Archive of SID

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۹، شماره ۴، صفحه ۵۱۴-۵۰۳، (۱۳۹۳)

# تأثیر پوست بر خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ کرافت حاصل از خرده‌چوب صنوبر دلتوئیدس

زینت فرهادی[۱*]، احمدرضا سرائیان[۲] و محمدرضا دهقانی‌فیروزآبادی[۳]

۱*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیک: zinat.farhadi@yahoo.com

۲ - دانشیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۳

## چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر پوست بر خواص فیزیکی و مکانیکی خمیرکاغذ کرافت انجام شد. سه‌پایه درخت سالم صنوبر به‌طور تصادفی از جنگل شصت‌کلاته گرگان قطع شد. از ارتفاع برابر سینه هر درخت سه دیسک تهیه گردید، دیسک‌ها کاملاً پوست‌کنی شد و بعد نسبت وزنی چوب و پوست در هر دیسک تعیین شد. به‌منظور تهیه خمیرکاغذ کرافت شرایط پخت شامل: سولفیدیته ۲۵٪، قلیای فعال ۲۰٪، درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت مایع پخت به چوب ۶ به ۱ و عامل متغیر در این تحقیق پوست خرده‌چوب شامل مقادیر ۰، ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴٪ وزنی در نظر گرفته شد و از هر تیمار خمیرکاغذ با عددکاپای حدود ۲۰ تهیه شد. همچنین برای تهیه کاغذ دست‌ساز، خمیرها تا رسیدن به درجه‌روانی حدود ۳۵۰ (CSF) پالایش شدند. در این تحقیق تأثیر پوست بر بازده و عددکاپای خمیرکاغذ و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای حاصل اندازه‌گیری شد. بازده خمیرکاغذ از ۵۰/۳۲ تا ۵۲/۰۳ درصد و عددکاپای آنها از ۲۰/۳۷ تا ۲۱/۱۷ متغیر بود. براساس نتایج با افزایش پوست، بازده کل کاهش یافت اما عدد کاپا تغییر قابل ملاحظه‌ای را نشان نداد. همچنین با افزایش پوست خرده‌چوب، دانسیته کاغذها کاهش یافت و کمترین مقدار آن برای کاغذ حاوی ۲۴٪ پوست (۰/۴۷۷ $g/cm^3$) به‌دست آمد. همچنین مقادیر ویژگی‌های مقاومتی با افزایش پوست خرده‌چوب تا ۱۸٪ افزایش داشت. بنابراین حضور ۱۸٪ پوست در فرایند خمیر کاغذسازی با در نظر گرفتن حفظ خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ حاصل، امکان‌پذیر است.

**واژه‌های کلیدی:** صنوبر دلتوئیدس، خمیرکاغذ کرافت، پوست خرده‌چوب، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی.

## مقدمه

ماده اولیه و اصلی صنعت کاغذسازی، به‌طور عمده از چوب جنگل‌ها تأمین می‌شود. درحالی‌که رشد جمعیت جهان، پیشرفت فناوری و آموزشی، افزایش مصرف این کالای اساسی و راهبردی را درپی داشته است، ولی منابع چوبی دقیقاً در جهت عکس این قضیه است (Jahan latibari and Hosseinzadeh, 1993).

در کشورهایی که منابع محدود چوبی دارند برای پیدا کردن منابع لیگنوسلولزی همواره اقدامات مختلفی انجام شده و این اقدامات همچنان ادامه دارد. ازجمله این اقدامات استفاده از مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی، بازیافت الیاف سلولزی و کاشت گونه‌های تند رشد مناسب و سازگار در این کشورهاست. ازجمله منابع چوبی تند رشد می‌توان به صنوبرها اشاره کرد که به دلیل امکان کشت آنها در بیشتر

www.SID.ir

Archive of SID


مناطق، ساقه مستقیم، جداسازی راحت پوست، درصد الیاف بیشتر پوست نسبت به چوب، وجود بافت همگن و رنگ روشن (نیاز به مواد شیمیایی کمتر برای رنگ‌بری) و دارا بودن بیش از ۵۰٪ سلولز، حدود ۳۰٪ همی‌سلولز و تقریباً ۲۰٪ و کمتر از آن لیگنین، علاوه بر صنایع لایه‌گیری، کبریت‌سازی و ... می‌تواند چوب مناسبی برای تولید خمیرکاغذ باشد Fakhryan, *et al.*, (2008). در شمال ایران این درختان در زمان نسبتاً کوتاهی (حدود ۱۰ سال) به ابعاد مناسب برای کاغذسازی می‌رسند و می‌توانند مورد بهره‌برداری قرار گیرند. میزان تولید چوب صنوبر در شرایط مطلوب سالانه حدود ۲۰ مترمکعب است که در مقایسه با رویش گونه‌های بومی جنگل‌های شمال ۶ تا ۱۵ برابر است. به این ترتیب زراعت چوب با کشت صنوبر یک راه‌حل اساسی است که حتی در کوتاه‌مدت می‌تواند بحران ناشی از کمبود چوب را سامان ببخشد (Saraeyan, 2007 Kord and). پوست دارای مقادیر زیادی ترکیبات غیر پلی‌ساکاریدی محلول در مایع پخت قلیایی است. بنابراین می‌توان در فرایند کرافت– در مقایسه با فرایند سولفیت– درصد پوست زیادتری را تحمل کرد. به‌طوری‌که در خرده‌چوب مورد استفاده در فرایند کرافت تا حدود ۱ تا ۲ درصد پوست می‌تواند وجود داشته باشد. به‌علاوه با توجه به اینکه پوست‌کنی در شرایط خیلی سرد و یخ‌زده مشکل است، در مناطق سردسیر نیمکره شمالی اغلب پوست درصد زیادتری را در ترکیب خرده‌چوب تشکیل می‌دهد. بااین‌حال این درصد زیادتر در فرایند کرافت مشکل جدی به وجود نمی‌آورد. بررسی‌های آزمایشگاهی استفاده تا ۲۴ درصد پوست در ترکیب خرده-چوب در فرایند کرافت را امکان‌پذیر می‌دانند که در این حالت لازم است از مقدار کافی مواد قلیایی برای حل کردن مواد استخراجی پوست استفاده گردد. بازده خمیرکاغذ قلیایی از پوست درخت به‌مراتب کمتر از چوب بوده و نیاز قلیایی زیادتر است. بازده خمیرکاغذ از پوست سوزنی‌برگان بین ۱۵ تا ۲۰ درصد و از پوست پهن‌برگان بین ۲۰ تا ۲۵ درصد گزارش شده است. به‌عنوان مثال از پخت کرافت پوست کاج برگ کوتاه فقط ۱۸ درصد الیاف قابل رنگ‌بری تولید شده و بازده خمیرکاغذ در عددکاپای ۱۶/۵ از پوست بلوط شمالی معادل ۲۲/۶ درصد است. در زمینه کمک به منابع محدود چوبی، استفاده از چوب با پوست و خرده‌چوب تمام درخت به‌عنوان ماده اولیه تولید خمیرکاغذ مورد توجه قرار گرفته است. خردکردن بدون پوست‌کنی در جنگل از تمامی قسمت‌های بالای ریشه درخت از امتیازهایی برخوردار است. در جنگل‌های پهن‌برگ، استفاده از درخت کامل به افزایش تولید تا حدود ۴۰ درصد و کاهش نیاز نیروی انسانی در مقایسه با عملیات متداول بهره‌برداری انجامیده است. در مورد سوزنی‌برگان افزایش تولید با استفاده از تمام اجزای درخت کمتر بوده، ولی بااین‌حال نیز قابل توجه است. استفاده از خرده‌چوب تمام درخت دارای عیب‌هایی نیز است. از آن جمله چوب شاخه درخت از درصد زیادتری چوب جوان، فشاری و دارای کربوهیدرات‌های نسبتاً ناپایدار در قلیایی تشکیل شده است که به افت بازده خمیرکاغذ می‌انجامد. استفاده از خرده‌چوب تمام درخت یا خرده‌چوب با پوست در مناطقی که کارخانه با محدودیت منابع چوبی مواجه بوده و یا این که سیستم پوست‌کنی مناسبی ندارد و ظرفیت اضافی خمیرکاغذ در خط تولید وجود دارد بسیار مورد توجه خواهد بود. ولی باید در نظر داشت که به علت وجود پوست، شاخه‌ها و سرشاخه‌های ریز بازده تولیدی برای حجم معینی از برج پخت کاهش یافته و اگر ظرفیت برج محدودکننده باشد به خودی خود به یک عامل محدودکننده تبدیل می‌گردد ( Jahan latibari and Hosseinzadeh, 1993).

