

## بررسی ویژگیهای خمیر کاغذ حاصل از ساقه پنبه با فرایند پروکسید قلیایی (APMP)

حسین شوب چاری<sup>۱\*</sup>، احمدرضا سرانیان<sup>۲</sup> و علی قاسمیان<sup>۲</sup>

\*۱- مسئول مکاتبات، کارشناس ارشد خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، پست الکترونیک: hnschoub@gmail.com

۲- استادیار علوم و تکنولوژی خمیر و کاغذ، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۹

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۹

### چکیده

این تحقیق با هدف بررسی ویژگیهای خمیر کاغذ تهیه شده به روش مکانیکی پروکسید هیدروژن قلیایی (APMP) از ساقه پنبه انجام شد. جهت تهیه خمیرهای APMP، از ساقه پنبه (خرده شده) رقم ساحل استفاده گردید. خمیر کاغذها با سه تیمار دو مرحله ای برای شرایط باپوست و بدون پوست به طور مجزا تهیه شد. به طوری که در مرحله اول مقدار هیدروکسید سدیم در سطح ۴ درصد به صورت ثابت در نظر گرفته شد و مقدار پروکسید هیدروژن در سه سطح ۰، ۱ و ۲ درصد تعیین شد. در مرحله دوم نیز مقدار هیدروکسید سدیم در سطح ۲ درصد به صورت ثابت بوده و مقدار پروکسید هیدروژن در سه سطح ۰، ۳، ۴ و ۲ درصد بکار گرفته شد. سایر شرایط خمیرسازی شامل زمان (۲۰ دقیقه برای مرحله اول، ۱۰۰ دقیقه برای مرحله دوم). دمای ۷۰ درجه سانتیگراد و نسبت مایع پخت به ماده اولیه شش به یک و بعنوان عوامل ثابت در نظر گرفته شده است. به نحوی که پس از ختشی سازی و جداسازی الیاف، بازده خمیر کاغذها تعیین گردید. بنابراین کلیه خمیر کاغذهای تهیه شده تا درجه روانی حدود ۳۰۰ میلی لیتر (CSF) پالایش شده و کاغذهای دست ساز آنها تهیه و ویژگیهای مورد نظر طبق استانداردهای TAPPI اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که بازده و درجه روشنی خمیر APMP ساقه پنبه در شرایط بدون پوست بیشتر از شرایط باپوست بود. البته شاخصهای مقاومت به کشش، مقاومت به ترکیدن، و طول پاره شدن کاغذهای ساخته شده از مغز ساقه پنبه (در شرایط بدون پوست) نسبت به کاغذهای تهیه شده از کل ساقه پنبه بیشتر بود و شاخص مقاومت به پاره شدن آنها تفاوت معنی داری نداشت. بطور کلی ضخامت و حجم ویژه کاغذها نسبتاً زیاد بوده است.

واژه های کلیدی: خمیر کاغذ APMP، ساقه پنبه، بازده خمیر کاغذ، درجه روشنی، حجم ویژه، شاخصهای مقاومتی

### مقدمه

فرآورده های کاغذی در سراسر جهان، گیاهان غیر چوبی و پسماندهای کشاورزی مورد توجه قرار گرفتند. برای گیاهان غیر چوبی چندین مزیت پیشنهاد می شود که عبارتند از کوتاهی دوره رشد، نیاز به حاصلخیزی (زمین) و آبیاری محدود و میزان لیگنین کم که سبب می شود

مصرف کاغذ در جهان در سال ۱۹۹۷-۱۹۹۶ حدود ۳۰۰ میلیون تن بود و انتظار میرود که در سال ۲۰۱۰ تا بیش از ۴۰۰ میلیون تن افزایش یابد. به دلیل کمبود مواد اولیه متداول برای خمیرسازی و افزایش تقاضا برای

شرط این که نسبت سود سوزآور به پروکسید هیدروژن به درستی تنظیم شده باشد (Pan et al. 2000 - Carol et al. 1999). خمیرسازی مکانیکی با پروکسید قلیایی (APMP) روش خمیرسازی موفق‌تری برای پهن برگان، بویژه گونه های سبک وزن و با رنگ روشن، مانند صنوبر بوده است. اعمال فرایند APMP چوب روی الیاف کشاورزی موفقیت آن را برای کنف، شاهدانه و باگاس ثابت کرده است (Pan et al. 2000). بنابراین این تحقیق به منظور بررسی ویژگیهای خمیرکاغذ APMP ساقه پنبه ساحل با تأکید بر تأثیر پوست و تغییر درصد پروکسید هیدروژن بر ویژگیهای خمیرکاغذ انجام شده است.

زو و همکاران (۱۹۹۹) در بررسی امکان استفاده از دو گونه اکالیپتوس شامل *E. grandis* از پاراگوئه، *E. grandis* و *E. saligna* از آرژانتین برای تولید خمیرکاغذی با درجه روشنی زیاد و با استفاده از روشهای BCTMP و APMP به این نتیجه رسیدند که: ۱- در دو مرحله آغشته سازی در فرایند APMP، توزیع مواد شیمیایی در طی دو مرحله نه تنها روی کارایی شیمیایی فرایند تأثیر داشته، بلکه روی قابلیت رنگبری ثانویه هم مؤثر بوده است. (نکته اصلی در محدودیت قابلیت رنگبری ثانویه در فرایند BCTMP)، بود در صورتی که خمیرکاغذهای APMP قابلیت رنگبری تا ۸۹ درصد ISO را داشتند. ۲- دو فرایند APMP و BCTMP از لحاظ مقدار خواص مقاومتی خمیرهای به دست آمده، از نظر پساب و مصرف انرژی در حین زمان فرایند مشابه یکدیگر بودند، ولی در یک درجه روشنی برابر، فرایند BCTMP دارای مقدار COD بیشتری در مقایسه با فرایند APMP بود.

رایسون (۲۰۰۱) در مقاله ای با عنوان خمیرکاغذهای APMP برای الیاف غیرچوبی، ویژگیهای

میزان انرژی و مواد شیمیایی مورد استفاده در طی خمیرسازی کاهش یابد (Ververis et al. 2004). از جمله پسماندهای کشاورزی ساقه پنبه می باشد، این ساقه دارای درصد قابل توجهی سلول های مغزی همراه با پوست خارجی تیره رنگ می باشد که مشکلاتی را در خمیرسازی و فرایند کاغذسازی ایجاد می کند (Ali Mona et al. 2002). در بررسی بر روی پسماندهای قابل استفاده در صنعت چوب و کاغذ، میزان ماده خشک تولید شده از ساقه پنبه ۱۹۵۰۰ کیلوگرم در هکتار اعلام شده است، همچنین ساقه پنبه در بین سایر پسماندهای کشاورزی استان گلستان بیشترین وزن خشک را داشت (سرائیان و کامرانی، ۱۳۸۶). در ژوئن ۱۹۸۹ شرکت اندریتز<sup>۱</sup> فرایندی را معرفی کرد که آن را خمیرسازی مکانیکی پروکسید قلیایی (APMP) نامید که نسبت به فرایند متداول CTMP رنگبری شده توسعه یافته تر است. APMP تنها فرایندیست که در آن خرده چوب ها با آغشته شدن به مایع خمیرسازی دارای پروکسید هیدروژن قبل از پالایش، رنگبری می شوند، چرا که خمیر اغلب از واکنش های تیره شدگی ناشی از فرایند های گرمایی و پالایشی (CTMP و TMP) و از قلیای موجود در فرایند CTMP (قلیایی) متداول آسیب می بیند. به طوریکه مزایای فرایند APMP در مقایسه با فرایندهای متداول نظیر CTMP عبارت از، کیفیت مطلوب خمیرکاغذ، صرف جویی در مصرف انرژی (مصرف انرژی در فرایند پالایش تا ۳۵٪ کاهش می یابد)، هزینه نصب کمتر سیستم خمیرسازی (به دلیل حذف واحد رنگبری) در مقایسه با سیستم CTMP رنگبری شده می باشد. واکنش های تیره شدگی می تواند در کل فرایند پالایش به حداقل برسد، به

سراثیان (۱۳۸۲) در بررسی خمیر کاغذ مکانیکی از کاه گندم با روش APMP نتیجه گرفت که با افزایش مقدار قلیای جذب شده توسط کاه، درجه روشنی خمیر کاغذهای تهیه شده کاهش و مقادیر مقاومت آنها افزایش یافته است. بیشترین بازده (۷۲/۳۶٪) مربوط به خمیر کاغذ دو مرحله پیش تیمار شده با آب سرد به مدت ۱۰ دقیقه و بالاترین درجه روشنی (۳۳/۸٪) مربوط به خمیر کاغذ دو مرحله پیش تیمار شده با آب جوش به مدت ۱۰ دقیقه بود همچنین کمترین بازده (۶۱/۲۵٪) و کمترین درجه روشنی از خمیر کاغذ یک مرحله پیش تیمار شده با سود سوزآور ۱۰٪ به مدت ۲۰ دقیقه بود.

