

ترکیب فرمولاسیون‌های مختلف پوشش‌دهی بر ویژگی‌های فیزیکی، مکانیکی و نوری کاغذ تهیه‌شده از خمیر کاغذ رنگبری شده CMP

علی برزن^{۱*}، حسین رسالتی^۲، علی قاسمیان^۳، احمد رضا سرائیان^۴ و قاسم اسدپور^۴

*۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

پست الکترونیک: Mwpi_alibarzan@yahoo.com

۲- استاد، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴- دانشیار، گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۸

چکیده

در این تحقیق، تأثیر ترکیب رنگدانه بر ویژگی‌های کاغذ حاصل از خمیر کاغذ CMP بررسی شد. برای پوشش‌دهی این کاغذها ۳ ترکیب مختلف رنگدانه (۱۰۰ درصد کلسیم کربنات (GCC)، ۷۰ درصد کلسیم کربنات و ۳۰ درصد خاک چینی (70GCC30Clay) و ۷۰ درصد کلسیم کربنات و ۲۵ درصد خاک چینی و ۵ درصد دی‌اکسید تیتانیوم (70GCC25Clay5TiO2)) به همراه نشاسته آنیونی، لاتکس و عوامل پراکنده‌ساز ساخته و پس از پوشش‌دهی اتوزنی انجام شد. خواص فیزیکی شامل (زبری سطح رویی کاغذ، درصد خاکستر و دانسیته ظاهری) و خواص نوری شامل (درجه روشنی، ضریب جذب و پخش نور) و ویژگی‌های مقاومتی کاغذ شامل مقاومت کششی، مقاومت به ترکیدن و مقاومت به پارگی بر اساس آئین‌نامه‌های استاندارد TAPPI اندازه‌گیری و با استفاده از طرح فاکتوریل، تجزیه واریانس انجام و میانگین ویژگی‌های کاغذ حاصل با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. تحلیل آماری نتایج نشان داد که با افزودن خاک رس و دی‌اکسید تیتانیوم به کربنات کلسیم آسیاب شده، زبری سطح رویی کاغذ کاهش یافت. به طوری که بیشترین زبری سطح رویی کاغذ در تیمار مربوط به کاغذ شاهد و کمترین آن مربوط به سطح 70GCC30Clay بود. همچنین بیشترین درجه روشنی مربوط به تیمار 70GCC25Clay5TiO2 بود. بیشترین شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت به ترکیدن مربوط به کاغذ تیمار شده در سطح ۱ (GCC) و همچنین بیشترین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن مربوط به کاغذ تیمار شده در سطح ۲ (70GCC30Clay) بوده است.

واژه‌های کلیدی: خمیر کاغذ CMP، پوشش‌دهی، اتوزنی و ویژگی‌های مکانیکی

مقدمه

در دنیای کنونی، صنعت بسته‌بندی در افزایش رقابت‌پذیری و توانمندسازی صنایع مختلف نقش مهمی داشته و به عنوان تسهیل‌دهنده تجارت و توسعه‌دهنده اقتصادی صنایع مختلف شمرده می‌شود

(Nouri et al., 2013). بسته‌بندی کاغذی جایگاه ویژه‌ای در

این صنعت داشته و در بسیاری از موارد مصرف نیز به دلیل زیست‌تخریب‌پذیر بودن، مقاومت خوب، چاپ‌پذیری، ارزانی، انعطاف‌پذیری و شکل‌پذیری خوب آن و غیره بر سایر بسته‌بندی‌ها مقدم می‌باشد. صنایع چوب و کاغذ

سفییدی اندکی کمتر از کربنات کلسیم می‌باشد. به همین دلیل در صورت اهمیت سفیدی بیشتر، استفاده از کربنات کلسیم در اولویت می‌باشد. در صورتی که یک پوشش خوب با سطح صاف و براق مورد نیاز باشد، خاک رس در اولویت استفاده قرار دارد (Preston *et al.*, 2008; Lerson *et al.*, 2006). همچنین از انواع چسب‌ها برای اتصال لایه اندود به یکدیگر و سطح کاغذ، استحکام ورقه و پر کردن خلل و فرج سطح کاغذ به کاررفته استفاده می‌شود. لاتکس‌ها (در دو نوع مصنوعی و زیستی) در فرمولاسیون پوشش‌دهی (به‌عنوان چسب برای اتصال ذرات رنگ‌دانه به یکدیگر و به سطح کاغذ) یک ترکیب مهم به‌شمار می‌روند (Rastogi, 2015). برای رسیدن به یک پوشش رضایت‌بخش و سطح صاف و مطلوب به یک توزیع یکنواخت از لاتکس در لایه پوشش نیاز است که این عامل به خواص ذرات لاتکس و فاکتورهای دیگر مانند نوع چسب کمکی، شرایط خشک شدن و مقدار آب جذب‌شده به بستر کاغذ مرتبط می‌باشد. لاتکس زیستی در اروپا به‌عنوان یک ماده جایگزین چسب‌ها و اتصال‌دهنده‌های نفتی مانند کربوکسیلات اکریلونیتریل بوتادین استایرین و همچنین چسب لاتکس اکریلات استایرین برای پوشش‌دهی با وزن سبک ۷ و کاغذهای ظریف به‌کار می‌روند (Lee *et al.*, 2010). همچنین اتوزدن سطح کاغذ با پرکردن منافذ خالی سطح کاغذ موجب بهبود ویژگی‌های نوری و افزایش خواص ممانعتی کاغذ می‌شود. به‌طورکلی اندود کردن سطح کاغذ با رنگدانه‌های پوششی، برای افزایش آبگریزی کاغذ، موجب بهبود ثبات ابعاد کاغذ در مقابل جذب آب، افزایش دوام کاغذ، بهبود صافی سطح کاغذ، کاهش برگشت رنگ، کاهش پرزدهی کاغذ پوشش‌دهی شده و در نتیجه بهبود قابلیت چاپ‌پذیری به علت یکنواختی بیشتر سطح کاغذ می‌گردد (Asadi *et al.*, 2013; Lehtinen, 2000; khansari & Dehghani Firouzabadi, 2013).

