

اثر نوع پوشش و گراماژ کاغذ چاپ و تحریر بر زاویه تماس قطره آب طی زمان

روزبه اسدی خوانساری^{۱*}، محمدرضا دهقانی فیروزآبادی^۲ و حسین رسالتی^۳

* نویسنده مسئول، استادیار، بخش صنایع چوب و کاغذ، دانشکده میرزا کوچک صومعه‌سرا، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان گیلان، ایران

پست الکترونیک: rasadikhansari@gmail.com

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

۳- استاد بازنشسته، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۸

چکیده

هدف این تحقیق بررسی اثر پوشش‌ها بر مقادیر زاویه تماس و زاویه تماس طی زمان قطره آب بر سطح کاغذ بود. تعداد ۹ تیمار پوشش‌دهی مختلف بر روی دو نوع کاغذ چاپ و تحریر ۷۵ و ۱۲۵ گرمی انجام شد. هفت ترکیب پوشش‌دهی شامل ۸۰٪ خاک رس، ۲۰٪ کربنات کلسیم آسیابی، پراکنده‌ساز و مقادیر متفاوت پلی‌وینیل‌استات و لاکتیک اسید به عنوان متغیر اتصال دهنده استفاده شد. در دو پوشش آخر (تیمارهای ۸ و ۹) از ۱۰۰٪ رنگدانه‌های کربنات کلسیم رسوبی، نشاسته کاتیونی، متامبیل‌آکریلات، پراکنده‌ساز و دو سطح از نانو الیاف سلولزی استفاده شد. در این سوسپانسیون‌ها، مقدار نانو الیاف سلولز در ترکیب شماره ۸ دو برابر ترکیب شماره ۹ بود. پس از پوشش‌دهی به روش میله‌ای، کاغذها خشک شده و نمونه‌های شاهد و پوشش‌دهی شده اتوزنی شدند. سپس آزمون‌های فتیله‌ای و زاویه تماس قطره آب بر روی نمونه‌ها انجام گرفت. در نمونه‌های دارای پوشش ششم با ۷۵ درصد اتصال دهنده، بیشترین زاویه تماس قطره آب و کمترین تغییرات زاویه تماس طی زمان ثبت شد. در نمونه‌های پوشش‌دهی شده با دو پوشش هشتم و نهم، به علت دسترسی بیشتر گروه‌های هیدروکسیل و وجود نانو الیاف سلولزی، زاویه تماس قطره آب کاهش یافت و ترکیب هشتم آب‌دوست‌ترین نمونه بود. بهترین خواص ممانعتی فتیله‌ای و بیشترین حجم قطره پس از ۲۰ ثانیه، با افزایش درصد اتصال دهنده همراه بود. در نمونه‌های شاهد و نیز سه تیمار با درصد اتصال دهنده زیاد، منحنی نمودار زاویه تماس در طی زمان آنها نسبتاً افقی و نشان دهنده آب‌گریزی بود. مقدار همبستگی بین زاویه تماس و حجم قطره آب به ترتیب در کاغذهای ۷۵ و ۱۲۵ گرمی، ۰/۹۵۱ و ۰/۹۳۶ تعیین شد و اختلاف معناداری در مقادیر زاویه تماس و آزمون فتیله‌ای در بین همه نمونه‌های ۷۵ و ۱۲۵ گرمی دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: پوشش‌دهی، گراماژ، زاویه تماس، کربنات کلسیم، نانو الیاف سلولز.

مقدمه

آهاردهی ۱ و پوشش‌دهی ۲ از متداول‌ترین روش‌های بهبود خواص کاغذ و مقوا می‌باشد. پوشش‌دهی یکی از راه‌های بهبود کیفیت کاغذ در انتهای خط تولید کاغذ است.

تحقیقات همواره برای کارآمدتر کردن این روش‌ها ادامه می‌یابد و ترکیبات جدیدی نیز در پوشش‌دهی کاغذ و مقوا معرفی می‌شوند. هدف اصلی از به‌کار بردن یک یا چندلایه پوشش بر روی سطح کاغذ، بهبود ویژگی‌های سطحی،

که در عملیات آهارزنی و پوشش‌دهی استفاده می‌شود نشاسته است که در حالت عادی ماده‌ای طبیعی، زیست‌تخریب‌پذیر و جاذب رطوبت است. برای حذف معایب نشاسته این ترکیب اصلاح می‌شود. نشاسته‌های اصلاح‌شده آب‌گریز ماهیت متفاوتی دارند که زاویه تماس^۵ آب بر سطح کاغذ را افزایش می‌دهند و از ترشوندگی کاغذ پوشش‌شده می‌کاهند که در بسته‌بندی مواد غذایی و بهداشتی اهمیت دارند. مقدار بار الکترونی بسیار نشاسته در خواص آن مؤثر است که این خاصیت در نشاسته اصلاح شده قابل تنظیم است. فیلم‌های نشاسته اصلاح شده خواص ممانعتی بسیار خوبی در مقابل اکسیژن دارند ولی نسبت به عبور بخار آب ضعیف هستند، بنابراین می‌توان با عملیات پوشش‌دهی با مواد مختلف خاصیت آب‌دوستی کاغذ را تغییر داد (Duncan, 2011).

در پایان‌نامه Kjellgren (۲۰۰۵)، با هدف افزایش خواص ممانعتی کاغذ نسبت به روغن، از خمیرهای سولفیت و سولفات با متغیر مقدار پالایش و تیمار پوشش‌دهی کیتوزان استفاده شد. سپس اثر پوشش کیتوزان بر کاغذهای تهیه شده مورد بررسی قرار گرفت. مقدار مقاومت به عبور هوا، از طریق افزایش پالایش و نیز عملیات پوشش‌دهی بهبود یافت. کاغذ اندود شده با کیتوزان جذب روغن و عبور اکسیژن کمتری را نشان داد. کاغذ حاوی خمیر سولفات و پوشش کیتوزان کمترین زاویه تماس قطره آب را داشت، یعنی قطره آب پس از ۱/۵ ثانیه محو شد، در نتیجه این نمونه دارای نفوذ و جذب آب بیشتری بود. درحالی‌که در کاغذهای ساخته شده از خمیرهای سولفیت و مخلوط سولفیت و سولفات، قطره آب به مدت ۲۰ ثانیه بر روی کاغذ می‌ماند. این تحقیق نشان داد که ترکیب خمیر آماده^۶، مقدار پالایش و اتوزنی بر مقاومت به عبور هوا در کاغذ پوشش‌دهی شده تأثیرگذار است که به دلیل تغییر اندازه سوراخ‌های کاغذ و نسبت فضای خالی بین الیاف است. Bollström و همکاران (۲۰۱۲) اثر پوشش ممانعتی با

چاپ‌پذیری و ممانعتی است. پوشش‌دهی اولیه می‌تواند با استفاده از مواد آب‌گریز، تیمارهای لایه‌نشانی اتمی^۱ و لایه‌نشانی اتمی پیوسته^۲ موجب تغییر کشش سطحی گردد. روش‌های لایه‌نشانی اتمی با ترکیبات آلومینیوم و تیتانیوم که یک لایه اتمی بسیار نازک از این مواد را بر روی جسم قرار می‌دهند، می‌توانند سبب کاهش مصرف دیگر مواد پوششی ممانعتی شوند (Hirvikorpi et al., 2014). هرچند به لحاظ مسائل زیست‌محیطی بهتر است که از آلومینیوم و تیتانیوم استفاده نشود، ولی به علت قابلیت آنها در روش لایه‌نشانی اتمی و تأثیر فوق‌العاده در آب‌گریزی، همچنان تحقیقاتی در این زمینه انجام می‌شود. از سوی دیگر، استفاده از تیمارهای سطحی پلاسما و کرونا^۳ در چند آنگستروم عمق کاغذ یا پوشش اول، باعث آب‌دوستی می‌شود. این تیمارها در تغییر ماهیت شیمیایی، برانگیخته کردن و افزایش دسترسی گروه‌های عاملی سطح کاغذ مؤثرند (Tuominen et al., 2014).