Fakhryan و همکاران (۲۰۰۸) خصوصیات لیگنین‌زدایی و کاغذسازی چوب صنوبر دلتوئیدس کلن ۷۷/۵۱ تولید شده در سه دوره بهره‌برداری ۴، ۶ و ۱۲ ساله را مورد بررسی قرار دادند. میانگین بازده خمیرکاغذهای کرافت در درجه حرارت پخت ۱۶۵ درجه سلسیوس، سولفیدیته ۲۵٪ و نسبت مایع پخت به چوب ۵ به ۱ را بین ۵۲/۲۸٪ – ۴۸/۸۳٪ و عددکاپای آنها بین ۳۹/۴۸ – ۱۴/۸۵ اندازه‌گیری کرد. بازده خمیرکاغذ درخت ۱۲ ساله با ۴۹/۱۰٪ بیشتر از بازده خمیرکاغذهای درختان ۴ و ۶ ساله با ۴۷/۲۱٪ و ۴۷/۱۲٪ بوده است. Saraeyan و Ghasemi (۲۰۱۰) در بررسی تأثیر سن بر ترکیبات شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس عنوان کردند که با افزایش سن درخت از میزان لیگنین و مواد استخراجی از سمت مغز به پوست کاسته می‌شود، اما مقدار سلولز افزایش می‌یابد. همچنین بین مقادیر درصد سلولز، لیگنین و مواد استخراجی بین حلقه‌های رویشی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. Saraeyan و Kord (۲۰۰۷) در بررسی سن و ارتفاع درخت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس بیان کردند که مواد استخراجی، لیگنین و خاکستر با افزایش سن درخت از مغز به‌طرف پوست کاهش می‌یابد. همچنین تأثیر سن درخت صنوبر دلتوئیدس بر خواص فیزیکی و شیمیایی چوب آن به‌مراتب بیشتر از اثر ارتفاع است.

www.SID.ir

Archive of SID


Fakhryan و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی لیگنین‌زدایی و کاغذسازی چوب صنوبر کوستانزو به روش کرافت بیان نمودند که بیشترین بازده و عددکاپا خمیرکاغذ در زمان پخت ۱ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و قلیائیت مؤثر ۱۲٪ به‌ترتیب با ۶۱۵/۹۱ و ۵۴/۸۳ و کمترین بازده و عددکاپا در زمان پخت ۳ ساعت، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سلسیوس و قلیائیت مؤثر ۱۶٪ به‌ترتیب ۴۵/۶۳٪ و ۱۳/۴۲ به‌دست آمد. البته طول پاره‌شدن کاغذهای تهیه‌شده در زمان پخت ۳ ساعت با ۶۹۵۳ متر دارای بیشترین مقدار بوده است.

در این پژوهش نیز با توجه به اهمیت صنوبرها در کشور ما و نیز ویژگی‌های خاص پوست این‌گونه (رنگ روشن و درصد الیاف بیشتر نسبت به پهن‌برگان دیگر) مقایسه‌ای بین خمیرکاغذهای به‌دست آمده از خرده‌چوب صنوبر دلتوئیدس همراه با درصدهای متفاوت پوست انجام شد. از طرفی فرایند کرافت حساسیت کمی به حضور پوست دارد، بنابراین در این تحقیق سعی شده است حد بهینه پوست در فرایند خمیرسازی کرافت که تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذهای حاصل نداشته باشد، مشخص شود.

## مواد و روش‌ها

تعداد سه‌پایه درخت سالم صنوبر دلتوئیدس به‌طور تصادفی از جنگل پژوهشی دکتر بهرام‌نیا واقع در ۱۷ کیلومتری جنوب‌غربی شصت‌کلاته گرگان قطع شد. از سه پایه قطع شده به‌طور جداگانه دیسک‌هایی به ضخامت ۱۰ سانتی‌متر تهیه و پوست هر دیسک به‌طور مجزا، جدا و بعد وزن مرطوب چوب و پوست اندازه‌گیری شد. سپس چوب و پوست به چیپس تبدیل و درنهایت با تعیین درصد رطوبت، نسبت چوب و پوست در هر پایه محاسبه شد.

