

تأثیر کمپکس آلی پلی آکرلیک اسید (نمک سدیم) پیوندزنی شده با پلی اتیلن اکسید بر ویژگی‌های فیزیکی و نوری خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی

احمدرضا سرانیان^۱ و مژده مشکور^{۲*}

۱- دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیک: m.mashkour@gau.ac.ir

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱

چکیده

در این تحقیق با توجه به مشکلات مربوط به سیلیکات سدیم در کاهش عمر مفید تجهیزات و همچنین کاهش مقاومت کاغذ، بازیافت کاغذ روزنامه باطله با استفاده از کمپلکس آلی پلی آکرلیک اسید (نمک سدیم) پیوندزنی شده با پلی اتیلن اکسید به- جای سیلیکات سدیم در فرمول‌بندی مواد شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. کمپلکس آلی در سطوح مختلف ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۲ و ۳ درصد (براساس وزن خشک کاغذ باطله) به کار گرفته شده و مرکب‌زدایی انجام شد. تأثیر درصدهای مختلف کمپلکس آلی ذکر شده بر ویژگی‌های فیزیکی و نوری خمیرکاغذ مرکب‌زدایی شده در مقایسه با خمیرکاغذ شاهد (خمیرکاغذ روزنامه مرکب‌زدایی شده با ۰/۵ درصد سیلیکات سدیم) ارزیابی شد. نتایج به دست آمده از مقایسه ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای ساخته شده نشان داد که با افزایش درصد مصرف این کمپلکس تا ۲ درصد، کمترین ضخامت کاغذ (۱۴۳/۰۷ میکرومتر) و بیشترین دانسیته (۰/۴۳ گرم بر سانتی متر مکعب) مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین درجه روانی در سطوح مختلف کمپلکس به ترتیب در سطوح ۳ درصد (CSF ۴۲۶/۶۶) و ۲ درصد (CSF ۳۵۰) مشاهده شد که در مقایسه با درجه روانی خمیر شاهد (CSF ۴۶۶/۶) کمتر می‌باشد. نتایج به دست آمده از مقایسه ویژگی‌های نوری کاغذهای ساخته شده نشان داد که با افزایش مصرف کمپلکس تا ۱ درصد، درجه روشنی کاغذ به حداکثر مقدار ۴۸/۰۱ درصد ایزو و زردی به حداقل ۶/۲۳ درصد ایزو رسیده است. همچنین ماتی با افزایش میزان مصرف کمپلکس کاهش یافته است. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان با استفاده از ۲-۰/۷ درصد از کمپلکس آلی پلی آکرلیک اسید (نمک سدیم) پیوندزنی شده با پلی اتیلن اکسید در فرایند مرکب‌زدایی، کاغذهای با دانسیته و درجه روشنی بیشتر، زردی کمتر و ماتی مناسب از کاغذ روزنامه باطله تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: کاغذ روزنامه باطله، کمپلکس آلی پلی آکرلیک اسید (نمک سدیم) پیوندزنی شده با پلی اتیلن اکسید، مرکب زدایی شیمیایی، ویژگی‌های فیزیکی، ویژگی‌های نوری.

مقدمه

کاغذ باطله بزرگترین جزء تشکیل دهنده ضایعات جامد است که اثر مهمی روی محیط زیست و زندگی روزانه مردم دارد. بازیافت کاغذ باطله با کاهش جریان ضایعات کاغذی به محیط زیست و کاهش هزینه‌های مرتبط با دفع آنها، به‌طور قابل ملاحظه‌ای آلودگی‌های زیست محیطی را کاهش می‌دهد. کاهش بسیار زیاد مصرف انرژی در کارخانجات تولید کاغذ و مقوا با استفاده از الیاف بازیافتی و ذخیره و حفظ منابع جنگلی، به کاهش آلودگی هوا و زمین و بهبود موازنه زیست محیطی منجر خواهد شد (نی و همکاران، ۱۹۹۸). با بازیافت هر تن کاغذ باطله تقریباً ۱۷ درخت، ۷۰۰۰ گالن آب، ۴۱۰۰ کیلووات ساعت انرژی ذخیره و ۶۰ پوند جریان آلوده‌کننده هوا حذف خواهد شد. به‌طوری‌که موجب کاهش ۳ یارد مکعب در دفع ضایعات و آشغال می‌شود. بنابراین امروزه بازیافت و استفاده مجدد از الیاف ثانویه به‌عنوان منبع ماده خام برای تولید کاغذ، موضوع بسیار مهمی می‌باشد (Nie et al., 1998; Basta et al., 1991; Stanley, 1996; Sorenson, 1991; Claydon, 1990; Raysbro, 1991; Rathje, 1991). همین‌طور بهبود تکنولوژی کنونی بازیافت برای استفاده کامل از این منبع لیفی مهم ضروریست. مطابق با پیش‌بینی‌های به‌عمل آمده تا سال ۲۰۲۰ ضریب رشد ۳ درصد در مورد مصرف کاغذهای بازیافتی مطرح شده و این نشانگر آن است که در سال‌های آینده صنعت کاغذسازی باید بخش عمده مواد اولیه مورد نیاز خود را از تکنولوژی بازیافت کاغذهای باطله برآورده سازد (قاسمیان و اکبرپور، ۱۳۹۰). در ایران با توجه به مشکلات عمده‌ای که در رابطه با محدودیت سطح جنگل‌های شمال کشور و افزایش روند تخریبی آنها وجود دارد تأمین مواد اولیه مورد نیاز از این

جنگل‌ها امکان‌پذیر نبوده است، بنابراین ضرورت دارد که راهکارهای مختلفی برای جبران این کمبود ارائه شود و در صورتی که از نظر فنی و اقتصادی مناسب باشد مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین توجه و بررسی امکان استفاده از فرایند بازیافت و مرکب‌زدایی کاغذهای باطله امری بسیار ضروریست (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۵).

