

## ارزیابی ویژگی‌های خمیر کاغذ تولید شده از کلش برنج به وسیله فرایندهای ترکیبی مونواتانول آمین و هیدروکسید پتاسیم

فرزانه شیرعلی زاده<sup>۱</sup>، سحاب حجازی<sup>۲\*</sup> و محمد احمدی<sup>۳</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک: Mis.falizadeh@yahoo.com

۲\* - نویسنده مسئول، استادیار، رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک: shedjazi@ut.ac.ir

۳ - دانشجوی دکتری، رشته رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۲

### چکیده

در این تحقیق پخت مونو اتانول آمین با غلظت ۱۵٪، به همراه افزودنی هیدروکسید پتاسیم در ۴ نسبت و پخت هیدروکسید پتاسیم با قلیائیت ۱۴٪، به همراه افزودنی مونو اتانول آمین در ۴ غلظت، برای ساخت خمیر کاغذ از کلش برنج استفاده شده است. ترکیب سولفیت پتاسیم / هیدروکسید پتاسیم و سولفیت سدیم / هیدروکسید سدیم در نسبت‌های ۵۰/۵۰ و تیمار هیدروکسید سدیم در قلیائیت ۱۴٪، به‌عنوان تیمارهای شاهد انتخاب شدند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، خمیر کاغذ تولید شده با مونو اتانول آمین (۱۵٪)، دارای بیشترین بازده کل و بیشترین عدد کاپا است. با استفاده از هیدروکسید پتاسیم به‌عنوان عامل افزودنی در پخت‌های مونو اتانول آمین، مقدار وازده، بازده کل و عدد کاپا کاهش می‌یابد، به طوری که کمترین بازده و کمترین عدد کاپا مربوط به تیمار مونو اتانول آمین (۱۵٪) در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم (۴۰٪) است. در تیمار هیدروکسید پتاسیم (۱۴٪)، مشاهده شد که با افزایش غلظت مونو اتانول آمین به‌عنوان عامل افزودنی، میزان بازده کل افزایش و میزان وازده و عدد کاپا کاهش می‌یابد. به طوری که بیشترین شاخص کشش و بیشترین شاخص پارگی مربوط به تیمار مونو اتانول آمین (۱۵٪) در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم (۲۰٪) و بیشترین شاخص ترکیدن مربوط به سولفیت سدیم / هیدروکسید سدیم بود. بیشترین میزان درجه روشنی مربوط به سولفیت پتاسیم / هیدروکسید پتاسیم و بیشترین میزان ماتی مربوط به هیدروکسید پتاسیم (۱۴٪) است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فرایند مونو اتانول آمین در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم می‌تواند به‌صورت موفقیت‌آمیزی بر روی کلش برنج اجرا شود و ویژگی‌های خمیر کاغذهای تولیدی به‌ویژه از نظر مقاومت‌های مکانیکی، در حالت ترکیبی، برتر از فرایند سودا و فرایند هیدروکسید پتاسیم به تنهایی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: مونو اتانول آمین، کلش برنج، مقاومت‌های مکانیکی، ویژگی‌های نوری، هیدروکسید پتاسیم، عدد کاپا

## مقدمه

با توجه به رشد فزاینده جمعیت کشور، افزایش روزافزون نیاز جامعه به کاغذ و فراورده‌های سلولزی، کاهش منابع چوبی، کاهش توان تولید چوب از منابع جنگلی و برنامه حفاظتی ارائه شده از سوی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و سازمان حفاظت محیط‌زیست مبنی بر کاهش برداشت چوب از جنگل‌ها، میزان برداشت فعلی برداشت چوب از جنگل تأمین‌کننده نیازهای صنایع سلولزی نبوده و باید برای برآورده کردن نیازهای جامعه منابع لیگنوسلولزی دیگری را جستجو کرد (Ahmadi, 2008). در طی چند دهه اخیر گرایش روبه رشد در استفاده از پسماند تولیدات کشاورزی در تولید خمیرکاغذ و کاغذ مشاهده شده است که این امر می‌تواند به علت افزایش این نوع پسماندها، بلااستفاده بودن و قیمت کمتر آنها نسبت به محصولات جنگلی باشد (Gominho, 2001). از جمله مهمترین پسماندهای کشاورزی در ایران، کلش برنج است. بر اساس آخرین آمار منتشر شده از سوی سازمان خواروبار کشاورزی جهان (FAO)، در آخرین سال مورد گزارش (۲۰۱۲)، میزان تولید برنج جهان ۷۱۸ میلیون تن بوده است. در کشور ما سالیانه حدود ۲/۵ میلیون تن شلتوک از مزارع برنج برداشت می‌شود. به واسطه برداشت این مقدار شلتوک، حدود ۳ میلیون تن کاه برنج در مزارع بر جای می‌ماند که به دلیل ارزش غذایی اندک برای تغذیه دام چندان مورد توجه قرار نگرفته و برای دفع آن، در حاشیه مزارع سوزانده می‌شود. در حالی که کاربردهای متعدد صنعتی کاه برنج سبب شده که به‌عنوان ماده خام ارزشمندی تلقی شود؛ بنابراین این ماده می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین قوی در مقابل چوب برای تولید کالای مهمی مانند خمیرکاغذ مورد استفاده قرار گیرد (Heidari, 2010).

فرایند خمیرکاغذ سازی سودا، فرایند غالب برای منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی است. البته این روش از محدودیت‌های فنی و زیست‌محیطی رنج می‌برد، به طوری که مایع پخت قلیایی قوی این فرایند به میزان زیادی کربوهیدرات‌ها را در خود حل می‌کند و باعث کاهش بازده خمیرکاغذ می‌شود. یکی دیگر از

مهمترین چالش‌های تولید خمیرکاغذ از پسماندهای کشاورزی با استفاده از فرایندهای رایج، عدم وجود سیستم بازیابی مناسب است که علاوه بر هدر رفتن مواد شیمیایی و بروز مشکلات زیست‌محیطی، امکان رقابت این فرایندها با فرایندهای مدرن خمیرکاغذ سازی از چوب و پیشرفت‌های حاصل در این صنعت را از نظر اقتصادی و فناوری دشوار نموده است. علت اصلی عدم وجود سیستم بازیابی مناسب در کارخانه‌های خمیرکاغذ بر مبنای پسماندهای کشاورزی، وجود سیلیس زیاد در این مواد خام است که در میان منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی، کلش برنج بیشترین میزان سیلیس را دارا بوده و از آنجایی که سیلیس به میزان زیادی در مایع پخت قلیایی حل می‌شود، بنابراین باعث ایجاد مشکلات زیادی در بویلرهای بازیابی و تبخیر می‌شود. به همین علت است که کاربرد فرایندهای قلیایی در مورد کلش برنج با مشکلات عدیده‌ای مواجه است. از آنجایی که فرایند خمیرکاغذ سازی مونو اتانول آمین (MEA)، قابلیت حفظ کربوهیدرات‌ها و سیلیس را در خمیرکاغذ دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از راه‌های برون رفت صنعت خمیرکاغذ بر پایه پسماندهای کشاورزی از معضلات ذکر شده، استفاده از مونو اتانول آمین (MEA) باشد. موفقیت فرایند مونو اتانول آمین، به‌ویژه در مورد کلش برنج از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است، زیرا با استفاده از مونو اتانول آمین، تقطیر بازیابی شده و مشکلات مربوط به سیلیس در کارخانه‌های بر پایه مونو اتانول آمین به حداقل می‌رسد. از طرف دیگر، وجود لیگنین بسیار کم کلش برنج در میان سایر منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی این امکان ویژه را در اختیار قرار داده است تا بتوان با مصرف حداقل مونو اتانول آمین به عدد کابای مطلوب برای تولید خمیرکاغذ شیمیایی قابل رنگ‌بری دست یافت. این امر تسهیل‌کننده بازیابی مونو اتانول آمین است (Hedjazii, 2011).