## تهیه خمیرکاغذ

برای پخت و تهیه خمیرکاغذ از روش پخت کرافت (سولفات) استفاده شد. پس از انجام پخت‌های آزمایشی، عوامل ثابت و متغیر بشرح زیر در نظر گرفته شد:

زمان پخت (دقیقه): حدود ۶۰ به‌منظور رسیدن به عددکاپای حدود ۲۰ (به‌استثنای تیمار A که ۴۵ دقیقه در نظر گرفته شد)، قلیای فعال: ۲۰٪ (بر مبنای $Na_2O$)، دمای پخت: ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، سولفیدیته: ۲۵٪، نسبت L/W: ۶ به ۱

عامل متغیر مقدار درصد پوست است. با توجه به اینکه میانگین میزان پوست در نمونه‌های موجود ۲۴٪ شد، میزان پوست در هر پخت بشرح جدول ۱ است.

جدول ۱- میزان درصد پوست و چوب

| کد تیمار | درصد چوب | درصد پوست |
|---|---|---|
| A | ۱۰۰ | ۰ |
| B | ۹۴ | ۶ |
| C | ۸۸ | ۱۲ |
| D | ۸۲ | ۱۸ |
| E | ۷۶ | ۲۴ |
| F | ۰ | ۱۰۰ |

غلظت مایع پخت در همه تیمارها ثابت در نظر گرفته شد. بدین معنی که به میزان ۶۰۰ سی‌سی مایع پخت با قلیای فعال ۲۰٪ و سولفیدیته ۲۵٪ تهیه شد. ضمناً در هر بار پخت، از ۱۰۰ گرم ماده خشک چوبی (چوب خالص، پوست خالص، چوب به همراه مقادیر مختلف پوست) استفاده شد و در آن نسبت مایع پخت به چوب (براساس وزن خشک خرده‌چوب‌ها)، ۶ به ۱ بوده است. به‌منظور یکسان بودن شرایط پخت برای همه تیمارها، مایع پخت برای شش تیمار به‌طور هم‌زمان تهیه شد. سپس هنگام پخت، مقادیر ۶۰۰ سی‌سی برای هر تیمار جدا گردید. پس از پایان زمان پخت، نمونه‌ها شست‌وشو داده شدند. به‌منظور جداسازی الیاف پخته نشده (وازده) از الک با مش ۲۰ استفاده شد. هر پخت در شرایط بهینه با سه تکرار انجام شد و پس از هر بار پخت، میزان بازده و عددکاپای خمیرکاغذها اندازه‌گیری شد. از خمیرکاغذهای تهیه شده پس از پالایش تا درجه‌روانی حدود ۳۵۰ میلی‌متر (CSF)، کاغذ دست‌ساز آزمایشگاهی تهیه شد.

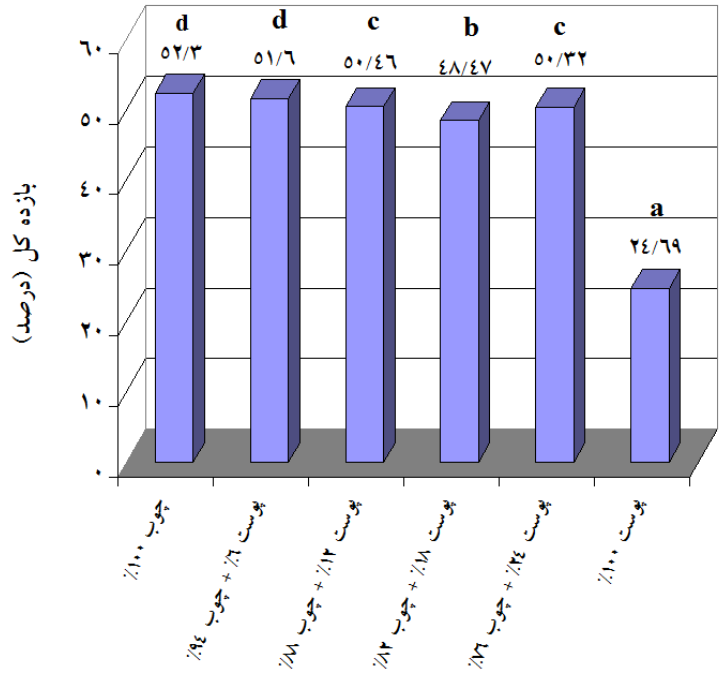
در این تحقیق نمونه‌برداری کاملاً تصادفی و نتایج حاصل از تمامی اندازه‌گیری‌ها به روش آزمون دانکن مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. به‌منظور انجام تجزیه و تحلیل‌های فوق‌الذکر از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد.

## نتایج

نمودار ستونی تغییرات بازده با تغییر پوست نیز به‌ترتیب در شکل‌های ۱، ۲ و ۳ آورده شده است.

