

## اثر پوشش و وزن پوشش با دو نوع PCC بر خواص ممانعتی، نوری و زبری کاغذ

### چکیده

هدف این مقاله، بررسی امکان مصرف PCC و اثر وزن پوشش آن‌ها در پوشش‌دهی کاغذ است. در این مطالعه از دو نوع کاغذ پایه کارخانه چوب و کاغذ مازندران (NS و APC)، استفاده شد. دو ترکیب پوشش‌دهی با مواد جامد ۲۵ درصد، شامل پرکننده PCC (۱۰۰ قسمت)، متصل‌کننده PVA (۱۴ قسمت) و پراکنده ساز (۱ قسمت) بود. ترکیب اول جهت افزایش ماتی دارای PCC B102 و ترکیب دوم به‌منظور بهبود درجه روشنی حاوی PCC 9020 بود. دو میله پوشش‌دهی RDS14 و RDS30 برای وزن‌های پوشش مختلف به‌کاربرده شدند. پس از پوشش‌دهی، نمونه‌ها در شرایط دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۴ درصد، خشک شدند. مشخصات فیزیکی و نوری کاغذهای شاهد و پوشش‌دهی شده مانند مقاومت به عبور هوا، ضخامت، جذب آب، درجه روشنی، زردی، ماتی و زبری تعیین گردید. در مقایسه با نمونه‌های شاهد، کلیه نمونه‌های تیمار شده دارای درجه روشنی، ماتی، زردی و مقاومت به عبور هوای بهتری بودند. با این تیمارهای پوشش‌دهی، زبری در سطح کاغذها افزایش یافت و افزایش جذب آب نمونه‌ها به دلیل توسعه موینگی در بافت پوشش بود. تجزیه واریانس نشان داد که مصرف PCC 9020 در زبری سطح کلیه کاغذها تأثیر معناداری داشت. در کاغذهای NS تغییر نوع PCC تفاوت معناداری را در درجه روشنی و زبری سطح کاغذ ایجاد کرد، درحالی‌که در کاغذهای APC نوع PCC اثر معناداری نداشت. تغییر میله پوشش‌دهی در کاغذ APC اثر معناداری بر جذب آب، درجه روشنی و ماتی نمونه‌ها داشت ولی وزن پوشش در کاغذ NS تأثیر معناداری را نشان نداد.

**واژگان کلیدی:** پوشش‌دهی، خواص نوری، زبری کاغذ، PCC.

روزبه اسدی خوانساری<sup>\*۱</sup>  
محمدرضا دهقانی فیروزآبادی<sup>۲</sup>  
حسین رسالتی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، مدرس دانشکده فنی و حرفه‌ای صومعه‌سرا، گرگان، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

<sup>۳</sup> استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

مسئول مکاتبات:  
[rasadikhansari@gmail.com](mailto:rasadikhansari@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۱

### مقدمه

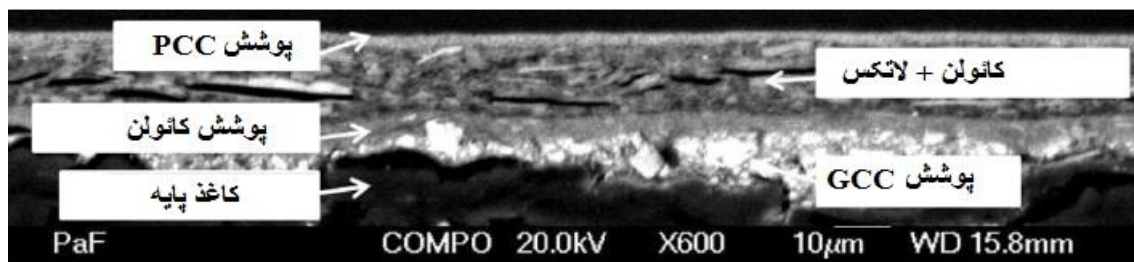
با نگاهی به تاریخچه تولید کاغذ و مقوا، تولید این محصول همواره تغییراتی داشته است و محصولات جدیدی به وجود آمده است. با افزایش زمان پالایش خمیر کاغذ و افزودن زرین‌های خاص، می‌توان به خواص دیگری در کاغذ رسید ولی پوشش‌دهی یکی از روش‌های تولید کاغذ و مقوا با ویژگی‌های جدید است. مزایای روش پوشش‌دهی

در سادگی، مقرون به استفاده بودن و قابلیت اجرایی در خطوط تولید است. در این روش‌ها از یک یا دو پوشش بر روی کاغذهای پایه استفاده می‌شود که این پوشش‌دهی با اهداف خاصی انجام می‌گیرد. مقدار انتقال اکسیژن و بخار آب از بافت کاغذ یکی از معیارهای افزایش خواص ممانعتی کاغذ است. اضافه کردن خاک رس، پلی ونیل الکل و انجام اتو زنی در کاغذ پایه، باعث کاهش چشمگیر

غلظت و نقطه ذوب مواد پوشش‌دهنده وابسته است که روش‌های سنجش و پوشش دهی مختلف میله‌ای، تیغه‌ای، پرده‌ای، کارد هوا، گراور، روزنرانی و غوطه‌وری، بر روی کاغذ قابل انجام است و نتایج گرانروی به شدت به دما، غلظت، کوتاهی زنجیر و وزن مولکولی بسیار بستگی دارد [۳]. در صورت عدم پوشش پذیری به دلیل آب‌گریزی، می‌توان از تیمارهای آنزیمی یا پلاسمای سرد و برخی از روش‌های کرونا جهت ترشوندگی، افزایش انرژی سطح و کشش سطحی و بدون تأثیر بر توپوگرافی سطح کاغذ استفاده کرد تا پوشش بعدی انجام گیرد [۴]. Bollstrom و همکاران (۲۰۱۲) [۴]، قابلیت پوشش‌دهی لایه رویی را بر لایه ممانعتی حاوی تالک، کائولن و لاتکس بررسی کردند و تیمارهای کرونا و پلاسمای را در جهت افزایش ترشوندگی انجام دادند. پوشش‌های دوم به روش گراور معکوس صورت گرفت و افزایش پوشش پذیری در لایه ممانعتی به دست آمد (شکل ۱).

انتقال بخار آب و کم شدن نفوذپذیری نسبت به اکسیژن می‌شود، به طوری که خواص ممانعتی آن نسبت به بسیاری از بسترها، مناسب‌تر خواهد شد [۱]. تیمار کاغذ با موم و رزین، باعث آب‌گریزی می‌شود و این خاصیت در بسته‌بندی مواد غذایی مرطوب، سرد و منجمد کاربرد زیادی دارد. به دلیل مزایای متعدد موم‌های طبیعی، در سال‌های اخیر از کاندلیا، کارناتوبا و موم زنبورعسل در پوشش‌دهی کاغذهای بسته‌بندی استفاده شده است. تحقیقات جایگزین کردن کاغذ و مقوا در کلیه مواد بسته‌بندی؛ گام بزرگی در حل مشکلات زیست‌محیطی خواهد بود [۲].