مرکب‌زدایی، به فرایند زدودن و خارج‌سازی ذرات مرکب از الیاف کاغذ باطله اطلاق می‌شود. هدف اصلی این فرایند، تولید محصول کاغذی با کیفیت مطلوب است، به‌طوری‌که این محصول از سفیدی و ویژگی‌های مقاومتی خوبی برخوردار باشد (قاسمیان و همکاران، ۱۳۹۰). برای مرکب‌زدایی کاغذهای باطله از مواد شیمیایی مختلفی استفاده می‌شود که مهم‌ترین آنها شامل: پرکسید هیدروژن، هیدروکسید سدیم، سیلیکات سدیم، عوامل کی‌لیت‌کننده و مواد فعال‌ساز سطحی^۱ می‌باشند.

سیلیکات سدیم به‌عنوان یک عامل بافرکننده موجب نرم شدن مرکب چاپ شده و با جذب یون‌های فلزی، میزان تأثیر پروکسید هیدروژن را افزایش می‌دهد (قاسمیان و همکاران، ۱۳۸۵؛ Mckinney و Hache، ۱۹۹۱). به‌تازگی به دلیل کاهش مشکلات مربوط به رسوب و ته‌نشست ترکیبات سیلیکاتی در دستگاه‌ها، استفاده از کمپلکس‌های آلی به جای سیلیکات سدیم در رنگ‌بری خمیرهای کاغذ بکر و همچنین مرکب‌زدایی کاغذهای باطله پیشنهاد شده است. گروهی از محققان برای مرکب‌زدایی الیاف ثانویه، از محلول آب‌دار یک نوع آنیونی از کوپلیمر استایرن-متاکریلیک اسید استفاده کردند. زمانی که در عملیات مرکب‌زدایی از ماده فعال‌ساز سطحی در ترکیب با کوپلیمر استفاده شد، نتایج نشان داد که کاغذ

صورت حذف کامل سیلیکات سدیم از مواد شیمیایی رنگبری با پروکسید هیدروژن، با استفاده از ۰/۷ درصد و یا ۱/۵ درصد از این ماده می‌توان به ترتیب به حداکثر درجه روشنی مشابه ۶۵/۵ درصد ایزو و حداقل درجه زردی ۲۱/۸ و ۲۱/۶ درصد ایزو رسید. این در حالست که در صورت استفاده از اختلاط ۰/۷ درصد سیلیکات سدیم به‌طور ثابت با درصدهای مختلف گلاناپون، استفاده از ۰/۵ درصد گلاناپون از نظر ویژگی‌های نوری بهینه می‌باشد و اختلاف معنی‌داری بین ویژگی‌های نوری در درصدهای مختلف ۰/۷، ۱ و ۱/۵ درصد از ماده گلاناپون مشاهده نشده است. همچنین درصد سود و پروکسید بهینه در همه شرایط مورد نظر از دو حالت بدون سیلیکات سدیم و شرایط اختلاطی از سیلیکات سدیم و گلاناپون به ترتیب حدود ۲/۵ و ۵ درصد تعیین شد. افزایش زمان رنگبری تا ۱۲۰ دقیقه منجر به تولید کاغذهای با درجه روشنی بیشتر و زردی کمتر شده است (اکبرپور و رسالتی، ۱۳۸۷).

با جایگزینی کمپلکس آلی پلی‌هیدروکسیل آکریلیک اسید و نمک سدیم^۵ به‌جای سیلیکات سدیم در رنگبری خمیرهای کاغذ CMP مخلوط پهن‌برگان با پروکسید هیدروژن، نتایج به‌دست آمده از مقادیر درجه روشنی و زردی کاغذهای ساخته شده نشان داد که با جایگزینی کمپلکس آلی Sulvy-x می‌توان کاغذهای با ویژگی‌های نوری مطلوب و یا حتی بهتر تولید کرد. با حذف کامل سیلیکات سدیم و استفاده از ماده شیمیایی با نام تجاری Sulvy-x در سطوح مختلف، بیشترین درجه روشنی و کمترین زردی با ۰/۵ درصد Sulvy-x مشاهده شده است که این مقادیر به ترتیب ۶۶/۱ و ۲۸/۱ درصد ایزو می‌باشند.

ساخته شده، در مقایسه با کاغذ ساخته شده با استفاده از لیاف مرکب‌زدایی شده با تنها کوپلیمر و یا تنها ماده فعال‌ساز ساز سطحی در شرایط عملیاتی مشابه، درجه روشنی بیشتر و غلظت مؤثر جوهر باقیمانده کمتری داشت (نوین و هنگست، ۲۰۰۲). البته با جایگزینی مواد شیمیایی مختلف به‌جای سیلیکات سدیم در فرایند رنگبری خمیرکاغذ CTMP^۱ گونه‌گان با پروکسید قلیایی با استفاده از ۲ درصد پروکسید هیدروژن، ۱/۵ درصد هیدروکسید سدیم و ۰، ۱، ۱/۵، ۲ و ۳ درصد سیلیکات سدیم، به ترتیب مقادیر درجه روشنی ۵۱/۶، ۵۸/۳، ۶۲، ۶۴/۵، ۶۸ و ۷۱/۱ درصد ایزو به‌دست آمده‌اند. ماده شیمیایی کمپلکس آلی آکریلیک اسید و نمک‌های معدنی (با نام تجاری پاف^۲) در مقایسه با سایر مواد شیمیایی به‌کار گرفته شده به‌عنوان بهترین جایگزین سیلیکات سدیم معرفی شده است. همچنین با استفاده از ۰/۸ درصد پاف در رنگبری با پروکسید قلیایی، درجه روشنی ۶۸/۷ درصد ایزو به‌دست آمده است که این مقدار در شرایط مشابه بیش از درجه روشنی خمیرکاغذ سفید شده با ۲ درصد سیلیکات سدیم می‌باشد. در رنگبری خمیرهای کاغذ CTMP با استفاده از ۵ درصد و ۰/۸ درصد پاف می‌توان به درجه روشنی ۶۹/۶ درصد ایزو رسید که بسیار نزدیک‌تر به درجه روشنی خمیرکاغذ به‌دست آمده از ۳ درصد سیلیکات سدیم می‌باشد (دهقانی، ۲۰۰۴). جایگزینی کمپلکس آلی فسفونیک اسید و نمک معدنی (با نام تجاری گلاناپون استب^۳) به‌جای سیلیکات سدیم در رنگبری خمیرهای کاغذ CMP^۴ داخلی تهیه شده از مخلوط پهن‌برگان نشان می‌دهد که در

1- Chemi-Termo Mechanical Pulp

2- Paf

3- Glanapone Stab

4- Chemi-Mechanical Pulp

5- Sulvy-x

مختلف Sulvy-x در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد کاغذهای با درجه روشنی مشابه، درجه ماتی بیشتر و ضخامت کمتر را نتیجه داد. افزایش درصد Sulvy-x تا ۰/۹ درصد در فرایند مرکب‌زدایی، موجب تولید کاغذهای با درجه روشنی و دانسیته بیشتر، درجه زردی کمتر و درجه ماتی مطلوب شد (قاسمیان و همکاران، ۱۳۹۰).

