

## تأثیر استفاده از کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ کنگره‌ای تهیه شده از خمیر کاغذ OCC و NSSC

مینا اکبری<sup>۱</sup>، قاسم اسدپور اتویی<sup>۲\*</sup> و نورالدین نظرنژاد<sup>۳</sup>

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

۲- نویسنده مسئول، استادیار، گروه خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، پست الکترونیک: asadpur2002@yahoo.com

۳- دانشیار، گروه خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۵

### چکیده

در نتیجه تصفیه و در طی فرایند سبک کردن و کاهش سختی آب، رسوبات کربنات کلسیم به همراه سایر ناخالصی‌ها ایجاد می‌شود که به صورت لجن‌های معدنی جمع‌آوری و دفن می‌شوند. این تحقیق باهدف بررسی تأثیر استفاده از پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب کارخانه چوب و کاغذ مازندران بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ کنگره‌ای حاصل از دو خمیر کاغذ سولفیت خنثی نیمه‌شیمیایی و کارتن‌های کنگره‌ای کهنه انجام شده است. کربنات کلسیم در سه سطح مصرفی ۵ درصد، ۱۰ درصد و ۱۵ درصد وزن خشک کاغذ به خمیرهای کاغذ اضافه شد. مقاومت به عبور هوا کاغذهای دست‌ساز، به همراه شاخص مقاومت در برابر کشش، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت در برابر پاره شدن و مقاومت به لهیدگی کنگره‌ای اندازه‌گیری و با نمونه‌های کاغذهای دست‌ساز شاهد (نمونه‌های فاقد کربنات کلسیم) مقایسه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ کنگره‌ای تأثیر منفی داشت. این تأثیر منفی پرکننده کربنات کلسیم بر خمیر کاغذ بکر سولفیت خنثی نیمه‌شیمیایی و خمیر کاغذ کارتن‌های کنگره‌ای کهنه در کیفیت کاغذ کنگره‌ای متفاوت بوده و در خمیر کاغذ کارتن‌های کنگره‌ای کهنه بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: کاغذ کنگره‌ای، پرکننده، کربنات کلسیم، مقاومت‌های کاغذ.

### مقدمه

مقوای کنگره‌ای یکی از محصولات پرمصرف صنعت کاغذ است. بیش از نود درصد کالاهای بسته‌بندی شده مانند گوشت، البسه، دارو، محصولات کاغذی و کالاهای سنگین در جعبه‌های ساخته شده از مقوای کنگره‌ای حمل می‌شوند. هر مقوای کنگره‌ای شامل دو جزء ساختاری هست که شامل لایه پشت و رو و ساختار کنگره‌ای که از لایه میانی

کنگره‌ای یا چین دار تشکیل شده است. استحکام مقوای کنگره‌ای نسبت به وزن آن بالاست و این از ویژگی این نوع مقواست که علت آن وجود ساختار کنگره‌ای است. این مقوا معمولاً محتوی ۶۵ درصد خمیر مخلوط پهن‌برگ سولفیت خنثی نیمه‌شیمیایی و ۳۵ درصد خمیر کنگره‌ای کهنه بازیافتی است. بعضی از مقوای میانی کنگره‌ای از ۱۰۰ درصد الیاف بازیافتی کنگره‌ای ساخته می‌شوند ( Afra,

لیگنین بالا سفتی و مقاومت به لهیدگی (حلقوی و کنگره‌ای) بالایی دارند (Biermann, 1996). خمیر کاغذ تولید شده با فرایند NSSC عمدتاً برای تولید کاغذ کنگره‌ای استفاده می‌شود که برای تهیه لایه میانی مقوای کنگره‌ای به کار می‌رود، همچنین در کارتن‌سازی و صنایع بسته‌بندی مصرف زیادی دارد. این لایه سفتی مورد نیاز برای مقوای کارتن را تأمین می‌کند (Hemmasi, 2005). از آنجایی که در این فرایند از الیاف پهن‌برگ استفاده می‌شود، با توجه به کم بودن پهن‌برگ با الیاف مناسب و همچنین پایین بودن استحکام خمیر کاغذ حاصل از آنها نسبت به خمیر کاغذ سوزنی‌برگ، استفاده از مواد افزودنی روشی مناسب برای افزایش شاخص‌های کیفیتی کاغذ می‌باشد. به همین منظور کاغذ-سازان مواد شیمیایی متنوعی را به منظور افزایش عملکرد محصولات نهایی و همچنین بهره‌وری از فرایند تولید استفاده می‌کنند (Nicu et al., 2005). هر کاغذی خواص ویژه‌ای دارد که مورد توافق مصرف‌کننده و تولیدکننده است (Bagherzadeh, 2013). افت کیفیت‌های فیزیکی و مکانیکی در خمیرهای بازیافتی به عنوان چالشی مهم مطرح است که محدودیت‌هایی را نیز در پی دارد (Scott, 1996; Norell, 2000). با استفاده از انواع سامانه‌ها و مواد افزودنی و پس از عبور از مراحل مختلف، انواع کاغذها از آن تهیه می‌شود. شیمی پایانه‌تر کاغذسازان را قادر می‌سازد که بسیاری از مشکلات مربوط به خواص کاغذها را حل کنند و کاغذی را تولید کنند که انطباق بیشتری با استانداردها و نیازهای مصرف‌کنندگان داشته باشد. خواص مقاومتی کاغذ مثل مقاومت به کشش، مقاومت به پاره‌شدن، مقاومت به ترک‌شدن، سختی، تاه‌خوردن و ... تحت تأثیر شیمی پایانه‌تر می‌باشد (Bagherzadeh, 2013). تبدیل فرایند ساخت کاغذ از سیستم اسیدی به سیستم قلیایی از دیگر اهداف شیمی پایانه‌تر می‌باشد. چنین مسائلی موجب تغییرات زیادی در مواد افزودنی کاغذسازی شده است. یکی از جنبه‌های اساسی این تغییرات، جایگزینی خاک رس و دی‌اکسید تیتانیوم با کربنات کلسیم و افزایش کربنات کلسیم در کاغذ تولید شده و در نتیجه افزایش آن در سیستم آب کارخانه‌های کاغذسازی

