



ع. س. م. پ.

علوم محیطی سال نهم، شماره دوم، زمستان ۱۳۹۰
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.9, No.2, Winter 2012

۱-۱۲

بررسی اثر دفعات بازیافت کاغذ باطله NSSC بر ویژگی‌های خمیر بازیافتی حاصل از آن

زهرا رزم‌پور^۱، حسین کرمانیان^۲، امید رضانی^{۳*}، سعید مهدوی^۴، مهدی رحمانی‌نیا^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه مهندسی فن‌آوری تولید سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی انرژی و فن‌آوری‌های نوین، پردیس ۲ دانشگاه شهید بهشتی

۲- استادیار، گروه مهندسی فن‌آوری تولید سلولز و کاغذ، دانشکده مهندسی انرژی و فن‌آوری‌های نوین، پردیس ۲ دانشگاه شهید بهشتی

۳- استادیار، گروه خمیر و کاغذ، موسسه تحقیقات البرز کرج، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور

۴- استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۹

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۲

The Effect of NSSC Waste Paper Recycling Times on the Properties of the Produced Recycled Pulp

Zahra Razmpour,¹ Hossein Kermanian,²
Omid Ramezani,^{2*} Saeed Mahdavi³ and
Mehdi Rahmaninia⁴

1- MSc. Student, Department of Cellulose and Paper Technology Engineering, Faculty of Energy and New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Zirab Campus

2- Assistant Professor, Department of Cellulose and Paper Technology Engineering, Faculty of Energy and New Technologies Engineering, Shahid Beheshti University, Zirab Savadkoti, Mazandaran, Iran.

3- Assistant Professor, Alborz Research Center, Forests, Range & Watershed Management Organization, Karadj, Tehran, Iran.

4- Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Mazandaran, Iran.

Abstract

Recycling is a promising approach for rescuing the earth from recoverable solid waste. Among different wastes, paper plays an important role. The effects of wastepaper recycling times on the properties of recycled paper have always been considered but less attention has been paid to semi-chemical papers. In this study, the effect of the recycling times of NSSC wastepaper on their WRV (Water Retention Value), hornification of fibers, tensile strength index, burst strength index and tear strength index was investigated. Results indicated that successive recycling of NSSC wastepaper presents an identical behavior to successive recycling of chemical waste papers. The WRV, tensile strength index, burst strength index and tear strength index decreased and the hornification of fibers increased.

Keywords: Wastepaper, Recycling times, NSSC, Water retention, Hornification.

چکیده

بازیافت را می‌توان راه نجات کره زمین از انواع زباله‌های برگشت‌پذیر دانست. در میان انواع زباله‌ها، کاغذ از حجم و اهمیت بالایی برخوردار است. اثرات دفعات بازیافت کاغذهای باطله بر ویژگی‌های کاغذ بازیافتی همیشه مورد توجه و مطالعه بوده است ولی در این میان کاغذهای نیمه شیمیایی کمتر مورد توجه بوده‌اند. در این تحقیق اثر دفعات بازیافت کاغذ سولفیت خنثی نیمه شیمیایی (NSSC) بر ماندگاری آب الیاف، استخوانی شدن الیاف بازیافتی و ویژگی‌های شاخص مقاومت به کشش، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت به پاره شدن کاغذهای حاصل بررسی شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد کاغذ NSSC بر اثر دفعات بازیافت، رفتاری مشابه با کاغذهای شیمیایی از خود بروز داده است. بطوری که ماندگاری آب در الیاف کاهش، استخوانی شدن الیاف افزایش و مقاومت‌های اندازه‌گیری شده همگی کاهش می‌یابند.

واژه‌های کلیدی: کاغذ باطله، دفعات بازیافت، سولفیت خنثی

نیمه شیمیایی، ماندگاری آب، استخوانی شدن.

* Corresponding author. E-mail Address: O_Ramezani@sbu.ac.ir

مقدمه

ایالات متحده در بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۶ نشان می‌دهند (EPA, 2007).

لذا سیاست‌های کلی در کشورها به خصوص کشورهای توسعه‌یافته به سمت استفاده از راهکارهای جدید جهت خلاص شدن از دست زباله‌ها و ضایعات معطوف گشته است. استفاده از کارخانجات کمپوست، نیروگاه‌های بایو انرژی (انرژی زیستی) با حداقل آلاینده‌گی و مهم‌تر از همه تلاش برای بازیافت هرچه بیشتر ضایعات از جمله راهکارهای مفید ارائه شده در این راستا می‌باشند.

از طرفی این دستاوردها علاوه بر نجات محیط زیست از دست مواد آلاینده باعث کاهش هزینه‌های دفع می‌شوند. به طور مثال همان‌طور که جدول شماره ۲ نشان می‌دهد بازیافت زباله‌ها می‌تواند هزینه خالص نسبت به دفن را ۵۵ دلار کاهش دهد (Ecocycle, 2010).