تاکنون پژوهش کافی در رابطه با استفاده از کمپلکس‌های آلی به‌جای سیلیکات سدیم در بخش مرکب‌زدایی کاغذهای باطله انجام نشده است. این مطالعه جزء اولین پژوهش‌های انجام شده در زمینه استفاده از کمپلکس‌های آلی در بازیافت کاغذهای باطله می‌باشد. به دلیل این‌که سیلیکات سدیم در صنعت موجب خوردگی و ایجاد رسوب در تجهیزات و دستگاه‌ها شده، در نتیجه کاهش عمر مفید تجهیزات را در پی دارد، بنابراین در این پژوهش مواد شیمیایی مورد مصرف در مرکب‌زدایی شیمیایی حذف شد. با حذف کامل سیلیکات سدیم از مواد شیمیایی مرکب‌زدایی، کمپلکس آلی پلی‌اکریلیک اسید (نمک سدیم) پیوندزنی شده با پلی‌اتیلن‌اکسید در سطوح مختلف ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۲ و ۳ درصد براساس وزن خشک کاغذ باطله مورد استفاده قرار گرفت. تأثیر درصدهای مختلف این کمپلکس بر ویژگی‌های فیزیکی و نوری کاغذهای ساخته شده ارزیابی شد و بعد با خمیر کاغذ شاهد (خمیر کاغذ روزنامه بازیابی شده با مواد شیمیایی در حضور ۰/۵ درصد سیلیکات سدیم) مقایسه شد. در پایان میزان مصرف بهینه کمپلکس آلی پلی‌اکریلیک اسید (نمک سدیم) پیوندزنی شده با پلی‌اتیلن‌اکسید در مرکب‌زدایی کاغذهای روزنامه باطله تعیین شد.

با افزایش درصد مصرف Sulvy-x تا ۰/۵ درصد همراه با مقدار ثابت ۰/۷ درصد سیلیکات سدیم، درجه روشنی کاغذها از ۶۱/۲ به ۶۱/۳ درصد ایزو افزایش یافته و زردی از ۲۴/۶ به ۲۱/۴ درصد کاهش یافت. با افزایش زمان سفیدسازی در حالت بدون سیلیکات سدیم همراه با جایگزینی ۰/۵ درصد Sulvy-x، درجه روشنی کاغذ به‌طور معنی‌داری تا ۶۶/۱ درصد ایزو افزایش یافته و زردی آن نیز به‌طور معنی‌داری تا ۲۱/۸ درصد ایزو کاهش یافت. درحالی‌که با اختلاط ۰/۵ درصد Sulvy-x و ۰/۷ درصد سیلیکات سدیم، افزایش زمان سفیدسازی تا ۱۲۰ دقیقه منجر به تولید کاغذهای با درجه روشنی بیشتر و زردی کمتر شده است (اکبرپور و رسالتی، ۲۰۰۸).

همچنین با جایگزینی کمپلکس آلی پلی‌هیدروکسیل آکرلیک اسید و نمک سدیم به‌جای سیلیکات سدیم در مرکب‌زدایی کاغذهای باطله، نتایج به‌دست آمده از مقادیر درجه روشنی و درجه زردی کاغذهای ساخته شده نشان داد که با جایگزینی کمپلکس آلی Sulvy-x می‌توان کاغذهای با ویژگی‌های نوری مطلوب تولید کرد. با حذف کامل سیلیکات سدیم از مواد شیمیایی مرکب‌زدایی و استفاده از ماده شیمیایی با نام تجاری Sulvy-x تا ۰/۹ درصد، درجه روشنی کاغذ تا ۵۰/۹ درصد ایزو افزایش و درجه زردی تا ۱۱/۹ درصد ایزو کاهش نشان داد. همچنین بیشترین درجه ماتی، با استفاده از کمترین درصدهای Sulvy-x به‌دست آمدند. نتایج به‌دست آمده از مقایسه ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای ساخته شده نشان داد که با افزایش درصد مصرف Sulvy-x تا ۰/۹ درصد، ضخامت کاغذها به حداقل مقدار ۱۰۹/۸ میکرومتر کاهش یافت و مقادیر بیشتر Sulvy-x در مرکب‌زدایی، کاغذهای با دانسیته بیشتر را نتیجه داد. به‌طورکلی استفاده از مقادیر

مواد و روشها

کمپلکس آلی P.S.P: این ماده ترکیبی از سه ماده شامل پلی اکریلیک اسید، نمک سدیم و پلی اتیلن اکسید است. شکل این ماده به صورت جامد پودری و رنگ آن سفید تا زرد است. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی این کمپلکس در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی کمپلکس آلی

P.S.P	
فرمول شیمیایی	$C_5H_7NaO_3$
وزن مولکولی (گرم بر مول)	۱۳۸ /۱
دانسیته در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (گرم بر سانتیمتر مکعب)	۰/۵۴

جمع آوری کاغذ روزنامه باطله: کاغذهای روزنامه همشهری از دفاتر مرکزی فروش روزنامه خریداری شدند. خمیر کاغذسازی مجدد با کاغذهای روزنامه در دستگاه پراکنده ساز به مدت ۱۰ دقیقه با تعداد دور ۲۶۵۰۰ و درصد خشکی ۵ درصد انجام شد. خمیر کاغذ حاصل پس از آب گیری بر روی غربال با مش ۲۰۰، با استفاده از مواد شیمیایی در شرایط مورد بررسی تیمار شیمیایی شدند.

