

## تأثیر استفاده از سیستم‌های دو ترکیبی نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا و نانوسلولز- پلی‌اکریل‌آمید بر ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ شیمیایی پنبه

حسن داودیان<sup>۱</sup>، قاسم اسدپور<sup>۲\*</sup> و سید مجید ذبیح‌زاده<sup>۳</sup>

۱- کارشناسی ارشد، صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

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

پست الکترونیک: asadpur2002@yahoo.com

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

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۷

### چکیده

این تحقیق به مقایسه استفاده از سیستم‌های دو ترکیبی مواد افزودنی شامل استفاده از نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا و استفاده از نانوسلولز- پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی روی ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای حاصل از پنبه پرداخته‌است. برای این کار خمیر کاغذ شیمیایی الیاف پنبه رنگ‌بری شده با پروکسید با درجه‌روانی  $45^{\circ}SR$  تهیه و بعد مواد افزودنی فوق با شرایط مشخص (نشاسته کاتیونی ۱ و ۱/۵ درصد، نانوسیلیکا ۰/۳ و ۰/۷ درصد، نانوسلولز ۱، ۲ و ۳ درصد و پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی ۰/۳، ۰/۵ و ۰/۷ درصد) به آن اضافه شد و در پایان از آنها کاغذهای دست‌ساز ۷۰ گرمی ساخته‌شد. همین‌طور، کاغذها از نظر ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که ترکیب پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی و نانوسلولز تأثیر چندانی در افزایش بیشتر مقاومت‌های خمیر شیمیایی پنبه نداشته‌است. به‌طوری‌که دانسیته کاهش، مقاومت در برابر کشش کاهش و مقاومت در برابر پارگی افزایش داشته و تأثیر معنی‌داری در مقاومت به تاخوردن نداشته‌است. درحالی‌که استفاده از ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا، بیشتر ویژگی‌های مقاومتی و دانسیته خمیر کاغذ را به‌طور محسوسی افزایش داده‌است؛ بنابراین، با توجه به نتایج آزمون‌های مقاومتی و فیزیکی، می‌توان برای افزایش ویژگی‌های مقاومتی خمیر شیمیایی پنبه، استفاده از ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا را توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: سلولز، نشاسته کاتیونی، نانوسیلیکا، پنبه، پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی.

### مقدمه

رشد روزافزون مصرف مصنوعات کاغذی، ضرورت نیاز به محصولات جدید با خواص مقاومتی زیاد متناسب با پیشرفت‌های تکنولوژیکی، کاربردهای جدید محصولات کاغذی در مصارف غیر چاپ و تحریر از قبیل بسته‌بندی، صنایع دارویی و پزشکی، آرایشی و بهداشتی، نیاز به ارتقاء خواص محصولات مرتبط با بحث چاپ‌پذیری، کاهش منابع سلولزی چوبی و به‌طبع آن لزوم استفاده از محصولات

سلولزی بادوام و با کیفیت دارد و استفاده از مواد سلولزی ضعیف (ضایعات کشاورزی و الیاف بازیافتی) را به‌منظور جبران کمبود منابع سلولزی بکر، لزوم استفاده از شیوه‌ها و مواد تقویت‌کننده جدید مطرح می‌سازد (Latibari, 2011; Hamzeh & Rostampour, 2008).

پنبه به دلیل خالص بودن از لحاظ آلفاسلولز، مقاومت و طول بلند الیاف، بهترین گزینه برای تولید انواع کاغذهای بادوام و کاغذهای مخصوص مانند کاغذ تیشو، آلبوم، کاغذ

رسم، کاغذ چاپ و اوراق و اسناد بهادار است (Cerchi & tullio, 2006).