مهدوی (۱۳۸۲) تولید خمیر کاغذ APMP چوب سپیدار و اختلاط آن با گونه تبریزی جهت ساخت کاغذ چاپ و تحریر را بررسی کرد و نتیجه گرفت که در سطح سود ۶٪، بهترین درجه روشنی خمیر کاغذ (۸۱/۹۳ درصد ISO) به دست می آید.

امیری (۱۳۸۴) در بررسی تهیه خمیر کاغذ ساقه پنبه با روش سودا نتیجه گرفت که اثر زمان و درجه حرارت پخت روی بازده خمیر کاغذ چشمگیرتر از تغییرات حاصل از نحوه بکارگیری ماده خام می باشد، به طوری که تأثیر ماده اولیه به صورت با پوست یا بدون پوست بر روی بازده خمیر کاغذ حاصل از آن چندان محسوس نیست. بنابراین شرایط تهیه خمیر کاغذ با توجه به شرایط میانگین و مطلوبتر شامل بکارگیری ساقه پنبه بدون پوست، دمای پخت ۱۶۰ درجه سانتیگراد و زمان پخت ۴۰ دقیقه پیشنهاد شده است.

فخریان و همکاران (۱۳۸۴) در مقاله ای با عنوان خصوصیات خمیر کاغذ CMP و APMP توسکای قشلاقی، ویژگیهای خمیر کاغذ و کاغذسازی توسکای قشلاقی ۴ ساله را با سه روش CMP, APMP یک مرحله ای و دو

خمیر کاغذ APMP باگاس را مورد ارزیابی قرار داد و با نتایج حاصل از خمیر کاغذهای APMP صنوبر آمریکای شمالی و کنف مقایسه نمود. نتایج نشان داد که: ۱- با پیش تیمار پروکسید قلیایی انرژی مصرف شده کمتر و ماتی و درجه روشنی نهایی بالاتری نسبت به خمیر کاغذهای CMP یا CTMP داشت؛ ۲- خمیرهای APMP باگاس با استفاده از مقدار متوسط مواد شیمیایی از نظر ویژگیهای پراکندگی نور و مقاومت ذاتی خمیر کاغذ در سطح صنوبر قرار دارد، اما نسبت به کنف در درجه کمتری می باشد. ۳- فرایند APMP قابلیت رنگبری بهتری را نسبت به CTMP با رنگبری تکمیلی نشان داد.

علی و همکاران (۲۰۰۲) از ساقه پنبه با روش سودای سرد و APMP خمیر کاغذ ساختند و خصوصیات آنها را با هم مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که بازده هر دو فرایند کم بود، اما با مقادیر حاصل از خمیرسازی نیمه شیمیایی قابل مقایسه بودند. بطوریکه مقاومت ها در مقایسه با خمیرسازی شیمیایی کمتر بودند، اما با مقادیر خمیرسازی نیمه شیمیایی قابل مقایسه بودند. خمیر کاغذهای تولید شده از فرایند APMP، ۵۰٪ روشتر و اندکی ضعیفتر از خمیر کاغذ حاصل از فرایند سودا بودند.

شکوهی (۱۳۷۶) در مطالعه ای که با عنوان بررسی مقایسه ای دو فرایند سودا و کرافت در پخت ساقه پنبه انجام داد نتیجه گرفت که مناسبترین شرایط استفاده از سود سوزآور ۱۶٪، زمان پخت ۲۵ دقیقه و درجه حرارت ۱۶۵ درجه سانتیگراد و نسبت مایع پخت به ساقه پنبه شش به یک می باشد. در این شرایط پخت، بازده خمیر کاغذ ۵۵/۱۸٪ و عدد کاپا ۱۰۶/۱ بوده است.

در الکل - تولوئن و اندازه گیری میزان خاکستر به ترتیب با دستورالعمل های T۲۵۷cm-۰۲، T۲۶۴cm-۹۷، T۲۲۲cm-۰۲ و T۲۱۱ om-۰۲ و نیز اندازه گیری سلولز با روش اسید نیتریک انجام شد.

### تهیه خرده های ساقه پنبه

برای این منظور ساقه های پنبه در ابتدا به دو صورت با پوست و بدون پوست (پوست کنی شده) آماده سازی شدند و بعد به وسیله اهر نواری کوچک به طول ۲/۵ سانتیمتر بریده شدند و در ادامه با ابزارهای دستی در امتداد طولی، نمونه ها به ضخامت حداکثر ۵ میلیمتر تهیه شدند.

### تهیه خمیر کاغذ

در این بررسی کلیه تیمارها با ۶٪ هیدروکسید سدیم و ۴٪ پروکسید هیدروژن، و به صورت دو مرحله انجام شد و در مجموع برای هر دو مرحله (بر مبنای وزن خشک ماده اولیه)، زمان ۲۰ دقیقه برای مرحله اول و ۱۰۰ دقیقه برای مرحله دوم، دمای ثابت ۷۰ درجه سانتیگراد برای هر دو مرحله و با نسبت مایع خمیرسازی به خرده ساقه پنبه شش به یک انجام شد. مقدار هیدروکسید سدیم در تیمارها ثابت بوده و به میزان ۴٪ در مرحله اول و ۲٪ در مرحله دوم استفاده شد، درحالیکه مقدار پروکسید هیدروژن در تمامی این تیمارها متغیر بود و در سه سطح، برای مرحله اول در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ به ترتیب ۰، ۱ و ۲ درصد و برای مرحله دوم این تیمارها نیز در سه سطح ۴، ۳ و ۲ درصد بکار گرفته شد. فرآوری ساقه های خرد شده در این شرایط با استفاده از ۱۰۰ گرم ماده اولیه بر مبنای وزن خشک از ساقه های خرد شده با پوست و بدون پوست بصورت مجزا انجام شد، و پس از خنثی

مرحله ای مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که در بین این سه روش بیشترین طول پارگی، ماتی، درجه روشنی، و شاخص مقاومت به پارگی مربوط به APMP دو مرحله ای بود و بیشترین بازده و شاخص مقاومت به ترکیدن مربوط به خمیر کاغذ CMP می باشد.

نجفیان و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی تأثیر عوامل مؤثر فرآیندی بر روشنی و بازده خمیر کاغذ APMP از چوب صنوبر تبریزی که با استفاده از ۷٪ سود و ۶٪ پروکسید هیدروژن (به همراه عوامل کلیت ساز) با درصد نسبی مصرف این مواد در مرحله اول به ترتیب ۶۰ و ۲۰ درصد (در درصد خشکیهای ۳۴٪ و ۲۳٪ به ترتیب در مرحله اول و دوم)، انجام شد و به این نتیجه رسیدند که خمیر کاغذ APMP در بازده قابل قبول، دارای درجه روشنی مطلوبتری است.

### مواد و روشها

#### تهیه نمونه

نمونه برداری از مزرعه ای در اطراف شهرستان بابل، منطقه چاری انجام شد. و نمونه های ساقه پنبه برای اندازه گیری ویژگیهای شیمیایی و بررسی بازده و روشنی خمیر کاغذ ها به آزمایشگاه چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند.

#### اندازه گیری ترکیبات شیمیایی ساقه پنبه

ترکیبات شیمیایی ساقه پنبه بر اساس استاندارد تاپی<sup>۱</sup> انجام شد. تهیه آرد چوب، تهیه پودر عاری از مواد استخراجی، اندازه گیری لیگنین، مواد استخراجی محلول

محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل ویژگیهای مربوط به خمیرهای حاصل از ساقه پنبه در شرایط با پوست و بدون پوست از آزمون تجزیه واریانس و همچنین برای مقایسه میانگین داده ها از آزمون دانکن و به وسیله نرم افزار SAS انجام شد. برای رسم نمودارها و گرافها از نرم افزار EXCEL استفاده شده است.

### نتایج

ویژگیهای بدست آمده از خمیر کاغذهای APMP می تواند تحت تأثیر ساختارهای شیمیایی ماده اولیه و میزان مصرف مواد شیمیایی استفاده شده قرار گیرد، به طوری که مقادیر ترکیبات شیمیایی پوست و مغز ساقه پنبه ساحل در جدول ۱ ارائه شده است. بنابراین نتایج به دست آمده نشان داد که درصد سلولز در مغز ساقه پنبه بیشتر از پوست آن می باشد و بقیه مقادیر در پوست ساقه پنبه بیشتر است.