اغلب از مواد معدنی مانند کربنات کلسیم و خاک رس^۴ برای پر کردن خلل و فرج کاغذ به عنوان پرکننده و یا در سوسپانسیون پوشش‌دهی کاغذ استفاده می‌شود (Smook, 2003). خاک رس دارای ساختار لایه‌ای و ذرات آن به شکل شش‌گوش هستند. خاک رس به دلیل ضریب کشیدگی بالا، پوشش یکنواختی را ایجاد می‌کند که این ویژگی برای کاغذهایی با وزن پوشش پایین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. وجود گروه‌های OH در سطح خاک رس سبب می‌شود این ذرات انرژی سطح بسیار بالایی داشته باشند و همین عامل سبب خاصیت آب‌دوستی آن می‌شود. اگر جداسازی ذرات خاک رس در آب و در pH اسیدی انجام شود لایه‌های ذرات دارای بار مثبت و سطح ذرات اندکی دارای بار منفی خواهد شد. به طوری‌که با افزایش pH و استفاده از مواد جداکننده مناسب سطح صاف‌تری در پوشش ایجاد خواهد شد (Bohlin, 2011). ترکیب دیگری

4- Clay

5- Contact angle

6- Furnish

1- Atomic layer deposition (ALD)

2- Continuous atomic layer deposition (CALD)

3- Plasma and corona surface treatments

سطح به طور جداگانه با آکرلیک بر پایه آب مخلوط کردند. از کاغذ کرافت لاینر یکرو سفید و نیز تیمار پوشش دهی مشابه چاپ فلکسو استفاده گردید. با افزایش درصد پرکننده، مقدار انتقال بخار آب کاهش یافت و از این نظر پرکننده آلومینیوم مؤثرتر از سایر پرکننده‌ها بود. میانگین زاویه تماس آب در سطح کلیه نمونه‌ها ۹۱ تا ۹۳ درجه تعیین شد. Tambe و همکاران (۲۰۱۶) پوشش مقاوم به رطوبت کاغذ را از روغن سویا تهیه کردند. در این بررسی ابتدا روغن سویا سیلاسیون گردید و بعد این ماده بر روی کاغذهای کرافت با دو گراماژ به وسیله روش‌های غلتکی و گراور پوشش دهی شد. این پوشش‌ها مقادیر جذب آب و WVTR را کاهش و زاویه تماس قطره آب را افزایش داد.

هدف این تحقیق، تأثیر انواع ترکیب پوشش‌ها بر زاویه تماس قطره آب بر سطح کاغذ بود. برای این منظور از دو نوع کاغذ پایه چاپ و تحریر با خمیر آماده مشابه ولی متفاوت در گراماژ و آهار استفاده شد تا اثر گراماژ و وجود آهار بررسی شود. به دلیل کاربرد این نمونه‌ها در چاپ کتاب و تولید کاغذ بسته‌بندی مواد و نیز ساختار یکسان، از این دو نوع کاغذ به عنوان کاغذ پایه استفاده شد. با توجه به اینکه پوشش دهی بر روی سطح کاغذ می‌تواند موجب ارزش افزوده و تغییر خواص کاغذ شود و خاصیت آب‌گریزی یا افزایش زاویه تماس قطره آب در برخی از کاغذهای بسته‌بندی کاربرد دارد و نیز کاهش زاویه تماس قطره آب با آب‌دوستی همراه است و در کاغذهای بهداشتی مفید است، عملیات پوشش دهی با ترکیب‌های مختلف بر روی کاغذ انجام شد. از سوی دیگر اعمال پوشش، عامل تغییر فرایند نفوذ آب، روغن، هوا و بخار آب در بافت کاغذ است؛ بنابراین تیمار پوشش دهی بر سایر خواص و چاپ پذیری مؤثر خواهد بود. اغلب کاغذهای چاپ و تحریر برای کتاب و بسته‌بندی مواد مختلف استفاده می‌شوند، بنابراین پوشش دهی ضمن بهبود خواص نوری می‌تواند در افزایش کیفیت چاپ و کاهش مصرف مرکب مؤثر باشد. به طوری که با در نظر گرفتن این موارد، عملیات

روش گراور معکوس^۱ را بر روی پوشش پذیری کاغذ بررسی کردند. پوشش چند لایه حاوی پیش پوشش، لایه صاف خاک رس، لایه ممانعتی در دو سطح (خاک رس و تالک) با چهار نوع لاتکس و پوشش رویی با رنگدانه‌های PCC بود. بر روی نمونه‌های کاغذ پایه تیمارهای سطحی کرونا و پلاسما در دو سطح برای پوشش پذیری انجام شد. هر دو تیمار زاویه تماس قطره آب را کم کردند، در نتیجه ترشوندگی و پوشش پذیری بهبود یافت. Arbatah و همکاران (۲۰۱۲) به منظور بررسی سطوح آب‌گریز سه نوع تیمار بر روی کاغذ صافی انجام دادند. در تیمار اول کاغذ صافی را فقط با آلکیل کتن دیمر (AKD) آهاردهی نمودند. در تیمار دوم پس از غوطه‌وری در سوسپانسیون PCC آن را با AKD آهاردهی کردند. در تیمار سوم نانو الیاف سلولز به عنوان اتصال‌دهنده در دو سطح ۱ و ۵ درصد به سوسپانسیون PCC اضافه شد و همان پوشش دهی به روش غوطه‌وری انجام شد و بعد آهاردهی با AKD انجام گردید. نتایج نشان داد که کاغذ ذکر شده آب‌گریزی با مصرف بسیار اندک نانو الیاف سلولز تهیه شد. در این بررسی خوشه‌های PCC زبری سطح را افزایش داد و آهار AKD نقش ممانعتی داشت و زاویه تماس آب در مواردی به بیش از ۱۵۰ درجه رسید. روش دیگر آب‌گریزی، استری کردن نوارهای سلولز میکروفیبریل شده به وسیله انیدریداستیک و انیدریدتری فلورو استیک است که موجب خاصیت ممانعت در برابر عبور اکسیژن می‌شود. تغییرات شیمیایی از طریق طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتوایکس^۲ و FTIR^۳ تأیید می‌شود و افزایش معنی‌داری در زاویه تماس قطره آب این نمونه‌ها با نمونه‌های شاهد وجود دارد که به علت درجه جایگزینی گروه‌های هیدورکسیل است (Rodionova et al., 2013).

Zvonkina و همکاران (۲۰۱۴) ویژگی‌های ممانعتی بسترهای چاپ شده با مرکب را با هدف کاربرد آنها در بسته‌بندی بررسی کردند. آنان در این فعالیت تحقیقاتی سه پرکننده آلومینیوم، بوروسیلیکات شیشه و تالک را در سه

3- Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR)

1- Reverse gravure technique

2- X-Ray photoelectron spectroscopy (XPS)

آزمایش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه‌ها

در این تحقیق، از دو نوع کاغذ چاپ و تحریر با گراماژهای ۱۲۵ و ۷۵ گرم بر مترمربع تولیدی کارخانه چوب و کاغذ مازندران استفاده شد (جدول ۱). این دو نمونه کاغذ حاوی ۸۵ درصد خمیر CMP، ۱۵ درصد خمیر الیاف بلند وارداتی، به همراه پرکننده و ۱/۲ درصد AKD بود. هر دو نوع کاغذ با خمیر آماده مشابهی تولید شدند ولی نمونه ۱۲۵ گرمی ابتدا با گراماژ ۱۲۰ گرم بر مترمربع تولید شد و از طریق آهارزنی با کربنات کلسیم و نشاسته آنیونی در پرس آهارزنی به گراماژ ۱۲۵ رسید.