صنعت تولید این قبیل کاغذها که در آن پنبه به عنوان ماده اولیه استفاده می شود، چند سالی است که در کشور شروع به کار کرده است. افزایش قیمت ماده اولیه در سال های اخیر، این صنعت را به جایگزینی بخشی از پنبه مصرفی با الیاف خمیر شیمیایی تقویت شده با افزودنی های مقاومت خشک سوق داده است. از آنجایی که برای تولید این کاغذها، ویژگی های مقاومتی کاغذ حاصل دارای اهمیت است؛ بنابراین اگر در ترکیب پنبه با خمیرهای شیمیایی تیمار شده با افزودنی های مقاومت خشک، نتایج مقاومتی خوبی به دست آید، در قیمت تمام شده محصول بسیار صرفه جویی می شود. با استفاده از مواد افزودنی خشک می توان پیوندهای بین الیاف را به مقدار زیادی افزایش داد (Hamzeh & Rostampour, 2008). همچنین مواد افزودنی خشک از طریق افزایش مقاومت ها، امکان کاهش وزن پایه را میسر ساخته و سبب افزایش سرعت و بهبود کارایی ماشین کاغذ می شود (Hubbe, 2006). بیشتر پلیمرهای محلول در آب که توانایی تشکیل پیوندهای هیدروژنی را دارند، به عنوان افزودنی های مقاومت خشک عمل می کنند. نشاسته و مشتقات نشاسته از متداول ترین افزودنی های خشک هستند که امروزه در صنعت کاغذسازی به کار می روند. نشاسته با چندین سازوکار مختلف موجب افزایش مقاومت خشک ورقه کاغذ می شود. اولین سازوکار این است که نشاسته پیوند بین الیاف را زیاد می کند، زیرا گروه هیدروکسیل آزاد گلوکز آن در ایجاد پیوندهای هیدروژنی الیاف شرکت می کند و به طور معمول تعداد پیوندهای هیدروژنی را که در سطح بین لیفی اتفاق می افتد، افزایش می دهد. دومین سازوکار، بهبود شکل گیری کاغذ است. بهبود شکل گیری ورقه کاغذ موجب توزیع یکنواخت پیوند بین الیاف می شود و سومین سازوکار، بهبود دانسیته ورقه در اثر افزایش ماندگاری نرمة ها و آبگیری از ورقه کاغذ است (Hamzeh & Rostampour, 2008). تکنولوژی نانو به عنوان یکی از مهمترین دستاوردهای نوین بشری در

توسعه، بهبود کیفیت و کارایی در زمینه های مختلف مطرح می باشد. صنعت کاغذ نیز از این قاعده مستثنا نبوده، به طوری که کاربرد نانو در مواد در این صنعت به طور گسترده مشاهده می شود. در حال حاضر، استفاده از ذرات نانو برای بهبود کیفیت کاغذ و عملکرد بهتر فرایند به صورت یک ضرورت در آمده است. با استفاده از فناوری نانو علاوه بر بهبود فرایند کاغذسازی و کیفیت کاغذ، توانایی ارائه محصولات جدید نیز وجود دارد (Latibari, 2011). نانوذره سیلیکا، جزء اولین مواد نانو بوده است که در ترکیب با پلی کاتیون هایی مانند نشاسته کاتیونی مورد استفاده قرار گرفت. در حال حاضر نیز برای بهبود خواص مختلف به طور گسترده ای استفاده می شود (Wagberg & Winter, 1999). از اثرهای مثبت کاربرد آن در فرایند کاغذسازی، کمک به ماندگاری الیاف نرمة از طریق ایجاد لخته و همچنین افزایش نفوذپذیری است (Hamzeh & Rostampour, 2008). طی مطالعاتی که در این مورد در ایران انجام شده است، مشخص گردید که نانوذرات سیلیکای کلوئیدی باعث تولید کاغذ با شکل گیری مناسب شده و همچنین، ماندگاری مواد پرکننده معدنی را در کاغذ با حفظ مقاومت های آن افزایش می دهد (Asadpour *et al.*, 2008). در سایر کشورها نیز در این مورد تحقیقات زیادی انجام شده است، تحقیقات در کشور آمریکا نشان داده که استفاده از سیستم نانوذرات سیلیکای آنیونی\_نشاسته کاتیونی در انواع خمیر کاغذهای بکر موجب افزایش ماندگاری نرمة ها، بهبود آبگیری، افزایش مقاومت ها، بهبود شکل گیری ورقه الیاف، کاهش مصرف انرژی به ویژه در خشک کن ها (به دلیل خروج هرچه بیشتر آب در مرحله تشکیل ورقه کاغذ به علت بهبود آبگیری) و افزایش سرعت تولید و قابلیت استفاده از ماشین های با سرعت بالا می گردد. امروزه استفاده از ذرات نانو در پایانه تر کاغذسازی گسترش بسیاری یافته است (Hubbe, 2006). سلولز یکی از مهمترین پلیمرهای طبیعی است و به عنوان یک ماده خام پایان ناپذیر، ماده ای سازگار در مقیاس صنعتی است. نانو سلولز متشکل از فیبرهای سلولز با ابعاد نانو است که دارای ابعاد عرضی ۲۰ تا ۵۰ نانومتر و ابعاد طولی در محدوده گسترده ای از ده ها

استخلاف<sup>۱</sup> ۰/۰۱۶ تا ۰/۰۲۰ مول بر مول و با نام تجاری Excelcat 110 از کارخانه Siam Modified Starch Co, LTD کشور تایلند بوده است.

به منظور آماده‌سازی نشاسته کاتیونی برای استفاده در این تحقیق، ابتدا پودر خشک آن با آب مقطر به محلول یک درصدی تبدیل و بعد این محلول یک درصدی بر روی اجاق الکتریکی به مدت ۳۰ دقیقه به آرامی گرم شد تا به دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد برسد. پس از پخت کامل نشاسته، اجازه داده شد تا به تدریج و در دمای اتاق خنک گردد و بعد محلول آماده شده در طی همان روز برای آزمایش‌های مربوطه استفاده شد.

