

تولید خمیر کاغذ با فرایند مونواتانول آمین از کاه جو و رنگ‌بری ECF خمیر کاغذهای حاصل

سحاب حجازی^۱، جمال‌الدین محمدی شیرکلایی^۲، محمد احمدی^{۳*}

۱. دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، رشته صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳. استادیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۱۶، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۴/۳۱

چکیده

در سال‌های اخیر استفاده از منابع غیرچوبی مختلف برای تولید فرآورده‌های مختلف کاغذی با توجه زیادی مواجه شده است. از این رو در این تحقیق به بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از کاه جو با فرایند مونواتانول آمین پرداخته شد. مونواتانول آمین به صورت خالص، در نسبت‌های مختلف همراه با آب و آنتراکینون استفاده شد. عوامل متغیر شامل نسبت مونواتانول آمین به آب در پنج سطح (۲۵، ۳۷/۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و آنتراکینون در دو سطح (۰ و ۰/۱ درصد) انتخاب شدند. از فرایند سودا به‌عنوان پخت مرجع استفاده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده، خمیر کاغذ تولیدشده با استفاده از نسبت مونواتانول آمین به آب ۲۵/۷۵، دارای بیشترین بازده کل (۶۳/۲ درصد) بود و کمترین عدد کاپا (۱۸/۹) نیز در خمیر کاغذ تولیدشده با استفاده از نسبت مونواتانول آمین به آب ۷۵/۲۵ به‌دست آمد. شاخص‌های مقاومت‌های کشش، پارگی و ترکیب در خمیر کاغذ تولیدشده با فرایند مونواتانول آمین به ترتیب $64/17 \text{ N.m/g}$ ، $6/04 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ و $3/17 \text{ kPa.m}^2/\text{g}$ به‌دست آمد. به‌طور کلی فرایند خمیر کاغذسازی به روش ترکیبی مونواتانول آمین/آب این امکان را فراهم می‌کند که با مصرف کم مونواتانول آمین در ترکیب با آب بتوان به خمیر کاغذ شیمیایی با عدد کاپای مطلوب (کمتر از ۲۰) و بازده و قابلیت رنگ‌بری مناسب دست یافت.

واژه‌های کلیدی: خمیر کاغذسازی سودا، کاه جو، مونواتانول آمین، ویژگی‌های مکانیکی و نوری.

مقدمه

گزارش سازمان خواربار کشاورزی^۱ سهم تولید خمیر کاغذ از منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی در جهان در سال ۲۰۱۴ برابر با ۱۱/۵ درصد است. با توجه به کمبود شدید چوب در ایران، ساخت خمیر کاغذ از پسماندهای کشاورزی می‌تواند از جمله بهترین گزینه‌های قابل قبول برای تولید حجم زیادی از کاغذ محسوب شود. روند رو به رشد استفاده از این منابع به‌دلیل عواملی مانند کمبود چوب، افزایش سریع تقاضای چوب برای محصولات چوبی (تخته، مواد ساختمانی و مبلمان)،

الیاف لیگنوسلولزی غیرچوبی همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مواد اولیه اصلی برای تولید کاغذ استفاده شده‌اند. اولین کارخانه تولید خمیر کاغذ در آمریکای شمالی نیز با استفاده از ساقه گندم شروع به تولید کرد [۱]. البته این شرایط دوام‌چندانی نداشت و خیلی زود الیاف چوبی جایگزین الیاف غیرچوبی شدند، اما بیشتر کشورهای جهان مقادیر کافی و مناسب چوب برای تأمین نیاز خود ندارند [۱-۳]. براساس

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۴۵۳۱۵۰۵۱۷۰

مهم‌ترین چالش‌های تولید خمیر کاغذ با استفاده از فرایندهای رایج از پسماندهای کشاورزی، نبود سیستم بازیابی مناسب است که علاوه بر هدر رفتن مواد شیمیایی و ایجاد مشکلات زیست‌محیطی، امکان رقابت این فرایندها با فرایندهای مدرن خمیر کاغذسازی از چوب و پیشرفت‌های حاصل در این صنعت را از نظر اقتصادی و فناوری دشوار کرده است. علت اصلی نبود سیستم بازیابی مناسب در کارخانه‌های خمیر کاغذ بر مبنای پسماندهای کشاورزی، وجود سیلیس زیاد در این مواد خام است. بنابراین به‌نظر می‌رسد یکی از روش‌های برون‌رفت صنعت خمیر کاغذ (بر پایه پسماندهای کشاورزی) از این معضل، استفاده از فرایند خمیر کاغذسازی بر پایه مونواتانول آمین (MEA) باشد [۶-۱۲].

