دو دمای ۲۰ و۵۰ درجه سانتی گراد انجام گرفت. بعد از انجام عملیات خمیرسازی به منظور تاثیر تیمار آنزیمی، خمیرکاغذها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد نگهداشته شدند. برای اعمال دمای ۵۰ درجه سانتیگراد از حمام آب داغ استفاده گردید. پس از تهیه خمیرکاغذها، مرحله جوهرزدایی به روش شستشو و بر روی الک با مش ۱۲۰ انجام شد. در ادامه، اثر تیمار آنزیمی بر ویژگیهای مقاومتی کاغذهای دست ساز ساخته شده مورد بررسی و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه گیریها نشان داد که تیمار آنزیمی سبب افزایش کلیه ویژگیهای مقاومتی کاغذ شده است. همچنین خمیرکاغذهای تیمار شده با ترکیب سلولاز / لیپاز مقاومتهای بالاتری نسبت به خمیرکاغذهای تیمار شده با سلولاز تنها نشان دادند. برای نمونه شاهد مقاومت به ترکیدن، مقاومت به پاره شدن، مقاومت به کشش، طول پاره شدن و شقی کششی به ترتیب ٤٣/١ $KP.m^2/g$، ٣٣/٥ $mN.m^2/g$، ٦٤/٤٨Nm/g، ٩٤/٤km و ٤٦/٤٧٦ kN/m اندازه گیری شد. در حالیکه بیشترین مقادیر برای نمونهکاغذهای تیمار شده به ترتیب ٩٢/١ $KP.m^2/g$، ٩٦/٥ $mN.m^2/g$، Nm/g ٢٩/٦٣، ٤٥/٦km و ٣١/٥٨٤ kN/m بدست آمد. همچنین نتایج درجه روانی خمیر کاغذ نشان داد که با افزایش دما درجه روانی خمیر کاهش می یابد. این تحقیق نشان داد که با توجه به محدودیت منابع چوبی در کشور از یک سو و پایین بودن سطح تکنولوژی بازیافت در کشور از سوی دیگر، میتوان از تیمار آنزیمی به عنوان یک فرآیند جایگزین فرآیندهای شیمیایی مخرب محیط زیست در صنایع بازیافت کاغذ استفاده کرد.

واژه های کلیدی: تیمار آنزیمی، سلولاز، لیپاز، کاغذ روزنامه، مقاومت کششی، مقاومت به پارگی.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

تاکنون بزرگترین مشکل در بازیافت کاغذهای باطله، ایجاد روشی پاک و کم هزینه، برای تفکیک مواد شیمیایی و جوهر ناشی از عبور کاغذ از میان چاپگرها و دستگاههای کپی از روی کاغذ بوده است. شیوه‌های رایج جوهرزدایی بسیار پر هزینه بوده و نیاز به مقادیر زیادی مواد شیمیایی دارد که باعث افزایش آلودگی محیط زیست خواهد شد (Heise و همکاران ۱۹۹۷). از این رو کارخانه های بازیافت کاغذهای باطله به روشهای دوست دار محیط زیست و کم هزینه تر روی آورده اند. اخیرا محققان برای حل این مشکل موفق به ارائه شیوه ای جدید برای پاکسازی کاغذهای مورد بازیافتی به کمک عوامل زیستی شدند (Sykes و همکاران ۱۹۹٦، Pala و همکاران ۲۰۰٤). این شیوه که در آن از آنزیمهای طبیعی استفاده می شود، به دلیل کارایی بالا و آلودگی کم مورد توجه محققان قرار گرفته است. نتیجه استفاده از آنزیمها در جوهرزدایی برابر با استفاده از مواد شیمیایی بوده و حتی می تواند باعث بهبود روند پاکسازی بدون وارد آمدن صدمات فیزیکی به کاغذ شود (مایلی و طلایی پور ۱۳۸۹، Pèlach و همکاران ۲۰۰۳). به گفته محققان آنزیم میتواند جایگزین مناسبی برای مواد شیمیایی رایج مورداستفاده در این صنعت باشد. آنزیمها مواد شیمیایی پیچیده ای هستند که اخیرا افزودن آن ها به سیستم جوهرزدایی، موضوع مقاله های علمی بوده است (Pala و همکاران ۲۰۰۵، Jeffreis و همکاران ۲۰۰۲). این آنزیمها قادر به اصلاح سلولز بوده و کاربردهای فنی بسیار گسترده‌ای در فرآیندهای ویژه‌ای مانند جوهرزدایی در صنعت کاغذ پیدا نموده‌اند. با استفاده از آنزیم‌ها، انجام اصلاحات سطحی ویژه روی فیبرها، به منظور فعال نمودن و تغییر خواص آنها امکان‌پذیر شده است (Pala و همکاران ۲۰۰٦). تحقیقات نشان داده اند که آنزیمها باعث افزایش مقاومت کاغذ ساخته شده از الیاف بازیافتی شده و آبگیری را بهبود می بخشند (Rutledge-Cropsey و همکاران ۱۹۹٤). بنابراین اگر جوهرزدایی آنزیمی به یک فناوری جهانی تبدیل شود، می تواند منجر به تغییرات اساسی در عملکرد کارخانه های جوهرزدایی گردد. در راستای موضوع و اهداف این تحقیق، مطالعاتی انجام شده که هر یک به مسائلی در مورد جوهرزدایی آنزیمی و اثر آن بر خواص مقاومتی کاغذهای ساخته شده پرداخته اند.