(2007). لایه کنگره‌ای میانی، سفتی مورد نیاز برای کارتن‌سازی را به مقوا می‌دهد. مهمترین خواص این نوع مقواها سفتی و مقاومت در برابر لهیدگی کنگره‌ای و حلقوی می‌باشد (Smoke, 2002). متداول‌ترین ماده اولیه در کشورهای پیشرفته که خود تولیدکننده و مصرف‌کننده انواع مختلف کاغذ می‌باشند، کاغذهای کنگره‌ای کهنه است. بازیافت کاغذهای بسته‌بندی باطله<sup>۱</sup> معروف می‌باشد، امروزه یکی از عمده‌ترین گروه‌های بازیافت، کاغذهای باطله به‌شمار می‌رود (Linen & Booth, 1990). با توجه به اینکه بخش زیادی از این نوع کاغذها را لاینر<sup>۲</sup> تشکیل می‌دهد از استحکام بالایی برخوردار می‌باشند (Barzan, 1997). ویژگی‌های مقاومتی خمیرهای بازیافتی OCC بستگی به نوع ماده اولیه و فرایند تولید دارد (Asadpour, 2012) و در صورت بازیافت این نوع کاغذ، می‌توان کاغذهایی با ویژگی‌های مقاومتی مناسب تولید کرد. خمیرهای بازیافتی از OCC به‌تتاهایی و یا همراه با درصدی از خمیرهای تازه برای تولید کاغذ کنگره‌ای بکار رفته و ویژگی‌های مورد نیاز را برآورده می‌سازند (Barzan, 1997). یکی از مهمترین فرایندهای تولید کاغذ فلوتینگ، فرایند نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی<sup>۳</sup> می‌باشد. این فرایند که بیشتر برای تولید خمیر کاغذ-های پربازده از پهن‌برگ مورد استفاده قرار می‌گیرد، از مهمترین فرایندهای نیمه‌شیمیایی مورد استفاده در جهان به‌شمار می‌رود. در این فرایند از مایع پخت سولفیت سدیم استفاده می‌شود که برای خنثی کردن اسیدهای آلی آزاد شده در زمان پخت با مقدار اندکی از کربنات سدیم، هیدروکسید سدیم و یا بی‌کربنات سدیم بافر<sup>۴</sup> می‌گردد. لیکور پخت در این فرایند شامل سولفیت سدیم به اضافه کربنات سدیم می‌باشد. این فرایند شامل سولفیت سدیم به اضافه کربنات سدیم می‌باشد. NSSC خمیری با بازده ۸۰-۶۰ درصد است و از این فرایند خمیر کاغذ و در نهایت کاغذهایی تولید می‌شود که به دلیل

- 
- 1- OCC
  - 2- Liner
  - 3 - NSSC
  - 4 - Buffer

ترین روش حذف سختی موقت آب، اضافه کردن آهک می-باشد. در نتیجه اضافه کردن آهک به آب، بی-کربنات‌های کلسیم و منیزیم به صورت ترکیبات کربنات کلسیم و اکسید منیزیم رسوب می‌کنند (Forozande, 2003). در این پژوهش تأثیر استفاده از کربنات کلسیم حاصل از تصفیه بر آب بر ویژگی‌های مقاومتی کاغذ فلوتینگ حاصل از OCC و NSSC بررسی می‌شود. از آنجا که کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب به صورت دورریز در کارخانه دفن می‌شود، در این تحقیق هدف استفاده از این پرکننده تا حدی است که مقاومت‌ها کاهش زیادی پیدا نکند.

### مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب، پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی و سایر مواد مورد نیاز مرتبط با کار می‌باشد. خمیر کاغذ مورد نیاز از دو نوع خمیر OCC و NSSC تولید شده توسط شرکت چوب و کاغذ مازندران بود که پس از تهیه به آزمایشگاه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انتقال یافت. میزان رطوبت خمیرهای مورد استفاده طبق استاندارد T412 om-94 آیین‌نامه TAPPI تعیین شد. میزان افزودن کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب، کدگذاری تیمارهای مختلف و همچنین میزان افزودن پلی‌اکریل‌آمید کاتیونی مطابق جدول ۱ انجام شد.

است (Hamzeh, 2009). پرکننده‌ها پس از نشاسته پرمصرف‌ترین مواد افزودنی هستند که در واحد وزن (تن) در ساخت کاغذ کاربرد دارند (Smoke, 2002). با توسعه فناوری کاغذسازی، این مواد بعد از الیاف، بیشترین ماده را به خود اختصاص می‌دهند. مقدار پرکننده‌ها ۳ تا ۳۰ درصد وزنی کاغذ متغیر است. کربنات کلسیم یکی از مواد معدنی فراوان در کشور است که با توجه به کیفیت و درجه خلوص ۹۹ درصدی و قیمت کمتر در مقایسه با برخی دیگر از مواد معدنی می‌تواند در کاغذ به عنوان ماده پرکننده مناسب بکار رود. درجه روشنی بالاتر و نقش راهبردی آن در بازار فروش کالا یکی از دلایل اصلی پیشرفت موفقیت‌آمیز کربنات کلسیم در جهان است که به نوع فرایندی که روی آنها انجام شده به دو دسته طبیعی و رسوب داده شده تقسیم می‌شود (Ebrahimi, 2011). یکی دیگر از انواع کربنات کلسیم، کربنات کلسیم حاصل از فرایند تصفیه آب می‌باشد. کربنات‌ها، بی‌کربنات‌ها، سولفات‌ها و کلریدهای فلزات کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز و آلومینیوم سختی آب را تشکیل می‌دهد. سختی آب را به دو قسمت سختی غیرکربناتی (سختی دائم یا پایدار) و سختی کربناتی (سختی موقت یا ناپایدار) تقسیم می‌کنند. در طی فرایند سبک کردن آب یون‌های تولیدکننده سختی را با ته‌نشین کردن نمک‌های آنها از آب جدا می‌کنند. برای سبک کردن آب روش‌های مختلفی بکار می‌رود که یکی از روش‌های مهم، جدا کردن املاح کلسیم و منیزیم با استفاده از مواد شیمیایی می‌باشد. عمومی-

