

تعیین میزان مصرف بهینه نشاسته کاتیونی بر پایه مقاومت های مکانیکی خمیر کاغذهای حاصل از ترکیب خمیر کارتن بازیافتی و خمیر NSSC دست اول

منصورغفاری^{۱*}، علی قاسمیان^۲، حسین رسالتی^۳ و قاسم اسدپور^۴

^۱ کارشناس ارشد گروه خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲ استادیار تکنولوژی خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

^۳ استادیار تکنولوژی خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

^۴ دانشجوی دکترا گروه خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

این تحقیق با هدف بهینه سازی مصرف نشاسته کاتیونی برای بهبود ویژگی های مکانیکی خمیر کاغذهای حاصل از ترکیب خمیر کارتن بازیافتی (OCC) و خمیر نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) دست اول انجام پذیرفت. خمیرهای NSSC و OCC با نسبت های ۲۰/۸۰، ۳۰/۷۰ و ۴۰/۶۰ با یکدیگر مخلوط شدند. نشاسته کاتیونی در مقادیر مختلف ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد استفاده شد. ویژگی های مکانیکی کاغذهای حاصل بر پایه استاندارد تاپی اندازه گیری شد. نتایج حاصل از روش امتیازدهی بر اساس محاسبه معادله های نرمال سازی نشان داد که تیمار C₄ با ۶۰ درصد خمیر NSSC و ۴۰ درصد خمیر OCC با مقدار ۳ درصد نشاسته از نظر مجموع ویژگی های مکانیکی بهترین تیمار می باشد. همچنین با افزایش سهم OCC در مخلوط خمیرها، مقادیر مقاومت به کشش، پاره شدن و ترکیب کاغذهای حاصل افزایش ولی مقادیر مقاومت کنکورای لایه کنگره ای و لهیدگی در حالت حلقه کاهش یافت. به طور کلی با افزایش میزان مصرف نشاسته کاتیونی، مقاومت های مکانیکی کاغذ افزایش یافت و بهترین میزان مصرف آن در سطح ۳ درصد تعیین شد.

واژه های کلیدی: خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی، خمیر کارتن بازیافتی، نشاسته کاتیونی، مقاومت های مکانیکی

مقدمه

متداول ترین ماده اولیه در کشورهای پیشرفته که خود تولید کننده و مصرف کننده انواع مختلف کاغذ می باشند، کاغذهای باطله است (Linen and Booth, 1990). در سال های اخیر با توجه به کاهش روزافزون منابع جنگلی، بازیافت کاغذهای باطله به عنوان یکی از روشهای تأمین مواد اولیه سلولزی مناسب برای صنایع کاغذ سازی به طور جدی مورد توجه قرار گرفته است (Akbarpour, 2009). به هر صورت به رغم گرایش شدید کشورهای پیشرفته به سوی صنعت بازیافت کاغذ این سده و پیشرفت های زیاد این صنعت در دهه های اخیر، افت شدید ویژگی های مقاومتی کاغذهای بازیافتی، هم چنان به عنوان چالشی مهم مطرح است که بیش از دیگر چالش های موجود در صنعت بازیافت کاغذ خودنمایی می کند (Asgari, 2000). در کشور ایران هم یکی از واحدهای فعالی که از کاغذهای باطله استفاده می کند کارخانه چوب و کاغذ مازندران است. این واحد با ظرفیت تولید ۸۵۰۰۰ تن کاغذ فلوتینگ و ۹۰۰۰۰ تن انواع کاغذهای روزنامه، چاپ در سال، یکی از بزرگترین مجتمع های تولید خمیر و کاغذ در کشور بوده است. در چوب و کاغذ مازندران برای تولید کاغذ لایه کنگره ای (فلوتینگ) از خمیر نیمه شیمیایی سولفیت خنثی استفاده می شود. از سال ۱۳۸۰، بنا به دلایلی چند مانند عرضه خمیرهای بازیافتی OCC و با قیمت مناسب در مقایسه با چوب از کارگاه های داخل و مجاور استان مازندران، جدی شدن طرح صیانت از جنگل های شمال و کاهش قابل ملاحظه ای بهره برداری چوب از جنگل های شمال، نیاز به کاهش مصرف چوب احساس شد، لذا از حدود سال ۱۳۸۳ استفاده از خمیرهای بازیافتی OCC در ترکیب خمیر کاغذ خط تولید کاغذ فلوتینگ آغاز و در ابتدا با درصد مصرف کم (حدود ۵ درصد) و به تدریج تا ۲۰ درصد افزایش یافت (asadpour and et al, 2008). بازیافت کاغذ بسته بندی باطله که به OCC معروف می باشد. امروزه یکی از عمده ترین گروه های بازیافت کاغذ های باطله به شمار می رود. لذا با توجه به اینکه بخش

زیادی از این نوع کاغذ ها را لاینر تشکیل میدهد از استحکام بالایی برخوردار می باشد و در صورت بازیافت این نوع کاغذ، می توان کاغذ هایی با ویژگی های مقاومتی مناسب تولید نمود. امروزه با بازیافت کارتن ها و جعبه های بسته بندی باطله، خمیرتهپیه نموده و سپس با استفاده از انواع سامانه ها و مواد افزودنی و پس از عبور از مراحل مختلف، انواع کاغذ ها از آنها تهیه می شوند.

خمیر های بازیافتی از OCC به تنهایی و یا همراه با درصدی از خمیر های تازه^۱ برای تولید کاغذ مقوایی کنگره ای به کار رفته و ویژگی های مورد نیاز را بر آورده می سازد (Barzan, 1997). مقوای کنگره ای مقوای سبکی است که برای تهیه مقواهای دارای لایه میانی کنگره ای مورد استفاده قرار می گیرد. اثر شیمی پایانه تر بر مقاومت پیوند بین الیاف اهمیت بیشتری در مقایسه با اثر شکل گیری ورق بر مقاومت های ورق دارد. در فرآیند بازیافت کاغذ از روش های مختلفی برای بهبود اتصال بین الیاف و افزایش ویژگی های مقاومتی استفاده می شود (Barzan, 1997; Mirshokraei, 2001).