در این تحقیق به بررسی فرایند خمیر کاغذسازی مونواتانول آمین (MEA) از کاه جو و مقایسه آن با فرایند سودا به‌عنوان پخت مرجع پرداخته می‌شود. تعیین شرایط بهینه پخت برای رسیدن به بازده و خواص مقاومتی مناسب برای تولید کاغذ چاپ و تحریر نیز یکی دیگر از اهداف مهم این تحقیق به‌شمار می‌رود. همچنین خمیر کاغذهای بهینه با استفاده از توالی دی‌اکسید کلسیم و پراکسید هیدروژن رنگ‌بری شده و در ادامه ارزیابی شدند.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های آزمایشی کاه جو از مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح بذر و نهال کرج تهیه و برای اجرای آزمایش‌ها و عملیات پخت به قطعاتی به طول ۵ تا ۷ سانتی‌متر (توسط دستگاه برش^۱) تبدیل شدند. مونواتانول آمین نیز از پالایشگاه اراک و در ظروف دربسته و تیره به مقدار ۵۰ لیتر تهیه و تحت شرایط ایزوله به آزمایشگاه منتقل شد. در فرایند مونواتانول آمین، متغیرهای پخت شامل MEA در ترکیب با آب در پنج سطح اختلاط (۲۵، ۳۷/۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) و

افزایش قیمت چوب در بازارهای جهان، نبود جنگل و منابع چوبی در دسترس برای ساخت خمیر کاغذ است که این عوامل در کشور ایران نیز کاملاً مشهود است [۴]. براساس گزارش‌های FAO، جو یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است و در جهان بعد از گندم، از نظر سطح زیر کشت در رتبه دوم قرار دارد که علت آن هم نیاز آبی کم، مقاومت بسیار خوب در سرما و مقاومت در برابر شوری است. این محصول پس از گندم بیشترین اراضی کشاورزی را در جهان به خود اختصاص داده است. براساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۴، سطح زیر کشت جو در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ حدود ۱/۸۸ میلیون هکتار بود که این رقم نشان می‌دهد که این ماده نیز مانند باگاس می‌تواند جایگزین مناسبی برای چوب باشد. در حال حاضر بیشتر کاه جو را در ایران می‌سوزانند که سبب آلودگی زیست‌محیطی می‌شود و از این رو تنها به‌عنوان خوراک دام کاربرد دارد. تولید محصولاتی مانند خمیر کاغذ از کاه جو می‌تواند بسیار مقرون‌به‌صرفه باشد. با توجه به کمبود منابع چوبی در ایران، استفاده از کاه جو به احیای اراضی جنگلی و همچنین جلوگیری از خروج ارز برای تولید کاغذ و خمیر کاغذ در کشور کمک می‌کند [۵]. از فرایندهای سودا، سولفیت و کرافت می‌توان برای تولید خمیر کاغذ از منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی استفاده کرد. برخلاف چوب، خمیر کاغذهای تولیدشده از منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی توسط فرایند سودا و کرافت از نظر خواص بسیار به هم شبیه‌اند و اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. بنابراین بسیاری از منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی را می‌توان با فرایند سودا به خمیر کاغذ تبدیل کرد و با توجه به کیفیت و بازده خمیر کاغذ تولیدی و همچنین آلودگی‌های محیط زیست و هزینه‌های زیاد فرایند کرافت، تهیه خمیر کاغذ به روش سودا، برای منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی ترجیح داده می‌شود [۶-۱۰]. در فرایندهای سنتی تولید خمیر کاغذ از پسماندهای کشاورزی، محدودیت فنی و زیست‌محیطی وجود دارد. یکی از

