نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیست و چهارم، شماره اول، ۱۳۹۶
http://jwfst.gau.ac.ir

کاغذهای فلوتینگ و کرافت لاینر با پوشش‌های GCC و اتصال دهنده PVA

***روزبه اسدی خوانساری[۱]، محمدرضا دهقانی فیروزآبادی[۲] و حسین رسالتی[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و مدرس دانشکده فنی و حرفه‌ای صومعه‌سرا، گروه صنایع چوب و کاغذ، [۲]دانشیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]استاد گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۹/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۲۸

چکیده

سابقه و هدف: تحقیقات متعددی جهت بهبود خواص کاغذ صورت گرفته است و این تحقیق در جهت امکان پوشش‌دهی در فرآیند تبدیلی کاغذ است. اصلاح خواص کاغذ می‌تواند کاربردهای مختلفی را برای آن به‌همراه داشته باشد، که به‌طور کلی خواص مطلوب در خواص ممانعتی، مکانیکی و نوری بیان می‌شود. هدف این مطالعه، بررسی تأثیر پوشش‌های GCC در دو نوع کاغذ پایه است، که از دو نوع ترکیب با درصد اتصال دهنده متفاوت استفاده شد.

مواد و روش‌ها: بدین منظور از دو کاغذ پایه متفاوت (کرافت لاینر و فلوتینگ کارخانه چوب و کاغذ مازندران)، روش‌های پوشش‌دهی میله‌ای و غوطه‌وری و نیز از یک اتصال دهنده (PVA) در مواد پوششی در دو سطح مصرف استفاده گردید. مواد پوشش‌دهی با مواد جامد ۲۰ درصد، شامل GCC (۱۰۰ قسمت)؛ پراکنده ساز (۰/۳ قسمت) و از PVA (٦ و ۱۲ قسمت) بود. ترکیب ۱ با اتصال دهنده کم و ترکیب ۲ با اتصال دهنده زیاد نام‌گذاری گردید. عملیات پوشش‌دهی غوطه‌وری به‌مدت یک دقیقه و پوشش‌دهی میله‌ای از طریق دستگاه آزمایشگاهی با هر دو سوسپانسیون انجام شد. مشخصات فیزیکی کاغذهای شاهد و تیمار شده مانند مقاومت به عبور هوای کاغذ، ضخامت، جرم، درجه روشنی و جذب آب (Cobb60) تعیین گردید. سپس با انجام محاسبات، مقادیر گراماژ و وزن پوشش به‌دست آمد و جهت انجام تجزیه واریانس کلیه اطلاعات نمونه‌ها در نرم‌افزار آماری SPSS 16.0 وارد شد.

یافته‌ها: اختلاف معنی‌داری در مقادیر گراماژ، ضخامت و وزن پوشش در کاغذ فلوتینگ در اثر این تیمارها دیده شد. این پوشش‌ها در کاغذ فلوتینگ و کرافت لاینر در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری بر مقاومت به عبور هوا داشت. در حالی که با روش پوشش‌دهی میله‌ای تفاوت مقاومت به عبور هوای کاغذ در سطح ۱ درصد، در کاغذ فلوتینگ با PVA کم و نیز در نمونه کرافت لاینر با PVA زیاد دیده نشد. مقدار جذب آب در نمونه‌های فلوتینگ با روش پوشش‌دهی میله‌ای با دو ترکیب PVA کم و زیاد، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با نمونه‌های شاهد و تیمار شده غوطه‌وری نشان داد. البته در روش پوشش‌دهی میله‌ای با اتصال دهنده کم کاهش معنی‌داری در سطح ۱ درصد در میزان Cobb60 دیده شد. در بین کل تیمارها، روش پوشش‌دهی میله‌ای با PVA زیاد به‌علت جذب آب کمتر مطلوب‌تر است. با توجه به وزن پوشش بیشتر در روش غوطه‌وری درجه روشنی در این نمونه‌ها، افزایش داشت. به

*مسئول مکاتبه: Rasadikhansari@gmail.com

غیر از روش میله‌ای با PVA کم، سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد در درجه روشنی کاغذ فلوتینگ ایجاد کردند. در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری در درجه روشنی نمونه‌های کاغذ کرافت با هر دو ترکیب روش غوطه‌وری ایجاد شد، ولی در سطح ۵ درصد روش میله‌ای با PVA کم نیز معنی‌دار گردید. ضرایب همبستگی وزن پوشش با مقاومت به عبور هوای کاغذ، ضخامت، درجه روشنی و گراماژ کاغذهای مورد آزمایش به‌ترتیب ۰/۵۴۹؛ ۰/۷۳۴؛ ۰/۶۸۷ و ۰/۴۸۹ تعیین گردید.

نتیجه‌گیری: با توجه به اطلاعات حاصل از این پژوهش، تغییرات جذب آب در بین نمونه‌ها اندک بود ولی در روش‌های میله‌ای جذب آب کاهش یافت که تأثیر مثبتی بر خواص ممانعتی و بهسازی کاغذ داشت. درجه روشنی نمونه‌های کرافت لاینر این بررسی، بسیار مناسب بود و این کاغذ تیره به درجه روشنی ۵۷ رسید. در مواردی مانند جذب آب و درجه روشنی، ترکیب ۱ (با اتصال دهنده کم) مطلوب‌تر از ترکیب دیگر بود. مقاومت به عبور هوا در کلیه تیمارها بهبود یافت و افزایش این زمان عبور هوا در کاغذهای فلوتینگ و به روش غوطه‌وری بارزتر بود. با توجه به بهبود مشخصات فیزیکی؛ ممانعتی و درجه روشنی کاغذهای تیمار شده، ارزش افزوده‌ای در این نمونه‌ها نسبت به گروه شاهد ایجاد گردید.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌دهی کاغذ، کاغذ بهسازی شده، GCC، PVA

مقدمه

هر کالایی با ارزش افزوده اهمیت بیشتری خواهد یافت و شرایط فروش آن بهبود می‌یابد. واحدهای صنعتی با تولید محصولات خود به سودآوری می‌رسند؛ که کاهش هزینه و افزایش ارزش کالا از اهداف این قبیل کارخانه‌ها می‌باشد. کاغذ و مقوا نیز از این اصل پیروی می‌کنند و واحدهای تولیدی جهت بهبود خواص و تنوع کاربردهای محصولات خود تلاش می‌کنند. بسیاری از تولیدکنندگان می‌توانند با به کارگیری واحد اندودسازی به روند تولید کمک کرده و محصولات مرغوب‌تری را فرآوری کنند. انواع کاغذ و مقوا با کاربردهای مختلفی عرضه می‌شوند و امکان افزایش مصارف این کاغذهای پایه وجود دارد. حتی واحدهای کوچک می‌توانند با فناوری تبدیلی کاغذ، گامی مؤثر را در ارتقاء خواص محصولات خود بردارند. جهت افزایش ارزش محصولات کاغذی مناسب‌ترین روش استفاده از روش‌های پوشش‌دهی است که در هر یک واحدهای تولیدی با نصب تجهیزات ساده‌ای قابل انجام است. انواع کاغذ و مقوای مربوط به چاپ و تحریر و بسته‌بندی قابل ارتقاء هستند و این خواص مطلوب در مقاومت‌های بیشتر، صافی سطوح، درجه روشنی بالا، مقاومت به عبور هوای کاغذ کم و نیز جذب آب کمتر خلاصه می‌شود. برای دستیابی به این خواص می‌توان از پوشش‌های متنوعی استفاده کرد. برخی از پوشش‌ها جهت اصلاح خواص چاپ‌پذیری به‌کار برده می‌شوند و بعضی از پوشش‌ها برای خواص ممانعتی مطلوب طراحی شده‌اند. به‌طور کلی هر 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 (۵).

