مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد نوزدهم، شماره سوم، ۱۳۹۱
http://jwfst.gau.ac.ir

# تأثیر نوع عامل کاتیونی (پلی‌اکریل آمید و نشاسته کاتیونی) بر عملکرد نانوذرات سیلیکای کلوییدی در بهبود خواص خمیر و کاغذ روزنامه

**[*]قاسم اسدپور اتویی[۱]، حسین رسالتی[۲]، محمدرضا دهقانی[۳] و علی قاسمیان[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استاد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]استادیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۹/٤/۲۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۲۹

## چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر نوع عامل کاتیونی یعنی پلی‌اکریل آمید کاتیونی و یا نشاسته کاتیونی بر عملکرد نانوذرات سیلیکای کلوییدی در بهبود خواص خمیر و کاغذ روزنامه انجام پذیرفت. بعد از آماده‌سازی اولیه خمیرهای شیمیایی- مکانیکی (CMP) و خمیر الیاف بلند کرافت رنگ‌بری شده و اختلاط این خمیرها با یکدیگر و اضافه نمودن ماده پرکننده معدنی کربنات کلسیم رسوبی، به‌عنوان مواد کمک نگه‌دارنده، ترکیب نشاسته کاتیونی + نانوسیلیکای کلوییدی و همچنین ترکیب پلی‌اکریل آمید کاتیونی + نانوسیلیکای کلوییدی به مجموعه خمیر و مواد پرکننده اضافه گردید و ویژگی‌های مربوط به قابلیت آب‌گیری، مقدار ماندگاری نرمه‌های الیاف و مواد پرکننده در گذر نخست و ویژگی‌های ساختاری، مقاومتی و نوری کاغذ روزنامه اندازه‌گیری و مقادیر به‌دست آمده با مقادیر شاهد یعنی استفاده از ماده پلی‌اکریل آمید کاتیونی به‌عنوان ماده کمک نگه‌دارنده، مقایسه گردید. نتایج تجزیه و تحلیل نشان داد که نوع عامل کاتیونی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد نانوسیلیکا در بهبود خواص خمیر و کاغذ روزنامه داشته است. خمیر تیمار شده با ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا در مقایسه با ترکیب پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نانوسیلیکا دارای قابلیت آب‌گیری و مقدار ماندگاری نرمه‌های الیاف و مواد

[*] مسئول مکاتبه: asadpur2002@yahoo.com

پرکننده بهتر و بیش‌تری بوده و همچنین کاغذ ساخته شده با ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا در مقایسه با ترکیب پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نانوسیلیکا دارای کیفیت شکل‌گیری بهتر، تخلخل کم‌تر و بیش‌تر بودن مقاومت‌های مکانیکی کاغذ در مقادیر بالای مواد پرکننده بوده است.

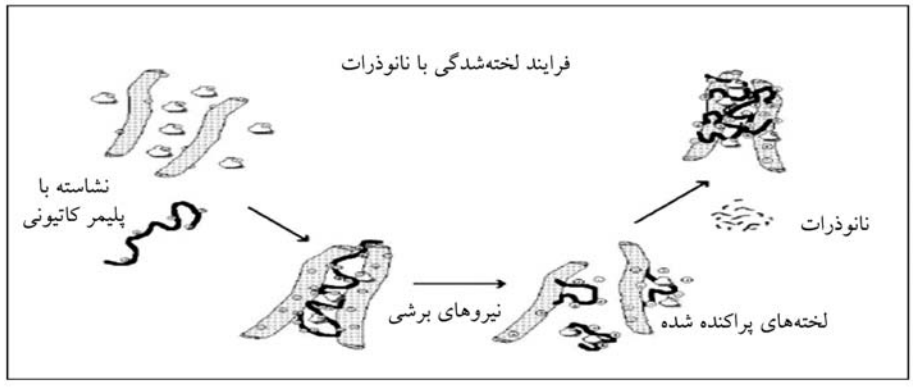
***واژه‌های کلیدی:*** پلیمرهای کاتیونی، نانوسیلیکا، کاغذ روزنامه، شکل‌گیری، ویژگی‌های مقاومتی

**مقدمه**

در صنعت کاغذسازی، سه ویژگی قابلیت آب‌گیری از خمیر، مقدار ماندگاری نرمه‌های الیاف و مواد پرکننده معدنی بر روی کاغذ و نیز کیفیت شکل‌گیری کاغذهای تولید شده، دارای اهمیت ویژه و حیاتی بوده که توجه به این سه موضوع باعث افزایش کمیت و کیفیت تولید کاغذ خواهد شد. عوامل مختلفی مانند طراحی ماشین کاغذ، متغیرهای تولید، ویژگی‌های خمیر، شیمی بخش تر ماشین کاغذ و استفاده از مواد کمک نگه‌دارنده، بر تعادل بین مقادیر ماندگاری و شکل‌گیری کاغذ و همچنین قابلیت آب‌گیری از خمیر تأثیر به‌سزایی داشته و تلاش متخصصان کاغذسازی بر این است تا با به‌کارگیری تکنولوژی مدرن و استفاده از مواد کمک نگه‌دارنده مناسب در بخش تر ماشین کاغذ، حداکثر ماندگاری را با حفظ شکل‌گیری کاغذ تأمین نموده و با افزایش قابلیت آب‌گیری از خمیر نسبت به افزایش سرعت ماشین کاغذ و افزایش مقدار تولید اقدام نمایند (اسودبرگ، ۲۰۰۷).

امروزه با توجه به کاربرد فناوری نانو در عرصه‌های مختلف صنعتی، استفاده از نانوذرات در صنعت کاغذسازی جایگاه ویژه‌ای یافته و روز به روز، نوآوری‌ها و کاربردهای مربوط به آن گسترش می‌یابد. یکی از مهم‌ترین نانوذرات مورد استفاده در کاغذسازی، نانوذرات سیلیکای کلوییدی بوده که با توجه به اندازه ابعاد و خواص ویژه سطحی آن به همراه پلیمرهای کاتیونی مانند نشاسته و یا پلی‌اکریل آمید کاتیونی، به‌عنوان ماده کمک نگه‌دارنده کاربرد فراوانی دارد.

سیستم‌های ماندگاری با استفاده از ذرات نانو براساس ترکیب پلیمرهای کاتیونی و ذرات نانوی آنیونی می‌باشد. در این سیستم، در ابتدای مرحله آماده‌سازی خمیر پلیمرهای کاتیونی اضافه شده که باعث ایجاد لخته‌های درشت می‌گردند، این لخته‌ها در نتیجه نیروهای برشی شکسته می‌شوند، در مرحله بعدی ذرات نانو در مجاورت هدباکس به خمیر اضافه شده و باعث ایجاد لخته‌های ریز و مقاوم در برابر نیروهای برشی می‌شوند (شکل ۱).