جدول ۱- کد شناسایی تیمارها

نوع خمیر	تیمار	پلی‌اکریل‌آمید (درصد)	کربنات کلسیم (درصد)
OCC	O1P	۰/۳	۵
OCC	O2P	۰/۳	۱۰
OCC	O3P	۰/۳	۱۵
NSSC	N1P	۰/۳	۵
NSSC	N2P	۰/۳	۱۰
NSSC	N3P	۰/۳	۱۵

کنگره‌ای مطابق استاندارد ISO-7263 قرار گرفتند. تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از طرح فاکتوریل و آزمون دانکن برای مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی داده‌ها به کار گرفته شد.

### نتایج

#### مقاومت در برابر عبور هوا

جدولهای تجزیه واریانس ۲ و ۳ نشان می‌دهد بین مقادیر میانگین مقاومت در برابر عبور هوا کاغذهای دست-ساز در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

ابتدا اندازه‌گیری درجه‌روانی هر یک از خمیرها بر اساس استاندارد TAPPI T 227 om-4 انجام شد، سپس از تیمارهای مشخص شده، تعدادی کاغذ دست‌ساز با وزن پایه ۱۲۰ گرم بر مترمربع مطابق با استاندارد T205om88 آیین-نامه TAPPI ساخته شد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی، این کاغذها تحت آزمون‌های مقاومت در برابر عبور هوا مطابق استاندارد T460 om-02، مقاومت کششی طبق استاندارد T494 om-96، مقاومت به ترکیدن مطابق با استاندارد شماره T403 om-97، مقاومت در برابر پاره‌شدن طبق استاندارد T414 om-98 و مقاومت به لهیدگی

جدول ۲- تجزیه واریانس مقاومت در برابر عبور هوا خمیر OCC

درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۳۲/۴۱۰	۳	۱۰/۸۰۳	۵۴/۴۷۱	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۰/۹۴۰	۱/۵۷۸	۸	۰/۱۹۸	
کل	۳۳/۹۹۷	۱۱			

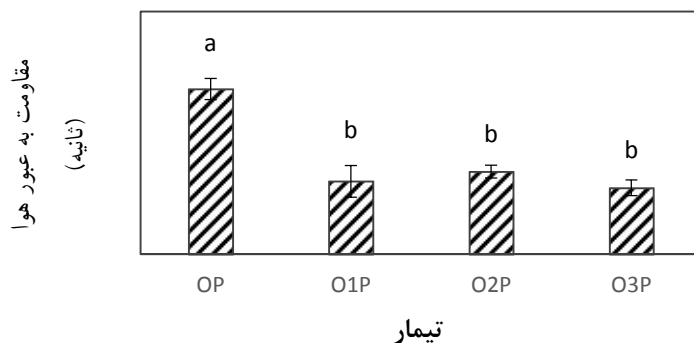
جدول ۳- تجزیه واریانس مقاومت در برابر عبور هوا خمیر NSSC

درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۲۸/۹۵۰	۳	۹/۶۵۰	۸۲/۱۲۸	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۰/۹۴۰	۸	۰/۱۱۸		
کل	۲۹/۸۹۰	۱۱			

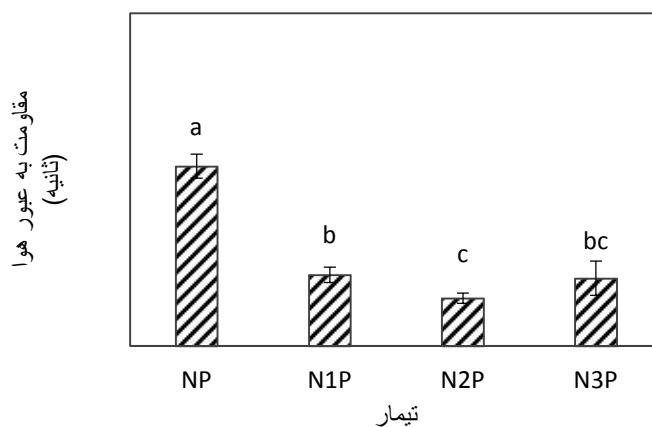
شکل ۱ و ۲ اثر درصدهای مختلف پرکننده کربنات-کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت در برابر عبور هوا کاغذهای دست‌ساز OCC و NSSC را نشان می‌دهد.

#### شاخص مقاومت به کشش

جدولهای تجزیه واریانس ۴ و ۵ نشان می‌دهد بین مقادیر میانگین شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست-ساز در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.