مازندران بزرگ‌ترین شرکت تولیدکننده کاغذ در ایران می‌باشد. یکی از تولیدات این شرکت، کاغذ روکش (لایتر) از خمیرکاغذ شیمیایی مکانیکی با بازدهی بالاست. این کاغذ برای تولید روکش جهت استفاده در صنایع بسته‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به بازار مناسب این محصول در کشور، به دلیل مصرف خمیرکاغذ با بازدهی بالا در تولید کاغذ لایتر با مشکل برگشت رنگ (کاهش درجه روشنی و افزایش درجه زردی) طی زمان در اثر پدیده نور و گرما روبه‌رو بوده که شکایت مشتری و امکان از دست دادن بازار مناسب محصول را به‌دنبال خواهد داشت. برحسب امکانات و تجهیزات موجود در شرکت و تقاضای مشتری به این محصول با توجه به قیمت مناسب، عمل پوشش‌دهی ۱ سطح کاغذ می‌تواند به‌عنوان یکی از بهترین راهکارها برای کاهش پدیده برگشت رنگ در کاغذهای مذکور باشد. پوشش‌دهی (اندودسازی) یکی از عملیات‌های تبدیلی کاغذ برای دستیابی به برخی از خواص موردنیاز در کاغذ می‌باشد (Boilstrom *et al.*, 2012). مواد پوششی کاغذ از چهار جزء اصلی رنگ‌دانه ۲، چسب ۳، مواد افزودنی و آب تشکیل شده است. رنگ‌دانه‌های مهم پوشش‌دهی شامل کربنات کلسیم در دو نوع آسیابی ۴ و رسوبی ۵، خاک رس (کائولین) ۶، ذرات نانو، دی‌اکسیدتیتانیوم، تالک، بنتونیت، زئولیت و رنگ‌دانه‌های پلیمری بوده که برای پر کردن منافذ و فضای خالی بین الیاف و حفره‌ها، بهبود خواص نوری و جذب مطلوب جوهر در کاغذ پوشش داده‌شده استفاده می‌شود. مهمترین اجزای فرایند پوشش، رنگ‌دانه‌ها هستند. رنگ‌دانه‌های معدنی که بیشترین کاربرد را دارند شامل خاک رس و کربنات کلسیم می‌باشند. رنگ‌دانه‌های کربنات کلسیم یک ماده معدنی بسیار سفید و نزدیک به شکل کروی بوده که با توجه به نوع فرایند تولید آنها، به دو دسته طبیعی (GCC) و رسوبی (PCC)، تقسیم می‌شوند. خاک رس یا کائولین متشکل از ذراتی به شکل صفحه‌ای بوده و دارای

5- Precipitated Calcium Carbonate (Pcc)

6- Clay (Kaolin)

7- Lightweight coated

1- Coating

2- Pigments

3- Binder

4- Ground Calcium Carbonate (Gcc)

محصولات، از جمله بسته‌های مواد غذایی و لایه بیرونی کارتن‌های با فلوت E مناسب باشد. از این رو می‌توان با استفاده از انواع و مقادیر مختلف رنگدانه، لاتکس، نشاسته آنیونی^۲ و پراکنده‌ساز، ضمن دستیابی به بهترین ترکیب، شاهد افزایش حدود ۵ واحدی سفیدی کاغذ، صافی سطح، کاهش پرز و در نهایت برگشت سفیدی کاغذ را کاهش داد و در ضمن کاغذ پوشش‌دار شده مقاومت‌های مکانیکی خود را حفظ نماید.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

در این تحقیق، از مخلوط خمیر شیمیایی - مکانیکی حاصل از چوب ممرز، صنوبر و راش که در واحد خمیرسازی کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران تهیه شد، به همراه خمیر الیاف بلند سفید کرافت وارداتی، با نسبت اختلاط ۸۸ به ۱۲ درصد استفاده شد. خمیر شیمیایی - مکانیکی (CMP) چوب و کاغذ مازندران برای مطالعات خواص خمیر و کاغذ، از گونه‌های پهن‌برگ شمال ایران (ممرز، صنوبر و راش) با مایع پخت سولفیت سدیم (Na_2SO_3) و بازدهی خمیرسازی حدود ۸۳-۸۵٪ تهیه شد. درجه روشنی خمیر سفید نشده حدود ۵۰٪ و بعد از یک مرحله رنگبری به وسیله پروکسید هیدروژن به حدود ۷۰٪ رسید. کاربرد اصلی این نوع خمیر با توجه به درجه روشنی مورد نظر، برای تولید کاغذ روزنامه و چاپ و تحریر می‌باشد. ضعف اصلی این نوع کاغذ با توجه به بازده زیاد آن، برگشت رنگ به دلیل وجود لیگنین (گروه‌های کروموفور) می‌باشد. وزن پایه تمامی نمونه‌ها ۱۲۵-۱۲۰ گرم بر مترمربع در نظر گرفته شد. در فرمولاسیون‌های پوشش‌دهی از نشاسته آنیونی تولیدی شرکت نشاسته البرز به عنوان مواد چسبنده با مقدار ثابت ۳ درصد بر مبنای وزن خشک خمیر و همچنین به منظور بهبود تشکیل فیلم از پراکنده‌ساز (با نام تجاری PDA-6000 و ترکیب اصلی