در بسیاری از واحدهای تولیدی امکان تغییرات بزرگ فرایندی وجود ندارد ولی تغییرات اندک قابل

اجرا می‌باشد. برخی از واحدهای کاغذ و یا صنایع تبدیلی آن می‌توانند با افزودن یک دستگاه یا تغییرات مختصری در فرایند، به محصول یا محصولات با ارزش‌تری دست پیدا کنند. یکی از مهمترین تغییرات فرایندی در کاغذسازی، اجرای روش آهاردهی و پوشش‌دهی سطح کاغذ در انتهای خط تولید است. عملیات آهاردهی سطحی عمدتا به‌منظور مقام ساختن کاغذ در برابر نفوذ آب و محلول‌های آبی انجام می‌شود. با این عملیات ویژگی‌های سطح کاغذ نیز بهبود می‌یابد و برخی از خواص فیزیکی آن بهتر می‌شود. در آهاردهی درونی[1] که در آن روزین سایز[2] یا سایر مواد شیمیایی استفاده می‌شود، سرعت نفوذ آب از طریق تغییر زاویه تماس کاهش می‌یابد. برای آهاردهی سطحی از ذرات نشاسته استفاده می‌شود، تا نقاط خالی و حفره‌های روی ورق را پر کند. با این عمل شعاع حفره کوچک می‌گردد تا سرعت نفوذ آب کاسته شود (۱۱). برتری ویژگی‌های سطح کاغذ مدیون پیشرفت فناوری‌های آهار و پوشش‌دهی سطح کاغذ است. برای دستیابی به ویژگی‌های لازم در چاپ و بسته‌بندی عملیات پوشش‌دهی بسیار مفید و ضروری خواهد بود. این خواص موردنظر شامل ماتی[3]، صافی[4]، رنگ، درجه روشنی[5] و سایر مشخصات چاپی کاغذ است که بدین منظور سطح کاغذها را با مخلوط‌های مناسب اندود می‌کنند. اغلب اندودکاری‌های سبک در ماشین کاغذ و اندودکاری‌های سنگین خارج از ماشین کاغذ صورت می‌گیرد. از نظر فنی استعمال هر نوع ماده‌ای بر سطح کاغذ، اندودکاری یا پوشش‌دهی محسوب می‌شود و آهار زنی در حقیقت نوع ساده‌ای از اندود است که در ماشین کاغذ نصب می‌شود. امروزه اندودکاری به عمل پوشش‌دهی سطح کاغذ با لایه‌ای از رنگدانه‌های[6] ریز معدنی گفته می‌شود. رنگدانه‌های مورد استفاده در پوشش‌دهی از نوع مواد پر کننده[7] هستند که جهت چسبیدن به سطح کاغذ به مواد اتصال دهنده[8] نیاز دارند. انجام عمل پوشش، حفره‌های سطح کاغذ را پر می‌کند و پس از خشک شدن و اتو کردن کاغذ، سطح همواری را برای چاپ فراهم می‌سازد. البته باید شکل‌گیری ورق کاغذ در هنگام ساخت به خوبی انجام شده باشد و هیچ یک از شیوه‌های بهبود سطح کاغذ نمی‌تواند به‌طور کامل عیوب ورق کاغذ را برطرف نماید. کاغذ پایه مورد استفاده جهت پوشش‌دهی باید کیفیت بالاتری نسبت به کاغذهایی که اندود نمی‌شوند داشته باشد (۸). روش‌های مختلف پوشش‌دهی میله‌ای[9]، تیغه‌ای[10] و کارد هوا[11]، در صنایع کاغذ قابل استفاده است و با اهداف گوناگونی به کار برده می‌شوند (۱۱).

آرباتان و همکاران (۲۰۱۲)، با استفاده از آهار AKD و همچنین پوشش‌های مواد معدنی کربنات کلسیم و نانو الیاف سلولز (به‌عنوان اتصال دهنده کمکی) پوشش‌دهی غوطه‌وری را انجام دادند و به سطوح فوق آب‌گریز دست یافتند که زاویه تماس آب با نمونه‌های کاغذ تیمار شده به بیش از ۱۵۰ درجه رسید (۱).

پیکونن و همکاران (۲۰۰۹)، با به‌کارگیری چند نوع تیمار پلاسما، تغییرات شیمیایی رنگدانه‌های پوششی را در سطح کاغذ بررسی کردند. در کاغذهای حاوی کائولن، نسبت به پوشش کربنات کلسیم یا تالک کاهش زاویه تماس بیشتری مشاهده شد. که طی

1- internal sizing
2- rosin size
3- opacity
4- smoothness
5- brightness
6- pigments
7- filler
8- binder
9- rod
10- blade
11- air knife

این آزمایشات تر شوندگی بهبود یافت و پلاسمای آرگون نیمه صنعتی، تمایل قطبی[1] بیشتری را در سطح کاغذ ایجاد کرد. البته این تیمار شدید پلاسمای آزمایشگاهی، مقاومت سطح و چگالی چاپ را کاهش داد (۱۲).

لاین و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیق خود زایلان را از خمیر کرافت غان رنگبری شده استخراج کردند. سپس زایلان هیدروکسی آلکیلیت شده را فرآوری کردند و از آن به‌عنوان چسب رنگدانه‌ها، در فرمولاسیون پوشش‌دهی ممانعتی کاغذ چاپ افست استفاده شد. خواص ممانعتی در این کاغذها بهتر از بسیاری از بسپارهای زیستی بود و مقاومت به نفوذپذیری اکسیژن بسیار بالایی به‌دست آمد. مقدار عبور اکسیژن از این بافت، یک سوم کاغذ پوشش شده با پلی اتیلن ترفتالات بود (۱۰).

جینکارن و همکاران (۲۰۱۲)، جهت افزایش خواص ممانعتی در مقوای پایه، تیمار پلاسمای هگزا فلورید گوگرد را در زمان‌های مختلف بر روی این مقوا بررسی کردند. خواص ممانعتی نسبت به آب، روغن و اکسیژن در مقوا بهبود یافت و فقط با ۲ ثانیه تیمار پلاسما خواص ممانعتی مطلوب نسبت به آب به‌دست آمد و با افزایش زمان تیمار، مقاومت نسبت به روغن ایجاد شد، ولی مقاومت به تاخوری در هر دو جهت ماشین کاغذ (MD) و نیز در جهت عرض ماشین کاغذ (CD) کاهش یافت (۹).

بولستروم و همکاران (۲۰۱۲)، اثر پوشش ممانعتی با روش گراور معکوس[2] را بر روی کاغذ بررسی کردند. لایه پوششی حاوی رنگدانه‌های تالک و کائولن به‌همراه مقادیر مختلف انواع لاتکس بود. بر روی نمونه‌های کاغذ پایه تیمارهای سطحی کرونا و پلاسما در جهت پوشش‌پذیری انجام گرفت. هر دو تیمار زاویه تماس قطره آب را کم کردند و نوع لاتکس دوم به‌کار رفته در جهت آب‌دوست کردن و پوشش‌پذیری مؤثرتر از لاتکس‌های دیگر بود که عملیات پوشش‌دهی بهبود یافت (٤).