از جمله این روش ها، می توان از پالایش بیشتر، پرس طولانی تر و سنگین تر، افزودن الیاف دست اول، فرآوری های پر شمار شیمیایی، آبی و گرمایی و استفاده از مواد بهبود دهنده مقاومت خشک^۲ نام برد. از این میان، مواد افزودنی مقاومت خشک اعم از طبیعی و مصنوعی، اهمیت بیشتری دارند. زیرا هزینه آنها کم تر و توان عمل آنها زیادتر بوده و قابلیت تکرار چرخه بازیافت را محدود نمی سازند (Barzan, 1997; Mirshokraei, 2001). با استفاده از مواد بهبود دهنده مقاومت خشک مانند نشاسته (نشاسته از نظر شیمیایی همانند سلولز و پلیمری از واحدهای گلوکوپیرانوزی با پیوند ۱ به ۴ است)، می توان پیوندهای هیدروژنی بین الیاف را به شمار زیادی افزایش داد. استفاده از مواد افزاینده مقاومت خشک ده ها سال است که رواج دارد و با افزایش الیاف بازیافتی در کاغذ سازی اهمیت بسیار زیادی یافته است (Hamzeh and Rostampour, 2008; Glittenberg, 1993). به

¹Virgin pulps

²Dry Strength Materials

(Asgari, 2000). با توجه به مطالب یاد شده، هدف این تحقیق، تعیین میزان بهینه مصرف نشاسته کاتیونی به عنوان تقویت کننده مقاومت های خشک مخلوط خمیرهای کاغذ NSSC و OCC در صنایع چوب و کاغذ مازندران بود که بدین منظور از ۴ سطح نشاسته کاتیونی شامل مقادیر ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد استفاده شد. این مقادیر بر هر یک از نسبت های اختلاط اثر داده شد.

مواد و روش ها

در این بررسی، به منظور تهیه بخشی از خمیر کاغذ، از مواد اولیه صد در صد بازیافتی شامل کارتن های کنگره ای کهنه قهوه ای (OCC) استفاده شد. میزان حدود ۵ کیلوگرم کارتن کنگره ای کهنه قهوه ای جمع آوری شد و دقت لازم به عمل آمد که بدون هرگونه آلودگی ناشی از تبدیل و مصرف و به کلی پشت و رو قهوه ای باشند. کارتن های جمع آوری شده در آزمایشگاه به تکه هایی با ابعاد ۵ × ۵ سانتی متر تبدیل شد. برای کاهش هر چه بیشتر مواد زاید و چسبناک، دقت شد که لبه های چسب خورده محل اتصال دو طرف کارتن نیز حذف شوند. خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی^۱ با ویژگی های اشاره شده در زیر از کارخانه چوب و کاغذ مازندران به میزان مورد نیاز تهیه شد و به آزمایشگاه انتقال یافت. ویژگی های این خمیر شامل: درجه روانی (۵۱۰ میلی لیتر)، درصد خشکی (۱۱/۱)، اسیدیته (۶/۵)، انبوهه^۲ الیاف (۰/۴۵)، قلیایی کل (۱/۴)

آماده سازی کاغذهای باطله

میزان کافی از هر دو خمیر کاغذ NSSC و OCC گزینش شده و توده های آماده شده خمیر کاغذ OCC در مخزن با آب مخلوط شد تا خرده های کارتن به صورت معلق درآیند. مخلوط به مدت ۴۸ ساعت در این وضعیت باقی ماند. روی خمیر کاغذ بازیافتی هیچ گونه پالایشی انجام نشد و به منظور جداسازی بیشینه الیاف، واکشیدگی

دلیل قیمت کمی که دارد، هنوز هم رایج ترین ماده افزودنی مقاومت خشک است و به عنوان مثال، حدود بیست برابر بیشتر از پلی آکریل آمید مصرف می شود. روشن است که به منظور استفاده موثرتر از نشاسته، کاغذسازان باید شرایط جذب پرشتاب و کامل نشاسته بر روی الیاف و بیشتر از نرمه ها و پرکننده ها و کاهش تاثیرات نامطلوب واکنش با دیگر افزودنی ها و مواد مزاحم را فراهم سازند. برای رسیدن به این هدف باید تعادلی بین نسبت جذب نشاسته و چگالی بار الکتریکی و میزان مصرف نشاسته ایجاد شود. اگر نشاسته خیلی زیادی مصرف شود، ممکن است نشاسته زیاد جذب شود و مقاومت ها به خوبی افزایش یابد، و به همان نسبت میزان زیادی نشاسته جذب نشده و میزان نشاسته محلول در شبکه آب سفید کاغذسازی افزایش می یابد که موجب بروز تنگنای زیست محیطی و دیگر تنگناها فراهم خواهد شد (Hamzeh and Rostampour, 2008). (Ekhtera and et al, 2008) ثابت شده است که نگهداری نشاسته توسط الیاف ارتباط نزدیکی با شمار کربوکسیل آن ها دارد (به دلیل طبیعت آنیونی). هرچه میزان گروه های کربوکسیل در روی الیاف بیشتر باشد، نشاسته بیشتری جذب می شود. دیگر اجزای آنیونی موجود در خمیر کاغذ خیلی پرشتاب نشاسته را جذب می کند. به طور کلی، نشاسته گرانش دارد بیشتر روی موادی با سطح ویژه بالاتر جذب شود، بنابراین نرمه ها و پرکننده ها بیشتر از الیاف نشاسته جذب می کنند. نتیجه عملی این موضوع این است که در صورت زیاد بودن نرمه ها و پرکننده ها نشاسته کم تری برای افزایش پیوندهای بین الیاف در دسترس خواهد بود (Hamzeh and Rostampour, 2008; Hubbe, 2006). همان طور که اشاره شد، اگر از نشاسته بیش از اندازه استفاده شود ممکن است نه تنها منجر به کاهش میزان کیفیت و ویژگی مقاومتی شود بلکه در کنترل نشست مواد فیبری (ماده نگهدارنده) و مسائل مربوط به رسوب مواد دشواری های جدی ایجاد کند. اما با این تفاسیر به سبب تأثیر نشاسته کاتیونی در بهبود ماده نگهدارنده، این ماده در دامنه گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرد

¹ NSSC

² Shives

آب گرم قرار گرفته و به تدریج دمای آن افزایش یافت. پس از رسیدن دمای مخلوط به ۸۰ درجه سلسیوس، در این دما به مدت ۲۵ دقیقه حفظ و سپس از حمام خارج و توزین شد. به دلیل تبخیر آب درون بشر، وزن محلول کاهش می یابد، بنابراین بار دیگر تا سقف یک کیلوگرم به آن آب گرم با دمایی برابر با دمای محلول افزوده شد. لازم به یادآوری است که در همه مدت، مخلوط مورد نظر با یک هم زن شیشه ای، پیوسته هم زده شد تا از رسوب نشاسته کاتیونی در ته ظرف و پراکنده نشدن ذرات جلوگیری به عمل آید. از آنجا که تمرکز این تحقیق بر همانند سازی هر چه بیشتر فرآیند آزمایشگاهی با فرآیند صنعتی، استوار بود. وزن پایه کاغذ دست ساز ۱۲۷ گرم بر متر مربع در نظر گرفته شد. هم چنین لازم به یادآوری است که نشاسته به مدت ۵ دقیقه در تماس با سوسپانسیون الیاف جهت ساخت کاغذ دست ساز قرار گرفت و برای پخش یکنواخت در سوسپانسیون هم زده شد. ساخت نمونه های کاغذ دست ساز برابر استاندارد T205 sp- 02 آئین نامه تاپی صورت گرفت. برای اندازه گیری مقاومت های مکانیکی کشش، ترکیدگی، پاره شدن، کنکورای لایه کنگره ای^۲ و لهیدگی در حالت حلقه^۳ به ترتیب از استانداردهای ۰۶ - ۴۰۴ om TAPPI، T ۰۲ - ۴۰۳ om TAPPI، T ۰۴ - ۴۱۴ om TAPPI، T ۹۹ - ۸۰۹ om TAPPI و T ۸۱۸ om TAPPI استفاده گردید.

روش تجزیه و تحلیل آماری

جهت مقایسه میانگین ها از آزمون تجزیه واریانس استفاده شد و سپس گروه بندی میانگین ها با کمک آزمون دانکن صورت پذیرفت. از معادله های نرمال سازی جهت تعیین بهترین تیمار استفاده شد.

نهایی دیواره الیاف سلولزی، به کمینه رساندن آسیب وارده به الیاف در حین فرآیند جداسازی الیاف با دستگاه مخلوط کن، همه نمونه های توزین شده برای ساخت کاغذهای دست ساز به مدت ۴۸ ساعت در شرایط آزمایشگاه و در درون مخزن ها به طور کامل خیسانده شد. برای تعیین درصد رطوبت نمونه های آزمون تهیه شده، از خمیرکاغذ درون کیسه های پلی اتیلنی به طور تصادفی پنج مرتبه نمونه برداشته شد. سعی شده است که نمونه گیری از بخش های مختلف نمونه های آزمون انجام شود. نمونه های مرطوب پس از توزین، هوا خشک شدند. پس از گذشت مدت زمان لازم، نمونه ها به درون دسیکاتور انتقال یافته و خنک شدند و رطوبت آن ها اندازه گیری شد.

تهیه و آماده سازی نشاسته کاتیونی

نشاسته کاتیونی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت چوب و کاغذ ایران (چوکا) تهیه شد. ویژگی های فنی این فرآورده به شرح زیر است: درجه استخلاف^۱: ۳۵٪، درصد رطوبت: ۹/۳ درصد، دمای ژله ای شدن: ۶۷ - ۶۲ درجه سلسیوس، دمای پخت: ۸۱-۷۹ درجه سلسیوس، pH: ۵/۷۳، گرانروی: ۷۵/۷ سانتی پواز (CP)، درصد خاکستر: ۱/۸۴ درصد، رنگ محلول پخته شده: سفید کرمات

نسبت های مختلف اختلاط خمیرهای کاغذ NSSC و OCC و نیز مقادیر مختلف نشاسته مخلوط شده با آنها در جدول (۱) دیده می شود. در مجموع ۱۲ تیمار آزمایشی وجود دارند.

مصرف نشاسته کاتیونی در چهار سطح ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد در نظر گرفته شد. با توجه به این که همه نشاسته ها در آب سرد نامحلول می باشند، برای حل شدن باید پخته شوند. لذا در آغاز میزان مورد نظر از نشاسته کاتیونی را در درون بشر دارای کمی آب به تدریج وارد نموده و با افزودن آب بیشتر، وزن آب به یک کیلوگرم رسانده شد. سپس بشر دارای مخلوط حاصل درون حمام

^۲ CMT
^۳ RCT

^۱ DS

جدول ۱- نسبت های مختلف اختلاط خمیرها و مقدار مصرف نشاسته کاتیونی

کد تیمار	میزان مصرف نشاسته کاتیونی	نسبت اختلاط خمیرها(%) OCC NSSC		سطوح متغیرها تیمارها
A1	۰/۵	۲۰	۸۰	۱
A2	۱/۲۵	۲۰	۸۰	۲
A3	۲	۲۰	۸۰	۳
A4	۳	۲۰	۸۰	۴
B1	۰/۵	۳۰	۷۰	۵
B2	۱/۲۵	۳۰	۷۰	۶
B3	۲	۳۰	۷۰	۷
B4	۳	۳۰	۷۰	۸
C1	۰/۵	۴۰	۶۰	۹
C2	۱/۲۵	۴۰	۶۰	۱۰
C3	۲	۴۰	۶۰	۱۱
C4	۳	۴۰	۶۰	۱۲