سازی (قلیای باقیمانده) و غربال کردن آنها بازده خمیر کاغذها تعیین شد. برای اندازه گیری ویژگیهای مکانیکی و فیزیکی، خمیرهای تهیه شده از ساقه های پنبه با پوست و بدون پوست تا درجه روانی حدود ۳۰۰ میلی لیتر (CSF)<sup>۱</sup> بر طبق استاندارد T248 sp-00 پالایش شدند و از آنها کاغذهای دست ساز تهیه شد. ویژگیهای نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست ساز با استفاده از استانداردهای تاپی انجام شد. تهیه کاغذهای دست ساز، درجه روشنی، ماتی، مقاومت به پارگی، مقاومت به ترکیدن، مقاومت کششی و طول پارگی و ضخامت کاغذها به ترتیب با دستورالعمل های T248 sp-95، T403om-02، T414om-04، T452om-02، T452om-02، T411om-05 و T494om-02 انجام شد.

### روش تجزیه و تحلیل آماری

طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع کاملاً تصادفی می باشد. برای ترکیبات شیمیایی میانگین داده ها،

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی پوست و مغز ساقه پنبه ساحل

مغز (%)	پوست (%)	ترکیبات شیمیایی
۲۱/۲۷	۴۸/۳۵	مواد قابل حل در سود یک درصد
۹/۶۸	۱۹/۴۸	مواد قابل حل در آب داغ
۳/۲۳	۶/۰۶	مواد استخراجی محلول در الکل- تولوئن
۱/۸۵	۶/۳۶	خاکستر
۲۱/۸۹	۲۳/۹۳	لیگنین
۴۸/۳۰	۳۹/۲۶	سلولز

بازده کل خمیر کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست نتایج مربوط به بازده خمیر کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست در جدول ۲ نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داده است که بین بازده کل خمیر کاغذها در تیمارهای مختلف و در شرایط با پوست و

بدون پوست در سطح ۱٪ اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ۴). به طوری که آزمون دانکن نیز بازده کل خمیر کاغذها را برای دو شرایط با پوست و بدون پوست در دو گروه قرار داد (جدول ۵).

جدول ۲- نتایج مربوط به بازده خمیر در شرایط تیمار با پوست و بدون پوست

بازده کل خمیر (%)	بازده پس از آغشته سازی (%)	بازده خمیر پس از غربال (%)	وازد روی غربال با مش ۲۰ (%)	بازده کل خمیر (%)	نوع تیمار	تیمارها
۶۰/۵۵	۸۵/۷۲	۵۱/۷۴	۸/۸۱	۶۰/۵۵	با پوست	۱*
۵۹/۷۳	۸۸/۲۶	۵۳/۶۸	۶/۰۵	۵۹/۷۳		۲**
۶۸/۲۹	۸۷/۸	۴۶/۶۴	۲۱/۶۵	۶۸/۲۹		۳***
۶۸/۷۴	۸۷/۱۳	۴۷/۵۳	۲۱/۲۱	۶۸/۷۴	بدون پوست	۱*
۷۵/۵۰	۸۶/۲۶	۴۷/۹۶	۲۸/۵۴	۷۵/۵۰		۲**
۷۷/۲۵	۸۸/۳۲	۴۴/۴۶	۳۲/۷۹	۷۷/۲۵		۳***

\* مرحله اول تیمار (۴٪ سود سوزآور بدون پروکسید هیدروژن) و مرحله دوم تیمار (۲٪ سود سوزآور به همراه ۴٪ پروکسید هیدروژن)

\*\* مرحله اول تیمار (۴٪ سود سوزآور به همراه ۱٪ پروکسید هیدروژن) و مرحله دوم تیمار (۲٪ سود سوزآور به همراه ۳٪ پروکسید هیدروژن)

\*\*\* مرحله اول تیمار (۴٪ سود سوزآور به همراه ۲٪ پروکسید هیدروژن) و مرحله دوم تیمار (۲٪ سود سوزآور به همراه ۲٪ پروکسید هیدروژن)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به بازده کل خمیر کاغذ نشان داد که در تمامی تیمارها بین شرایط با پوست و بدون پوست در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۳). آزمون دانکن نیز مقادیر میانگین

بازده کل خمیر کاغذهای با پوست و بدون پوست را در دو گروه قرار داد (جدول ۴). نتایج حاصل نشان داد که بازده کل خمیر کاغذ در تیمارهای با پوست کمتر از تیمارهای بدون پوست بود (جدول ۳).

جدول ۳- آزمون تجزیه واریانس بازده و ویژگیهای نوری خمیر کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست

نوع تیمار	درجه آزادی	سطح معنی داری	
		بازده کل خمیر کاغذ	درجه روشنی
تیمارهای با پوست	۲	۰/۰۰۰۱*	۰/۱۸۳Ns
تیمار بدون پوست	۲	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۴۶***
ماتی			۰/۹۸۶۸Ns

\* معنی داری در سطح ۱٪، \*\* معنی داری در سطح ۵٪، ns عدم معنی داری

جدول ۴- آزمون دانکن بین شرایط باپوست و بدون پوست برای بازده و ویژگیهای نوری

شرایط تیمار			میانگین
تیمارها	۱	۲	
۳			
بازده کل خمیرکاغذ (درصد)			
۷۷/۲۵ <sup>a-a</sup>	۷۵/۵۰ <sup>a-a</sup>	۶۸/۷۴ <sup>b-a</sup>	تیمارهای بدون پوست
۶۸/۲۹ <sup>a-b</sup>	۵۹/۷۳ <sup>a-b</sup>	۶۰/۵۵ <sup>b-b</sup>	تیمار با پوست
روشنی (درصد ISO)			
۵۶/۲۶ <sup>b-a</sup>	۵۶/۶۰ <sup>b-a</sup>	۵۷/۰۳ <sup>a-a</sup>	تیمارهای بدون پوست
۴۱/۴۳ <sup>a-b</sup>	۴۲/۰۳ <sup>a-b</sup>	۴۲/۲۳ <sup>a-b</sup>	تیمار با پوست
ماتی (درصد)			
۹۶/۹۶ <sup>a-a</sup>	۹۶/۸۶ <sup>a-a</sup>	۹۶/۹۳ <sup>a-a</sup>	تیمار با پوست
۹۰/۲۰ <sup>b-b</sup>	۹۲/۹۰ <sup>b-a</sup>	۹۴/۳۰ <sup>a-b</sup>	تیمارهای بدون پوست

حروف سمت چپ مربوط به هر عدد (در جهت افقی جدول) نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای ۱، ۲ و ۳ می باشد.

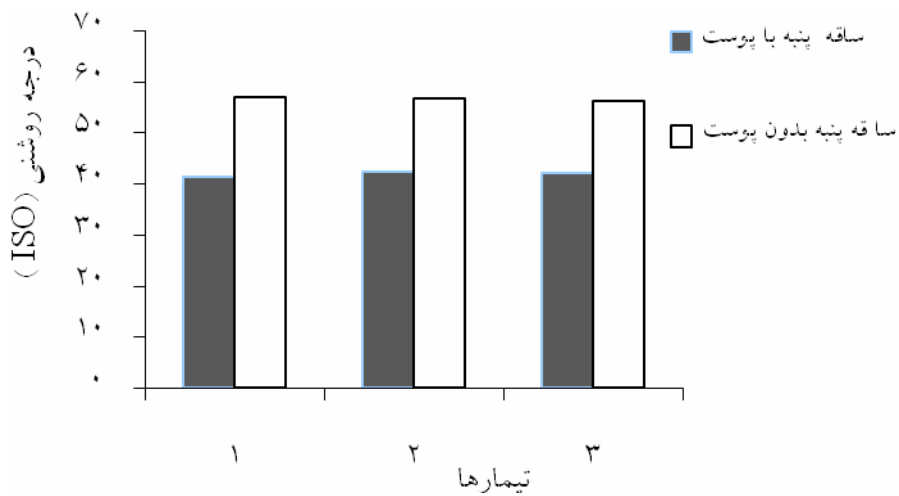
حروف سمت راست مربوط به هر عدد (در جهت عمودی جدول) نشان دهنده اختلاف معنی داری بین تیمارهای باپوست و بدون پوست است