خمیر کاغذسازی شیمیایی: خمیر کاغذسازی شیمیایی کاغذهای روزنامه باطله با استفاده از مواد شیمیایی در شرایط ثابت خشکی ۱۰ درصد، درجه حرارت 50 ± 1 درجه سانتی گراد و مدت زمان ۲۰ دقیقه انجام شد. مواد شیمیایی مورد استفاده در خمیرسازی شیمیایی عبارتند از: ۱ درصد سود سوزآور، ۱ درصد پروکسید هیدروژن، ۰/۱۵ درصد ماده فعال ساز سطحی (پلی سوربات ۸۰) و ۰/۳ درصد عامل کی لیت ساز DTPA و ۶ سطح مختلف

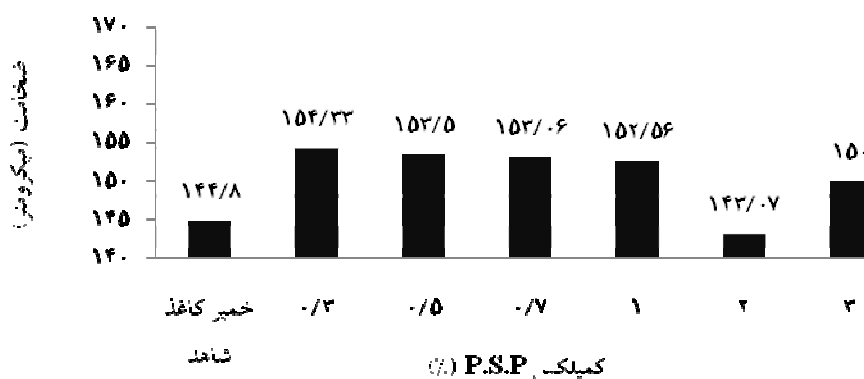
۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۱، ۲ و ۳ درصد از کمپلکس P.S.P. در ابتدا خمیر کاغذ شاهد از کاغذهای روزنامه باطله در شرایط ثابت فرایندی و با استفاده از مواد شیمیایی ۱ درصد هیدروکسید سدیم، ۱ درصد پروکسید هیدروژن، ۰/۱۵ درصد ماده فعال ساز سطحی (پلی سوربات ۸۰) و ۰/۳ درصد عامل کی لیت ساز DTPA در حضور ۰/۵ درصد سیلیکات سدیم ساخته شد. سپس در تیمارهای بعدی، سیلیکات سدیم از ترکیب مواد شیمیایی حذف شده و کمپلکس P.S.P در سطوح مختلف اشاره شده به جای آن به کار گرفته شد. البته مواد شیمیایی مورد استفاده در ساخت خمیر کاغذ بر اساس وزن خشک کاغذ باطله اضافه شده اند. همه تیمارهای شیمیایی در داخل کیسه های پلاستیکی در حمام آب گرم انجام شد. لازم به یادآوری است که pH اولیه و نهایی خمیرهای کاغذ قبل و بعد از تیمار شیمیایی اندازه گیری شد. خمیرهای کاغذ تیمار شده با مواد شیمیایی در درصدهای مختلف کمپلکس P.S.P، با استفاده از فرایند شستشو مرکب زدایی شدند. فرایند شستشو بر روی غربال با اندازه مش ۲۰۰ به مدت ۱۰ دقیقه تحت فشار آب یکنواخت در زیر شیر آب انجام شد. کاغذهای دست ساز 60 ± 1 گرمی مطابق با استاندارد TAPPI T205 om-88 تهیه شده اند. ویژگی های فیزیکی مانند درجه روانی خمیر کاغذ مطابق با استاندارد TAPPI T227 om-04 و ضخامت کاغذ مطابق با استاندارد TAPPI T411 om-05 اندازه گیری شدند. مقادیر دانسیته کاغذها نیز مطابق با روابط بین ضخامت و وزن پایه کاغذ محاسبه گردید، همچنین ویژگی های نوری کاغذ مانند درجه روشنی و زردی مطابق با استاندارد TAPPI T452 om-02 و ماتی مطابق با استاندارد TAPPI T425 om-02 اندازه گیری شدند. پس از مقایسه ویژگی-

مقادیر ضخامت کاغذ دارد. در بین تیمارهای انجام شده، بین مقادیر ضخامت کاغذهای ساخته شده با ۰/۳، ۰/۵، ۰/۷، ۱ و ۳ درصد کمپلکس P.S.P تفاوت معنی داری در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد مشاهده نشده است. به طور کلی مصرف ۰/۳ تا ۲ درصد از کمپلکس P.S.P به کاهش ضخامت کاغذهای ساخته شده منتج خواهد شد و با استفاده از ۲ درصد از این کمپلکس، می توان به کمترین مقدار ضخامت رسید. همچنین بین مقادیر ضخامت در درصد های ۲ و ۳ درصد کمپلکس P.S.P و خمیر کاغذ شاهد اختلاف معنی داری مشاهده نشده است. آزمون دانکن مقادیر ضخامت کاغذهای ساخته شده را در ۳ گروه مجزا قرار داده، به طوری که بیشترین و کمترین ضخامت به ترتیب به کاغذهای به دست آمده از ۰/۳ و ۲ درصد کمپلکس P.S.P مربوط می باشند. این مقادیر به ترتیب ۱۵۴/۳۳ و ۱۴۳/۰۷ میکرومتر هستند (شکل ۱).

های فیزیکی و نوری کاغذهای ساخته شده در درصد های مختلف کمپلکس P.S.P، میزان مصرف بهینه این مواد در مرکب زدایی شیمیایی کاغذهای روزنامه باطله تعیین شد. روش تجزیه و تحلیل آماری: در این تحقیق طرح آماری کاملاً تصادفی فاکتوریل به کار گرفته شد. از آزمون F (تجزیه واریانس) به منظور بررسی اثر مستقل بر ویژگی های فیزیکی و نوری کاغذهای تولید شده و همچنین از آزمون دانکن برای مقایسه میانگین داده های به دست آمده استفاده شده است.