#### نانوسیلیکا

ذرات نانوسیلیکا به صورت سوسپانسیون بی‌رنگ و با غلظت ۱۵ درصد و ساخت شرکت EKA NOBEL و با نام تجاری NP 440 از کارخانه کاغذسازی Advance Agro کشور تایلند تهیه گردید. این محصول حاوی ذرات سیلیکاسل با بار آنیونی و سطح ویژه زیاد و با ابعاد حدود ۵ نانومتر است. برای استفاده از ذرات نانوسیلیکا در این تحقیق، محلول یک درصدی از آن تهیه و مصرف شد.

#### نانوسلولز

نانو فیبر سلولز مورد استفاده در این تحقیق از شرکت نانو نوین پلیمر خریداری شده است. این نانو فیبر سلولز با استفاده از روش سوپر آسیاب دیسکی تولید شده و قطر آن بین ۹۰-۱۰ نانومتر است.

#### پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی

ماده کمک‌نگهدارنده پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی با نام تجاری Farinret K325 تولیدی شرکت Degussa و مورد مصرف در کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران می‌باشد. در واقع تنها ماده کمک‌نگهدارنده مصرفی برای تولید کاغذ روزنامه،

نانومتر تا چند میکرون است. نانوسلولز دارای ظاهری بسیار چسبنک بوده و نواری ژل مانند و شفاف است. خواص نانو سلولز (مانند خواص مکانیکی، خواص لایه نازک، ویسکوزیته و غیره) آن را ماده‌ای جالب برای بسیاری از برنامه‌های کاربردی می‌سازد. طی تحقیقاتی که در کشور مکزیک انجام شد ثابت گردید که ترکیب تیمار آنزیمی و نانوفیبریل سلولز (NFC) می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین برای پالایش مکانیکی باشد (Gonzalez et al., 2013). همچنین، تحقیقات در کشور ایران نشان داده که افزودن ۵ درصد نانو ویسکوز سلولز به خمیر کاغذ سبب افزایش دانسیته و مقاومت به عبور هوا شده اما ماتی و درجه‌روشنی را کاهش می‌دهد (Pourchangiz, 2013). در صنایع کاغذ و مقوا از نانوسلولز به دلیل اثر تقویتی روی مواد کاغذ، بهره می‌برند. نانو سلولز در صنعت کاغذ و مقوا باعث افزایش استحکام پیوند فیبر- فیبر و تقویت کاغذ به‌عنوان افزودنی به منظور افزایش نگه‌داری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو در این تحقیق، تأثیر استفاده از افزودنی‌های مقاومت خشک مانند نانو سلولز- پلی‌اکریل‌آمید و نشاسته کاتیونی- نانو سیلیکا بر مقاومت‌های کاغذ حاصل از الیاف پنبه بررسی شد. هدف اصلی از انجام تحقیق، مشخص نمودن مواد افزاینده مقاومت خشک کاغذ حاصل از پنبه و حذف خمیرهای شیمیایی وارداتی بوده است.

#### مواد و روش‌ها

##### خمیر کاغذ رنگ‌بری شده پنبه

پنبه مورد استفاده در این تحقیق از ورامین تهیه و پس از پخت شیمیایی، با استفاده از پروکسید تحت رنگ‌بری قرار گرفته و پس از پالایش با درجه روانی SR ۴۵ مورد استفاده قرار گرفت.

##### نشاسته کاتیونی

نشاسته کاتیونی مورد استفاده در این تحقیق، نشاسته حاصل از گیاه تاپیوکا Tapioca و با درجه

چاپ و تحریر است. این پلی‌الکترولیت بر پایه پلیمرهای اکریلیک بوده و دارای وزن مولکولی زیاد و بار کاتیونی متوسط می‌باشد. برای این تحقیق، پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی به صورت محلول با غلظت ۰/۱ درصد تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. لازم است یادآوری شود با نگهداری محلول ۰/۱ درصدی این ماده در یخچال می‌توان تا مدت ۲۴ ساعت از این محلول استفاده نمود.