#### درجه روشنایی خمیرکاغذ

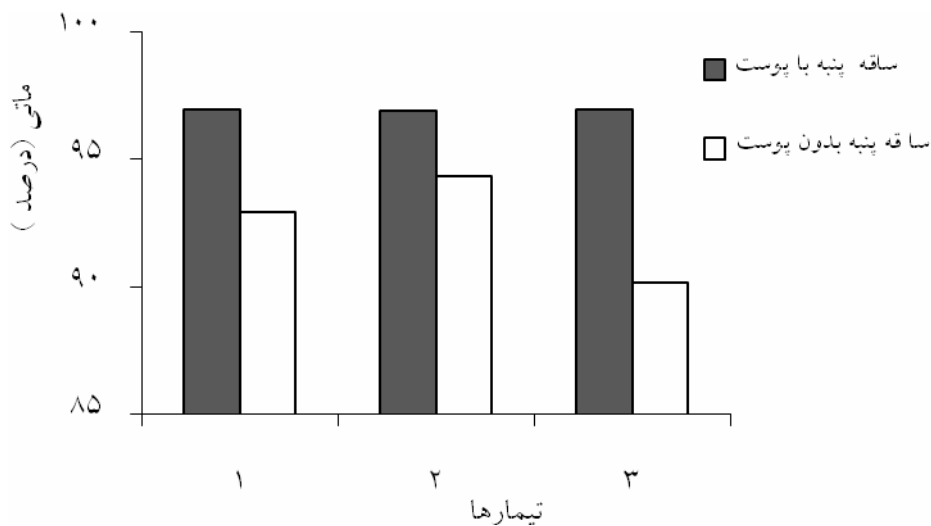
نتایج آماری حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین درجه روشنایی خمیرکاغذها در سه تیمار مختلف در شرایط باپوست اختلاف معنی داری وجود ندارد، در حالی که درجه روشنایی خمیرکاغذها بین تیمارهای مختلف در شرایط بدون پوست در سطح ۰.۵٪ معنی دار است (جدول ۳). آزمون دانکن نیز درجه روشنایی مربوط به تیمارها در شرایط باپوست را در یک گروه و تیمارها در شرایط بدون پوست را در دو گروه قرار داد (جدول ۴). نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در تمامی تیمارها تفاوت درجه روشنایی خمیرکاغذ بین شرایط باپوست و بدون پوست در سطح ۰.۱٪ معنی دار است (جدول ۳). آزمون دانکن نیز میانگین درجه روشنایی خمیرکاغذ را در دو گروه رده بندی کرد (جدول ۴) و در همه موارد در شرایط بدون پوست درجه روشنایی خمیرکاغذ بیشتر بوده است (شکل ۱).

#### ماتی خمیرکاغذ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می دهد که ماتی خمیرکاغذ بین تیمارهای مختلف در شرایط باپوست معنی دار نیست، در حالی که در شرایط بدون پوست در سطح ۰.۵٪ معنی دار می باشد (جدول ۳). آزمون دانکن ماتی خمیرکاغذ در شرایط باپوست و بدون پوست را به ترتیب در یک و دو گروه قرار داد (جدول ۴). نتایج آماری حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که ماتی خمیرکاغذ بین شرایط باپوست و شرایط بدون پوست در تیمار اول و در تیمار سوم در سطح ۰.۱٪ اختلاف معنی دار است و در تیمار دوم اختلاف معنی دار نیست (جدول ۴). ماتی خمیرکاغذهای باپوست در مقایسه با خمیرکاغذهای بدون پوست بیشتر است (شکل ۲).



شکل ۱- درجه روشنی خمیر کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست



شکل ۲- ماتی خمیر کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست

### مقاومت‌های مکانیکی کاغذ

#### شاخص مقاومت کششی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین مقادیر شاخص مقاومت کششی در سه تیمار مختلف در شرایط با پوست و در شرایط بدون پوست در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۵).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که شاخص مقاومت کششی در سه تیمار مختلف بین شرایط با پوست و بدون پوست در سطح ۰٫۵٪ اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۵). آزمون دانکن نیز تمامی تیمارها را در دو گروه قرار داد و در این تیمارها شرایط بدون پوست، شاخص مقاومت کششی بیشتری دارد (جدول ۶ و شکل ۳).



جدول ۵ - آزمون تجزیه واریانس ویژگیهای مقاومتی در شرایط با پوست و بدون پوست

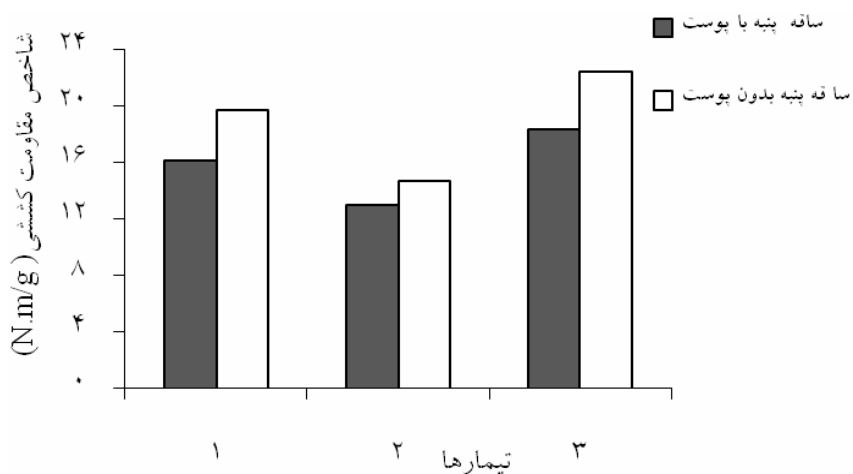
نوع تیمار	درجه آزادی	سطح معنی داری		
		شاخص کششی	طول پاره شدن	شاخص ترکیدن
تیمارهای با پوست	۲	۰/۰۰۱۲*	۰/۰۰۱۳*	۰/۰۰۰۱*
تیمار بدون پوست	۲	۰/۰۰۰۹*	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۸*

\* معنی داری در سطح ۱٪، \*\* معنی داری در سطح ۵٪، ns عدم معنی داری

جدول ۶ - آزمون دانکن ویژگیهای مقاومتی بین شرایط با پوست و بدون پوست

نوع تیمار	تیمارها		
	۱	۲	۳
شاخص کششی (N.m/g)			
تیمارهای بدون پوست	۱۹/۷۱ c-a	۱۳/۰۲ b-a	۲۲/۵۲ a-a
تیمار با پوست	۱۶/۱۹ c-b	۱۴/۶۹ b-b	۱۸/۲ a-b
طول پاره شدن (km)			
تیمارهای بدون پوست	۲/۰۰ b-a	۱/۴۹ c-a	۲/۲۹ a-a
تیمار با پوست	۱/۶۵ b-b	۱/۳۲ c-b	۱/۸۷ a-b
شاخص ترکیدن (kPa.m <sup>2</sup> /g)			
تیمارهای بدون پوست	۰/۷۵۹ b-a	۰/۶۲۷ c-a	۰/۹۶۱ a-a
تیمار با پوست	۰/۷۱۹ b-b	۰/۴۷۷ c-a	۰/۷۸۵ a-b
شاخص پاره شدن (mN.m <sup>2</sup> /g)			
تیمارهای بدون پوست	۶/۹۷ b-a	۶/۹۳ a-a	۶/۹۹ a-a
تیمار با پوست	۶/۹۷ b-a	۶/۹۳ a-a	۶/۹۹ a-a

حروف سمت چپ مربوط به هر عدد (در جهت افقی جدول) نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای ۱، ۲ و ۳ می باشد. حروف سمت راست مربوط به هر عدد (در جهت عمودی جدول) نشان دهنده اختلاف معنی داری بین تیمارهای با پوست و بدون پوست است.



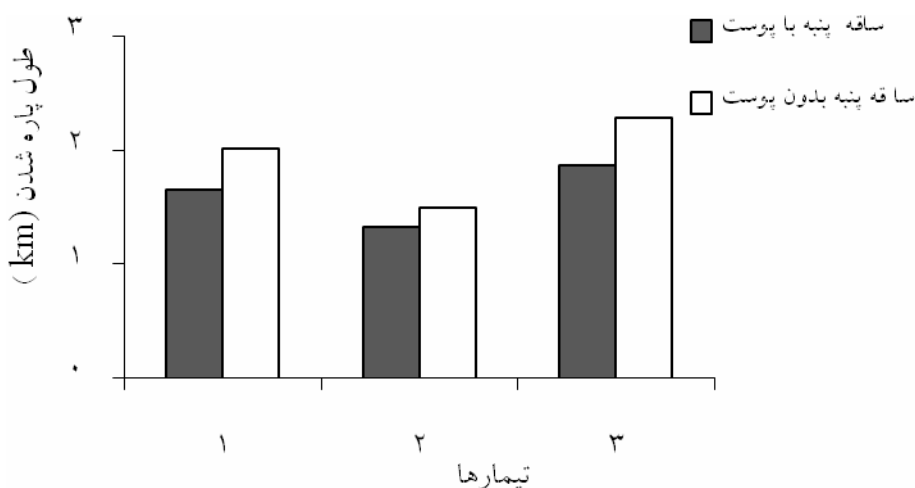
شکل ۳- شاخص مقاومت کششی کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست

## طول پاره شدن

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که در بین تیمارهای مختلف در شرایط باپوست و نیز تیمارهای بدون پوست اختلاف طول پاره شدن در سطح ۱٪ معنی دار می باشد (جدول ۵). آزمون دانکن نیز تیمارهای باپوست و تیمارهای بدون پوست را در سه گروه قرار داد (جدول ۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که طول

پارگی در تیمارهای اول، دوم و سوم بین شرایط باپوست و بدون پوست در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۵) و آزمون دانکن طول پاره شدن بین شرایط باپوست و بدون پوست را برای تیمارهای مختلف در دو گروه نشان می دهد (جدول ۵) و در همه موارد طول پاره شدن در شرایط بدون پوست بیشتر بود (شکل ۴).