دلینگر و الیجر (۲۰۱۳)، بر روی بسته‌بندی‌های زیستی فعالیت کرده و ظروف غذای قابل تخریب را با خواص ممانعتی نسبت به آب، بخارآب، بو و هوا ساخته‌اند، که جهت بسته‌بندی انواع مواد غذایی گرم، سرد و منجمد قابل استفاده است. این کاغذها در پخت مواد غذایی قابل استفاده است و باعث انتقال عناصر مضر مثل آلومینیم، روی و منیزیم به غذا نمی‌شود. این محصول می‌تواند همراه با رنگدانه‌های بی‌ضرر و محلول در آب و به اشکال قالب‌های مختلف در صنایع غذایی مصرف شود. ارزش افزوده این اختراع به‌دلیل کاهش ضایعات انرژی و مواد اولیه است (٦).

در تحقیق دیگری شاوافون و مانانگان (۲۰۱۰)، از چند نوع کاغذ تجاری و دست‌ساز با وزن پایه بالا استفاده شده است و نمونه‌های تهیه شده به روش غوطه‌وری[3] با ترکیبات پلی ۳- هیدروکسی بوتیرات[4] و پلی‌لاکتیک‌اسید[5] پوشش‌دهی شده‌اند، که کاملاً زیست‌تخریب‌پذیر هستند. آنالیز جرمی و ATR_FTIR نشان داد که غلظت بسپار و افزایش زمان غوطه‌وری در وزن نوار پوشش مؤثر است؛ همچنین مقدار جذب آب در نمونه‌ها کاهش یافت و خواص ممانعتی هوا و روغن نسبت به نمونه شاهد تیمار نشده اصلاح شد. مقاومت به آب در پوشش‌دهی از طریق ترکیب P3HB و مقاومت نسبت به روغن در نمونه پوشش PLA شرایط بهتری را نشان داد (۱۳).

1- polarity
2- Gravure reverse
3- immersion
4- P3HB
5- PLA

هیرویکرپی و همکاران (۲۰۱۰) اثر پیش‌تیمار کرونا را بر کارایی لایه ممانعتی توسط ALD[1] بر مقوای پوشش شده با بسپار بررسی کردند. دو نوع مقوای پوشش شده پلی‌اتیلن و پلی لاکتید تحت تیمار کرونا قرار گرفت و سپس عملیات ALD با ذرات SiO_2 و TiO_2 انجام گرفت. تأثیر پیش‌تیمار کرونا بر مقوای پوشش شده با بسپار زیستی اندک بود ولی در ممانعت نسبت به اکسیژن، لایه‌نشانی SiO_2 بر مقوای پوشش شده با بسپار زیستی تأثیر بیشتری داشت (۷). این روش‌های لایه نشانی اتمی وزن پوشش و ضخامت بسیار اندکی ایجاد می‌کنند، که نسبت به سایر روش‌ها مؤثرترند ولی هزینه عملیاتی زیادی را به همراه دارند.

اسدی خوانساری و همکاران (۱۳۹٤)؛ اثر پوشش‌های زیست‌تخریب‌پذیر را بر خواص ممانعتی کاغذهای کرافت لاینر و چاپ و تحریر بررسی کردند. ترکیب مواد پوشش‌دهی با مواد جامد ۳۰ درصد؛ دارای خاک رس و نشاسته کاتیونی بود و از دو نوع مواد اتصال دهنده PLA و PVA برای دو ترکیب پوشش‌دهی استفاده شد. پوشش‌دهی روش غوطه‌وری در دو زمان ۱ و ۲ دقیقه انجام گردید و از نظر خواص ممانعتی، ترکیب حاوی PVA مؤثرتر از PLA بود. در کلیه تیمارها مقاومت به عبور هوای کاغذ افزایش یافت ولی جذب آب بیش از نمونه‌های شاهد شد که در خواص ممانعتی نامطلوب است (۳).

فنّاوری‌های پوشش‌دهی، نانو الیاف سلولز، اصلاح شیمیایی الیاف چوبی، مشتقات خاص لیگنین و همی‌سلولزها، روش‌های لایه‌گذاری بخار شیمیایی و لایه نشانی اتمی، تیمارهای سطحی پلاسما و کرونا، اصلاح نشاسته، پروتئین و سایر روش‌ها در به‌کارگیری کامل مواد پوششی استفاده خواهند شد.

استفاده از پوشش‌های زیست‌تخریب بر روی کاغذ و مقوای پایه، اهمیت زیادی دارد و در آینده جایگزین بسته‌بندی‌های مواد غذایی و بهداشتی خواهد شد. بررسی امکان پوشش‌پذیری لایه دوم بر پوشش اولیه و شرایط چاپ قابل قبول روی لایه دوم با کمترین مقدار مصرف جوهر و تسهیل در بازیافت این کاغذهای بسته‌بندی، تغییراتی در صنایع بسته‌بندی و چاپ به وجود خواهد آورد که هدف آن ارزش بیشتر بسترهای پوشش شده است. بنابراین تحول عظیمی در صنایع بسته‌بندی و چاپ محصولات غذایی به وجود خواهد آمد (۲).

هدف از انجام این تحقیق، بهبود خواص کاغذ بسته‌بندی از طریق پوشش‌دهی در فرایند تبدیلی کاغذ است، که در انتهای خطوط واحدهای تولیدی قابل اجرا می‌باشد. با توجه به کاربرد کاغذ، اصلاح ویژگی‌های کاغذ به معنای بهبود خواص ممانعتی، مکانیکی، نوری و غیره است، که برای این منظور در این مطالعه چند خواص ممانعتی و نوری اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان بهبود خواص کاغذ، پوشش‌های GCC با دو نوع ترکیب با درصد اتصال دهنده متفاوت بر دو نوع کاغذ پایه انجام گرفت و نتایج نمونه‌های شاهد و پوشش شده مقایسه شدند.

مواد و روش‌ها

یک نمونه کاغذ کرافت لاینر آهار زنی شده و نمونه دوم با نام تجاری SMF یا کاغذ فلوتینگ تیره از حلقه کاغذ تولید شده در انبار کارخانه چوب و کاغذ مازندران انتخاب گردید و در حدود ۵۰۰ برگ در ابعاد A4 از آن‌ها برش داده شد، که مشخصات کلی آن‌ها در جدول ۱ آمده است. به‌صورت تصادفی تعدادی از این کاغذهای پایه به‌عنوان نمونه‌های شاهد (تیمار نشده) و تحت تیمار انتخاب گردید.

1- atomic layer deposition (ALD)

جدول ۱- مشخصات کاغذهای پایه.

Table 1. Properties of the base papers.

