نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲
۵۱۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۹/۲۰

بررسی تأثیر افزودن هم‌زمان نشاستهٔ کاتیونی و بنتونیت بر برخی از خواص کاغذ چاپ و تحریر

❖ **امید درویش‌زاده:** کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
❖ **احمد جهان لتیباری*:** استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
❖ **سیدجواد سپیده‌دم:** استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران
❖ **آژنگ تاجدینی:** دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، کرج، ایران

چکیده

یکی از سیستم‌های کمک‌کننده به ماندگاری و آبگیری سیستم‌های نانو و ریزذرات شامل یک بسپار کاتیونی مانند نشاستهٔ کاتیونی به‌همراه یک ریزذرهٔ آنیونی معدنی مانند بنتونیت است. در این تحقیق، تأثیر افزودن هم‌زمان نشاستهٔ کاتیونی‌ـریزذرهٔ بنتونیت بر ماندگاری نرمه‌ها و آبگیری از خمیرکاغذ و ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دست‌ساز بررسی شده است. نشاستهٔ کاتیونی در سه سطح ۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد و ریزذرهٔ بنتونیت در سه سطح صفر، ۰/۲، و ۰/٤ درصد استفاده شده است. حداکثر مقدار ماندگاری در مصرف ۰/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی حاصل شده است. ولی تأثیر عوامل مورد بررسی بر ماندگاری از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. تأثیر عوامل بررسی‌شده بر میزان آبگیری از خمیرکاغذ اگرچه به‌لحاظ آماری معنی‌دار نبود، اما بیشترین مقدار آبگیری در مصرف ۰/٤ درصد ریزذرهٔ بنتونیت و ۱/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی حاصل شد. حداکثر شاخص مقاومت به کشش بر اثر افزودن توأم ۰/۲ درصد بنتونیت به‌همراه ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی ایجاد شده است. ولی حداکثر شاخص مقاومت به پاره‌شدن در مصرف ۰/۲ درصد بنتونیت به‌همراه ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی و همچنین ۱/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی به‌تنهایی حاصل شد. بیشترین مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن در مقدار مصرف ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی به‌تنهایی حاصل شد.

واژگان کلیدی: آبگیری، ریزذرهٔ بنتونیت، ماندگاری، مقاومت، نشاستهٔ کاتیونی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۲۶۳۳۲۰۳۵۷۵ – ۰۹۱۲۱۰۲۸۱۲۶ ، نمابر: ۰۲۶۳۳۲۰۳۵۷۵
Email: latibari.aj@gmail.com

مقدمه

در مراحل آماده‌سازی خمیرکاغذ و تبدیل آن به کاغذ نهایی، با وجود کلی بهبود کیفیت کاغذ تولیدی و بهبود فرایند تولید، مواد و ترکیبات شیمیایی مختلفی به ترکیب خمیرکاغذ افزوده می‌شود. بعضی از این مواد مانند مواد کمک‌کننده به ماندگاری و آبگیری در پایانهٔ تر برای حفظ نرمه‌های الیاف و مواد افزودنی در محصول تولیدی استفاده می‌شود. درواقع، این مواد از طریق ایجاد دلمه بین الیاف، نرمه‌ها، و پرکننده‌ها باعث افزایش ماندگاری و تسریع در خروج آب از ورقهٔ در حال شکل‌گیری می‌شوند.

یکی از سیستم‌های کمک‌کننده به ماندگاری و آبگیری، که طی ۱۵ تا ۲۰ سال گذشته به‌شدت رواج یافته است، سیستم ریزذرهٔ کمک‌کننده به ماندگاری و آبگیری است. سیستم‌های نانو[1] و ریزذرات[2] شامل یک بسپار کاتیونی مانند پلی‌آکریلامید یا نشاستهٔ کاتیونی به‌همراه یک ریزذرهٔ آنیونی معدنی مانند سیلیکای کلوییدی[3] یا بنتونیت[4] هستند [۱].