**شکل ۱- فرایند ایجاد لخته‌های ثانویه با نانوذرات (نیمو، ۱۹۹۹).**

شکل ۱ پدیده شیمیایی ایجاد شده در طی عمل لخته‌سازی با نانوذرات را نشان می‌دهد. در این فرایند از دو ترکیب استفاده می‌شود؛ ترکیب اول کاتیونی بوده و قابلیت دلمه‌سازی و یا لخته‌سازی داشته و می‌تواند بر روی ذرات، نقاط با بار مثبت ایجاد نماید. این ترکیب از طریق مکانیسم پل‌زنی ایجاد لخته می‌نماید. در اثر نیروهای برشی هیدرودینامیکی، این لخته‌ها شکسته شده و زنجیرهای مولکولی پلیمر به سطح ذرات نزدیک‌تر شده و دیگر قادر به ایجاد پل و اتصال ذرات نمی‌باشند. ترکیب ثانویه یک نانوذره با بار آنیونی بالامی‌باشد که قابلیت اتصال با بخش با بارمثبت ذرات را داشته و پیوند و لخته‌های جدید ایجاد می‌کند (نیمو، ۱۹۹۹).

در سال‌های اخیر با توجه به افزایش سرعت ماشین‌های کاغذ، مقدار تلاطم و نیروهای برشی در هدباکس و بخش ورق‌سازی افزایش یافته؛ بنابراین استفاده از ذرات نانو برای بهبود ماندگاری و آب‌گیری خمیر و شکل‌گیری کاغذ متداول گردیده است. ذرات نانو به‌دلیل تشکیل لخته‌های مقاوم به نیروهای برشی و توانایی ایجاد لخته مجدد در صورت پخش شدن لخته‌های اولیه، باعث نگهداری هرچه بیش‌تر مواد پرکننده در کاغذ با حفظ مقاومت‌های مکانیکی می‌شوند.

در خط تولید کاغذهای روزنامه، چاپ و تحریر چوب و کاغذ مازندران از مکانیزم لخته‌شدگی به‌وسیله پلیمر پلی‌اکریل آمید کاتیونی، برای افزایش ماندگاری نرمه‌های الیاف و مواد پرکننده استفاده می‌شود. با توجه به انجام طرح‌های توسعه‌ای در این کارخانه و افزایش سرعت تولید ماشین کاغذ و همچنین لزوم تولید کاغذ با شکل‌پذیری و کیفیت مناسب و با افزایش مقدار ماندگاری مواد پرکننده معدنی، توجه به شیمی تر ماشین کاغذ و به‌خصوص استفاده از مواد کمک نگه‌دارنده مناسب دارای اهمیت ویژه می‌باشد.

در این مقاله تأثیر نوع عامل کاتیونی‌کننده یعنی نشاسته کاتیونی و پلی‌آکریل آمید کاتیونی بر عملکرد نانوذرات سیلیکای کلوییدی در بهبود ویژگی‌های خمیر و کاغذ روزنامه تولید شده از خمیر شیمیایی- مکانیکی (CMP) مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. لازم به ذکر است که پژوهش‌های مختلفی در خصوص به‌کارگیری پلیمرهای کاتیونی و به همراه نانوذرات انجام شده است (آندرسون، ۱۹۸٤؛ بون، ۱۹۸۵؛ بروئر و همکاران، ۱۹۸۵؛ اکلاند و لیندستروم، ۱۹۹۱؛ اسمیت، ۱۹۹۱؛ کاره، ۱۹۹۳؛ سورین و همکاران، ۱۹۹۵؛ لیندستروم و هدبرگ، ۱۹۹٦؛ کراکولیچی، ۲۰۰٤؛ بوبو و روتار، ۲۰۰۵؛ هوب، ۲۰۰۵؛ اسودبرگ، ۲۰۰۷؛ خسروانی، ۲۰۰۹) ولی بررسی مقایسه‌ای بین عمکرد پلیمرهای کاتیونی‌کننده بسیار محدود بوده و منابع مربوط به این موضوع اندک می‌باشند. هدف مهم این پژوهش، بررسی مقایسه‌ای تأثیر نوع پلیمر کاتیونی‌کننده (نشاسته کاتیونی و پلی‌آکریل آمید کاتیونی) بر کارایی نانوذرات سیلیکای کلوییدی در بهبود خواص خمیر و کاغذ روزنامه می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

ترکیب الیاف مورد استفاده در این پژوهش برای بررسی و مطالعه ویژگی‌های خمیر و کاغذ روزنامه، مشابه ترکیب خمیر مورد استفاده در کاخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران، حاوی ۸۳ درصد خمیر شیمیایی- مکانیکی CMP تولید شده در چوب و کاغذ مازندران و ۱۷ درصد خمیر الیاف بلند کرافت رنگ‌بری شده وارداتی بوده است و ۲۰ درصد وزنی خمیر و کاغذ مورد مطالعه از ماده پرکننده کربنات کلسیم رسوبی استفاده شده است. نشاسته کاتیونی مورد استفاده، نشاسته کاتیونی تاپیوکا (Tapioca) و با درجه استخلاف ۰/۰۲۰-۰/۰۱٦ مول بر مول و با نام تجاری Excel Cat110 از کارخانه Siam Modified Starch Co, LTD کشور تایلند بوده است. این نشاسته دارای گروه کاتیونی آمین نوع چهارم بوده و تقریباً به‌ازای هر واحد ۱۰۰ واحد انیدروگلوکز، حدوداً دارای ۲ واحد کاتیونی آمین‌دار می‌باشد.

ماده کمک نگه‌دارنده پلی‌آکریل آمید کاتیونی با نام تجاری Farinret K325 تولید شرکت دگوسا و مورد مصرف در چوب و کاغذ مازندران می‌باشد. این پلی‌الکترولیت بر پایه پلیمرهای آکریلیک بوده و دارای جرم مولکولی بالا و بار کاتیونی متوسط می‌باشد.

نانوذرات سیلیکای کلوییدی به‌صورت محلول بی‌رنگ با غلظت ۱۵ درصدی و با نام تجاری NP440 ساخت شرکت Eka Nobel از کارخانه کاغذسازی Advance Agro کشور تایلند تهیه گردید. این محصول حاوی ذرات سیلیکاسل با بار آنیونی و با سطح ویژه بالا و با ابعاد حدود ۵ نانومتر می‌باشد.