شکل ۱- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به عبور هوا کاغذهای دست ساز OCC



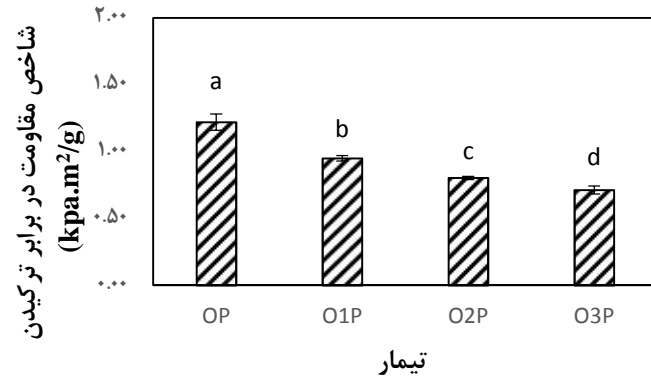
شکل ۲- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به عبور هوا کاغذهای دست ساز NSSC

جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص مقاومت به کشش خمیر OCC

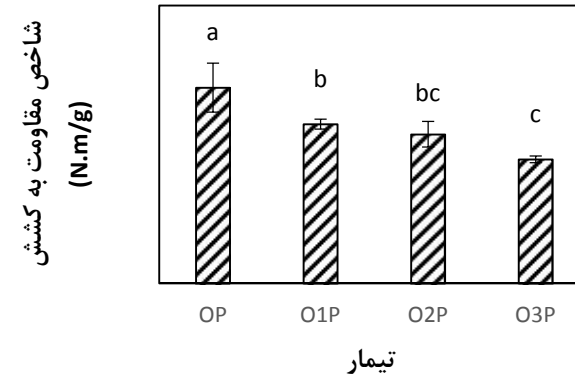
درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
بین گروهها	۹۲/۶۶۲	۳	۳۰/۸۸۷	۱۳/۴۲۴	۰/۰۰۲
درون گروهها	۱۸/۴۰۷	۸	۲/۳۰۱		
کل	۱۱۱/۰۶۹	۱۱			

جدول ۵- تجزیه واریانس شاخص مقاومت به کشش خمیر NSSC

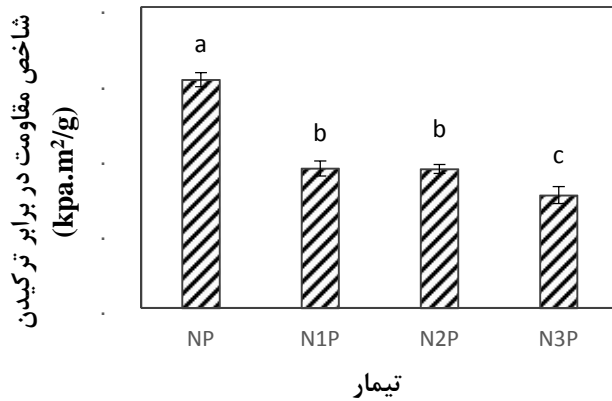
درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی داری
بین گروهها	۱۶۶/۱۸۳	۳	۵۵/۳۹۴	۱۰/۱۱۱	۰/۰۰۴
درون گروهها	۴۳/۸۲۷	۸	۵/۴۷۸		
کل	۲۱۰/۰۰۹	۱۱			



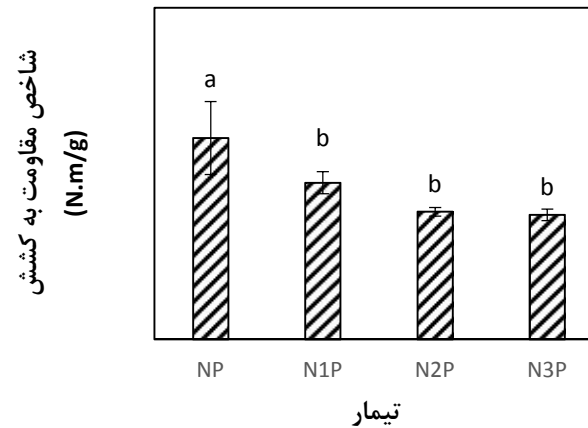
شکل ۵- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست‌ساز OCC



شکل ۳- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز OCC



شکل ۶- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست‌ساز NSSC



شکل ۴- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز NSSC

شکل ۴-۷ و ۴-۸ اثر درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به کشش کاغذهای دست‌ساز OCC و NSSC را نشان می‌دهد.

شکل ۵ و ۶ اثر درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست‌ساز OCC و NSSC را نشان می‌دهد.

#### شاخص مقاومت در برابر ترکیدن

جدولهای تجزیه واریانس ۶ و ۷ نشان می‌دهد بین مقادیر میانگین مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست‌ساز ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

#### شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن

جدولهای تجزیه واریانس ۸ و ۹ نشان می‌دهد بین مقادیر میانگین مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذهای دست‌ساز در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

جدول ۶- تجزیه واریانس شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیر OCC

درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۰/۴۳۵	۳	۰/۱۴۵	۱۰۲/۲۹۶	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۰/۰۱۱	۸	۰/۰۰۱		
کل	۰/۴۴۶	۱۱			

جدول ۷- تجزیه واریانس شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیر NSSC

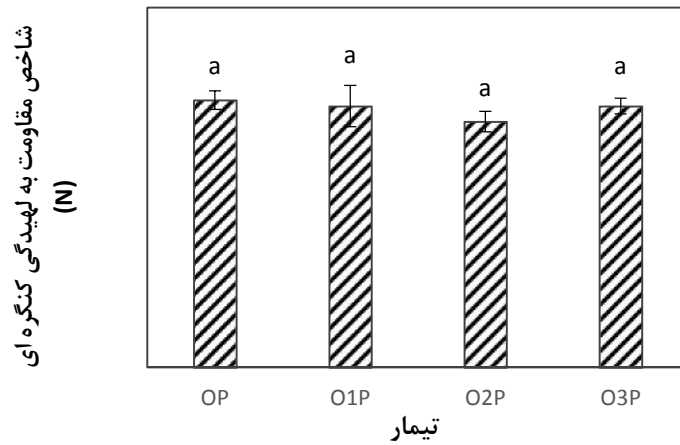
درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۰/۰۱۲	۳	۰/۳۳۷	۱۵۶/۸۸۲	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۰/۰۱۷	۸	۰/۰۰۲		
کل	۱/۰۲۹	۱۱			

جدول ۸- تجزیه واریانس شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن خمیر OCC