مشخصات Properties	کاغذ فلوتینگ Fluting paper	کاغذ کرافت لاینر Kraft liner paper
گراماژ Grammage	90±2 (g/m^{-2})	120±2.5 (g/m^{-2})
رطوبت Moisture	7±1(٪)	8.5±1.5(٪)
ضخامت Thickness	0.14±0.01 (mm)	0.17±0.01 (mm)
جذب آب Cobb60	155±5 ($g\ m^{-2}$)	33±5 ($g\ m^{-2}$)

رنگدانه GCC و پلی‌وینیل‌استات همانند نمونه‌های کاغذ، از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه گردید. دو ترکیب با مقادیر مشابه (GCC و پراکنده ساز) ولی متفاوت در آب مقطر (جهت تعیین مقدار یکسان ۲۰ درصد مواد جامد) و با دو مقدار مختلف ماده اتصال دهنده PVA تهیه شدند (جدول ۲). ابتدا GCC به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد با آب مقطر مخلوط شد و سپس مطابق جدول ۲ با افزودن اتصال دهنده PVA و پراکنده ساز، به‌مدت ۲۰ دقیقه مجدداً بهمزنی شد؛ که پس از محاسبه درصد مواد جامد این مقدار در هر دو ترکیب ۲۰ درصد تعیین گردید. از هر کدام از سوسپانسیون‌های تهیه شده در حدود ۲۰۰ سی‌سی جهت استفاده در دستگاه پوشش‌دهی میله‌ای آزمایشگاه دانشگاه گرگان جدا شد و مابقی آن در حدود ۵۰۰ سی‌سی جهت انجام پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری استفاده شد. کلیه کاغذهای کدگذاری شدند و کدها در سمت نمد[1] نمونه‌ها نوشته شد (D برای پوشش‌دهی به روش غوطه‌وری، C برای پوشش‌دهی به روش میله‌ای، F برای کاغذ فلوتینگ، K برای کاغذ کرافت لاینر، L برای ترکیب با اتصال دهنده کم، H برای ترکیب با اتصال دهنده زیاد و نیز اعداد ۱؛ ۲؛ ۳ جهت سه تکرار).

جدول ۲- فرمولاسیون ترکیب‌های پوشش‌دهی (بر حسب گرم).

Table 2. Formulation of coating suspensions (In grams).

مواد Materials	ترکیب با PVA کم Suspension with low PVA	ترکیب با PVA زیاد Suspension with high PVA
GCC	100g (Dry)	100g (Dry)
پراکنده ساز Dispersant	2g (0.3g Dry)	2g (0.3g Dry)
اتصال دهنده (PVA) Binder (PVA)	20g (6g Dry)	40g (12g Dry)
آب مقطر Distillated water	515.8g	531.8g

پس از کدگذاری نمونه‌های شاهد و قابل پوشش‌دهی، به منظور پوشش‌دهی، تیمار غوطه‌وری نمونه‌ها در دمای معمولی اتاق، در زمان ۱ دقیقه و همزمان در هر دو سمت توری و نمد کاغذ صورت

گرفت. به‌دلیل این که آزمون پوشش‌دهی میله‌ای یک سمت کاغذ را آغشته می‌کند، بنابراین سمت نمد کلیه نمونه‌های پوشش داده شده، مورد آزمایش قرار گرفت که شرایط یکسانی جهت مقایسه ایجاد گردد. تیمار غوطه‌وری هر نمونه کاغذ در ظرف مخصوص در مدت زمان یک دقیقه انجام شد. سپس به‌علت حذف مواد اضافی پوشش‌دهی در کاغذ مشابه روش تیغه‌ای، یکبار عمل کشیدن آرام هر سمت کاغذ بر لبه یک ورق فلزی، صورت گرفت. تیمار پوشش‌دهی میله‌ای به وسیله دستگاه پوشش‌دهی Auto Bar Coater (GBC_A4 GIST Co. Ltd) و با میله شماره ١٤ (RSD14) انجام شد. بر روی هر نمونه کاغذ، مقدار ٣ سی‌سی از ترکیب پوشش‌دهی در مقابل میله دستگاه ریخته شد. این تیمار پوشش‌دهی با یک بار حرکت میله دستگاه صورت گرفت و میزان حرکت میله به مقدار ٢٠ سانتی‌متر تعیین گردید، تا کل مواد در سطح کاغذ پخش شده و از نمونه خارج نشود. کلیه نمونه‌ها در قاب چوبی با گیره مهار شده و در دمای اتاق به مدت یک روز خشک شدند. شرایط دما و رطوبت اتاق به وسیله دماسنج و رطوبت سنج دیجیتال با مقادیر دمای ٢٥ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ٦٣ درصد، ثبت گردید.

از کلیه نمونه‌های تیمار شده با ابعاد A4، قطعات دایره‌ای شکلی برش داده شد به طوری که به همان تعداد نمونه دایره شکل با شرایط یکسان جهت آزمون نفوذپذیری هوا، خواص نوری و جذب آب (Cobb60) به‌دست آید. جرم کاغذهای شاهد و نمونه‌ها قبل و بعد از تیمارهای پوشش‌دهی با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ٠/٠١ گرم اندازه‌گیری گردید. از طریق تفاضل جرم نمونه‌ها، مقدار وزن پوشش به دست آمده که عامل مهمی در خواص ممانعتی است. سپس با توجه ابعاد کاغذ و جرم آن، مقدار وزن پایه کاغذ تعیین شد. ضخامت کلیه نمونه‌ها طبق استاندارد تاپی T 411 om-05 به‌وسیله میکرومتر Sylvac/Swiss PTA اندازه‌گیری شد. زمان عبور ٣٠٠ 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 به‌دست آمد. این اعداد نفوذپذیری هوا بر حسب ثانیه است و به‌علت گزارش بر حسب ١٠٠ میلی‌لیتر هوا، بر عدد ٣ تقسیم شدند. دستگاه خواص نوری Frank-PTI GmbH Brightness-color-Meter (TS F40600 Germany) جهت اندازه‌گیری مقدار درجه روشنی نمونه‌ها استفاده شد. مقدار جذب آب یا Cobb در مدت ٦٠ ثانیه از طریق استاندارد تاپی T 441 om-04 مشخص گردید. مقدار وزن پوشش نمونه‌های شاهد با مقادیر صفر و کاغذهای پوشش شده بر حسب گرم بر مترمربع تعیین گردید. سپس مقادیر نفوذپذیری هوا، ضخامت، جذب آب، درجه روشنی، گراماژ و وزن پوشش کلیه نمونه‌های شاهد و تیمار شده، در ستون‌های نرم افزار آماری SPSS 16.0 وارد شد. کلیه نمونه‌های شاهد و تیمار شده با کدگذاری گفته شده در ردیف‌های این نرم‌افزار ثبت گردید. در نهایت تحلیل این اطلاعات با استفاده از گزینه مقایسه میانگین‌ها و روش تجزیه واریانس یک سویه ANOVA انجام شد و از آزمون دانکن در تجزیه واریانس استفاده شد. در تحلیل هر متغیر ابتدا از سطح معنی‌داری ٠/٠٥ استفاده شد و در صورت معناداری این سطح به ٠/٠١ تغییر داده شد، تا معنی‌داری در سطح یک درصد هم بررسی شود. برای تعیین اثر متغیر دیگر بر متغیرهای وابسته، متغیر جدید در مراحل مقایسه میانگین‌ها و تجزیه واریانس یک سویه انتخاب شد. ضریب همبستگی نیز بین عوامل مختلف از طریق گزینه مربوطه در این برنامه تعیین گردید.