برای ایجاد خواص نوری و ممانعتی لازم باید نفوذ مواد پوششی در بستر کاغذی (کاغذ پایه) انجام شود و ضخامت بیشتر این پوشش موجب افزایش هزینه است. درصد مقدار مواد جامد کم یا گرانروی پایین محلول پوشش دهی، باعث نفوذ بیشتر در کاغذ و تغییر تخلخل در بافت کاغذ می‌شود؛ بنابراین روش پوشش‌دهی به کاررفته، به گرانروی،



شکل ۱- ضخامت کاغذ با چند لایه پوششی [۴]

بررسی خوشه‌های PCC زبری سطح را ایجاد کرده و پوشش دوم نقش ممانعتی را داشته و زاویه تماس آب در مواردی به بیش از ۱۶۰ درجه رسیده است. Spence و همکاران (۲۰۱۰) [۶]، با استفاده از نوارهای MFC<sup>۳</sup> و پوشش‌های طبیعی موم زنبور، پارافین، نشاسته و همچنین با به کارگیری پرکننده کائولن، مقدار انتقال بخار آب را، در این نوارها کاهش دادند و خواص ممانعتی به دست آمده، بهتر از مواد بر پایه نفت مثل پلی‌اتیلن سبک بود. در این تحقیق نشان داده شد که مهم‌ترین عامل ممانعت در برابر انتقال بخار آب، پوشش دهی بر روی این بستر است. Stepien و همکاران (۲۰۱۲)

Arbatan و همکاران (۲۰۱۲) [۵]، در ابتدا کاغذ صافی را فقط با آهار آلکیل کتن دیمر (در محلول ان‌هپتان به علت غیرقطبی بودن) و سپس با پوشش‌دهی غوطه‌وری در سوسپانسیون PCC<sup>۱</sup> و پوشش دوم را با AKD<sup>۲</sup> انجام داده‌اند و در مرحله بعد نانو الیاف سلولز به‌عنوان متصل‌کننده یا چسب به سوسپانسیون PCC اضافه‌شده و همان پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری صورت گرفت و سپس تیمار با پوشش دوم AKD انجام شد و کاغذ فوق آب‌گریزی بدون تخریب الیاف و با مصرف بسیار اندک نانو الیاف سلولز (۱ و ۵ درصد وزن PCC) تهیه شد. در این

<sup>۱</sup> Precipitated Calcium Carbonate (PCC)

<sup>۲</sup> Alkylketene Dimer (AKD)

<sup>۳</sup> MicroFibrillated Cellulose (MFC)

نوع ارتقاء خواص کاغذ و مقوا در میزان ارزش افزوده آن مؤثر است، پس اگر بتوانیم با اندک مواد پوششی در خاصیت مشخصی بهبود ایجاد کنیم، موجب توسعه کاربردهای آن خواهد شد و بهبود خواص کمک شایانی به ارزش افزوده کالا خواهد نمود [۱۰].

### مواد و روش‌ها

دو نوع کاغذ چاپ و تحریر بانام‌های تجاری APC و NS از حلقه‌های کاغذ تولیدشده در انبار کارخانه چوب و کاغذ مازندران انتخاب شد. نمونه‌های NS حاوی ۸۵ درصد خمیر CMP و ۱۵ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی به همراه پرکننده PCC و ۱/۲۵ درصد AKD بود، درحالی‌که نمونه‌های APC از ۱۰۰ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی به همراه پرکننده PCC و ۰/۷ درصد AKD ساخته شده بود. سپس تعداد ۵۰۰ برگ در ابعاد کاغذ A4 از آن‌ها برش داده شد که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ آمده است. نمونه‌های APC به وزن ۵/۰۰ تا ۵/۰۲ گرم و کاغذهای NS به جرم ۴/۶۳ تا ۴/۶۵ گرم توزین شدند و به صورت تصادفی تعدادی از این کاغذهای پایه به‌عنوان نمونه‌های شاهد (تیمار نشده) و تحت تیمار انتخاب گردید. سپس مقادیر گراماژ و دانسیته نمونه‌های APC به ترتیب  $g/cm^2$  و  $۸۰/۷۴$  و  $۰/۸۱$   $g/cm^3$  و در کاغذ NS،  $۷۴/۴۵$   $g/cm^2$  و  $۰/۷۱$   $g/cm^3$  محاسبه شد.

[۷]، درباره شیمی سطح مقوای پوشش شده با تیمار شعله و نانو ذرات  $TiO_2$  و  $SiO_2$  تحقیق کردند که با اندازه‌گیری زاویه تماس آب و طیف فتوالکترون اشعه ایکس (XPS)، ثابت شد که این پوشش‌ها، اثراتی بر گروه‌های هیدروکسیل دارند و سطح فوق آب‌گریزی تشکیل می‌شود. در تحقیقی نانو ذرات به صورت یک‌لایه پوششی روی کاغذ و مقوا قرار داده شده است که زاویه تماس آب به بیش از ۱۴۰ درجه رسید؛ که این خاصیت ممانعتی به برهم‌کنش نانو ذرات پوشش و سلولز کاغذ و ایجاد پیوندهای هیدروژنی بین آن‌ها نسبت داده می‌شود. از طریق طیف‌سنجی Raman تغییرات شیمیایی بستر پوشش شده تعیین شد و نتیجه این طیف‌سنجی؛ افزایش پیوندهای هیدروژنی را تأیید کرد. نمونه‌های تهیه‌شده با قابلیت مصارف بسته‌بندی و دارای خواص مکانیکی و چاپ پذیری بودند [۸]. پوشش‌دهی کاغذ با استفاده از نانو ذرات و بررسی شرایط زبری سطح کاغذ از طریق میکروسکوپ نیروی اتمی، الگوی پراکنش ذرات را نشان می‌دهد. تعیین زبری در بسیاری از مشخصات کاغذ مؤثر است که ویژگی‌های مختلفی به محصول خواهد داد [۹]. بسیاری از تولیدکنندگان می‌توانند با به‌کارگیری واحد اندودسازی به روند تولید کمک کنند و محصولات مرغوب‌تری را فرآوری سازند. خواص اغلب کاغذها با این روش پوشش‌دهی قابل ارتقاء هستند و این خواص مطلوب در مقاومت‌های بیشتر؛ صافی سطوح، درجه روشنی بالا، مقاومت به عبور هوای کاغذ و نیز جذب آب کمتر خلاصه می‌شود. به‌طور کلی هر

جدول ۱- مشخصات کاغذهای پایه

مشخصات	کاغذ APC	کاغذ NS
گراماژ ( $g/m^2$ )	۸۰±۲	۷۵±۲
رطوبت (%)	۶±۱	۸±۱
ضخامت (mm)	۰/۱±۰/۰۱	۰/۱۰۵±۰/۰۱
ماتی (%)	۹۲	۹۱/۵
Cobb60 ( $g/m^2$ )	۲۲	۷۲