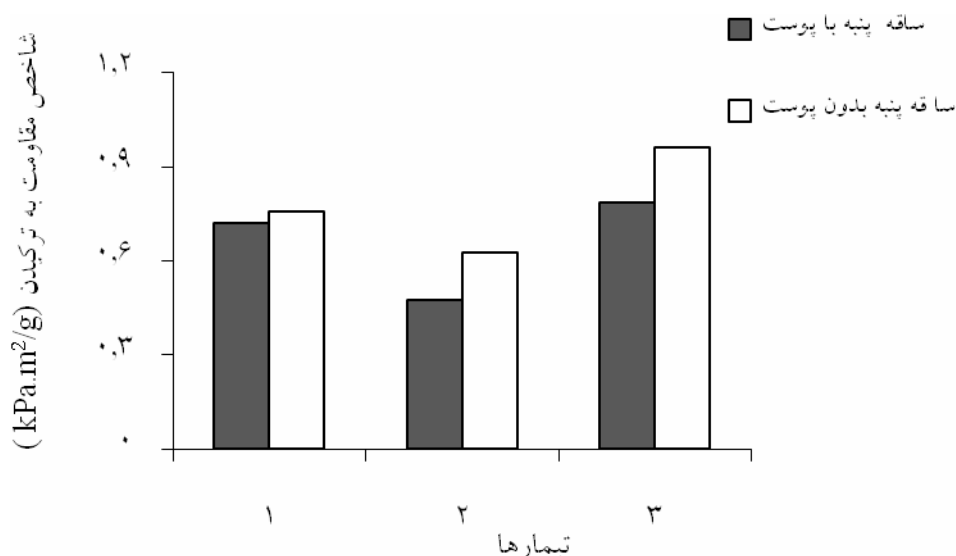


شکل ۴- طول پاره شدن کاغذ در شرایط باپوست و بدون پوست

## شاخص مقاومت به ترکیدن

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که شاخص مقاومت به ترکیدن بین تیمارهای مختلف در شرایط باپوست و نیز بین تیمارها در شرایط بدون پوست در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۵). آزمون دانکن نیز تیمارها در شرایط باپوست و بدون پوست را به ترتیب به دو گروه و سه گروه تقسیم نمود که تیمار سوم بیشترین مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن را داشت (جدول ۶). نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس

نشان داد که، شاخص مقاومت به ترکیدن در تیمار اول بین شرایط باپوست و بدون پوست معنی دار نیست. و در تیمار دوم در سطح ۵٪ و در تیمار سوم در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۵). آزمون دانکن نیز تیمار اول را در یک گروه و تیمارهای دوم و سوم را در دو گروه قرار داد (جدول ۶). که در تمامی این تیمارها شرایط بدون پوست شاخص مقاومت به ترکیدن بیشتری داشت (شکل ۵).

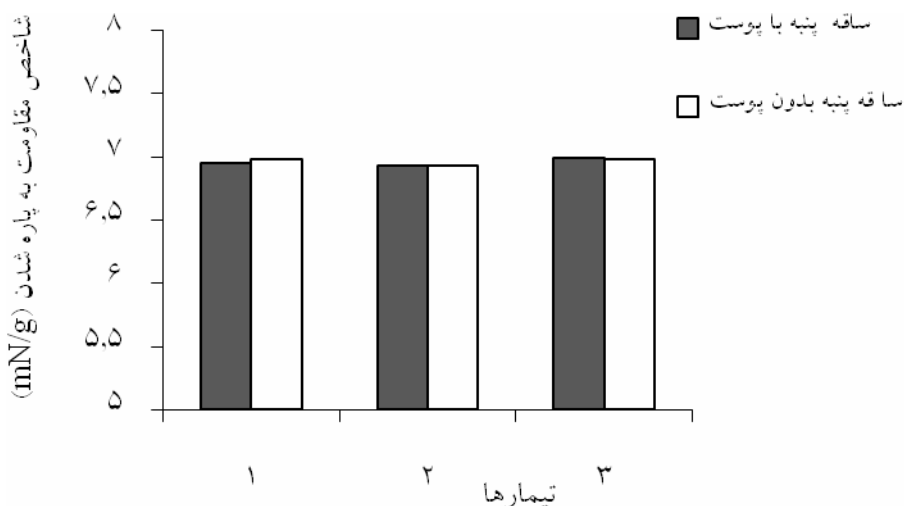


شکل ۵ - شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ در شرایط باپوست و بدون پوست

شاخص مقاومت به پاره شدن

آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف شرایط باپوست و نیز شرایط بدون پوست در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار وجود دارد (جدول ۵). آزمون دانکن، تیمارهای مختلف در شرایط باپوست را به دو گروه و شرایط بدون پوست را به سه گروه تقسیم می کند که تیمار سوم

بیشترین مقدار را در هر دو شرایط دارد (جدول ۶). آزمون تجزیه واریانس نشان داد که در تیمارهای مختلف بین شرایط باپوست و بدون پوست اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۵) و آزمون دانکن نیز تمامی تیمارها را در یک گروه قرار داد (جدول ۶). شاخص مقاومت به پاره شدن بین شرایط باپوست و بدون پوست یکسان است (شکل ۶).



شکل ۶ - شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذ در شرایط باپوست و بدون پوست

## خواص فیزیکی کاغذ

## ضخامت کاغذ

آزمون تجزیه واریانس نشان داد که ضخامت کاغذ بین تیمارهای مختلف در شرایط با پوست در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار وجود دارد و برای شرایط بدون پوست

بین تیمارها اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۷). آزمون دانکن ضخامت کاغذ در شرایط با پوست را در دو گروه طبقه بندی کرد که بیشترین ضخامت کاغذ مربوط به تیمار سوم می باشد و در شرایط بدون پوست، تیمارها را در یک گروه قرار داد (جدول ۸).

جدول ۷- آزمون تجزیه واریانس ویژگیهای فیزیکی کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست

نوع تیمار	درجه آزادی	ضخامت کاغذ	سطح معنی داری
تیمارهای با پوست	۲	۰/۰۳۲**	حجم ویژه کاغذ
تیمارهای بدون پوست	۲	۰/۰۰۰۹*	۰/۰۳۳**

\* معنی داری در سطح ۱٪، \*\* معنی داری در سطح ۵٪، ns عدم معنی داری

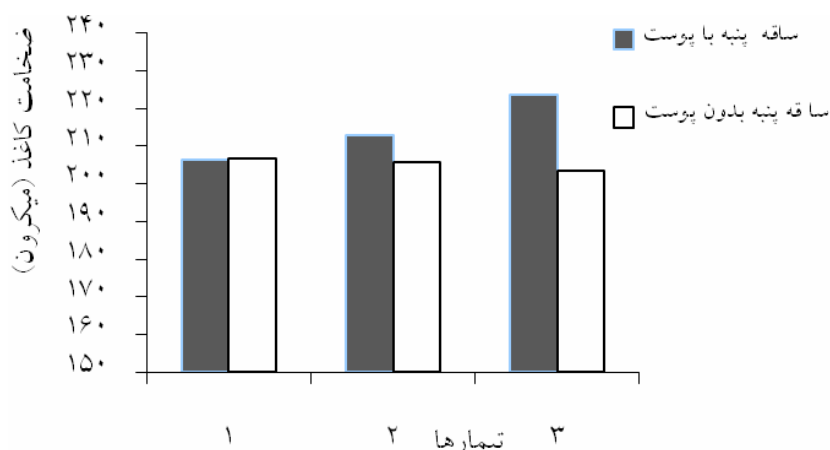
در سطح ۵٪ معنی دار می باشد (جدول ۷). آزمون دانکن نیز تیمار اول را در یک گروه و تیمارهای دوم و سوم را در دو گروه قرار داد (جدول ۸). نتایج حاصل از ضخامت کاغذ در شکل ۷ نشان داده شده است.