روی سطح کاغذ را پر می‌کند. پس از خشک کردن و اتوزدن کاغذ، سطح صافی به وجود می‌آید که برای چاپ مناسب است. معمولاً کاغذ را پیش از اندود کردن آهار می‌دهند تا توانایی جذب سطحی آن را در حد مطلوب کنترل کنند (Mirshokraei, 2003). در دو مقاله کاربرد ترکیب رنگدانه تالک-کربنات کلسیم برای پوشش کاغذ بررسی شد. در این مطالعات مقدار کربنات کلسیم ۷۰ درصد ثابت در نظر گرفته شد، اما خاک چینی به مقدار ۷۵، ۵۰، ۲۵ و ۱۰۰ درصد با تالک جایگزین شد. کاغذ اندود شده یکبار اتوزنی تکمیلی شد و خواص آن شامل روشنی، ماتی و براقیت در درجه ۷۵ و قابلیت چاپ‌پذیری آن بررسی شد. نتایج نشان داد که با جایگزینی تالک خواص کاغذ بهبود می‌یابد. پوشش‌دهی با تالک براقیت چاپ، نرمی، زبری، کنده‌شدگی ۱ الیاف از سطح کاغذ در حالت تر و خشک، جذب جوهر در حالت تر بهبود می‌دهد، اما زمان خشک شدن جوهر در آن طولانی‌تر می‌شود. افزودن تالک بر کاغذ تأثیری بر روشنی و ماتی کاغذ پوشش‌دهی شده ندارد (Lehtinen, 2000; Liu, et al., 2014). در پوشش‌دهی صنعتی کاغذ، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود و با توجه به روند فزاینده تقاضا در جهت تولید محصولات کاغذی با کیفیت بالاتر و سرعت تولید بیشتر، همه این روش‌ها به طور پیوسته در حال توسعه می‌باشند (Karamm & Mair, 2010; Emilsson & Veyre, 2009). همچنین در مطالعه‌ای بیان شد با اتوزنی می‌توان به کوچک‌تر کردن منافذ و به اصطلاح به مناطق بسته روی سطح کاغذ پوشش داده شده دست‌یافت اما در کاغذهای پوشش داده شده نمی‌توان به این ساختار بسته در سطح کاغذ بدون اتوزنی دست‌یافت (Chinga & Helle, 2003; Singhal et al., 2015).

بنابراین هدف از این تحقیق، استفاده از خمیر کاغذ CMP با بازدهی بالا می‌باشد تا کاغذ مقوایی تولید گردد که ضمن تأمین حداقل مقاومت‌های مورد نیاز برای برخی از

ساخت شرکت صادقی ایران) تهیه گردید. به‌طورکلی نمونه‌ها شامل ۳ تیمار متفاوت و نمونه شاهد است که در جدول ۱ ارائه شده است. تیمار بدون پوشش و اتوزنی تکمیلی به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد و تغییرات ایجاد شده توسط عوامل متغیر تحقیق با این تیمار مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. درصد رنگدانه کربنات کلسیم آسیابی در دو سطح، خاک چینی در سه سطح، دی‌اکسید تیتانیوم در دو سطح و نتایج در گروه‌های مختلف با تیمار شاهد مقایسه و مورد ارزیابی قرار گرفت.

گروه‌های اکریلیک اسید از شرکت WooJIN با مقدار ثابت ۰/۱ درصد بر اساس وزن خشک تیمار خمیر استفاده گردید. در این آزمایش‌ها به‌منظور اتصال اجزای اندود به هم و به سطح کاغذ، از ترکیب لاتکس سنتزی (استایرن بوتادین کربوکسیلات با نام تجاری KSL-215 از شرکت KUMHO Asiana کشور کره) و لاتکس زیستی (Ecosphere 2330 Biolatex Binder) استفاده شد. ترکیب نهایی تیمارهای مورد مطالعه با توجه به عوامل متغیر ترکیب رنگدانه (GCC) از شرکت امیا با نام تجاری Hydrocarb-90، خاک چینی از شرکت کائولن خراسان و دی‌اکسید تیتانیوم STG-RR2

جدول ۱- ترکیب تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق

شماره تیمار	درصد کربنات کلسیم آسیابی	درصد خاک چینی	درصد دی‌اکسید تیتانیوم	درصد لاتکس	درصد بایولاتکس	درصد نشاسته آنبونی	درصد پراکنده‌ساز
شاهد	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱ (GCC)	۱۰۰	۰	۰	۱۰	۲	۳	۰/۱
۲ (70GCC30Clay)	۷۰	۳۰	۰	۱۰	۲	۳	۰/۱
۳ (70GCC25Clay5TiO2)	۷۰	۲۵	۵	۱۰	۲	۳	۰/۱

جدول ۲- فرمولاسیون‌های پوشش در تیمار ۱

ملاحظات	اندازه مصرف محلول (%)	اندازه مصرف تر (%)	اندازه مصرف جامد (%)	ملاحظات
آب	۷۸	۱۰۰	۱۳	
GCC	۷۸	۱۰۰	۲۵۶/۴۱	
لاتکس	۵۰	۱۰	۴۰	
بیولاتکس	۲۰	۲	۲۰	
نشاسته	۲۰	۳	۳۰	
	۱۱۵	۱۷۳/۲۱	۳۴۶/۴۱	

آماده‌سازی رنگدانه

ابتدا با توجه به نسبت تعریف شده برای فرمولاسیون پوشش دهی، کربنات کلسیم در بشر ریخته شد، سپس مقداری

آب اضافه گردید و ظرف مربوطه در زیر مخلوط‌کن قرار گرفت. سپس به ترتیب مواد پرکننده، لاتکس، بایولاتکس و نشاسته اضافه شد و بعد پراکنده‌ساز نیز در هنگام آماده‌سازی

MAYIO Coater (PM9040 MC2) ساخت کشور ژاپن با سرعت ۲۰۰ متر بر دقیقه و خشک کردن با دمای ۱۳۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ ثانیه در خشک کن مجهز به ۳ عدد المنت در شرکت ووجین کره جنوبی (سئول) انجام شد. بعد از اتمام عملیات پوشش دهی، ورقه ها کناره بری شده و اتوزنی تکمیلی در دستگاه PILOT M/C با مشخصات یک رول استیل و رول دیگر پلی اورتان در دمای ۶۰°C، فشار ۸/۵kgf/cm و سرعت ۶m/min انجام شد.