آماده‌سازی و تیمار خمیر کاغذها با مواد افزودنی

پس از تعیین درصد رطوبت خمیر کاغذهای تهیه شده، در درصد خشکی ۵ درصد تحت ۲۵۰۰۰ دور توسط دستگاه پراکنده‌ساز در آب پراکنده شده و بعد در درصد خشکی ۰/۳ درصد و به مدت ۱۵ دقیقه (مطابق با استاندارد ISO) با استفاده از درصدهای مختلف مخلوط نشاسته کاتیونی-نانوسیلیکا و نانوسولز- پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی تحت تیمار قرار گرفتند. درصدهای مختلف مواد مورد استفاده در این تحقیق به همراه کدهای مورد استفاده برای معرفی آنها در نمودارهای تحقیق و جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- عوامل و شرایط مورد استفاده برای تیمارهای مختلف آزمایش

| کد تیمار     | پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی (cPAM) | نانو (NC) | نانوسیلیکا (NSi) | نشاسته کاتیونی (cS) |           |
|--------------|-------------------------------|-----------|------------------|---------------------|-----------|
| Control      | -----                         | -----     | -----            | -----               |           |
| CS\NSi\۰/۳   | -----                         | -----     | ۰/۳              | ۱                   |           |
| CS\۵NSi\۰/۷  | -----                         | -----     | ۰/۵              | ۱/۵                 |           |
| NC\۱cPAM\۰/۳ | ۰/۳                           | ۱         | -----            | -----               | درصد مصرف |
| NC\۲cPAM\۰/۵ | ۰/۵                           | ۲         | -----            | -----               |           |
| NC\۳cPAM\۰/۷ | ۰/۷                           | ۳         | -----            | -----               |           |

### ساخت کاغذ دست‌ساز

به منظور ساخت کاغذ دست‌ساز با وزن پایه  $\pm 1 \text{ g/m}^2$  از دستورالعمل شماره ISO-5269/2 استفاده شد. سپس بر اساس آئین‌نامه‌های مربوطه استاندارد مذکور مورد ارزیابی فیزیکی (دانشیته بر اساس استاندارد ISO-534) و مقاومتی (شاخص مقاومت کششی بر اساس استاندارد ISO-1924-2) قرار گرفت و شاخص مقاومت در برابر تاخوردن مطابق با استاندارد ISO-7263 و مقاومت به پاره‌شدن بر اساس استاندارد ISO-1974 انجام شد.

### طرح آماری

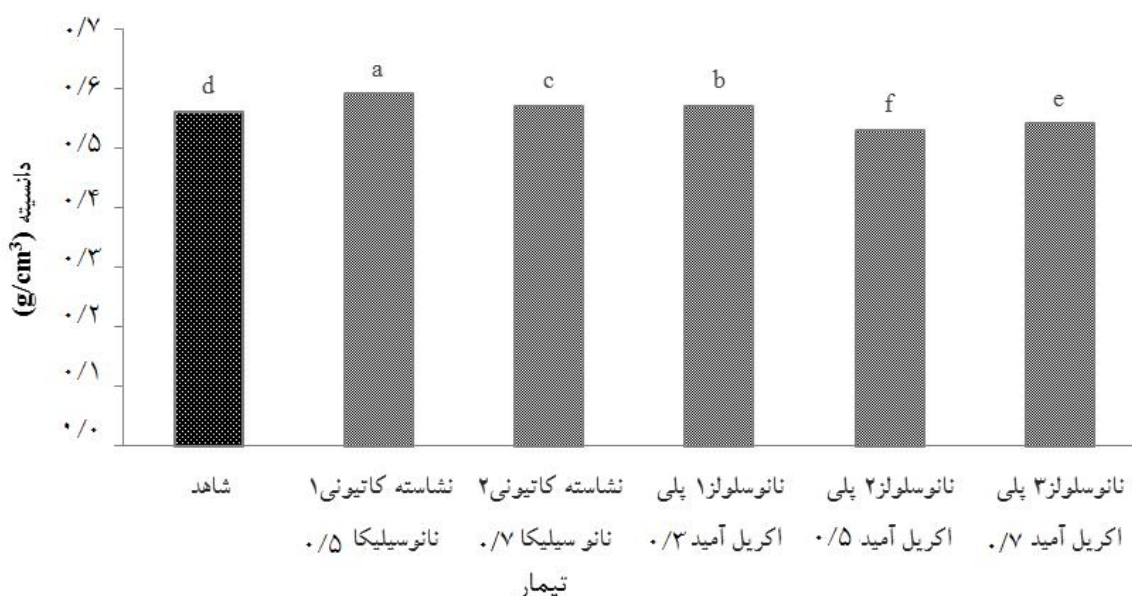
طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق از نوع کاملاً تصادفی بوده و نتایج حاصل از ارزیابی کلیه ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز تهیه شده از تیمارهای مختلف بر اساس آزمون تجزیه واریانس مورد تحلیل قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. برای کلیه آنالیزها از نرم‌افزار SPSS و نتایج حاصل از ویژگی خمیر کاغذهای به دست آمده به وسیله آزمون فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های

کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

## نتایج دانسیته

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین مقادیر دانسیته کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه

تیمارشده با مواد افزودنی مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۱). طبق آزمون دانکن تیمارها در شش گروه طبقه‌بندی شدند. البته بیشترین مقدار دانسیته مربوط به سطح تیمار با نشاسته کاتیونی ۱- نانوسیلیکا ۰/۵ درصد، (۰/۵۹) و کمترین مقدار برای کاغذ تیمارشده با نانوسولوز- پلی‌اکریل‌آمید ۰/۵ درصد، (۰/۵۷) می‌باشد.