جدول ۲- درصد اهمیت ویژگی های مکانیکی در محاسبه معادله های نرمال سازی

ویژگی	الگوی شماره ۱	الگوی شماره ۲	الگوی شماره ۳
مقاومت لهیدگی در حالت حلقه (E)	۲۵	۳۰	۲۵
شاخص مقاومت به ترکیدن (F)	۳۰	۲۰	۲۵
مقاومت کنکورای لایه کنگره ای (G)	۱۵	۲۰	۲۰
شاخص مقاومت به کشش (H)	۲۰	۱۵	۱۵
شاخص مقاومت به پاره شدن (I)	۱۰	۱۵	۱۵
مجموع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

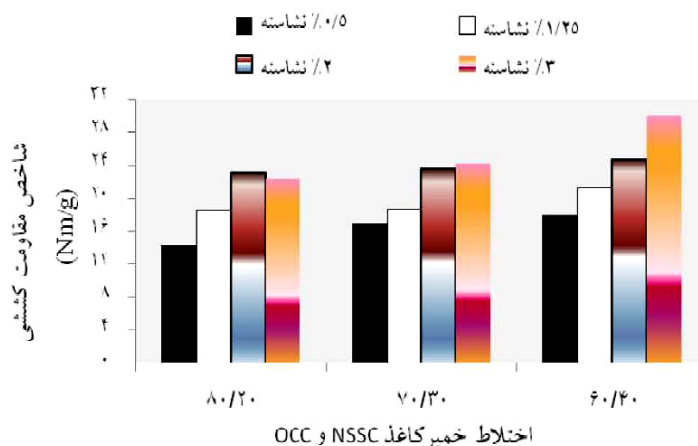
نتایج و بحث

اثر مقادیر مختلف نشاسته بر شاخص مقاومت به کشش نتایج به دست آمده از تاثیر نشاسته کاتیونی در ۴ سطح شامل ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد در اختلاط با خمیرهای کاغذ پیش گفته استفاده شد. نتایج نشان داد که بین مقادیر شاخص مقاومت به کشش در سطح خطای آزمایش ۱ درصد اختلاف معنی دار آماری وجود دارد. مهم ترین عامل موثر بر مقاومت به کشش کاغذ، شمار و کیفیت اتصال ها به یکدیگر می باشد (Afra, 2002).

افزایش میزان مصرف نشاسته، مقاومت به کشش کاغذ بهبود می یابد. در کاغذهای ترکیبی حاصل از اختلاط ۳۰/۷۰ و ۴۰/۶۰ با افزایش مصرف نشاسته تا سطح ۳ درصد، شاخص مقاومت به کشش افزایش می یابد. در واقع در این دو نوع کاغذ ترکیبی، نشاسته توان اتصال بین الیاف را افزایش داده و به عنوان ماده چسبنده عمل می کند. نشاسته با الیاف موجود در ساختمان کاغذ پیوند برقرار کرده و در نهایت باعث بهبود این ویژگی می شود.

همخوانی دارد. در اختلاط ۲۰/۸۰ افزایش شاخص مقاومت به کشش تا سطح ۲ درصد نشاسته رخ داده است.

شواهد بالا با نتایج Ekhtera Jallali Tourshizi (2008) and et al (2008) و Heermann and et al (2006) و Balazadeh (1999) که تاکید بر بهبود ویژگی های مکانیکی با افزایش مصرف نشاسته کاتیونی داشته اند،



شکل ۱- تاثیر درصدهای مختلف خمیر کاغذ OCC بر شاخص مقاومت کششی کاغذهای حاصل در اختلاط با خمیر کاغذ NSSC در درصدهای مختلف نشاسته

ماده اولیه و فرآیند تولید دارد. در حالتی که از کارتن خالص برای تولید خمیر OCC استفاده شود، در واقع خمیر به دست آمده تلفیقی از خمیر کرافت رنگبری نشده سوزنی برگان حاصل از کاغذ خطی (لایتر) کارتن و نیز خمیر NSSC حاصل از کاغذ فلوتینگ کارتن می باشد. خمیرهای کرافت رنگبری نشده سوزنی برگان در مقایسه با خمیر NSSC دارای ویژگی های مقاومتی بالاتری می باشند (asadpour and et al, 2008). با توجه به مطالب یاد شده، به نظر می رسد که خمیر بازیافتی OCC دارای ویژگی های مقاومتی بهتری نسبت به خمیر NSSC باشد. با افزایش خمیر بازیافتی OCC در اختلاط با خمیر NSSC تا حدودی بیشتر مقاومت های مکانیکی مورد نظر بهبود می یابد. بر خلاف سایر مقاومت ها، مقادیر دو مقاومت کنکورای لایه کنگره ای و لهیدگی در حالت حلقه با افزایش مصرف این خمیر بازیافتی، افت پیدا می کند.