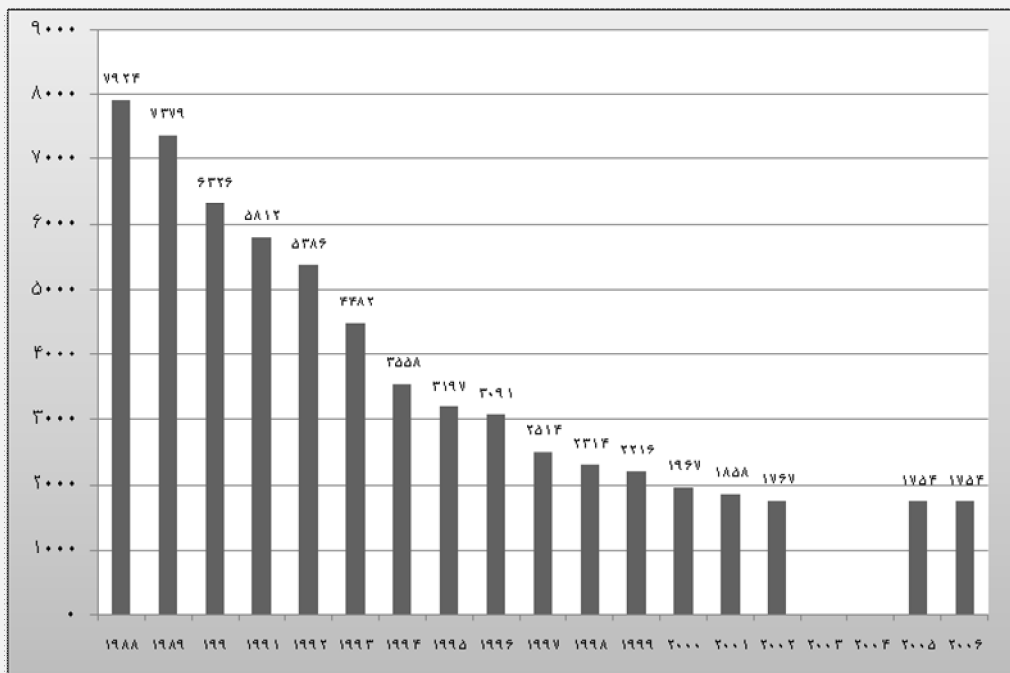
امروزه بازیافت به یکی از چالش برانگیزترین مباحث در سطح جهان تبدیل شده است. افزایش ضایعات تولید شده توسط انسان باعث کاهش شدید پتانسیل این کره خاکی جهت دریافت هر چه بیشتر این ضایعات گشته است. می‌توان گفت، دیگر، روش‌های سنتی دفع ضایعات و زباله‌ها جوابگوی نیاز بشری نیست. به طور مثال می‌توان به کاهش مناطق مورد نیاز جهت دفن زباله‌ها و ضایعات در بیشتر کشورها اشاره کرد. همچنین سوزاندن ضایعات هرچند در دهه‌های گذشته مورد توجه بوده اما به علت آلاینده‌گی هوا در سال‌های اخیر به موازات رشد ضایعات از اقبال کمتری در بیشتر کشورها به خصوص کشورهای توسعه یافته برخوردار بوده است. شکل شماره ۱ و جدول شماره ۱ وضعیت تولید، دفن، سوزاندن و بازیافت زباله را در کشور

جدول ۱- وضعیت کل مواد بازیابی شده، کل مواد بازیافت شده و کل مواد سوزانده شده بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۶ در کشور آمریکا (بر حسب میلیون تن)

فعالیت	۱۹۶۰	۱۹۷۰	۱۹۸۰	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۰۲	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶
کل مواد بازیابی شده	۵/۶	۸	۱۴/۵	۳۳/۲	۶۹/۳	۷۰/۶	۷۷/۹	۷۹/۱	۸۱/۸
کل مواد بازیافت شده	۵/۶	۸	۱۴/۵	۲۹	۵۲/۸	۵۳/۸	۵۷/۵	۵۸/۶	۶۱
کل مواد سوزانده شده	۰	۰/۴	۲/۷	۲۹/۷	۳۳/۷	۳۳/۴	۳۳/۴	۳۳/۴	۳۱/۴

جدول ۲- مقایسه هزینه‌های بازیافت و زباله

هزینه‌ها	زباله (دلار به ازای هر تن)	بازیافت (دلار به ازای هر تن)
هزینه جمع‌آوری	۶۰	۷۰
هزینه دفن	۲۰	-
هزینه فرآوری مواد بازیافتی	-	۴۵
فروش مواد بازیافتی	-	۹۰
هزینه خالص	۸۰	۲۵