پوشش‌دهی قابلیت ارتقاء ارزش افزوده را در کاغذ دارد. به‌طورکلی به دلیل شکل صفحه‌ای ذرات خاک رس، افزایش خاصیت ممانعتی در کاغذ پوشش شده با آن مورد انتظار بود و ذرات کربنات کلسیم آسیابی^۱ وظیفه پر کردن فضای خالی بین خاک رس را داشت و در دو ترکیب آخر فقط از کربنات کلسیم رسوبی^۲ به‌عنوان رنگدانه استفاده شد. از سوی دیگر دسترسی زیاد گروه‌های هیدروکسیل در نانو الیاف سلولزی به بهبود آب‌دوستی کمک می‌کند. همچنین نشاسته کاتیونی، ضمن اتصال به الیاف آنیونی عامل پیوندهای هیدروژنی در نانو الیاف سلولزی هم خواهد بود. به همین دلایل از نانو الیاف سلولزی و نشاسته کاتیونی در دو پوشش استفاده شد. همچنین به علت تجزیه سریع کاغذ در محیط‌زیست و بازیافت آسان، از اتصال‌دهنده‌های زیست‌تخریب‌پذیر استفاده گردید و به‌دلیل خاصیت آب‌دوستی کربنات کلسیم، درصدهای مختلف اتصال‌دهنده به‌منظور افزایش خاصیت ممانعتی کاغذ مورد

جدول ۱- مشخصات اولیه کاغذهای پایه

مشخصات	کاغذ ۱۲۵ گرمی	کاغذ ۷۵ گرمی
گراماژ (g/m ²)	۱۲۵±۳	۷۵±۲
ضخامت (mm)	۰/۱۹۵±۰/۰۱	۰/۱۰۵±۰/۰۱
رطوبت	٪۸/۲	٪۸
درجه روشنی (ISO %)	۷۱/۷	۷۱/۲
زردی (ISO %)	۶/۳	۶/۸
ماتی (ISO %)	۹۲	۹۱/۵
Cobb60 نهایی (g/m ²)	۴۰	۷۲
زبری روی کاغذ (μm)	۸/۷	۵/۸
زبری زیر کاغذ (μm)	۹/۱	۶/۴
کدگذاری	M	N

ساخت سوسپانسیون پوشش‌دهی

مواد پوشش‌دهی در ۹ ترکیب با شرایط مشابه ولی فرمول متفاوت استفاده شدند. هفت ترکیب پوشش‌دهی شامل خاک

رس و GCC (اومیا پارس) به‌همراه چسب‌های پلی‌وینیل استات^۳

3- Polyvinyl acetate (PVAc)

1- Ground calcium carbonate (GCC)

2- Precipitated calcium carbonate (PCC)

۲۴/۳۷ و ۴۲/۳٪ اتصال‌دهنده ساخته شد و با هدف بهبود خواص ممانعتی، با افزایش مقدار PVAc دو ترکیب ۶ و ۷ با اتصال‌دهنده‌های ۷۵ و ۱۰۰٪ تهیه گردید. در ۷ ترکیب پوشش‌دهی، از ۸۰ قسمت خاک رس و ۲۰ قسمت GCC با مواد جامد ۳۰ و ۵۰ درصد استفاده شد.

(چسب و رزین شمال)، لاکتیک اسید^۱ (مرک) و پراکنده‌ساز^۲ Topsperse GX N پلی‌آکریلات با نام تجاری (Arkema Group) بود. برای محاسبه مقدار آب‌مقطر و تعیین درصد مواد جامد و نیز مقدار درصد اتصال‌دهنده از مقالات Klass (۲۰۰۳، ۲۰۰۴) استفاده شد. پنج ترکیب اول با ۲۲/۹،

جدول ۲- ترکیب مواد پوشش‌دهی در پوشش‌ها

ترکیب	ترکیب شماره ۱	ترکیب شماره ۲	ترکیب شماره ۳	ترکیب شماره ۴	ترکیب شماره ۵	ترکیب شماره ۶	ترکیب شماره ۷	ترکیب شماره ۸	ترکیب شماره ۹
خاک رس Clay	۴۰ گرم خشک	۴۰ گرم خشک	۴۰ گرم خشک	۴۰ گرم خشک	۴۰ گرم خشک	۴۰ گرم خشک	۴۰ گرم خشک	--	--
GCC	۱۰ گرم خشک	۱۰ گرم خشک	۱۰ گرم خشک	۱۰ گرم خشک	۱۰ گرم خشک	۱۰ گرم خشک	۱۰ گرم خشک	--	--
PCC	--	--	--	--	--	--	۵۰ گرم خشک	۵۰ گرم خشک	۵۰ گرم خشک
PVAc	۸/۳۳ گرم	۴/۷۶ گرم	۸/۳۳ گرم	۴/۷۶ گرم	۷/۹۶ گرم	۲۵/۹۶ گرم	۳۹/۹۶ گرم	--	--
LA	۳/۹۵ گرم	۷/۹ گرم	۳/۹۵ گرم	۷/۹ گرم	۱۴ گرم	۱۴ گرم	۱۴ گرم	--	--
نشاسته کاتیونی	--	--	--	--	--	--	--	۲ گرم خشک	۲ گرم خشک
متماتیل‌آکریلات	--	--	--	--	--	--	--	۲ گرم خشک	۲ گرم خشک
نانو الیاف سلولزی	--	--	--	--	--	--	--	۱/۲ گرم خشک	۰/۶ گرم خشک
پراکنده‌ساز	۰/۳ گرم	۰/۳ گرم	۰/۳ گرم	۰/۳ گرم	۰/۳ گرم	۰/۳ گرم	۰/۳ گرم	۰/۲ گرم	۰/۲ گرم
آب مقطر	۱۰۲/۷ گرم	۱۰۲/۳۵ گرم	۱۷۶ گرم	۱۷۵/۶۸ گرم	۱۰۴ گرم	۱۰۸/۷ گرم	۱۱۲/۳ گرم	۱۲۹/۴ گرم	۱۵۰/۸ گرم
مواد جامد	۵۰ درصد	۵۰ درصد	۳۰ درصد	۳۰ درصد	۵۰ درصد	۵۰ درصد	۵۰ درصد	۳۰ درصد	۳۰ درصد
pH	۶/۳۱	۶/۱۱	۶/۲۱	۶/۱۲	۶/۳۲	--	--	۷/۶۲	۷/۴۰
گرانروی (سانتی پوآز)	۱۵/۳	۱۲/۲	۵/۷	۵/۳	۲۴/۲	--	--	۸۸/۶	۲۸/۷
درصد اتصال‌دهنده	۲۲/۹	۲۴/۳۷	۲۲/۹	۲۴/۳۷	۴۲/۳	۷۵	۱۰۰	۱۰/۴	۹/۲

2- Dispersant

1- Lactic acid (LA)