تا قبل از سال ۱۹۸۰ فنّاوری ریزذره، به‌صورتی که امروزه شناخته شده، وجود نداشت. کاغذسازها عموماً نسبت به پتانسیل استفاده از موادی چون سیلیکای کلوییدی و بنتونیت به استثنای استفاده‌های آن در فرآوری آب یا برای کنترل ویژگی‌های سایشی کاغذها آگاه نبودند. اما امروزه حداقل ۵۵۰ ماشین کاغذ در سطح دنیا وجود دارد که از این دو نوع مادهٔ معدنی به همراه نشاستهٔ کاتیونی یا کوبسپارهای کاتیونی آکریلامید برای بهبود ماندگاری و آبگیری استفاده می‌کنند [۱، ۲]. با وجود اینکه هزینهٔ سیستم‌های ریزذرات نسبتاً زیاد است، ولی فواید آن به‌همراه ماندگاری خوب، استفاده از آن‌ها را توجیه می‌کند.

بودندورف و ازبورن (۱۹۶۶) سیستم چسبی را تشریح کردند که در آن نشاستهٔ کاتیونی و سیلیکای کلوییدی به سوسپانسیون الیاف معدنی به‌منظور تقویت اتصال بین این الیاف، اضافه می‌شد [۳]. البته برخلاف الیاف سلولزی، الیاف معدنی به‌خوبی قادر به تشکیل پیوند در غیاب بعضی انواع چسب‌ها نیستند. کاربرد دیگر نانوذرات، تصفیهٔ آب سفید ماشین کاغذ بوده است [۴]. در این مورد ابتدا بسپار شدیداً کاتیونی، توسط ذرات آنیونی نظیر سیلیکا و بنتونیت فعال می‌شود و پتانسیل جذب آن افزایش می‌یابد و پس از آن با افزودن یک بسپار آنیونی با وزن مولکولی زیاد، باعث زلال‌شدن آب جهت استفاده در آب‌پاش‌های ماشین کاغذ می‌شود. اولین استفادهٔ واقعی از سیستم ریزذرات در پایانهٔ تر کاغذسازی، در سال‌های ابتدایی دههٔ ۱۹۸۰ انجام شد[۵].

ساندن و همکاران (۱۹۸۳) از مقادیر مختلف نشاستهٔ کاتیونی و سیلیکای کلوییدی به‌منظور افزایش توان جذب الیاف در فرایند تشکیل کاغذ استفاده کردند [۶]. اندازهٔ ذرات سیلیکای کلوییدی استفاده‌شده، کوچک‌تر از ۲۰ nm و دانسیتهٔ بار الکتریکی نشاستهٔ کاتیونی بیش از ۱ درصد گزارش شده است. لانگلی و لیتشفیلد (۱۹۸۶) سیستم دیگری از کاربرد ریزذرات را تشریح کردند [۷]. در این سیستم، ابتدا کوبسپار آکریلامید به خمیرکاغذ اضافه شد و سپس تحت تأثیر برش هیدرودینامیکی[5] قرار گرفته است. درنهایت، با مونت مریلونیت قلیایی ترکیب شده است [۸، ۹]. بهره‌گیری از این سیستم در آبگیری و ماندگاری در محدودهٔ کوچکی از pH پیشنهاد شده و فقط برای درجات خاصی از کاغذ

1. Nanoparticles
2. Microparticles
3. Colloidal Silica
4. Bentonite
5. Hydrodynamic Shear

به‌کار می‌رود [۲، ۹]. لورز و همکاران (۱۹۹۱) فرایندی را مطرح کردند که در آن ابتدا بنتونیت به خمیرکاغذ با درصد خشکی زیاد اضافه می‌شود و سپس بسپار با دانسیتهٔ بار الکتریکی مثبت زیاد به خمیرکاغذ رقیق اضافه می‌شود و سپس تحت تأثیر لخته‌کننده قرار می‌گیرد [۱۰].