Heise و همکاران (۱۹۹۷) افزایش میزان جوهرزدایی تونرهای کاغذهای پرینت و برخی خواص مکانیکی را توسط تیمار آنزیمی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دادند که اثر تیمار آنزیمی بر روی خواص مکانیکی معنی دار است و میزان مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پارگی نمونهٔ تیمار شده با آنزیم نسبت به نمونه شاهد بیشتر بوده است.

Menghua و همکاران (۲۰۰۰) تأثیر انواع مختلف سلولازها که دارای آندوگلوکانازها و سلوبیو هیدرولازهای فعال بودند را در جوهرزدایی آنزیمی کاغذ روزنامه باطله مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که آندوگلوکانازها از سلولازهای ضروری برای جوهرزدایی ONP هستند. (هرچند که روشنی و توانایی آبگیری خمیرهای جوهرزدایی شده وابسته به همیاری بین آندوگلوکاناز و سلوبیوهیدرولاز می باشد). در مقایسه با خمیرهای جوهرزدایی شده شیمیایی، خمیرهای جوهرزدایی شده آنزیمی روشنی بالاتر، مقاومت کششی و مقاومت به پارگی مشابهی دارند.

www.SID.ir

Archive of SID

Jeffreis و همکـاران (۲۰۰۲) طـی تحقیقـی بـا عنـوان حذف تونرهای جوهر از کاغـذهای باطلـه اداری بوسـیله آنزیم سلولاز، به بررسی خصوصیات مکانیکی کاغذ هـای ساخته شده پرداختند. هدف آنهـا در ایـن تحقیـق، نحـوه تأثیر آنزیم بـر ویژگیهـای مقـاومتی کاغـذها بـود. آن هـا متوجه شدند که تیمـار آنزیمـی باعـث افـزایش مقاومـت کششی، مقاومت به پارگی و مقاومت به ترکیـدن کاغـذها نسبت به نمونه شاهد می شود.

pala و همکاران (۲۰۰۶) جوهرزدایی از مخلوط کاغـذ باطله اداری را تحت فرایندهای آنزیمی مورد مطالعه قـرار دادند تا میزان اثر آنزیم را بر خواص مکـانیکی کاغـذهای ساخته شده مورد بررسی قرار دهند. نتایج نشان دادند کـه افزودن آنزیم سلولاز، سبب افزایش مقاومـت بـه پـارگی، مقاومت به کشش و میزان مقاومت به ترکیـدن کاغـذهای سـاخته شـده مـی شـود. همچنـین عنـوان کردنـد کـه خمیرکاغذهای تیمار شده با آنزیم و جوهرزدایی شـده بـه روش شستشـو، مقاومتهـای بـالاتری نسـبت بـه همـان خمیرکاغذها و جـوهرزدایی شـده بـه روش شناورسـازی دارند.

Mohandass و Raghkumar (۲۰۰۶) طی تحقیقی در مورد جوهرزدایی کاغذ چاپ لیزری با روش فناوری زیسـتی و با استفاده از آنزیم ها عنوان کردنـد کـه، مقایسـه خـواص فیزیکـی و مقـاومتی خمیرهـای تیمـار شـده بـا آنـزیم و خمیرهای شاهد، نشان داد که تیمار آنزیمی سبب بهبود در خواص مقاومتی خمیر کاغذ شده است. شاخص مقاومـت به کشش، ترکیدن و پارگی برای خمیر شـاهد بـه ترتیـب ۶/۸۴ N.m/g، ۰/۲۴ kPam^2/g و ۶/۳۷ mN.m^2/g و بـــــرای خمیر تیمار شده با آنزیم به ترتیـب ۱۰/۹۰، ۰/۴۵ و ۳/۴۶ بدست آمد. نتایج این تحقیق نشـان داد کـه در خمیرهـای تیمار شده با آنزیم شاخص مقاومت به کشش و مقاوت به ترکیدن افزایش و شاخص مقاومت به پارگی کاهش یافتـه است. همچنین، نرخ آبگیـری بـرای خمیرشـاهد و خمیـر تیمار شده به ترتیب ۲۰ و ۱۶ SR بدست آمد، کـه کـاهش در مقدار SR نشان از بهبود آبگیری خمیر دارد. بـه نحـوی که کاهش میزان آبگیری در خمیرهای تیمار شده با آنزیم، باعث سرعت بیشتر در ماشـین کاغـذ و در نتیجـه صـرفه جویی در انرژی و هزینه می شود.