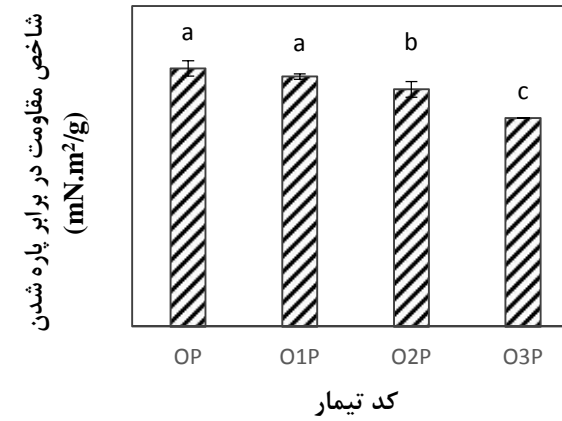
درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۲/۶۵۷	۳	۰/۸۸۶	۴۲/۷۷۳	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۰/۱۶۲	۸	۰/۰۲۰		
کل	۲/۸۱۹	۱۱			

جدول ۹- تجزیه واریانس شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن خمیر NSSC

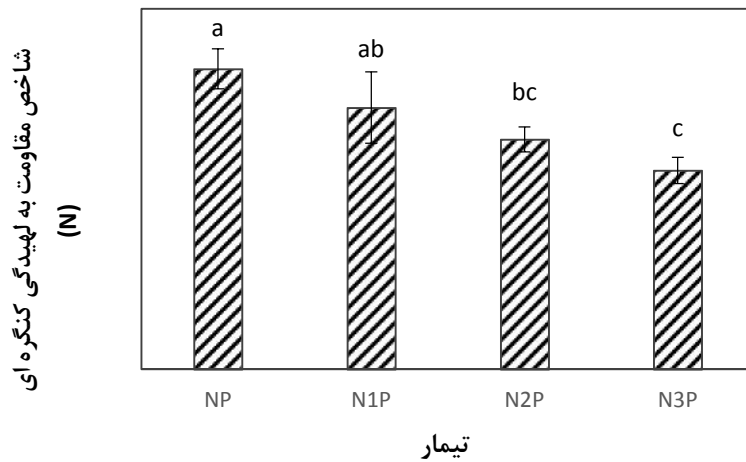
درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۱۲/۰۴۳	۳	۴/۰۱۴	۳۸۳/۲۳۳	۰/۰۰۰
درون گروه‌ها	۰/۰۸۴	۸	۰/۰۱۰		
کل	۱۲/۱۲۷	۱۱			



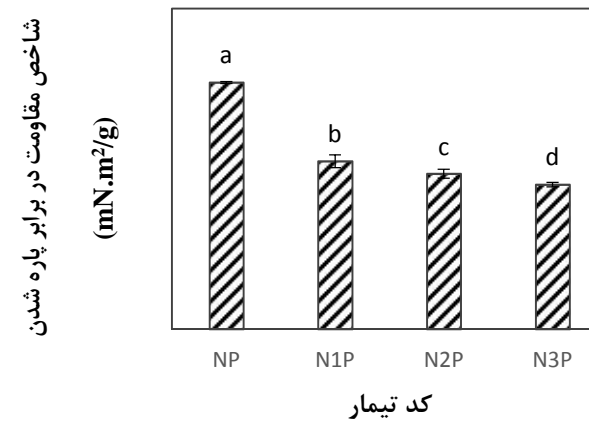
شکل ۹- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به لهیدگی کنگره ای کاغذهای دست ساز OCC



شکل ۷- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای دست ساز OCC



شکل ۱۰- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به لهیدگی کنگره ای کاغذهای دست ساز NSSC



شکل ۸- درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای دست ساز NSSC



مقادیر میانگین مقاومت به لهیدگی کنگره‌ای کاغذهای دست‌ساز در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

شکل ۱۰ و ۱۱ اثر درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت به لهیدگی کنگره‌ای کاغذهای دست‌ساز OCC و NSSC را نشان می‌دهد.

شکل ۷ و ۸ اثر درصدهای مختلف پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب بر شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذهای دست‌ساز OCC و NSSC را نشان می‌دهد.

#### مقاومت به لهیدگی کنگره‌ای

جدولهای تجزیه واریانس ۱۰ و ۱۱ نشان می‌دهد بین

جدول ۱۰- تجزیه واریانس مقاومت به لهیدگی کنگره‌ای خمیر OCC

درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۱۱۴/۲۵	۳	۳۸/۰۸	۱/۴۷۹	۰/۲۹۲
درون گروه‌ها	۲۰۶	۸	۰/۰۲۰		
کل	۳۲۰/۲۵	۱۱			

جدول ۱۱- تجزیه واریانس مقاومت به لهیدگی کنگره‌ای خمیر NSSC

درجه روانی	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
بین گروه‌ها	۶۳۴۳	۳	۲۱۱۴/۳۳	۱۱/۳۴۷	۰/۰۰۳
درون گروه‌ها	۱۴۹۰/۳۷	۸	۱۸۶/۳۳		
کل	۷۸۳۳/۶۷	۱۱			

#### بحث

##### مقاومت به عبور هوا

پیوندهای بین الیاف و در نتیجه افزایش خلل و فرج کاغذ و حجیمی کاغذ برمی‌گردد و با توجه به تراکم بیشتر پرکننده معدنی بین الیاف، در نهایت مجموعه این عوامل منجر به کاهش مقاومت به عبور هوا در هر دو خمیر OCC و NSSC می‌گردد. Antunes (۲۰۰۸) و Lumianen (۲۰۰۹) هر یک در تحقیقات خود نشان دادند با افزایش سطح پرکننده معدنی مقاومت در برابر عبور هوا کاهش پیدا می‌کند. همچنین Akbari و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند کاغذهای با پرکننده‌های معدنی و بدون اصلاح در تمامی سطوح با کاهش میزان مقاومت به عبور هوا روبه‌رو می‌شوند.