خسروانی و همکاران (۲۰۱۰) از سیستم نشاستهٔ کاتیونی‌ـنانوسیلیکا برای بررسی تأثیر آن بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ دست‌ساز حاوی مقادیر مختلف پرکننده استفاده کردند. همچنین، عملکرد ذرات نانوسیلیکای آنیونی در مقادیر مختلف نشاستهٔ کاتیونی و رابطهٔ آن‌ها با پتانسیل زتا در قابلیت آبگیری و ماندگاری ذرات ریز، در خمیرکاغذهای ظریف، بررسی شد. نتایج نشان داد استفاده از ۰/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی، به‌تنهایی، قابلیت آبگیری و ماندگاری نرمه‌ها و پرکننده‌ها را به مقدار کمی بهبود می‌بخشد و مقادیر بیشتر آن حتی باعث کاهش آبگیری می‌شود. ولی افزودن نانوسیلیکا قابلیت ماندگاری و آبگیری را به‌طور چشمگیری بهبود بخشید. به‌علاوه، گزارش شده است پتانسیل زتا فقط می‌تواند معیار مناسبی از نظر میزان افزایش نشاستهٔ کاتیونی باشد. اگرچه با افزودن نشاستهٔ کاتیونی شاخص مقاومت به کشش بیشتر شد، افت شاخص‌های مقاومتی با افزایش ۱۰ درصدی میزان پرکننده نسبتاً زیاد بوده است [۱۱].

رحمانی‌نیا و همکاران (۲۰۱۱) از سیستم نشاستهٔ‌کاتیونی‌ـنانوسیلیکا برای بررسی ویژگی‌های آبگیری و ماندگاری و نیز بررسی ویژگی‌های کاغذ تولیدشده از خمیرکاغذ بازیافتی از کارتن کنگره‌ای کهنه استفاده کردند. نتایج نشان‌دهندهٔ عملکرد مثبت این سیستم بود. همچنین بررسی پتانسیل زتا در خمیرکاغذ نشان داد این عامل نمی‌تواند شاخص خوبی برای عملکرد سیستم نشاستهٔ کاتیونی ـ نانوسیلیکا در پایانهٔ تر باشد [۱۲].

وان دی وین و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعهٔ استفادهٔ ریزذرهٔ بنتونیت در ترکیب با پلی‌آکریلامید کاتیونی برای ماندگاری پرکننده‌های معدنی در کاغذ گزارش کرده‌اند نقش بنتونیت به‌صورت یک پل میان الیاف پوشش‌داده‌شده توسط بسپار و ذرات پرکننده است و این قابلیت بنتونیت مربوط به توانایی آن در لایه‌لایه شدن است. هنگامی که سوسپانسیون الیاف فرآوری‌شده با پلی‌آکریلامید کاتیونی و بنتونیت، قبل از افزودن پرکنندهٔ کربنات کلسیم، تحت تأثیر نیروی برشی زیاد قرار می‌گیرد، تقریباً تورق بنتونیت به‌طور کامل اتفاق می‌افتد. در شرایط نیروی برشی کم، اما زمان هم‌زدن طولانی‌تر، نتیجهٔ مشابه به‌دست آمد. نتایج نشان داد سیستم کمک ماندگاری ریزذرهٔ بنتونیت و پلی‌آکریلامید کاتیونی به‌نحو مطلوبی باعث افزایش جذب پرکننده بر سطوح الیاف می‌شود [۱۳].

ژانگ و لیو (۲۰۱۰) از یک ریزذره با نام نانوبلت تیتانات سدیم[1] در ترکیب با پلی‌آکریلامید کاتیونی، برای افزایش ماندگاری پرکنندهٔ کائولین[2] استفاده کردند. این ریزذره توسط فرآوری آب ــ گرمایی[3] دی‌اکسید تیتانیوم در محلول غلیظ هیدروکسید سدیم تولید شده بود. در این مطالعه، دلمه‌شدن کائولین توسط یک تحلیل‌گر پراکندگی نوری متصل به ظرف آبگیری دینامیکی بررسی شد. نانوبلت تیتانات سدیم، بار الکتریکی منفی تولید می‌کند و در pH بالاتر پتانسیل زتای منفی‌تری دارد. در مقدار مصرف کم این ماده، دلمه‌سازی خوبی به‌همراه پلی‌آکریلامید کاتیونی ایجاد شد و دلمه‌سازی در شرایط خنثی و قلیایی ضعیف، مناسب‌تر بود [۱۴].