برای تمامی آزمایش‌های مربوط به بررسی خمیر و نیز تهیه کاغذهای دست‌ساز روزنامه، به خمیر به‌دست آمده از اختلاط خمیر شیمیایی- مکانیکی CMP و نیز خمیر الیاف بلند سفید کرافت، به مقدار

۲۰ درصد وزنی خمیر، ماده پرکننده کربنات کلسیم رسوبی اضافه گردید. برای خنثی و کم‌تر نمودن اثرات منفی آشغال‌های آنیونی. به مقدار ثابت، سولفات آلومینیوم (آلوم) و به مقدار ۱/۵ درصد وزن مجموع خمیر و مواد پرکننده به مخلوط اضافه گردید.

از آن‌جا که برای اندازه‌گیری مقدار ماندگاری در گذر نخست از دستگاه تنگ آب‌گیری دینامیکی (Dynamic Drainage Jar) استفاده می‌گردید، اختلاط کامل مواد شیمیایی و خمیر توسط هم‌زن الکتریکی موجود در دستگاه انجام می‌پذیرفت. در آزمایش‌های به‌عمل آمده، مقدار دور هم‌زن دستگاه DDJ، ۸۰۰ دور در دقیقه بوده که مواد شیمیایی مورد مطالعه با توالی زمانی مشخص و تعریف شده به سوسپانسیون خمیر اضافه می‌شدند. انجام سایر آزمایش‌های مورد نیاز براساس استانداردهای زیر بوده است:

مقدار درجه روانی خمیر استاندارد Tappi T ۲۲۷om-۹۹، تهیه کاغذ دست‌ساز استاندارد Tappi T۲۰۵sp-۹۵، مقاومت به کشش استاندارد Tappi T٤٩٤om-٩٦، مقاومت به ترکیدگی استاندارد Tappi T٤٠٣om-٩٧، مقاومت به پارگی استاندارد Tappi T٤١٤om-٩٨، ضخامت کاغذ استاندارد Tappi T٤١١om-٩٧، ویژگی‌های نوری کاغذ شامل درجه روشنی، ماتی، ضریب جذب نور و ضریب پخش نور استانداردهای ISO ٢٤٦٩، ISO ٢٤٧٠ و ISO ٢٤٧١، مقاومت به عبور هوا توسط کاغذ باروش گرلی استاندارد ISO ٥٦٣٦-٥، صافی سطح کاغذ استاندارد Scan-p ٢١:٦٧ و مقدار خاکستر استاندارد شماره Tappi T٤١٣om-٩٣.

برای اندازه‌گیری شکل‌گیری ورقه‌های دست‌ساز از دستگاه اسکنر با بستر تخت مسطح (desk-top flat-bed image scanner) و مدل Epson GT-x900 استفاده شد. نمونه‌های ورقه دست‌ساز با دستگاه یاد شده، اسکن شده و در نتیجه عبور نور از ورقه‌ها، تصاویر به‌دست آمده به‌صورت سطوح خاکستری روشن یا سایه‌دار در کامپیوتر ثبت می‌شد. برای هر نمونه دو تصویر تهیه و مقدار متوسط انحراف معیار سطح خاکستری محاسبه شد. با تقسیم متوسط انحراف معیار سطح خاکستری هر نمونه ورقه دست‌ساز بر گراماژ آن، خارج قسمت باقی‌مانده به‌عنوان شاخص شکل‌گیری (Formation Index) نمونه و بر حسب مترمربع بر گرم تعیین گردید. هرچه مقدار شاخص شکل‌گیری بیش‌تر باشد به مفهوم نامناسب بودن کیفیت شکل‌گیری کاغذ می‌باشد (انوما و همکاران ۲۰۰٦).

**روش تحقیق:** بعد از آماده‌سازی اولیه خمیرهای شیمیایی- مکانیکی (CMP) و خمیر کرافت رنگ‌بری شده و اختلاط این خمیرها با یکدیگر و اضافه نمودن ماده پرکننده معدنی کربنات کلسیم رسوبی، تأثیر نوع عامل کاتیونی (پلی‌اکریل آمید و نشاسته کاتیونی) بر عملکرد نانوذرات سیلیکای کلوییدی در بهبود خواص خمیر و کاغذ روزنامه و مطابق جدول ۱، در ۹ تیمار جداگانه و به‌شرح زیر مورد بررسی قرار گرفت:

۱- تیمارهای شاهد یا استفاده از ماده کمک نگه‌دارنده پلی‌اکریل آمید کاتیونی و در سه سطح مصرف کم، متوسط و زیاد و با کدهای اختصاری $C_1$، $C_2$ و $C_3$.

۲- تیمارهای به‌دست آمده از مصرف مواد کمک نگه‌دارنده دو ترکیبی شامل پلی‌اکریل آمید کاتیونی به اضافه ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی و در سه سطح مصرف کم، متوسط و زیاد و با کدهای اختصاری $C_1N_1$، $C_2N_2$ و $C_3N_3$.

۳- تیمارهای به‌دست آمده از مصرف مواد کمک نگه‌دارنده دو ترکیبی شامل نشاسته کاتیونی به اضافه ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی و در سه سطح مصرف کم، متوسط و زیاد و با کدهای اختصاری $S_1N_1$، $S_2N_2$ و $S_3N_3$.

تعیین درصد انتخاب مقدار مصرف مواد کمک نگه‌دارنده براساس اطلاعات جمع‌آوری شده از منابع و مقالات مختلف و همچنین برگه‌های مشخصات فنی مواد و نیز استفاده از تجارب صنعتی و کاربردی بوده است و با توجه به تغییر ماهیت خمیر و شرایط تولید در کارخانه‌های مختلف، مقدار مصرف مواد می‌تواند متغیر باشد بنابراین مقدار مصرف مواد در سه سطح کم، متوسط و زیاد در نظر گرفته شده و اثرات آن مورد بررسی قرار گرفته است.

**جدول ۱- ترکیب تیمارهای مورد بررسی و نیز مقادیر مصرف مواد کمک نگه‌دارنده براساس درصد وزنی خمیر خشک.**

| شماره تیمار | کد تیمار | نشاسته کاتیونی (درصد) | پلی‌اکریل آمید کاتیونی (درصد) | نانوسیلیکا (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | $C_1$ | ۰ | ۰/۱ | ۰ |
| ۲ | $C_1N_1$ | ۰ | ۰/۱ | ۰/۱۵ |
| ۳ | $S_1N_1$ | ۰/۵ | ۰ | ۰/۱۵ |
| ٤ | $C_2$ | ۰ | ۰/۳ | ۰ |
| ٥ | $C_2N_2$ | ۰ | ۰/۳ | ۰/۳ |
| ٦ | $S_2N_2$ | ۱ | ۰ | ۰/۳ |
| ۷ | $C_3$ | ۰ | ۰/۵ | ۰ |
| ۸ | $C_3N_3$ | ۰ | ۰/۵ | ۰/۵ |
| ۹ | $S_3N_3$ | ۱/۵ | ۰ | ۰/۵ |

این پژوهش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۹ تیمار به‌دست آمده از سه ترکیب مختلف مواد کمک نگه‌دارنده و در سه سطح مصرف و با سه تکرار برای هر آزمون بوده و بررسی‌های آماری تجزیه واریانس و گروه‌بندی میانگین‌ها با روش دانکن و در سطح اعتماد ۹۵ درصد با نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت.