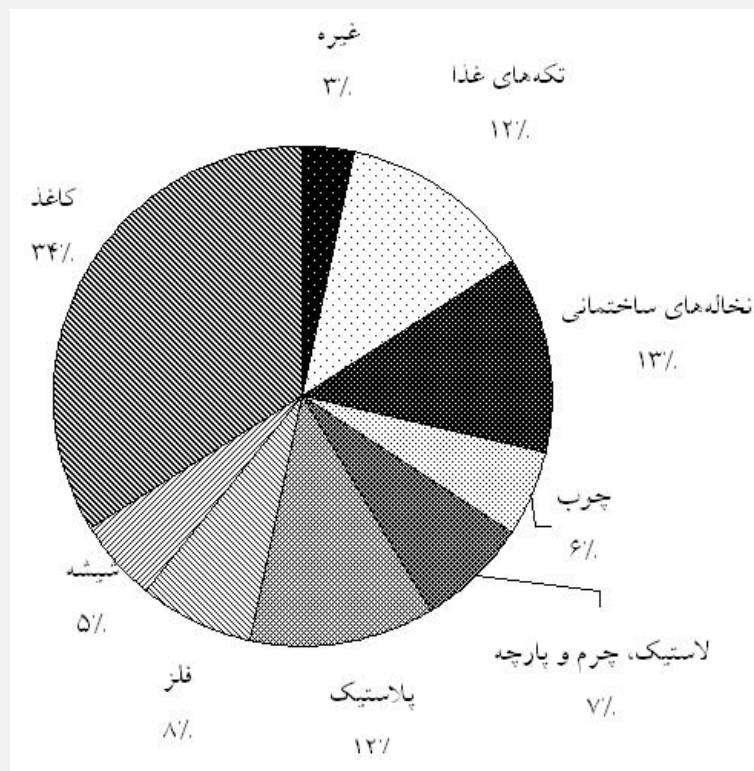
شکل ۱- تعداد مکان‌های دفن زباله در آمریکا طی سالهای ۱۹۸۸-۲۰۰۶

کمتری به نسبت کاغذهای بکر دارند و لذا کاهش مصرف انرژی خود به کاهش آلاینده‌گی در محیط‌زیست نسبت داده خواهد شد.

اما در کنار همه این مباحث تأثیرات بازیافت مجدد کاغذها بر روی ویژگی‌های کاغذهای تولیدی مسأله‌ای است که سالیان سال محققین را به خود معطوف کرده است و در این راستا مطالعات فراوانی در دهه‌های گذشته صورت پذیرفته است. در واقع قابلیت رقابت الیاف حاصل از کاغذهای باطله در برابر الیاف بکر خود مسأله انکارناپذیری است.

عده‌ای از محققین بازیافت کاغذهای شیمیایی را باعث تولید کاغذ حجیم‌تر با کاهش مقاومت‌ها و در مقابل بازیافت کاغذهای مکانیکی را باعث تولید

همان‌طور که شکل ۲ نشان می‌دهد، در میان ضایعات کاغذهای باطله حجم عظیمی را به خود اختصاص می‌دهند (EPA, 2007). لذا توجه به آن حائز اهمیت فراوانی است. بازیافت کاغذهای باطله از یک سو باعث کاهش حجم زباله‌ها و ضایعات می‌شود اما از سوی دیگر سود قابل توجهی را متوجه جامعه می‌کند. چرا که عملاً یک ماده بی‌مصرف دوباره به چرخه تولید بازگردانده می‌شود. از طرف دیگر بازیافت کاغذ باعث کاهش سطح نیاز به الیاف بکر در سطح جهانی شده و لذا نیاز به بهره‌برداری از جنگل‌ها به عنوان ریه‌های کره زمین کمتر خواهد بود. کاهش هزینه‌های تولید کاغذ بازیافتی به نسبت کاغذهای بکر خود نیز نوعی سودآوری در این راستاست. تولید کاغذهای بازیافتی، مصرف انرژی



شکل ۲- کل ضایعات جامد شهری در سال ۲۰۰۶

برای ایجاد اتصالات بین لیفی شده و در نهایت منجر به افت میزان خواص مقاومتی کاغذ حاصل می‌گردد. مطالعات نشان داده است که علت اصلی تغییر در ویژگی‌های کاغذ، بروز مسأله کاهش توانایی پیوند بین الیاف آن است (Bovin *et al.*, 1973 ; Kim *et al.*, 2000 ; Klofta *et al.*, 1994).
 عده‌ای از محققین با اندازه‌گیری میزان ماندگاری آب به بررسی وضعیت الیاف پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در بازیافت، ماندگاری آب در خمیر کاغذ حاصل کاهش می‌یابد که نشان دهنده پدیده استخوانی شدن غیرقابل بازگشت است. این استخوانی شدن باعث افزایش روانی می‌شود و اثر مرحله اول و گاه "دوم

کاغذ چگال‌تر با افزایش مقاومت‌ها برآورد نمودند. آنها علت این رفتار در کاغذهای شیمیایی را کاهش تورم مجدد، کاهش انعطاف پذیری این الیاف به علت استخوانی شدن و در نتیجه کاهش قابلیت پیونددهی دانستند (Bovin *et al.*, 1973 ; Bichard & Howard, 1992 ; et al., 2001 ; Rahmaninia *et al.*, 2008 ; Gurnagal).