با توجه به اینکه در بررسی‌های انجام‌گرفته افزودن نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات به‌صورت مرحله‌ای است، در این بررسی، تأثیر افزودن هم‌زمان

1. Sodium Titanate Nanobelt
2. Kaolin Clay
3. Hydrothermally

نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرهٔ بنتونیت بر ویژگی‌های مقاومتی، آبگیری، و ماندگاری نرمه‌ها در ساخت کاغذ چاپ و تحریر با استفاده از الیاف باگاس به‌همراه الیاف بلند بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مواد

نشاستهٔ کاتیونی

از نشاستهٔ کاتیونی سیب‌زمینی به‌شکل پودر سفیدرنگ و با نام تجاری AMYLOFAX 00، محصول شرکت AVEBE استفاده شده است. درجهٔ استخلاف گروه‌های کاتیونی[1] (D.S.) آن ۰/۰۱۸ mol/mol و مقدار آمیلوز آن ۲۰ درصد و آمیلوپکتین آن ۸۰ درصد اعلام شده است. درجهٔ پلیمریزاسیون آمیلوز ۴۹۰۰ و درجهٔ پلیمریزاسیون آمیلوپکتین ۲×۱۰^{۶} گزارش شده است. ابتدا نشاسته تا غلظت ۵ درصد با آب مخلوط شد و پس از آن پخته شد. غلظت محلول نشاسته در زمان مصرف به ۱ درصد کاهش داده شد.

ریزذرات بنتونیت

ریزذرات استفاده‌شده از نوع سدیم مونت موریلونیت[2]، محصول کشور چین (کمپانی Pioneers LTD)، و به شکل پودر شیری‌رنگ بوده است. میانگین ضخامت لایه‌های آن کمتر از ۵/۲ نانومتر، مقدار مونت مریلونیت ۹۵ـ۹۸ درصد، رطوبت کمتر از ۳ درصد، و دانسیته $۸۹/۱\ g/cm^3$ اعلام شده است.

خمیرکاغذ

خمیرکاغذ مورد استفاده شامل ۸۰ درصد خمیرکاغذ رنگ‌بری‌شدهٔ باگاس، تهیه‌شده با فرایند سودا، از کارخانهٔ کاغذسازی پارس، و ۲۰ درصد خمیرکاغذ کرافت رنگ‌بری‌شدهٔ الیاف بلند اسکاندیناوی بوده است.

روش کار

عوامل متغیر

الف) نشاستهٔ کاتیونی در سه سطح: ۰/۵، ۱، و ۱/۵ درصد وزن خشک الیاف؛

ب) ریزذرهٔ بنتونیت در سه سطح: صفر، ۰/۲، و ۰/۴ درصد وزن خشک الیاف؛

ج) روش افزودن مواد: افزودن هم‌زمان نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرهٔ بنتونیت.

نحوه و ترتیب اختلاط مواد شیمیایی

اختلاط مواد توسط همزن DDJ[3] صورت گرفت. اضافه‌کردن مواد در سرعت چرخش همزن ۱۰۰۰ دور در دقیقه انجام شد و پس از گذشت زمان یک دقیقه هم‌زدن، اندازه‌گیری ویژگی‌های زیر انجام شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌ها براساس دستورالعمل‌های مرتبط در آیین‌نامهٔ تاپی[4] انجام گرفته است [۱۵]:

pH و هدایت الکتریکی: T252 om-02

ماندگاری نرمه‌ها: T261 cm-00

آبگیری: T221 cm-99 ساخت کاغذ دست‌ساز: T205 sp-02

اندازه‌گیری وزن پایه: T410 om-02

شاخص مقاومت به کشش: T494 om-01

شاخص مقاومت به پاره‌شدن: T414 om-04

شاخص مقاومت به ترکیدن: T403 om-02

نتایج و بحث

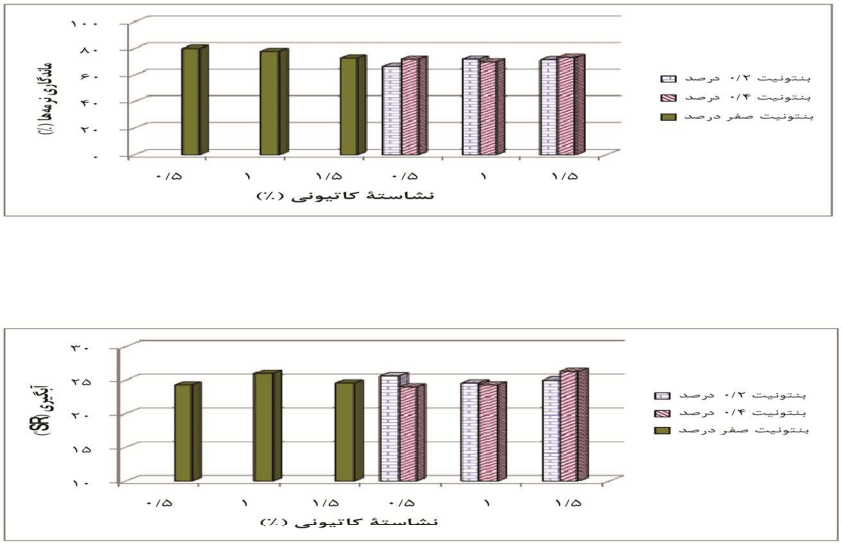
میانگین نتایج اندازه‌گیری‌ها بر روی محلول خمیرکاغذ و همچنین کاغذ دست‌ساز از خمیرکاغذ با افزودن ترکیب‌های مختلف نشاسته و ریزذرهٔ

1. Degree of Substitution
2. Montmorillonite
3. Dynamic Drainage Jar
4. Technical Association of Pulp and Paper Industry

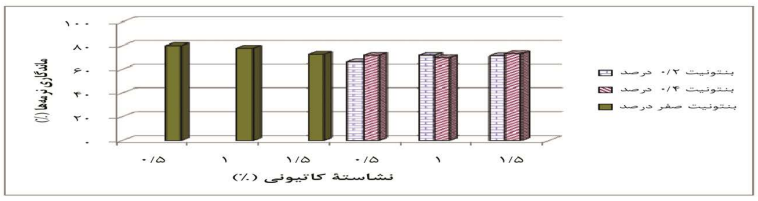
بنتونیت در شکل‌های ۲ تا ۵ ترسیم شده است. هریک از ارقام میانگین دو اندازه‌گیری است. تأثیر متقابل نشاستهٔ کاتیونی و بنتونیت بر روی ماندگاری نرمه‌ها و مقدار آبگیری و همچنین شاخص مقاومت به پاره‌شدن معنی‌دار نشده است. ولی تأثیر توأم این دو مادهٔ بر شاخص مقاومت به کشش در سطح آماری ۹۵ درصد و تأثیر آن‌ها بر شاخص مقاومت به ترکیدن در سطح آماری ۹۹ درصد معنی‌دار شده است. استفاده از مقادیر کمتر نشاستهٔ کاتیونی (۰/۵ و ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی) قادر به افزایش ماندگاری نرمه‌ها شده، ولی وقتی ریزذرات بنتونیت به سیستم خمیرکاغذ افزوده می‌شود، ماندگاری نرمه‌ها کاهش می‌یابد (شکل ۱). تأثیر افزودن نشاستهٔ کاتیونی به‌تنهایی یا توأم با ریزذرات بنتونیت بر آبگیری از خمیرکاغذ محسوس نبوده و هیچ تغییر چشمگیری در این ویژگی مشاهده نمی‌شود (شکل ۲). بیشترین آبگیری به‌میزان ۳۶/۳ °SR با استفاده از ۰/۴ درصد ریزذرات بنتونیت و ۱/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی ایجاد شده است. pH محلول خمیرکاغذ در مقدار ۸ ثابت بوده و هدایت الکتریکی آن بین ۹۰۱ تا ۹۵۶ µs تغییر کرده است، ولی این تغییر از روند خاصی تبعیت نمی‌کند که دلیل آن می‌تواند افزودن هم‌زمان دو مادهٔ مذکور باشد، زیرا در بررسی‌های انجام‌شده، همواره دو مادهٔ نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات به‌صورت جداگانه و مراحل مختلف فرایند آماده‌سازی خمیرکاغذ انجام می‌گیرد. با توجه به اینکه هدف این بررسی، ارزیابی عملکرد افزودن هم‌زمان دو ماده بوده است، بنابراین، نتیجهٔ به‌دست‌آمده مؤید ناکارایی این توالی افزودن است.