مقاومت به عبور هوا به صورت غیرمستقیم نشان‌دهنده ساختمان داخلی و ساختار کاغذ است. این مقاومت تحت تأثیر کیفیت شکل‌گیری کاغذ و چگونگی توزیع الیاف، نرمه‌های الیاف و پرکننده‌های معدنی قرار می‌گیرد. عملکرد مواد کمک نگه‌دارنده در ایجاد لخته‌ها و چگونگی پراکنش آنها را نیز می‌توان از طریق این آزمون نشان داد (Christopher, 2007). همان‌طور که در شکل ۱ و ۲ مشاهده می‌گردد با افزایش درصد پرکننده کربنات-کلسیم حاصل از تصفیه آب مقاومت به عبور هوا کاهش پیدا می‌کند. علت این موضوع به کاهش سطح پیوند و

## شاخص مقاومت در برابر کشش

مقاومت کششی یکی از مهمترین مقاومت‌های کاغذ است که آن را در برابر تنش‌های کششی که به آن وارد می‌شود، حفظ می‌کند. مقاومت کششی در واقع نیروی لازم برای شکست یک نوار باریک کاغذ است، هنگامی که طول نوار و سرعت بارگذاری کششی، هر دو به دقت مشخص شده‌اند. مقدار شاخص مقاومت به کششی با در اختیار داشتن مقاومت کششی و وزن پایه محاسبه می‌شود. عوامل مؤثر بر شاخص مقاومت به کششی کاغذ عبارت‌اند از: گراماژ کاغذ، زبری الیاف (وزن واحد طول) و پهنای الیاف. همچنین با افزایش طول الیاف، افزایش شدت پالایش، افزایش فشار پرس و انجام آهار سطحی بر روی کاغذ، مقاومت‌های کششی افزایش یافته و با افزایش مقدار مواد پرکننده و نیز شاخص شکل‌گیری (کیفیت نامناسب)، مقاومت‌های کششی کاهش می‌یابد (Afra, 2007). همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود با افزایش درصد پرکننده شاخص مقاومت به کشش در هر دو خمیر OCC و NSSC کاهش پیدا کرده است. از آنجاکه مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن از جمله مقاومت‌هایی است که به طول فایبر و میزان پیوند بین الیاف بستگی دارد ولی بیشتر متأثر از اتصال بین الیاف است (Gentile, 2003)، بنابراین علت کاهش شاخص مقاومت به کشش با افزایش درصد پرکننده کربنات‌کلسیم حاصل از تصفیه آب، می‌تواند ناشی از قرار گرفتن ذرات پرکننده در بین رشته‌های الیاف باشد و با ایجاد شکنندگی و تأثیر در اتصالات بین الیاف و سرانجام با کاهش سطح پیوند موجب کاهش مقاومت کششی شود. از طرفی چون پرکننده‌های معدنی توانایی تشکیل پیوند با الیاف سلولزی را ندارند در نتیجه به علت محدودتر و ضعیف‌تر شدن پیوند بین الیاف، مقاومت کششی کاهش می‌یابد. در همین راستا Mehrab و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی با استفاده از کربنات‌کلسیم به عنوان یک ماده پرکننده معدنی نتیجه گرفتند شاخص مقاومت کششی در کاغذهای حاوی پرکننده معدنی با افزایش سطح ماده پرکننده روند نزولی به خود می‌گیرد. همچنین Barzan و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی استفاده از کربنات‌کلسیم حاصل از تصفیه و سبک کردن آب در تولید کاغذهای ظریف گزارش

کردند که مقاومت کششی کاغذهای دست‌ساز پر شده با کربنات‌کلسیم حاصل از تصفیه آب کاهش یافته در حدود ۱۴ درصد نسبت به نمونه شاهد داشته‌اند. در تحقیقی دیگر، Bagherzadeh و همکاران (۲۰۱۲) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطح پرکننده افت مقاومت تشدید می‌شود، زیرا مواد پرکننده در کاغذ همانند یک جداکننده عمل می‌کنند، اتصالات الیاف را کاهش می‌دهد، در نتیجه مقاومت کششی کاهش پیدا می‌کند.

## شاخص مقاومت در برابر ترکیدن

مقاومت به ترکیدگی در واقع مقاومت یک ورق کاغذ در برابر تغییر شکل به وسیله یک پرده لاستیکی منبسط شونده است که با اندازه‌گیری فشار هیدرولیکی در نقطه گسیختگی (ترکیدن) کاغذ تعیین می‌شود. شاخص مقاومت به ترکیدگی، معیاری از مقاومت کاغذ در برابر ترکیدن بوده که مستقل از گراماژ کاغذ است و از طریق تقسیم مقاومت در برابر ترکیدگی به گراماژ نمونه کاغذ محاسبه می‌شود. افزایش طول الیاف، افزایش پالایش و فشار پرس باعث افزایش مقاومت به ترکیدگی و افزایش مقدار مواد پرکننده و نیز شاخص شکل‌گیری (شکل‌گیری نامناسب) باعث کاهش آن خواهد شد (Afra, 2007).

همان‌طور که در شکل ۵ و ۶ مشاهده می‌شود شاخص مقاومت در برابر ترکیدن با افزایش سطح پرکننده در هر دو نمونه خمیر روند نزولی به خود گرفته است. با توجه به اینکه با افزودن پرکننده معدنی به کاغذ، به دلیل عدم توانایی تشکیل پیوند بین الیاف و نیز تراکم پرکننده‌ها بین الیاف سلولزی، پیوند بین الیاف ضعیف‌تر و محدودتر می‌شود، در نتیجه مقاومت به ترکیدن کاهش می‌یابد (Mohammadzadeh et al., 2014). علت دیگر این امر می‌تواند به عدم پراکنش یکنواخت پرکننده معدنی و عدم شکل‌گیری مناسب نیز مربوط باشد، زیرا چنین حالتی موجب عدم توزیع تنش در کاغذ شده، در نتیجه شاخص مقاومت به کشش روند نزولی به خود بگیرد. عدم شکل‌گیری مناسب در ورق موجب ایجاد نایکنواختی در ساختار و مقاومت کاغذ می‌شود، در نتیجه کاغذ فاقد توزیع تنش مطلوب می‌شود و مقاومت به ترکیدگی کاغذ تحت تأثیر این پیامد قرار

Bagherzadeh و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند با افزایش سطح پرکننده شاخص مقاومت به پاره شدن کاهش پیدا می‌کند، به طوری که بیشترین شاخص مقاومت به پاره شدن مربوط به نمونه شاهد بدون استفاده از پرکننده می‌باشد. همچنین Barzan و همکاران (۲۰۱۵) نیز در تحقیق خود مشابه نتایج قبلی گزارش کردند که کاغذهای دست‌ساز پر شده با کربنات کلسیم استحصالی در مقایسه با تیمار شاهد، باعث کاهش حدود ۱۹ درصدی مقاومت به پارگی می‌شوند.