اگرچه در مورد جوهرزدایی متداول تحقیقـات زیـادی انجـام شـده اسـت، ولـی در مـورد جـوهرزدایی آنزیمـی تحقیقـات کـافی موجـود نیسـت. در تحقیقـات قبلـی جوهرزدایی آنزیمی، بیشتر خـواص نـوری مـورد بررسـی قرار گرفته و خواص مکانیکی کمتر مورد توجه بوده است (Jeffreis و همکـاران ۲۰۰۲). در ایـن تحقیـق سـعی شـده نقش تیمارهای آنزیمی به صورت جدا و در ترکیب بـاهم و نیز اثر دما بر تیمـار آنزیمـی و بـر ویژگیهـای مقـاومتی کاغذهای ساخته شده مورد بررسی قـرار گیـرد. همچنـین تأثیر آنزیمها بر میزان درجه روانی خمیرهای جـوهرزدایی شده و رابطه آن با ویژگیهای مقاومتی مورد بررسـی قـرار گرفت.

مواد و روشها

نمونه‌گیری

نمونه‌ها از کاغذهای باطله روزنامه ایـران و همشـهری (هر کدام ۵۰٪) به ابعاد تقریبی ۲×۲ cm تهیه شـد. بعـد از قرارگیـری در شـرایط آزمایشـگاه و رسـیدن بـه رطوبـت تعادل، میزان رطوبـت نمونـه هـا تعیـین شـد و عملیـات خمیرســازی در درصــد خشــکی ٤٪ و در خمیرســاز آزمایشگاهی به مدت ۵/۲ دقیقه با دور آهسته و تحت اثـر

www.SID.ir

Archive of SID

دو تیمار آنزیمی سلولاز و ترکیب سلولاز / لیپاز انجام پذیرفت (میزان مصرف سلولاز و لیپاز، هرکدام ۰٫۱٪ و بر اساس وزن خشک خمیرکاغذ با ترازوی دقیق (۰۰۱/۰) محاسبه شد.) بعد از انجام عملیات خمیرسازی به منظور تاثیر تیمار آنزیمی، خمیرکاغذها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد نگهداشته شدند. برای اعمال دمای ۵۰ درجه سانتیگراد از حمام آب گرم استفاده گردید. جوهرزدایی نمونه ها به روش شستشو با آب شهری بر روی الک با مش ۱۲۰ و به مدت ۲ دقیقه انجام شد. (pH خمیرها به طور تقریبی ۸۹/۷ اندازه گیری شد). بعد از تعیین درجه روانی خمیرکاغذها (CSF)، کاغذ دست ساز ساخته شد.

تیمارها بشرح زیر است:

تیمار با آنزیم سلولاز در دمای ۲۰ درجه (٦ تکرار)

تیمار با آنزیم سلولاز در دمای ۵۰ درجه (٦ تکرار)

تیمار با آنزیم سلولاز و لیپاز در دمای ۲۰ درجه (٦ تکرار)

تیمار با آنزیم سلولاز و لیپاز در دمای ۵۰ درجه (٦ تکرار)

ساخت کاغذ دست ساز

برای ساخت کاغذهای دست ساز با وزن پایه تقریبی ۷۰ گرم بر متر مربع از استاندارد (TAPPI) T 205 om-88 و دستگاه *LabTech Semi Automatic Sheet Machine* استفاده شد. پس از تهیه کاغذهای دست ساز و تعیین وزن پایه کاغذهای دست ساز ساخته شده، ویژگیهای مقاومتی کاغذهای دست ساز مورد اندازه گیری قرار گرفت. در زیر استانداردهای مورد استفاده آورده شده است.

جدول ۱- استاندارد های اندازه گیری ویژگیهای مکانیکی کاغذهای دست ساز

مقاومت در برابر پاره شدن	TAPPI, T ٤١٤ om – ٨٨
مقاومت در برابر ترکیدن	TAPPI, T ٤٠٣ om – ٩١
طول پاره شدن	TAPPI, T ٤٩٨ om – ٨٨
مقاوت به کشش	TAPPI, T ٤٩٤ om – ٨٨
شقی کششی (سفتی)	TAPPI, T ٤٩٤ om – ٨٩

تجزیه و تحلیل آماری نتایج بدست آمده، شامل تیمارها و تکرارهای مربوطه و مقایسه آنها با نمونه شاهد (نمونه خمیری که هیچ گونه تیماری بر روی آن انجام نشده است) با استفاده از تجزیه واریانس و طرح کاملا تصادفی انجام شد. همچنین مقایسه میانگین ها در سطح - معنی داری ۵٪ به روش دانکن صورت گرفت. (برای هر تیمار ٦ تکرار در نظر گرفته شد و در مجموع ٢٤ عدد کاغذ دست ساز ساخته شد).

نتایج

نتایج مربوط به ویژگیهای خمیرکاغذهای تهیه شده با جوهرزدایی آنزیمی و نمونه خمیر شاهد در

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ ارائه شده است. این نتایج نشان داد که خواص مکانیکی خمیرهای تیمار شده با آنزیم نسبت به نمونه شاهد افزایش داشته است. همچنین بالاترین مقدار مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن، مقاومت به پاره شدن، طول پارگی و شقی کاغذ مربوط به تیمار آنزیمی با ترکیب سلولاز و لیپاز در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد می باشد.