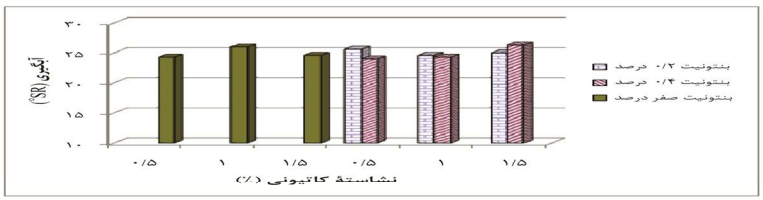
بیشترین شاخص مقاومت به کشش در دو حالت استفاده از ۱/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی یا ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی و ۰/۲ درصد ریزذرات بنتونیت حاصل شده است (شکل ۳). ولی بیشترین شاخص مقاومت به ترکیدن در حالت استفاده از ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی یا ۰/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی و ۰/۲ درصد ریزذرات بنتونیت ایجاد شده است (شکل ۴).

بیشترین شاخص مقاومت به پاره‌شدن در حالت استفاده از ۱/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی به‌تنهایی یا ۰/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی همراه با ۰/۲ و ۰/۴ درصد ریزذرات بنتونیت یا ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی همراه با ۰/۲ درصد ریزذرات بنتونیت بوده است (شکل ۵).

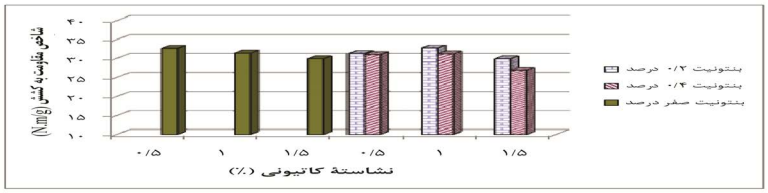


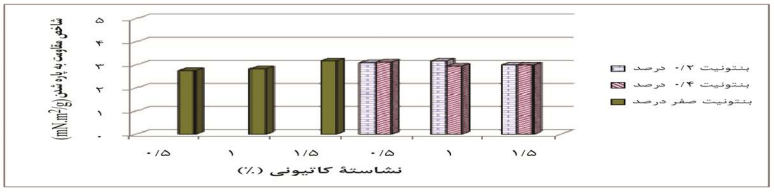
شکل ۱. تأثیر نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات بنتونیت بر ماندگاری نرمه‌ها در خمیرکاغذ



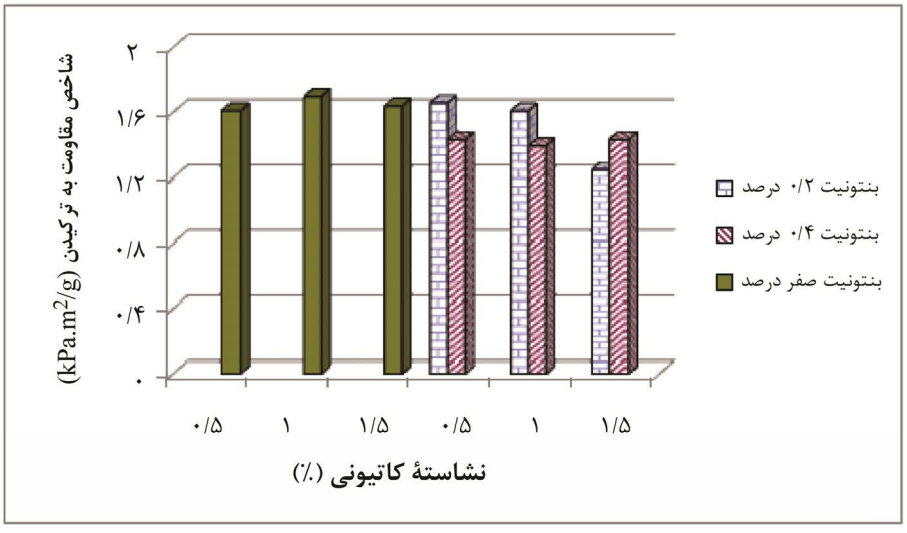


شکل ۲. تأثیر نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات بنتونیت بر قابلیت آبگیری از خمیرکاغذ