استفاده از افزودنی هیدروکسید پتاسیم در فرایند خمیرکاغذ سازی می‌تواند علاوه بر بهبود فرایند لیگنین‌زدایی، مشکلات مربوط به بازیابی مایع پخت را نیز کاهش دهد، به طوری که از مایع پخت حاوی هیدروکسید پتاسیم می‌توان به‌عنوان کود شیمیایی در مزارع کشاورزی استفاده نمود. در حال حاضر، بر

اساس نتایج به دست آمده، خمیرکاغذ تولید شده با استفاده از ۲۵٪ مونیو اتانول آمین و ۷۵٪ آب، دارای بیشترین بازده کل (۶۳/۲٪) بوده و کمترین عدد کاپا مربوط به خمیرکاغذ تولید شده با استفاده از ۷۵٪ مونیو اتانول آمین و ۲۵٪ آب بوده است. ضمن اینکه با کاهش غلظت مونیو اتانول آمین و افزایش آب، بازده افزایش یافته و عدد کاپا نیز افزایش را نشان می‌دهد. همچنین در این تحقیق از هیدروکسید پتاسیم و آنتراکینون به عنوان افزودنی استفاده شد که بر اساس نتایج به دست آمده، استفاده از هیدروکسید پتاسیم و آنتراکینون تأثیر چندانی بر روی بازده خمیرکاغذهای حاصل نداشته است ولی استفاده از هیدروکسید پتاسیم در سطح ۳٪ و یا آنتراکینون، بر روی کاهش عدد کاپا اثرگذار بوده، به طوری که کمترین عدد کاپا (۱۶/۷)، در خمیرکاغذ تولید شده با استفاده از مونیو اتانول آمین خالص (۱۰۰٪) به همراه ۰/۱٪ آنتراکینون به عنوان ماده افزودنی، مشاهده شده است. در فرایند سودا همزمان با لیگنین زدایی، گزینش پذیری نیز افزایش می‌یابد. افزودن مونیو اتانول آمین موجب کاهش میزان قلیای مصرفی و همین‌طور اعمال شرایط پخت ملایم می‌شود. خمیرکاغذهای سودا-آمین، بازده بالاتر و ویسکوزیته-های بیشتری دارند. در مقایسه با خمیرکاغذ کرافت، خمیرکاغذهای سودا-آمین، مقاومت به پارگی بیشتر ولی مقاومت به ترکیدن و مقاومت به کشش کمتری دارد (Kubes, et al., 1978). Hedjazi و همکاران (۲۰۰۹)، مقایسه‌ای بین فرایندهای سودا و سودا/آنتراکینون با مونیو اتانول آمین از کاه گندم را ارائه کرده‌اند. در این تحقیق تمرکز اصلی بر روی کاهش دمای پخت به منظور جلوگیری از تجزیه مونیو اتانول آمین بوده و دما از ۱۳۵ تا ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار گرفته که بهترین لیگنین زدایی در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است. پس از بهینه‌سازی فرایند و تعیین بهترین نوع اختلاط آب با مونیو اتانول آمین به همراه آنتراکینون، رنگبری در توالی OP/DQ/PO/Q انجام شد. در نهایت نتایج نشان داد که مونیو اتانول آمین می‌تواند با داشتن بازده بالا و حفظ همی-سلولزها، مقاومت‌هایی مشابه با خمیرکاغذهای حاصل از

اساس برآوردهای وزارت کشاورزی ایران، نیاز به ۲۰۰ هزار تن کود پتاس در سال می‌باشد. به هر حال، با توجه به افزایش جمعیت و برنامه‌های افزایش تولید محصولات کشاورزی در کشور، میزان تقاضا برای کودهای شیمیایی از جمله کودهای پتاس رو به افزایش است و باید از طریق واردات و یا ایجاد امکان تولید داخلی تأمین گردد.

MEA می‌تواند به عنوان یکی از مشتقات آمونیاک که در آن اتم هیدروژن با یک گروه اتیل الکل جایگزین شده است، یا به صورت فراورده افزایشی آمونیاک به اکسید اتیلن در نظر گرفته شود. مونیو اتانول آمین به علت گروه آمینی بازی و گروه هیدروکسی که دارد هم به صورت آمین و هم به صورت الکل عمل می‌نماید. در حالت آمین به صورت قلیا و باز قوی (pH برابر با ۱۳/۸) و یک عامل کاهنده عمل می‌کند (Heidari, 2010). برای بهبود لیگنین زدایی، مونیو اتانول آمین (MEA) می‌تواند به عنوان افزودنی، به مایع پخت یا به صورت یک مرحله جداگانه و به عنوان پیش تیمار در فرایندهای متداول خمیر کاغذ سازی و یا به صورت مخلوط با مواد شیمیایی به غیر از مواد شیمیایی متداول خمیر کاغذ سازی مورد استفاده قرار گیرد. در فرایندهای خمیر کاغذ سازی قلیایی که در آنها مونیو اتانول آمین به عنوان ماده افزودنی بکار می‌رود، لیگنین زدایی بر مبنای اثر متقابل بین قلیا و مونیو اتانول آمین و چوب به وقوع می‌پیوندد (Kubes, et al., 1978). Heidari (۲۰۱۰)، در تحقیقی به بررسی تولید خمیرکاغذ به روش مونیو اتانول آمین از کلس برنج پرداخت. مونیو اتانول آمین در ۵ سطح (۲۵، ۳۷/۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده مونیو اتانول آمین ۱۰۰ درصد دارای بیشترین بازده کل (۶۷/۸ درصد) و کمترین عدد کاپا (۸/۶) و مونیو اتانول آمین ۲۵ درصد دارای کمترین بازده کل (۵۶/۳۸ درصد) و بیشترین عدد کاپا (۲۰/۶۳) است. Mohammadi shirkolaee (۲۰۱۲)، در تحقیقی به بررسی تولید خمیرکاغذ، با استفاده از مونیو اتانول آمین به صورت خالص و در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم از کاه جو و همچنین رنگبری ECF خمیرکاغذهای حاصل پرداخت. بر

پخت‌های رایج منابع لیگنوسولوزی نشان دهد.