جدول ۲- تأثیر تیمار آنزیمی و دما بر ویژگیهای فیزیکی و مقاومتی خمیر و کاغذ روزنامه باطله

تیمار	pH	درجه روانی (ml)	مقاومت به کشش ($N.m/gr$)	مقاومت به ترکیدن ($kPa.m^2/gr$)	مقاومت به پارگی ($mN.m^2/gr$)	طول پارگی (km)	شقی (kN/m)
شاهد	۸۸/۷	۲۹۱	۳۸/۴۹	۳۸/۱	۱۸/۵	۰۱/۵	۴۸/۴۷۸
سلولاز در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد	۸۰/۷	۳۲۴	۶۹/۵۸	۶۸/۱	۶۱/۵	۹۸/۵	۰۶/۵۶۸
سلولاز در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد	۹۷/۷	۲۶۰	۰۹/۵۹	۷۵/۱	۹۱/۵	۰۲/۶	۶۳/۵۰۶
سلولاز و لیپاز در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد	۷۶/۷	۲۹۴	۵۳/۶۳	۹۰/۱	۹۰/۵	۴۷/۶	۴۱/۵۸۵
سلولاز و لیپاز در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد	۹۳/۷	۲۵۸	۱۱/۶۲	۷۱/۱	۸۶/۵	۳۳/۶	۳۱/۵۴۷

* برای بیان مقاومتها از شاخص آنها استفاده شده است.

اطلاعات مربوط به تجزیه و تحلیل آماری نتایج (جدول ۳) نشان می دهد به غیر از درجه روانی، تغییرات خواص مکانیکی خمیر کاغذهای ساخته شده از خمیر شاهد و آنزیمی معنی دار است.

- درجه روانی

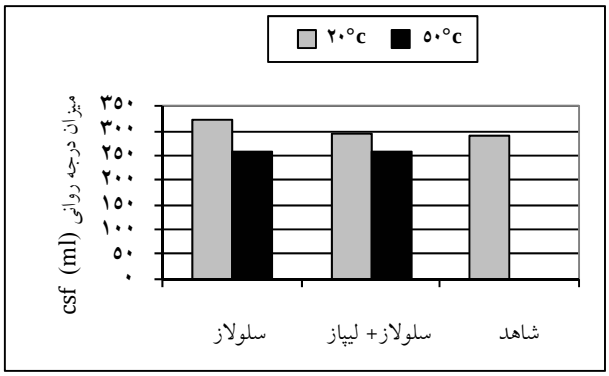
در بررسی میزان درجه روانی خمیر کاغذها با توجه به شکل۱ مشاهده شد که میزان تغییرات درجه روانی خمیر کاغذهایی که تحت تاثیر تیمار آنزیمی قرار داشتند نسبت به نمونه شاهد یکسان نیست. درجه روانی خمیرهایی که تحت تاثیر تیمار آنزیمی و در دمای ۵۰ درجه قرار داشتند نسبت به نمونه شاهد کاهش یافت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ – تجزیه واریانس ویژگیهای مقاومتی خمیر کاغذ

منبع تغییرات		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	سطح معنی دار
شقی کششی	بین گروهی	۲٤۲۱۸/٦۰۳	۲	۳۰۲۱۲۱۰۹	٤٦/۲۸٦	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۳۹۲٤/۲٦۲	۱۵	۲٦۱/٦۱۷		
	کل	۲۸۱٤۲/۸٦۵	۱۷			
طول پارگی	بین گروهی	۳/۹۲۳	۲	۱/۹٦۱	۳۰/۹۰۵	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۰/۹۵۲	۱۵	۰/۰٦۳		
	کل	٤/۸۷۵	۱۷			
مقاومت به کشش	بین گروهی	٤۱۸/۸٤۸	۲	۲۰۹/٤۲٤	۳۰/۸۸۳	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۷٦/۸۳۷	۱۵	۵/۱۲۲		
	کل	٤۹۵/٦۸۵	۱۷			
مقاومت به ترکیدن	بین گروهی	۳۸۱۱/۳٦۱	۲	۱۹۰۵/٦۸۱	۲۳/۷۸۳	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۱۱۵۳/۳۷۵	۱۵	۷٦/۸۹۲		
	کل	٤۹٦٤/۷۳٦	۱۷			
مقاومت به پارگی	بین گروهی	۷۲۸۱/۷۵۰	۲	۳٦٤۰/۸۷۵	۲۵/۷٦۹	۰/۰۰۰
	درون گروهی	۲۱۱۹/۳۷۵	۱۵	۱٤۱/۲۹۲		
	کل	۹٤۰۱/۱۲۵	۱۷			
درجه روانی	بین گروهی	۱۳۷٤/۳۳۳	۲	٦۸۷/۱٦۷	۱/۲۷۳	۰/۳۹۸
	درون گروهی	۱٦۱۸/۵۰۰	۳	۵۳۹/۵۰۰		
	کل	۲۹۹۲/۸۳۳	۵			