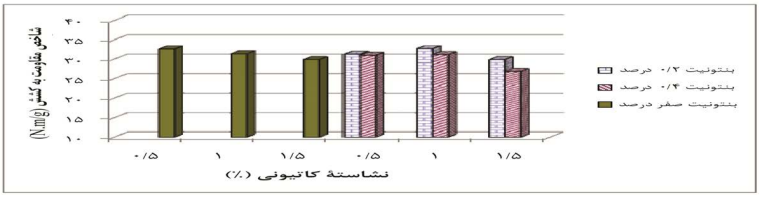


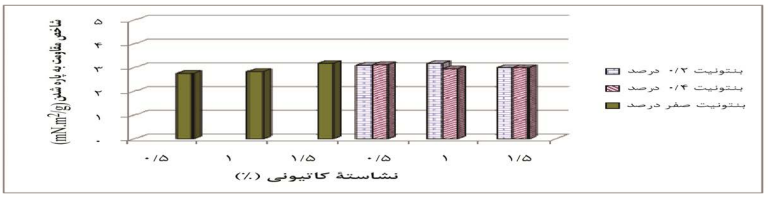


شکل ۳. تأثیر نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات بنتونیت بر شاخص مقاومت به کشش کاغذ دست‌ساز



شکل ٤. تأثیر تیمارهای مختلف نشاستهٔ کاتیونی و سیستم نشاستهٔ کاتیونی‌ـریزذرات بنتونیت بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ دست‌ساز





شکل ۵. تأثیر نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات بنتونیت بر شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذ دست‌ساز

نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر افزودن هم‌زمان (توأم) دو مادهٔ نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرهٔ بنتونیت در مقایسه با سیستم تک‌نشاستهٔ کاتیونی بر برخی خواص کاغذ چاپ و تحریر بررسی شده است. یکی از اهداف استفاده از ریزذرات، نظیر نانوسیلیکا و نانوبنتونیت، افزایش ماندگاری مواد مخصوصاً ماندگاری نرمه‌ها از طریق ارتقای توانایی نشاستهٔ کاتیونی در تشکیل اتصال بین الیاف است [۱، ۷]. وقتی نانوذرات به سیستم خمیرکاغذ حاوی نشاستهٔ کاتیونی افزوده می‌شود، باعث ایجاد دلمه‌های ضعیف بین نرمه‌های الیاف و نشاسته می‌شود و به نگه‌داری بهتر نرمه‌ها و بهبود در شکل‌گیری کمک می‌کند. در چنین شرایطی تشکیل دلمه بین نرمه‌های الیاف و نشاسته به آبگیری بهتر از سیستم خمیرکاغذ کمک می‌کند. بهبود در ماندگاری یا نگه‌داری نشاستهٔ کاتیونی به اتصال بهتر بین الیاف می‌انجامد و درنتیجهٔ آن مقاومت‌های کاغذ، بالاخص مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن، افزایش می‌یابد [۵]. نتایج بررسی‌های انجام‌گرفته نشان داده برای رسیدن به چنین اهدافی افزودن مرحله‌ای دو ماده ضروری است [۲]. با توجه به اینکه افزودن مرحله‌ای دو ماده به تجهیزات بیشتری نیاز دارد، در این بررسی تأثیر افزودن همزمان دو مادهٔ نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات بنتونیت ارزیابی شد.

سیستم دوتایی نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات بنتونیت در صورتی قادر به افزایش ماندگاری نرمه‌ها و ارتقای آبگیری از خمیرکاغذ خواهد بود که این دو ماده به‌صورت مرحله‌ای به خمیرکاغذ اضافه شوند [۱]. براساس نتایج این تحقیق، در حالتی که دو مادهٔ موردنظر هم‌زمان افزوده می‌شوند، تغییر معنی‌داری در میزان ماندگاری نرمه‌ها و آبگیری به‌وجود نیامده است.