HandSheet Maker انجام پذیرفت. اندازه‌گیری شاخص مقاومت به کشش براساس استاندارد شماره T 494-om 13، اندازه‌گیری مقاومت در برابر ترکیدن براساس استاندارد شماره T403-om 15 و اندازه‌گیری شاخص مقاومت در برابر پاره شدن براساس استاندارد شماره T414-om 12 آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت. آزمون ماتی براساس استاندارد شماره T425 om-16 و آزمون درجه روشنی نیز براساس استاندارد T 452 om-08 آیین‌نامه TAPPI انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خمیر کاغذ

جدول ۱ نتایج ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از پخت‌های مونواتانول آمین را به صورت خالص و در ترکیب با نسبت‌های مختلف آب نشان می‌دهد. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، فرایند مونواتانول آمین خالص دارای کمترین بازده است و با کاهش نسبت MEA و افزایش مقدار آب، بازده خمیر کاغذ افزایش می‌یابد، به طوری که خمیر کاغذ حاصل از ترکیب ۲۵ درصد MEA با ۷۵ درصد آب دارای بیشترین بازده است. افزایش زمان پخت از ۹۰ دقیقه به ۱۲۰ دقیقه موجب کاهش بازده در نسبت یکسان اختلاط MEA با آب شد، اما افزودن آنتراکینون به فرایندهای مونواتانول آمین/آب تأثیری بر افزایش بازده نداشت. همچنین نتایج نشان می‌دهد که با کاهش نسبت MEA و افزایش نسبت آب، عدد کاپا افزایش یافت. افزایش زمان پخت از ۹۰ دقیقه به ۱۲۰ دقیقه تأثیر چندانی بر لیگنین زدایی بیشتر و کاهش عدد کاپا نداشت؛ اما افزودن آنتراکینون سبب تسهیل لیگنین زدایی و کاهش عدد کاپا شد، به طوری که کمترین میزان عدد کاپا مربوط به فرایند مونواتانول آمین خالص/آنتراکینون است. افزودن آنتراکینون به مایع پخت فرایند مونواتانول آمین، بازده و کارایی لیگنین زدایی را تا حد بسیار زیادی افزایش می‌دهد [۴، ۱۱-۱۳]. آنتراکینون از طریق پایدارسازی گروه‌های

آنتراکینون در دو سطح (۰ و ۰/۱ درصد) بود که این نسبت‌ها براساس آزمایش‌های مقدماتی در آزمایشگاه و سایر پژوهش‌ها انجام گرفت [۶-۱۰]. دو زمان پخت ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در نظر گرفته شد. از پخت سودا به عنوان پخت مرجع استفاده شد؛ در این فرایند، قلیابیت در سه سطح ۱۴، ۱۶ و ۲۰ درصد، زمان پخت در دو سطح ۶۰ و ۹۰ دقیقه و دمای پخت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. در این آزمایش‌ها نسبت وزنی مایع پخت به وزن کاه جو (L/W) ۴ به ۱ انتخاب شد. برای پخت کاه جو از دیگ پخت (دایجستر) آزمایشگاه خمیر کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران استفاده شد. برای جدا کردن دسته‌های الیاف و تبدیل کاه جو پخته شده به الیاف جدا از هم، از یک جداکننده الیاف آزمایشگاهی استفاده شد. پس از اتمام جداسازی دسته‌های الیاف و شست‌وشوی خمیر کاغذ و همچنین پس از خشک کردن آنها (در هوای آزاد)، بازده کل بعد از پخت، بازده بعد از غربال و میزان وزده اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری عدد کاپا از استاندارد شماره T 236 om-13 آیین‌نامه TAPP استفاده شد. تمام ویژگی‌ها در سه تکرار اندازه‌گیری شدند. رنگ‌بری خمیر کاغذهای حاصل با استفاده از توالی DEP انجام پذیرفت. در این توالی، از دی‌اکسید کلر به عنوان ماده رنگ‌بر اصلی و یک مرحله استخراج قلیایی توسط هیدروکسید سدیم همراه با پراکسید هیدروژن استفاده شد. به منظور دستیابی به یک توالی معین از فاکتور کاپا ۰/۳ استفاده شد. زمان و دما برای هر توالی رنگ‌بری به ترتیب یک ساعت و ۷۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. پالایش خمیر کاغذهای منتخب طبق آیین‌نامه شماره T 248 sp-15 استاندارد TAPPI و توسط دستگاه پالایشگر PFI تا محدوده درجه روانی CSF 300 ± 50 ml، انجام پذیرفت. درجه روانی خمیر کاغذهای پالایش شده براساس استاندارد TAPPI آیین‌نامه شماره T 227 om-09 اندازه‌گیری شد. ساخت کاغذ دست‌ساز (۶۰ گرمی) براساس استاندارد TAPPI آیین‌نامه شماره T 205 sp-12 و با استفاده از دستگاه Labtech

انتهایی کاهنده کربوهیدرات‌ها به آنترایدروکینون اکسید می‌شود و قادر به واکنش با لیگنین است [۱۴، ۱۵].