ساخت هر دو ترکیب همانند نمونه‌های کاغذ، از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه شدند. هر دو نوع PCC به شکل کلسیت-آراگونیت محصول شرکت شیمی معدنی همدان است. جدول ۲ مشخصات و دانه‌بندی این دو نوع کربنات کلسیم را نشان می‌دهد که از اطلاعات سایت

پس از کدگذاری در سمت نمد نمونه‌های شاهد و قابل پوشش‌دهی، دو ترکیب مشابه از نظر مقدار PCC، پلی وینیل استات (محصول چسب و رزین شمال)، پراکنده ساز تجاری Topsperse GX N، آب مقطر و درصد مواد جامد ولی متفاوت در نوع PCC تهیه شدند. کلیه مواد جهت

آمده است. مقدار اتصال دهنده به مقدار ۱۴ درصد وزن خشک PCC انتخاب گردید و میزان پراکنده ساز ۱ درصد این پرکننده در نظر گرفته شد و با محاسبه بخش تر این مواد، مقدار آب مقطر تعیین شد. مواد به مدت یک ساعت با ۲۵ درصد مواد جامد، در دمای محیط مخلوط شدند که پس از محاسبه درصد مواد جامد در هر دو ترکیب ۲۵/۶۷٪ تعیین گردید.

شرکت مذکور (www.cmhco.ir) استخراج شده است. مطابق هدف کارخانه، ترکیب اول جهت افزایش ماتی دارای PCC B102 و ترکیب دوم به منظور بهبود درجه روشنی حاوی PCC 9020 بود. از ترازوی دیجیتال Radweg WTC2000 با دقت ۰/۰۱ گرم، آب مقطر فومن وش و ریزش مواد با دستگاه Spatule vibrante mettle LV2 (Switzerland) دانشکده فنی و حرفه‌ای صومعه‌سرا استفاده شد که مقادیر دو ترکیب پوشش‌دهی در جدول ۳

جدول ۲- مشخصات و دانه‌بندی PCC B102 و PCC 9020

مشخصات	PCC B102	PCC 9020
متوسط اندازه ذرات (میکرومتر)	۲/۰۱	۲/۰۱
درصد ذرات کوچک‌تر از ۲ میکرومتر	٪ ۵۰	٪ ۵۰
درصد ذرات کوچک‌تر از ۵ میکرومتر	٪ ۸۵	٪ ۸۵
اندازه ذرات بزرگ (میکرومتر)	۶/۱۵	۷/۳۵
ذرات باقیمانده در الک ۴۵ میکرومتری	٪ ۰/۰۱۵	٪ ۰/۰۲
حداکثر درصد رطوبت	٪ ۰/۲	٪ ۰/۱۵
جذب آب (گرم بر ۱۰۰ گرم)	۵۷-۵۵	۶۲-۶۰
جذب روغن (گرم بر ۱۰۰ گرم)	۴۸-۴۶	۵۰-۴۸

جدول ۳- مشخصات ترکیب‌های مواد پوشش‌دهی

فرمولاسیون	ترکیب ۱	ترکیب ۲
PCC	۲۵ گرم خشک PCC B102	۲۵ گرم خشک PCC 9020
متصل‌کننده PVA	۳/۵ گرم خشک	۳/۵ گرم خشک
پراکنده ساز	۰/۲۵ گرم خشک	۰/۲۵ گرم خشک
آب مقطر	۱۰/۸/۲ گرم	۱۰/۸/۲ گرم

از قسمت پوشش شده نمونه‌ها قطعاتی به ابعاد A5 بریده شد و با قطعاتی به همین اندازه از نمونه‌های شاهد مقایسه شدند. جرم کاغذهای شاهد و نمونه‌های تیمار شده با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. از طریق تفاضل جرم نمونه‌ها، مقدار وزن پوشش برحسب گرم بر مترمربع به دست آمد. از کلیه نمونه‌های شاهد و تیمار شده با ابعاد A5، قطعات دایره‌ای شکلی برش داده شد و جهت آزمون نفوذپذیری هوا، ضخامت و جذب آب (Cobb60) استفاده گردید. با استفاده از دستگاه‌های L&W PPS/SE115 و L&W Elrepho070 (Sweden) (Sweden) آزمایشگاه کارخانه چوب و کاغذ مازندران نتایج درجه روشنی، زردی، ماتی و زبری تعیین گردید. در آزمایشگاه دانشگاه گرگان ضخامت نمونه‌ها طبق استاندارد

تیمار پوشش‌دهی میله‌ای در سمت نمد نمونه‌های با میله ریز شماره ۱۴ (RSD14) و میله درشت شماره ۳۰ (RSD30) و به وسیله دستگاه پوشش‌دهی Auto Bar Coater GBC-A4 GIST Co.Ltd آزمایشگاه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. بر روی هر نمونه کاغذ، مقدار ۳ سی‌سی از ترکیب پوشش‌دهی در مقابل میله دستگاه ریخته شد. این تیمار پوشش‌دهی با یک‌بار حرکت میله دستگاه صورت گرفت. کلیه نمونه‌ها در قاب چوبی با گیره مهار شده و در دمای اتاق به مدت چند روز خشک شدند. شرایط دما و رطوبت اتاق به وسیله دماسنج و رطوبت‌سنج دیجیتال با مقادیر دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۴ درصد، ثبت گردید.

تجزیه واریانس یک‌سویه ANOVA و آزمون دانکن انجام شد. کد N و A به ترتیب برای دو نوع کاغذ NS و APC و نیز کدهای ۱ و ۲ همان دو ترکیب پوشش‌دهی و کد F و C برای میله‌های پوشش‌دهی ریزودرشت است. در تحلیل هر متغیر ابتدا از سطح معنی‌داری ۰/۰۵ استفاده شد و در صورت معناداری این سطح به ۰/۰۱ تغییر داده شد تا معنی‌داری در سطح خطا یک درصد هم بررسی شود. برای تعیین اثر متغیر دیگر بر متغیرهای وابسته، متغیر جدید در مراحل مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس انتخاب شد. ضرایب همبستگی نیز بین عوامل مختلف از طریق گزینه مربوطه در این برنامه تعیین گردید.

### نتایج و بحث

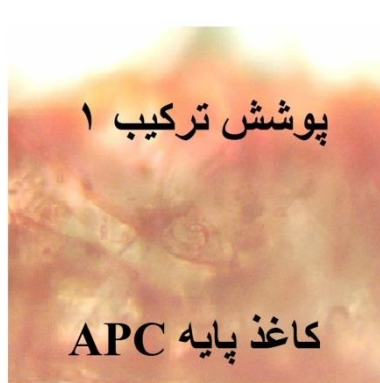
#### بررسی عکس

از کلیه عکس‌برداری‌های میکروسکوپ نوری، دو تصویر در شکل ۲ نشان داده شده است که بافت کاغذ پایه و پوشش را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، لایه پوشش بر روی نمونه کاغذ قرار گرفته است ولی ساختار اجرای ریز آن نامشخص است. همچنین تصویر نشان‌دهنده متصل شدن رنگ‌دانه‌های پوشش‌دهی به یکدیگر و به الیاف کاغذ است.