هم‌چنین عده‌ای از محققین تعدد دفعات بازیافت بر ویژگی‌های الیاف بازیافتی را تحت بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که بازیافت پی در پی کاغذها منجر به کاهش میزان لیفچه‌ای شدن سطح الیاف بازیافتی و در نتیجه کاهش پتانسیل این الیاف

بازیافت از همه آشکارتر است (Law et al., 1996; Jahan Latibari et al., 2008).

Sedlachek and Ellis نیز افزایش مقاومت الیاف را برای یک مرحله بازیافت کاغذ تولیدی از خمیر کاغذ سفید شده یک پهن برگ جنوبی بدست آوردند. در حالی که نتایج حاصل از بازیافت‌های بعدی کاهش در مقاومت الیاف را نشان دادند (Sedlachek and Ellis, 1993).

اما مطالعات اشاره شده با تمرکز بر روی خمیرهای شیمیایی و یا خمیرهای مکانیکی بوده و در این میان خمیرهای نیمه شیمیایی از اقبال و سهم کمتری در مطالعات برخوردار بوده‌اند. خمیر کاغذ NSSC از جمله مواردی است که رفتار بازیافت بر ویژگی‌های کاغذ بازیافتی حاصل از آن کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. لذا در این تحقیق رفتار این خمیر در مقابل افزایش دفعات بازیافت مورد توجه بوده است.

مواد و روش‌ها

خمیر کاغذ مورد نیاز جهت انجام این تحقیق از کارخانه چوب و کاغذ مازندران تهیه گردیده و به آزمایشگاه خمیر و کاغذ مرکز تحقیقات البرز انتقال داده شد. مشخصات خمیر مورد نظر در جدول شماره ۳ آورده شده است. این خمیر تا رسیدن به درجه روانی ۳۴ (°SR) با دستگاه PFI-Mill پالایش

گردید و سپس از این نمونه پالایش شده، ورقه دست ساز با دستگاه ورقه ساز KCL تهیه گردید و با خشک کن استوانه‌ای در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردید. ورقه دست‌ساز که در مرحله اول ساخته شد بنام بازیافت صفر نام گرفت. تعدادی از این ورقه‌ها جهت تست‌های کاغذ انتخاب گردید و باقی ورقه‌ها برای انجام بازیافت، دوباره به صورت خمیر در آمده و از آن‌ها ورقه دست ساز ساخته شد و بازیافت یک نام گرفت. این پروسه دو بار دیگر نیز تکرار شد و کاغذهای ساخته شده بازیافت دوم و بازیافت سوم نام گرفتند و از هر مرحله تعدادی کاغذ جهت انجام تست‌های مقاومتی انتخاب گردید.

تمامی مراحل کار، شامل پالایش خمیر و ساخت کاغذهای دست‌ساز به وزن پایه ۶۰ گرم بر مترمربع و آزمایش‌های مربوطه بنابر استانداردها و دستورالعمل‌های مربوطه به شرح زیر انجام گرفته است:

SCAN-C 24:67	پالایش خمیر
SCAN-C M5:67	ساخت ورقه دست ساز
T403 OM-02	مقاومت به ترکیدن
TAPPI UM-256	مقدار ماندگاری آب
T414 OM-04	مقاومت به پاره شدن
T494 OM-01	مقاومت به کشش
T410 OM-02	وزن پایه کاغذ
T411OM-05	ضخامت کاغذ

جدول ۳- مشخصات خمیر کاغذ مصرفی

نوع خمیر کاغذ	درجه روانی اولیه (°SR)	بازده (%)	pH	ریزه چوب (%)
سولفیت خنثی نیمه شیمیایی	۱۵	۷۷/۷	۶/۵	۲/۲

نتایج حاصل از ویژگی خمیر کاغذهای بدست آمده بوسیله آزمون فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی و به کمک نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

دانشیته ظاهری استاندارد خاصی نداشته و از تقسیم وزن پایه کاغذ بر ضخامت کاغذ بدست می آید. هم چنین استخوانی شدن نیز از فرمول ذیل محاسبه می شود:

$$\text{استخوانی شدن (\%)} = \frac{WRV_0 - WRV_1}{WRV_0} \times 100$$

نتایج
میانگین نتایج ویژگی های اندازه گیری شده در جدول شماره ۴ و خلاصه تجزیه واریانس ویژگی های موردنظر در جدول شماره ۵ خلاصه شده است.

که در آن WRV_0 مقدار ماندگاری آب خمیر کاغذ بکر و WRV_1 مقدار ماندگاری آب کاغذ بازیافت شده می باشد.