نتایج و بحث

بررسی کاغذ فلوتینگ: چسبندگی ذرات رنگدانه به یکدیگر و نیز اتصال رنگدانه‌ها به الیاف کاغذ با مصرف بیشتر مواد اتصال دهنده مرتبط است. البته مصرف کمتر این مواد در کاهش هزینه‌های تولیدی اهمیت دارد و ممکن است که در مواردی مصرف زیاد PVA تأثیر مهمی بر خواص ممانعتی نداشته باشد. با توجه به تفاوت دو روش پوشش‌دهی، بررسی تحلیل آماری اختلاف معنی‌داری بین آن دو روش برای مقدار وزن پوشش نشان داد به همین دلیل هر کدام از روش‌ها به عنوان تیمار جداگانه‌ای در نظر گرفته شد. در کل نمونه‌های کاغذ فلوتینگ به علت عامل اتصال دهنده کم و زیاد تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد در جذب آب و درجه روشنی ایجاد نشد، ولی در سطح ۵ درصد اختلافی در گراماژ مشاهده شد. البته تفاوت معنی‌دار در مقادیر گراماژ، ضخامت و وزن پوشش قابل پیش‌بینی بود. میانگین این کمیت‌ها در نمونه‌های دارای پوشش با اتصال دهنده PVA زیاد، بیش از ترکیب اول با عامل اتصال دهنده کم بود. در کاغذ فلوتینگ با تغییر PVA اختلاف معنی‌داری برای مقاومت عبور هوا در سطح ۱ درصد در نمونه‌ها به دست آمد، که به‌دلیل مقاومت عبور هوای کم در کاغذ فلوتینگ شاهد و بهبود این ویژگی در نمونه پوشش‌دهی شده بود. رنگدانه‌های GCC فضای بین الیاف کاغذ پایه را پر می‌کنند و ماده اتصال دهنده بیشتر، شرایط بهتری را برای افزایش مقاومت عبور هوا ایجاد می‌کند، بنابراین با افزایش PVA تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها بوجود آمد. در مطالعه لاین و همکاران (۲۰۱۳) از زایلان خمیر کرافت غان رنگبری شده به‌عنوان اتصال دهنده رنگدانه‌ها در فرمولاسیون پوشش‌دهی کاغذ استفاده شد و مقاومت به نفوذ اکسیژن بسیار بالایی ایجاد گردید. بولستروم و همکاران (۲۰۱۲) نیز، با به کارگیری لایه پوششی حاوی رنگدانه‌های تالک و کائولن با مقادیر مختلف انواع لاتکس صنعتی خواص ممانعتی را افزایش دادند.

در کاغذ فلوتینگ کلیه موارد مقاومت به عبور هوای کاغذ بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد ولی به‌دلیل وزن پوشش کمتر در روش پوشش‌دهی میله‌ای مقادیر مقاومت به عبور هوای کاغذ در سطح ۱ درصد با PVA کم در این روش معنی‌دار نشد. با وجود وزن پوشش کمتر در روش میله‌ای مقاومت به عبور هوا با اتصال دهنده زیاد در سطح ۱ درصد مشابه تیمارهای غوطه‌وری معنی‌دار شد. همان‌طور که بیان شد مقادیر وزن پوشش در دو روش متفاوت بود، به طوری که میانگین وزن پوشش در روش غوطه‌وری ۱۱/۲۱ و در روش میله‌ای ۸/۹۷ گرم بر مترمربع تعیین گردید. بنابراین بین مقادیر مقاومت به عبور هوای کاغذ نمونه‌های تیمار شده با روش غوطه‌وری و میله‌ای اختلاف معنی‌داری دیده شد. بر همین اساس مقدار جذب آب در نمونه‌های فلوتینگ با روش پوشش‌دهی میله‌ای با دو ترکیب PVA کم و زیاد، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد با نمونه‌های شاهد و تیمار شده غوطه‌وری نشان داد. با توجه به کاهش معنی‌دار جذب آب در روش پوشش‌دهی میله‌ای با دو ترکیب PVA کم و زیاد، تأثیر مثبتی بر خواص ممانعتی نمونه‌ها ایجاد کرد. البته در سطح ۱ درصد نیز کاهش معنی‌داری در میزان Cobb60 در روش پوشش‌دهی میله‌ای با اتصال دهنده کم دیده شد. در تحقیق آرباتان و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده پوشش‌دهی غوطه‌وری کربنات کلسیم و آهار AKD، به سطوح فوق آب‌گریز دست یافتند، که علت این خاصیت ممانعتی بسیار خوب وجود ترکیب AKD است، در حالی که در این تحقیق فقط در تیمارهای پوشش‌دهی میله‌ای جذب آب کم شد و در اثر

پوشش‌دهی غوطه‌وری جذب آب افزایش یافت که در خواص ممانعتی کاغذ نامطلوب است.

در این کاغذها در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری بین مقادیر درجه روشنی شاهد و تیمار شده وجود داشت، ولی فقط روش میله‌ای با PVA کم، در این سطح معنی‌دار نشد و تأثیر کمی بر درجه روشنی داشت. در نهایت بین گراماژهای نمونه‌های شاهد و تیمار شده اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود داشت، ولی تفاوتی بین یک روش با دو ترکیب مختلف دیده نشد.

بررسی کاغذ کرافت لاینر: تغییر مقدار اتصال دهنده PVA در دو ترکیب پوششی در سطح ۵ درصد موجب ایجاد اختلاف معنی‌داری در مقاومت به عبور هوای کاغذ نمونه‌های کرافت لاینر شد، ولی در سطح ۱ درصد فقط نمونه‌های پوشش شده با ترکیب اتصال دهنده کم نسبت به نمونه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری ایجاد کردند. با در نظر گرفتن هر چهار حالت (دو نوع ترکیب و دو نوع روش)، در روش میله‌ای با PVA بیشتر، تفاوت معنی‌دار در سطح ۱ درصد در مقاومت عبور هوا دیده نشد، در حالی که در بقیه تیمارها در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار مقاومت عبور هوا در بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده مشاهده گردید. دلیل این اختلاف روش‌های میله‌ای و غوطه‌وری، به وزن پوشش بیشتر در روش‌های غوطه‌وری مربوط می‌شود و در صورت افزایش وزن پوشش در روش میله‌ای احتمال نتایج بهتر مقاومت به عبور هوا وجود دارد. در نتیجه برخی از این تیمارها در سطح ۰/۰۵ و برخی دیگر در سطح ۰/۰۱ تفاوت معنی‌داری بر مقاومت به عبور هوای کاغذ داشتند. در نمونه‌های کرافت لاینر مشابه کاغذ فلوتینگ، تفاوت معنی‌داری در مقادیر گراماژ، ضخامت و وزن پوشش در بین نمونه‌های کاغذ تیمار شده و شاهد نمایان بود و نیز اختلافاتی در سطح ۵ و ۱ درصد در وزن پوشش بین نمونه‌های حاوی اتصال دهنده کم و زیاد هم دیده شد. در مقدار جذب آب (Cobb60) نمونه‌های کرافت لاینر، تفاوتی مشاهده نشد و ارتقاء درجه روشنی فقط در سطح ۵ درصد و فقط با استفاده از ترکیب اول با PVA کمتر ایجاد گردید.

مقادیر جذب آب در نمونه‌های کاغذ کرافت شاهد و تیمار شده با روش میله‌ای بدون تفاوت معنی‌دار و با روش غوطه‌وری دارای اختلاف در سطح ۵ درصدی بود که در بین کل تیمارها، روش پوشش‌دهی میله‌ای با PVA زیاد به‌علت جذب آب کمتر مطلوب‌تر است. در حالی که مقادیر جذب آب به وسیله آزمون Cobb60 در تیمار غوطه‌وری افزایش معنی‌داری داشت که از نظر خواص ممانعتی نامطلوب است. به‌دلیل وزن پوشش بیشتر در روش غوطه‌وری در نمونه‌های کاغذ کرافت، افزایش درجه روشنی مؤثر بود و هر دو ترکیب روش غوطه‌وری در سطح ۱ درصد تفاوت معنی‌داری ایجاد کرد، ولی در سطح ۵ درصد روش میله‌ای با PVA کم نیز معنی‌دار شد. همچنین اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌های شاهد و تیمار شده کاغذهای کرافت در مقادیر گراماژ، ضخامت و وزن پوشش آشکار بود و مقادیر آن‌ها در روش غوطه‌وری با PVA کم، بیش از سایر تیمارها بود.