نتایج

نتایج به دست آمده از آزمون تجزیه واریانس مقادیر ضخامت کاغذهای به دست آمده از درصد های مختلف کمپلکس P.S.P به جای سیلیکات سدیم در مرکب زدایی کاغذهای روزنامه باطله در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد نشان داد که استفاده از این کمپلکس تأثیر معنی داری بر



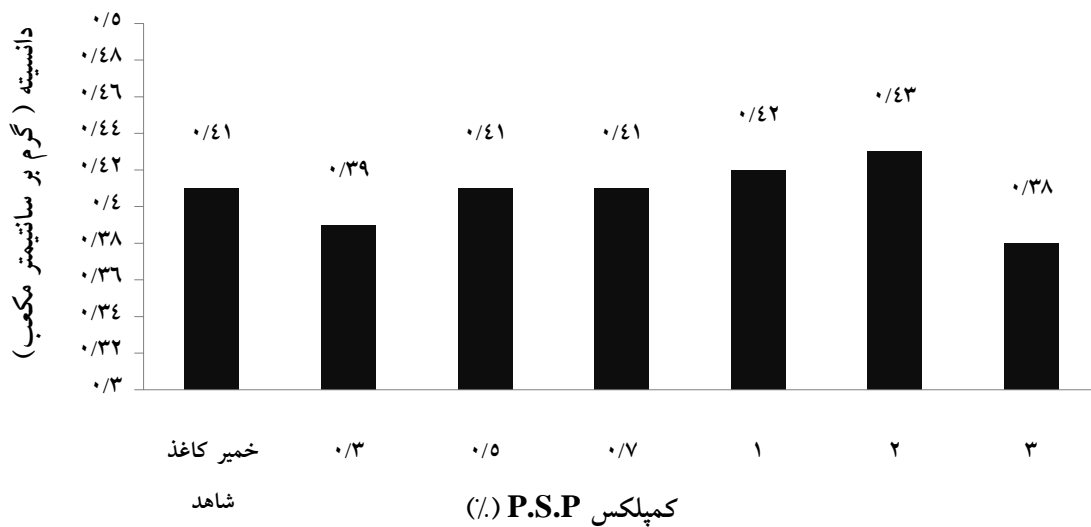
شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف کمپلکس P.S.P بر ضخامت خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی

مختلف کمپلکس P.S.P وجود دارد. این در حالیست که اختلاف معنی داری بین مقادیر دانسیته در درصد های ۰/۵ تا ۲ درصد از این کمپلکس و خمیر کاغذ شاهد مشاهده نشده است. اما در مجموع در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد

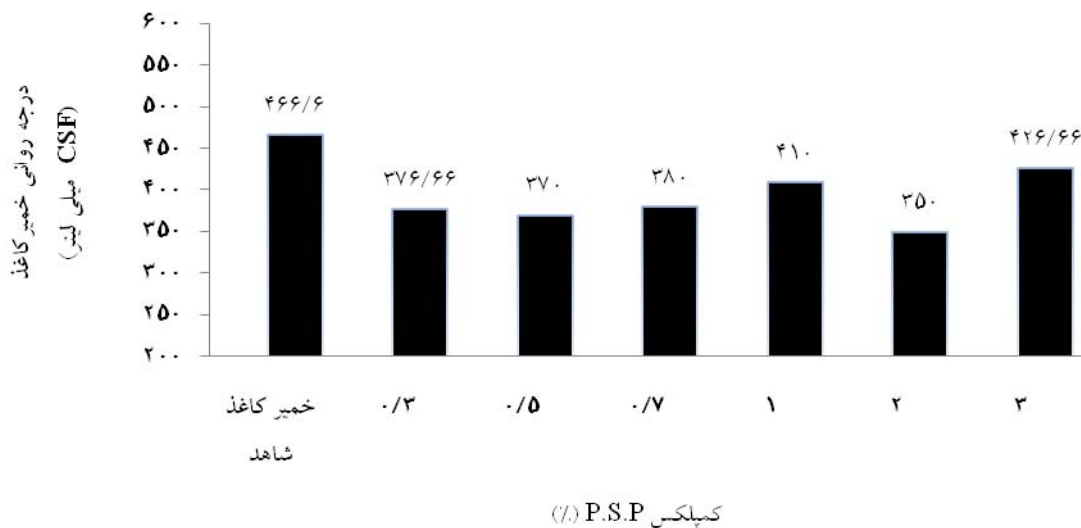
نتایج به دست آمده از آزمون تجزیه واریانس مقادیر دانسیته کاغذهای ساخته شده بیانگر آن است که در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد، اختلاف معنی داری بین مقادیر دانسیته کاغذهای به دست آمده از درصد های

به ترتیب ۰/۳۸ گرم بر سانتیمترمکعب و ۰/۳۹ گرم بر سانتیمترمکعب می‌باشند. این در حالیست که بیشترین دانسیته با استفاده از ۲ درصد از این کمپلکس به دست آمده که مقدار آن برابر ۰/۴۳ گرم بر سانتیمترمکعب می‌باشد (شکل ۲).

استفاده از درصدهای ۰/۵ تا ۲ درصد به جای سیلیکات سدیم منجر به افزایش دانسیته شده است. آزمون دانکن مقادیر دانسیته کاغذ را در ۳ گروه مجزا قرار داده و کمترین دانسیته کاغذ به ترتیب به تیمار شامل ۳ درصد و ۵ درصد کمپلکس P.S.P مربوط می‌باشد. این مقادیر



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف کمپلکس P.S.P بر دانسیته خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی

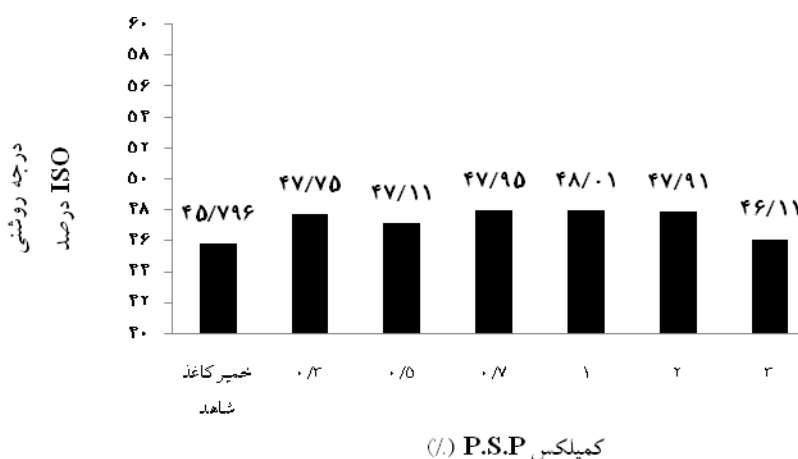


شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کمپلکس P.S.P بر درجه روانی خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی

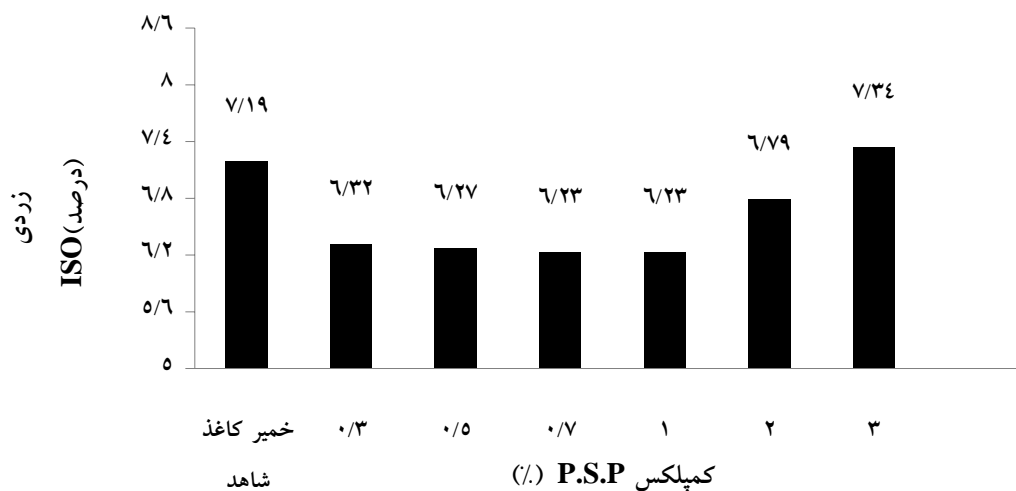
است. بنابراین با استفاده از ۱ درصد کمپلکس P.S.P می‌توان به بیشترین درجه روشنی رسید که در مقایسه با درجه روشنی خمیر کاغذ شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر می‌باشد. آزمون دانکن مقادیر درجه روشنی به‌دست آمده را در ۳ گروه مجزا قرار داده است. حداکثر درجه روشنی ۴۸/۰۱ درصد ایزو با استفاده از ۱ درصد کمپلکس P.S.P و حداقل درجه روشنی ۴۵/۷۹ درصد ایزو برای خمیر کاغذ شاهد مشاهده شده است (شکل ۴). همچنین آزمون تجزیه واریانس مقادیر زردی به‌دست آمده بیانگر آن است که بین زردی خمیر کاغذ شاهد و کاغذهای ساخته شده با درصدهای مختلف کمپلکس P.S.P اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد وجود دارد. آزمون دانکن مقادیر زردی را در ۶ گروه مجزا قرار داده و بیشترین زردی کاغذهای ساخته شده را در درصدهای مختلف کمپلکس P.S.P به ۳ درصد و کمترین درجه زردی را به ۰/۷ و ۱ درصد از این کمپلکس اختصاص داد. بیشترین و کمترین زردی به‌ترتیب ۷/۳۴ و ۶/۲۳ درصد ایزو می‌باشند (شکل ۵).

نتایج به‌دست آمده از آزمون تجزیه واریانس مقادیر درجه روانی خمیرهای کاغذ بازیافتی روزنامه را در درصدهای مختلف کمپلکس P.S.P نشان داد؛ البته در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد، اختلاف معنی‌داری بین درجه روانی خمیرهای حاصل در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد مشاهده شده است. آزمون دانکن مقادیر درجه روانی به‌دست آمده را در ۶ گروه مجزا قرار داده و بیشترین درجه روانی CSF، ۴۶۶/۶۶ میلی‌لیتر بوده و به تیمار شاهد اختصاص دارد؛ کمترین درجه روانی CSF، ۳۵۰ میلی‌لیتر به تیمار شامل ۲ درصد مربوط می‌باشد (شکل ۳).

نتایج به‌دست آمده از آزمون تجزیه واریانس مقادیر درجه روشنی کاغذهای ساخته شده بیانگر آن است که در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد، اختلاف معنی‌داری بین درجه روشنی کاغذهای به‌دست آمده از درصدهای مختلف کمپلکس P.S.P وجود دارد. افزایش مصرف این کمپلکس از ۰/۳ تا ۰/۷ درصد، تأثیر معنی‌داری را بر افزایش درجه روشنی نشان داده و این در حالیست که افزایش مصرف آن تا ۲ درصد، تأثیر معنی‌داری بر افزایش درجه روشنی در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد نشان نداده



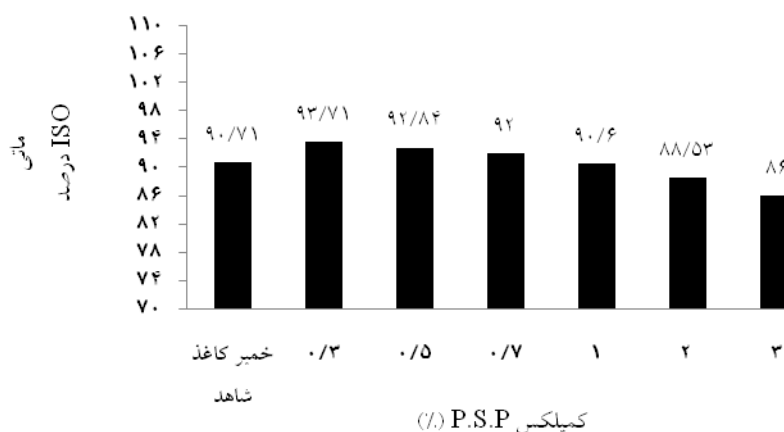
شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف کمپلکس P.S.P بر درجه روشنی خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف کمپلکس P.S.P بر زردی خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی

است. حداکثر ماتی ۹۳/۷۱ درصد ایزو با استفاده از ۰/۳ درصد کمپلکس P.S.P و حداقل ماتی ۸۶ درصد ایزو با استفاده از ۳ درصد از این کمپلکس مشاهده شده است. به طور کلی درصدهای بیشتر کمپلکس P.S.P کاغذهای با ماتی کمتری را نتیجه می دهد (شکل ۶).