با توجه به نتایج یاد شده به نظر می رسد که میزان افزایش مقاومت کاغذ در اثر افزایش میزان مصرف نشاسته

افزایش سطح مصرف نشاسته موجب ایجاد نیروی جاذبه بین نشاسته و سطح آنیونی الیاف و افزایش شتاب و میزان جذب نشاسته می شود. در سطح ۳ درصد نشاسته این شاخص افت می کند. در واقع با افزایش سطح مصرف و درجه استخلاف کاتیونی (DS) نشاسته، نقطه ای حاصل می شود که میزان جذب نشاسته به بیشترین می رسد و سپس کاهش می یابد. در درجه استخلاف کم (درجه استخلاف ۰/۲)، افزایش تراکم بار کاتیونی نشاسته موجب افزایش جاذبه بین مولکولی نشاسته و سطح الیاف و افزایش جذب نشاسته می شود. افزایش جذب با افزایش تراکم بار تا هنگامی افزایش می یابد که در اثر جذب نشاسته سطح الیاف کاتیونی شود و جاذبه بین مولکولی نشاسته و سطح الیاف کاهش یابد. هر چه مصرف نشاسته بیشتر باشد، رسیدن به نقطه بیشینه جذب پر شتاب صورت می گیرد. البته درصد کم خمیر OCC هم می تواند دلیل کاهش این ویژگی های مکانیکی در اختلاط ۲۰/۸۰ در سطح ۳ درصد نشاسته باشد. ویژگی های مقاومتی خمیرهای بازیافتی OCC بستگی به نوع

سطح این الیاف شده، توان اتصال بین این نوع الیاف را افزایش می دهد و در نهایت باعث بهبود این ویژگی می شود (Heermann and *et al*, 2006). بیشترین میزان مقاومت در سطح نشاسته ۳ درصد ایجاد شده است که واقع، نشاسته به عنوان یک ماده چسبنده عمل کرده که بین بخش های موجود در ساختار کاغذ پیوند برقرار می کند. در این سطح مصرف، مقاومت وابسته به الیافی است که توسط نشاسته تقویت شده است.

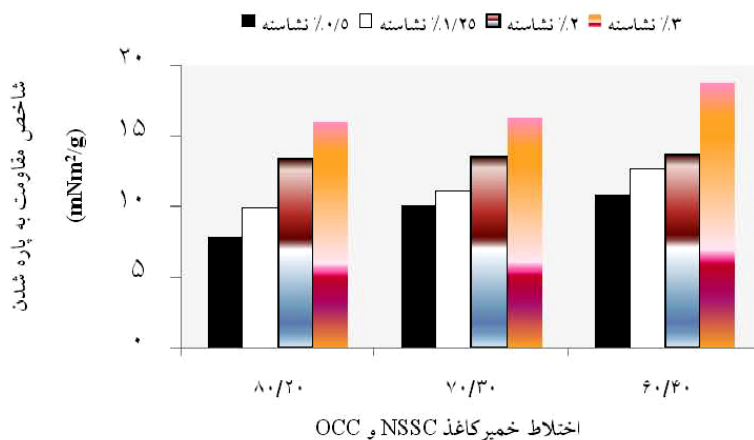
در افزایش نشاسته کاتیونی تا سطح ۳ درصد بار مثبت نشاسته نقش موثر و قوی خود را ایفا نموده و ویژگی ها به بیشینه کیفیت خود می رسند. شواهد یاد شده با نتایج بدست آمده توسط Ekhtera، Jallali Tourshizi (2008) and *et al* (2008)، Heermann and *et al* (2006) و Balazadeh (1999) که تاکید بر بهبود ویژگی های مکانیکی با افزایش مصرف نشاسته کاتیونی داشته اند، همخوانی دارد.

نسبت به افزایش مصرف خمیر بازیافتی OCC، کمتر باشد.

اثر مقادیر مختلف نشاسته بر شاخص مقاومت به پاره شدن

از نشاسته کاتیونی در ۴ سطح شامل ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد در اختلاط با خمیرهای کاغذ پیش گفته استفاده شد و مقادیر ویژگی های مکانیکی کاغذهای حاصل اندازه گیری و ارزیابی شد. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به پاره شدن تیمارها نشان داد که بین این مقادیر در سطح خطای آزمایش ۱ درصد اختلاف معنی دار آماری وجود دارد.

یکی از مشخصه های تأثیر گذار بر ویژگی مقاومت به پاره شدن، درازای الیاف است. با افزایش سطح مصرف نشاسته، مقاومت به پاره شدن نیز افزایش می یابد که دلیل مهم می تواند وجود نشاسته باشد که افزون آن به الیاف بازیافتی منجر به احیای نقاط از دست رفته در



شکل ۲- تأثیر درصدهای مختلف خمیر کاغذ OCC بر شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای حاصل در اختلاط با خمیر کاغذ NSSC در درصدهای مختلف نشاسته

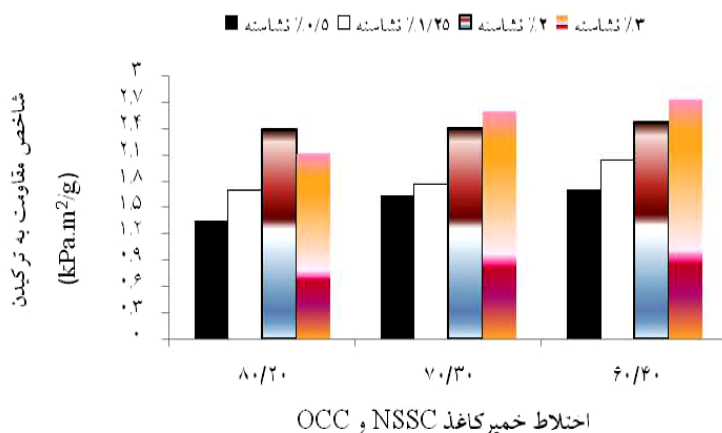
کاغذهای حاصل اندازه گیری و ارزیابی شد. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس شاخص مقاومت به ترکیدن تیمارها نشان داد که بین این مقادیر در سطح خطای آزمایش ۱ درصد اختلاف معنی دار آماری وجود دارد. نتایج نشان می دهد که با افزایش سطح مصرف نشاسته

اثر مقادیر مختلف نشاسته بر شاخص مقاومت به ترکیدن

در این قسمت از نشاسته کاتیونی در ۴ سطح شامل ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد در اختلاط با خمیرهای کاغذ پیش گفته استفاده شد و مقادیر ویژگی های مکانیکی

مقدار مقاومت به ترکیدن تا سطح نشاسته ۲ درصد رخ می دهد. شواهد بالا با نتایج Jallali Tourshizi (2008) and *et al* (2006). Ekhtera and *et al* (2008) و Heermann و Balazadeh (1999) که تاکید بر بهبود ویژگی های مکانیکی با افزایش مصرف نشاسته کاتیونی داشته اند، همخوانی دارد.