#### شاخص مقاومت به لهیدگی

بیشتر آزمون‌های استاندارد کاغذ مانند ترکیدن، کشش و پاره‌شدن به خوبی کیفیت جعبه واقعی را نشان نمی‌دهند، بنابراین در آزمایشگاه مقوا را کنگره‌ای کرده و آزمایش را برای تعیین مقاومت ورقه‌های آزمایشگاهی کنگره‌دار انجام می‌دهند (Biermann, 1996). مقاومت به لهیدگی به سفتی کاغذ و الیاف نسبت داده می‌شود، به طوری که ضخامت دیواره الیاف خمیر باعث می‌شود که کاغذ حاصل از آن مقاومت لهیدگی بالایی داشته باشد. در واقع هرچه دیواره الیاف ضخیم‌تر باشد الیاف مقاومت بیشتری دارند (Kasmani et al., 2014). خمیر NSSC با توجه به سفتی بالای خود برای آماده‌سازی کارتن کنگره‌ای مطلوب در نظر گرفته می‌شود. شکل ۹ و ۱۰ نشان می‌دهد با افزایش درصد پرکننده در خمیر OCC تغییر زیادی در افزایش یا کاهش مقاومت به لهیدگی مشاهده نمی‌شود اما در خمیر NSSC مقاومت اولیه بالاتری نشان داده می‌شود. در این خمیر، با افزایش پرکننده از میزان مقاومت این خمیر کاسته می‌شود؛ در این خمیر پرکننده‌ها با کاهش سطح پیوند باعث تضعیف پیوند بین الیاف شده و به دنبال آن از میزان مقاومت‌ها کاسته شده است. همچنین با کاهش مقاومت در نتیجه افزایش میزان پرکننده، احتمال ایجاد کلوخه افزایش می‌یابد.

#### نتیجه‌گیری

در این پژوهش ضمن استفاده از پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب با اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی مشخص شد که استفاده از این پرکننده بر ویژگی‌های مقاومتی

می‌گیرد (Christopher, 2007). Barzan و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی استفاده از کربنات کلسیم حاصل از تصفیه و سبک کردن آب در تولید کاغذهای ظریف به این نتیجه دست‌یافتند که مقاومت ترکیب‌دگی کاغذهای دست‌ساز پر شده با کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب کاهشی در حدود ۱۸ درصد نسبت به نمونه شاهد پیدا می‌کنند.

#### شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن

شاخص مقاومت به پاره‌شدن بیان‌کننده مقدار انرژی موردنیاز برای گسیختگی نمونه کاغذ می‌باشد. این انرژی به‌کار گرفته شده می‌تواند صرف پارگی الیاف و یا جداسازی آن از صفحه کاغذی گردد، در نتیجه موجب گسسته شدن پیوند بین الیاف شود. با توجه به ماهیت و استحکام پیوند بین الیاف، نسبت مقدار الیاف پاره شده به الیاف جدا شده از صفحه کاغذی در طی فرایند پارگی متغیر است. در کاغذهای با پیوندهای محکم بین الیاف، انرژی پارگی بیشتر صرف پاره‌شدن الیاف شده ولی در کاغذهای با پیوندهای ضعیف بین الیاف، انرژی پارگی، بیشتر صرف جدا شدن الیاف می‌شود. در مجموع با افزایش عمل پالایش و افزایش سطوح پیوند بین الیاف و همزمان کاهش میانگین طول الیاف، با افزایش مقاومت کششی، مقاومت به پارگی کاهش می‌یابد. افزایش طول الیاف باعث افزایش مقاومت به پارگی ولی افزایش میزان پالایش و فشار پرس باعث کاهش مقاومت به پارگی می‌شود (Asadpour, 2012). همانطور که در شکل ۷ و ۸ مشاهده می‌شود شاخص مقاومت به پاره شدن در هر دو خمیر با افزایش سطح پرکننده کربنات کلسیم حاصل از تصفیه آب روند نزولی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه مقاومت به پارگی به فاکتورهایی مانند طول الیاف، استحکام تک‌تک الیاف، میزان اتصالات داخلی الیاف و مقاومت اتصالات وابسته است (Lopes Velho, 2002). بنابراین با توجه به کوچک بودن اندازه ذرات پرکننده کربنات کلسیم علت این امر را می‌توان به حضور بیشتر مواد پرکننده بین الیاف و در نتیجه کاهش سطح پیوند نسبت داد که با توجه به تضعیف پیوند بین الیاف در نهایت شاهد کاهش مقاومت به پاره شدن می‌شویم.