شکل ۱- تغییرات دانسیته کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمارشده با مواد افزودنی مختلف

## مقاومت به تاخوردن

مطابق با شکل ۲ مشخص است که بین کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمارشده با نانوسولوز- پلی‌اکریل‌آمید و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است، درحالی‌که استفاده از نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا مقاومت به تاخوردن کاغذهای دست‌ساز حاصل را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است. طبق گروه‌بندی آزمون دانکن تیمارها در سه گروه طبقه‌بندی شدند. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس در شکل زیر نشان می‌دهد که بین مقادیر مقاومت به تاخوردن کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمارشده با مواد افزودنی مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به طوری‌که بیشترین

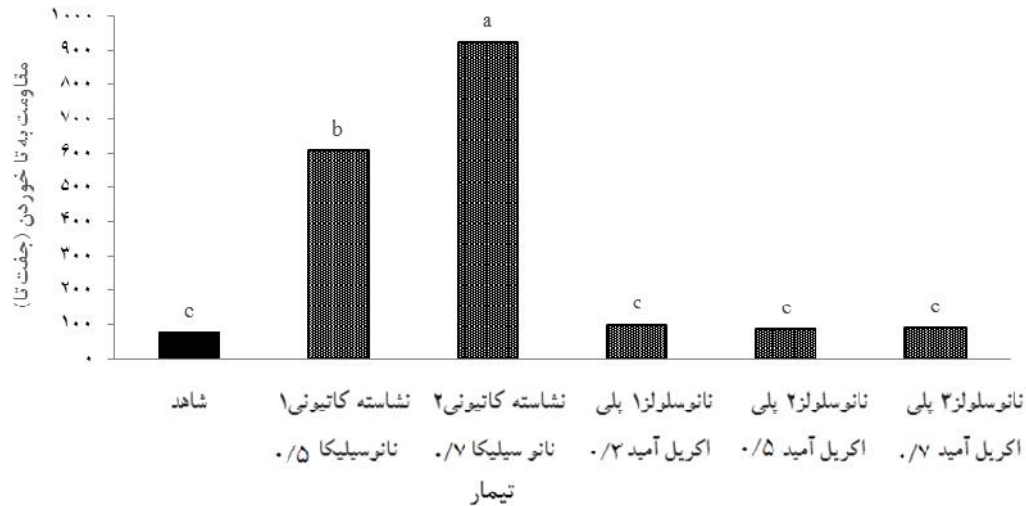
میزان شاخص مقاومت به تاخوردن مربوط به کاغذ تیمارشده با نشاسته کاتیونی ۱- نانوسیلیکا ۰/۷ درصد و کمترین آن مربوط به کاغذ شاهد می‌باشد.

## شاخص کششی

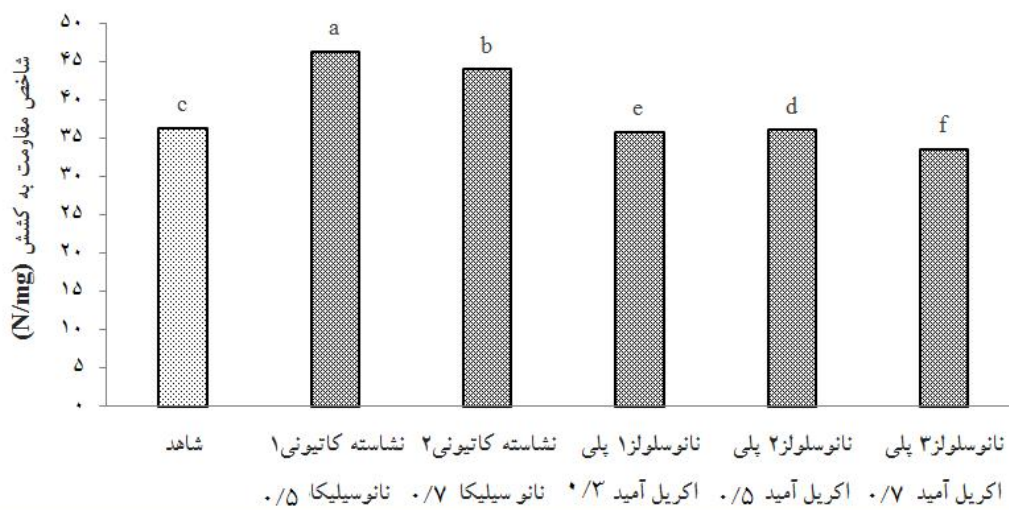
بر اساس شکل ۳، شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمارشده با نشاسته کاتیونی- نانوسیلیکا در مقایسه با نمونه شاهد افزایش داشته است. درحالی‌که میزان مقاومت کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمارشده با نانوسولوز- پلی‌اکریل-آمید در مقایسه با نمونه شاهد افزایش نداشته است. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان می‌دهد که بین مقادیر شاخص کششی کاغذهای دست‌ساز حاصل از