نتایج به دست آمده از آزمون تجزیه واریانس مقادیر ماتی کاغذهای ساخته شده بیانگر آن است که در مقایسه با خمیر کاغذ شاهد، اختلاف معنی داری بین ماتی کاغذهای به دست آمده از درصدهای مختلف کمپلکس P.S.P در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد وجود دارد. آزمون دانکن مقادیر ماتی را در ۶ گروه مجزا قرار داده



شکل ۶- تأثیر سطوح مختلف کمپلکس P.S.P بر ماتی خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی

بحث

ارزیابی نتایج به دست آمده از مقایسه ویژگی‌های فیزیکی کاغذهای ساخته شده نشان داد که با افزودن کمپلکس P.S.P تا سطح ۲ درصد، ضخامت کاغذهای ساخته شده کاهش یافته و با مصرف ۰/۳ تا ۱ درصد، بین مقادیر ضخامت و همچنین بین مقادیر دانسیته اختلاف معنی داری مشاهده نشده است. کاهش ضخامت کاغذ را می‌توان به افزایش اتصالات بین الیاف و همچنین افزایش ظرفیت تشکیل اتصال در الیاف نسبت داد. دانسیته کاغذ از ویژگی‌های مهم فیزیکی در کاغذ بوده و تقریباً بر روی تمام ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی، الکتریکی و نیز جذب و قابلیت چاپ پذیری کاغذ مؤثر می‌باشد. با افزایش ضخامت در اثر کاهش اتصالات بین الیاف، مقدار دانسیته کاغذ کاهش خواهد یافت. در این پژوهش درصد‌های بیشتر کمپلکس P.S.P تا سطح ۲ درصد کاغذهای با ضخامت کمتر و دانسیته بیشتر را نتیجه داده است. روند تغییرات ضخامت و دانسیته با نتایج قاسمیان و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از کمپلکس Sulvy-x مطابقت دارد، به طوری که با استفاده از ۰/۳ - ۰/۹ درصد از کمپلکس آلی Sulvy-x، حداقل ضخامت و حداکثر دانسیته به دست آمد. نتیجه به دست آمده از این پژوهش نشان داد که استفاده از کمپلکس P.S.P تا سطح ۲ درصد، اتصالات بین الیاف را بهبود بخشیده و منجر به افزایش دانسیته کاغذ شده است. با توجه به این که در ساختار شیمیایی این کمپلکس، پلی آکرلیک اسید، نمک سدیم و پلی اتیلن اکسید وجود دارد، به نظر می‌رسد که در اثر واکنش افزایشی، تعداد گروه‌های هیدروکسیل سلولز افزایش یافته و در نتیجه با افزایش تعداد اتصالات هیدروژنی بین الیاف، ضخامت کاغذ کاهش می‌یابد. همچنین احتمالاً در اثر واکنش

افزایشی یون‌های سدیم موجود در ترکیب این کمپلکس به الیاف سلولزی، به نظر می‌رسد که یک ترکیب پایدار به وجود آمده باشد، به طوری که این ترکیب پایدار می‌تواند به عنوان عامل جفت‌کننده بین گروه‌های هیدروکسیل زنجیر سلولز باشد. همین‌طور به سبب وجود گروه‌های عاملی کربوکسیل، استنباط می‌شود که افزایش دانسیته و کاهش ضخامت کاغذ، در اثر جایگزینی گروه‌های هیدروکسیل سلولز با گروه‌های کربوکسیل موجود در این ترکیب و در نتیجه افزایش قابلیت پیوند بین الیاف سلولزی به دلیل دسترس بودن گروه‌های هیدروکسیل الیاف بازیافتی باشد. وجود گروه‌های اتری موجود در پلی اتیلن اکسید نیز موجب افزایش پیوندهای هیدروژنی خواهد شد. بنابراین بهبود ویژگی‌های فیزیکی از جمله افزایش دانسیته بوده است. با توجه به این که تاکنون پژوهش کافی در ارتباط با استفاده از کمپلکس‌های مختلف پلیمری و اثر بخشی آنها در مرکب‌زدایی کاغذهای باطله انجام نشده است، بنابراین مکانیسم دقیق این کمپلکس‌ها از جمله کمپلکس مورد بررسی را نمی‌توان در ارتباط با اتصال بین الیاف مشخص نمود. بنابراین فهم دقیق مکانیسم این ماده نیازمند پژوهش‌های بیشتری می‌باشد. نتایج به دست آمده از مقایسه ویژگی‌های نوری کاغذهای ساخته شده نشان داد که با افزایش مصرف کمپلکس P.S.P تا ۱ درصد، درجه روشنی کاغذ به حداکثر مقدار ۴۸/۰۱ درصد ایزو و زردی به حداقل ۶/۲۳ درصد ایزو رسیده است. ماتی با افزایش درصد کمپلکس P.S.P کاهش یافته است. قاسمیان و همکاران (۱۳۹۰) نیز در این زمینه و با استفاده از سطوح مختلف کمپلکس آلی Sulvy-x، به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد این کمپلکس، درجه روشنی، زردی و ماتی کاغذهای ساخته شده به ترتیب افزایش، کاهش و کاهش

- قاسمیان، ع.، رسالتی، ح.، عنایتی، ع. ا. و پیندر، ک. ل.، ۱۳۸۵. جوهرزدایی کاغذهای روزنامه و مجله باطله، قسمت دوم: بررسی تأثیر استفاده از خمیر جوهرزدایی شده بر ویژگی‌های خمیر CMP داخلی. نشریه دانشکده منابع طبیعی، ۵۹(۳): ۷۴۰-۷۲۷.

- قاسمیان، ع. و اکبرپور، ا.، ۱۳۹۰. استراتژی بازیافت کاغذ و جایگاه آن در تأمین مواد اولیه لیگنوسولولزی مورد نیاز صنایع خمیر و کاغذ کشور. نخستین همایش ملی نقشه راه مواد اولیه و توسعه صنایع چوب و کاغذ کشور در افق ۱۴۰۴، کد مقاله: ۱۰۱۲۳

- قاسمیان، ع.، غفاری، م. و اکبرپور، ا.، ۱۳۹۰. تأثیر کمپلکس آلی پلی‌هیدروکسیل آکریلیک اسید و نمک سدیم بر ویژگی‌های نوری و فیزیکی خمیرهای کاغذ روزنامه بازیافتی. مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۱۸(۲): ۱۰۲-۸۹.