## نتایج و بحث

**نتایج بررسی تأثیر استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی بر قابلیت آب‌گیری و مقدار ماندگاری در گذر نخست خمیر کاغذ روزنامه:** عمل لخته‌سازی از طریق جمع‌آوری نرمه‌های الیاف و ترکیبات کلوئیدی بر روی سطوح الیاف و همچنین ایجاد فضای آزاد، باعث بهبود قابلیت آب‌گیری خمیر می‌شود. همچنین برخی از مواد کمک نگه‌دارنده باعث ایجاد لخته‌های حجیم و محکم شده که آب را در خود نگه داشته و قابلیت آب‌گیری خمیر را کاهش می‌دهند. ذرات نانوسیلیکا در تعامل با عوامل ایجاد وصله‌های کاتیونی بر روی سطوح ذرات، با ایجاد لخته‌های ریز و محکم و ایجاد فضاهای آزاد در خمیر باعث بهبود و افزایش قابلیت آب‌گیری از خمیر می‌شوند. از آن‌جا که قبل از مصرف ذرات نانوسیلیکا، از عامل کاتیونی‌کننده سطوح ذرات مانند پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نشاسته کاتیونی استفاده می‌شود، ماهیت و عملکرد این مواد می‌تواند نقش مهمی در کیفیت لخته‌های ایجاد شده داشته و باعث تغییر قابلیت آب‌گیری از خمیر و یا مقدار ماندگاری ذرات برروی توری ایجاد صفحه کاغذی شود. نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوییدی بر خواص خمیرکاغذ روزنامه و همچنین گروه‌بندی میانگین براساس آزمون آماری دانکن در جدول ۲ نشان داده شده است.

**جدول ۲- نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکا بر خواص خمیرکاغذ روزنامه و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون آماری دانکن*.**

| سطح مصرف مواد کمک نگه‌دارنده | کد تیمار | درجه روانی (میلی‌لیتر) | | مقدار ماندگاری (درصد) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی |
| | $C_1$ | ٤٦٥ | b | ٧٧/١ | b |
| کم | $C_1N_1$ | ٤٤٠ | a | ٧٣/٧ | a |
| | $S_1N_1$ | ٤٦٠ | b | ٧٦/٩ | b |
| | $C_2$ | ٥٣٠ | d | ٨٣/٧ | d |
| متوسط | $C_2N_2$ | ٥٠٠ | c | ٨١/٢ | c |
| | $S_2N_2$ | ٥٦٠ | e | ٨٤ | d |
| | $C_3$ | ٦٤٠ | fg | ٨٣/٨ | d |
| زیاد | $C_3N_3$ | ٥٧٠ | e | ٨١/٢ | c |
| | $S_3N_3$ | ٦٣٠ | f | ٨٠/٤ | c |

* حروف a تا g معرف گروه‌بندی دانکن و مقادیر از پایین به بالا می‌باشد.

با توجه به اطلاعات جدول ۲، مقدار درجه روانی خمیرکاغذ روزنامه که در واقع نشان‌دهنده قابلیت آب‌گیری از خمیر می‌باشد، پس از اضافه شدن ذرات نانوسیلیکا به خمیر تیمار شده با پلیمر پلی‌اکریل آمید کاتیونی (نمونه‌های شاهد) در تمامی سطوح مصرف مواد کمک نگه‌دارنده (کم، متوسط و زیاد) حدود ۱۰-۵ درصد کاهش یافته است، ولی خمیرهای تیمار شده با نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا (تیمارهای با کد SN) دارای درجه روانی مشابه تیمارهای شاهد (تیمارهای با کد C) بوده و تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها دیده نمی‌شود. لازم به ذکر است هرچه عوامل کاتیونی‌کننده مؤثرتر بوده و بتوانند وصله‌های مثبت بهتر و بیش‌تر بر روی سطوح ذرات به‌وجود بیاورند، عملکرد ذرات نانوسیلیکا افزایش یافته و در نتیجه ایجاد لخته‌های ریز و متراکم و ایجاد فضای آزاد بین این لخته‌ها، قابلیت آب‌گیری بهبود می‌یابد. بر طبق نظریه آکلاند و لیندستروم (۱۹۹۱)، نشاسته کاتیونی در مجاورت ذرات نانوسیلیکای کلوییدی، ترکیبات و لخته‌های آب‌گیری‌کننده به‌وجود خواهد آورد که این ترکیبات، کم‌تر حالت چسبندگی داشته و باعث تسهیل در خروج آب از توری آب‌گیری ماشین کاغذ می‌شوند.

نکته قابل ذکر در خصوص مقادیر ماندگاری در هنگام استفاده از نانوسیلیکا این است که در سیستم‌های دو ترکیبی پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نانوسیلیکا و نیز نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا، با افزایش مقادیر مصرف مواد، مقدار ماندگاری تغییرنیافته و حتی برای ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا به مقدار جزیی کاهش نشان می‌دهد. در مجموع مقدار ماندگاری در سیستم دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا بیش‌تر از سیستم دوترکیبی پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نانوسیلیکا بوده که نشان‌دهنده تفاوت ماهیت لخته‌های تشکیل شده در این دو سیستم می‌باشد.

**نتایج بررسی تأثیر استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی بر خواص ساختاری کاغذ روزنامه:**

در این بخش، تأثیر استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی بر خواص ساختاری کاغذ روزنامه شامل حجم ویژه، شاخص شکل‌گیری، مقاومت به عبور هوا (تخلخل) و مقدار خاکستر (مواد معدنی) بررسی شده است. نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوییدی بر خواص ساختاری کاغذ روزنامه و همچنین گروه‌بندی میانگین براساس آزمون آماری دانکن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکا بر خواص ساختاری کاغذ روزنامه و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون آماری دانکن*.