به سوسپانسیون افزوده شد (جدول ۲، ۳ و ۴). چون مواد مورد استفاده در این تحقیق، قبلاً از حالت پودری به مایع تبدیل شده بودند، زمان هم زدن به ۱۰ دقیقه با دور 1250 RPM کاهش یافت. در نهایت به منظور یکنواخت سازی ویسکوزیته نهایی سوسپانسیون، از دستگاه Hi-Shear (HERCULES) با حداکثر دور ۴۴۰۰ در دقیقه استفاده شد. ویسکوزیته سوسپانسیون بین ۲۰-۳۰ سانتی پواز و pH نهایی با سود سوزآور به حدود ۸ تا ۹ تنظیم گردید. پوشش دهی به روش آزمایشگاهی در دستگاه SMT

جدول ۳- فرمولاسیون های پوشش در تیمار ۲

ملاحظات	اندازه مصرف ۲ (%)	اندازه مصرف تر (%)	اندازه مصرف محلول (%)	مواد جامد (%)	
۶/۶					آب
	۸۳/۳۳	۴۱/۶۷	۳۰	۷۲	Clay
	۱۷۹/۴۹	۸۹/۷۴	۷۰	۷۸	GCC
	۴۰	۲۰	۱۰	۵۰	لاتکس
	۲۰	۱۰	۲	۲۰	بیولاتکس
	۳۰	۱۵	۳	۲۰	نشاسته
	۳۵۲/۸۲	۱۷۶/۴۱	۱۱۵		

جدول ۴- فرمولاسیون های پوشش در تیمار ۳

ملاحظات	اندازه مصرف ۲ (%)	اندازه مصرف تر (%)	اندازه مصرف محلول (%)	مواد جامد (%)	آیتم
۰/۴					آب
	۶۹/۴۴	۳۴/۷۲	۲۵	۷۲	Clay
	۱۷۹/۴۹	۸۹/۷۴	۷۰	۷۸	GCC
	۲۰	۱۰	۵	۵۰	TiO2
	۴۰	۲۰	۱۰	۵۰	لاتکس
	۲۰	۱۰	۲	۲۰	بیولاتکس
	۳۰	۱۵	۳	۲۰	نشاسته
	۳۵۸/۹۳	۱۷۹/۴۷	۱۱۵		

مقدار زبری مربوط به تیمار شاهد (۶/۲۴ میکرومتر) و کمترین آن مربوط به تیمار ۲ (۳/۷۸ میکرومتر) بود که در حدود ۵۰ درصد کاهش یافته است. با افزودن ۳۰ درصد خاک چینی به کربنات کلسیم آسیابی زبری سطح رویی کاغذ ۹ درصد افزایش می‌یابد. افزودن ۲۵ درصد خاک چینی و ۵ درصد دی اکسید تیتانیوم به ترکیب، زبری سطح رویی کاغذ را ۱۸ درصد افزایش می‌دهد. علاوه بر این، بیشترین درصد خاکستر مربوط به تیمار ۲، (۱۶/۳۵ درصد) می‌باشد. به طوری که با افزودن ۳۰ درصد خاک چینی به کربنات کلسیم آسیابی، خاکستر کاغذ ۶ درصد کاهش می‌یابد. افزودن ۲۵ درصد خاک چینی و ۵ درصد دی اکسید تیتانیوم به ترکیب، خاکستر کاغذ را ۴/۵ درصد کاهش می‌دهد. همچنین کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (حدود ۱۰ درصد) می‌باشد.

خواص نوری کاغذ

در این مطالعه برای بررسی تأثیر ترکیب رنگدانه بر خواص نوری، درجه روشنی، ضریب جذب و پخش نور اندازه‌گیری با یکدیگر مقایسه شدند. از آنجاکه گراماژ کاغذهای مورد مطالعه بالاتر از ۱۲۵ گرم بر متر مربع بودند، مقادیر ماتی کاغذها مشابه هم بوده و تفاوتی نداشتند. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر ترکیب رنگدانه بر درصد روشنی، ضریب جذب و پخش نور تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۵٪ از نظر آماری معنی‌دار است. طبق آزمون دانکن میانگین درصد درجه روشنی و ضریب جذب نور در دو گروه و ضریب پخش نور در سه گروه مجزا طبقه‌بندی شدند. نتایج تأثیر ترکیب رنگدانه بر درصد روشنی در شکل ۴ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که بیشترین درصد روشنی مربوط به کاغذ تیمار شده در سطح ۳ و کمترین درصد روشنی مربوط به کاغذ تیمار شده در سطح ۱ شاهد است. با تغییر ترکیب رنگدانه، مقادیر درصد روشنی به مقدار ۰/۵ درصد تغییر می‌کند. به طوری که با افزودن خاک رس به رنگدانه کربنات کلسیم آسیاب شده، درصد روشنی کاغذ کاهش می‌یابد. سپس با افزودن دی اکسید تیتانیوم به این ترکیب مقدار آن افزایش می‌یابد.

ارزیابی کاغذ حاصل

پس از اتمام تیمار، ویژگی‌های فیزیکی، نوری و مقاومتی همه نمونه‌های کاغذ (کاغذ شاهد و کاغذهای پوشش داده شده با ترکیب‌های مختلف رنگدانه) طبق استانداردهای مربوطه در آیین‌نامه تاپی که در زیر ذکر شده، تعیین شد.

مقدار خاکستر موجود در ورقه‌های دست‌ساز بر اساس

استاندارد TAPPI T413-om93

درجه روشنی طبق استاندارد TAPPI ISO-2470

شاخص مقاومت در برابر مقاومت کشش طبق استاندارد

Tappi T94 om-96

شاخص مقاومت در برابر ترکیدن براساس استاندارد

Tappi T403 om-97

شاخص مقاومت در برابر پاره شدن مطابق استاندارد

Tappi T414 om-98

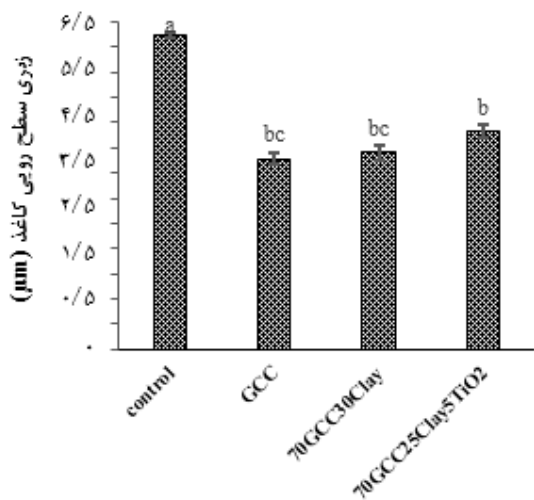
تجزیه و تحلیل آماری

روش آماری مورد استفاده در این تحقیق، آزمون فاکتوریل است که در آن متغیر ترکیب رنگدانه‌ها (در سه سطح) مورد بررسی قرار گرفتند. برای بررسی معنی‌داری تأثیر متغیرها از جدول تجزیه واریانس دو طرفه (ANOVA) و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