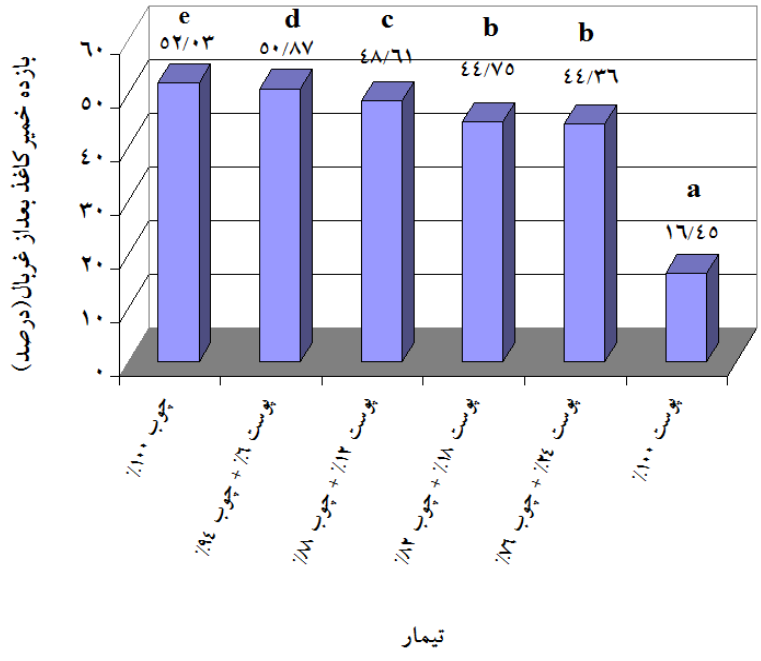
www.SID.ir

Archive of SID


شکل ۱- تأثیر پوست بر بازده کل خمیرکاغذ

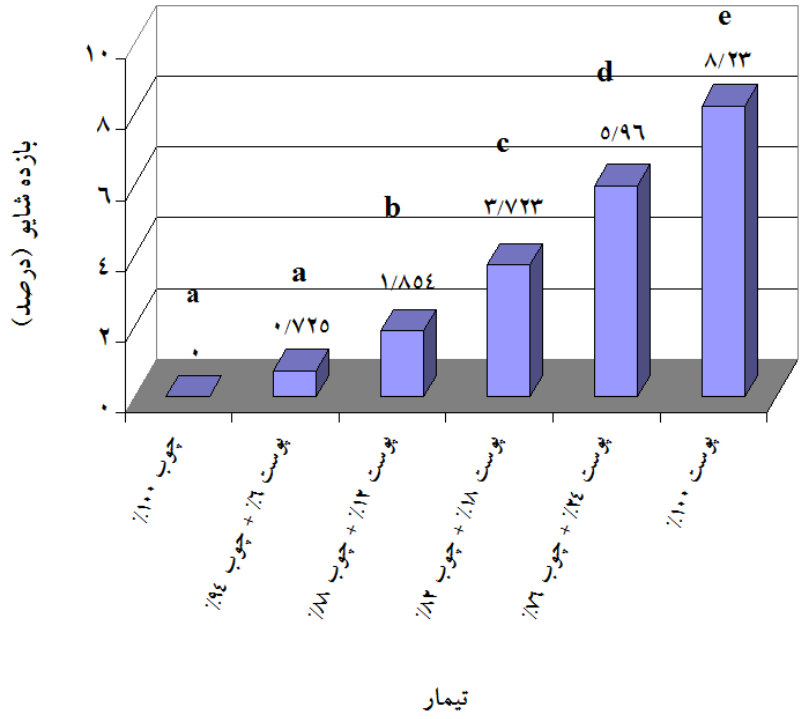
براساس نتایج به‌دست آمده با افزایش پوست، بازده کل خمیرکاغذها کاهش یافت. گروه‌بندی آزمون دانکن در مورد بازده نشان داد که بازده خمیرکاغذهای حاصل به چهار گروه a تا d گروه‌بندی شدند. بیشترین بازده (گروه d) مربوط به حالتی است که خمیرکاغذ ۱۰۰٪ از چوب تشکیل شده باشد و در حالتی که خمیرکاغذ ۱۰۰٪ از پوست تهیه شده باشد کمترین بازده (گروه a) را به خود اختصاص داده است.




شکل ۲- تأثیر پوست بر بازده خمیرکاغذ بعد از غربال

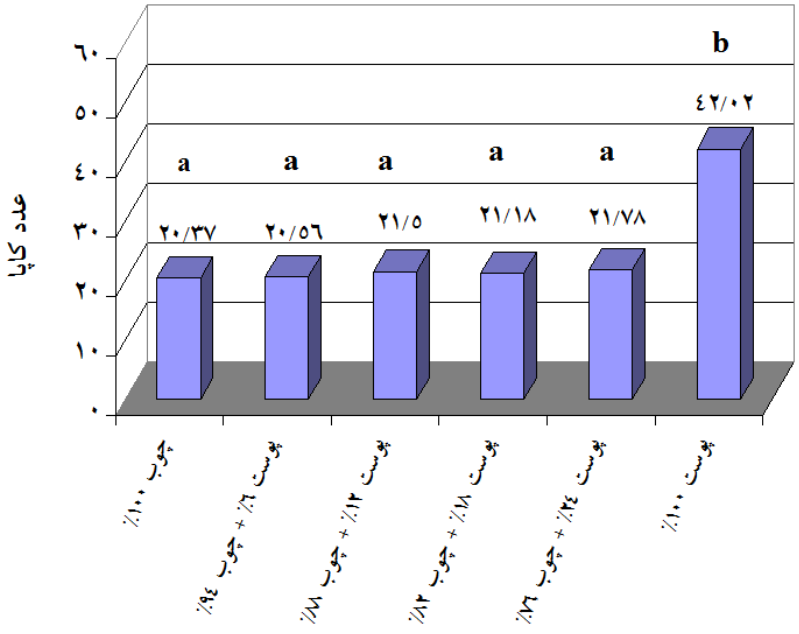
www.SID.ir

Archive of SID


شکل ۳- تأثیر پوست بر میزان شایو خمیرکاغذ

در شکل ۴ نیز نمودار ستونی تغییرات عددکاپای خمیرکاغذها با تغییر پوست آورده شده است.