ضخامت کاغذ بین تیمارهای با پوست و بدون پوست مورد بررسی قرار گرفت. آزمون تجزیه واریانس نشان داد که ضخامت کاغذ در تیمار اول بین شرایط با پوست و بدون پوست معنی دار نیست و در تیمارهای دوم و سوم

جدول ۸- آزمون دانکن ویژگیهای فیزیکی کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست

نوع تیمار	تیمارها		
	۳	۲	۱
میانگین مقاومتها			
- ضخامت کاغذ (میکرون)			
تیمار با پوست	۲۲۳/۶۰ a-a	۲۱۳ b-a	۲۰۶/۴۰ b-a
تیمارهای بدون پوست	۲۰۳/۴۰ a-b	۲۰۵/۸۰ a-b	۲۰۶/۶۰ a-a
- حجم ویژه کاغذ (cm <sup>3</sup> /g)			
تیمار با پوست	۳/۴۴ a-a	۳/۳۸۸ b-a	۳/۴۲۸ b-a
تیمارهای بدون پوست	۳/۷۲۴ a-b	۳/۵۴۶ a-b	۳/۴۳۸ a-a

حروف سمت چپ مربوط به هر عدد (در جهت افقی جدول) نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای ۱، ۲ و ۳ می باشد و حروف سمت راست مربوط به هر عدد (در جهت عمودی جدول) نشان دهنده اختلاف معنی داری بین تیمارهای با پوست و بدون پوست است.

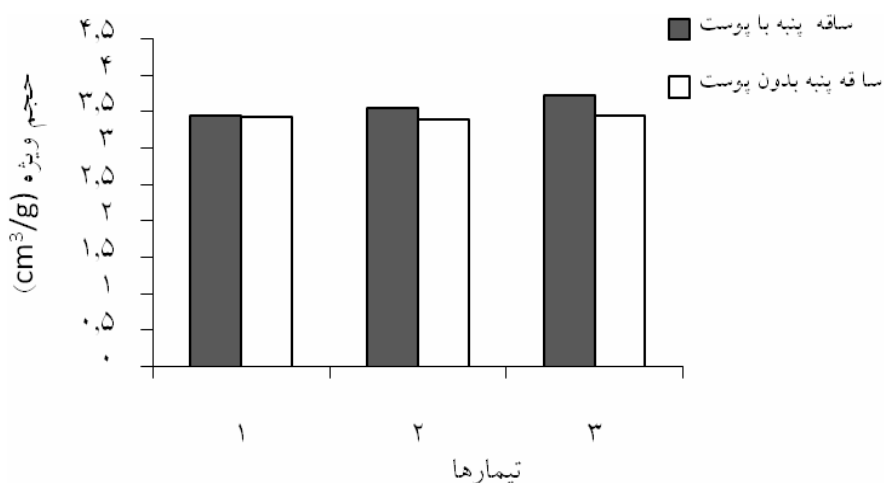


شکل ۷- ضخامت کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست

**حجم ویژه کاغذ**

نتایج آماری نشان داد که بین حجم ویژه کاغذ حاصل از تیمارهای مختلف در شرایط با پوست در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار وجود دارد. اما در شرایط بدون پوست بین حجم ویژه کاغذ تیمارهای مختلف، اختلاف معنی داری وجود ندارد (جدول ۷). آزمون دانکن حجم ویژه خمیر کاغذ تیمارهای شرایط با پوست را در دو گروه قرار داد که بیشترین آن مربوط به تیمارهای سوم می باشد، در حالی که حجم ویژه تیمارهای شرایط بدون پوست را فقط در یک گروه قرار داد (جدول ۸).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می دهد که حجم ویژه کاغذ در تیمار اول بین شرایط با پوست و بدون پوست اختلاف معنی دار ندارد و برای تیمار دوم و سوم در سطح ۵٪ اختلاف معنی دار است (جدول ۷). آزمون دانکن تیمار اول بین شرایط با پوست و بدون پوست در یک گروه و تیمارهای دوم و سوم را در دو گروه قرار داد (جدول ۸) و در این تیمارها حجم ویژه بیشتر مربوط به شرایط با پوست است (شکل ۸).



شکل ۸ - حجم ویژه کاغذ در حالت با پوست و بدون پوست

## بحث

## تأثیر پوست بر بازده کل خمیر کاغذ

پوست ساقه پنبه در مقایسه با مغز آن مواد قابل حل در سود سوز آور و قابل حل در آب داغ بیشتری دارد (جدول ۱) و بخش قابل توجهی از این مواد در اثر واکنش با مواد شیمیایی حل می شوند، به همین دلیل اُفت بازده خمیر کاغذ های دارای پوست بیشتر از خمیر کاغذ های بدون پوست می باشد. به علاوه اینکه ساقه گیاهان دولپه ای مانند ساقه پنبه از قسمت داخلی (مغز) و قسمت خارجی (پوست) تشکیل شده به طوری که مغز عمدتاً شامل الیاف چوبی و آوندها و پوست به طور عمده شامل الیاف آبکشی<sup>۱</sup>، پارانشیم و عناصر لوله ای غربالی<sup>۲</sup> می باشد [۶].

بنابراین چون بخش عمده پوست شامل سلولهای پارانشیمی و عناصر لوله ای غربالی می باشد، به نظر می رسد که این سلولها و حتی بخشی قابل توجهی از الیاف آبکشی بعد از جداسازی الیاف و پالایش به شکل نرمه از سیستم خارج می شوند. بنابراین در شرایط با پوست در مقایسه با شرایط بدون پوست نرمه های بیشتری تولید شده که با اُفت بازده همراه است.

## تأثیر درصد پروکسید هیدروژن بر بازده خمیر کاغذ

به نظر می رسد پروکسید هیدروژن به صورت غیرمستقیم بر بازده خمیر کاغذ اثر می گذارد که نسبت قلیا به پروکسید هیدروژن از تیمار اول به تیمار سوم افزایش یافت که به ترتیب ۰/۵، ۰/۶۶ و ۱ می باشد. با افزایش نسبت قلیا به پروکسید هیدروژن در مرحله دوم آغشته سازی، بازده کل خمیر کاغذ افزایش یافت. این نتیجه با

نتایج تحقیقات علی و همکاران (۲۰۰۲) و نجفیان (۱۳۸۴) مطابقت دارد. تأثیر هیدرولیز قلیایی به ویژه برای الیاف غیرچوبی و پهن برگان، اُفت بازده است. زیرا همی سلولزها نسبت به هیدرولیز قلیایی بسیار آسیب پذیر بوده و اُفت بازده را سبب می شود (مهدوی، ۱۳۸۲). در مرحله اول آغشته سازی تیمارهای اول و دوم به دلیل اینکه غلظت پروکسید هیدروژن مورد استفاده بسیار کم بوده و قدرت قلیا زیاد است بنابراین با افزایش تخریب همی سلولزها، اُفت بازده حاصل می شود.

## درجه روشنی خمیر کاغذ

با افزایش نسبت سود به پروکسید هیدروژن در مرحله دوم آغشته سازی از تیمار اول به تیمار سوم، به دلیل تأثیر قلیا روشنی خمیر کاغذ کاهش یافت. درجه روشنی خمیر کاغذ حاصل از تیمارهای بدون پوست بیشتر از تیمارهای با پوست بود که بیشترین تفاوت درجه روشنی خمیر کاغذ بین این دو شرایط در تیمار اول می باشد (شکل ۱). به طوری که در سه تیمار انجام شده در شرایط با پوست روشنی ها مشابه و تابع درصد پروکسید هیدروژن مصرفی بوده و نسبت سود سوز آور به پروکسید هیدروژن تأثیر چندانی بر درجه روشنی نداشته است. در صورتی که اعمال تغییر درصد پروکسید هیدروژن در شرایط بدون پوست بر درجه روشنی خمیر کاغذ تأثیر بیشتری داشته است. این نتیجه با نتایج تحقیقات علی و همکاران (۲۰۰۲)، مهدوی (۱۳۸۲) و نجفیان (۱۳۸۴) مطابقت دارد. به نظر می رسد که اختلاف درجه روشنی خمیر بین شرایط با پوست و بدون پوست به دلیل این است که، وجود مواد استخراجی بیشتر و همچنین اپیدرم تیره رنگ پوست سبب می شود که بخش بیشتری از این مواد بعد از خمیر سازی در خمیر کاغذ

1-Phloem Fibers

2- Sieve Tube Elements

(در شرایط با پوست و بدون پوست) کلیه شاخصهای مقاومتی ابتدا کاهش و بعد افزایش یافت. این نتیجه با نتایج حاصل از تحقیقات علی و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. تیمار سوم بیشترین مقدار شاخص مقاومت کششی و تیمار دوم کمترین مقدار را داراست. بنابراین تیمار سوم بیشترین نسبت سود سوزآور به پروکسید هیدروژن را در مرحله دوم داشت، به دلیل اینکه تأثیرگذاری بیشتر قلیا در مرحله دوم این تیمار نسبت به تیمارهای دیگر شاخصهای مقاومتی زیادتری را دارد. از طرف دیگر برای تیمار سوم در مقایسه با تیمارهای دیگر از درصد پروکسید هیدروژن یکسان در هر دو مرحله استفاده شده است؛ از این رو در واکنش های رنگبری، پروکسید هیدروژن، قلیای بیشتری را استفاده می کند. بنابراین قلیای کمتری برای حمله به همی سلولزها باقی می ماند. در نتیجه همی سلولزهای بیشتری حفظ می شوند و با این کار پالایش پذیری الیاف بیشتر شده و با افزایش اتصال بین الیاف شاخص مقاومت کششی کاغذ افزایش می یابد.