## مواد و روش‌ها

### مواد

نمونه‌های برنج مورد آزمایش از مزارع استان گیلان تهیه شد. کلش برنج برای انجام آزمایش‌ها و عملیات پخت به قطعاتی به طول پنج تا هفت سانتیمتر توسط دستگاه برش تبدیل گردید و برای رسیدن به رطوبت تعادل در محیط آزمایشگاه قرار داده شد. نمونه‌ها پس از رسیدن به رطوبت تعادل برای جلوگیری از تبادل رطوبتی و تغییر میزان رطوبت، داخل کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند. سپس از تمامی کیسه‌ها درصد رطوبت گرفته شد و برای هر پخت این درصد اعمال گردید. مونو اتانول آمین از پالایشگاه اراک و در ظروف دربسته و تیره‌رنگ در حدود ۵۰ لیتر تهیه گردید و در شرایط ایزوله به آزمایشگاه منتقل گردید.

### روش‌ها

#### آماده‌سازی خمیر کاغذ

در این تحقیق پخت مونو اتانول آمین (MEA) با غلظت ۱۵٪، به همراه افزودنی هیدروکسید پتاسیم در ۴ نسبت ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد و پخت هیدروکسید پتاسیم با قلیائیت ۱۴٪، به همراه افزودنی مونو اتانول آمین در ۴ غلظت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد به‌عنوان مایع پخت، برای خمیر کاغذ سازی از کلش برنج استفاده شده است. همچنین در تیمارهای جداگانه‌ای ترکیب سولفیت پتاسیم/ هیدروکسید پتاسیم و سولفیت سدیم/ هیدروکسید سدیم در نسبت‌های ۵۰/۵۰ و همچنین تیمار هیدروکسید سدیم در قلیائیت ۱۴٪، به‌عنوان تیمار شاهد برای پخت استفاده شدند. لازم به ذکر است که نسبت تمام مواد شیمیایی در تمام تیمارها بر مبنای وزن خشک کلش برنج بوده است.

برای تمام تیمارها زمان پخت ۹۰ دقیقه و دما ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. مقدار کلش برنج برای هر پخت برابر با ۵۰ گرم بر مبنای وزن خشک و نسبت وزنی مایع پخت به وزن ساقه برنج ۱ به ۴ انتخاب شد. برای

پخت ساقه برنج، از دیگ پخت (دایجستر) آزمایشگاه خمیرکاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران که مجهز به ترموستات برای تنظیم دماست، استفاده گردید. ساقه برنج در داخل محفظه پخت، به مدت ۳۰ دقیقه تحت آغشتگی کامل با مایع پخت قرار گرفت، پس از گذشت زمان فوق درب محفظه دیگ محکم بسته شد و پس از اینکه دمای گلیسرین دیگ پخت به حد مورد نظر (۱۶۰ درجه سانتی‌گراد) رسید، محفظه‌ها در داخل دیگ پخت قرار گرفتند و عملیات پخت آغاز گردید. پس از انجام هر پخت، محفظه باز و پس از سرد شدن، محتویات آن بر روی الک با اندازه سوراخ ۲۰۰ مش تخلیه گردید تا مایع پخت از ساقه برنج پخته شده، جدا شود. سپس با استفاده از آب تحت فشار، خمیرکاغذهای تولید شده کاملاً شستشو داده شد. به‌منظور جدا کردن دسته‌های الیاف چوب و تبدیل ساقه برنج پخته شده به الیاف، از یک جداکننده الیاف آزمایشگاهی استفاده گردید. مجدداً خمیرکاغذ حاصل روی دو الک با اندازه سوراخ ۱۸ مش و ۲۰۰ مش (الک ۱۸ مش روی الک ۲۰۰ مش قرار می‌گیرد) شستشو داده شد.

#### اندازه‌گیری میزان بازده و عدد کاپا

بعد از پایان هر پخت و شستشوی خمیرکاغذ و پس از هواخشک کردن آنها، بازده کل بعد از پخت، بازده بعد از غربال و میزان وازده اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عدد کاپا از استاندارد شماره ۹۶-۲۳۶۰m T آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. با مقایسه مقادیر بازده کل، بازده بعد از الک و عدد کاپای خمیرهای مختلف، تعدادی از تیمارها به‌عنوان خمیرکاغذهای مطلوب انتخاب شد.

#### ساخت کاغذ

خمیرکاغذهای انتخاب شده ابتدا توسط دستگاه همزن آزمایشگاهی دفیبره شد، سپس پالایش نهایی خمیرکاغذها طبق آیین‌نامه شماره ۸۸-۲۲۴۸۰m T استاندارد TAPPI، توسط دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی PFI انجام شد. درجه روانی تا  $50 \pm 300$  میلی‌لیتر CSF(ml) کاهش داده شد.

وازده در سطح ۹۵٪ معنی‌دار است. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، خمیرکاغذ حاصل از مونو اتانول آمین ۱۵٪ بدون هیدروکسید پتاسیم، دارای بیشترین میزان بازده کل، وازده و عدد کاپاست. اضافه نمودن فقط ۵ درصد هیدروکسید پتاسیم منجر به کاهش بیش از ۵۰ درصدی در عدد کاپا شده، درحالی‌که بازده خمیرکاغذ تولیدی به میزان اندکی کاهش می‌یابد که این امر دلالت بر گزینش‌پذیری خوب پخت داشته است. با اضافه نمودن بیش از ۵ درصد هیدروکسید پتاسیم، عدد کاپا به میزان کمی تحت تأثیر واقع شده و به‌ویژه با افزودن ۴۰ درصد هیدروکسید پتاسیم، بازده بشدت کاهش می‌یابد. گروه‌بندی میانگین‌ها به روش دانکن (جدول ۱) نشان می‌دهد که افزودن مونو اتانول آمین با هر نسبتی، موجب کاهش عدد کاپا و قرار گرفتن پخت‌ها در گروه‌های مختلف می‌گردد، در حالی که از نظر بازده تفاوتی بین ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد مونو اتانول آمین وجود ندارد.

اثر مستقل افزودن مونو اتانول آمین به پخت هیدروکسید پتاسیم

اثر مستقل افزودن مونو اتانول آمین در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم بر بازده کل در سطح ۹۵٪ معنی‌دار بوده است. کمترین میزان بازده کل مربوط به تیمار هیدروکسید پتاسیم است. با اضافه شدن مونو اتانول آمین به عنوان افزودنی به پخت هیدروکسید پتاسیم، بازده افزایش و عدد کاپا کاهش می‌یابد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود از نظر عدد کاپا، تفاوتی بین استفاده از مونو اتانول آمین به میزان ۲۰، ۳۰ و ۴۰ درصد نیست. در مورد بازده نیز بین ۱۰ و ۲۰ و همچنین بین ۳۰ و ۴۰ درصد مونو اتانول آمین، تفاوتی را نمی‌توان مشاهده نمود.

سپس تعیین درصد خشکی خمیرکاغذ طبق آئین‌نامه شماره ۶۷. D استاندارد کانادایی CPPA انجام شد. ساخت کاغذ دست‌ساز بر اساس استاندارد TAPPI آئین‌نامه شماره ۸۸ - ۲۰۵ om T و با استفاده از دستگاه Labtech HandSheet Maker انجام شد. در این تحقیق ساخت کاغذ ۶۰ گرمی مدنظر بود.