مقاومت به ترکیدن افزایش می یابد که در واقع افزودن نشاسته به لیاف بازیافتی منجر به احیای نقاط از دست رفته در سطح این لیاف شده، توان اتصال بین این نوع لیاف را افزایش می دهد و در نهایت باعث افزایش این ویژگی مقاومتی کاغذ دست ساز می شود. هم چنین افزودن نشاسته کاتیونی باعث افزایش ثباتی در سطح نسبی پیوند می شود. در اختلاط ۲۰/۸۰ این افزایش در



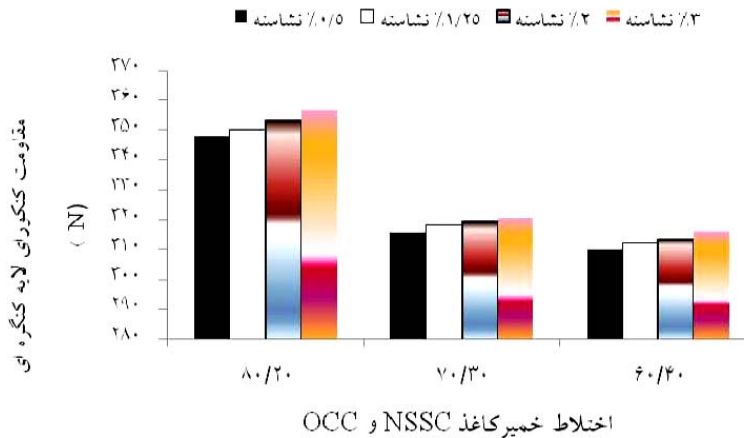
شکل ۳- تاثیر درصد های مختلف خمیر کاغذ OCC بر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ های حاصل در اختلاط با خمیر کاغذ NSSC در درصد های مختلف نشاسته

افزایش مقاومت کاغذ در اثر افزایش میزان مصرف نشاسته نسبت به افزایش مصرف خمیر بازیافتی OCC، کمتر باشد.

اثر مقادیر مختلف نشاسته بر مقاومت کنکورای لایه کنگره ای

در این قسمت نیز از نشاسته کاتیونی در ۴ سطح شامل ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد در اختلاط با خمیر های کاغذ پیش گفته استفاده شد و مقادیر ویژگی های مکانیکی کاغذ های حاصل اندازه گیری و ارزیابی شد. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس مقاومت کنکورای لایه کنگره ای تیمارها نشان داد که بین این مقادیر در سطح خطای آزمایش ۱ درصد اختلاف معنی دار آماری وجود دارد.

همان طور که اشاره شد، افزایش سطح مصرف نشاسته موجب ایجاد نیروی جاذبه بین نشاسته و سطح آنیونی لیاف و افزایش شتاب و میزان جذب نشاسته می شود. در سطح ۳ درصد نشاسته، این شاخص افت می کند. در واقع با افزایش سطح مصرف و درجه استخلاف کاتیونی (DS) نشاسته، نقطه ای حاصل می شود که میزان جذب نشاسته به بیشینه می رسد و سپس کاهش می یابد. هر چه مصرف نشاسته بیشتر باشد، رسیدن به نقطه بیشینه جذب پرشتاب صورت می گیرد. همان طور که اشاره شد، این افت بعضی از ویژگی های مقاومتی (مقاومت به ترکیدن، کشش و درازای پارگی) در اختلاط ۲۰/۸۰، می تواند درصد کم خمیر OCC در اختلاط با خمیر NSSC نیز باشد که سبب چنین پدیده ای شده است. با توجه به نتایج یاد شده به نظر می رسد که میزان

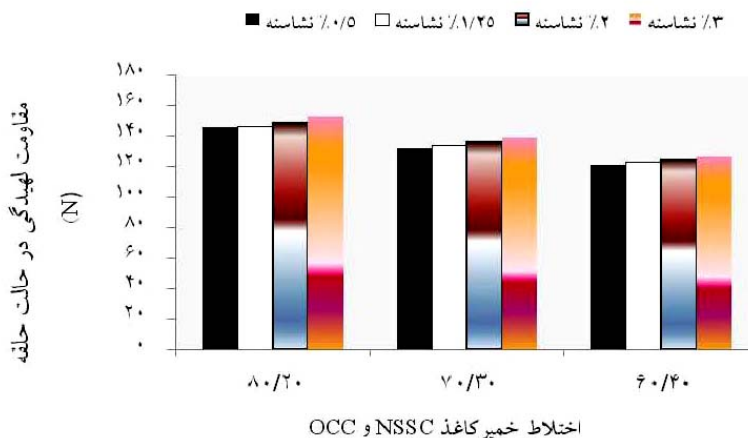


شکل ۴- تاثیر درصدهای مختلف خمیر کاغذ OCC بر مقاومت کنکورای لایه کنگره ای کاغذهای حاصل در اختلاط با خمیر کاغذ NSSC در درصدهای مختلف نشاسته

اثر مقادیر مختلف نشاسته بر مقاومت لهیدگی در حالت حلقه کاغذ

در این قسمت هم از نشاسته کاتیونی در ۴ سطح شامل ۰/۵، ۱/۲۵، ۲ و ۳ درصد در اختلاط با خمیرهای کاغذ پیش گفته استفاده شد و مقادیر ویژگی های مکانیکی کاغذهای حاصل اندازه گیری و ارزیابی شد. نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس مقاومت لهیدگی در حالت حلقه تیمارها نشان داد که بین این مقادیر در سطح خطای آزمایش ۱ درصد اختلاف معنی دار آماری وجود دارد. آزمون لهیدگی در حالت حلقه به مقاومت به فشار و نیروی اعمال شده بر لبه ی مقوا مربوط می شود و تا حدود زیادی متناسب با CMT می باشد.