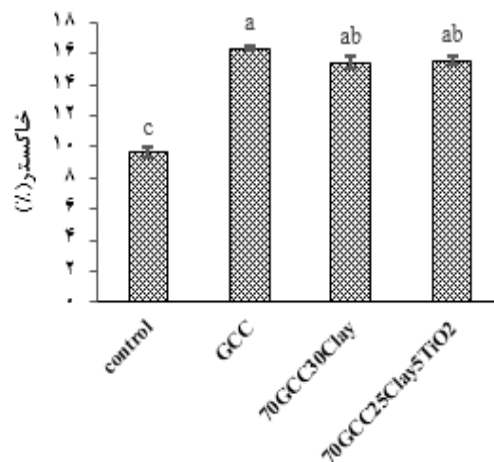
خواص فیزیکی کاغذ

شکل‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب درصد خاکستر، زبری سطح رویی کاغذ و دانسیته کاغذهای تیمار شده با ترکیب‌های مختلف رنگدانه را نشان می‌دهند. همان‌طور که مشاهده می‌شود اصلاح کاغذها با ترکیب رنگدانه‌ها منجر به کاهش زبری سطح رویی کاغذ، افزایش درصد خاکستر و دانسیته نسبت به نمونه‌های شاهد می‌شود. بر اساس آزمون دانکن میانگین مقادیر زبری سطح کاغذ، درصد خاکستر کاغذها در سه گروه مجزا و دانسیته در دو گروه قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اختلاف بین زبری سطح رویی، درصد خاکستر و دانسیته تیمارهای مختلف در سطح اعتماد ۹۵٪، معنی‌دار است. بیشترین



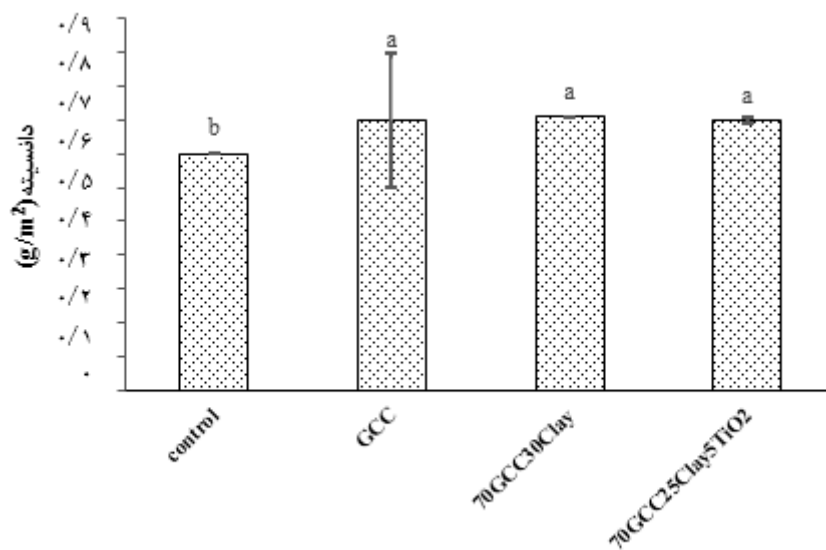
ترکیب رنگدانه

شکل ۲



ترکیب رنگدانه

شکل ۱



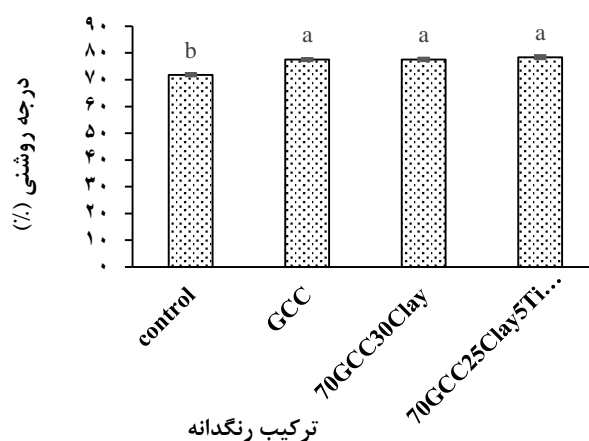
ترکیب رنگدانه

شکل ۳

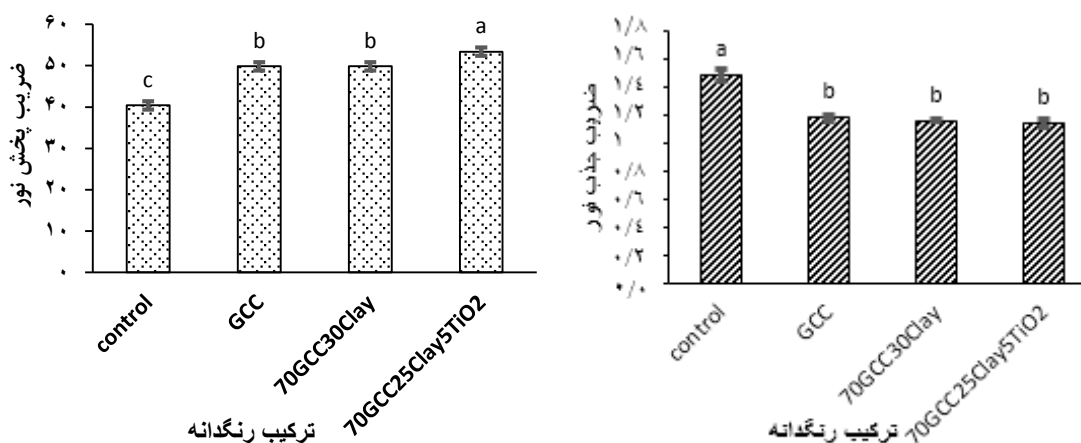
شکل‌های ۱، ۲ و ۳- تأثیر ترکیب رنگدانه بر درصد خاکستر (شکل ۱)، زبری سطح رویی کاغذ (شکل ۲) و دانسیته (شکل ۳)

تیمار شده در سطح ۳ می‌باشد. همچنین، کمترین آنها به ترتیب مربوط به کاغذ تیمار شده در سطح ۳ و کاغذ شاهد می‌باشد.