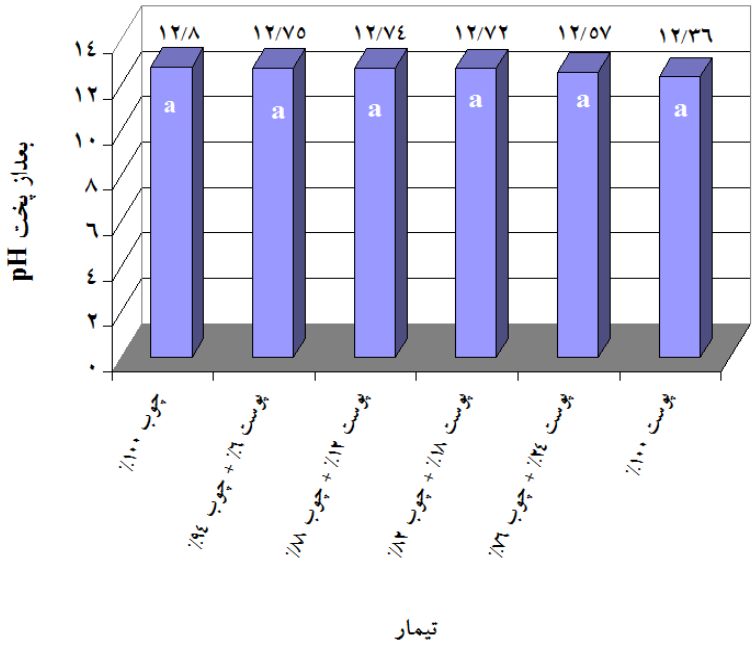

شکل ۴- تأثیر پوست بر عددکاپای خمیرکاغذ

www.SID.ir

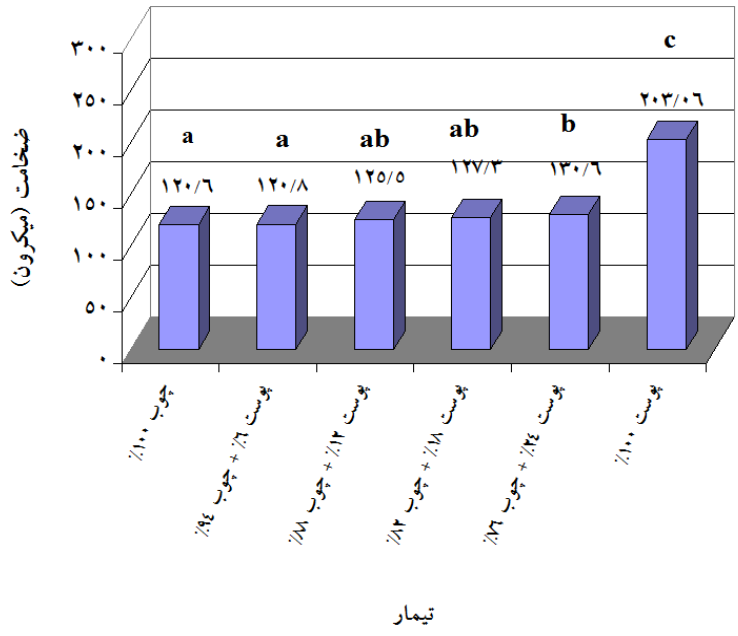
Archive of SID


بر اساس نتایج به‌دست آمده با افزایش پوست، عددکاپای خمیرکاغذها افزایش یافت. گروه‌بندی آزمون دانکن در مورد عددکاپا نشان داد که عددکاپای خمیرکاغذهای حاصل به دو گروه a و b گروه‌بندی شدند. بیشترین عددکاپا (گروه b) مربوط به حالتی است که خمیرکاغذ ۱۰۰٪ از پوست تشکیل شده باشد و در حالتی که خمیرکاغذ ۱۰۰٪ از چوب تهیه شده باشد کمترین عددکاپا (گروه a) را به خود اختصاص داده است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری pH مایع بعد از پخت در شکل ۵ آمده است. بر اساس نتایج با افزایش پوست مقدار pH بعد از پخت کاهش یافت. گروه‌بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که pH مایع بعد از پخت به یک گروه a گروه‌بندی شد.




شکل ۵- تأثیر پوست بر pH مایع بعد از پخت




شکل ۶- تأثیر پوست بر ضخامت کاغذ

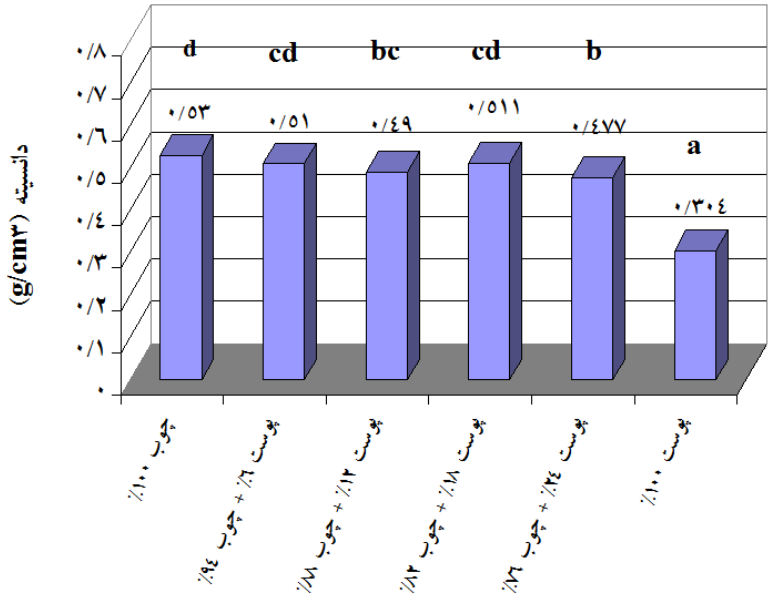
www.SID.ir

Archive of SID


## خواص فیزیکی

نتایج حاصل از خواص فیزیکی در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ آمده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود با افزایش پوست، ضخامت کاغذها افزایش یافته است. گروه‌بندی آزمون دانکن در مورد ضخامت نشان داد که ضخامت کاغذهای حاصل به سه گروه a تا c گروه‌بندی شده‌اند. کمترین ضخامت (گروه a) مربوط به کاغذ حاصل از ۱۰۰٪ چوب و بیشترین ضخامت (گروه c) مربوط به کاغذ حاصل از ۱۰۰٪ پوست بوده است. با بررسی مقادیر F محاسباتی و سطح معنی‌داری در جدول مذکور، ملاحظه می‌شود که بین تیمارهای مختلف، از لحاظ آماری در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد.




شکل ۷- تأثیر پوست بر دانسیته کاغذ

با افزایش پوست، دانسیته کاغذها کاهش یافت. گروه‌بندی آزمون دانکن نشان داد که دانسیته کاغذهای حاصل به چهار گروه a تا d گروه‌بندی شده‌اند.

نتایج نشان می‌دهد که مقاومت به عبور هوای کاغذها با افزایش پوست، کاهش یافته است. گروه‌بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که مقاومت به عبور هوای کاغذهای حاصل به سه گروه a، b و c گروه‌بندی شدند. بر اساس نتایج کمترین مقاومت (گروه a) مربوط به کاغذ حاصل از ۱۰۰٪ پوست و بیشترین مقاومت (گروه c) مربوط به کاغذ حاصل از ۱۰۰٪ چوب بوده است. با بررسی مقادیر F محاسباتی و سطح معنی‌داری در جدول مذکور، ملاحظه می‌شود که بین تیمارهای مختلف، از لحاظ آماری در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌داری وجود دارد که این موضوع حکایت از تأثیر پوست بر مقاومت به عبور هوای کاغذها دارد.