تاپی T 411 om-05 به‌وسیله میکرومتر Sylvac/Swiss PTA اندازه‌گیری شد. زمان عبور ۱۰۰ میلی‌لیتر هوا از بافت کاغذ به‌عنوان مقاومت عبور هوا که معیاری برای تخلخل بافت کاغذ است، بر اساس استاندارد تاپی T 460 om-02 با دستگاه Genuine Gurley 4320 Automatic Digital timer به دست آمد. مقدار جذب آب یا Cobb در مدت ۶۰ ثانیه از طریق استاندارد تاپی T 441 om-04 مشخص گردید. برش بسیار باریکی از نمونه‌های پوشش شده به‌وسیله تیغ جراحی شماره ۲۱ انجام شد. همه مقاطع به‌طور جداگانه، به مدت ۳۰ ثانیه در محلول مقابله Safranin (Microscopy Indicator), Merck قرار گرفت و سپس برش‌ها در بین لام و لامل چسبانده شدند. عکس‌برداری از مقطع عرضی نمونه‌ها در آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان به‌وسیله میکروسکوپ Olympus BX51 مجهز به دوربین الکترونیکی Olympus DP 12 صورت گرفت و تعداد ۱۰ عکس با بزرگنمایی ۲۰۰ و ۴۰۰ برابر انجام شد. مقادیر نفوذپذیری هوا، ضخامت، جذب آب، درجه روشنی، زردی، ماتی، زبری و وزن پوشش کلیه نمونه‌های شاهد و تیمار شده، در ستون‌های نرم‌افزار آماری SPSS 16.0 وارد شد. کلیه نمونه‌های شاهد و تیمار شده با کدگذاری تعیین‌شده در ردیف‌های این نرم‌افزار ثبت گردید و تحلیل این اطلاعات با استفاده از گزینه مقایسه میانگین‌ها و روش



N2C



A1C

شکل ۲- دو نمونه کاغذ پایه با دو نوع پوشش (با میکروسکوپ Olympus BX51 مجهز به دوربین Olympus DP 12 بزرگنمایی ۴۰۰ برابر)

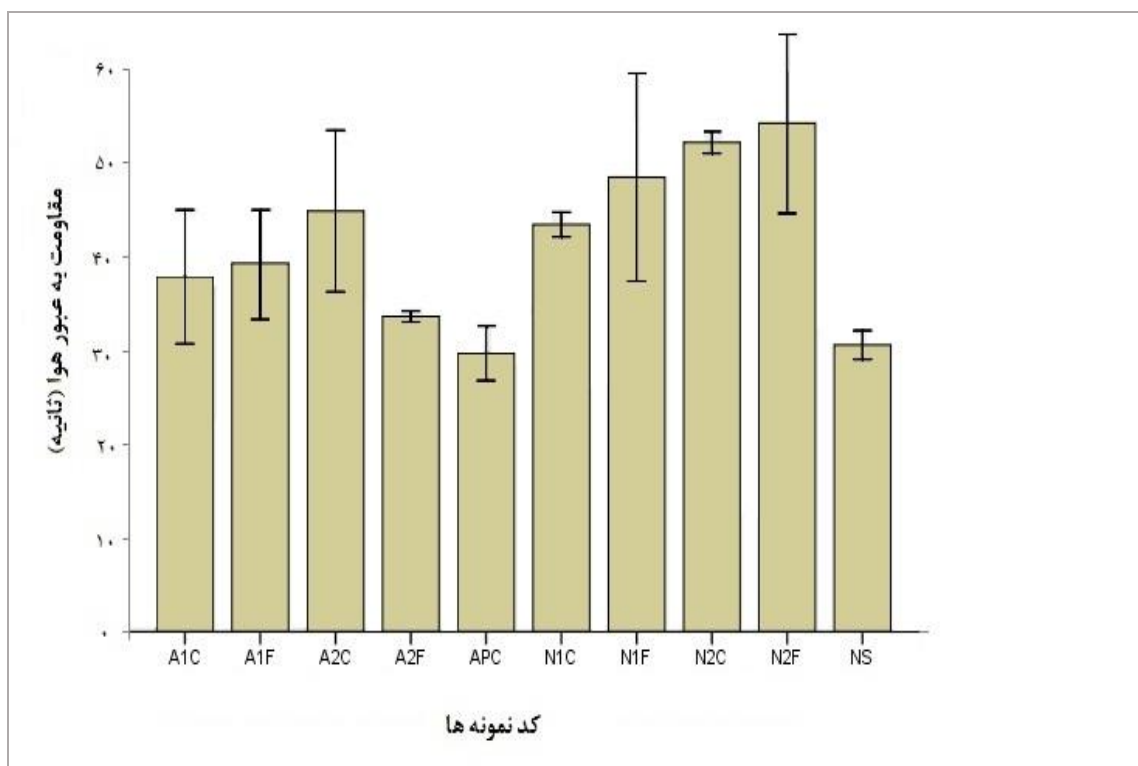
هوا نسبت به نمونه‌های شاهد افزایش یافت که به مفهوم مقاومت عبور هوا است. البته با مقایسه زمان عبور هوا بین دو ترکیب، نتیجه گرفته می‌شود که ترکیب ۲ نسبت به

#### بررسی نفوذپذیری هوا در بافت کاغذ

با مقایسه میانگین زمان‌های عبور هوا از بافت کاغذ مشخص شد که به دلیل افزایش وزن پوشش، زمان عبور

می‌دهد. شکل ۳ میانگین مقاومت به عبور هوا را در نمونه‌های شاهد و تیمار شده نشان می‌دهد. در کلیه شکل‌های ۳ تا ۷ از انحراف معیار برای نشان دادن اختلاف مقادیر تکرارها استفاده شده است.

ترکیب ۱ مؤثرتر است. همچنین نفوذپذیری هوا در بافت کاغذ معیاری برای تخلخل بافت کاغذ است و با انجام محاسبات می‌توان دانسیته دو کاغذ را تعیین کرد. کاغذ APC با دانسیته ۰/۸۱ و نمونه NS به مقدار ۰/۷۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود که تخلخل بیشتر در NS را نشان