شکل‌های ۵ و ۶، اعداد مربوط به ضریب جذب (K) و پخش نور (S) را در کاغذهای ساخته شده و تغییرات آنها را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که بیشترین ضریب جذب و پخش نور، به ترتیب مربوط به کاغذهای شاهد و کاغذهای



شکل ۴



شکل ۵

شکل‌های ۴، ۵ و ۶- تأثیر ترکیب رنگدانه بر درصد درجه روشنی (شکل ۴)، ضریب جذب (شکل ۵) و پخش نور (شکل ۶) کاغذها

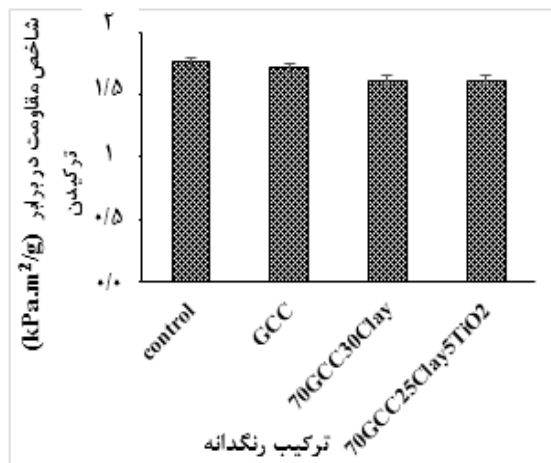
خواص مکانیکی کاغذ

در این تحقیق، مهمترین خواص مکانیکی کاغذ که تحت تأثیر ترکیب رنگدانه قرار می‌گیرد، شامل شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و شاخص مقاومت در برابر ترکیدن است، مطالعه شد. نتایج تأثیر ترکیب رنگدانه بر شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن و شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در شکل‌های ۷، ۸ و ۹ ارائه شده است. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که تأثیر ترکیب رنگدانه بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن در سطح اعتماد ۹۵ درصد از نظر

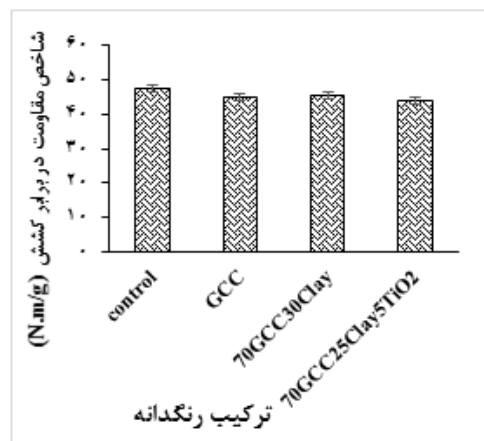
آماری معنی‌دار است، اما بر شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت در برابر ترکیدن معنی‌دار نیست. مشاهده می‌شود که بیشترین شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت به ترکیدن مربوط به کاغذ تیمارشده در سطح شاهد است. همچنین بیشترین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن مربوط به کاغذ تیمارشده در سطح ۲ بوده است. کمترین شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت به ترکیدن مربوط به کاغذ تیمارشده در سطح ۳ بوده و کمترین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن مربوط به کاغذ ساخته شده با ترکیب ۱۰۰ درصد کربنات کلسیم آسیابی بوده است. با تغییر

ترکیب رنگدانه مقادیر شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و شاخص مقاومت در برابر

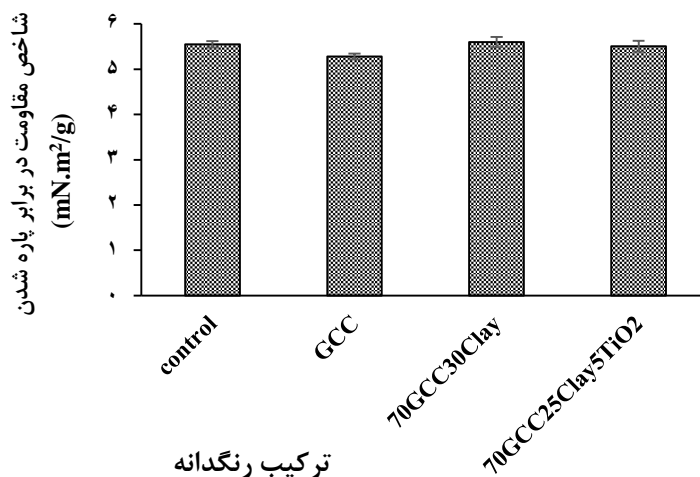
ترکیدن به ترتیب به مقدار ۱، ۱ و ۲/۵ درصد تغییر می‌کند.



شکل ۸



شکل ۷



شکل ۹

شکل‌های ۷، ۸ و ۹- تأثیر ترکیب رنگدانه بر شاخص مقاومت در برابر کشش (شکل ۷)، ترکیدن (شکل ۸) و پاره شدن (شکل ۹) کاغذها

بحث

(Rostampour, 2009). البته هرگونه عملیات اضافی که چیزی به ورقه کاغذ می‌افزاید، بر دانسیته کاغذ تأثیر می‌گذارد.