اصولاً، سیستم دوتایی کمک‌کننده به ماندگاری شامل نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات آنیونی قادر به افزایش مقاومت‌ها مخصوصاً شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت به ترکیدن بوده و بنابراین، تأثیر متقابل افزودن دو مادهٔ مذکور بر این ویژگی‌ها در سطح اعتماد آماری ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار شده است. شاخص مقاومت به کشش‌های کاغذ دست‌ساز، که با استفاده از ۰/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی یا ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی و ۰/۲ درصد ریزذرات بنتونیت ساخته شده‌اند، زیادتر از سایر حالت‌های

ساخت کاغذساز تعیین شده است. ولی شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ دست‌ساز با استفاده از ۱ درصد نشاستهٔ کاتیونی یا ۰/۵ درصد نشاستهٔ کاتیونی و ۰/۲ درصد ریزذرات بنتونیت زیادتر بود. تأثیر افزودن هم‌زمان دو مادهٔ مورد بررسی بر شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذ دست‌ساز معنی‌دار نشده است.

نتایج این بررسی نشان می‌دهد افزودن توأم دو مادهٔ نشاستهٔ کاتیونی و ریزذرات بنتونیت، با اینکه بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ اثرگذار بوده، تأثیر معنی‌داری بر ماندگاری نرمه‌ها و آبگیری نداشته است. بنابراین، می‌توان گفت کاربرد چنین روشی در مورد کاغذ چاپ و تحریر موفقیت‌آمیز نخواهد بود

References

[1]. Hubbe, M.A. (2005). Microparticle programs for drainage and retention, In: Micro and Nanoparticles in Papermaking, Rodriguez J.M. (ed), Tappi Press, Atlanta, GA., USA pp. 1-33.

[2]. Cauley, T.A. (2000). The hydrocol microparticle system comes to standard news production. In. Proceeding TAPPI 2000 Papermakers Conference and Trade Fair, Seattle, WA. USA, pp.545-553.

[3]. Bodendorf, W. J., and Osborn, F. H. (1966). Method of forming an inorganic water-laid sheet containing colloidal silica and cationic starch. U. S. Pat. 3,253,978, May,1966.

[4]. Doblanski, P., Mobious, C. H., and Hofer, H. H. (1981). Precipitation and flocculation as possible white water treatment. *Wochhbl. Papierfabrik,*109 (16): 563-571.

[5]. On, C., and Thorn, I. (1995). Progress in the use of colloidal silica in dual-component system. *European Papermaker,* 3(2):28-39.

[6]. Sunden, O., Batelson, P. G., Johnsson, H. E., Larsson, H. M., and Sevending, P. J. (1983). Papermaking and products made thereby. U. S. Pat. 4388150, June, 1983.

[7]. Langley, J. G., and Litchfield, E. (1986). Dewatering aids for paper applications. In. Proceeding TAPPI 1986 Papermakers Conference, pp:89-99.

[8]. Langley, J., and Holroyd, D. (1988). Production paper and paperboard. U. S. Pat. 4,753,710, June 28, 1988.

[9]. Litchfield, E. (1994). Dewatering aids for paper applications. *Appita Journal,* 47 (1): 62-74.

[10]. Lorz, R. Linhart, P., Auhorn, W., and Matz, M. (1991). Production of paper or cardboard, Can. Pat. 1,278,403, Jan,1991.

[11]. Khosravani, A., Jahan Latibari, A., Mirshokraei, S.A., Rahmaninia, M., and Mohammad Nazhad, M., (2010). Studying the effect of cationic starch – anionic nanosilica system on retention and drainage. *BioResources,*5(2): 939-950.

[12]. Rahmaninia, M., Mirshokraei, S.A., Ebrahimi, Gh., and Mohammad Nazhad, M., (2011). Effect of cationic starch- nanosilica system on retention and drainage of washed OCC pulp. *Journal of Forests and Wood Products*, 64(1), 15-22.

[13]. Van de Ven, T.G.M., Qasaimeh, M.A., Pigeon, C., and Paris, C., (2006). The effect of calcium ions on the efficiency of polyethylene oxide-cofactor retention aid system. *Colloids and surfaces A: Physicochem. Engineering Aspects,* 297: 79-83.

[14]. Zhang, X., and Liu, W., (2010). Titanate nanobelt microparticle. *BioResources*, 5(3): 1895-1907.

[15]. Tappi Standard Test Method, 2001. Tappi Press, Atlanta, GA.USA.