شکل ۱- تأثیر تیمار آنزیمی و دما بر میزان درجه روانی خمیر کاغذ

www.SID.ir

Archive of SID

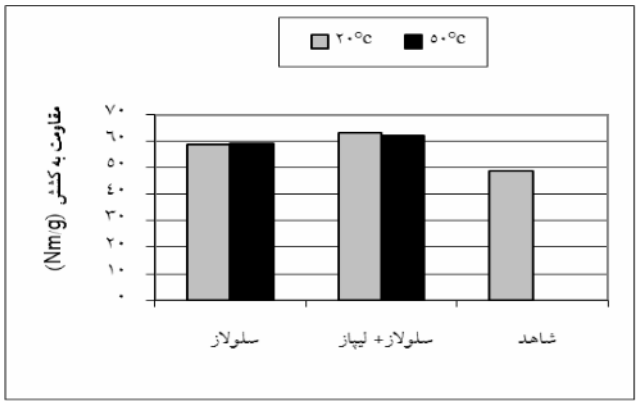
همچنین بالاترین مقدار درجه روانی در تیمار با آنزیم سلولاز و در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد مشاهده شد. از دلایل این کاهش می توان به افزایش تعداد نرمه ها و ذرات فاین موجود در خمیر کاغذ اشاره کرد که سبب کاهش درجه روانی خمیرکاغذهای تیمار شده در دمای ۵۰ درجه شده است.

- مقاومت در برابر کشش

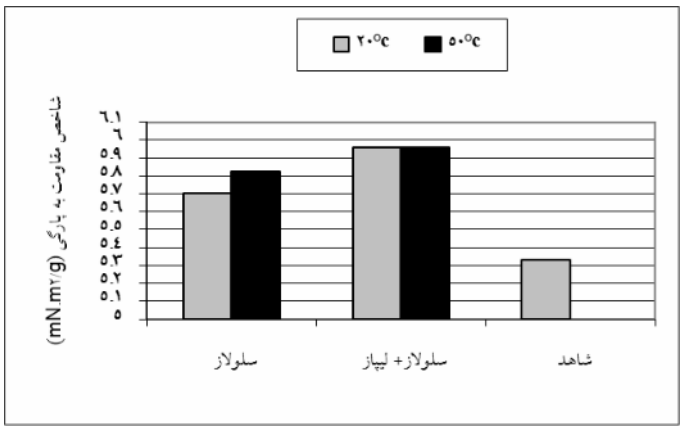
در بررسی مقاومت کششی از شاخص مقاومت کششی استفاده شد. با توجه به شکل ۲ مشاهده شد که شاخص مقاومت کششی نمونه خمیرهای تیمار شده با آنزیم افزایش می یابد. ضمن اینکه در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و تحت تأثیر تیمار آنزیمی در ترکیب سلولاز و لیپاز، بالاترین میزان شاخص مقاومت به کشش مشاهده شد.

- مقاومت در برابر پاره شدن

برای بررسی مقاومت به پارگی از شاخص مقاومت به پاره شدن استفاده شد. با توجه به شکل ۳ مشاهده میشود که شاخص مقاومت پارگی خمیرهای تیمار شده نسبت به خمیر شاهد افزایش نشان میدهد که با آزمایش های Heise و همکاران در سال ۱۹۹۶ همخوانی دارد.