| سطح مصرف مواد کمک نگهدارنده | کد تیمار | گراماژ (گرم بر مترمربع) | | ضخامت (میکرومتر) | | حجم ویژه (سانتی مترمکعب بر گرم) | | شاخص شکل‌گیری (مترمربع بر گرم) | | مقاومت به عبور هوا (گرلی) (sec) | | مقدار خاکستر (درصد) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی |
| | $C_1$ | ۵۸ | b | ۱۰۸ | ab | ۱/۹ | abc | ۶/۷ | a | ۳/۲ | h | ۱۵ | b |
| کم | $C_1N_1$ | ۵۴ | a | ۱۰۰ | a | ۱/۸ | a | ۸/۱ | ab | ۱/۸ | c | ۱۰/۲ | a |
| | $S_1N_1$ | ۶۰/۵ | c | ۱۱۲ | abc | ۱/۸ | a | ۷/۳ | a | ۳ | g | ۱۵/۶ | bc |
| | $C_1$ | ۶۱ | c | ۱۱۵ | abc | ۱/۹ | abc | ۷/۴ | a | ۳/۳ | h | ۱۵/۸ | bcd |
| متوسط | $C_1N_1$ | ۶۳ | d | ۱۲۹ | cd | ۲ | abc | ۹/۲ | bc | ۲ | de | ۱۷/۹ | efg |
| | $S_1N_1$ | ۶۴/۷ | de | ۱۲۰ | bcd | ۱/۸ | a | ۹/۱ | bc | ۲/۱ | ef | ۱۷/۲ | defg |
| | $C_2$ | ۶۰ | c | ۱۲۵ | bcd | ۲/۱ | bc | ۱۴/۶ | f | ۱/۵ | b | ۱۸/۶ | g |
| زیاد | $C_1N_2$ | ۶۵ | e | ۱۳۶ | d | ۲/۱ | bc | ۱۲/۵ | e | ۱/۸ | c | ۱۷/۲ | defg |
| | $S_1N_2$ | ۶۸/۳ | f | ۱۳۴ | d | ۱/۹ | abc | ۱۰/۷ | cd | ۲/۲ | f | ۱۶/۴ | bce |

*حروف a تا h معرف گروه‌بندی دانکن و مقادیر از پایین به بالا می‌باشد.

**حجم ویژه کاغذ روزنامه:** حجم ویژه یا بالک نشان‌دهنده حجمی است که توسط یک گرم کاغذ اشغال شده است. حجم ویژه برای کاغذهای سطح برجسته و کاغذهای جاذب یک ویژگی مهم محسوب می‌شود. دو عامل گراماژ و ضخامت کاغذ تعیین‌کننده حجم ویژه هر کاغذ می‌باشند. در این پژوهش، استاندارد گراماژ برای ورقه‌های دست‌ساخت، ۶۰ گرم بر مترمربع در نظر گرفته شد که با توجه به وجود خطای آزمایشگاهی در اندازه‌گیری دقیق درصد خشکی خمیر مورد استفاده برای ساخت ورقه و همچنین متفاوت بودن مقدار ماندگاری بر روی توری دستگاه ساخت ورقه‌ها، گراماژ ورقه‌های دست‌ساز تیمارهای مختلف نسبت به مقدار گراماژ استاندارد دارای انحرافات مثبت و یا منفی بوده است که در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به تفاوت گراماژ ورقه‌های دست‌ساز تیمارهای مختلف، در تمامی آزمایش‌های مربوط به تعیین ویژگی‌های کاغذ، عامل گراماژ دخالت داده شده تا اثرات تفاوت گراماژ ورقه‌های دست‌ساز بر ویژگی‌های کاغذ تعدیل و یکنواخت گردد. ضخامت ورقه‌های دست‌ساز نیز متأثر از گراماژ و مقدار مواد افزودنی موجود در ورقه بوده که با توجه به تفاوت در مقادیر گراماژ تیمارهای مختلف، این ویژگی نیز برای تیمارهای مختلف متفاوت و دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. برای تعیین حجم ویژه، مقدار ضخامت کاغذ بر حسب میکرون بر مقدار گراماژ بر حسب گرم بر مترمربع تقسیم می‌شود و در نتیجه تأثیر تفاوت گراماژ تعدیل شده و می‌توان این ویژگی یعنی حجم ویژه را برای تیمارهای مختلف مورد مقایسه آماری قرار داد. با توجه به اطلاعات جدول ۳ تقریباً در تمامی سطوح مصرف مواد کمک نگه‌دارنده، مصرف ذرات نانوسیلیکا و سیستم‌های مربوط به آن در مقایسه با تیمار شاهد تأثیری در مقدار حجم ویژه ورقه‌های دست‌ساز نداشته است و هیچ ارتباط منطقی بین مصرف نانوسیلیکا و تغییر حجم ویژه کاغذ مشاهده نمی‌شود.

**شاخص شکل‌گیری کاغذ روزنامه:** با توجه به روش اندازه‌گیری شکل‌گیری کاغذ در این پژوهش، شاخص شکل‌گیری بر حسب مترمربع بر گرم نشان‌دهنده خارج قسمت تقسیم متوسط انحراف معیار سطح خاکستری هر نمونه کاغذ بر گراماژ آن می‌باشد و هرچه شاخص شکل‌گیری کم‌تر باشد، به مفهوم مناسب‌تر بودن کیفیت شکل‌گیری و پراکنش مناسب الیاف و مواد پرکننده در سطح کاغذ می‌باشد. با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود در مقادیر مصرف کم و متوسط مواد کمک نگه‌دارنده در سیستم‌های دو ترکیبی نانوسیلیکا، بهبود قابل‌ملاحظه‌ای در کیفیت شکل‌گیری کاغذ در مقایسه با تیمار پلی‌اکریل آمید کاتیونی مشاهده نمی‌شود ولی در مقدار مصرف زیاد نانوسیلیکا در مقایسه با مصرف

زیاد تیمار شاهد، شاخص شکل‌گیری کاهش معنی‌داری نشان می‌دهد و مفهوم کاهش شاخص شکل‌گیری این است که ذرات نانوسیلیکا قادرند در مقادیر مصرف بیش‌تر و به‌خصوص در سیستم دو ترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا، کیفیت شکل‌گیری کاغذ را بهبود ببخشند و این موضوع بسیار دارای اهمیت است که با حفظ و افزایش مقدار ماندگاری، کیفیت شکل‌گیری کاغذ نیز مناسب باشد و این برتری خاص سیستم نانوسیلیکا می‌باشد. در مجموع شاخص شکل‌گیری کاغذهای دست‌ساز در ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا کم‌تر از ترکیب پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نانوسیلیکا بوده و شکل‌گیری کاغذ مناسب‌تر و بهتر بوده است. علت بهتر بودن کیفیت شکل‌گیری کاغذ در سیستم نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا را می‌توان به ماهیت پلیمر نشاسته کاتیونی و نوع و اندازه لخته‌های ایجاد شده با نانوسیلیکا مرتبط دانست که در مقایسه با پلی‌اکریل آمید کاتیونی لخته‌های ریزتر و مقاوم‌تری به‌وجود می‌آورد (هوب، ۲۰۰۵). البته به‌نظر می‌رسد بهتر است در خصوص تفاوت کیفیت و کمیت لخته‌های ایجاد شده توسط عوامل کاتیونی‌کننده (نشاسته و پلی‌اکریل آمید کاتیونی) با نانوسیلیکا پژوهش جداگانه و مستقلی انجام پذیرد.