جدول ۴- میانگین نتایج ویژگی های اندازه گیری شده

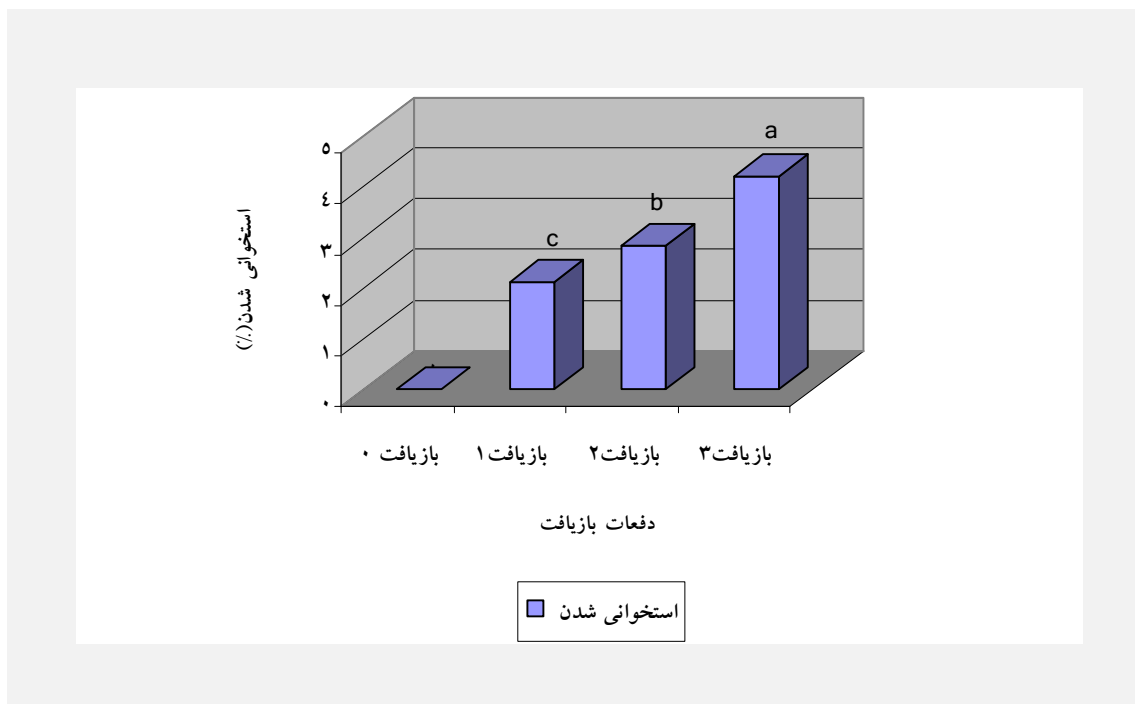
نوع ویژگی کاغذ	دانشیته ظاهری (g/cm^3)	شاخص مقاومت به کشش (Nm/g)	شاخص مقاومت به ترکیدن ($kpa.m^2/g$)	شاخص مقاومت به پاره شدن ($mN.m^2/g$)	مقدار ماندگاری آب (g/g)	استخوانی شدن (%)
بازیافت ۰	۰.۳۸۸	۳۵.۶۳۱	۱.۰۸۷	۳.۶۳	۱.۴۱	۰
بازیافت ۱	۰.۳۸۸	۳۲.۴۶۵	۰.۷۶۶	۳.۳۱	۱.۳۸	۲.۱۲
بازیافت ۲	۰.۳۸۵	۲۴.۵۹۷	۰.۵۲۹	۲.۵۱	۱.۳۷	۲.۸۳
بازیافت ۳	۰.۳۷۸	۲۱.۳۲۸	۰.۴۹۲	۲.۱۸	۱.۳۵	۴.۲

جدول ۵- جدول خلاصه تجزیه واریانس خواص ویژگی های اندازه گیری شده

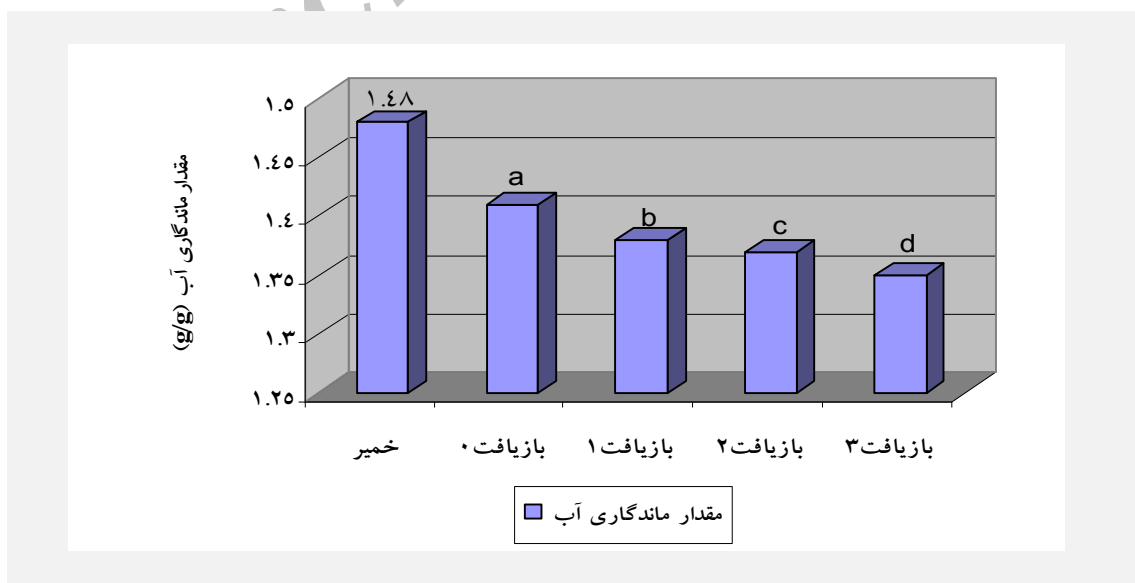
ویژگی	دانشیته ظاهری	شاخص مقاومت به ترکیدن	شاخص مقاومت به کشش	شاخص مقاومت به پاره شدن	مقدار ماندگاری آب	استخوانی شدن
متغیر						
تیمار	**	**	**	**	**	**