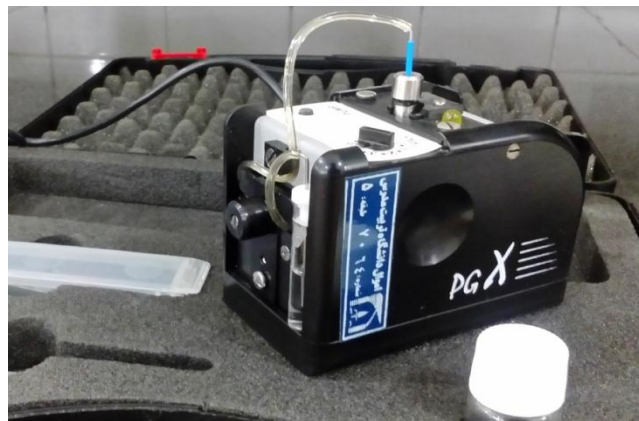
پوشش‌دهی شده، کلیه نمونه‌ها در قاب چوبی با گیره مهار و در محیط آزمایشگاه به مدت یک روز خشک شدند. اتوزنی برای نمونه‌های پوشش‌دهی شده و نشده به وسیله دستگاه اتوزن آزمایشگاهی FIBRETEC با دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد، فشار خطی ۶۰ کیلو نیوتن بر متر و ۴ بار عبور از بین دو غلتک انجام شد. ترکیب‌های ۳ و ۴ به علت ساختار و مواد جامد ۳۰ درصد، کمترین مقدار وزن پوشش را بر روی کاغذها ایجاد کردند و مقادیر وزن پوشش در نمونه‌های پوشش داده شده از ۵/۳۴ تا ۱۵/۸۱ گرم بر مترمربع محاسبه شد.

آزمون زاویه تماس قطره آب بر سطح کاغذ
 آزمون زاویه تماس آب بر قطعاتی از نمونه‌های شاهد و پوشش‌دهی شده، به وسیله دستگاه زاویه‌سنج PG-X ساخت سوئیس مطابق استاندارد ASTM D ۵۹۴۶ انجام شد (شکل ۱).
 (۱). قطره‌هایی به حجم ۲ میکرولیتر با آب یون‌زدایی شده^۱ بر روی نمونه‌ها قرار گرفت و ضمن عکس‌برداری، مقادیر زوایای تماس قطره آب از صفر تا ۶۰ ثانیه در ۴ تکرار اندازه‌گیری شد. به دلیل تثبیت قطره آب، مقادیر زاویه تماس پس از ۵ ثانیه و میانگین حجم قطر پس از ۱۰ ثانیه در نظر گرفته شد (Lidenmark et al., 2010).

در دو ترکیب آخر (۸ و ۹)، سوسپانسیون پوشش‌دهی از PCC (شیمی معدنی همدان)، نشاسته کاتیونی (Siam Modified Starch Co, LTD)، متامتیل‌آکریلات (مرک)، پراکنده‌ساز و دو سطح از نانو الیاف سلولزی (شرکت دانش‌بنیان نانو نوین پلی‌مر) استفاده شد. در این سوسپانسیون‌ها، مواد جامد ۳۰ درصد و نانو الیاف سلولز (به‌عنوان عامل متغیر) در ترکیب هشتم دو برابر ترکیب نهم بود. برای همگن نمودن سوسپانسیون‌های ۸ و ۹ از دستگاه همگن‌ساز مافوق صوت Top sonic (۲۰ کیلوهرتز) به مدت ۵ دقیقه، با توان ۱۰۰ وات و دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. مراحل ساخت این ۹ ترکیب مشابه صنعت ولی مقدار اتصال‌دهنده‌ها بر مبنای رنگدانه از ۹/۲ تا ۱۰۰ درصد متغیر بود (جدول ۲).

تیمارهای پوشش‌دهی

عملیات پوشش‌دهی از طریق تیمار پوشش‌دهی میله‌ای در سمت نمد^۱ نمونه‌ها با میله شماره ۱۴ انجام شد. بر روی هر نمونه کاغذ، مقدار ۲ سی‌سی از ترکیب پوشش‌دهی در مقابل میله دستگاه پوشش‌دهی Auto Bar Coater GBC_A4 GIST Co.Ltd آزمایشگاه دانشگاه منابع طبیعی گرگان ریخته شد و با یکبار حرکت میله دستگاه و با سرعت ۵۰ mm/s، پوشش‌دهی انجام گردید. پس از کدگذاری نمونه‌های شاهد و



شکل ۱- دستگاه زاویه‌سنج PG-X

1- Deionized water

آزمون فتیله‌ای^۱

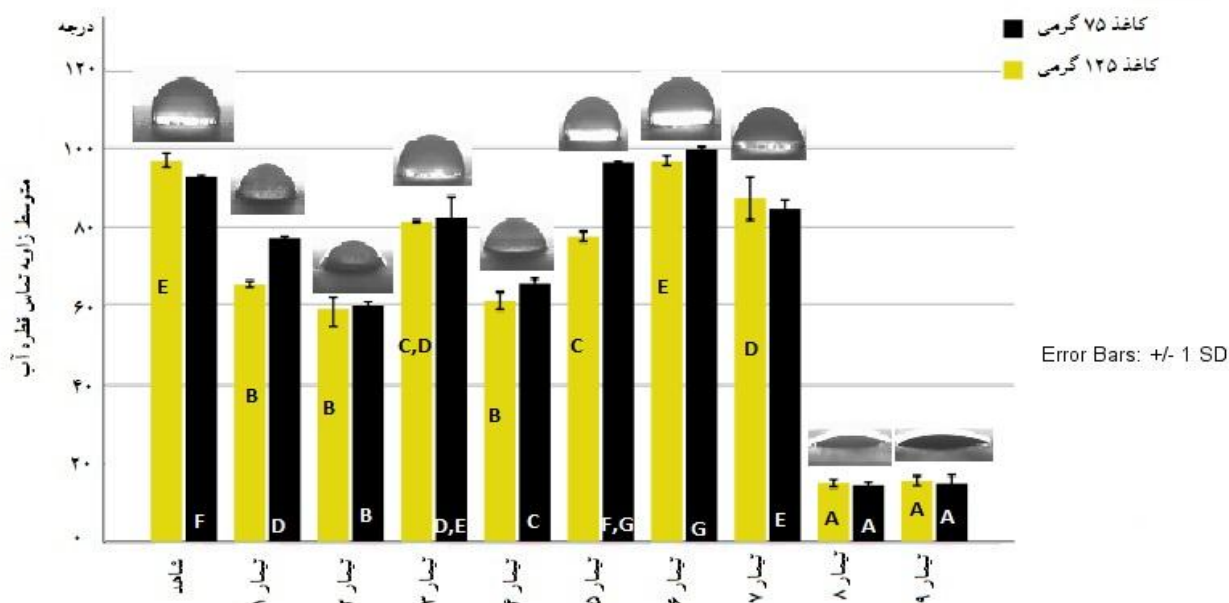
با هدف اندازه‌گیری مقاومت کاغذ به نفوذ روغن، آزمون فتیله‌ای مطابق استاندارد تایپی ۵۵۹ انجام شد. محدوده این آزمون از عدد ۱ تا ۱۲ است که محلول شماره ۱۲ بیشترین نفوذ را به روغن نشان می‌دهد. ابتدا سه ماده روغن کرچک، تولوئن و ان هپتان (شرکت Carlo Erba Reagents) تهیه و برای انجام این آزمایش ۱۲ محلول با نسبت‌ها و با گرانی‌های مختلف ساخته شد. سپس قطره‌ای از یکی از محلول‌ها در سمت نمد نمونه‌ها ریخته شد. پس از ۱۵ ثانیه قطره از روی سطح کاغذ به وسیله دستمال پاک گردید تا لکه آن بررسی شود.