ارزیابی خمیر کاغذهای مونواتانول آمین نشان داد که یکی از مشخصه‌های فرایند خمیر کاغذسازی با مونواتانول آمین، حفظ همی سلولزهای ماده لیگنوسلولزی در جریان این فرایند است که سبب افزایش بازده خمیر کاغذ تولیدی می‌شود. یافته‌های محققان دیگر نیز اثبات شده است [۶-۱۰]. سازوکار پایدارسازی کربوهیدرات‌ها توسط مونواتانول آمین به‌طور کامل مشخص نیست و در منابع مختلف دیدگاه‌های متفاوتی وجود دارد. گروهی از محققان اعتقاد دارند که دی‌پلیمریزه

شدن اندک سلولز و همی سلولزها در حضور مونواتانول آمین به‌علت پایدارسازی این ترکیبات توسط MEA در برابر واکنش‌های تخریب تدریجی است. براساس نظر این محققان، MEA به‌صورت یک عامل کاهنده عمل می‌کند و گروهی دیگر نیز بر این باورند که مونواتانول آمین، پلی‌ساکاریدها را از طریق واکنش تراکمی با گروه‌های انتهایی آلدئیدی و تشکیل ایمین‌ها پایدار می‌کند و پایدارسازی کربوهیدرات‌ها را به کاهش رادیکالی در حضور MEA نسبت می‌دهند [۱۱-۱۶].

جدول ۱. ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از پخت‌های مونواتانول آمین و مونواتانول آمین/آب

عدد کاپا	بازده کل (%)	زمان (دقیقه)	آنتراکینون (%)	آب (%)	مونواتانول آمین (%)	خمیر کاغذ
۱۸ ^a	۴۶/۵ ^e	۱۲۰	۰	۰	۱۰۰	۱
۱۹/۳ ^b	۴۸ ^f	۱۲۰	۰	۲۵	۷۵	۲
۲۲/۴ ^d	۴۹/۶ ^e	۱۲۰	۰	۵۰	۵۰	۳
۳۳/۹ ^e	۵۲ ^d	۱۲۰	۰	۶۲/۵	۳۷/۵	۴
۴۹/۳ ^e	۵۶ ^c	۱۲۰	۰	۷۵	۲۵	۵
۱۸/۱ ^a	۵۲/۷ ^d	۹۰	۰	۰	۱۰۰	۶
۱۸/۹ ^a	۵۶ ^c	۹۰	۰	۲۵	۷۵	۷
۲۱ ^c	۵۶/۴ ^c	۹۰	۰	۵۰	۵۰	۸
۳۵/۵ ^f	۵۸/۸ ^b	۹۰	۰	۶۲/۵	۳۷/۵	۹
۵۱/۳ ^h	۶۳/۳ ^a	۹۰	۰	۷۵	۲۵	۱۰
۱۱	۱۰۰	۰	۰/۱	۹۰	۵۱/۴ ^e	۱۶/۷ ^a
۱۲	۷۵	۲۵	۰/۱	۹۰	۵۵ ^d	۱۷/۷ ^b
۱۳	۵۰	۵۰	۰/۱	۹۰	۵۳/۸۸ ^c	۲۰ ^c
۱۴	۳۷/۵	۶۲/۵	۰/۱	۹۰	۵۷/۴ ^b	۳۱ ^d
۱۵	۲۵	۷۵	۰/۱	۹۰	۶۳ ^a	۴۹ ^e

آزمایش شد و در پایان مشاهده شد که پخت در زمان ۶۰ دقیقه و مقدار ۲۰ درصد هیدروکسید سدیم بر عدد کاپا و بازده اثر معنی‌داری داشته است و این پخت به‌عنوان پخت مرجع برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و نوری در دو حالت رنگ‌بری‌نشده (SU) و رنگ‌بری‌شده (SB) انتخاب شد. در تحقیق جهان لیبیاری (۲۰۱۲)، بازده کل پخت سودای کاه گندم با قلیابیت ۱۶ درصد، درجه حرارت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پخت ۹۰ دقیقه، ۴۷/۹ درصد گزارش شد [۱۷].