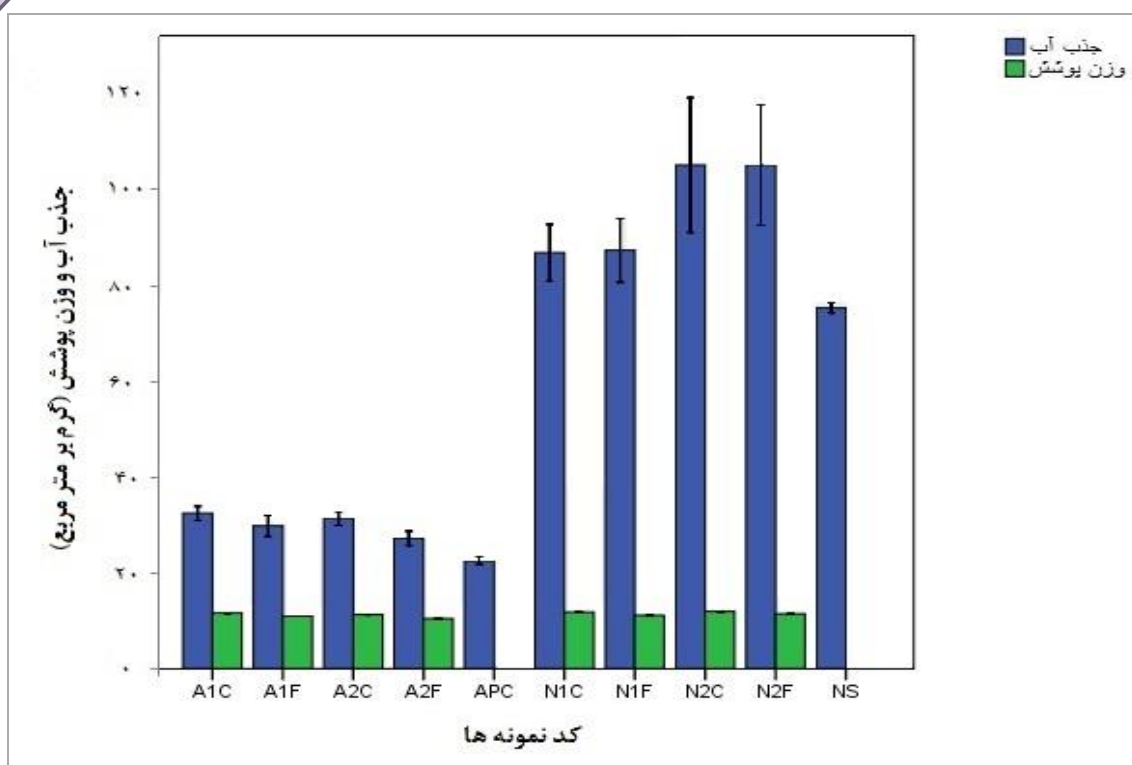


شکل ۳- اثر پوشش بر میانگین مقاومت به عبور هوا در نمونه‌های شاهد (NS و APC) و کاغذهای تیمار شده

می‌دهد. مقدار میانگین وزن پوشش نیز در شکل ۴ دیده می‌شود که میانگین کل وزن پوشش با میله شماره ۱۴، ۱۰/۵۲ و با میله شماره ۳۰، ۱۱/۱۵ گرم بر مترمربع به دست آمد. از طریق رابطه تقسیم گراماژ به ضخامت می‌توان به دانسیته کاغذ پی برد که از طریق همین رابطه، مقادیر دانسیته کاغذ و پوشش روی کاغذ قابل محاسبه است و با توجه به بحث تخلخل، میزان جذب آب و وزن پوشش نیز به تخلخل بافت کاغذ وابسته است چون امکان نفوذ را فراهم می‌کند [۲].

### بررسی جذب آب و وزن پوشش

آزمون جذب آب در سمت نمدی کاغذ انجام شد و میانگین اعداد آن‌ها گزارش شده است. میزان مقادیر جذب آب در آزمون Cobb در طی مدت ۶۰ ثانیه تأثیر مطلوبی بر خواص ممانعتی نداشت. همان‌طور که در شکل ۴ دیده می‌شود، نسبت به نمونه‌های شاهد، کلیه تیمارها جذب آب را افزایش داده‌اند. در نمونه‌های NS افزایش وزن پوشش تأثیر کمی بر جذب آب داشت (ضریب همبستگی پیرسون ۰/۶۹۲) درحالی‌که در کاغذهای APC همبستگی این عوامل به ۰/۸۶۷ رسید که هم‌افزایی بیشتری را نشان

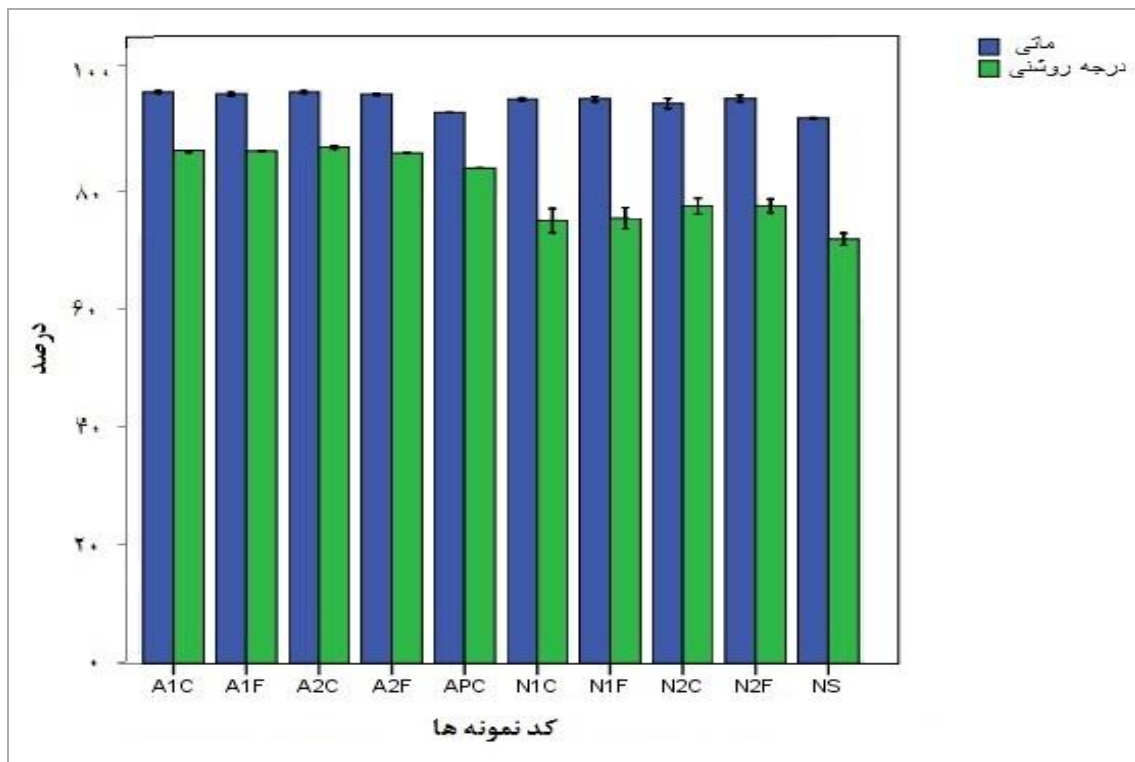


شکل ۴- میانگین جذب آب و وزن پوشش در نمونه‌های شاهد (APC و NS) و کاغذهای تیمار شده

نمونه‌های شاهد و تیمار شده اختلاف معناداری ایجاد کرد ولی در بین دو ترکیب ۱ و ۲ تفاوتی دیده نشد. درحالی‌که تغییر میله پوشش‌دهی یا همان وزن پوشش در سطح ۵ درصد در مقادیر ماتی و درجه روشنی کاغذ NS با نمونه‌های شاهد تفاوت داشت ولی اختلافی بین تیمار با دو میله مختلف در ماتی و درجه روشنی نبود. اختلاف معنادار بین درجه روشنی نمونه‌های شاهد، تیمار شده با ترکیب ۱ و نیز تیمار شده با ترکیب ۲ در کاغذهای NS مشاهده شد ولی در ماتی فقط تفاوت در شاهد و تیمار شده بود و تغییر ترکیب اثری نداشت.