اندازه‌گیری مقاومت‌های مکانیکی و ویژگی‌های نوری شاخص مقاومت به پاره شدن، طبق استاندارد TAPPI و آئین‌نامه شماره ۴۱۴ om-۸۸ T اندازه‌گیری شد. شاخص مقاومت به کشش، طبق استاندارد TAPPI و آئین‌نامه شماره ۴۹۴ om-۹۶ T با استفاده از دستگاه tensile tester که قادر است بر روی یک نمونه کاغذ با اندازه استاندارد (طول ۱۵ cm و پهنا ۱۵ mm)، مقدار مقاومت در برابر کشش را تعیین کند، اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری شاخص مقاومت به ترکیدن مطابق استاندارد شماره ۴۰۳T-۹۱OM آئین‌نامه TAPPI انجام شد. برای اندازه‌گیری درجه روشنی و میزان ماتی از دستگاه Micro TB-IC استفاده شد. این دستگاه یک سیستم نوری کروی تلفیقی را به‌کار می‌برد که توسط استاندارد ISO ۲۴۶۹ تعریف شده است.

### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب بلوک‌های تصادفی با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس انجام گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار SPSS<sup>۱</sup> استفاده شد.

### نتایج

#### ویژگی‌های خمیرکاغذ

اثرات مستقل افزودن هیدروکسید پتاسیم به فرایند مونو اتانول آمین

با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل آماری، اثر مستقل افزودن هیدروکسید پتاسیم بر بازده کل، عدد کاپا و میزان

جدول ۱- ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از پخت‌های مونواتانول آمین هیدروکسید پتاسیم به‌عنوان عامل افزودنی

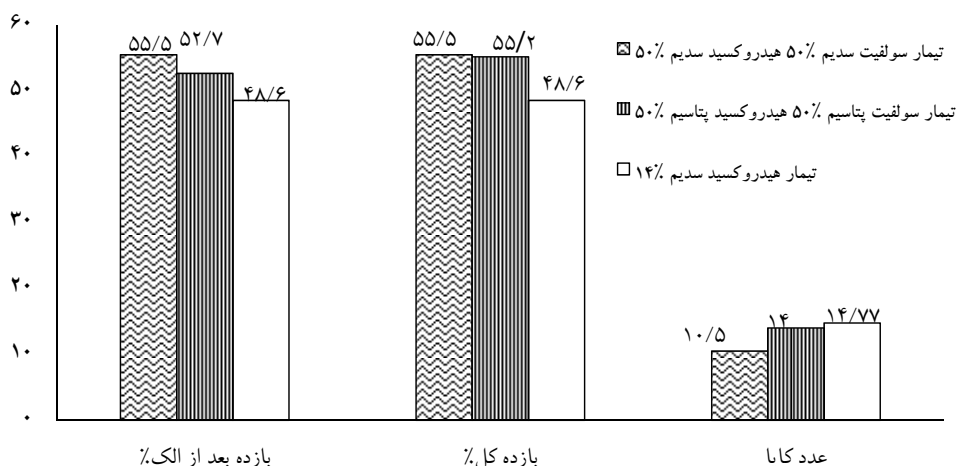
کد تیمار	مونواتانول آمین (%)	هیدروکسید پتاسیم (%)	بازده بعد از الک (%)	وازده (%)	بازده کل (%)	عدد کاپا
۱	-	-	۵۷/۹۵ <sup>a</sup>	۲/۵ <sup>c</sup>	۶۰/۴۵ <sup>a</sup>	۳۶/۹۹ <sup>e</sup>
۲	۵	۵	۵۴/۷ <sup>b</sup>	۲/۳ <sup>c</sup>	۵۷ <sup>b</sup>	۱۵/۴ <sup>d</sup>
۳	۱۰	۱۰	۵۳/۲ <sup>bc</sup>	۲/۱۶ <sup>b</sup>	۵۵/۳۶ <sup>b</sup>	۱۲/۵ <sup>c</sup>
۴	۱۵	۲۰	۵۲/۴ <sup>c</sup>	۲/۱ <sup>b</sup>	۵۴/۵ <sup>b</sup>	۹/۵۹ <sup>ab</sup>
۵	۳۰	۳۰	۴۸/۱ <sup>d</sup>	۱/۸ <sup>a</sup>	۴۹/۹ <sup>c</sup>	۱۰/۵ <sup>b</sup>
۶	۴۰	۴۰	۴۱/۶ <sup>e</sup>	۱/۵ <sup>a</sup>	۴۳/۱ <sup>d</sup>	۸/۷۳ <sup>a</sup>

جدول ۲- ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از پخت‌های هیدروکسید پتاسیم و مونواتانول آمین به‌عنوان عامل افزودنی

کد تیمار	مونواتانول آمین (%)	هیدروکسید پتاسیم (%)	بازده بعد از الک (%)	وازده (%)	بازده کل (%)	عدد کاپا
۱	-	-	۴۶/۲ <sup>d</sup>	۴ <sup>d</sup>	۵۰/۲ <sup>c</sup>	۲۱/۲۷ <sup>c</sup>
۲	۱۰	۱۰	۴۸/۶ <sup>c</sup>	۳/۸ <sup>c</sup>	۵۳/۱ <sup>b</sup>	۱۷/۳ <sup>b</sup>
۳	۲۰	۱۴	۵۱ <sup>b</sup>	۲/۴ <sup>b</sup>	۵۳/۴ <sup>b</sup>	۱۱/۶۷ <sup>a</sup>
۴	۳۰	۳۰	۵۲/۲ <sup>a</sup>	۲ <sup>a</sup>	۵۴/۲ <sup>a</sup>	۱۲/۶۳ <sup>a</sup>
۵	۴۰	۴۰	۵۲ <sup>a</sup>	۲ <sup>a</sup>	۵۴ <sup>a</sup>	۱۲/۳۵ <sup>a</sup>

شکل ۱، میزان بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای شاهد را نشان می‌دهد. پخت سولفیت سدیم به همراه هیدروکسید سدیم (سولفیت قلیائی)، منجر به نتایج بهتری شده است، اگرچه جایگزینی سدیم با پتاسیم نیز نتایج مطلوب و قابل قبولی را ارائه کرده است. مقایسه پخت سودا با پخت

هیدروکسید پتاسیم (جدول ۲) حکایت از برتری واضح یون سدیم بر یون پتاسیم از نظر ویژگی‌های خمیر کاغذ تولیدی دارد اما چنین تفاوتی در حالت بکارگیری سولفیت یون‌های مربوطه ملاحظه نمی‌شود.



شکل ۱- ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از پخت‌های شاهد

انتخاب و برای ادامه آزمایش‌ها و تهیه کاغذ دست‌ساز و انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی از آنها استفاده شد (جدول ۳).