بررسی تحلیل آماری واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد به کمک نرم‌افزار SPSS در نمونه‌های شاهد و کاغذهای پوشش‌دهی شده انجام گردید. در نمودارها، میله‌های خطا با ± 1 انحراف معیار رسم شد و گروه‌بندی دانکن برای تعیین جایگاه هر دسته و مشخص شدن تفاوت بین میانگین‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

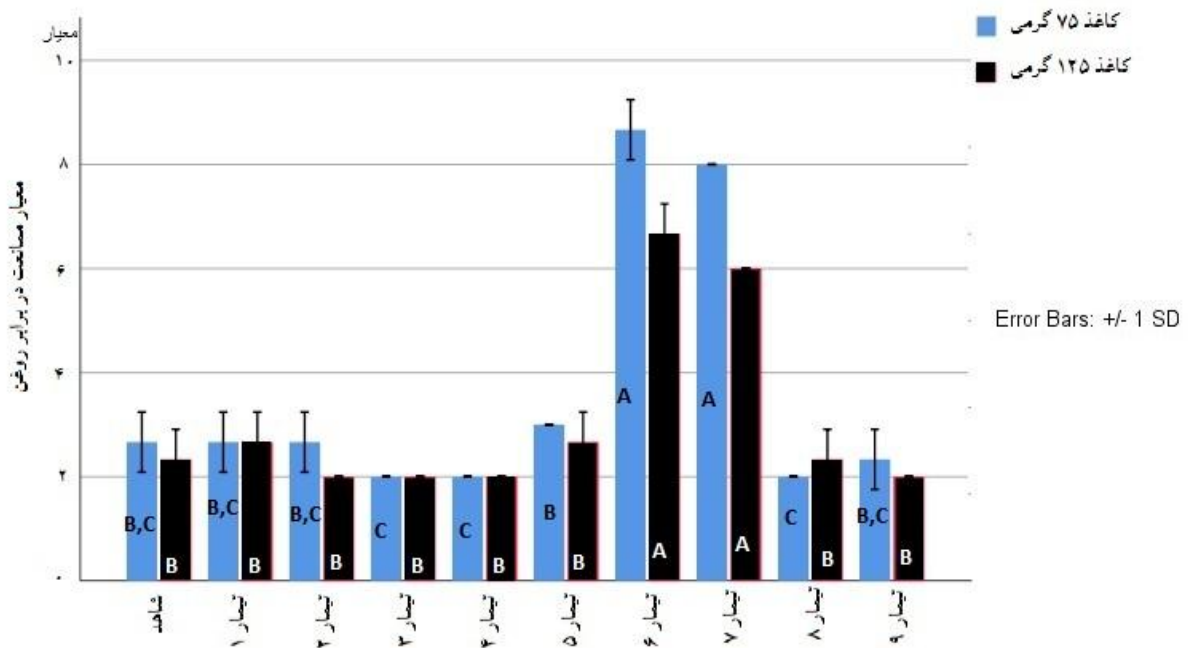
نتایج

بررسی مقادیر زاویه تماس

شکل ۲ نشان‌دهنده زاویه تماس آب در نمونه‌ها بعد از ۵ ثانیه می‌باشد که در اغلب موارد کاهش زاویه تماس یعنی افزایش ترشوندگی نسبت به نمونه‌های شاهد، مشاهده شد. هرچند که در همه تیمارها سطح آب‌گریز ایجاد نشد ولی نتایج زاویه تماس نسبت به نمونه‌های شاهد در مواردی (به‌ویژه در ترکیب ۷) بیشتر شد (شکل ۲). در نمونه‌های حاوی پوشش‌های ۸ و ۹ به دلیل دسترسی بیشتر گروه‌های هیدروکسیل در نانو الیاف سلولز، مقادیر زاویه تماس قطره آب نسبت به سایر نمونه‌ها کمتر بود. نتیجه تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که بین میانگین زاویه تماس تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد وجود دارد و آزمون دانکن این اختلاف را در نمونه‌های ۱۲۵ و ۷۵ گرمی به ترتیب در ۵ و ۷ گروه طبقه‌بندی می‌کند (شکل ۲).



شکل ۲- میانگین زاویه تماس آب بر حسب درجه در نمونه‌ها

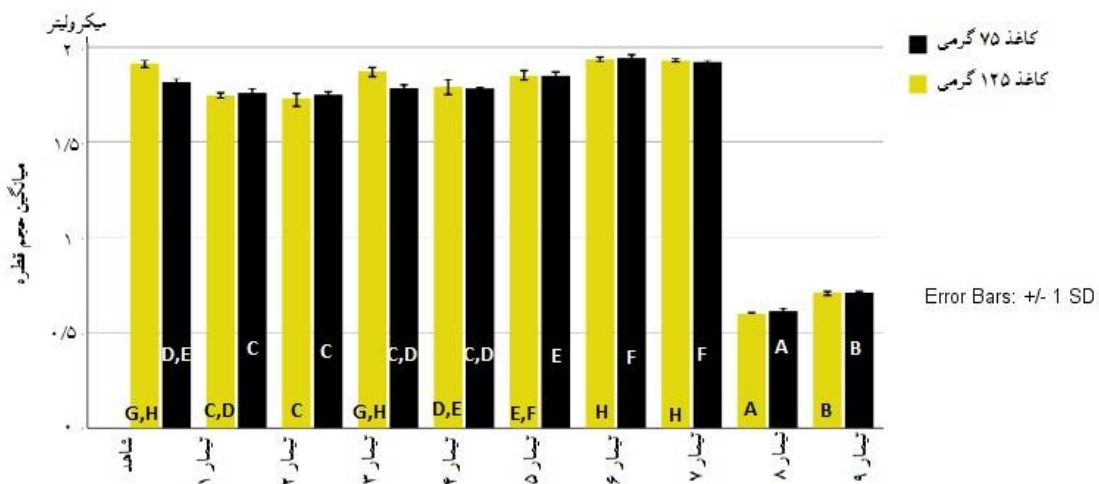


شکل ۳- میانگین مقادیر ممانعت در برابر نفوذ روغن در نمونه‌ها

(حاوی مقادیر زیاد اتصال‌دهنده) نتایج ممانعتی خوبی دیده شد (شکل ۳). نتایج آماری اختلاف معنی‌داری را در سطح ۹۵ درصد نشان داد و آزمون دانکن این اختلاف میانگین‌های آزمون فنیله‌ای نمونه‌های ۱۲۵ و ۷۵ گرمی را به ترتیب در ۲ و ۳ گروه طبقه‌بندی کرد.

بررسی آزمون فنیله‌ای

تغییرات مقدار نفوذ روغن بر اساس آزمون فنیله‌ای بسیار اندک بود، به طوری که تفاوت ناچیزی بین نمونه‌های شاهد و پوشش داده شده مشاهده شد و مقاومت روغن دیده نشد. ابتدا مقادیر عددی این آزمون به معیار ممانعت در برابر روغن تبدیل شد و بعد نمودار رسم گردید. در دو ترکیب ۶ و ۷