اسدی خوانساری و همکاران (۱۳۹٤) با ترکیب مواد پوشش‌دهی خاک رس و نشاسته کاتیونی با دو نوع اتصال‌دهنده PLA و PVA، خواص ممانعتی کاغذهای کرافت لاینر و چاپ و تحریر را بررسی کردند. در حالی که در تحقیق فعلی فقط از PVA استفاده شد، چون ترکیب حاوی PLA خواص ممانعتی کمتری را ایجاد کرده بود. نتایج مشابهی در هر دو مطالعه با روش‌های غوطه‌وری مشاهده شد و

تحت این تیمارها مقاومت به عبور هوا و جذب آب نمونه‌ها افزایش یافت.

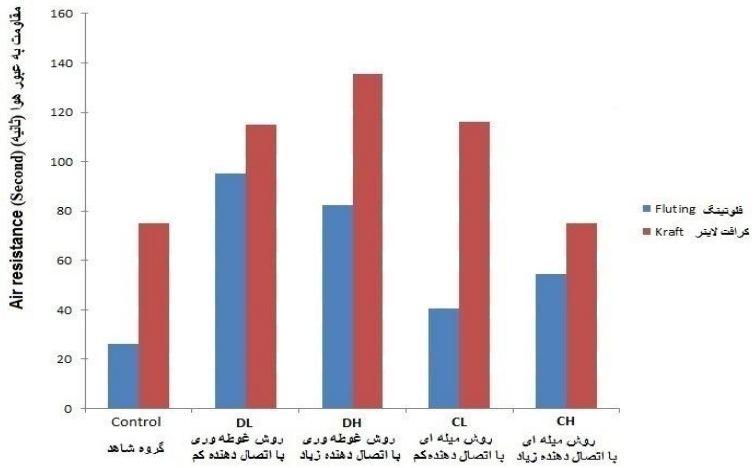
ضریب همبستگی عوامل مختلف اندازه‌گیری شده در جدول ۳ مشاهده می‌شود، که ضریب همبستگی پیرسون ۰/٦٨٧ در وزن پوشش و درجه روشنی نشان دهنده اثر مهم مقدار وزن پوشش بر درجه روشنی کاغذ تیمار شده می‌باشد. ضخامت نمونه‌ها نیز رابطه مستقیمی با مقاومت به عبور هوای کاغذ؛ گراماژ و وزن پوشش داشت که اعداد جدول بیانگر آن است. همچنین افزایش وزن پوشش اثر قابل توجهی بر مقاومت به عبور هوا داشت که نشان دهنده بسته‌شدن بیشتر خلل و فرج بافت کاغذ است.

جدول ۳- ضریب همبستگی بین عوامل مختلف در تیمارها.

Table 9. Correlation coefficient between different factors in the treatments.

وزن پوشش (g/m^2) Coating weight	گراماژ (g/m^2) Grammage	درجه روشنی (ISO%) Brightness	جذب آب (g/m^2) Cobb60	ضخامت (mm) Thickness	مقاومت به عبور هوا ($Sec/100cm^3$) Air resistance		
0.549**	0.792**	0.526**	-0.470**	0.767**	1	Pearson Correlation	مقاومت به عبور هوا Air resistance
0.001	0.000	0.003	0.009	0.000		Sig. (2-tailed)	
36	30	30	30	60	60	N	
0.734**	0.899**	0.539**	-0.595**	1	0.767**	Pearson Correlation	ضخامت Thickness
0.000	0.000	0.002	0.001		0.000	Sig. (2-tailed)	
36	30	30	30	60	60	N	
0.056	-0.741**	0.146	1	-0.595**	-0.470**	Pearson Correlation	جذب آب Cobb60
0.767	0.000	0.443		0.001	0.009	Sig. (2-tailed)	
30	30	30	30	30	30	N	
0.687**	0.520**	1	0.146	0.539**	0.526**	Pearson Correlation	درجه روشنی Brightness
0.000	0.003		0.443	0.002	0.003	Sig. (2-tailed)	
30	30	30	30	30	30	N	
0.489**	1	0.520**	-0.741**	0.899**	0.792**	Pearson Correlation	گراماژ Grammage
0.006		0.003	0.000	0.000	0.000	Sig. (2-tailed)	
30	30	30	30	30	30	N	
1	0.489**	0.687**	0.056	0.734**	0.549**	Pearson Correlation	وزن پوشش Coating weight
	0.006	0.000	0.767	0.000	0.001	Sig. (2-tailed)	
36	30	30	30	36	36	N	

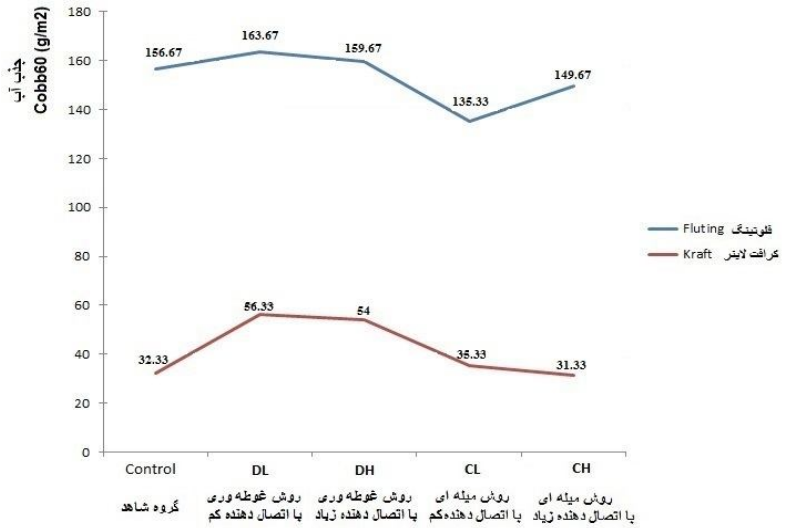
با توجه به شکل ۱ که از میانگین کلیه مقادیر مقاومت عبور هوای کاغذ به‌دست آمده است؛ می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین مقدار زمان عبور هوا مربوط به نمونه پوشش شده کرافت با روش غوطه‌وری و با استفاده از ترکیب با PVA زیاد است. در حالی که ترکیب ۱ با اتصال دهنده کم در نمونه‌های فلوتینگ مؤثرتر بود. البته نسبت به نمونه‌های شاهد در کلیه موارد افزایش این خاصیت ممانعتی در ارزش بیشتر کاغذ تأثیر داشت و کیفیت ارتقاء یافت.



شکل ۱- میانگین مقادیر مقاومت به عبور هوا در کاغذهای شاهد و تیمار شده.

Figure 1. Mean of air resistance in the control and treated papers.