آماده‌سازی خمیر کاغذ برای ساخت کاغذ دست‌ساز با انجام پخت‌ها و تعیین بازده و عدد کاپا برای هر یک از ترکیب شرایط پخت، ۷ ترکیب به‌عنوان تیمارهای مطلوب

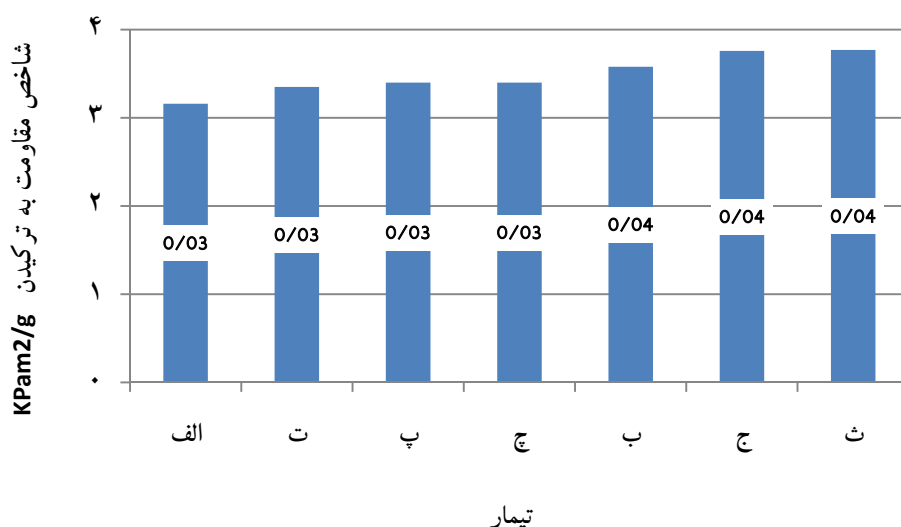
جدول ۳- مشخصات تیمارهای بهینه انتخاب شده برای تولید کاغذ از ساقه برنج

کد تیمار	ماده شیمیایی (%)	بازده کل (%)	عدد کاپا
الف	مونواتانول آمین ۱۵%	۵۷/۹۵	۳۶/۹۹
ب	مونواتانول آمین ۱۵%	۵۲/۴	۹/۵۹
پ	هیدروکسید پتاسیم ۲۰%	۵۰/۲	۲۱/۲۷
ت	هیدروکسید پتاسیم ۱۴%	۵۴/۲	۱۲/۶۳
ث	مونواتانول آمین ۳۰%	۵۵/۵	۱۰/۵
ج	هیدروکسید پتاسیم ۵۰%	۵۵/۷۶	۱۴
چ	سولفیت سدیم ۵۰%	۴۸/۶	۱۴/۷۷
ح	هیدروکسید سدیم ۱۴%	۴۸/۶	۱۴/۷۷

پتاسیم تعلق دارد و از نظر گروه بندی دانکن، تفاوتی بین این دو خمیرکاغذ دیده نمی شود. کمترین میزان شاخص ترکیدن مربوط به پخت مونو اتانول آمین ۱۵٪ است. با اضافه کردن هیدروکسید پتاسیم به فرایند مونو اتانول آمین مشاهده می شود که شاخص مقاومت به ترکیدن آن نیز افزایش می یابد.

مقایسه پخت های بهینه از نظر مقاومت های مکانیکی و ویژگی های نوری شاخص مقاومت به ترکیدن

همان طور که در شکل ۲ مشخص است، بیشترین میزان شاخص مقاومت به ترکیدن به پخت های شاهد سولفیت سدیم/هیدروکسید سدیم و سولفیت پتاسیم/هیدروکسید



شکل ۲- شاخص مقاومت به ترکیدن در تیمارهای بهینه

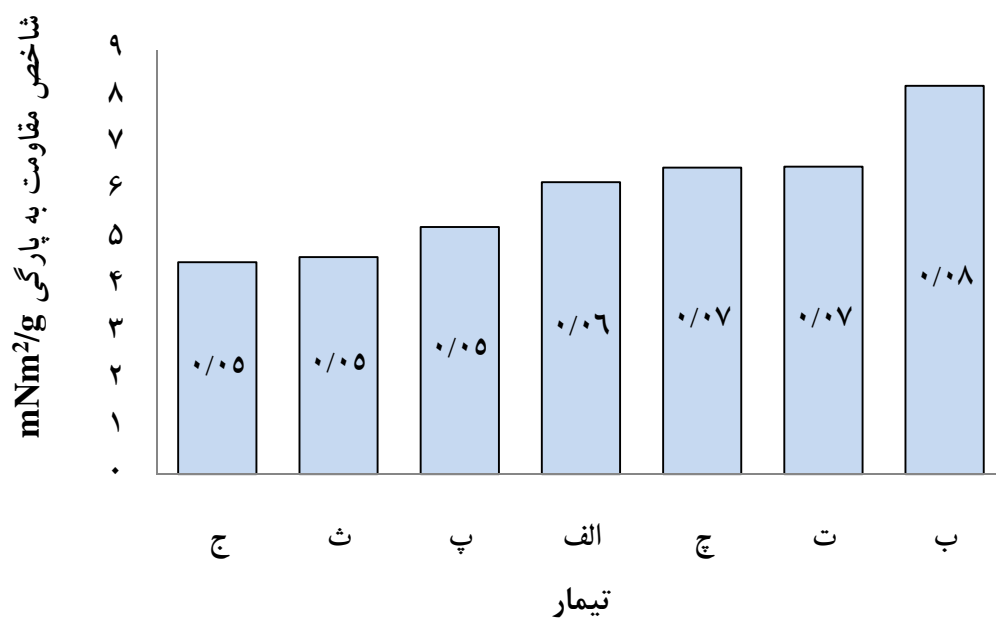
#### شاخص مقاومت به کشش

شاخص مقاومت به کشش نیز همانند شاخص مقاومت به پارگی، در پخت مونو اتانول آمین به همراه افزودنی هیدروکسید پتاسیم و بعکس، بیشترین میزان را دارد. با توجه به شکل ۴، کمترین میزان این شاخص به تیمار مونو اتانول آمین به تنهایی مربوط می شود. به طوری که پخت های دارای یون سولفیت مجدداً رفتار مشابهی را از خود نشان می دهند.