به کاغذ تیمار شده در سطح نشاسته کاتیونی ۱\_نانوسیلیکا ۰/۵ درصد و کمترین آن مربوط به کاغذ تیمار شده در سطح نانوسلولز ۳\_پلی اکریل آمید ۰/۷ درصد است.

خمیر کاغذ پنبه تیمار شده با مواد افزودنی مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. به نحوی که بیشترین شاخص مقاومت در برابر کشش مربوط



شکل ۲- تغییرات مقاومت به تا خوردن کاغذهای دست ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمار شده با مواد افزودنی مختلف



شکل ۳- تغییرات شاخص کششی کاغذهای دست ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمار شده با مواد افزودنی مختلف

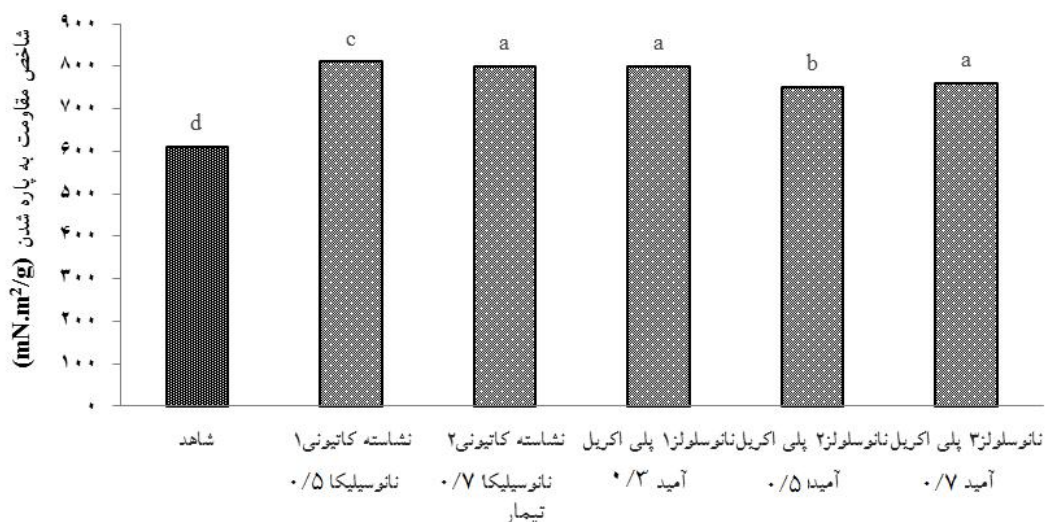
پیدا کرده است. طبق آزمون دانکن تیمارها در چهار گروه طبقه بندی شدند. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان می دهد که بین مقادیر شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست ساز حاصل از خمیر کاغذ شیمیایی پنبه

شاخص پارگی

مطابق با شکل ۴، شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای دست ساز حاصل از خمیر کاغذ شیمیایی پنبه تیمار شده با مواد افزودنی مورد استفاده در مقایسه با نمونه شاهد افزایش

برای کاغذهای تیمارشده در دو سطح نشاسته کاتیونی ۲\_ نانوسیلیکا ۰/۷ درصد و نانوسلولز ۱\_ پلی‌اکریل آمید ۰/۳ درصد بوده‌است.

تیمارشده با مواد افزودنی مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. البته کمترین میزان مقاومت به پارگی مربوط به کاغذ شاهد و بیشترین میزان آن



شکل ۴- تغییرات شاخص پارگی کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمارشده با مواد افزودنی مختلف

## بحث

### خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذ

دانشیته یکی از مهمترین خواص کاغذ است که تقریباً روی تمام خواص مکانیکی، فیزیکی و الکتریکی کاغذ تأثیر می‌گذارد (Yanqiao et al., 2007). به‌طور کلی، با افزایش آبدوستی، تورم و انعطاف‌پذیری الیاف که در اثر پالایش یا جذب پلی‌الکترولیت‌های آبدوست روی می‌دهد، دانشیته آن در گراماژ ثابت افزایش می‌یابد (Hubbe, 2006). همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، با تیمار الیاف پنبه با نشاسته کاتیونی-نانوسیلیکا، دانشیته آن افزایش یافت که علت اصلی آن جذب نشاسته و توسعه پیوندهای بین فیبری و نیز جایگزینی پیوندها با انرژی قوی‌تر همانند پیوندهای الکترواستاتیک با پیوندهای هیدروژنی است (Ashori, 2006; Liu et al., 2001). در نتیجه، کاغذ متراکم‌تر شده است؛ اما نانوسلولز توانسته مانند نشاسته پیوند بین فیبری الیاف را به دلیل داشتن بار سطحی منفی افزایش دهد. مقاومت به تاخوردگی یکی از پیچیده‌ترین خواص