با افزایش مصرف نشاسته از صفر تا ۳ درصد در کاغذهای ترکیبی حاصل از اختلاط ۲۰/۸۰، ۳۰/۷۰، و ۴۰/۶۰ مقاومت کنکورای لایه کنگره ای نیز افزایش می یابد که علت وجود نشاسته است که افزودن آن به اختلاط، توان اتصال بین این نوع الیاف را افزایش می دهد. در واقع نشاسته ویژگی پیوند دهی به الیاف دارد و به عنوان یک ماده چسبنده عمل کرده که بین بخش های موجود در ساختار کاغذ پیوند برقرار می کند، یعنی با افزایش اتصال بین الیاف، به ترتیب باعث فشردگی و سفتی بیش تر می شود (با افزایش پیوند بین الیاف سفتی و سختی ورق کاغذ افزایش می یابد) که در نتیجه کاغذ حاصله چگالی بیشتر و دارای مقاومت زیاد نسبت به اعمال فشار خواهد بود. هم چنین شدت کاهش CMT بر اثر وجود ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد OCC بیش تر از شدت افزایش این صفت بر اثر افزایش نشاسته می باشد. در سطح نشاسته ۳ درصد، بار مثبت نشاسته نقش موثر و قوی خود را ایفا و این ویژگی را بهبود می بخشد. شواهد بالا با نتایج Barzan (1997) و Asadpour and et al (2008) همخوانی دارد.



شکل ۵- تاثیر درصد‌های مختلف خمیر کاغذ OCC بر مقاومت لهیدگی در حالت حلقه کاغذهای حاصل در اختلاط با خمیر کاغذ NSSC در درصد‌های مختلف نشاسته

بهترین تیمار آزمایشی از نظر مجموع ویژگی‌های مکانیکی تعیین شد (جدول ۲، جدول ۳). با توجه به امتیازات تعلق یافته به هر یک از تیمارهای آزمایشی تیمار C۴ به عنوان بهترین تیمار گزینش شده است که در آن ۶۰ درصد خمیر NSSC و ۴۰ درصد OCC با مصرف نشاسته ۳ درصد وجود دارد. می‌توان OCC را تا ۴۰ درصد در اختلاط با NSSC به کار برد و کاغذی با بهترین ویژگی‌های مکانیکی به دست آورد، به شرطی که نشاسته در حد ۳ درصد مصرف شود. نتایج نشان می‌دهد که تیمار با کد C۴ به لحاظ مجموع ویژگی‌های مقاومتی مورد بررسی بهترین شرایط را داراست. با توجه به امتیازهای تعلق یافته به هر یک از تیمارهای آزمایشی، تیمار B۴ در رتبه دوم قرار دارد که در آن ۷۰ درصد خمیر NSSC و ۳۰ درصد OCC به کار رفته است و مصرف نشاسته ۳ درصد بوده است. این امر نشان می‌دهد که در نسبت اختلاط ۳۰/۷۰ با مصرف نشاسته ۳ درصد می‌توان به ویژگی‌های مقاومتی بهینه‌ای دست یافت. تیمار A۴ در رتبه سوم قرار دارد که در آن ۸۰ درصد خمیر NSSC و ۲۰ درصد OCC به کار رفته است و مصرف نشاسته ۳ درصد بوده است. این امر نشان می‌دهد که در نسبت اختلاط ۲۰/۸۰ با مصرف نشاسته ۳ درصد می‌توان به ویژگی‌های مقاومتی بهینه‌ای دست یافت. یعنی اگر قرار بر این است که از نسبت اختلاط

نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مصرف نشاسته از صفر تا ۳ درصد در کاغذهای ترکیبی حاصل از اختلاط ۲۰/۸۰، ۳۰/۷۰ و ۴۰/۶۰ مقاومت لهیدگی در حالت حلقه نیز به تناسب افزایش می‌یابد که به دلیل وجود نشاسته است. ثابت شده است که سفتی ورق کاغذ به طور معمول با افزایش پیوند بین الیاف افزایش می‌یابد و به دلیل خاصیتی که نشاسته در پیوند یابی بین الیاف داشته و به نوعی به عنوان ماده چسبنده عمل می‌کند، لذا سبب افزایش چگالی می‌شود (Hamzeh and Afra, 2002; Rostampour, 2008). کاغذ با چگالی بیش‌تر نیز مقاومت لهیدگی در حالت حلقه بیشتری دارد. هم‌چنین لازم به یادآوری است که شدت کاهش RCT بر اثر وجود ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد OCC بیشتر از شدت افزایش این صفت بر اثر افزایش نشاسته است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در سطح نشاسته ۳ درصد در کاغذهای ترکیبی حاصل از اختلاط ۲۰/۸۰، ۳۰/۷۰ و ۴۰/۶۰ بیش‌ترین میزان مقاومت را دارد که در این سطح، بار مثبت نشاسته نقش موثر و قوی خود را ایفا کرده و این ویژگی بهبود یافته است. شواهد بالا با نتایج (Asadpour and et al (2008) و Barzan (1997) همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

پس از اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی کاغذهای دست ساز حاصل از تیمارها، معادله‌های نرمال سازی محاسبه و

نشاسته کاتیونی در سطح ۳ درصد در اختلاط ۴۰/۶۰ با خمیرهای NSSC و OCC برای بهبود ویژگی ها توصیه می شود و می توان کاغذ فلوتینگ (لایه کنگره ای) با ویژگی های مکانیکی بهینه به دست آورد.