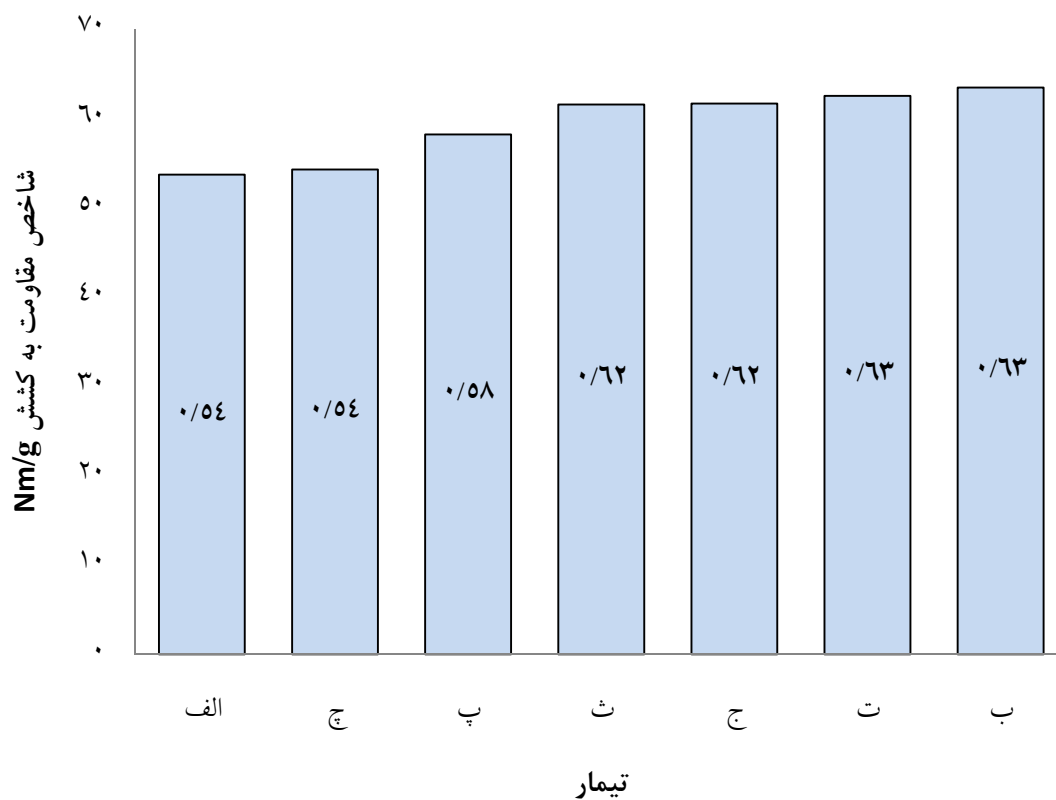
#### شاخص مقاومت به پارگی

بیشترین میزان شاخص مقاومت به پارگی مربوط به تیمار مونو اتانول آمین به همراه افزودنی هیدروکسید پتاسیم است که اختلاف معنی داری با سایر تیمارها دارد. همچنین در شکل ۳ مشخص است که با اضافه کردن مونو اتانول آمین به پخت هیدروکسید پتاسیم، شاخص مقاومت به پارگی افزایش یافته است. برخلاف شاخص ترکیدن، در ارتباط با شاخص پارگی کمترین مقادیر، مربوط به پخت های واجد سولفیت است.





شکل ۳- شاخص مقاومت به پارگی در تیمارهای بهینه

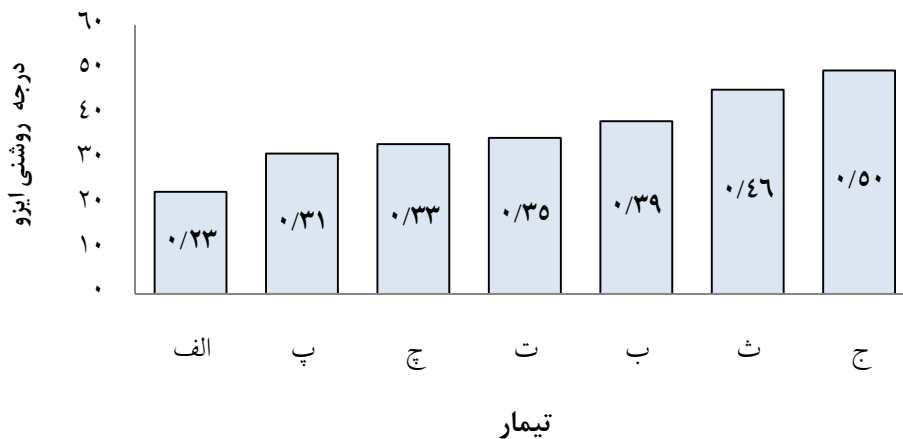


شکل ۴- شاخص مقاومت به کشش در تیمارهای بهینه

## درجه روشنی

درجه روشنی به فرایندهای سولفیت قلیایی و کمترین آن به تیمار مونو اتانول آمین ۱۵٪ مربوط می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، بیشترین میزان

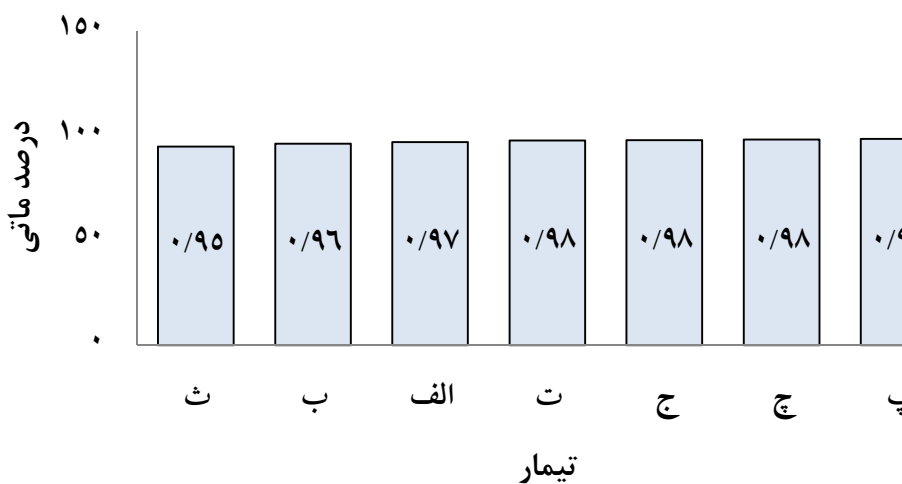


شکل ۵- درجه روشنی در تیمارهای بهینه

## درجه ماتی

شاهد هیدروکسید پتاسیم و هیدروکسید سدیم ۱۴٪ است و کمترین میزان آن با اختلاف معنی‌داری مربوط به تیمار سولفیت پتاسیم/ هیدروکسید پتاسیم است.

با توجه به شکل ۶، مشاهده می‌شود که بیشترین میزان ماتی در خمیرکاغذهای انتخاب شده، مربوط به پخت‌های



شکل ۶- ماتی در تیمارهای بهینه

## بحث

## بازده

سلولزهای ماده لیگنوسلولزی در جریان فرایند خمیرکاغذ سازی است که این امر منتج به افزایش بازدهی خمیرکاغذ تولیدی می‌گردد. Heidari (۲۰۱۰)، در بررسی تولید

یکی از ویژگی‌های بارز مونو اتانول آمین، حفظ همی

کلش برنج با مونو اتانول آمین ۱۰۰٪، عدد کاپا را ۸/۵۸ بیان کرده است.

Mehnipour (۲۰۱۰)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از ساقه کلزا، در خمیر منتخب مونو اتانول آمین / آب (۵۰/۵۰) همراه با افزودن ۰/۱ درصد آنتراکینون و ۱۰٪ هیدروکسید پتاسیم، عدد کاپا را ۱۷ گزارش کرده است. Mohamadi shirkolaee (۲۰۱۲)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از کاه جو با مونو اتانول آمین / آب (۵۰/۵۰) به عدد کاپای ۲۱ رسیده است.