شکل ۴- میانگین مقدار حجم قطره آب پس از ۱۰ ثانیه در نمونه‌ها

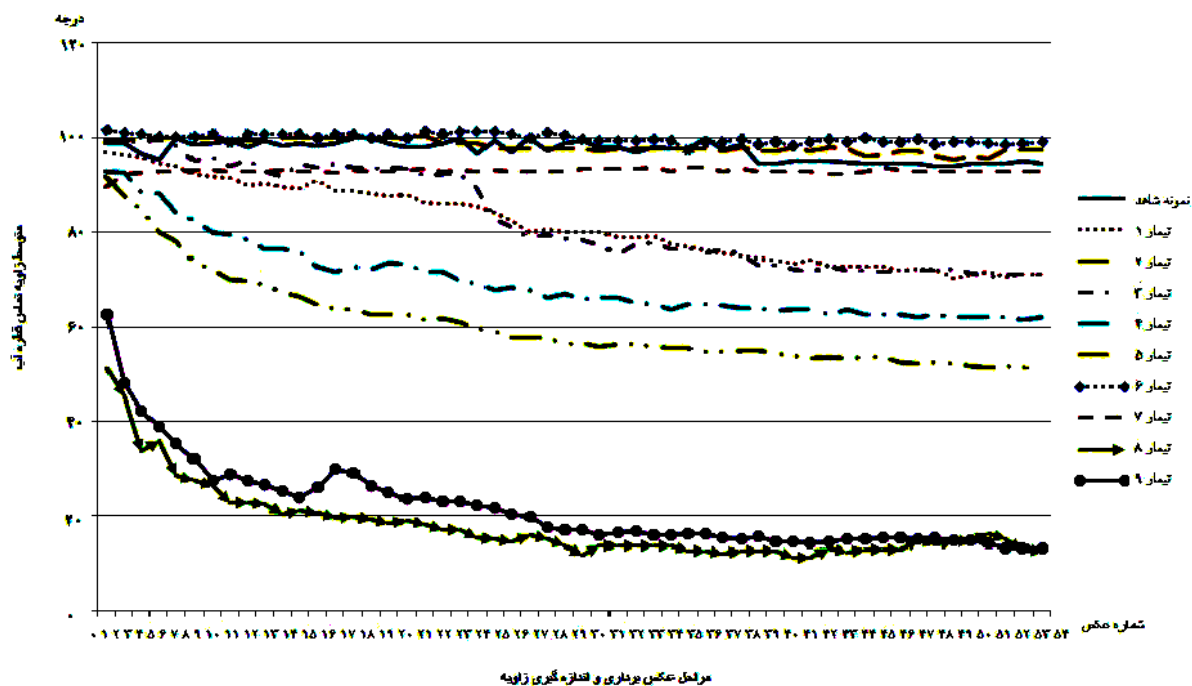
بررسی تغییرات حجم قطره آب

تغییرات زاویه تماس قطره آب در طی زمان هم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به جذب و نفوذ آب در کاغذ، مقدار حجم آب روی نمونه به تدریج کم می‌شود. البته هرچه این کاهش حجم قطره بیشتر باشد نشان‌دهنده نفوذ و جذب در بافت پوشش و کاغذ است. شکل ۴ میانگین حجم قطره آب پس از ۱۰ ثانیه و گروه‌بندی‌های دانکن را نشان می‌دهد که در تیمارهای ۶ و ۷ حجم قطره آب بیش از نمونه‌های شاهد بود. در تیمارهای ۸ و ۹ به شدت آب جذب شد و حجم قطره بسیار کمتر از نمونه‌های شاهد و سایر تیمارها بود که به دلیل وجود نانو الیاف سلولز در ترکیب پوشش و آب‌دوستی آنهاست.

تغییرات زاویه تماس قطره آب در طی زمان

اگر در اثر گذشت زمان یک زاویه تماس مشخص، تغییر

اندکی داشته باشد نشان‌دهنده ترشوندگی کم است. همچنین ممکن است در نمونه‌هایی زاویه تماس در لحظه اول زیاد باشد، یعنی حالت آب‌گریزی وجود داشته باشد ولی پس از مدتی زاویه تماس آب کم شود که نشان‌دهنده جذب آب است (Songok *et al.*, 2014). نمونه‌های شاهد و نمونه‌هایی که با ترکیب‌های ۵، ۶ و ۷ پوشش‌دهی شدند، پس از ۶۰ ثانیه کاهش اندکی را در زاویه تماس نشان دادند. در حالی که در کلیه نمونه‌های حاوی پوشش‌های هشتم و نهم به دلیل آب‌دوستی، تغییرات زاویه تماس آنها زیاد بود. در نتیجه تعداد عکس‌برداری‌ها در این نمونه‌ها کمتر بود، از این رو تغییرات زاویه تماس با زمان مشترک ۲۰ ثانیه در کلیه نمونه‌ها ترسیم شد (شکل ۵).



شکل ۵- زاویه تماس قطره آب در طی زمان

(Arbatan *et al.*, 2012). در تحقیق دیگری آهار AKD در سطوح ۰/۵ تا ۱/۵ درصد به کاهش جذب آب و افزایش زاویه تماس قطره آب بر سطح کاغذ مؤثر بود

بحث

در ساخت کاغذهای پایه مورد استفاده از AKD استفاده شده بود و این ماده عامل آب‌گریزی کاغذ ساخته شده بود

ممانعتی استفاده کردند، در مواردی افزایش زاویه تماس قطره آب دیده شد. همچنین پوشش‌های ۸ و ۹ آب‌دوست بودند و زاویه تماس قطره آب را در سطح کاغذ کاهش دادند. زاویه تماس قطره آب در پوشش ترکیب ۸ مقدار کاهش بیشتری را نشان داد که به علت وجود مواد جذب‌کننده آب به ویژه نانو الیاف سلولز است، در حالی که نانو الیاف سلولز با پیوندهای ایجاد شده زیاد و یا نانو الیاف سلولزی اصلاح شده خاصیت آب‌دوستی ندارد. Andresen و همکاران (۲۰۰۶) از نانو الیاف اصلاح شده با استیلاسیون استفاده کردند که مقدار زاویه تماس آب به ۱۱۷ تا ۱۴۶ درجه رسید. در بررسی Samyn و همکاران (۲۰۱۰)، مشاهده می‌شود که از نانو ذرات ایمیدی شده بر روی کاغذ به صورت یک لایه پوششی استفاده کردند و به دلیل اصلاح و ایجاد پیوندهای هیدورژنی بین آنها، مقدار زاویه تماس آب در این نمونه‌ها به بیش از ۱۴۰ درجه رسید. آزمون فیتله‌ای نشان داد که مناسب‌ترین مقدار مقاومت به روغن به تیمارهای ۷ و ۶ مربوط می‌شود. برخی از محققان مانند Ham-Pichavant و همکاران (۲۰۰۵) از پوشش‌های کیتوزان روی کاغذ کرافت استفاده کردند و در برخی از تیمارها به ممانعت فیتله‌ای مطلوبی رسیدند. Lavoine و همکاران (۲۰۱۴) از نانو الیاف سلولزی MFC برای پوشش کاغذ استفاده کردند و با افزایش وزن پوشش MFC مقاومت به نفوذ روغن در آزمون فیتله‌ای دیده شد. با توجه به شکل ۴، حجم قطره آب پس از ۱۰ ثانیه در تیمارهای ۶ و ۷ حداکثر و در تیمارهای ۸ و ۹ حداقل خود را نشان می‌دهد. در مواردی این نتیجه با زاویه تماس قطره آب پیچیدگی دارد که به دلیل کشش سطحی بین مواد مختلف و انواع پدیده‌های نفوذ مایعات در بافت پوشش و کاغذ است. مقادیر همبستگی بین عوامل مختلف اندازه‌گیری شده به وسیله نرم‌افزار SPSS تعیین گردید و همبستگی بین زاویه تماس و حجم قطره آب به ترتیب در کاغذهای ۷۵ و ۱۲۵ گرمی، ۰/۹۵۱ و ۰/۹۳۶ به دست آمد. بر اساس مطالعات Kumar و همکاران (۲۰۱۷) تفاوت‌هایی در روند کاهش زاویه تماس و افت حجم قطره آب وجود دارد. به علت درصد مواد جامد بیشتر در دو ترکیب ۱ و ۲ نسبت به ۳ و