۲۰/۸۰ استفاده شود، مصرف نشاسته به میزان ۳ درصد توصیه می شود. نتایج بالا می تواند گویای این مطلب باشد که تاثیر نشاسته در بهبود مقاومت ها بیش از اثر خمیر بازیافتی OCC است. سطح اختلاط باید در حد ۳۰-۴۰ درصد OCC حفظ شود. به طور کلی مصرف

جدول ۳- امتیازهای تعلق یافته به تیمارها بر پایه الگوهای ۳ گانه

کد تیمار	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
الگوی ۱	۰/۸۶۸۷	۰/۹۷۸۳	۱/۱۵۶۸	۱/۱۵۹۰	۰/۹۱۳۳	۰/۹۶۲۵	۱/۱۱۸۰	۱/۱۹۳۶	۰/۹۱۵۰	۱/۰۱۲۹	۱/۱۱۳۲	۱/۲۶۲۰
الگوی ۲	۰/۸۸۶۱	۰/۹۸۶۵	۱/۱۴۷۶	۱/۱۵۸۶	۰/۹۱۸۱	۰/۹۶۴۴	۱/۱۰۴۰	۱/۱۷۵۳	۰/۹۱۳۴	۱/۰۰۴۳	۱/۰۹۳۰	۱/۲۳۵۸
الگوی ۳	۰/۸۵۳۹	۰/۹۷۳۹	۱/۱۶۷۱	۱/۱۴۸۲	۰/۹۰۸۲	۰/۹۶۰۱	۱/۱۳۴۰	۱/۲۰۳۹	۰/۹۱۲۰	۱/۰۲۰۰	۱/۱۳۴۱	۱/۲۸۰۷

منابع

- 1- Afra, E. 2002. Properties of paper an introduction. Aijj Publications. 392 pages. (Translated In Persion)
- 2- Akbarpour, I. 2009. Enzymatic deinking of old newspaper. M.SC thesis. Agricultural sciences & natural resources university of gorgan. 121 pages. (In Persion)
- 3- Asadpour atouii, Gh. Ghasemian. A. Saraeyan, A.R and Ghaffari, M. 2008. occ pulp quality study and optimum occ consumption mixed with NSSC pulp from hardwood possibility to produce fluting paper in Mazandaran wood & paper industries. 10 pages. (In Persion)
- 4- Asgari, H. 2000. Investigation of the effect of non-fiber additives on pulping and paper properties from waste packaging papers. M.SC thesis. Tarbiat moddares University. 120 pages. (In Persion)
- 5- Barzan, A. 1997. Investigation of the application of waste paper packaging in fluting paper production in Mazandaran wood & paper industries. M.SC thesis. Tarbiat moddares University. 95 pages. (In Persion)
- 6- Balazadeh, S. 1999. Investigation of the optimization of additive materials use in OMP production in Mazandaran wood & paper industries. M.SC thesis. Agricultural sciences & natural resources university of gorgan. 106 pages. (In Persion)
- 7- Ekhtera, M. H., Rezayati charani, P., Ramezani, O., Azadfallah, M. 2008. Effects of poly-aluminum chloride, starch, alum, and rosin on the rosin sizing, strength, and microscopic appearance of paper prepared from old corrugated container (occ) pulp. Bioresources, 4(2): 291-318
- 8- Feyzi, A. 1997. Recycling of waste paper. Seminar thesis. Agricultural sciences & natural resources university of gorgan. Pp 9-19. (In Persion)
- 9- Glittenberg, detlev. 1993. Starch alternatives for improved strength, retention, and sizing. Tappi journal 11(76): 215-2191.
- 10- Howard, R. C and Jowsey, c. j. j. 1989. pulp paper sci., 15(6) : 225- 229
- 11- Hamzeh, Y. and Rostampour, A. 2008. Principales of papermaking chemistry. Tehran Univ. Press, 424p (In Persion)
- 12- Heermann, M., S. Welter, and M. A. Hubbe. 2006. Effect of high treatment levels in a dry-strength additive: program based on deposition of polyelectrolyte complexes How much glue is too much?. Tappi journal 5(6): 9-14
- 13- Hubbe, M.A. 2006a. Bonding between cellulosic fibers. Bioresources Technology, 1(2): 281-318.

- 14- Jalal, S. 1896. Optimum use of paper waste. Proceeding book of the 1st conference of forest and industry. Industry Association. 145 pages.(In Persion)
- 15- Jallali Tourshizi, H. 2008. Determination of dry strength additives composition on recycled OCC strength properties.the qst Iranian conference on supplying raw materials and development of wood & paper industries. M.SC thesis. Department of natural resources of Tehran university.120 pages.(In Persion)
- 16- Linen, C., Booth, G. 1990 . paper matters. Uk: paper publication
- 17- Mirshokraei, S.A. 2001. Pulp & paper technologists(G.A. Smook). Aiij Publications. 501 pages.(Translated In Persion)
- 18- Nouri chaperperdi. H. 2006. The effect of refining on MOW & OMP of paper properties. M.SC thesis. Agricultural sciences&natural resources university of gorgan.99 pages.(In Persion)

Determination of The Optimum Use of Cationic Starch on the Basis of the Mechanical Strengths of Mixed OCC and Virgin NSSC pulps

M. Ghaffari^{*1}, A. Ghasemian², H. Resalati³ and Gh. Asadpour⁴

Abstract

This study was carried out to optimize of cationic starch use for improvement of the mechanical properties of mixed OCC & NSSC pulps. NSSC pulps were mixed with the OCC pulps by following weight ratios: 80/20, 70/30 and 60/40, respectively. Cationic starch was used in different charges of 0.5, 1.25, 2 and 3 %. The produced paper strength properties were measured according to Tappi standard. The results obtained from normalized equation showed that treatment of C4 (60% NSSC+ 40% OCC using 3% Cationic starch) is the best suitable samples. Also, by increasing the OCC proportion in mixed pulps, tensile, Tear, burst strengths increases, but Concora medium test (CMT) and Ring crush test (RCT) decreased. In general, by increasing of the cationic starch dosage, mechanical strengths has increased and its improved use had determined by 3% cationic starch.

Keywords: NSSC Pulp, OCC Pulp, Cationic Starch, Mechanical Strengths

* Corresponding author: Email: papermaker862@gmail.com