کاغذ شبکه‌ای از الیاف به هم چسبیده سلولزی است که با وجود عبور از غلتک‌های مختلف در قسمت پرس و خشک‌کن ماشین کاغذ، دارای خلل و فرج زیاد و در نتیجه

ذرات پرکننده معدنی در حفره‌های کوچک ورق کاغذ قرار گرفته و موجب کاهش غیریکنواختی سطح کاغذ می‌شود. از سویی افزایش مقدار پرکننده‌ها موجب کاهش زبری سطح کاغذ و کاهش تخلخل، یا به عبارتی افزایش مقاومت به عبور هوای آن می‌شود (Hamzeh &)

اندازه ذرات، ضریب شکست نور و سطح ویژه بیشتر دی‌اکسید تیتانیوم و خاک رس نسبت به کربنات کلسیم آسیابی نسبت داد (Liu et al., 2014; Perng et al., 2015). افزودن پرکننده‌ها در داخل خمیر کاغذ به‌عنوان پرکننده به دلیل تداخل مستقیم در اتصال بین الیاف اثرهای معکوسی روی بسیاری از خواص مقاومتی کاغذ دارد. برای یک پرکننده معین، شکل و اندازه ذرات نقش مهمی در شدت این موضوع دارد. به‌طور کلی هرچه اندازه ذرات پرکننده کوچک‌تر باشد اثرهای منفی روی مقاومت بیشتر است. به‌نحوی که با پوشش‌دهی سطح کاغذ توسط مواد پرکننده معدنی، کاهش قابل ملاحظه و معنی‌داری در مقاومت‌ها مشاهده نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

خمیرهای شیمیایی-مکانیکی رنگبری شده حاصل از چوب پهن‌برگان در کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران عمدتاً برای تولید انواع کاغذهای چاپ و تحریر به‌کار برده می‌شوند. ولی گاهی با توجه به نیاز بازار، برای استفاده در صنایع بسته‌بندی نیز به‌کار می‌رود. هدف اصلی از این تحقیق، دستیابی به یک فرمول یا فرمول‌های مناسبی از مواد مورد استفاده در عملیات بوده‌است که بتواند علاوه بر تأثیر حداکثری بر افزایش درجه روشنی، کاغذ مقوایی با خصوصیات مقاومتی و فیزیکی بهتری ارائه نماید. نوع ترکیب رنگدانه، باعث تغییر خواص فیزیکی، نوری و خواص مکانیکی کاغذ می‌گردد. مقایسه تیمارهای مورد مطالعه (۳ تیمار و تیمار شاهد) نشان داد که با تغییر ترکیب رنگدانه خواص فیزیکی شامل درصد خاکستر حدود دو برابر، زبری سطح رویی کاغذ حدود ۵۰ درصد و با حفظ مقاومت‌های کاغذ شامل شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و خواص نوری شامل درصد روشنی ۱۸ درصد تغییر کرده‌اند. بنابراین با توجه به تجزیه و تحلیل‌های انجام شده در تیمارهای مورد مطالعه از نظر خواص فیزیکی، مکانیکی و نوری، تیمار ۳ شامل ۷۰ درصد کربنات کلسیم آسیابی، ۲۵

ناصافی (زبری) در سطح می‌باشد. پر کردن خلل و فرج سطح کاغذ اساساً سبب بهبود خواص فیزیکی آن می‌شود. استفاده از مواد پوششی در سطح کاغذ موجب بهبود خواص نوری (روشنی، ماتی و پراکنش نور)، صافی سطح (کاهش زبری به‌ویژه بعد از اتوزنی)، شکل‌گیری ورق (از طریق پر کردن فضای خالی بین الیاف)، قابلیت چاپ کاغذ (به دلیل ایجاد یکنواختی بیشتر در سطح ورق کاغذ)، ثبات ابعاد کاغذ (تغییر ابعاد در اثر جذب آب به‌ویژه در چاپ افسست) و دوام کاغذ می‌شود (Ebrahimpour et al., 2014; Lehtinen, 2000). فاکتورهای متعددی بر روی بخش نور و انعکاس نور توسط کاغذ مؤثرند. به‌طوری که هرچه ضریب شکست نور ذره، سطح مشترک ذره با هوا و اختلاف ضریب شکست دو ماده تشکیل‌دهنده کاغذ بیشتر باشد، توانایی بخش نور افزایش می‌یابد. سطح ویژه پرکننده‌ها بسیار بیشتر از سطح الیاف است. همچنین ابعاد متوسط ذرات (میکرومتر)، ضریب شکست نور (درصد)، روشنی (درصد ایزو) و سطح ویژه (مترمربع بر گرم) پرکننده خاک رس به ترتیب ۲/۰-۲، ۱/۵۷، ۷۸-۹۰ و ۱۰-۲۵، برای کربنات کلسیم آسیابی به ترتیب ۷/۰-۳، ۱/۵۹، ۸۰-۹۵، ۲-۱۲ و همچنین برای دی‌اکسید تیتانیوم به ترتیب ۲/۰-۰/۴، ۲/۵۵، ۹۸-۱۰۰ و ۷-۱۲ است (Hamzeh & Rostampour, 2009; Scott, 1966). مهمترین خواصی از رنگدانه‌ها که بر خصوصیات کاغذ تأثیرگذار می‌باشند، رنگ و روشنی می‌باشد، به‌طوری که ذراتی با اندازه کوچک‌تر، شاخص انعکاس نور، ضریب پراکنش نور و روشنی بیشتر و همچنین کارایی نوری بهتری دارند. در نتیجه انتظار می‌رود میزان افزایش خواص نوری دی‌اکسید تیتانیوم بیشتر از خاک رس و کربنات کلسیم باشد. با افزودن کربنات کلسیم رسوبی به ترکیب کربنات کلسیم آسیابی و خاک چینی، ضریب پراکنندگی نور، افزایش و مقدار زبری کاهش می‌یابد (Kumar et al., 2011). به دلیل بیشتر بودن روشنی اولیه و سطح ویژه پرکننده‌ها نسبت به الیاف، با افزودن آنها به کاغذ مقدار روشنی کاغذ افزایش می‌یابد. پس می‌توان دلیل افزایش درصد روشنی، با افزودن خاک رس و دی‌اکسید تیتانیوم نسبت به کربنات کلسیم را به