شکل ۴ نشان می‌دهد که افزایش دفعات بازیافت باعث کاهش ماندگاری آب در الیف خمیر NSSC می‌شود و تفاوت بین دفعات مختلف بازیافت از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد.

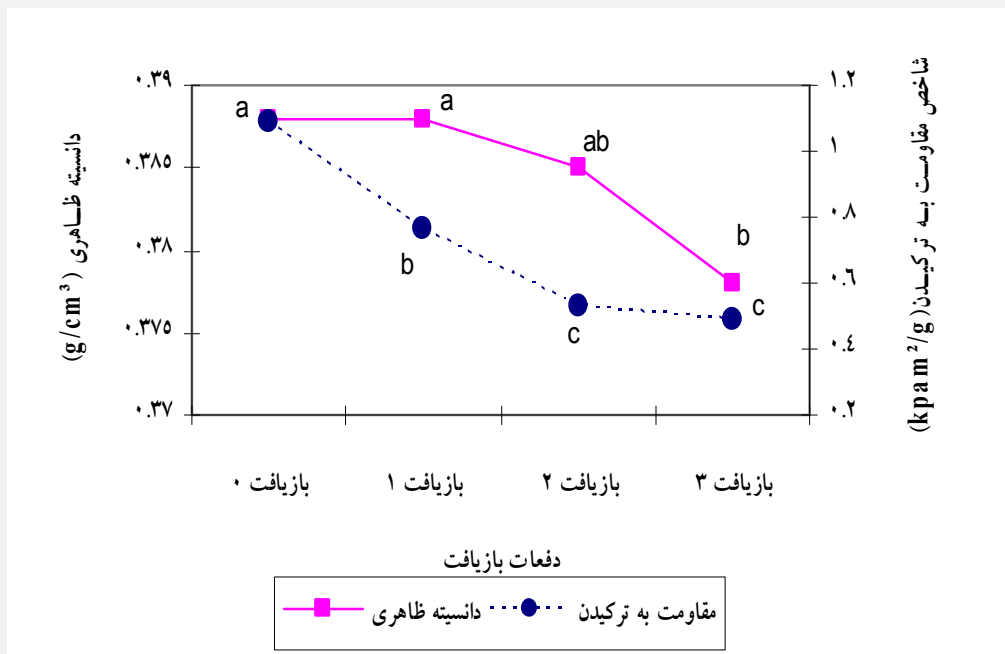
شکل ۳ نشان می‌دهد که افزایش دفعات بازیافت باعث افزایش استخوانی شدن الیف خمیر NSSC می‌شود و تفاوت بین دفعات مختلف بازیافت از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد.



شکل ۳- نمودار تأثیر دفعات بازیافت بر استخوانی شدن



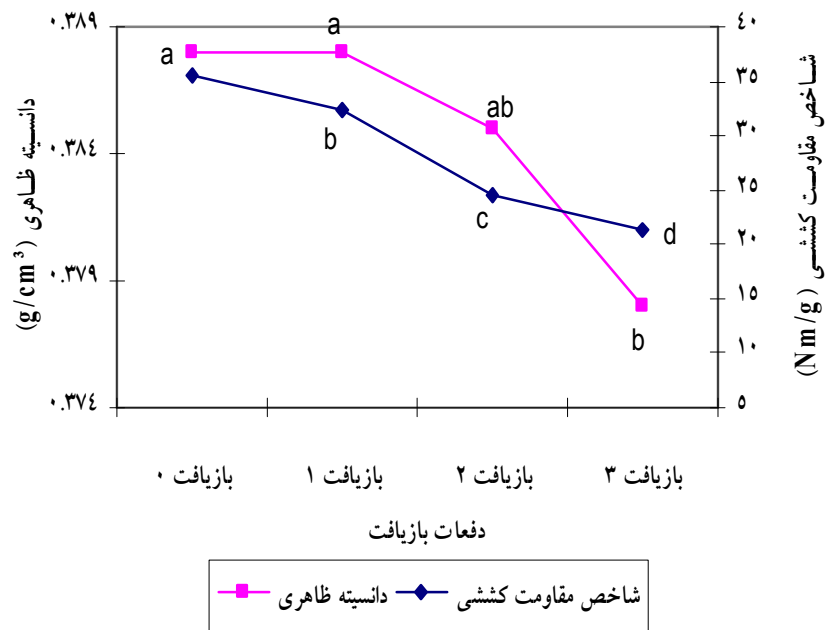
شکل ۴- نمودار تأثیر دفعات بازیافت بر مقدار ماندگاری آب