عمومی کاغذ است. پیچیدگی آزمون مقاومت به تاخوردگی به این دلیل است که این آزمون، ترکیبی از مقاومت کششی، کشیدگی، انحنایذیری، مقاومت در برابر فشار و دیگر تنش‌های برشی و تغییر طول نسبی است (Yazdani aghamashhadi et al., 2015). همان‌گونه که در شکل مذکور ملاحظه می‌شود بین کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمارشده با نانوسلولز-پلی‌اکریل-آمید و نمونه‌های شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشده است؛ در حالی که استفاده از نشاسته کاتیونی-نانوسیلیکا مقاومت به تاخوردن کاغذهای دست‌ساز حاصل را در مقایسه با نمونه‌های شاهد افزایش داده‌است. با توجه به نتایج تحقیقات به‌عمل آمده، نانوسلولز به علت حضور گروه‌های یونی از قبیل کربوکسیلیک اسید که در نتیجه فرایندهای شیمیایی و یا حضور بعضی از پلی‌ساکاریدها مانند گلوکوروئوزایلان ایجاد می‌شود، یک ماده با بار سطحی منفی بوده و برای ماندگاری آن روی سطح الیاف از ماده کمک‌نگهدارنده استفاده می‌شود. در حالی که نشاسته کاتیونی

نانوسلولز پلی‌اکریل‌آمید روی ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی کاغذهای حاصل از پنبه پرداخته‌است. نتایج نشان داد با افزودن نانوسلولز پلی‌اکریل‌آمید به خمیر کاغذ پنبه، تأثیری بر روی مقاومت‌های خمیر کاغذ نداشته، در حالی که استفاده از نشاسته کاتیونی\_نانوسیلیکا، دانسیته کاغذهای حاصل را افزایش داده‌است و در مورد خواص مقاومتی مانند مقاومت به تاخوردن، مقاومت در برابر کشش و پارگی کاغذ افزایش محسوسی داشته‌است. از این رو می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که با افزودن نشاسته کاتیونی\_نانوسیلیکا در خمیر کاغذ پنبه، می‌توان دانسیته و مقاومت‌های کاغذ را افزایش داد.

#### منابع مورد استفاده

- Asadpour, Gh., Resalati, H., Deghani, M. and Ghasemian, A., 2012. The influence of cationic polymer type, cationic poly acryl amid and cationic starch, on performance of nano silica for newspaper pulp and paper improvement, *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 19 (3):77-94.
- Ashori, A. (2006). Pulp and paper from Kenaf bast fibers. *Fibers and Polymers*, 7(1):26-29.
- Cerchi, G. and Tullio, M., 2006. Cellulose tissue paper including cotton fibers. *European patent*, 676-956.
- Gonzalez, I., Vilaseca, F., Alcalá, M., Pelach, M. A., Boufi, S. and Mutje, P., 2013. Effect of the combination of biobeating and NFC on the physico-mechanical properties of paper, *Cellulose*. 20(3): 1425-1435.
- Ebrahimi, Z., Kermania, H., Ramazani, O. and Zabihzadeh, S.M., 2013. Comparative analysis of paper properties from rice straw with sodium and potassium based chemimechanical pulping processes. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28(3): 534-544.
- Hamzeh, Y. and Rostampurhathkani, A., 2008. *Principles of Papermaking Chemistry*. University of Tehran Press. 424p.
- Hubbe, M.A. 2005. Nanotechnology in the Wet. End. In: *Emerging Technologies in Wet-End Chemistry*. PIRA International Ltd.: 3-28.
- Latibari, A. J., Khosravani, A. and Nabavi, M. H., 2011. Fine particles and nano particles in papermaking. *Aiizh press*. 216p.
- Liu, X.A., Whiting, P., Pande, H., and Roy, D.N. (2001). The contribution of different fractions of fines to pulp drainage in mechanical pulps. *Journal*

دارای استخلاف‌های کاتیونی بوده و برای جذب روی الیاف به مواد کمک نگهدارنده نیاز ندارد. بنابراین به نظر می‌رسد نشاسته کاتیونی نانو سیلیکا در مقایسه با نانوسلولز پلی‌اکریل‌آمید به طور مؤثری در خمیر کاغذ نگه‌داشته‌شده و این امر سبب حصول نتیجه بهتری برای مقاومت به تاخوردن کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ شیمیایی پنبه تیمار شده با نشاسته کاتیونی نانو سیلیکا شده‌است.