- Akbarpour, I. and Resalati, H., 2008. Silicate- free peroxide bleaching of mixed hardwood CMP pulp. 145-157. In: European Workshop on lignocelluloses and pulp, Advances in pulping, bleaching and related analytics Conference proceedings.
- Basta, N., 1991. Recycling everything: part 3, paper recycling's new look. Chemical Engineering, p: 45.
- Claydon, P., 1990. Recycled fiber: the major furnish component in quality newsprint production. Pulp & PaperCanada, 91: 135.
- Dehghani, M. R., 2004. Preparation of Bleached Chemi-thermo mechanical pulp from birch. Ph.D. Thesis, Forest State University, Moscow, 120p.
- Mckinney, T. and Hache, M., 1991. Technology of paper recycling. Blackie Academic and Professional, UK, 410p.
- Nguyen, D. T. and Hengst, C. W., 2002. Styren copolymers in de-inking. United states patent, No.: US 6,482,292 B1.
- Nie, X., Miller, J. D. and Yeboah, Y. D., 1998. The effect of ink types and printing processes on flotation deinking efficiency of wastepaper recycling. Environ Engg and policy 1: 47- 58.
- Rathje, WL., 1991. Once and future landfills. Nat Geogr, p: 116.
- Raysbro, O., 1991. Utilization of waste recycling technology. Kagaku Kogaku 55: 27
- Sorenson, D., 1991. Environmental concerns, economics drive paper recycling technology. In: Patrick KL (ed) Paper recycling: strategies, economics and technology. Miller Free-man Inc., New York, pp: 63-64.
- Stanley, G., 1996. Third year of record sales expected for U.S. paper and related industries in 1996. Tappi Journal, 79 : 37-42.

یافت. افزایش و یا کاهش ماتی را می‌توان به کاهش و یا افزایش ظرفیت تشکیل اتصالات در الیاف بازیابی شده نسبت داد. به طوری که با کاهش اتصالات بین الیاف، سطح تقابل نوری بین آنها نیز کاهش می‌یابد. در نتیجه نور به جای این که هنگام خروج از فیبر اول وارد فیبر دیگر شود وارد فضای خالی بین الیاف شده و در اثر کاهش تقابل نوری و افزایش شکست نور، مقدار ماتی کاغذ افزایش می‌یابد. به طور کلی با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه ویژگی‌های نوری و فیزیکی کاغذهای ساخته شده از بازیافت کاغذ روزنامه باطله و با در نظر گرفتن جنبه‌های اقتصادی، می‌توان گفت که در صورت حذف کامل سیلیکات سدیم از مواد شیمیایی در بخش مرکب‌زدایی، با استفاده از ۲-۰/۷ درصد از کمپلکس آلی P.S.P می‌توان کاغذهای با ضخامت کمتر، دانسیته بیشتر، درجه روشنی بیشتر، زردی کمتر و ماتی مطلوب را تولید کرد. همچنین حداکثر درجه روانی خمیر کاغذ با استفاده از ۱ و ۳ درصد کمپلکس P.S.P به دست آمده است. در پایان پیشنهاد می‌شود تا تحقیقات زیر مورد توجه قرار گیرند.

۱- بررسی اثر سایر کمپلکس‌های آلی در مرکب‌زدایی

انواع کاغذهای باطله

۲- بررسی ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای ساخته شده

از خمیر مرکب‌زدایی شده با کمپلکس‌های آلی

۳- بررسی اثرات زیست محیطی استفاده از کمپلکس‌های

آلی به جای سیلیکات سدیم در مرکب‌زدایی کاغذهای باطله

منابع مورد استفاده

- اکبرپور، ا. و رسالتی، ح.، ۱۳۹۰. استفاده از کمپلکس آلی گلاناپون به جای سیلیکات سدیم در رنگ‌بری خمیرهای کاغذ CMP مخلوط پهن برگان با پروکسید هیدروژن. فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۶(۱): ۲۱۷-۱۹۳.

The effect of poly acrylic acid, sodium salt grafted to poly ethylene oxide complex on the physical and optical properties of old newsprint paper deinked pulp

Saraeian, A.¹ and Mashkour, M.^{2*}

1- Associate Professor, Pulp and Paper Technology Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Gorgan, Iran.

2*- Corresponding author, Ph.D Student, Pulp and Paper Technology Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Gorgan, Iran, Email: m.mashkour@gau.ac.ir

Received: Sept., 2012

Accepted: June, 2013

Abstract

Considering the problems initiated by sodium silicate on reducing the life expectancy of processing equipments and paper strength, recycling of old newspaper using Poly (acrylic acid), Sodium Salt Grafted to Poly (ethylene oxide) complex were investigated. The organic complex was used at 0.3, 0.5, 0.7, 1, 2 and 3% levels (based on dry weight of waste paper) in deinking. The effect of various charges of the organic complex on the physical and optical properties of deinked pulp was studied and compared with the control (ONP deinked using 0.5% sodium silicate). The results of physical properties measurements showed that the lowest paper caliper (143.07 μm) and the highest density (0.43 g/cm^3) were obtained by increasing the complex charge up to 2%. Also, the highest and lowest freeness was observed applying 3% (426.66 mL CFS) and 2% (350 mL CSF) organic complex respectively. These values were less than the freeness of the control sample. The results of optical properties analysis indicated that the brightness increased to 48.01% ISO and the yellowness was reduced to 6.23 % ISO by as the dosage of organic complex was increased up to 1%. The opacity of paper decreased as the organic complex charge increased. In general, the paper with higher density and brightness, lower yellowness and suitable opacity could be produced using 0.7- 2% Poly Acrylic Acid-Sodium Salt grafted to Polyethylene Oxide complex in deinking of old newspaper.

Key words: Old newspaper, poly acrylic acid-sodium salt grafted to polyethylene oxide complex, deinking, physical properties, optical properties.