با توجه به جدول ۱ و بررسی شرایط ویژگی‌های خمیر کاغذهای حاصل، تیمارهای شماره ۷ و ۱۲ به‌عنوان تیمار بهینه برای رنگ‌بری، ساخت کاغذ و ارزیابی خصوصیات مکانیکی و نوری انتخاب شدند که به‌ترتیب در تیمارهای رنگ‌بری‌نشده با علائم MEA/U و MEA/AQ/U و در تیمارهای رنگ‌بری‌شده با علائم MEA/B و MEA/AQ/B نام‌گذاری شده‌اند.

برای دستیابی به پخت مرجع مناسب از لحاظ بازده و عدد کاپا در این مرحله دو زمان ۶۰ و ۹۰ دقیقه و درصد‌های مختلف هیدروکسید سدیم (۱۴، ۱۶ و ۲۰)

جدول ۲. ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل از پخت‌های سودا

عدد کاپا	بازده کل (%)	زمان (دقیقه)	هیدروکسید سدیم (%)	خمیر کاغذ
۴۹ ^d	۴۶/۴۸ ^a	۹۰	۱۴	۱۶
۳۱ ^c	۴۴/۸۸ ^c	۹۰	۱۶	۱۷
۳۳ ^b	۴۷/۲۶ ^b	۶۰	۱۶	۱۸
۱۸/۳ ^a	۴۱/۵۶ ^d	۶۰	۲۰	۱۹

ویژگی‌های مکانیکی

خالص به ترتیب ۵۹ N.m/g و ۷۸/۱ N.m/g گزارش شده است [۷، ۱۸].

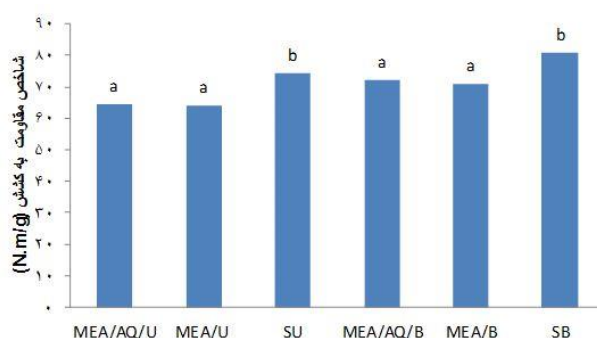
شکل ۲ نتایج مربوط به شاخص مقاومت به ترکیدن را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است این شاخص، در بین تیمارهای خمیر کاغذسازی سودا و مونواتانول آمین/آب، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشته‌اند. بیشترین و کمترین شاخص مقاومت به ترکیدن به ترتیب مربوط به خمیر کاغذ سودای رنگ‌بری شده (۴/۶۳ kPa.m²/g) و مونواتانول آمین/آب رنگ‌بری نشده (۳/۱۷ kPa.m²/g) است. قهرمانی و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذ کف تولید شده از فرایند MEA/AQ را برابر با ۱/۴۳ kPa.m²/g گزارش کرده و بیان کرد که این شاخص ممکن است تحت تأثیر عواملی نظیر میزان نرمه‌ها، حجیمی کاغذ، درجه روانی و میزان همی سلولزها قرار گیرد [۱۰].