- Ebrahimi, M., 2011. Investigation of mineral fillers retention on strength and optical properties of CMP pulp. M.Sc. thesis. University of shahid beheshti.
- Forozande sharaki, K., 2003. The principle of water treatment and purification. payame-noor press.424p. (In Persian)
- Gentile, E. 2003. Clays as fillers and coatings for paper. Presented at euro clays workshop, European clay minerals group meeting, Modena, Italy, June.
- Hamzeh, Y. and Rostampour Haftkhani, A., 2009. Principals of papermaking chemistry. Tehran university press, 424 p. (In Persian).
- Hemmasi, A.h., 2005. Application of Biotechnology in Pulp and Paper Industry. JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES Islamic Azad University, 11(1): 105-119.
- Kasmani J., Samariha A. and Nemati M. (2014). Effect of Mixing Different Contents of OCC Pulp on NSSC Pulp Strength. Bio Resources, 9(3), 5480-5487pp.
- Linen, C., Booth, G. 1990. Paper matters. Uk: paper publication.
- Lopes Velho, J., 2002. How Mineral Fillers Influence Paper Properties: Some Guidelines, Iberoamerican Congress on Pulp and paper Research.
- Lumianen, J., 2000. Refining of chemical of chemical pulp In: Gullichsen, J. and Paula Puro, H., (Eds), Paper making science and technology. Book & Fapet Oy. Jyvaskyla, Finland.
- Mehrabi, E., Resalati, H., and Mohamadzade, K. 2015. Investigation on Effect of Using Precipitated Calcium Carbonate on Paper Properties Made from CMP and Wood-Free Pulp Furnish. 22 (2): 1-17.
- Mohammadzade Saghavaz, K. Resalati, H. and Mehrabi, E., 2014. Jornal of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 21 (2): 133-147.
- Nicu. r., bobu, e., Desbrieres , j ., 2010. Chitosan Cationic Polyelectrolyte in Wet-end papermaking systems. Cellulose Chemistry and Technology J., 10, 102-108pp.
- Norell, M., Johansson, K., and Persson, M., 2000. Papermaking Science and Technology, Book 4, Papermaking Chemistry, Chapter 3, Retention and Drainage, Finland, Fapetoy.Scott, W.E., 1996. Principles of Wet End Chemistry, Chapter 1, Introduction to Wet End Chemistry, Tappi Press, 1-4 pp
- Scott, W.E. 1996. Principles of Wet End Chemistry, Chapter 1, Introduction to Wet End Chemistry, TAPPI Press, 1-4 pp.
- Smoke, G., 2002. Pulp and Paper Technology. Aeej press, Tehran. 160p.
- کاغذ کنگره‌ای تأثیر منفی دارد، به طوری که این تأثیر منفی مواد پرکننده کربنات کلسیم بر خمیر کاغذ بکر (NSSC) و خمیر بازیافتی (OCC) در کیفیت کاغذ متفاوت می‌باشد. به نحوی که خمیر (OCC) بیشترین تأثیر منفی را در شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به ترکیدن، شاخص مقاومت به پاره شدن نشان داد. همچنین در ارتباط با خمیر کاغذ NSSC بیشترین تأثیر منفی استفاده از پرکننده کربنات کلسیم مربوط به مقاومت عبور هوا و مقاومت به لهیدگی کنگره ای بوده است.
- منابع مورد استفاده**
- Afra, E., 2007. Principles of paper properties. Aeej press, Tehran. 360p.
- Akbari, M., Kaboodi, N., Torabi, H., Asadpour, Gh. and Dehghani firoozabadi, M.R., 2015. Improving the printing and writing paper properties using PCC filler modified by cationic starch. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 29(4): 515-525.
- Antunes, E., Garcia, F.A.P., Ferreira, P. and Rasteiro, M.G. 2008. Flocculation of PCC filler in papermaking: Influence of the particle characteristics. Chemical Engineering Research and Design, 86(10): 1155-1160.
- Asadpour, GH., 2012. Investigation of using colloidal silica nanoparticles and CMP cationic fiber fines on fillers retention and properties of pulp and paper improvement. Ph.D. thesis. University of Agriculture and Natural Resources of Gorgan, 250p.
- Bagherzadeh, F., 2013. Determining the optimal consumption of fillers (china clay and GCC) in the fluting papers that produced from mixture of NSSC and OCC pulps with maintaining strength properties. M.Sc., thesis. University of sari agriculture and natural resources.
- 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.
- Barzan, A., Resalaty, H., and Asadpour atoei Gh. 2015. Study of using water softening process byproduct, calcium carbonate on fine paper production. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 30(1):1-25.
- Biermann C.J., 1996. Handbook of Pulping and Papermaking Second Edition. Academic Press Ltd., London, England.
- Christopher, J., 2007. Chemistry Paper. Aeej press, Theran. 240p.

## **The effect of water softening calcium carbonate on the strength properties of fluting paper made from OCC and NSSC pulps**

**M. Akbari<sup>1</sup>, Gh. Asadpour<sup>2\*</sup> and N. Nazarnezhad<sup>3</sup>**

1-Pulp and Paper student, agriculture and natural Resources university, sari, Iran, Email: amina37@yahoo.com,

2\*-Corresponding author, Assistant Prof. Department of Wood and Paper Science and Technology, agriculture and natural Resources university, Sari, Iran, Email: asadpur2002@yahoo.com,

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

Received: Aug., 2016

Accepted: Nov, 2017

### **Abstract**

Water treatment and water softening process generates, calcium carbonate precipitates containing other impurities. These calcium carbonates is collected and buried as mineral sludge. This sludge is available as a byproduct of water treatment process in Mazandaran wood and paper mill. This study was done to investigate the effect of using this calcium carbonate as filler on strength properties of fluting paper produced from both old corrugated container (OCC) and neutral sulfite semi chemical (NSSC) pulps. Calcium carbonate was added to the pulps at levels of 5, 10 and 15% of bone dry weight of paper. The air resistant tensile index, burst index, tear index and resistant to fluting of handsheets were measured and compared to control handsheets (samples without calcium carbonate). The results showed that the use of calcium carbonate from the water treatment has a negative impact on fluting paper strength properties. Calcium carbonate filler negative impacts on virgin pulp (NSSC) and recycled pulp (OCC) is different and is more severe in OCC pulp.

**Keywords:** Fluting paper, filler, calcium carbonate, paper strengths properties.