#### شاخص ترکیدن

مقاومت در برابر ترکیدن به میزان نواری شدن و درهم‌رفتگی الیاف و همچنین میزان پیوند هیدروژنی بین الیاف بستگی دارد. کمترین شاخص مقاومت به ترکیدن ( $3/16 \text{ kpm}^2/\text{g}$ )، در خمیرکاغذ مونو اتانول آمین ۱۵٪ است که این امر از میزان لیگنین‌زدایی کمتر و دسترس‌پذیری کمتر گروه‌های هیدروکسیل ناشی می‌شود. بیشترین میزان این شاخص ( $3/77 \text{ kpm}^2/\text{g}$ )، مربوط به تیمار هیدروکسید سدیم / سولفیت سدیم (۵۰/۵۰) است که دارای لیگنین‌زدایی گسترده‌تری است. در بررسی که توسط Hedjazi (۲۰۰۹)، با استفاده از کاه گندم انجام شده، میزان شاخص مقاومت به ترکیدن  $3/4 \text{ kpm}^2/\text{g}$  بوده است. حیدری (۱۳۸۸)، در پژوهشی که بر روی کلش برنج انجام داده، میزان شاخص مقاومت به ترکیدن در خمیرکاغذ حاصل را  $\text{kpm}^2/\text{g}$   $3/436$  بیان نموده است. در تحقیق دیگری که توسط Mehnipour (۲۰۱۰)، با استفاده از ساقه کلزا انجام شد میزان شاخص مقاومت به ترکیدن  $3/65 \text{ kpm}^2/\text{g}$  ذکر شده است و در بررسی دیگر توسط Mohamadi shirkolaee (۲۰۱۲)، با استفاده از کاه جو، میزان این شاخص  $\text{kpm}^2/\text{g}$   $3/17$  ذکر شده است.

#### شاخص پارگی

مقاومت به پارگی به صورت نیروی لازم برای پاره کردن یک قطعه کاغذ در شرایط مشخص تعریف می‌گردد.

خمیرکاغذ از کلش برنج با مونو اتانول آمین ۱۰۰٪، مقدار بازده را ۶۷/۵۸ گزارش کرده است که بازده بسیار مطلوبی است. در این تحقیق نیز بازده حاصل در مورد خمیرکاغذ مونو اتانول آمین در حد مطلوبی است اما به علت اینکه میزان مونو اتانول آمین بکار گرفته شده، ۱۵ درصد بوده است و بقیه آب را شامل می‌شده است، بنابراین مونااتانول آمین اثر حفاظتی کمتری را اعمال نموده است و در مقایسه با مونو اتانول آمین ۱۰۰ درصد، بازده کمتر است. کمترین میزان بازده حاصل ( $43/1$ ٪)، مربوط به مونو اتانول آمین ۱۵٪ و هیدروکسید پتاسیم ۴۰٪ است که به علت قلیائیت قوی‌تر، هم لیگنین و هم همی سلولزهای بیشتری تخریب شده و بازده کاهش یافته است. همچنین Hedjazi (۲۰۰۹)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از کاه گندم با مونو اتانول آمین ۱۰۰٪، مقدار بازده را ۵۸/۹٪ گزارش کرده است. Mehnipour (۲۰۱۰)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از ساقه کلزا، در خمیر منتخب مونو اتانول آمین / آب (۵۰/۵۰) همراه با افزودن ۰/۱ درصد آنتراکینون و ۱۰ درصد هیدروکسید پتاسیم، مقدار بازده را ۵۷/۸٪ بیان نموده است. Mohamadi shirkolaee (۲۰۱۲)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از کاه جو، در خمیر منتخب با مونو اتانول آمین / آب (۵۰/۵۰)، مقدار بازده را ۴۸٪/۵۶٪ گزارش کرده است.

#### عدد کاپا

به دلیل افزایش گزینش‌پذیری پخت با مونو اتانول آمین، مقدار لیگنین‌زدایی با این ماده بسیار بالاست و از طرفی با افزودن هیدروکسید پتاسیم، فرایند لیگنین‌زدایی تسهیل شده و عدد کاپا کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار عدد کاپا ( $36/99$ )، در خمیر منتخب مونو اتانول آمین ۱۵٪ است که به علت ضعیف بودن پروفیل قلیا، به علت حجم زیادی از آب است. کمترین مقدار ( $8/73$ )، مربوط به تیمار مونو اتانول آمین ۱۵٪ و هیدروکسید پتاسیم ۴۰٪ است. Hedjazi (۲۰۰۹)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از کاه گندم با مونو اتانول آمین ۱۰۰٪، به عدد کاپای ۱۸/۷ رسیده است. Heidari (۲۰۱۰)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از

پتاسیم)، شاخص مقاومت به کشش،  $61/9 \text{ Nm/g}$  ذکر شده است. Mohamadi shirkolae (۲۰۱۲)، در بررسی تولید خمیرکاغذ از کاه جو با مونی اتانول آمین / آب (۵۰/۵۰) به شاخص مقاومت به کشش  $64/17 \text{ Nm/g}$  رسیده است.

#### درجه روشنی

روشنی اساساً میزانی از فقدان زردی خمیرکاغذ است که این زردی محصول حضور لیگنین و ناخالصی‌های دیگر در نتیجه رنگبری ناقص خمیرکاغذ است. به عبارت دیگر، خمیرکاغذ رنگبری نشده، خمیرکاغذ زردرنگ با درجه خلوص پایین است. در این تحقیق کمترین میزان درجه روشنی، مربوط به تیمار مونی اتانول آمین ۱۵٪، به میزان ۲۲/۷۹ و بیشترین مقدار آن مربوط به تیمار هیدروکسید پتاسیم ۵۰٪-، به میزان ۴۹/۸۹ است. درجه روشنی به دست آمده در تحقیقات دیگر بشرح زیر است:

Hedjazi (۲۰۰۹)، درجه روشنی خمیرکاغذ کاه گندم رنگبری نشده، رنگبری شده فرایند ECF با توالی O/Q/OP/DQ/P و رنگبری شده فرایند TCF با توالی O/Q/OP/ZQ/P حاصل از فرایند مونی اتانول آمین / آنتراکینون ۵۰٪ را به ترتیب ۱۴/۵، ۸۰/۲ و ۸۰/۸ گزارش کرد.

Heidari (۲۰۱۰)، درجه روشنی خمیرکاغذ کلش برنج رنگبری نشده و رنگبری شده ECF حاصل از فرایند مونی اتانول آمین / آنتراکینون ۵۰٪ با توالی  $D_0EpD_1$  و فاکتور کاپای ۰/۳ را به ترتیب ۳۹/۰۹ و ۸۳/۰۵ گزارش کرد. Mehnipour (۲۰۱۰)، درجه روشنی خمیرکاغذ کلزا رنگبری نشده و خمیرکاغذ رنگبری شده حاصل از فرایند مونی اتانول آمین / آب ۵۰/۵۰ همراه با افزودن ۰/۱ درصد آنتراکینون و ۱۰ درصد هیدروکسید پتاسیم را به ترتیب ۲۵/۰۵ و ۸۱/۸ ذکر کرده است.

همان‌طور که می‌دانیم این مقاومت با طول الیاف رابطه مستقیم دارد، به طوری که الیاف سالم‌تر مقاومت در برابر پاره شدن زیادتری دارند. شاخص مقاومت به پارگی خمیرکاغذ مونی اتانول آمین ۱۵٪ کلش برنج  $6/2 \text{ mNm}^2/\text{g}$  است. بیشترین میزان این شاخص ( $8/25 \text{ mNm}^2/\text{g}$ )، مربوط به تیمار مونی اتانول آمین ۱۵٪- پتاسیم هیدروکسید ۲۰٪ و کمترین مقدار ( $4/5 \text{ mNm}^2/\text{g}$ )، در تیمار پتاسیم هیدروکسید ۵۰٪- پتاسیم سولفات ۵۰٪ حاصل شده است. در تحقیقی که توسط حجازی (۱۳۸۷)، با استفاده از کاه گندم و مایع پخت مونی اتانول آمین / آنتراکینون ۵۰٪ انجام شد، مقدار این شاخص  $3/6 \text{ mNm}^2/\text{g}$  گزارش شده است. در تحقیقات دیگری که توسط Heidari (۲۰۱۰) و Mehnipour (۲۰۱۰)، با استفاده از کلش برنج و ساقه کلزا انجام شد، شاخص مقاومت به پارگی برای خمیرکاغذهای حاصل به ترتیب  $7/09 \text{ mNm}^2/\text{g}$  و  $9/54 \text{ mNm}^2/\text{g}$  ذکر شده است. در پژوهشی که توسط Mohamadi shirkolae (۲۰۱۲)، با استفاده از کاه جو انجام شد، شاخص مقاومت به پارگی خمیرکاغذ حاصل،  $6/04 \text{ mNm}^2/\text{g}$  گزارش شده است.