شکل ۲- تأثیر دما و تیمار آنزیمی بر مقاومت کششی کاغذ



شکل ۳- تأثیر دما و تیمار آنزیمی بر مقاومت به پارگی کاغذ

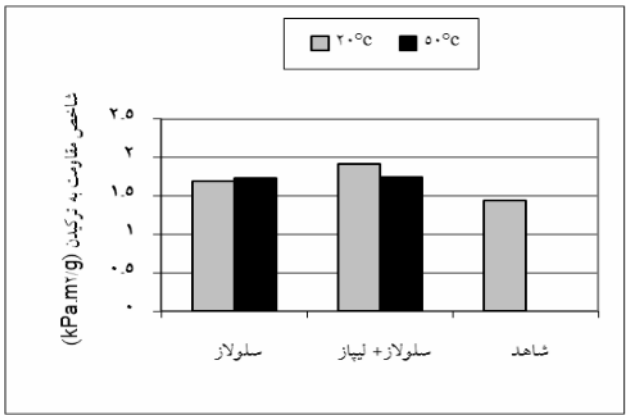
www.SID.ir

Archive of SID

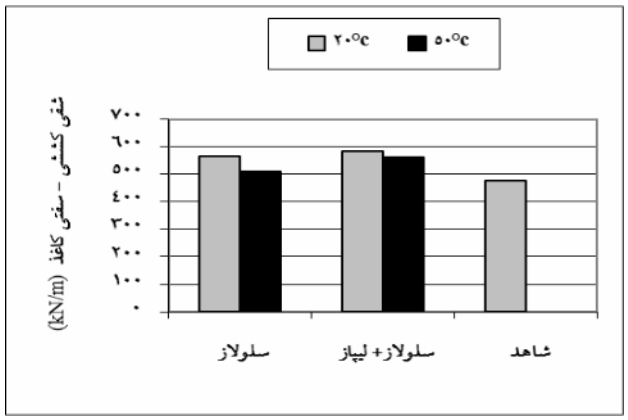
به نظر می رسد افزایش مقاومت به پارگی کاغذهای دست ساز حاصل از نمونه خمیرهای تیمار شده (در هر دو تیمار آنزیمی)، به دلیل حفظ و یا بهبود اتصالات بین فیبری باشد. همچنین در تیمار آنزیمی سلولاز در ترکیب با لیپاز و در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد، بیشترین مقدار مقاومت به پارگی مشاهده شد.

- مقاومت به ترکیدن

برای مطالعه روند تغییرات مقاومت به ترکیدن از شاخص مقاومت به ترکیدن استفاده شد. با توجه به شکل ٤ مشاهده شد که تیمار آنزیمی سبب بهبود مقاومت به ترکیدن خمیر نسبت به نمونه شاهد شده است که آزمایش های Rutledge-Cropsey و همکاران در سال ۱۹۹۸ آن را تایید می کند. همان طوری که در نمودار ملاحظه می شود تغییرات دمایی تاثیر محسوسی بر روی تغییرات مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست ساز دارد. به طوریکه افزایش دما در نمونه خمیر های تیمار شده با ترکیب سلولاز / لیپاز، سبب کاهش مقاومت به ترکیدن در کاغذهای دست ساز می شود. همچنین بالاترین مقدار مقاومت به ترکیدن در دمای ۲۰ و ۵۰ درجه مربوط به خمیر تیمار شده با آنزیم سلولاز و لیپاز مشاهده شد.



شکل ٤- تأثیر دما و تیمار آنزیمی بر مقاومت به ترکیدن کاغذ



شکل ٥- تأثیر دما و تیمار آنزیمی بر شقی کششی کاغذ

www.SID.ir

Archive of SID

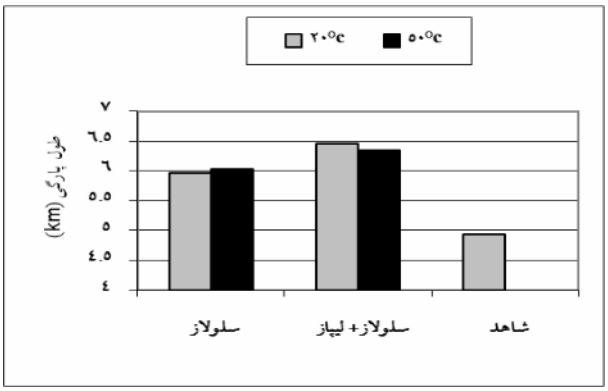
- شقی (سفتی) کاغذ

با مشاهده شکل ۵ مشخص شد که کاغذهای تولید شده از خمیرهای حاصل از آنزیمی شقی کششی بالاتری نسبت به نمونه شاهد دارند. خمیرهای تیمار شده با آنزیم سلولاز در دودمای ۲۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد، شقی کششی بیشتری نسبت به تیمار آنزیمی سلولاز به همراه لیپاز نشان دادند.

همچنین بالاترین مقدار شقی کششی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و در کاغذهای دست ساز ساخته شده از نمونه خمیرهای تیمار شده با ترکیب سلولاز / لیپاز مشاهده شد.

- طول پاره شدن کاغذ

با بررسی شکل ٦ مشاهده شد که کاغذهای ساخته شده از خمیرهای حاصل از تیمار آنزیمی طول پارگی بیشتری نسبت به نمونه شاهد دارند. خمیرهای تیمار شده با آنزیم سلولاز و لیپاز در دو دمای ۲۰ و ۵۰ درجه سانتیگراد، طول پارگی بالاتری نسبت به تیمار آنزیمی با سلولاز نشان دادند که با آزمایش های Mohandass, C و همکاران در سال ۲۰۰٦ همخوانی دارد.



شکل٦- تأثیر دما و تیمار آنزیمی بر طول پاره شدن کاغذ

بالاترین مقدار طول پارگی در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد و در نمونه خمیر های تیمار شده با ترکیب سلولاز / لیپاز مشاهده می شود.