به طوری که مرحله اول در تیمار اول به دلیل این که فقط از هیدروکسید سدیم استفاده شده است مواد استخراجی و لیگنین بیشتری نسبت به تیمار دوم توسط قلیا حل شده و با افزایش اتصال بین الیاف شاخص مقاومت کششی افزایش می یابد. چند عامل در کمتر بودن شاخص مقاومت کششی در شرایط با پوست نسبت به شرایط بدون پوست می تواند مؤثر باشد، وجود مواد استخراجی و ترکیبات غیرآب دوست در پوست، سبب کاهش آب دوستی و پالایش پذیری الیاف شده و با کاهش فیبریل شدن الیاف و نیز اتصال بین الیاف، شاخص مقاومت کششی کاغذ دارای پوست کاهش می یابد.

نهایی باقی بماند که عامل مهمی در کاهش درجه روشنی خمیر بحساب می آید. بنابراین وجود مقادیر زیادتری از عناصر فلزی سنگین در خاکستر پوست نیز می تواند، تا اندازه ای سبب تجزیه پروکسید هیدروژن شده و از کارآیی آن در رنگبری بکاهد (پن ۲۰۰۰)، به همین دلیل میزان درجه روشنی خمیر در تیمارهای با پوست کمتر از تیمارهای بدون پوست می باشد.

### ماتی خمیر کاغذ

با افزایش نسبت سود سوزآور به پروکسید هیدروژن از تیمار اول به تیمار سوم در مرحله دوم آغشته سازی، به دلیل تأثیر قلیا، ماتی خمیر کاغذ در شرایط با پوست ابتدا بصورت جزئی کاهش و بعد بطور جزئی افزایش یافت. در حالی که در شرایط بدون پوست، ماتی کاغذ در این حالت کاهش یافت. در شرایط با پوست به دلیل وجود اپیدرم تیره رنگ پوست و نیز ترکیبات شیمیایی به ویژه مواد استخراجی، تغییر درصد پروکسید هیدروژن و نوع تیمار تأثیر معنی داری بر ماتی خمیر کاغذ نداشته است. به نحوی که نتایج حاصل از این تحقیق با تحقیقات علی و همکاران (۲۰۰۲) مطابقت دارد. در شرایط با پوست به دلیل وجود اپیدرم تیره رنگ و مواد استخراجی و همچنین نرمه های بیشتر، تفرق نور و در نتیجه ماتی خمیر کاغذ افزایش یافت و علاوه بر این اتصال بین الیاف در شرایط با پوست به دلیل وجود مواد استخراجی بیشتر، کمتر بوده و تفرق نور و به تبع آن ماتی خمیر کاغذ افزایش می یابد.

### شاخص مقاومتی مکانیکی کاغذ

با افزایش نسبت سود سوزآور به پروکسید هیدروژن در مرحله دوم آغشته سازی از تیمار اول به تیمار سوم

پوست ساقه پنبه سلولز کمتری نسبت به مغز آن دارد. با توجه به نقش سلولز در مقاومت کاغذ به ویژه مقاومت کششی، کمتر بودن میزان سلولز پوست در کاهش شاخص مقاومت کششی کاغذهای تهیه شده از شرایط باپوست می تواند مؤثر باشد. پوست ساقه پنبه خاکستر بیشتری نسبت به مغز آن دارد و به نظر می رسد خاکستر می تواند تا حدی اتصال بین الیاف را کاهش دهد و بر مقاومت کاغذ اثر بگذارد. دلیل یکسان بودن شاخص مقاومت به پاره شدن بین شرایط باپوست و بدون پوست (شکل ۷)، در تیمارهای مختلف شاید به این دلیل باشد که در شرایط باپوست بخش خیلی کمی از الیاف آبکشی با طول بیشتر که در خمیر باقیمانده سبب می شود که شاخص مقاومت به پاره شدن افزایش یابد و با شرایط بدون پوست برابری کند.

پوست باپوست در تیمار اول در شرایط باپوست و بدون پوست برابر بوده و در تیمارهای دوم و سوم در شرایط باپوست بیشتر می باشد. به طوری که در شرایط باپوست بخشی از مواد قلیایی (نرم کننده الیاف) صرف واکنش با ترکیبات قابل حل پوست شده و از قدرت آن برای واکنش با سلولهای مغزی کاسته می شود؛ در نتیجه الیاف در مقایسه با خمیر بدون پوست کمتر نرم و فشرده می شوند. بدلیل اینکه اتصالات ضعیف تری از الیاف پوست ایجاد می گردد و کاغذ حاصل از خمیر باپوست ضخامت بیشتری خواهد داشت (شکل ۸).

### حجم ویژه کاغذ

در شرایط باپوست دلیل اینکه تیمار سوم بیشترین حجم ویژه را دارد، این است که بیشترین ضخامت را دارد و با افزایش ضخامت، حجم ویژه افزایش می یابد. به طوری که در شرایط باپوست از تیمار سوم به تیمار اول، حجم ویژه کاغذ کاهش می یابد، به دلیل این که مواد استخراجی و لیگنین بیشتری حل می شود، در نتیجه فشرده شدن الیاف بیشتر بوده و با کاهش ضخامت کاغذ، حجم ویژه آن کاهش می یابد. به طور کلی کاغذ حاصل از خمیر APMP ساقه پنبه در مقایسه با کاغذ حاصل از خمیر کاغذ APMP صنوبر (تحقیقات مهدوی، ۱۳۸۲)؛ ضخامت کاغذ با درصد سود سوزآور ۶٪، پروکسید هیدروژن ۵٪ و با درجه روانی ۳۰۰ میلی لیتر (csf) برابر (بیشتر از دو برابر). در شرایط بدون پوست وجود مواد

### خواص فیزیکی کاغذ

#### ضخامت کاغذ

در شرایط باپوست از تیمار اول به تیمار سوم به دلیل اینکه توزیع مواد شیمیایی به گونه ایست که مواد استخراجی و مواد قابل حل در سود سوزآور، کمتر حل می شوند، بنابراین با کاهش انحلال این مواد خمیر حاصل از این تیمارها ضخامت بیشتری خواهد داشت. به طور کلی کاغذ حاصل از خمیر APMP ساقه پنبه در مقایسه با کاغذ حاصل از خمیر کاغذ APMP صنوبر (تحقیقات مهدوی، ۱۳۸۲)؛ ضخامت کاغذ با درصد سود ۶٪، پروکسید هیدروژن ۵٪ و با درجه روانی ۳۰۰ میلیتر csf برابر ۱۰۰/۹ میکرون



تهیه کرد و هم می توان در مصرف مواد شیمیایی و انرژی صرفه جویی کرد. تغییر درصد پروکسید هیدروژن در دو مرحله آغشته سازی فقط در شرایط بدون پوست در سطح ۰.۵٪ مؤثر بوده و در شرایط با پوست بی تأثیر بوده است. نتایج حاصل از خواص مکانیکی نشان داد که شاخص مقاومت کششی کاغذ APMP حاصل از ساقه پنبه در شرایط با پوست و بدون پوست در حد مطلوبی می باشد. به طوری که شاخص مقاومت کششی، شاخص مقاومت به ترکیدن، و طول پاره شدن در شرایط بدون پوست بیشتر از شرایط با پوست بوده، و در همه این موارد ذکر شده، تیمار سوم بیشترین مقدار را داشته است. شاخص مقاومت به پاره شدن تنها مقاومتی است که در بین دو شرایط با پوست و بدون پوست، اختلاف معنی داری نداشته است. از این رو، کاغذهای حاصل از فرایند APMP ساقه پنبه دارای ضخامت و حجم ویژه نسبتاً زیاد بود. در شرایط بدون پوست بین تیمارها اختلاف ضخامت کاغذ خیلی کم بوده و معنی دار نبوده است. کاغذ حاصل از فرایند APMP ساقه پنبه در شرایط بدون پوست نسبت به شرایط با پوست از نظر کلیه ویژگیهای نوری، فیزیکی و مکانیکی برتری داشته است که این به دلیل ساختار نامناسبتر پوست ساقه پنبه از جنبه آناتومیکی و شیمیایی آن در مقایسه با مغز می باشد و در بین تیمارها، تیمار سوم از نظر کلیه ویژگیها برتر بوده است. به نظر می رسد کاغذ حاصل از فرایند APMP ساقه پنبه در شرایط بدون پوست البته، به ویژه تیمار سوم با توجه به کلیه ویژگیهای ذکر شده و شرایط خمیرسازی برای تهیه کاغذ روزنامه مناسب باشد. اگر چه کاغذ حاصل از آن در بعضی موارد از نظر مقاومتی کمی ضعیف است اما با افزودن خمیر الیاف بلند می توان این مشکل را برطرف نمود. کاغذ

استخراجی و حتی خاکستر کمتر، اتصالات قویتری بین الیاف ایجاد می کند بنابراین ضخامت کاغذ و در نتیجه حجم ویژه کمتری در مقایسه با کاغذ حاصل از شرایط با پوست دارند.