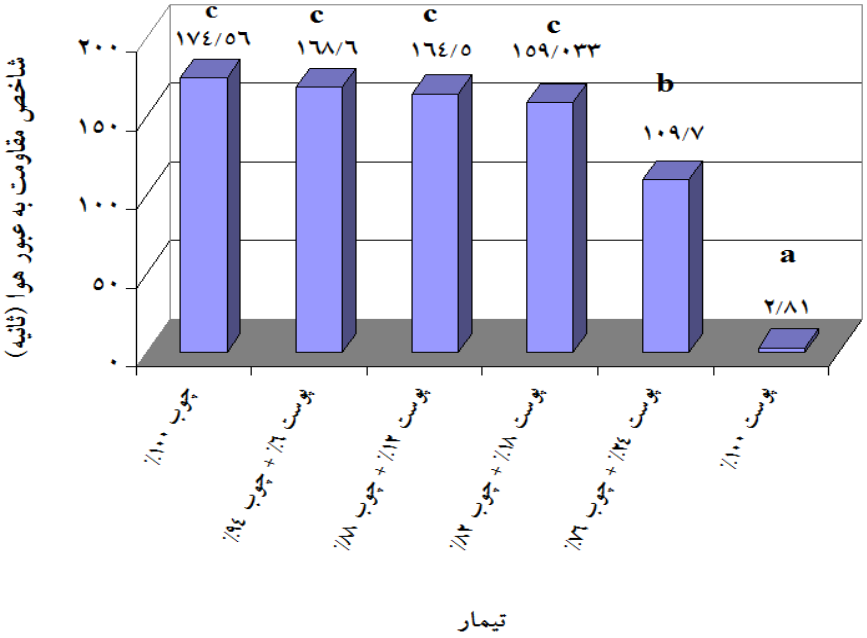
## ویژگی‌های مکانیکی کاغذ

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی کاغذهای حاصل در شکل‌های ۹ و ۱۰ آورده شده است. تیمارهای مختلف، از لحاظ آماری در سطح اعتماد ۹۵٪ اختلاف معنی‌داری دارند، این موضوع نشان می‌دهد که شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل با افزایش پوست تا ۱۸٪ افزایش و بعد از آن کاهش یافته است. گروه‌بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که شاخص مقاومت

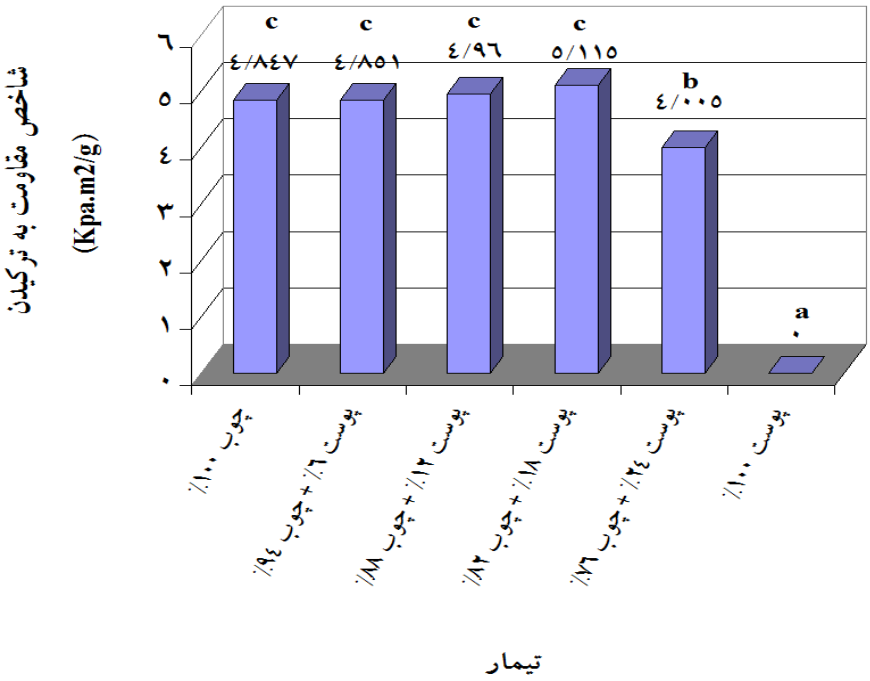
www.SID.ir

Archive of SID


به ترکیدن کاغذهای حاصل به سه گروه a، b و c گروه‌بندی شدند. کمترین مقاومت (گروه a) مربوط به کاغذ حاصل از ۱۰۰٪ پوست و بیشترین مقاومت (گروه c) مربوط به کاغذ حاصل از ۸۲٪ چوب (دارای ۱۸٪ پوست) بوده است. با بررسی مقادیر F محاسباتی و سطح معنی‌داری در جدول مذکور، ملاحظه می‌شود که بین تأثیر پوست بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل است.