#### بررسی خواص نوری کاغذ

درجه روشنی عامل مهمی در کیفیت کاغذ است که مطابق سایر بررسی‌ها پوشش‌دهی تأثیر بسیار مطلوبی بر خواص نوری دارد [۶، ۱۰، ۱۲]. همان‌طوری که در شکل ۵ دیده می‌شود بین مقادیر ماتی تفاوت فاحشی با یکدیگر وجود ندارند ولی درجه روشنی به‌وسیله این پوشش‌ها بهبود یافت و میانگین درجه روشنی کاغذ NS و APC به ترتیب از ۷۱/۲ و ۸۳/۱ به ۷۸/۱ و ۸۷ رسید. از نظر آماری تغییر نوع میله پوشش‌دهی در سطح ۵ درصد در مقادیر ماتی و درجه روشنی کاغذ APC نسبت به نمونه شاهد و نسبت به دو نوع میله مؤثر بود و تغییر نوع ترکیب بین

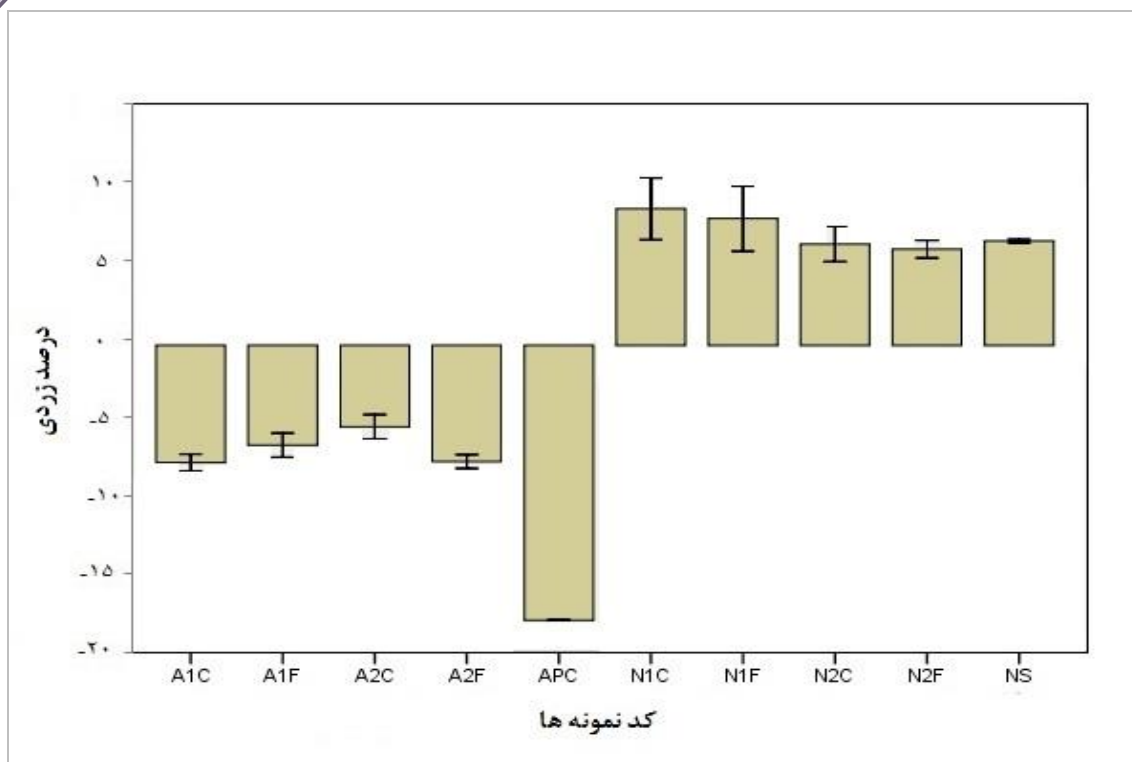


شکل ۵- اثر پوشش‌دهی بر درجه روشنی و ماتی در نمونه‌های شاهد (APC و NS) و کاغذهای تیمار شده

آبی زیاد در کاغذ است ولی پایین‌حال زردی نمونه‌های شاهد از ۱۷/۹- به ۴/۴- رسید که نشان‌دهنده اثر بسیار مطلوب پوشش‌دهی در کاغذهای مورد آزمایش است (شکل ۶).

زردی کاغذ در تمامی موارد بهتر شد و موجب افزایش کیفیت کاغذ بود، به‌طوری‌که در نمونه‌های شاهد NS از ۸/۸ به ۵/۶ در کاغذ تیمار شده رسید. مقادیر زردی در کاغذهای APC همگی منفی بود که به علت وجود ته رنگ





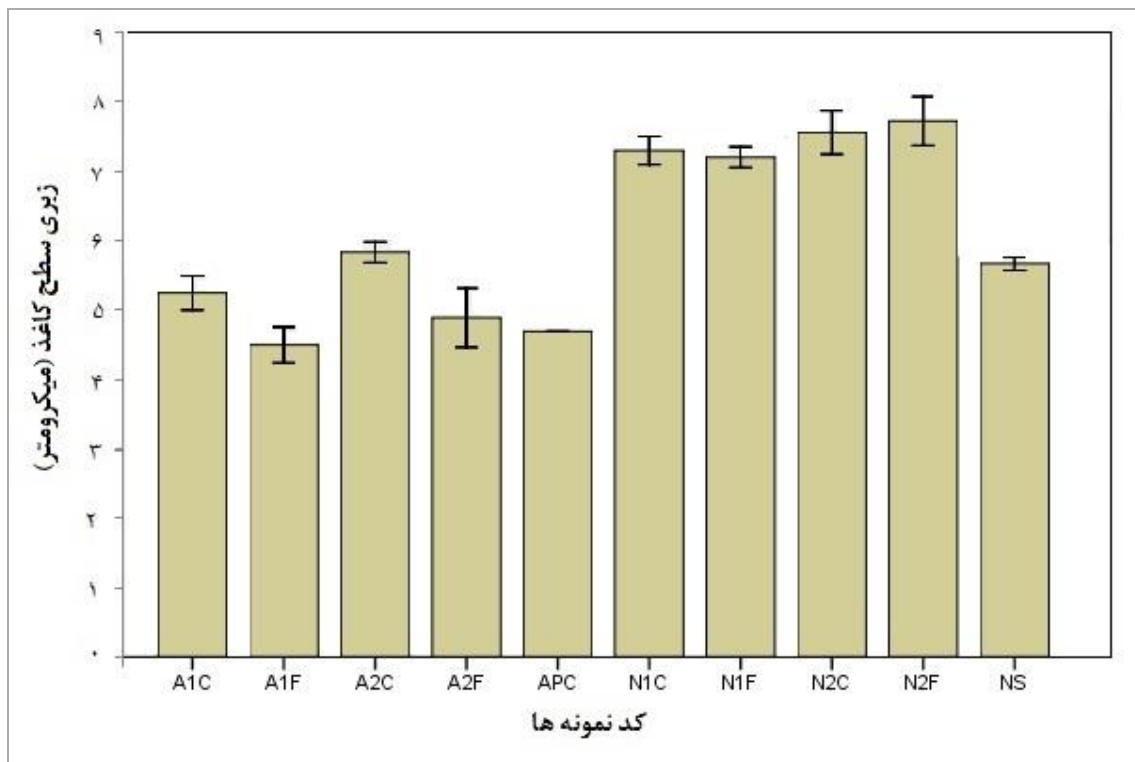
شکل ۶- میانگین مقدار زردی در نمونه‌های شاهد (NS و APC) و کاغذهای تیمار شده