(Taheri *et al.*, 2019) که در این نمونه‌های شاهد ۱/۲ درصد AKD استفاده شده بود. نمونه‌های ۱۲۵ گرمی با آهارزنی در هر دو سمت با کربنات کلسیم و نشاسته آنیونی به این گراماژ رسیده بودند و این نمونه‌های شاهد ۱۲۵ گرمی جذب آب کمتر و زاویه تماس بیشتری را نسبت به نمونه‌های ۷۵ داشتند؛ بنابراین زاویه تماس در نمونه‌های شاهد در حدود ۱۰۰ درجه بود و در اغلب این تیمارهای پوششی زاویه تماس کاهش یافت که به دلیل ساختار ترکیب پوشش‌دهی بود. بر اساس مطالعات Rhim و همکاران (۲۰۰۶) که از پوشش آلزینات بر روی مقوا استفاده شد، زاویه تماس قطره آب کاهش یافت که به دلیل سطح آب‌دوست پوشش بود، در حالی که پوشش پروتئین سویا شرایط مقاومت را به آب و زاویه تماس بیشتر کرد. در چهار ترکیب اول به دلیل پوشش GCC و خاک رس در بسیاری از نمونه‌ها، جذب آب افزایش یافت و به علت استفاده از مواد زیست‌تخریب‌پذیر در اغلب ترکیب‌ها، مقدار بهبود زاویه تماس ناچیز بود. درصد مواد جامد در تیمارهای ۱ و ۲ به مقدار ۵۰ درصد و در نمونه‌های ۳ و ۴ برابر ۳۰ درصد بود، بنابراین نمونه‌های ۱ و ۲ امکان جذب آب بیشتری داشتند و همان‌طور که در شکل ۲ دیده می‌شود مقادیر زاویه تماس در نمونه‌های ۱ و ۲ کمتر از ۳ و ۴ است. با توجه به نتایج تحقیق دیگری که از خاک رس، PVAc و PLA برای پوشش کاغذهای لاینر و چاپ و تحریر استفاده شده است، ترشوندگی سطح کاغذ به وسیله این تیمار پوشش‌دهی افزایش یافت (Asadi khansari *et al.*, 2016) و در صورت استفاده از موادی مانند استایرن بوتادین به عنوان اتصال‌دهنده، خاصیت ممانعتی بهبود می‌یافت (Kugge & Johnson, 2008). با افزایش مصرف اتصال‌دهنده در ترکیب‌های ۵، ۶ و ۷ بر روی نمونه‌های کاغذ خاصیت آب‌دوستی کم شد. مطابق یک بررسی، استفاده از GCC و روش پوشش‌دهی میله‌ای و نیز درصد مواد اتصال‌دهنده PVAc بیشتر، جذب آب در کاغذهای پوشش‌دهی شده لاینر کاهش می‌یابد (Asadi khansari *et al.*, 2017). نتایج تحقیق Tambe و همکاران (۲۰۱۶) که از روغن سویا برای بهبود خواص

گرمی تفاوت معناداری دیده نشد. مقدار همبستگی در آزمون فنیله‌ای نمونه‌های ۷۵ و ۱۲۵ گرمی ۰/۹۷۷ بود و از نظر حجم قطره عدد ۰/۹۸۹ مشاهده شد.

نتیجه‌گیری

به علت استفاده از اتصال‌دهنده‌های زیست‌تخریب‌پذیر، امکان تجزیه سریع کاغذ در محیط‌زیست و بازیافت آسان آن فراهم می‌گردد و ایجاد خاصیت آب‌گریزی با افزایش درصد اتصال‌دهنده مقدور می‌شود. با هدف افزایش خواص ممانعتی، تیمارهای ۶ و ۷ برای آزمون‌های فنیله‌ای و زاویه تماس انجام شد و بهترین خاصیت ممانعتی آزمون فنیله‌ای در نمونه‌های N6 بود. با توجه به نتایج این بررسی استفاده از پلی‌وینیل‌استات و لاکتیک‌اسید به همراه خاک رس و GCC، برخی از خواص ممانعتی را افزایش می‌دهد ولی سطح فوق آب‌گریز تشکیل نمی‌شود. حتی با اضافه کردن مواد اتصال‌دهنده در ترکیب ۶ و ۷ نیز سطح کاغذ آب‌گریز شد و فقط زاویه تماس آب در مواردی به بیش از ۱۰۰ درجه رسید. به دلیل آب‌دوست بودن ترکیب‌ها افزایش درصد مواد جامد سوسپانسیون به آب‌دوستی کمک کرد ولی افزایش اتصال‌دهنده آب‌دوستی را کم کرد. نانو الیاف سلولز به علت دسترسی بیشتر در گروه‌های هیدروکسیل عامل آب‌دوستی است. پوشش‌های ۸ و ۹ آب‌دوست بودند و زاویه تماس و حجم قطره آب در پوشش ترکیب ۸ به علت وجود نانو الیاف سلولز کمترین مقدار را نشان داد. منحنی‌های زاویه تماس در طی زمان در نمونه‌های شاهد و همچنین تیمارهای ۵، ۶ و ۷ نسبتاً افقی بود. به‌طورکلی اختلاف معناداری در مقادیر زاویه تماس و Kit No در بین همه نمونه‌های ۷۵ و ۱۲۵ گرمی دیده نشد.

منابع مورد استفاده

- Andresen, M., Johansson, L.-S., Tanem, B.S. and Stenius, P., 2006. Properties and characterization of hydrophobized microfibrillated cellulose. *Cellulose*, 13, 665–677.
- Arbatan, T., Zhang, L., Fang, X. and Shen, W., 2012. Cellulose nanofibers as binder for fabrication of superhydrophobic paper. *Chemical Engineering*

۴، مقدار حجم قطره در نمونه‌های ۱ و ۲ کمتر است. بر اساس استاندارد تاپی ۴۵۸ از طریق مقادیر زوایای تماس قطره آب در نمونه‌های کاغذ پس از گذشت ۵ و ۶۰ ثانیه (C و C')، تغییرات ترشوندگی در یک ثانیه با استفاده یک رابطه به دست می‌آید که به دلیل آب‌دوستی برخی از تیمارها و کاهش زاویه تماس قطره آب پس از ۱۵ تا ۲۰ ثانیه، اندازه‌گیری ترشوندگی برای کلیه نمونه مقدور نبود. همان‌گونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود، این منحنی‌ها نمایانگر روند تغییرات زاویه تماس قطره آب است. خطوطی که در مدت زمان اندازه‌گیری شده تقریباً به موازات محور افقی قرار گرفته‌اند مشخص‌کننده خاصیت آب‌گریزی است و اگر شیب مشخصی در منحنی تغییرات زاویه تماس در طی زمان داشته باشد نشان‌دهنده آب‌دوستی است (Kumar *et al.*, 2017). نمونه‌های شاهد و همچنین تیمارهای ۵، ۶ و ۷ دارای منحنی‌های نسبتاً افقی هستند. درحالی‌که نمودار نمونه‌های تیمار ۱ تا ۴ به دلیل ساختار آب‌دوستی در سوسپانسیون پوشش، شیب ملایمی دارند. در نتیجه تیمارهای ۳ و ۴ با درصد مواد جامد کمتری نسبت به ۱ و ۲ شیب کندتری دارند و تیمارهای ۱ و ۲ با درصد مواد جامد ۵۰ درصد شیب بیشتری را به دلیل آب‌دوستی بیشتر نشان می‌دهند. به‌طوری‌که با تجزیه واریانس مشخص شد که مقادیر زاویه تماس در نمونه‌های ۷۵ و ۱۲۵ گرمی با تیمارهای ۸ و ۹ اختلاف معناداری نسبت به سایر گروه‌ها داشت. در نمونه‌های ۷۵ گرمی تیمار ۶ با گروه شاهد اختلاف معناداری داشت و از نظر مقایسه میانگین‌های دانکن در سطح ۹۵ درصد در دو گروه مختلف قرار گرفتند. ولی در نمونه‌های ۱۲۵ گرمی تیمار ۶ و گروه شاهد تفاوت معناداری با هم نداشتند. مقادیر Kit No در نمونه‌های ۷۵ و ۱۲۵ گرمی با تیمارهای ۶ و ۷ نسبت به سایر گروه‌ها اختلاف معناداری را در سطح ۹۵٪ نشان دادند. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که تیمار ۸ (با مقدار نانو الیاف سلولزی بیشتر) نسبت به تیمار ۹ از نظر حجم قطره دارای تفاوت معناداری است. از نظر حجم قطره تیمارهای ۶ و ۷ نسبت به شاهد، در نمونه‌های ۷۵ گرمی اختلاف ایجاد کرد ولی در گراماژ ۱۲۵