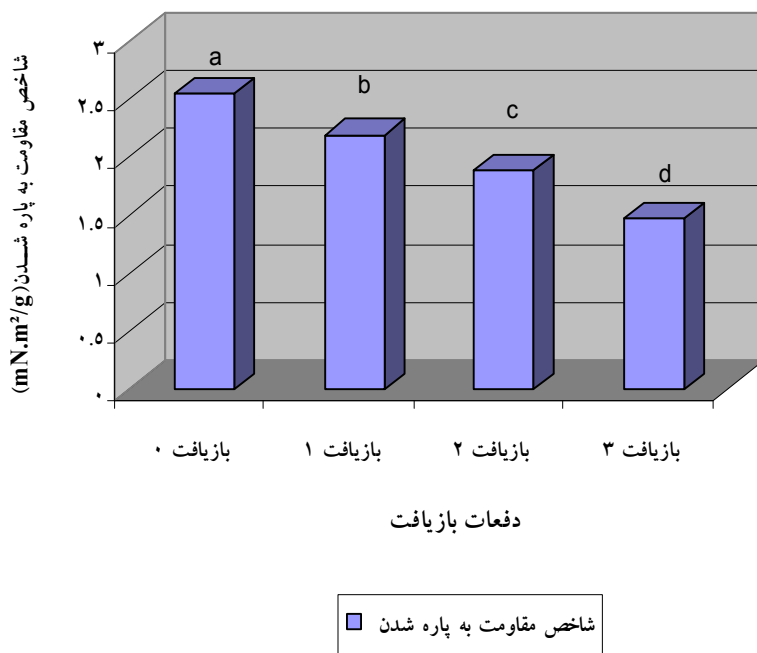
شکل ۵- نمودار تأثیر دفعات بازیافت بر دانشیته ظاهری و شاخص مقاومت به ترکیدن

مقاومت به ترکیدن در هر دو مرحله بازیافت، در حالی که افت شاخص مقاومت به ترکیدن در سومین مرحله بازیافت نسبت به اولین مرحله بازیافت حدود ۷ درصد می باشد. علت وجود روند کاهشی با تطابق این نمودار با نمودار دانشیته ظاهری قابل توجیه است. همچنین شکل ۶ نشان می دهد که شاخص مقاومت به کشش با افزایش دفعات بازیافت کاهش می یابد و این کاهش از نظر آماری در بین تمام دفعات بازیافت معنی دار می باشد. علت وجود روند کاهشی با تطابق این نمودار با نمودار دانشیته ظاهری قابل توجیه است.

شکل ۵ نشان می دهد که دانشیته ظاهری با افزایش دفعات بازیافت روند کاهشی را دنبال می کند هرچند از نظر آماری هر دفعه بازیافت نسبت به دفعه قبل از خود تفاوت معنی داری را تجربه نمی کنند. علت این روند کاهشی ملایم با توجه به نمودار استخوانی شدن قابل بررسی است. همچنین شکل ۵ نشان می دهد که شاخص مقاومت به ترکیدن با افزایش دفعات بازیافت کاهش می یابد هرچند که این کاهش از نظر آماری در دفعات بازیافت دوم و سوم تفاوت معنی داری را نشان نمی دهد. در واقع حداکثر کاهش با اولین و دومین بازیافت اتفاق می افتد (حدود ۳۰ درصد کاهش افت شاخص



شکل ۶- نمودار تأثیر دفعات بازیافت بر دانسیته ظاهری و شاخص مقاومت کشش



شکل ۷- نمودار تأثیر بازیافت بر شاخص مقاومت به پاره شدن

شکل ۷ نشان می‌دهد که با افزایش دفعات بازیافت، شاخص مقاومت به پاره شدن روند کاهشی به خود می‌گیرد. همان طور که شکل ۷ نشان می‌دهد تفاوت بین این دفعات بازیافت از نظر آماری کاملاً معنی‌دار می‌باشد.

بحث

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌کنید، خمیر نیمه شیمیایی NSSC در پدیده استخوانی شدن رفتاری مشابه خمیرهای شیمیایی از خود نشان می‌دهد و این نتایج با نتایج Bovin و همکاران (1973) و kim و همکاران (2000) مطابقت دارد. هم‌چنین کاهش قابلیت نگهداری آب در اثر بازیافت متوالی افراد توسط مطالعات متعدد دیگری عنوان شده است. بعنوان مثال، در پژوهش صورت گرفته توسط Laivins and Scallan (1993) بیان شد که بسیاری از عملیات بازیافت کاغذ شامل پالایش، پرس‌تر و خشک کردن منجر به کاهش ظرفیت نگهداری آب در الیاف کاغذ بازیافتی می‌شود. آنها بویژه این تغییرات را در فرآیند پرس‌تر کاغذ به تشکیل برگشت‌ناپذیر پیوندهای هیدروژنی بین سطوح الیاف سلولزی در فضای خالی دیواره سلولی نسبت دادند که فشار اعمال شده موجب فشردگی شدن الیاف بر روی یکدیگر و تشکیل پیوندهای مذکور می‌شود. افزایش استخوانی شدن به معنای کاهش قابلیت پیوندی الیاف به واسطه فیبریله شدن کمتر الیاف و در نتیجه حضور کمتر نقاط واکنش دهنده با آب می‌باشد و این به معنای کاهش قابلیت نگهداری آب است. این نتایج با نتایج law و همکاران (1996) و نتایج Mckinney که در کتاب Jahan latibari