## نتیجه گیری

بررسی های انجام شده بر فرایند APMP از ساقه پنبه در دو شرایط با پوست و بدون پوست و بین تیمارهای اول، دوم و سوم نشان داد که بازده خمیر کاغذها در حالت با پوست در محدوده ۶۹-۵۹ درصد بوده و در شرایط بدون پوست ۷۸-۶۹ درصد بوده است. به نحوی که در بین تیمارهای انجام شده، تیمار سوم در حالت بدون پوست بیشترین بازده کل (۰.۷۷/۲۵٪) را داشت. پوست و تغییر درصد پروکسید هیدروژن اثر منفی بر بازده کل داشت (در سطح ۰.۱٪ اختلاف معنی دار است) و در مجموع بازده خمیر کاغذهای حاصل از فرایند APMP ساقه پنبه در مقایسه با خمیر کاغذ حاصل از فرایند APMP صنوبر کمتر می باشد (مهدوی، ۱۳۸۲؛ نجفیان، ۱۳۸۴)، که این به دلیل ترکیبات شیمیایی ساقه پنبه می باشد. درجه روشنی خمیر کاغذ در شرایط بدون پوست نسبت به شرایط با پوست خیلی بیشتر بوده و در بیشترین اختلاف (تیمار اول) به ۱۵/۶۰ درصد ISO می رسد. بهترین درجه روشنی خمیر کاغذ در شرایط با پوست و بدون پوست به ترتیب ۴۲/۲۳ و ۵۷/۰۳ درصد ISO به دست آمد که مربوط به تیمار سوم می باشد. بنابراین حذف پوست تأثیر مثبت بر درجه روشنی خمیر کاغذ داشته، چرا که فقط با حذف پوست تا بیش از ۱۵٪ درجه روشنی خمیر کاغذ افزایش یافته است. بنابراین نتیجه گرفته می شود که با حذف پوست هم می توان خمیری با درجه روشنی زیادتر

- فخریان، ع.، حسینزاده، ع.، گلبابائی، ف.، ۱۳۸۴. خصوصیات خمیر کاغذ CMP و APMP چوب توسکای قشلاقی، مجله پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۰(۱)، ص ۹۲-۶۴

- مهدوی، م.، ۱۳۸۲. بررسی و ارزیابی خمیر APMP از چوب گونه *Populus alba* جهت ساخت کاغذ چاپ و تحریر، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

- نجفیان اشرفی، م.، رسالتی، ح.، حسینی، س.ض.، ۱۳۸۴. بررسی تأثیر عوامل فرآیندی بر شفافیت و بازده خمیر APMP از چوب صنوبر تبریزی، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۸(۳)، ص ۶۵۶-۶۴۵

-Ali, M., Byrd, M. and Jameel, H. 2002. Chemimechanical Pulping of Cotton Stalks. Presented At the 2002 TAPPI Pulping Conference Proceedings.

-Cort, J. Carol., Bohn, L. William., 1991. Alkline Peroxide Mechanical Pulping of Hardwoods. June 1991, Tappi Journal, pp 79-84

-Pan, X. George., Leary, J. Gordon., 2000. APMP of Wheat Straw Part 1: Factors Influencing The Brightness Response in Impregnation. Tappi Journal Peer Reviewed Paper. Tappi Journal Peer Reviewed Paper. (81) 6.

-Pan, X. George., Leary, J. Gordon., 2000. Comparition of Sodium Carbonate and Sodium Hydroxide as Alkali Sources in the APMP of Wheat Straw Tappi Journal

-Robison, D.J., 2001. APMP (Alkaline Peroxide Mechanical Pulping) Pulps from Non-Wood Fibers Part 3: Bagasse, 2001 Pulping Conference Proceedings

-TAPPI Test Methods. 2000-2001. Tappi Press. Atlanta, Ga. USA.

-Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Stantas, P., and R. Stantas. 2004, Fiber Dimensions, Lignin and Cellulose Content of Various Plant Materials and their Suitability for Paper Production. Industrial Crops and Products 19 (2004) pp 245-254. www.Elsevier.com/locate/indcorp

- Xu. c. Eric., sabourin. J. Marc., 1999. Evaluation of APMP and BCTMP for Market Pulps from South American Eucalyptus. Tappi Journal, 82 (1)

حاصل از APMP ساقه پنبه در شرایط بایوست برای کاربردهای ویژه (مثلاً کاغذهای تزئینی) نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاسگزاری

بدینوسیله از همکاری کارکنان خدوم آزمایشگاه علوم و صنایع چوب کاغذ دانشگاه گرگان، آقایان زاهدی و رضا نژاد و خانم مهندس حسین خانی و کلیه دوستان و عزیزان به ویژه آقایان مهندس اکبرپور و مهندس سلیمانی که در انجام این تحقیق اینجانب را یاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را دارم.

### منابع مورد استفاده

- امیری، ش.، ۱۳۸۴. بررسی تهیه خمیر کاغذ از ساقه پنبه به روش سودا، مجله پژوهشی تحقیقات چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۰، ش ۲، ص ۲۰۶-۱۸۵

- سرائیان، ۱۳۸۲. بررسی امکان تولید خمیر کاغذ پربازده سفید با روش مکانیکی پراکسید قلیایی (APMP) از کاه گندم خراسان (پایان نامه دکترا، دانشگاه تهران)، ۲۲۳ ص.

- سرائیان، ا.، کامرانی، س.، ۱۳۸۶. پسماندهای کشاورزی قابل استفاده در صنعت چوب و کاغذ پژوهشی در استان گلستان، ماهنامه علمی. کشاورزی و زیست محیطی دهاتی، ۵۰(۵): ص ۳۲-۲۷

- شکوهی، م.، ۱۳۷۶. بررسی مقایسه ای دوفرايند سودا و کرافت در پخت ساقه پنبه (پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان).

## Investigation of the properties of alkline peroxide mechanical pulp (APMP) from Cotton Stalk

Shoub chari, H.<sup>1\*</sup> Saraeian, A. R.<sup>2</sup> and Ghasemian, A.<sup>2</sup>

1\*- Corresponding author, M.Sc, wood and paper Science Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Email: hnshoub@gmail.com

2- Assistant prof., Faculty Members Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: April, 2010

Accepted: Jan., 2011

### Abstract

This study was conducted to investigate the properties of APMP pulp. Prepared from chipped cotton stalks. The pulps were prepared separately from debarked and bark containing stalks using three two-stage treatments. Sodium hydroxide charge as a constant level of 4% and hydrogen peroxide at three levels of 0, 1 and 2% were used in to two-stages, sodium hydroxide as a constant level of 2% and hydrogen peroxide at three levels of 2, 3, 4% were applied. Other conditions of pulping was time's of 20 min for first stage and 100 min for second stage, temperature 70°C and l/w:6:1 as fixed factors considered. Pulp yield determined after neutralization and defiberation. All the pulps were refined up to 300 (ml, CSF) freeness and handsheets were made, then and properties of papers measured using TAPPI standards. Results showed that the pulp yield and brightness was higher in free-bark compared to bark-containing conditions. Also paper produced in free-bark condition with cotton stalks core, resulted the higher tensile and burst indexes and higher breaking length compared to whole cotton stalk. While tear index didn't show significant difference. Generally, caliper and bulk rates were high in total treatments (free-bark and bark-containing conditions) from cotton stalk APMP process.

**Keywords:** APMP pulp, cotton stalks, brightness, bulk, pulp yield, mechanical indexes