**مقاومت به عبور هوا (تخلخل) کاغذ روزنامه:** ویژگی مقاومت به عبور هوا توسط کاغذ نشان‌دهنده مقدار تخلخل آن می‌باشد که با روش‌های مختلف قابل اندازه‌گیری می‌باشد. در این پژوهش از روش گرلی و با واحد اندازه‌گیری ثانیه استفاده شد. مقدار گرلی در واقع بیان‌کننده ویژگی مقاومت به عبور هوای کاغذ بوده و هرچه مقدار آن بیش‌تر باشد نشان‌دهنده تخلخل کم‌تر در کاغذ می‌باشد.

مقاومت به عبور هوا غیرمستقیم نشان‌دهنده ساختمان داخلی ساختار کاغذ بوده که تحت‌تأثیر کیفیت شکل‌گیری کاغذ و چگونگی توزیع الیاف، نرمه‌های الیاف و مواد پرکننده قرار می‌گیرد و به نوعی عملکرد مواد کمک نگه‌دارنده در ایجاد لخته‌ها و چگونگی پراکنش آنان را نشان می‌دهد. عموماً با بهبود کیفیت شکل‌گیری کاغذ، مقدار مقاومت به عبور هوا افزایش یافته و تخلخل کاغذ کاهش می‌یابد. با توجه به جدول ۳، ملاحظه می‌شود که الگوی تغییرات مقاومت به عبور هوا (تخلخل) کاغذ مشابه تغییرات شاخص شکل‌گیری می‌باشد. مشابه ویژگی شکل‌گیری، در مقادیر مصرف زیاد مواد کمک نگه‌دارنده، سیستم دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا بهترین عملکرد را در بهبود ویژگی مقاومت به عبور هوا داشته است. نکته قابل ذکر دیگر در جدول ۳ این است که در مقادیر مصرف کم و متوسط پلیمر پلی‌اکریل آمید کاتیونی، کاغذهای ساخته شده دارای مقاومت به عبور هوای بیش‌تر (تخلخل کم‌تر) بوده ولی با افزایش مصرف پلیمر، مقدار آن کاهش یافته (نصف) و بافت کاغذ متخلخل‌تر شده است.

**مقدار خاکستر موجود در کاغذ روزنامه:** مقدار خاکستر موجود در کاغذ تابعی از مقدار ماندگاری در گذر نخست بوده و یک رابطه خطی مستقیم بین این دو ویژگی وجود دارد و دارای الگوی تغییرات مشابه می‌باشند.

**نتایج بررسی تأثیر استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی بر خواص مقاومتی کاغذ روزنامه:** در این بخش، تأثیر استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی بر خواص مقاومتی کاغذ روزنامه شامل طول شکست (مقاومت کششی)، شاخص مقاومت به ترکیدگی و شاخص مقاومت به پارگی بررسی شده است. نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوییدی بر خواص مقاومتی کاغذ روزنامه و همچنین گروه‌بندی میانگین براساس آزمون آماری دانکن در جدول ٤ نشان داده شده است.

**جدول ٤- نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکا بر خواص مقاومتی کاغذ روزنامه و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون آماری دانکن*.**

| سطح مصرف مواد کمک نگه‌دارنده | کد تیمار | طول شکست (کیلومتر) | | شاخص مقاومت به ترکیدگی (کیلوپاسکال مترمربع بر گرم) | | شاخص مقاومت به پارگی (میلی‌نیوتن مترمربع بر گرم) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی |
| | $C_1$ | ۲/۵ | ef | ۱/۱ | abc | ٤/٥ | d |
| کم | $C_1N_1$ | ۲/٦ | f | ۱/۳ | c | ۳/۹ | a |
| | $S_1N_1$ | ۲/٤ | ef | ۱/۲ | bc | ٤/٦ | d |
| | $C_2$ | ۲/۲ | cd | ۱/۲ | bc | ٤/۲ | c |
| متوسط | $C_2N_2$ | ۲/۱ | bc | ۱ | ab | ٤/۲ | c |
| | $S_2N_2$ | ۲/۳ | cd | ۱/۱ | abc | ٤/٤ | d |
| | $C_3$ | ۱/۷ | a | ۰/۹ | a | ۳/۹ | a |
| زیاد | $C_3N_3$ | ۱/۸ | a | ۰/۹ | a | ٤/۱ | bc |
| | $S_3N_3$ | ۲/۱ | bc | ۱/۱ | abc | ٤/٤ | d |

* حروف a تا f معرف گروه‌بندی دانکن و مقادیر از پایین به بالا می‌باشد.

**طول شکست (مقاومت کششی) و درصد افزایش طول در هنگام پارگی کاغذ روزنامه:** با توجه به جدول ٤ مشاهده می‌شود با افزایش مصرف مواد کمک نگه‌دارنده و در نتیجه افزایش مقدار مواد معدنی و نیز نامناسب‌تر شدن کیفیت شکل‌گیری کاغذ، مقاومت کششی (طول شکست) کاهش می‌یابد و

کم‌ترین مقدار کاهش مقاومت کششی مربوط به سیستم دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا بوده است، یعنی در مقایسه با تیمار شاهد، در سیستم دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا، بر خلاف افزایش مقدار ماده پرکننده، مقاومت کششی کاغذ وضعیت مناسبی داشته و کاهش قابل‌ملاحظه در آن مشاهده نمی‌شود. در خصوص علت این ویژگی مثبت سیستم دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا، علاوه‌بر مناسب‌تر بودن کیفیت شکل‌گیری کاغذ به‌دلیل ماهیت لخته‌های ایجاد شده در این سیستم، عامل دیگر را بر طبق نظریه آکلاند و لیندستروم (۱۹۹۱)، می‌توان به عملکرد نشاسته کاتیونی در بهبود خواص کاغذ و به‌خصوص در ترکیب با ذرات نانوسیلیکای کلوییدی مرتبط دانست، که همانند تأثیر پالایش بر روی الیاف بوده با این تفاوت که تأثیر منفی در عمل آب‌گیری در توری و پرس آب‌گیری ماشین کاغذ ندارد.

**شاخص مقاومت به ترکیدگی کاغذ روزنامه:** با توجه به جدول ٤ مشاهده می‌شود در تمامی سطوح مصرف مواد کمک نگه‌دارنده، مقادیر مقاومت به ترکیدگی تیمارهای مختلف تقریباً یکسان بوده و فقط موضوع دارای اهمیت، نبود تغییر معنی‌دار شاخص مقاومت به ترکیدگی در مقادیر مصرف زیاد مواد کمک نگه‌دارنده سیستم دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا در مقایسه با تیمار شاهد بوده است.