بحث

با استناد به تحقیقات انجام شده و نتایج آزمایشهای حاضر، مشخص شد که استفاده از تیمار آنزیمی در خمیرکاغذ جوهرزدایی شده از کاغذ روزنامه باطله سبب افزایش مقاومتهای کاغذ میشود. همچنین افزایش دما از ۲۰ به ۵۰ درجه سانتیگراد سبب افزایش قابل توجه شقی کششی (سفتی) و کاهش مقاومت به ترکیدن کاغذ در تیمار با سلولاز و لیپاز شده و بر دیگر مقاومتها تأثیر محسوسی ندارد. با توجه به رابطه درجه روانی و مقاومتهای کاغذ، همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، تیمار آنزیمی با سلولاز در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد باعث افزایش محدودی در درجه روانی خمیر کاغذ نسبت به خمیر شاهد و خمیر تیمار شده با ترکیب سلولاز و لیپاز شده است. البته آزمونهای آماری حکایت از آن

www.SID.ir

Archive of SID

دارد که اختلاف درجه روانی برای خمیر شاهد و خمیر های تیمار شده با آنزیم معنی دار نبوده است به طوری که در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد، نتایج درجه روانی برای خمیر های تیمار شده با آنزیم سلولاز و نیز ترکیب سلولاز و لیپاز نسبت به خمیر شاهد کاهش نشان میدهد. تیمار آنزیمی از تخریب اتصالات بین الیاف جلوگیری می کند (pala و همکاران ۲۰۰۵). همچنین تیمار آنزیمی سبب تغییرات مقدار درجه روانی خمیر های آنزیمی نسبت به نمونه شاهد می گردد (Heise و همکاران ۱۹۹۷). به نظر میرسد افزایش مقاومت های خمیر کاغذها در هر دو تیمار آنزیمی سلولاز و ترکیب سلولاز و لیپاز به دلیل بهبود اتصالات بین الیاف بازیافتی باشد. Pala و همکاران در سال ۲۰۰۶ طی تحقیقی به این نکته اشاره کردند که سلولاز بر فیبریلاسیون الیاف بازیافتی تأثیر مثبت داشته و سبب افزایش پیوندهای بین فیبری شده و به همین دلیل مقاومتهای کاغذ افزایش می یابد. به طور کلی انتظار میرود که با کاهش درجه روانی (C.S.F)، اتصالات بین فیبری افزایش و به تبع آن مقاومتهای وابسته به این گونه اتصالات از جمله مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن و ... افزایش یابد. در صورتی که در این تحقیق، کاهش درجه روانی در تیمارهای آنزیمی نسبت به خمیر شاهد، مشاهده نشد و حتی کمی افزایش نیز یافت (در مورد تیمار با سلولاز). بنابراین به نظر می رسد فیبریلاسیون حاصل از تیمار آنزیمی، به بهبود اتصالات بین فیبری و افزایش مقاومتهای کاغذ کمک نموده است (Sykes و همکاران ۱۹۹۷). همچنین مقاومت به پاره شدن کاغذ که بیشتر تحت تأثیر طول الیاف و جهت گیری آنها است در خمیرهای آنزیمی افزایش قابل توجهی نسبت به خمیر شاهد نشان داد که از دلایل آن میتوان به حذف ذرات ریز فیبری و فاین اشاره کرد که سبب افزایش طول الیاف بازیافتی میشود که با نتایج Bajpai در سال ۱۹۹۹ مطابقت دارد. در اینجا افزایش دما در خمیرکاغذ روزنامه بازیافتی تأثیر مفیدی بر روی افزایش مقاومت به پاره شدن نداشته است.

بررسی نتایج آماری تحقیق نشان میدهد که کلیه مقاومتهای کاغذ با استفاده از تیمارهای آنزیمی نسبت به خمیر شاهد افزایش داشته است. علاوه بر آن در مقایسه نوع تیمار های آنزیمی، مشخص گردید که ترکیب سلولاز و لیپاز باعث بیشترین افزایش مقاومت در خمیرکاغذ گردیده است. به نظر میرسد علاوه بر تاثیر آنزیم سلولاز در فیبریلاسیون الیاف خمیر کاغذ و بهبود اتصالات بین فیبری که منجر به افزایش ویژگیهای مقاومتی کاغذ گردیده است، آنزیم لیپاز نیز در افزایش مقاومتهای مکانیکی کاغذ نقش موثری داشته است (Morkbak و همکاران ۱۹۹۹). به عبارت دیگر، آنزیم لیپاز میتواند به عنوان عاملی در حذف عوامل آبگریز در خمیر کاغذ عمل نماید (Kinrk و همکاران ۱۹۹۶). در نتیجه انتظار میرود با حذف عوامل آبگریز (خاکستر و جوهر با پایه روغن) امکان اتصال بخش های مختلف دیواره های فیبری با یکدیگر بیشتر شده و همین امر باعث افزایش مقاومتهای کاغذ در مقایسه با تیمار با آنزیم سلولاز به تنهایی شده باشد. تحقیق حاضر کاری نو در صنایع کاغذسازی (صنایع بازیافت کاغذهای باطله) کشور محسوب شده و پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی موارد زیر مورد بررسی قرار گیرد:

۱) مطالعه تاثیر آنزیمها بر خواص ساختاری الیاف کاغذهای باطله

www.SID.ir

Archive of SID

۲) مطالعه تاثیر تغییرات درصد خشکی خمیرکاغذ بر عملکرد آنزیمها در جوهرزدایی آنزیمی

۳) مطالعه تاثیرات حاصل از دما بر خواص ساختاری الیاف بازیافتی

٤) بررسی تاثیر زمانهای مختلف تیمار آنزیمی بر خواص خمیرکاغذ در جوهرزدایی آنزیمی

۵) بررسی تاثیر تغییرات PH بر تیمار آنزیمی الیاف بازیافتی

به طور کلی نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج بدست آمده توسط Pala و همکاران (۲۰۰٤) همخوانی دارد.