و دو وزن پوشش مختلف اختلافی در زبری سطح کاغذ به وجود نیامد و فقط نمونه‌های تیمار شده با شاهد دارای اختلاف معناداری بودند. میانگین مقادیر زبری در نمونه‌های کاغذهای شاهد و تیمار شده در شکل ۷ دیده می‌شود.

چون وزن پوشش رابطه مستقیمی با جذب آب، ضخامت و تخلخل دارد و با وزن پوشش بیشتر، زبری هم افزایش یافت؛ بنابراین ضریب همبستگی پیرسون زبری با جذب آب، تخلخل و ضخامت در کاغذ NS به ترتیب ۰/۶۷۲، ۰/۸۸۲ و ۰/۸۶۴ بود و این ضرایب در کاغذ APC به ترتیب ۰/۵۸۸، ۰/۵۷۸ و ۰/۴۸۷ به دست آمد.

### بررسی زبری سطح کاغذ

تغییرات زبری سطح کاغذ در همه نمونه‌های شاهد و تیمار شده اندک بود ولی در اغلب موارد افزایش داشت. برای حل مشکلات زبری کاغذ اتوزنی اهمیت بسیار زیادی دارد و خواص مطلوبی به محصول خواهد داد [۱، ۳]. بررسی آماری واقعیت‌های بیشتری را آشکار کرد؛ به طوری که در کاغذ APC در اثر نوع ترکیب تفاوت معناداری در زبری بین نمونه‌ها مشاهده نشد ولی زبری نمونه‌ها با وزن پوشش بیشتر اختلاف معناداری در سطح ۵ درصد با نمونه‌های شاهد و با وزن پوشش کمتر داشتند؛ یعنی تغییر نوع میله در زبری سطح کاغذ مؤثر بود. در کاغذ NS نوع ذره PCC اثر معناداری بر زبری کاغذ داشت



شکل ۷- میانگین زبری در نمونه‌های شاهد (NS و APC) و کاغذهای تیمار شده

## نتیجه‌گیری

بسیار مناسب بود و کاغذ APC حتی به درجه روشنی ۸۷ نیز رسید. مقاومت به عبور هوا در کلیه تیمارها بهبود یافت و در برخی از نمونه‌ها افزایش وزن پوشش این زمان عبور هوا در کاغذهای تیمار شده را ترقی داد. این شرایط در اغلب مقالات تحقیقی و مروری تأیید شده است [۲، ۵، ۱۰، ۱۲]. مقدار ماتی کاغذها در همه حالات افزایش داشت و زردی کاغذ در نمونه‌های NS بهبود نسبی و در کاغذهای APC بسیار بهتر شد. با توجه به بهبود ماتی، زردی، مقاومت به عبور هوا و درجه روشنی در کاغذهای تیمار شده، مشخصات بهتری در این نمونه‌ها نسبت به گروه شاهد ایجاد گردید. Bollstrom و همکاران (۲۰۱۲) [۴]، با به‌کارگیری لایه پوششی حاوی رنگ‌دانه‌های تالک و کائولن با مقادیر مختلف انواع لاتکس صنعتی، کیفیت مناسبی را در خواص ممانعتی کاغذ ایجاد کردند. Arbatan و همکاران (۲۰۱۲) [۵]، با استفاده پوشش‌دهی غوطه‌وری کربنات کلسیم و آهار AKD، به سطوح فوق آب‌گریز دست یافتند که به دلیل وجود ترکیب AKD، جذب آب در نمونه‌های ساخته‌شده توسط ایشان کاهش یافت و خاصیت آب‌دوستی سطح کاغذ تغییر کرد. در حالی در این

با توجه به اطلاعات حاصل از این پژوهش، تغییرات جذب آب در بین نمونه‌ها اندک بود ولی در کاغذهای APC جذب آب به مقدار کمی افزایش یافت ولی در نمونه‌های NS شدت افزایش جذب آب بیشتر بود. درحالی‌که در تحقیق Shawaphun و Manangan (۲۰۱۰) [۱۱] مقادیر جذب آب کاهش یافت که به علت تفاوت در روش غوطه‌وری و وزن پوشش کمتر آن مطالعه است. مقدار زبری سطح نمونه‌ها در اغلب موارد بیشتر شد و یا تغییر محسوسی نداشت که افزایش زبری در کاهش زاویه تماس با قطره آب مؤثر است و این شرایط جذب آب را افزایش می‌دهد [۹]. با اطلاعات شرکت شیمی معدنی همدان، مقدار جذب آب PCC 9020، ۶۰-۶۲ گرم به ازای ۱۰۰ گرم ماده خشک آن و این عدد برای PCC b102، به مقدار ۵۵-۵۷ گرم است. در صورت اعمال اتصال‌دهنده به نسبت ۲۰ تا ۴۰ درصد رنگ‌دانه امکان کاهش چشمگیر جذب آب وجود دارد [۱۲] ولی با توجه مصرف کم PVA در این بررسی به علت آب‌دوستی PCC جذب آب بیشتر شد. افزایش درجه روشنی در نمونه‌های کاغذ این بررسی،

پوشش‌دهی در کاغذ APC اثر معناداری بر جذب آب، درجه روشنی و ماتی نمونه‌ها داشت، ولی وزن پوشش در کاغذ NS تأثیر معناداری را نشان نداد. کاهش زبری در چاپ اهمیت زیادی دارد و در نمونه‌های APC با ترکیب ۱ و میله پوشش‌دهی شماره ۱۴ مقدار زبری کاهش یافت. در بقیه تیمارهای پوشش‌دهی، زبری در سطح کاغذها افزایش یافت که این پدیده موجب کاهش زاویه تماس قطره آب می‌شود. به دلیل خاصیت موینگی و آب‌دوستی الیاف و کربنات کلسیم، زبری بیشتر باعث افزایش جذب آب نمونه‌ها در بافت کاغذ و پوشش می‌شود. تجزیه واریانس نشان داد که مصرف PCC 9020 در زبری سطح کلیه کاغذها تأثیر معناداری داشت. ضرایب همبستگی بین وزن پوشش در کاغذ APC با جذب آب، درجه روشنی، زردی، ضخامت و ماتی به ترتیب ۰/۸۶۷، ۰/۹۸۱، ۰/۹۸۳، ۰/۸۴ و ۰/۹۹۳ تعیین گردید. مقادیر همبستگی بین وزن پوشش در کاغذ NS با نفوذ هوا، جذب آب، درجه روشنی، ضخامت، ماتی و زبری به ترتیب ۰/۷۸۳، ۰/۶۹۲، ۰/۷۵، ۰/۹۵۸ و ۰/۹۰۸ و ۰/۹۳۷ بود.