**شاخص مقاومت به پارگی کاغذ روزنامه:** با توجه به جدول ٤، مشاهده می‌شود که در مقایسه با تیمارهای شاهد، سیستم‌های دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا و همچنین سیستم سه‌ترکیبی نشاسته کاتیونی، پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نانوسیلیکا و به‌خصوص در سطوح مصرف متوسط و زیاد مواد کمک نگه‌دارنده، دارای شاخص مقاومت به پارگی بهتری هستند. همان‌گونه که در بخش مربوط به مقاومت کششی ذکر شد، اثر نشاسته کاتیونی و به‌خصوص به همراه ذرات نانوسیلیکا بر روی الیاف همانند تأثیر عمل پالایش می‌باشد با این تفاوت که الیاف، سالم باقی‌مانده و در نتیجه علاوه‌بر حفظ مقاومت کششی، مقاومت به پارگی نیز بهبود می‌یابد و این موضوع یکی دیگر از برتری‌های سیستم نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا در بهبود خواص مقاومتی کاغذ روزنامه می‌باشد.

**نتایج بررسی تأثیر استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی بر خواص نوری کاغذ روزنامه:** در این بخش، تأثیر استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوئیدی بر خواص نوری کاغذ روزنامه شامل درجه روشنی، درجه ماتی، ضریب جذب نور و ضریب پخش نور بررسی شده است. نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکای کلوییدی بر خواص نوری کاغذ و همچنین گروه‌بندی میانگین براساس آزمون آماری دانکن در جدول ٥ نشان داده شده است.

جدول ۵- نتایج استفاده از ذرات نانوسیلیکا بر خواص نوری کاغذ روزنامه و گروه‌بندی میانگین‌ها با آزمون آماری دانکن*.

| سطح مصرف مواد کمک نگه‌دارنده | کد تیمار | درجه روشنی (درصد) | | درجه ماتی (درصد) | | ضریب جذب نور (مترمربع بر کیلوگرم) | | ضریب پخش نور (مترمربع بر کیلوگرم) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی | میانگین | گروه‌بندی |
| | $C_1$ | ۵۳/۲ | b | ۹۵ | bc | ٤/۷ | e | ۵۰/۳ | fg |
| کم | $C_1N_1$ | ۵۰/۹ | a | ۹۱/٦ | a | ٤/۳ | bc | ٤۱/۵ | a |
| | $S_1N_1$ | ۵۲/۹ | b | ۹٤/۹ | b | ٤/۵ | d | ٤۸/۷ | de |
| | $C_1$ | ۵۳/۲ | b | ۹۵/۸ | bcd | ٤/۸ | e | ٤۹/۷ | efg |
| متوسط | $C_1N_2$ | ۵۳/۵ | b | ۹۷/۵ | d | ٤/٤ | cd | ٤۸/٦ | cde |
| | $S_1N_2$ | ۵۳/۱ | b | ۹٦/۳ | bcd | ٤/۷ | e | ۵۰/۵ | g |
| | $C_2$ | ۵۳/۹ | b | ۹٦ | bcd | ٤/۷ | e | ۵۲/۲ | h |
| زیاد | $C_2N_2$ | ۵۲/۵ | ab | ۹٦/٤ | bcd | ٤/۸ | e | ٤۸/۹ | def |
| | $S_2N_2$ | ۵۲/۷ | b | ۹٦/۸ | cd | ٤/۷ | e | ٤۷/۸ | cd |

*حروف a تا h معرف گروه‌بندی دانکن و مقادیر از پایین به بالا می‌باشد.

**درجه روشنی و درجه ماتی:** درجه روشنی و ماتی کاغذ تابع ویژگی‌های نوری خمیرهای سازنده کاغذ و مقدار و نحوه پراکنش مواد پرکننده در کاغذ می‌باشد. باتوجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود، درجه روشنی و ماتی تیمارهای مختلف تفاوت زیادی نداشته و تغییرات موجود در نتیجه تفاوت مقدار مواد پرکننده در کاغذ بوده است. برای مثال تیمار با کد $C_1N_1$ به‌دلیل دارا بودن کم‌ترین مقدار ماندگاری و درصد مواد پرکننده موجود در کاغذ، دارای کم‌ترین درجه روشنی و ماتی در مقایسه با سایر تیمارها بوده است. در مجموع تیمارهای حاوی ذرات نانوسیلیکا و به‌خصوص تیمار دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را از نظر درجه روشنی و ماتی با تیمار شاهد نشان نمی‌دهند.

**ضرایب جذب و پخش نور:** ضریب جذب نور کاغذ بستگی به ترکیب شیمیایی خمیر و به‌خصوص ترکیبات رنگی مانند لیگنین، رنگ‌ها و... دارد و مواد پرکننده نیز با توجه به ضرایب جذب نور مخصوص به خود نیز بر ضریب جذب نور کاغذ تأثیر می‌گذارند. عموماً ضریب جذب نور کم‌تر تحت‌تأثیر عوامل مکانیکی مانند پالایش و پرس قرار می‌گیرد. با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که در تمامی سطوح مصرف مواد کمک نگه‌دارنده و به‌خصوص در مقادیر مصرف زیاد، تفاوت معنی‌داری بین ضرایب جذب نور ورقه‌های دست‌ساز تیمارها مشاهده نمی‌شود.

ضریب پخش نور بستگی به مقدار سطح پیوند الیاف، مقدار نرمه‌های الیاف و مواد پرکننده و نیز مقدار الیاف در واحد وزن دارد. هرچه پیوند بین الیاف بیش‌تر گردد به‌دلیل کاهش نسبی سطح الیاف، مقدار ضریب پخش نور نیز کاهش خواهد یافت. افزایش مقدار مواد پرکننده در کاغذ باعث افزایش ضریب پخش نور خواهد شد. در خصوص مواد کمک نگه‌دارنده، استفاده از نشاسته کاتیونی به‌دلیل افزایش پیوند بین الیاف و کاهش نسبی سطح، باعث کاهش نسبی ضریب پخش نور می‌شود.

با توجه به جدول ۵ مشاهده می‌شود که به‌استثنای کاغذهای تیمار با کد $C_1N_1$ که کاهش مقدار ضریب پخش نور آن به‌دلیل کم‌تر بودن مقدار مواد پرکننده موجود در کاغذ می‌باشد، برای سایر تیمارها، کم‌ترین ضریب پخش نور مربوط به تیمار دوترکیبی نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا و در مقادیر مصرف زیاد می‌باشد. مصرف زیاد نشاسته کاتیونی باعث افزایش پیوندهای بین الیاف و در نتیجه کاهش نسبی سطح الیاف شده که این موضوع سبب کاهش ضریب پخش نور خواهد شد. تأثیر کاهش جزیی در مقدار ضریب پخش نور بر مقادیر درجه روشنی و ماتی کاغذ قابل‌ملاحظه نمی‌باشد.