- Impact of different coating processes of microfibrillated cellulose on the mechanical and barrier properties of paper. *J Mater Sci*, 49, 2879–2893.
- Lidenmark, C., Forsberg, S., Norgren, M., Edlund, H. and Karlsson, O., 2010. Changes with aging in the surface hydrophobicity of coated paper. *Tappi J*, 9, 40-46.
- Rhim, J.-W., Lee, J.H. and Hong, S.I., 2006. Water resistance and mechanical properties of biopolymer (alginate and soy protein) coated paperboards. *LWT Food Sci. Technol.*, 39, 806–813.
- Rodionova, G., Hoff, B., Lenes, M., Eriksen, Ø. and Gregersen, Ø., 2013. Gas-phase esterification of microfibrillated cellulose (MFC) films. *Cellulose*, 20(3), 1167-1174.
- 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.
- Smook, G.A., 2003. Handbook for pulp and paper technologists, 2th Ed, translated by Mirshokraei, S. A., Aeeizh press, Tehran. 520 p.
- Songok, J., Salminen, P. and Toivakka, M., 2014. Temperature effects on dynamic water absorption into paper. *Journal of colloid and interface science*, 418, 373-377.
- Taheri, Z., Rudi H., Jalali-Torshizi H. and Shidpoor R., 2019. Effect of alkyl ketene dimers (AKD) sizing on the properties of pulp and paper made from recycled fibers. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 34 (1), 112-123.
- Tambe, C., Graiver, D. and Narayan, R., 2016. Moisture resistance coating of packaging paper from biobased silylated soybean oil. *Progress in Organic Coatings*, 101, 270-278.
- Tuominen, M., Teisala, H., Aromaa, M., Stepien, M., Mäkelä, J.M., Saarinen, J.J., Toivakka, M. and Kuusipalo, J., 2014. Creation of superhydrophilic surfaces of paper and board. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 28(8-9), 864-879.
- Zvonkina, I.J., Gkountara, P., Hilt, M. and Franz, M., 2014. New printing inks with barrier performance for packaging applications: Design and investigation. *Progress in Organic Coatings*, 77(3), 646-656.
- Journal*. 210, 74-79.
- 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.
- Asadi khansari, R., Dehghani Firouzabadi, M. and Resalati, H., 2017. Fluting and kraft liner papers with GCC coatings and PVA binder. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 24(1):145-159.
- Bohlin, E., 2011. Optics of coated paperboard, Aspects of surface treatment on porous structures. *Karlstad University Studies*. 73 p.
- Bollström, R., Tuominen, M., Määttänen, A., Peltonen, J. and Toivakka, M., 2012. Top layer coatability on barrier coatings. *Progress in Organic Coatings*, 73(1), 26-32.
- Duncan, T. V., 2011. Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: barrier materials, antimicrobials and sensors. *Journal of colloid and interface science*, 363(1), 1-24.
- Ham-Pichavant, F., Se`be, G., Pardon, P. and Coma, V., 2005. Fat resistance properties of chitosan-based paper packaging for food applications. *Carbohydrate Polymers*, 61, 259–265.
- Hirvikorpi, T., Laine, R., Vähä-Nissi, M., Kilpi, V., Salo, E., Li, W.M., Lindfors, S., Vartiainen, J., Kenttä, E., Nikkola, J. and Harlin, A., 2014. Barrier properties of plastic films coated with an Al₂O₃ layer by roll-to-roll atomic layer deposition. *Thin Solid Films*, 550, 164-169.
- Kjellgren, H., 2005. Barrier properties of greaseproof paper. *Karlstad University Studies*. 94 p.
- Klass, C.P., 2003. Tappi coating conference: A technology update. *Solutions!*, 86(9), 37-38.
- Klass, C., 2004. Tappi coating conference raises the curtain on coating-curtain coating was clearly in the spotlight at the TAPPI Coating and Graphic Arts Conference, held in Baltimore this past May. *Solutions-for People Processes and Paper*, 87(9), 42-45.
- Kugge, C. and Johnson, B., 2008. Improved barrier properties of double dispersion coated liner. *Progress in Organic Coatings*, 62(4), 430-435.
- Kumar, V., Koppolu, V.R., Bousfield, D. and Toivakka, M., 2017. Substrate role in coating of microfibrillated cellulose suspensions. *Cellulose*, 24(3), 1247-1260.
- Lavoine, N., Desloges, I., Khelifi, B. and Bras, J., 2014.

Effect of coating type and grammage of printing paper on water drop contact angle over time

R. Asadi Khansari^{1*}, M. Dehghani Firouzabadi² and H. Resalati³

1*-Corresponding author, Assistant Professor, Department of Wood and Paper Industries, Faculty of Mirza Kochak, Someh Sara Branch, Technical and Vocational University (TVU), Guilan, Iran, Email: rasadikhansari@gmail.com

2-Associate Professor, Faculty of wood and paper engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

3-Emeritus Professor, Natural Resources Faculty, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: Feb., 2020

Accepted: May, 2020

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the effect of various paper coatings on initial contact angle and its evolution over time. We investigated nine coatings on two types of (75 and 125 g/m²) printing papers. Seven coating compositions containing 80% clay, 20% ground calcium carbonate, dispersing agent and various levels of polyvinyl acetate and lactic acid as binders were used. In the last two coatings (No. 8 and 9), we used 100% precipitated calcium carbonate pigments, cationic starch, methacrylate, dispersant and two levels of cellulose nanofibers. In these suspensions, the amount of cellulose nanofibers in composition No. 8 was twice that of the composition 9. After coating using rod method, the papers were dried and then the coated and control samples were calendered. We then performed contact angle measurements using water droplet and also Kit No were performed. We noticed largest and smallest angle change over time for sample 6 containing 75% binder. The last two treatments (No. 8 and 9), contained cellulose nanofibers, which was due to presence of hydroxyl group on the surface and lowered the contact angle. The eighth suspension was the most hydrophilic sample. Best barrier property Kit No and largest droplet volume after 20 seconds was accompanied with the increase of the binder percentage in the formulation. For the control sample and three treatments with highest binders, the contact angle over time remains relatively constant this is a sign of hydrophobicity. The correlation between contact angle and volume of the water droplet was determined to be 0.951 and 0.936 in the 75g/m² and 125g/m² papers relatively. We did not notice a significant difference in contact angle and Kit No between 75g and 125g samples.

Keywords: Coating, grammage, contact angle, calcium carbonate, cellulose nanofibers.