### سیاسگزاری

لازم است که نویسندگان مسئول به دلیل تهیه نمونه‌های کاغذ و برخی از مواد، از آقای مهندس علی برزن قدردانی کند.

تحقیق افزایش جذب آب دیده شد که به دلیل مصرف کم متصل‌کننده و جذب رطوبت بودن کاغذ پایه و PCC به کار رفته است. البته در کلیه تیمارها خواص ممانعتی نسبت به هوا و خواص نوری افزایش یافت. با توجه به اطلاعات منتشرشده از محصولات شرکت شیمی معدنی همدان (جدول ۲)، مقدار جذب آب PCC 9020، بیشتر از PCC b102 است. افزایش جذب آب در ترکیب دوم حاوی PCC 9020 به خصوص در نمونه‌های NS مشاهده می‌شود. در صورت استفاده از اتصال‌دهنده با مقدار درصد زیاد، امکان کاهش جذب آب وجود داشت ولی به علت استفاده اتصال‌دهنده با درصد کم (۱۴ درصد) و آب‌دوستی PCC، مقدار جذب آب بیشتر شد. در مقایسه با نمونه‌های شاهد، کلیه نمونه‌های تیمار شده دارای درجه روشنی، ماتی و زردی بهتری بودند. تغییر وزن پوشش در سطح ۵ درصد در مقادیر ماتی و درجه روشنی کاغذ NS با نمونه‌های شاهد تفاوت معناداری ایجاد کرد. همچنین اختلاف معنادار بین درجه روشنی نمونه‌های شاهد، تیمار شده با ترکیب ۱ و نیز تیمار شده با ترکیب ۲ در کاغذهای NS مشاهده شد. به خصوص تغییرات درجه روشنی و زردی بسیار مطلوب بود و احداث واحدهای تبدیلی کاغذ جهت ارتقاء خواص نوری در انواع کاغذ پایه پیشنهاد می‌شود. در کاغذهای NS تغییر نوع PCC تفاوت معناداری را در درجه روشنی و زبری سطح کاغذ ایجاد کرد، درحالی‌که در کاغذهای APC نوع PCC اثر معناداری نداشت. تغییر میله

### منابع

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] Smook, G. A., 2003. Handbook for pulp and paper technologists, 2nd edition, translated by Mirshokraei, S. A., Aeeizh press, Tehran. (In Persian).
- [4] Bollstrom, R., Tuominen, M., Maattanen, A., Peltonen, J. and Toivakka, M., 2012. Top layer coatability on barrier coatings. Progress in organic coatings, 73(1): 26-32.
- [5] Arbatan, T., Zhang, L., Fang, X. and Shen, W., 2012. Cellulose nanofibers as binder for fabrication of superhydrophobic paper. Chemical engineering journal, 210(1): 74-79.

- [6] Spence, K., Venditti, R., Habibi, Y., Rojas, O. and Pawlak, J., 2010. The effect of chemical composition on microfibrillar cellulose films from wood pulps: Mechanical processing and physical properties. *Bioresource technology*, 101(15): 5961–5968.
- [7] Stepien, M., Saarinen, J.J., Teisala, H., Tuominen, M., Aromaa, M., Kuusipalo, J., Makela, J.M. and Toivakka, M., 2012. Surface chemical characterization of nanoparticle coated paperboard. *Applied surface science*, 258(7): 3119–3125.
- [8] Samyn, P., Deconinck, M., Schoukens, G., Stanssens, D., Vonck, L. and Van den Abbeele, H., 2010. Modifications of paper and paperboard surfaces with a nanostructured polymer coating. *Progress in organic coatings*, 69(4): 442-454.
- [9] Samyn, P., Van Erps, J., Thienpont, H. and Schoukens, G., 2011. Paper coatings with multi-scale roughness evaluated at different sampling sizes. *Applied surface science*, 257(13): 5613–5625.
- [10] Dehghani Firouzabadi, M. and Asadi khansari, R., 2016. Manufacturing and application of new combinations for coating of paper and paperboard in packaging. *Journal of packaging science and technology*, 24(4): 40-47. (In Persian).
- [11] Shawaphun, S. and Manangan, T., 2010. Paper coating with biodegradable polymer for food packaging. *Science Journal Ubon Ratchathani University*, 1(1): 51-57.
- [12] Shen, J., Song, Z., Qian, X. and Ni, Y., 2011. Carbohydrate-based fillers and pigments for papermaking: A review. *Carbohydrate polymers*, 85(1): 17-22.

## The effect of coatings and coating weight by two types of PCC on barrier and optical properties and roughness of paper

### Abstract

The objective of this work was to investigate the use of PCC, and the impact of its coating weight on paper coating. In this study, two base papers from Mazandaran Wood and Paper Industries (APC and NS), and two coating compositions with the solid content of 25% containing PCC filler (100 parts), PVA binder (14 parts) and dispersant (1 part) were used. The first composition included PCC B102 for opacity increment, and the second one, PCC 9020 for the improvement of brightness. Two rods RDS14 and RDS30 were used for different coating weights. After coating, the treated samples were dried in room conditions at air temperature of 25°C and relative humidity of 54%. Physical and optical properties of control and treated samples such as air resistance, thickness, Cobb60, brightness, yellowness, opacity and roughness were determined. In comparison to the control group, all the treated samples showed improvement in brightness, opacity, yellowness and air resistance. By the two different formulations and two rods, paper roughness was increased, and the increment of water absorption was due to capillary development in coating texture. The analysis of variances showed that the usage of PCC 9020 had considerable effect on roughness of papers. In NS papers, change of PCC caused significant difference in brightness and roughness, but in APC papers did not. The change of coating rod in APC papers had significant effects on water absorption, brightness and opacity but did not show a significant effect in NS.

**Keywords:** coating, optical properties, roughness of paper, PCC.

**R. Asadi Khansari**<sup>1\*</sup>  
**M.R. Dehghani Firouzabadi**<sup>2</sup>  
**H. Resalati**<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PhD Student, Department of wood engineering and technology, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Department of wood engineering and technology, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of wood and paper sciences and technology, Sari university of agricultural sciences and natural resources, Sari, Iran

Corresponding author:  
[rasadikhansari@gmail.com](mailto:rasadikhansari@gmail.com)

Received: 2016/11/11  
Accepted: 2017/01/30