و همکاران (2008) ارائه شده، مطابقت می‌کند. افزایش استخوانی شدن الیاف بر اثر خشک شدن هر بار کاغذ باعث کاهش انعطاف‌پذیری و کاهش قابلیت پیونددهی و در نتیجه کاهش درهم‌رفتگی الیاف می‌شود. بدین ترتیب ورقه‌های کاغذ تولیدی با افزایش ضخامت، افزایش حجیمی و در نتیجه کاهش دانسیته ظاهری مواجه می‌شوند که طبیعتاً شاخص مقاومت به ترکیدن و مقاومت به کشش پایین‌تری را سبب می‌شود. این نتایج دقیقاً مشابه تحقیقات Bovin و همکاران (1973)، Haward و Bichard (1992)، Klofta و همکاران (1994)، kim و همکاران (2000) و Gurnagul و همکاران (2001) می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اثر افزایش دفعات بازیافت کاغذ باطله NSSC - به عنوان نماینده‌ای از کاغذهای نیمه شیمیایی - بر ویژگی‌های خمیر بازیافتی حاصل، مشابه با رفتار خمیرهای شیمیایی می‌باشد. در واقع الیاف خمیر بازیافتی حاصل از کاغذ باطله NSSC بر اثر دفعات بازیافت، به خصوص در بازیافت اول و دوم، به شدت پدیده استخوانی شدن، کاهش انعطاف‌پذیری و کاهش تورم‌پذیری را تجربه می‌کنند و به همین دلیل با کاهش قابلیت ماندگاری آب روبه‌رو می‌گردند. افزایش استخوانی شدن و کاهش انعطاف‌پذیری الیاف مانع از درهم‌رفتگی و اتصال هرچه بیشتر این الیاف و در نتیجه کاهش دانسیته ظاهری، شاخص مقاومت به ترکیدن و شاخص مقاومت کشش می‌شود. از طرفی کاهش طول الیاف به علت بازیافت‌های متوالی باعث بروز کاهش در شاخص مقاومت به پاره شدن می‌شود. نتایج این تحقیق

Laivins, C.V., A.M. Scallan (1993). The mechanism of Hornification of wood pulps. Products of Papermaking. Transactions of the Fundamental Research Symposium, BPBMA, Oxford, 1235-1260.

Law K.N., J.L. Valade and J. Quan (1996). Effect of recycling on papermaking properties of mechanical and high yield pulp. Part I: Hardwood pulps, TAPPI J, 79(3): 167-173.

Latibari, A., A. Khosravani and M. Rahmaninia (2008). Technology of paper Recycling, R.W.J. Mckinney. Tehran: Arvich Publication.

Rahmaninia, M. and A. Latibari (2008). The Effect of Newspaper Aging on some Physical and Mechanical Properties of Recycled Paper, Iranian Journal of Natural Resources, 60(1): 257-266.



می تواند قدمی جهت شناخت هرچه بیشتر رفتار کاغذهای نیمه شیمیایی در مواجهه با پدیده بازیافت که هرروز بیشتر از گذشته همه گیرتر و پراهمیت تر می شود، باشد.

منابع

Bovin, A., N. Hartler and A. Teder (1973). Changes in pulp quality due to repeated paper making. Paper Technology, 14(10), 261-264.

Ecocycle (2010). Work to build zero waste communities, www.ecocycle.org.

Eliss, R. L. and K. Sedlachek (1993) Recycled V.S Virgin fiber characteristics. TAPPI J, 76(2): 143-146.

EPA (2007). United States Environmental Protection Agency, Solid Waste and Emergency Response (5306P), www.epa.gov/osw.

Gurnagul, N., S. Ju and D.H. Page (2001). Fiber-Fiber Bond Strength of once -dried pulp. J. Pulp Pap. Sci., 27 (3): 88-91.

Howard, R.C. and W. Bichard (1992). The Basic Effects of Recycling on Pulp Properties. *J. Pulp Paper Sci*, 18(4): 151-159.

Kim, H.J., J.S. Oh and B.M. Jo (2000). Hornification Behavior of Cellulosic fibers by Recycling. *J of Applied Chemistry*, 4(1): 363-366.

Klofta, J.L. and M. Miler (1994). Effect of Deinking on the Recycle potential of Papermaking Fiber. *Pulp and Paper Canada*, 95(8): 41-49.