شکل ۳ نتایج شاخص مقاومت به پارگی را در فرایندهای مختلف خمیر کاغذسازی نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود شاخص مقاومت به پارگی در سطح ۹۹ درصد معنی‌دارند و براساس جدول دانکن در دو گروه جداگانه طبقه‌بندی می‌شوند. بیشترین شاخص پارگی ۸/۸۲ mN.m²/g است که مربوط به فرایند سودای رنگ‌بری شده است و کمترین آن ۶/۰۴ mN.m²/g و مربوط به تیمار مونواتانول آمین/آب رنگ‌بری نشده است. نتایج نشان داد خمیر کاغذ سودا شاخص مقاومت به پارگی بیشتری نسبت به فرایند مونواتانول آمین/آب در ترکیب با آنتراکینون و بدون آنتراکینون دارد و افزودن آنتراکینون تأثیری بر افزایش این مقاومت ندارد. همچنین مشخص شد شاخص مقاومت به پارگی خمیر کاغذهای رنگ‌بری شده بیشتر از نوع رنگ‌بری نشده است. نتایج تحقیق احمدی و همکاران

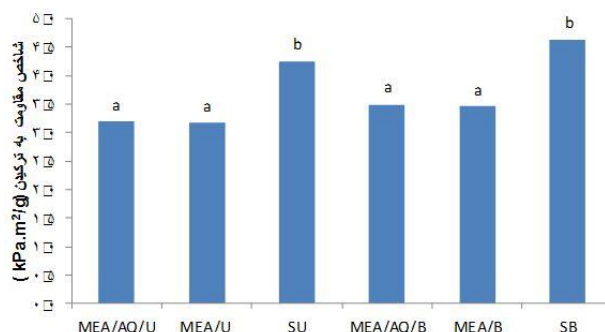
شکل ۱ نتایج مربوط به شاخص مقاومت به کشش را در خمیر کاغذهای بهینه انتخابی نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، بیشترین و کمترین مقاومت به کشش به ترتیب مربوط به فرایند سودای رنگ‌بری شده (۸۰/۷۶ N.m/g) و مونواتانول آمین رنگ‌بری نشده (۶۴/۱۷ N.m/g) است. مقاومت به کشش در فرایندهای سودا و مونواتانول آمین/آب با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند، به طوری که مقاومت به کشش خمیر کاغذهای سودا بیشتر از خمیر کاغذهای مونواتانول آمین/آب است. نتایج تحقیق احمدی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که طول الیاف خمیر کاغذ حاصل از فرایند سودا از الیاف خمیر کاغذ حاصل از فرایند مونواتانول آمین/آب بیشتر است که این موضوع ممکن است قابلیت انعطاف‌پذیری و درهم رفتن الیاف را افزایش دهد و همراه با افزایش تعداد و قدرت پیوند هیدروژنی، سبب افزایش شاخص مقاومت به کشش در خمیر کاغذهای سودا شود [۱۸]. نتایج بررسی خمیر کاغذهای سودا و مونواتانول آمین رنگ‌بری شده و رنگ‌بری نشده بیانگر آن است که تیمارهای رنگ‌بری شده نسبت به نوع رنگ‌بری نشده خود شاخص مقاومت به کشش بیشتری دارند. این امر ممکن است تحت تأثیر ترکیبات شیمیایی خمیر کاغذ و خروج لیگنین بیشتر از خمیر کاغذ در مرحله رنگ‌بری و افزایش احتمال اتصال بیشتر بین الیاف باشد [۱۰]. از طرف دیگر افزودن آنتراکینون تأثیر معنی‌داری بر تغییر مقاومت به کشش در فرایند مونواتانول آمین/آب رنگ‌بری شده و رنگ‌بری نشده نشان نداد. در تحقیقات دیگر شاخص مقاومت به کشش برای خمیر کاغذهای حاصل از کاه گندم با فرایند ترکیبی مونواتانول آمین و آب به نسبت ۵۰ درصد و مونواتانول آمین

همکاران (۲۰۱۵) نیز بیشترین شاخص مقاومت به پارگی برای خمیر کاغذ تولیدشده با فرایند MEA از کلش برنج مقایسه و ویژگی‌های خمیر کاغذهای تولیدشده از کنف با فرایندهای سودا و MEA در ترکیب با آنتراکینون پرداخت که در این تحقیق بیشترین شاخص پارگی به فرایند سودا/آنتراکینون اختصاص داشت و برابر با $7/2 \text{ mN.m}^2/\text{g}$ به دست آمد [۱۰].