## نتیجه‌گیری

با توجه به مجموع نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مشخص شده که نوع عامل کاتیونی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در عملکرد نانوسیلیکا در بهبود خواص خمیر و کاغذ روزنامه داشته است. خمیر و کاغذ روزنامه به‌دست آمده از ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکا به‌عنوان عوامل کمک نگه‌دارنده در مقایسه با ترکیب پلی‌اکریل آمید کاتیونی و نانوسیلیکا دارای ویژگی‌ها و برتری‌های زیر می‌باشد:

- مناسب‌تر بودن مقادیر درجه روانی خمیر و مقدار ماندگاری نرمه‌های الیاف و مواد پرکننده.
- مناسب‌تر بودن کیفیت شکل‌گیری کاغذ روزنامه.
- بیش‌تر بودن مقاومت به عبور هوا و تخلخل کم‌تر در کاغذ.
- بیش‌تر بودن مقاومت‌های مکانیکی کاغذ در مقادیر بالای مواد پرکننده.

بنابراین با توجه به برتری‌های بالا، توصیه می‌شود در مقیاس صنعتی و کاربردی از ترکیب نشاسته کاتیونی و نانوسیلیکای کلوئیدی به‌عنوان ترکیب کمک نگه‌دارنده اصلی در تولید کاغذ روزنامه استفاده شود.

## سپاسگزاری

به این وسیله از مسئولان کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران برای در اختیار قرار دادن نمونه‌های آزمایشی و نیز از جناب پروفسور سعید ایراندوست رئیس انستیتوتکنولوژی آسیا (AIT) کشور تایلند و پروفسور موسی محمدنژاد رئیس دپارتمان خمیر و کاغذ (PPT) این دانشگاه به‌خاطر الطاف و مساعدت‌های فراوان و در اختیار قرار دادن امکانات آزمایشگاهی برای انجام این پژوهش، صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم. همچنین از زحمات دکتر کولمودین از کشور سوئد به‌دلیل تهیه مواد شیمیایی مورد نیاز اینجانب، قدردانی به‌عمل می‌آید.

## منابع

1.Andersson, K. 1984. Compozil-a multifunctional system of paper chemicals, Proceedings 1984 SPCI Conference, Stockholm, Sweden, SPCI, Pp: 241-243.
2.Bobu, E. and Rutar, V. 2005. The Effect of formation on paper properties with respect to different aggregation mechanisms, First symposium of paper/ink properties and their relation to offset printability, October 6-7, Madrid, Spain.
3.Bown, R. 1985. Review of methods for increasing filler loadings, Paper Tech. and Ind. 26: 6. 289-292.

4.Carré, B. 1993. Starch and alumina/silica based compounds as a microparticle retention aid system-an explanation of the synergisms, Nord. Pulp Pap. Res. J. 8: 1. 21-26.
5.Cracolici, B. 2004. Effect of shear rate and mixing time on starch/ polyacrylamide gels as retention aid, Master of Science Thesis, The University of Maine.
6.Eklund, D. and Lindstrom, T. 1991. Paper Chemistry: An Introduction. DT Paper Science Publication, Grankulla, Finland, 305p.
7.Enoma, T., Han, Y. and Isogai, A. 2006. Non destructive determination of fiber orientation distribution of fiber surface by image analysis. Nord. Pulp Pap. Res. J. 212: 2. 253-259.
8.Hubbe, M.A. 2005. Mechanistic aspects of microparticle systems, Tappi J. 4: 11. 23-28.
9.Hubbe, M.A. 2005. Microparticle programs for Drainage and Retention in Micro and Nanoparticles in: papermaking, Rodriguez JM (Ed), Tappi Press, Georgia, Atlanta, Pp: 1-33.
10.Hubbe, M.A. 2005. Nanotechnology in the Wet. End. In: Emerging Technologies in Wet-End Chemistry. PIRA International Ltd, Pp: 3-28.
11.Khosravani, A. 2009. Investigation on Utilizing Cationic Starch-Anionic Nanosilica System for Application of More Filler in Fine Paper. Ph.D. Thesis, Tehran University, 126p. (In Persian)
12.Neimo, L. 1999. Papermaking Chemestry. Published by Fapet Oy. Helsinki. Finland, 329p.
13.Smith, J.H. 1991. Laboratory comparisons of various multicomponent retention systems, Tappi Papermakers' Conference, Seattle, USA, 1991, Tappi Press, Pp: 481-499.
14.Svedberg, A. 2007. Valuation of retention/formation relationships using a laboratory pilot-paper machine, Licentiate thesis, Royal institute of Technology, Stockholm, Sweden, 86p.
15.Swerin, A., Glad-Nordmark, G. and Sjdin, U. 1995. Silica based microparticulate retention aid systems, Paperi Puu (Papper och Tr.), 77: 4. 215-221.
16.Tappi Standard Test Method. 2000-2001.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 19 (3), 2012*
*http://jwfst.gau.ac.ir*

# The influence of cationic polymer type, cationic poly acryl amid and cationic starch, on performance of nano silica for newspaper pulp and paper improvement

***Gh. Asadpour[1], H. Resalaty[2], M.R. Dehghani[3] and A. Ghasemian[3]**
[1]Ph.D. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
Received: 2010/07/20; Accepted: 2011/01/19

## Abstract

This study was performed to investigate the effects of the type of cationic polymer, cationic poly acryl amid and cationic starch, on performance of nano silica for newspaper pulp and paper improvement. After preparation of chemi-mechanical pulp (CMP) and long fiber bleached Kraft pulp, they mixed together and precipitated calcium carbonate (PCC) was added as filler to the stock. As a retention aid system, the composition of cationic starch + nano silica, and also the composition of cationic poly acryl amid + nano silica were added to the stock. The pulp drainability, first pass retention and also newspaper structural, mechanical strength and optical properties were measured and the obtained data were compared with the witness data. The witness samples were the treatments that used only cationic poly acryl amid as retention aid. The analysis of results showed that the cationic polymer factor had considerable effects on performance of nanosilica for newspaper pulp and paper improvement. The stock that had been treated with the composition of cationic starch + nano silica had better and more drainability and higher first pass retention compare to the stock that treated with the composition of poly acryl amid + nano silica. And also the hand sheets that made with the composition of cationic starch + nano silica, had better formation quality, less porosity and higher mechanical strength properties in higher filler content in paper compare to the hand sheets that made with composition of poly acryl amid + nano silica.

***Keywords:*** Cationic polymer, Nano silica, Newspaper, Formation, Strength properties

* Corresponding Author; Email: asadpur2002@yahoo.com