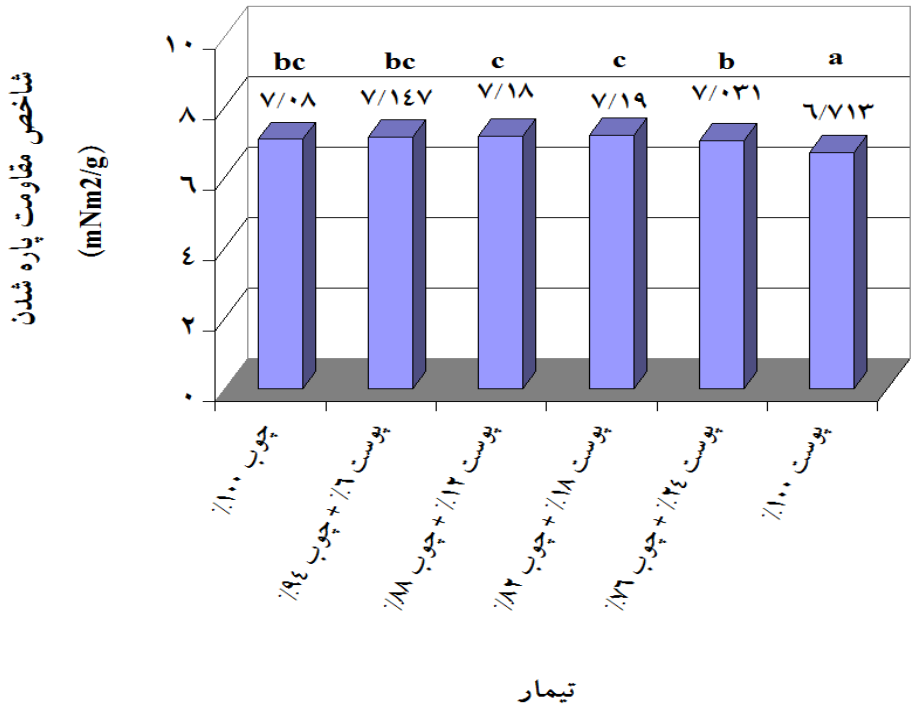

شکل ۸- تأثیر پوست بر مقاومت به عبور هوای کاغذ




شکل ۹- تأثیر پوست بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ

www.SID.ir

Archive of SID


**شکل ۱۰- تأثیر پوست بر شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذ**

مقاومت کاغذ به پاره‌شدن به عواملی نظیر تعداد کل الیافی که در معرض پاره‌شدن کاغذ قرار دارند، طول فیبر و شدت و مقاومت اتصالات فیبر به فیبر بستگی دارد. تعداد الیافی که در معرض گسیختگی ورق قرار دارند تحت تأثیر وزن پایه کاغذ و انعطاف‌پذیری الیاف است (Afra, 2007).

نتایج نشان می‌دهد که شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذهای حاصل با افزایش پوست خرده‌چوب تا ۱۸٪ افزایش و بعدازآن کاهش یافته است. گروه‌بندی آزمون دانکن نشان می‌دهد که شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذهای حاصل به سه گروه a، b و c گروه‌بندی شدند.

## بحث

### بازده و عددکاپا

با افزایش پوست در اختلاط با خرده‌چوب صنوبر دلتوئیدس، بازده کل کاهش یافته است. بازده خمیرکاغذ بعد از غربال نیز با افزایش پوست، کاهش یافت. بر اساس این نتایج خمیرکاغذ حاصل از ۱۰۰٪ چوب با ۵۲/۰۳ بیشترین بازده و خمیرکاغذ حاصل از ۱۰۰٪ پوست با ۲۴/۶۹ کمترین بازده را داشت. البته بازده شایو خمیرکاغذها با افزایش پوست، روند افزایشی داشته است.

عددکاپا با افزایش پوست در اختلاط با خرده‌چوب صنوبر دلتوئیدس افزایش یافت. به‌طوری‌که خمیرکاغذ حاصل از ۱۰۰٪ پوست با ۴۲/۰۲ بیشترین عددکاپا و خمیرکاغذ حاصل از ۱۰۰٪ چوب با ۲۰/۳۷ کمترین عددکاپا را داشت.

بر اساس تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت که پوست خرده‌چوب بر ویژگی‌های خمیرکاغذ کرافت مؤثر بوده است. براساس نتایج، افزایش پوست بر بازده و عددکاپای خمیرکاغذهای حاصل در سطح اعتماد ۹۵٪ معنی‌دار شد.

صنوبر دلتوئیدس از درختان تند رشد است. جرم مخصوص این درخت حدود ۰/۳۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب اندازه‌گیری شد و جز چوب‌های خیلی سبک به حساب می‌آید. علت اختلاف بازده را در خمیرکاغذها با درصدهای متفاوت پوست می‌توان به ساختار آناتومیکی و شیمیایی متفاوت پوست و چوب نسبت داد. ازآنجاکه درصد ترکیبات

www.SID.ir

Archive of SID


انحلال‌پذیر در قلیا، مواد استخراجی و سلول‌های پارانشیمی در پوست نسبت به چوب بیشتر است، این ترکیبات در ضمن پخت از سیستم خارج شده و سبب کاهش بازده خمیرکاغذ (بازده کل و بازده خمیرکاغذ بعد از غربال) می‌شود.

علت اصلی اختلاف عددکاپای خمیرکاغذها نیز حضور پوست در فرایند می‌باشد. پوست درختان دارای ترکیبات فنولی و تاننی بیشتری نسبت به چوب است (Mirshokraei, 2007). این ترکیبات همانند لیگنین ساختار آروماتیک دارند، درنتیجه مصرف‌کننده قلیا هستند. این امر سبب می‌شود حضور پوست سبب کاهش تأثیر قلیا بر ماده چوبی و درنهایت افزایش عددکاپای خمیرکاغذ شود. نتایج تجزیه واریانس تأثیر پوست بر عددکاپا نشان می‌دهد که تیمارهای مختلف در دو گروه a و b گروه‌بندی شده‌اند. بنابراین انتظار می‌رود که ساختار متفاوت پوست سبب اختلاف بیشتری در عددکاپای تیمارهای مختلف شود. علت آن است که با افزایش پوست، میزان شایو خمیرکاغذ افزایش یافت. یعنی قسمت اعظم پوست به‌خصوص پوست بیرونی که سبب افزایش عددکاپا می‌شود، عملاً از سیستم حذف شده است. بنابراین فقط خمیرکاغذ حاصل از ۱۰۰٪ پوست دارای عددکاپای بسیار بیشتر نسبت به دیگر تیمارهاست.

بر اساس نتایج، با افزایش میزان درصد پوست pH مایع بعد از پخت کاهش یافت. همان‌طور که قبلاً گفته شد ترکیبات فنولی و تاننی در پوست نسبت به چوب بیشتر است. این ترکیبات ساختاری شبیه لیگنین دارند و مصرف‌کننده قلیا می‌باشند.

## خواص فیزیکی

ضخامت کاغذ ازجمله خواص فیزیکی کاغذ است که در کاغذهای روزنامه و چاپ و تحریر دارای اهمیت زیادی است. علت افزایش ضخامت کاغذها احتمالاً به دلیل حضور برخی از سلول‌های اسکلرئیدی بخش درونی پوست است که در ساختار کاغذ است که این سلول‌ها از خاصیت نواری شدن (کلاپس‌پذیری) ضعیفی برخوردارند. به‌عبارت دیگر این امر را می‌توان به وجود سلول‌های با قابلیت فشرده‌شدن کمتر نسبت داد که در پوست درونی یافت می‌شود.