#### شاخص کشش

این عامل مربوط به دسترس پذیری گروه‌های هیدروکسیل موجود در الیاف و توانایی ایجاد پیوند در آنهاست. کمترین میزان این شاخص ( $53/69 \text{ Nm/g}$ )، مربوط به تیمار مونی اتانول آمین ۱۵٪ کلش برنج و بیشترین مقدار این شاخص ( $63/42 \text{ Nm/g}$ )، مربوط به تیمار مونی اتانول آمین ۱۵٪ - هیدروکسید پتاسیم ۲۰٪ است. در تحقیق حجازی (۱۳۸۷)، (کاه گندم - مونی اتانول آمین / آنتراکینون ۵۰٪)، شاخص مقاومت به کشش،  $59 \text{ Nm/g}$  گزارش شده است. در تحقیق Heidari (۲۰۱۰)، (کلش برنج - مونی اتانول آمین ۵۰ درصد)، شاخص مقاومت به کشش،  $38/46 \text{ Nm/g}$  به دست آمده است. در پژوهش Mehnipour (۲۰۱۰)، (ساقه کلزا - مونی اتانول آمین / آب ۵۰/۵۰ همراه با افزودن ۰/۱ درصد آنتراکینون و ۱۰ درصد هیدروکسید

## نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فرایند مونو اتانول آمین در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم می‌تواند به صورت موفقیت‌آمیزی بر روی کلس برنج به مرحله عمل درآید. با توجه به اینکه کلس برنج در میان منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی دارای بیشترین درصد خاکستر و به‌ویژه بیشترین میزان سیلیس است، موفقیت فرایند MEA به‌ویژه در مورد کلس برنج از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. همچنین وجود لیگنین بسیار کم کلس برنج در میان سایر منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی این امکان ویژه را در اختیار قرار داده است تا با مصرف کم MEA در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم، بتوان به عدد کاپای مطلوب، با میزان بازده مناسب برای تولید خمیر کاغذ شیمیایی قابل رنگبری دست یافت که این امر، تسهیل‌کننده بازیابی مونو اتانول آمین است. بنابراین مقایسه شاخص‌های مقاومتی تیمارهای بهینه این تحقیق با سایر تحقیقات نشان می‌دهد که خمیر کاغذهای حاصل از فرایندهای مختلف در این تحقیق دارای مقاومت‌های مکانیکی مناسبی می‌باشند. به‌طور کلی نتایج این تحقیق، بیانگر ویژگی‌های قابل رقابت خمیر کاغذ حاصل از فرایند MEA در ترکیب با هیدروکسید پتاسیم در مقایسه با فرایندهای سنتی قلیایی بوده و رهگشای تحقیقات و مطالعات نوین در راستای بکارگیری ترکیب KOH/MEA بر روی پسماندهای کشاورزی است.

## منابع مورد استفاده

- Ahmadi, M., 2008. The study of producing Neutral Sulfite Semi-Chemical pulp from Canola residues. College of Natural Resources, University of Tehran.
- Gominho, J., Fernańdez, J. and Pereira, H., 2001. *Cynara cardunculus* L. a new fibre crop for pulp and paper production. *Ind. Crops. Prod.* 13 (1), 1–10.
- Hedjazi, S., Kordsachia, O., Patt, R. and Kreipl, A., 2009. MEA/water/AQ-pulping of wheat straw. *Holzforschung*, Vol. 63, Issue (5), pp. 505–512.
- Hedjazi, S., Heidari, a. Adli, A., Jahan Latibari, A., Hmazeh, Y., kordsachia, O., Ahmadi, M., 2011. Ethanolamine Pulping- As A Novel Opportunity to Overcome Rice Straw Pulping Challenges. *Proceedings of the 16th , ISWFPC*
- Heidari, A., 2010. Investigation on MEA pulping of Rice straw and ECF bleaching of the pulps. College of Natural Resources, University of Tehran.
- Kubes, G.J., Fleming B.I., MacLeod J.M. & Bolker H.I., 1978. Sulphide-free alkaline delignification, IV, extension of soda-ethylenediamine pulping to various species. 1978 Tappi Pulping Conference, New Orleans, LA, p 27-31.
- Mehnipour, N., 2011. Investigation on the effect of different digester additives on pulping properties using alkaline sulfite process and TCF bleaching of selected pulps. College of Natural Resources, University of Tehran.
- Mohammadi Shirkolae, j., 2012. Investigation of MEA/KOH pulping of barely straw and ECF bleaching of the pulp. College of Natural Resources, University of Tehran.

## Evaluation of pulp properties produced from rice straw by combination the monoethanolamine and potassium hydroxide

F. Shiralizadeh<sup>1</sup>, S. Hedjazi<sup>2\*</sup> and M. Ahmadi<sup>3</sup>

1-M.Sc., Wood and Paper Science, College of Natural Resources, University of Tehran, Iran

2\*-Corresponding author, Assistant Prof, Wood and paper science and technology, College of Natural Resources, University of Tehran, Iran, Email: shedjazi@ut.ac.ir

3-Ph.D Student, Wood and paper science and technology, College of Natural Resources, University of Tehran, Iran

Received: Feb., 2014

Accepted: Mar., 2015

### Abstract

In this research, rice straw was used as raw material. Potassium hydroxide was combined with monoethanolamine (MEA) as liquor. In another processes NaOH/Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, KOH/K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> and KOH 14% was used as references pulp. The results showed that using pure MEA (15%) produced the highest yield and the highest kappa number. By using potassium hydroxide as a additive agent in MEA pulping, the amount of reject, yield and kappa number was decreased and the lowest yield and the lowest kappa number relevant to MEA (15%) combined with KOH (40%). In addition, in KOH pulping observed that, with increasing concentration of MEA, as additive agent, the amount of total yield increased but the kappa number and reject content was decreased. Results showed that the highest tensile index and tear index were relevant to MEA (15%) combined with KOH (20%) and the highest burs index relevant to NaOH/Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> treatment. According to the optical properties, it was found that the highest brightness was achieved in K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>/KOH. The highest opacity relevant to the KOH 14%. The result shows that MEA process in combined with Potassium hydroxide can be done success fully on rice straw and properties of pulp production, specially in aspect of mechanical strength, in term of combination is superior than soda and Potassium hydroxide process.

**Keywords:** Monoethanolamine (MEA), rice straw, mechanical strength, optical properties, potassium hydroxid, kappa number.