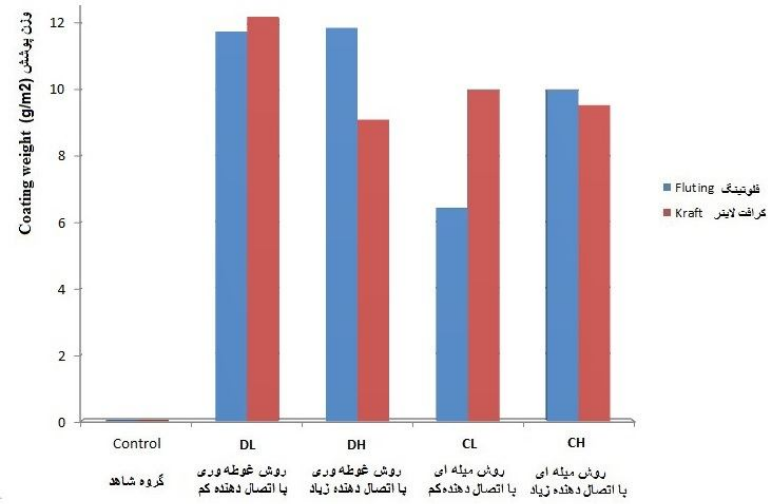
همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود؛ جذب آب در نمونه‌های کرافت بسیار کمتر از نمونه‌های فلوتینگ است بنابراین تیمارهای پوشش‌دهی در این نمونه‌ها تغییراتی را ایجاد کرده است. روش‌های میله‌ای به دلیل پراکنش یکنواخت ماده پوششی جذب آب را کم کردند ولی در روش غوطه‌وری افزایش جذب آب رخ داد که در اغلب کاربردها اثر منفی دارد. از نظر خواص ممانعتی جذب آب روش میله‌ای در کاغذ فلوتینگ با ترکیب ۱ (با اتصال دهنده کم) و در نمونه کرافت لاینر با استفاده از ترکیب ۲ (با اتصال دهنده زیاد) مؤثرتر بود.



شکل ۲- میانگین مقادیر جذب آب در کاغذهای شاهد و تیمار شده.

Figure 2. Mean of Cobb60 in the control and treated papers.

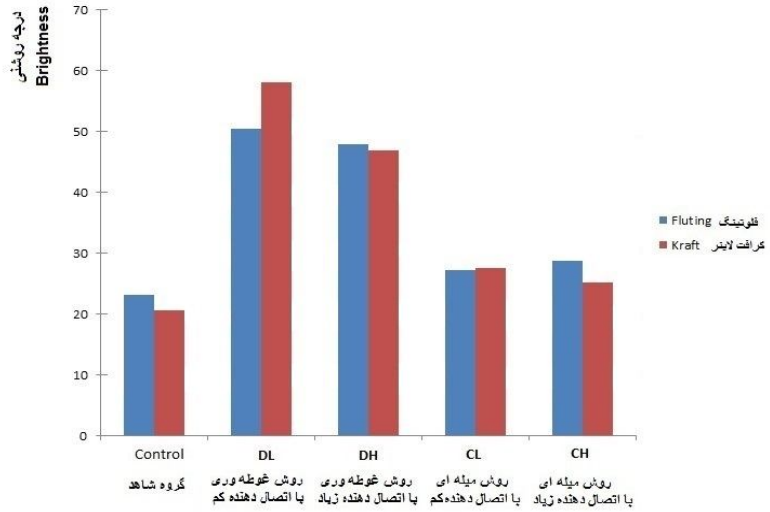
با استفاده از دو روش پوشش‌دهی و دو ترکیب ۱ و ۲ مقادیر وزن پوشش مختلفی به وجود آمد که تا حدودی در این تیمارها مشابه بودند ولی به‌دلیل تأثیر بر خواص اندازه‌گیری شده؛ تیمارها به‌صورت جداگانه بررسی شدند. شکل ۳ میانگین وزن پوشش را نشان می‌دهد.



شکل ۳- میانگین وزن پوشش در کاغذهای شاهد و تیمار شده.

Figure 3. Mean of coating weight in the control and treated papers.

با توجه به تحلیل آماری، تغییرات جذب آب کم بود ولی روش‌های میله‌ای مقدار جذب آب را کاهش دادند؛ که تاثیر مثبتی بر خواص ممانعتی دارد. در کلیه تیمارها مقاومت به عبور هوای کاغذ افزایش یافت و این افزایش در کاغذهای فلوتینگ و به‌خصوص به روش غوطه‌وری آشکار است. ترکیب ۲ (با اتصال دهنده زیاد) با روش غوطه‌وری بر کاغذ کرافت لاینر، بهترین مقاومت به عبور هوا را نسبت به وزن پوشش ایجاد شده داشت و از این نظر در کاغذ فلوتینگ بیشترین اثر را روش غوطه‌وری با ترکیب ۱ (با اتصال دهنده کم) نشان داد. در نمونه‌های کرافت لاینر رشد درجه روشنی بسیار مناسب بود. البته افزایش درجه روشنی در روش پوشش‌دهی غوطه‌وری بهتر از روش میله‌ای بود و در شکل ٤ مقادیر درجه روشنی در نمونه‌های شاهد و تیمار شده را در دو روش پوشش‌دهی و دو ترکیب دیده می‌شود. افزایش درجه روشنی عامل مهمی در افزایش ارزش این نمونه‌های صنعتی بود.



شکل ٤- میانگین مقادیر درجه روشنی در کاغذهای شاهد و تیمار شده.

Figure 4. Mean of brightness in the control and treated papers.

نتیجه‌گیری کلی

چسبندگی در بین ذرات رنگدانه‌ها و الیاف از طریق مصرف مواد اتصال دهنده است و مصرف کمتر این مواد متصل کننده در کاهش هزینه‌های تولیدی اهمیت دارد. مطابق این بررسی استفاده از PVA به عنوان ماده اتصال دهنده تأثیر مناسبی بر خواص ممانعتی داشت. با توجه به استفاده از دو ترکیب (با اتصال دهنده کم و زیاد) در این تحقیق، احتمال نتایج بهتر در ترکیب دوم با PVA زیاد بیشتر بود. همچنین با توجه به اطلاعات حاصل از این پژوهش، تغییرات مقدار جذب آب در بین نمونه‌ها ناچیز بود، ولی مقادیر جذب آب نمونه‌های کرافت لاینر به‌دلیل آهار زنی در این کاغذهای پایه، کمتر از کاغذهای فلوتینگ بود ولی روش غوطه‌وری جذب آب نمونه‌ها را افزایش داد. در حالی که در روش میله‌ای جذب آب کاهش یافت که تأثیر مثبتی بر خواص ممانعتی کاغذ داشت، بنابراین روش پوشش‌دهی میله‌ای بر روی کاغذ فلوتینگ و با ترکیب ۱ (اتصال دهنده کم) و در نمونه کرافت لاینر با ترکیب ۲ (اتصال دهنده زیاد) و همان پوشش‌دهی میله‌ای پیشنهاد می‌شود. وزن پوشش کمتر موجب کاهش هزینه‌های تولیدی است و با توجه به شکل ۳ روش میله‌ای بسیار مناسب‌تر از روش غوطه‌وری است. در این بررسی درجه روشنی نمونه‌های کرافت لاینر، بسیار مناسب بود و این کاغذ تیره به درجه روشنی ۵۷ رسید، هر چند که در مقابل کاغذهای سفید عدد قابل ملاحظه‌ای نیست ولی نشان دهنده ارتقاء خواص و بهسازی کاغذ است. بنابراین از نظر درجه روشنی، روش غوطه‌وری با ترکیب دارای مواد اتصال دهنده کم مطلوب‌تر است. با هدف مقاومت به عبور هوا، کاغذ کرافت لاینر با روش غوطه‌وری و ترکیب ۲ با اتصال کننده زیاد بهترین نتیجه را داشت ولی از نظر اقتصادی ترکیب ۱ مقرون به صرفه‌تر است. البته مقاومت به عبور هوا در کلیه تیمارها بهبود یافت و افزایش این زمان عبور هوا در کاغذهای فلوتینگ بارزتر بود، چون نسبت به شاهد خود ارتقاء بیشتری داشت و روش غوطه‌وری نسبت به روش میله‌ای نتایج بهتری را نشان داد. بنابراین با توجه به بهبود ویژگی‌های فیزیکی، ممانعتی و درجه روشنی در کاغذهای تیمار شده، نسبت به گروه شاهد ارتقاء مشخصات در این نمونه‌ها ایجاد گردید. با توجه به نتایج این بررسی می‌توان تغییر کاربری را برای کاغذهای لاینر و فلوتینگ پیشنهاد کرد و این کاغذها را به‌عنوان کاغذهای مخصوص بسته‌بندی مواد غذایی و بهداشتی استفاده کرد.