در مورد مقاومت به عبور هوای کاغذها می‌توان گفت که با زیاد شدن پوست در اختلاط با خرده‌چوب، حجیمی کاغذها افزایش یافته است که این امر سبب عبور آسانتر هوا از کاغذ و درنتیجه کاهش مقاومت به عبور هوا شده است.

## خواص مکانیکی

نتایج نشان داد که ویژگی‌های مکانیکی کاغذ حاصل از چوب نسبت به کاغذ حاصل از پوست بیشتر است. این اختلاف را می‌توان به ساختار همگن‌تر با حجم فیبری بیشتر بافت چوبی در مقایسه با بافت پوست به‌ویژه پوست بیرونی نسبت داد. مقاومت به ترکیدن عامل پیچیده‌ای از مقاومت کششی و کشیده‌شدن کاغذ است. این مقاومت در حقیقت آزمون ضعیف‌ترین قسمت کاغذ است، بنابراین تحت تأثیر شکل‌گیری کاغذ قرار می‌گیرد ولی جهت ماشین در آن تأثیر ندارد. ازاین‌رو می‌توان علت را این‌گونه توضیح داد که الیاف پوست به‌ویژه بخش داخلی آن با داشتن ویژگی‌های ابعادی مناسب در تهیه خمیرکاغذ نسبت به چوب نقش مؤثری داشته‌اند.

نتایج مقاومت به پاره‌شدن نیز الگوی تغییرات مقاومت به ترکیدن را نشان می‌دهد. بنابراین به نظر می‌رسد الیاف پوست به‌ویژه بخش داخلی آن با داشتن ویژگی‌های ابعادی مناسب در تهیه خمیرکاغذ نسبت به چوب نقش تقویت‌کننده داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID


## منابع مورداستفاده

-Afra, E. 1995. Properties of Paper: an Introduction. Ayeej Press. 360p. (In Persian)
-Ashrafi Birgani, S. and Saraeian, A.R. 2012. Comparing the effect of alkali charge and treatment time on the properties of bagasse and eastern cottonwood cold soda pulp. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 25 (1): 38-46 (In Persian).
-Biswas, D., Misbahuddin, M., Roy, U., Francis, R.C. and Bose, S.K., 2011. Effect of additives on fiber yeild improvement for kraft pulping of *kadam* (*anthocephalus chinensis*). -Bioresource Technology 102(2):1284-1288
-Dehghni Firoozabadi, M.R., Salman Mahini, A. and Ebrahimi, GH. 2007. Forest Product and Wood Science An Introduction. Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources Press. 376p. (In Persian)
-Fakhryan, A., Hosseinkhani , H., Golbabaei , F. and Brazandeh , M. 2011. Popular Lignin, bleaching and paper making Properties *deltoids* 77/51 in Three Operational Periods. 25 (2): 157-159. (In Persian)
-Fakhryan, A., Golbabaei, F., Hosseinkhani, H., Salehi, K., Mahdavi., S and Mohseni-Tavakkoli, S.2009. Pulping Characteristics of *Populus triplo* wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 24 (2): 83-93. (In Persian)
-Fengel, D. and Wegener, G., 2003. Chemistry ultrastructure, reaction wood. Watter de Grater, Berlin, 613p.
-Ghasemi, S., Saraeyan, A.R. 2010. Comparative study of delignification efficiency and pulp yield of heart wood and sapwood of *Populus deltoids* by kraft and soda processes. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 27 (1): 16-26. (In Persian).
-Jahan latibari, A. and Hossienzade, A. 1994. Pulp Production Technology "basic Processes". Research Institute of Forests and Rangelands. 216p. (In Persian)
-Kord, B. and Saraeyan, A.R. 2007. Investigation on the effects of tree age and height on chemical properties of Populus deltoides wood. Journal of Agriculture Science and Natural Resources. 14(4): 32-40. (In Persian)
-Mahdavi, S,. Faezipur, M,. Resalati, H. and Famylian, H. 2002. The Effects of Provenance and Age Variation on Wood Properties of Eastern Cottonwood. Journal of Agriculture Science and Natural Resources. 56(3): 281-293. (In Persian)
-Mirshokraei, S.A. 2000. Pulp and Paper Technology. Payam Noor University Press. 501p. (In Persian)
-Mirshokraei, S.A. 2002. Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. Ayeej Press. 208p. (In Persian)
-Pourjazy, M., Mohamadi Roshande, J. and Nourany Arde, Shahram. 2004. Preparation of Alpha Cellulose from Poplar Sawdust. 17 (3): 157-162(In Persian).

www.SID.ir

Archive of SID


# The effect of bark content on the physical and mechanical properties of the kraft pulp from *populus deltoids* chips

**Z., Farhadi[1]*, A.R. Saraeyan[2] and M.R. Dehghani firoozabadi[3]**

1*- Corresponding author, M.Sc., Dept. of Wood and Paper Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, Email: zinat.farhadi@yahoo.com
2-Associate Prof., Faculty of Forestry & Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
3-Associate Prof., Faculty of Forestry & Wood Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: May, 2013 Accepted: Sep., 2014

## Abstract

This study investigated the effect of bark content on the physical and mechanical properties of kraft pulp from *Populus deltoids* wood chips. Three *Populous Deltoids* trees at the same age were randomly selected and felled at Shastkalate research forest, Gorgan University of Agriculture and Natural Resources. One short bolt was taken from each tree. The bolts were manually debarked and wet weight of wood and bark from each bolt was determined. Then weight ratio of wood/bark was calculated for each bolt. Kraft pulp was prepared using following pulping condition: sulfidity 25%, AA: 20%, temperature: 170°C, l/w: 6/1 and bark content as 0, 6, 12, 18 and 24%, (w/w). Pulp with kappa number of about 20 was prepared from each treatment, and then each pulp was separately beaten to reach freeness value around 350 ml,CSF. In order to determine the effect of bark content on yield, kappa number and the physical and mechanical properties of the pulp, F test was used in completely randomized, and for comparison of the means, dunkan test was used. Yield and kappa number of the pulps were as 50.32-52.03% and 20.37-21.17, respectively. With increasing the bark content, density of paper was decreased and the lowest value was 0.477 g/cm$^2$ for bark contained pulp. Also, with increasing the bark content to 18%, strength properties of the related pulp was improved.

**Keyword:** *Populus deltoides*, kraft pulp, bark F, physical, mechanical.

www.SID.ir