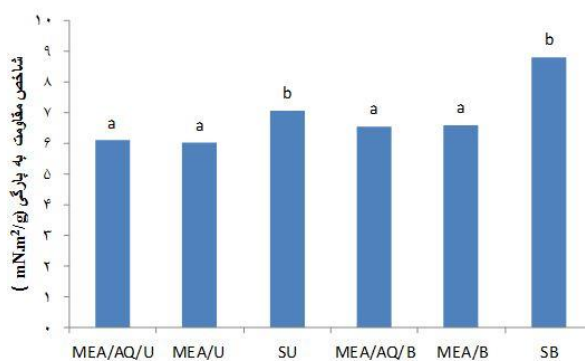
(۲۰۱۵) نشان داد که خمیر کاغذ گندم تولیدشده با فرایند سودا نسبت به نوع تولیدشده با فرایند MEA از طول الیاف بیشتری برخوردار است و مشخص شد که شاخص مقاومت به پارگی رابطه مستقیم با طول الیاف دارد، به طوری که با کوتاه شدن الیاف مقاومت به پاره شدن کاغذ نیز کاهش می‌یابد [۱۸]. در تحقیق حجازی و همکاران (۲۰۰۹) مقاومت به پارگی خمیر کاغذ تولیدشده از گندم با فرایند MEA برابر با $3 \text{ mN/m}^2/\text{g}$ گزارش شد [۸]. در تحقیق شیرعلیزاده و



شکل ۱. مقایسه شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای آزمایشی مختلف



شکل ۲. مقایسه شاخص مقاومت به ترکیب خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای آزمایشی مختلف



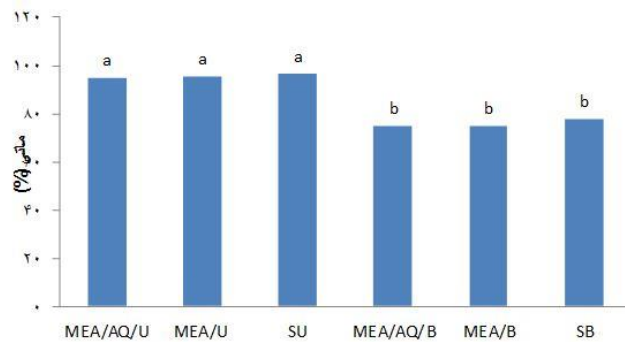
شکل ۳. مقایسه شاخص مقاومت به پارگی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای آزمایشی مختلف

ویژگی های نوری

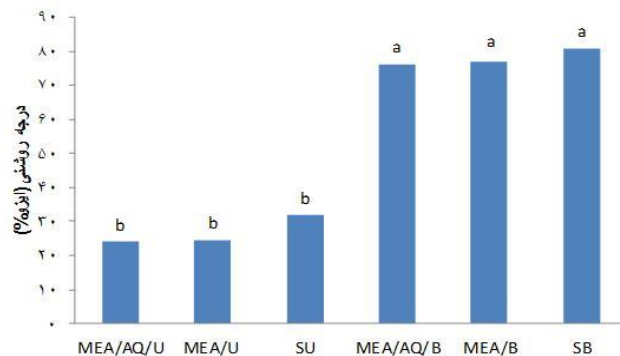
شکل ۴ مقادیر ماتی را در خمیر کاغذهای مختلف نشان می دهد. همان طور که در این شکل مشاهده می شود، خمیر کاغذهای رنگبری شده ماتی کمتری از خمیر کاغذهای نوع رنگبری نشده خود دارند. بیشترین ماتی مربوط به خمیر کاغذ سودای رنگبری نشده به میزان ۹۶/۳ درصد و کمترین آن مربوط به تیمار مونواتانول آمین/آب/آنتراکینون رنگبری شده به مقدار ۷۴/۶۶ درصد است. احمدی و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی میزان ماتی خمیر کاغذهای تولید شده از کاه گندم با فرایندهای سودا و MEA را به ترتیب ۹۸/۷ و ۹۹ درصد ایزو بیان کردند و اشاره داشتند که ماتی کاغذ رابطه مستقیم با چگونگی شکست نور تابیده به کاغذ دارد و کاهش تخلخل کاغذ ممکن است سبب کاهش ماتی شود. در تحقیق دیگری از شیرعلیزاده و همکاران (۲۰۱۴)، ماتی خمیر کاغذ تولید شده از کلش برنج با فرایند مونواتانول آمین ۹۷ درصد ایزو گزارش شد [۱۹].