منابع مورد استفاده

-مایلی، نادر؛ طلایی پور، ۱۳۸۹، محمد؛ جوهرزدایی آنزیمی مخلوط کاغذ باطله اداری در محیط خنثی، نخستین همایش ملی فن آوری های نوین در صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس.

-Bajpai, P., (1999). Application of enzymes in pulp and paper industry. Biotechnol. Prog. 15, 147-157.

-Kinrk, T. K.; Jeffries, T. W., (1996). In Enzymes for pulp and paper processing; American Chemical Society: Atlanta, pp 1-14.

-Heise, OU., Unwin, JP., Klungness, JH., Fineran, WG., Sykes, MS., and Abubakr, S., (1997). Industrial scaleup of enzyme-enhanced deinking of nonimpact printed toners, *J*. Tappi. 79(3), 207-212.

-Jeffries, TW., Sykes, MS., Rutledge-Cropsey, K., Klungness, JH., and Abubakr, S., (1995). Enhanced removal of toners from office waste papers by microbial cellulases, In: *Sixth International Conference on Biotech. Pulp and Ppaper Industry*, p. 141-4.

-Mohandass, C and Chandralata Raghkumar., (2006). Biological deinking of inkjet- printed- paper using Vibrio alginolyticus and its enzymes. National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa 403 004, India. P: 1-15.

-Morkbak, A., Degn, P., and Zimmermann, W., (1999). Deinking of soy bean oil based ink printed paper with lipases and a neutral surfactant, *J. Process Biochem.* 67, 229-236.

-Pala, H., Mota, M., and Gama, FM. (2004). Enzymatic versus chemical deinking of non-impact ink printed paper, *J. Biotechnol*. 108(1), 79–89.

-Pala, H., Mota, M., and Gama, FM., (2006). factors influencing MOW deinking : Laboratory scale study. Enzyme microb technol. 38 ,81-87.

Pèlach, MA., Pastor, FJ., Puig, J., Vilaseca, F., and Mutjè, P., (2003). Enzymic deinking of old newspapers with cellulase, *J. Process Biochem.* 38, 1063-1067.

-Rutledge-Cropsey, K., Jeffries, T., Klungness, JH., and Sykes, MS., (1994). preliminary results of effect of sizings on enzyme-enhanced deinking, In: *TAPPI Recycling Symposium,* p. 103-105.

-Sykes, MS., and Tan, F., (1997). Enzymatic removal of stickie contaminants, In: *TAPPI Pulping Conference Proceedings*, p. 687-691.

-Sykes, MS., Klungness, JH., Abubakr, S., and Tan, F., (1996). Upgrading Recovered Ppaper With Enzyme Pretreatment and Pressurized Peroxide bleaching, In: *Progress Paper Recycling*, p. 39-46.

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of enzymatic treatment on mechanical strengths of deinked pulp of old newspaper at neutral pH

Mayeli, N.[1*], Talaeipoor, M.[2], Khademi Eslam , H.[3] and Bazyar, B.[2]

1*- Corresponding author, M.Sc. Graduate Student of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran. Email: nader.mayelie@Gmail.com
2-Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran.
3-Associate Professor, Science and Research Branch Islamic Azad University, Tehran.

Received: Feb., 2010 Accepted: Dec., 2011

Abstract

This research was carried out to study the effect of Enzymatic deinking on strength properties of old newspaper deinked pulps. In order to perform this research, we did pulping operation with cellulase and lipase enzyme, in 4% consistency for 2.5 minutes in neutral PH, in two temperatures of 20 ^{o}C and 50 ^{o}C. Following pulp preparation, we started deinking process by washing on the 120 meshes. We did statistical analyses on the effect of enzymatic and temperature repairs on mechanical strengths of handsheets. The results showed that the enzymatic treatment increases the mechanical strengths of the treated pulps compared to the control pulp. Also, combined effects of cellulase and lipase on improvement of mechanical strengths of pulp were more than cellulase treatment alone. For handsheets made from control pulp the values of burst index, tear index, tensile index, breaking length and tensile stiffness were 1/43, 5/33 (mN.m^2/g), 48/64 (Nm/g), 4/9 (km), 476/46 (kN/m), respectively. On the contrary, for enzyme treated pulps the optimum values were 1/92, 5/96 (mN.m^2/g), 63/29 (Nm/g), 6/45 (km) and 584/31 (kN/m), respectively. This investigation showed that due to limited availability of woods, enzymatic deinking can be a suitable alternative instead of current deinking in paper recycling industries.

Keywords: Enzymatic treatment, cellulase, lipase, old newspaper, tensile index, tear index

www.SID.ir