مقاومت به کشش بیشترین تأثیر پذیری را از افزودن مواد خشک دارد؛ زیرا افزایش اتصالات فیبری در این ویژگی اهمیت بیشتری دارد (Ebrahimi, 2013). با توجه به شکل ۳ شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمار شده با نشاسته کاتیونی\_نانوسیلیکا در مقایسه با نمونه شاهد افزایش یافته‌است، در حالی که در میزان مقاومت کاغذهای دست‌ساز تیمار شده با نانوسلولز پلی‌اکریل‌آمید در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده نشد. بنابراین به نظر می‌رسد نشاسته کاتیونی\_نانوسیلیکا در مقایسه با نانوسلولز پلی‌اکریل‌آمید به طور مؤثری در خمیر کاغذ نگه‌داشته‌شده و این امر سبب حصول نتیجه بهتری برای شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیر کاغذ پنبه تیمار شده با نشاسته کاتیونی\_نانوسیلیکا شده‌است.

در مورد مقاومت به پاره‌شدن اولویت تأثیر گذاری با طول الیاف و مقاومت خود الیاف است؛ اما در صورتی که این دو عامل شرایط ثابتی داشته‌باشد، وضعیت پیوندهای بین لیفی بر افزایش این ویژگی تأثیر مثبتی دارد (Ebrahimi, 2012). با توجه به ثابت بودن طول و مقاومت الیاف پنبه، افزایش شاخص مقاومت به پارگی کاغذهای تیمار شده با نشاسته کاتیونی\_نانوسیلیکا و نانوسلولز پلی‌اکریل‌آمید نسبت به نمونه‌های شاهد را می‌توان به افزایش پیوندهای بین لیفی نسبت داد.

#### نتیجه‌گیری

این تحقیق به مقایسه استفاده از سیستم‌های دو ترکیبی مواد افزودنی شامل استفاده از نشاسته کاتیونی\_نانوسیلیکا و



- Yazdani aghmashhadi, O., Asadpour atoe, Gh., Rasooly garmaroody, E. and Imani, R., 2015. Application of nano silver in the production of antibacterial bank-note. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research. 31(1):166-179.
- Yunqiao, P., Dongcheng, Z. and Ragauskas, A.J., 2007. Developments in engineering fibers, Pira International Ltd, 80 p.
- of pulp and paper Science, 27(4): 139-143.
- Purchangiz, G., Afra, A., Resalati, H. and Mashkur, M., 2013. The effect of whisker nano cellulose on physical and optical paper properties. Proceeding International Conference on Natural Products, Islamic Azad University, Mashhad Branch.
- Wagberg, L., Winter, L., 1999. Application of wet end paper chemistry, Chapter1, papermaking Chemicals and their Functions, Springer, Netherland, 1-12 p..

## Effect of using dual composition of cationic starch-nano silica and nano cellulose-poly acrylamide on physical and strength properties of cotton papers

H. Davodian<sup>1</sup>, Gh. Asadpour<sup>\*2</sup> and S.M. Zabihzadeh<sup>3</sup>

1- M.Sc. Graduated, Department of Wood and Paper, Faculty of Natural Resources Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

2\*- Corresponding Author, Associate Professor, Department of Wood and Paper, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, Email:asadpur2002@yahoo.com

3- Associate Professor, Department of Wood and Paper, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Received: June, 2017

Accepted: Nov., 2017

### Abstract

In this study, the comparison on the application between two combination of additives: nano silica with cationic starch and nano cellulose with cationic poly acrylamide on the physical and strength properties of cotton based paper are provided. For this purpose, hydrogen peroxide bleached chemical cotton fibers pulp was made at 45°RS and then the additives with specified conditions (cationic starch 1 and 1.5%, nano silica 0.3 and 0.7%, nano cellulose 1, 2 and 3% and cationic poly acrylamide 0.3, 0.5 and 0.7%) were added to the pulp slurry and 70 grams handsheets were made. The paper was evaluated for physical and strength properties. The results indicated that the combination of cationic poly acrylamide and nano cellulose did not much effect on increase majority of cotton pulp strength. The handsheet density, and tensile strength were decreased and tear strength increased and no signification effect on tear strength was observed. The application of cationic and nano silica starch has significantly increased the strength and density properties of pulp handsheets. Therefore, considering the results of physical and mechanical tests, it is possible to use the combination of cationic starch and nano silica to increase the properties of cotton pulp.

**Keywords:** Cellulose, cationic starch, nano silica, cotton, cationic poly acrylamide.