- Laine, C., Harlin, A., Hartman, J., Hyvärinen, S., Kammiovirta, K., Krogerus, B., Pajari, H., Rautkoski, H. and Setälä, H., 2013. Hydroxyalkylated xylans— Their synthesis and application in coatings for packaging and paper. *Industrial crops and products*. 44:692-704.
- Larsson, M., Engström, G., Vidal, D. and Zou, X., 2006. Compression of coating structures during calendaring. In 2006 TAPPI Advanced Coating Fundamentals Symposium, Turku, Finland, February 8-10, Session 6. 19.
- Lee, D., Bloembergen, S. and Van Leeuwen, J., 2010. Development of new biobased emulsion binders. TAPPI PaperCon:2-5.
- Lehtinen, E., 2000. Pigment coating and surface sizing of paper. Tappi.
- Liu, H., Shi, H., Wang, Y., Wu, W. and Ni, Y., 2014. Interactions of lignin with optical brightening agents and their effect on paper optical properties. *Industrial & Engineering Chemistry Research* 53:3091-96.
- Liu, H., Shi, H., Wang, Y., Wu, W. and Ni, Y., 2014. Investigation and Comparison of the Effects of the use of Calcium Carbonate (GCC) and Kaolin (Clay) on the Properties of Paper. *Science and Technology of Wood and Forest*, 20(3): 111-124.
- MirShokraei, S., 2003. Handbook for pulp and paper technologists, 2nd edition. Aeeizh Press. 501p. (Translated in Persian).
- Neimo, L., 1985, Internal sizing of printing paper, PAPEX-85 International Conference and Exhibition Leatherhead, England: PIRA.
- Nouri, R., Fathollah, M., Esfidani, M. and Alipour Pijani, A., 2013. A comparative Overview of the Packaging Situation in Iran with Several Countries. *Journal of Science and Technology, Packing*, 3(9); 32-45.
- Perng, Y.-S., Wang, E.I., Hsia, Y.-J. and Tsai, S.-H., 2015. Effects of different filler combination with talc and calcium carbonate on paper properties/printability. *Cellulose chemistry and technology*, 49:511-16.
- Preston, J., Hiorns, A., Parsons, D.J. and Heard, P., 2008. Design of coating structure for flexographic printing. *Paper Technology*. 49 (3): 27-36.
- Rastogi, V.K. and Samyn, P., 2015. Bio-based coatings for paper applications. *Coatings* 5:887-930.
- Singhal, A.K., Kumar, S., Gupta, S., Bhardwaj, N.K. and Varadhan, R., 2015. Calcium sulphate as pigment for improved functional properties of coated paper. *Progress in Organic Coatings*, 79:31-36.

درصد خاک رس و ۵ درصد دی اکسید تیتانیوم (70GCC25Clay5TiO₂) به عنوان بهترین تیمار معرفی می شود که مربوط به کاغذ تیمار شده در سطح ۳ است.

منابع مورد استفاده

- Asadi khansari, R., Dehghani Firouzabadi, M. and Resalati, H., 2016. The effect of biodegradable coatings on the barrier properties of papers. *Iranian journal of wood and paper industries*, 7(1): 91-101. (In Persian).
- Asadi khansari, R. and Dehghani Firouzabadi, M., 2013. Introduce of new paper and cardboard in food packaging. *Journal of packaging science and technology*. 16(4): 46-57. (In Persian).
- Bollström, R., Tuominen, M., Määttänen, A., Peltonen, J. and Toivakka, M., 2012. Top layer coatibility on barrier coatings. *Progress in organic coatings* 73:26-32.
- Beazley, K. and Petereit, H., 1975. Effect of China clay and calcium carbonate on paper properties. *Wochenbl. Papierfabr* 103:143-47.
- Chinga, G. and Helle, T., 2003. Relationships Between the Coating Surface Structural Variation and Print Quality. *Journal of Pulp and Paper Science*, 29(6): 179-184.
- Ebrahimpour kasmani, J., Mahdavi, S. and Samariha, A., 2014. Improve Physical and Printability of Printed Paper with Low Coverage, *Science and Technology of Color*. *Journal of Forest and Wood Products*, 26(4), 265-275.
- Emilsson, P. and Veyre, J., 2009. INVO® tip: A new metering element for coating of board and paper. *ATIP. Association Technique de L'Industrie Papetiere*, 62(5):12-15.
- Hamzeh, Y. and Rostampour, A., 2009. Principles of Paper Chemistry, Tehran University Press.
- Kramm, A.; Mair, B., 2010. Coating technology of yesterday and tomorrow in papermanufacture in the same house; Streichtechnik gestern und morgen in einem Haus. *Wochenblatt fuer Papierfabrikation*, 138(6): 496-497.
- Kumar, N., Bhardwaj, N.K. and Chakrabarti, S.K., 2011. Influence of particle size distribution of calcium carbonate pigments on coated paper whiteness. *Journal of coatings technology and research* 8:605-

Effect of different coating formulation on physical, mechanical, and optical properties of papers made from bleached CMP

A. Barzan^{1*}, H. Resalaty², A. Ghasemian³, A. Saraeian³ and Gh. Asadpour⁴

1*- Corresponding author, PhD student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Department of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, gorgan, Iran, Email: Mwpi_alibarzan@yahoo.com

2- Professor Department of Wood and Paper Science and Technology, Department of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

3- Associate Professor Department of Wood and Paper Science and Technology, Department of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, gorgan, Iran

4- Associate Professor Department of Wood and Paper Science and Technology, Department of Natural Resources, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: Feb., 2019

Accepted: June, 2019

Abstract

In this study, the effect of pigment composition on the properties of paper prepared from bleached CMP pulp was studied. The purpose of this research was to achieve the best combination for coating of the paper to improve physical and optical properties while maintaining strength properties. Three different pigment combinations (100% calcium carbonate (GCC), 70% calcium carbonate and 30% kaolin clay (70GCC30Clay) and 70% calcium carbonate and 25% gritty and 5% titanium dioxide (70GCC25Clay5TiO₂)) were made with the addition of anionic starch, latex and dispersant and was used for coating. Physical properties included (surface roughness of the paper, ash content and apparent density) and the optical properties included (brightness, absorption and diffusion coefficient) and paper strength characteristics including tensile strength, bursting resistance, tear strength using standard TAPPI test methods. Factorial design, and analysis of variance was performed and the mean properties values were compared using Duncan's test. By adding clay and titanium dioxide to calcium carbonate, the roughness of the paper surface decreased the highest roughness of the surface of the paper was observed for the control paper and the lowest was seen in the treatment of 70GCC30Clay surface. Also, the highest degree of brightness is related to 70GCC25Clay5TiO₂ treatment. The highest tensile strength and burst strength indices were related to gypsum treated paper (GCC) and also the highest tear strength index was measured on treated paper at level 2 (70GCC30Clay).

Keywords: CMP pulp, coating, calendering and mechanical properties.