سپاسگزاری

لازم است که نویسنده مسئول به‌دلیل تهیه نمونه‌های کاغذ و برخی از مواد، از آقای مهندس علی برزن قدردانی کند.

منابع

1.Arbatan, T., Zhang, L., Fang, X., and Shen, W. 2012. Cellulose nanofibers as binder for fabrication of superhydrophobic paper. Chemical Engineering Journal. 210: 74-79.

2.Asadi khansari, R., and Dehghani Firouzabadi, M. 2013. Introduce of new paper and cardboard in food packaging, Journal of Packaging Science and Technology. 16: 46-57. (In Persian)

3.Asadi khansari, R., Dehghani Firouzabadi, M., and Resalati, H. 2015. The effect of biodegradable coatings on the barrier properties of papers. Iranian Journal of Wood and Paper Industries (IJWP). Accepted Manuscript, Available Online from 06 September 2015. (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: 26-32.
5.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: 40-47. (In Persian)
6.Dellinger, D., and Elie Jr, H. 2013. Composition for use in edible biodegradable articles and method of use. Biosphere Industries Lic. US8382888 B2.
7.Hirvikorpi, T., Vaha-Nissi, M., Harlin, A., Marles, J., Miikkulainen, V., and Karppinen, M. 2010. Effect of corona pre-treatment on the performance of gas barrier layers applied by atomic layer deposition onto polymer-coated paperboard. Applied Surface Science. 257: 736–740.
8.Holik, H. 2006. Handbook of Paper and Board, Wiley-VCH Verlag Gmbh and Co Weinheim, Germany. 524p.
9.Jinkarn, T., Thawornwiriyanan, S., Boonyawan, D., Rachtanapun, P., and Sane, S. 2012. Effects of treatment time by sulphur hexafluoride (SF6) plasma on barrier and mechanical properties of paperboard. Packaging Technology and Science. 25: 19–30.
10.Laine, C., Harlin, A., Hartman, J., Hyvärinen, S., Kammiovirta, K., Krogerus, B., Pajari, H., Rautkoski, H., Setälä, H., Sievänen, J., Uotila, J., and Vähä-Nissi, M. 2013. Hydroxyalkylated xylans–Their synthesis and application in coatings for packaging and paper. Industrial Crops and Products. 44: 692-704.
11.MirShokraei, S. 2003. Handbook for pulp and paper technologists, 2nd edition. Aeeizh Press. 501p. (Translated in Persian)
12.Pykonen, M., Silvaani, H., Preston, J., Fardim, P., and Toivakka, M. 2009. Plasma activation induced changes in surface chemistry of pigment coating components. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. 352: 103–112.
13.Shawaphun, S., and Manangan, T. 2010. Paper Coating with Biodegradable Polymer for Food Packaging, Sci., J. UBU. 1: 51-57.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 24 (1), 2017
http://jwfst.gau.ac.ir

Fluting and kraft liner papers with GCC coatings and PVA binder

***R. Asadi Khansari[1], M.R. Dehghani Firouzabadi[2] and H. Resalati[3]**
[1]Ph.D. Student Dept., of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and Lecturer, Faculty of Technical and Vocational, Someh Sara, [2]Associate Prof., Dept., of Pulp and Paper Industry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Professor, Dept., of Pulp and Paper Industry, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 12/13/2015; Accepted: 06/17/2016

Abstract

Background and objectives: Several studies have been conducted to improve the paper properties and this research is for coating process in the converting operations of papers. Improvement of paper properties can cause a variety of its applications. In general, the desirable properties are expressed by barrier, mechanical and optical properties. The aim of this study was to evaluate the effect of the GCC coatings on two types of base papers with two levels of binder.

Materials and methods: For this purpose, two different base papers (kraft liner and fluting from Mazandaran pulp and paper mill), immersion and bar coating methods as well as a binder (PVA) at two levels were used. Coating material had 20% solid content, including GCC (100 parts), dispersant (0.3 parts) and PVA (6 and 12 parts). Two suspensions with low and high binder were named no.1 and no.2 combination respectively. Dip coating was performed in the two suspensions for one minute, and the bar coating was carried out by the bench coater with the same combinations. Physical characteristics such as air resistance, thickness, mass, brightness and water absorption (Cobb60) for control and treated paper were determined. After the calculation, the coating weight and grammage was obtained, and then these data were entered to SPSS 16.0 software for analysis of variance.

Results: In comparison to the control group, all the treated fluting papers showed significant difference in grammage, thickness and coating weight. The significant effect was observed on air resistance of fluting and kraft liner papers at 5% level. However, there were not any differences in bar coating method on air resistance at 1% level in fluting papers with low PVA and so in the kraft liner papers with high PVA. The amount of water absorption in the treated fluting samples with low and high PVA using bar coating method indicated a significant difference at 5% level compared with treated samples in immersion method and control group. However, the Cobb60 significant reduction at 1% level was seen in the low binder combination with rod coating method. In terms of lower water absorption, rod coating with high PVA was much better than the other treatments. Due to more coating weight in the immersion method, the value of brightness increased in the immersed samples. Except rod method with low PVA, other treatments created significant differences (5%) in brightness between the treated fluting papers and control group. Kraft paper samples showed significant differences in brightness at 1% with both suspensions in immersion method, but kraft samples of bar method with low PVA were significant at 5% level. Correlation coefficients between the coating weight and air resistance, thickness, brightness as well as grammage were 0.549, 0.734, 0.687 and 0.489 in the tested papers respectively.

Conclusion: According to information of this research, changes of water absorption in samples were low, but the rod method reduced water absorption and had positive influence on paper barrier properties. Brightness of studied kraft liner was pretty good and the brightness of this brown paper reached to 57. Even in cases such as water absorption and brightness, the first composition (low binder) was better than the other suspension. The air resistance improved in all treatments and increment of this measurement is more evident in the fluting papers and the immersion method. Due to the improvement of physical properties, barrier and brightness in treated paper, made value-added papers in these samples compared to the control groups.

Keywords: Paper coating, Value-added paper, GCC, PVC

*Corresponding author: Rasadikhansari@gmail.com