با توجه به شکل ۵ درجه روشنایی خمیر کاغذهای

رنگبری شده و رنگبری نشده مونواتانول آمین و سودا در سطح اعتماد آماری ۹۹ درصد معنی دار است و مطابق با آزمون دانکن در دو گروه مجزا طبقه بندی شده است. کمترین و بیشترین مقادیر درجه روشنایی خمیر کاغذ به ترتیب مربوط به خمیر کاغذ مونواتانول/آمین رنگبری شده (۲۴ درصد) و خمیر کاغذ سودای رنگبری شده (۸۰/۷۶ درصد) است. درجه روشنایی اساساً میزان فقدان زردی خمیر کاغذ است که این زردی محصول حضور لیگنین و سایر ناخالصی ها در نتیجه رنگبری ناقص خمیر کاغذ است [۷]. به عبارت دیگر خمیر کاغذ رنگبری نشده، خمیر کاغذ زرد رنگ با درجه خلوص کم است. همسو با این پژوهش، حجازی (۲۰۰۹)، درجه روشنایی خمیر کاغذ کاه گندم رنگبری نشده و رنگبری شده با فرایندهای ECF و TCF مونواتانول آمین/آب/آنتراکینون را به ترتیب ۱۴/۵، ۸۰ و ۸۰/۵ درصد ایزو گزارش داد [۷]. همچنین شیرعلیزاده (۱۳۹۵) درجه روشنایی خمیر کاغذ رنگبری نشده تولید شده از کلش برنج با فرایند ترکیبی مونواتانول آمین/آب را ۲۲/۷۹ گزارش کرد [۱۹].



شکل ۴. مقایسه ماتی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای آزمایشی مختلف



شکل ۵. مقایسه درجه روشنایی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای آزمایشی مختلف

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که فرایند مونواتانول آمین در ترکیب با آب را می‌توان با موفقیت در مورد کاه جو عملیاتی کرد. مقایسه تیمارهای بهینه فرایندهای سودا و مونواتانول آمین/آب نشان می‌دهد که فرایند ترکیبی MEA به دلیل حفظ کربوهیدرات‌ها و لیگنین زدایی گزینش پذیر، دارای مقادیر بازده بیشتر و عدد کاپای کمتری است. با استفاده از فرایند خمیر کاغذسازی به روش ترکیبی مونواتانول آمین/آب، می‌توان با مصرف کم مونواتانول آمین در ترکیب با آب به خمیر کاغذ با عدد کاپای مطلوب (کمتر از ۲۰) و بازده مناسب برای تولید خمیر کاغذ شیمیایی قابل رنگبری دست یافت؛ این امر خود می‌تواند تسهیل کننده فرایند بازیابی

مونواتانول آمین نیز باشد. افزودن آنتراکینون به فرایند MEA تأثیر معنی داری بر افزایش بازده و ویژگی‌های مکانیکی کاغذ نشان نداد و تنها سبب تسریع لیگنین زدایی و کاهش عدد کاپا شد. نتایج مقایسه ویژگی‌های مکانیکی و نوری خمیر کاغذهای بهینه انتخاب شده در این تحقیق در مقایسه با دیگر تحقیقات نشان می‌دهد که فرایندهای مونواتانول آمین در ترکیب با آب و هیدروکسید سدیم دارای شاخص‌های مقاومتی و نوری به نسبت مناسبی است، هرچند فرایند سودا نسبت به MEA خمیر کاغذهای با خواص مقاومتی و نوری بهتری را نتیجه داده است. همچنین خمیر کاغذهای رنگبری شده سودا و MEA ویژگی‌های مکانیکی بهتری از خمیر کاغذهای نوع رنگبری شده خود داشتند.

References

- [1]. Atchison, J.E. (1995). Non-wood fiber could play major role in future US papermaking furnishes. *Pulp and Paper*, 69 (7): 125-130.
- [2]. Atchison, J.E. (1996). Twenty-five years of global progress in nonwood plant fiber repulping. *TAPPI Journal*, 79(10): 87-97.
- [3]. Judt, M. (1993). Non-wood plant fibers, will there be a come-back in paper-making? *Industrial Crops and Products*, 2(1): 51-57.
- [4]. Ali, F., and Saikia, C.N. (1997). Evaluation of Hibiscus sabdariffa and Gmelina arborea as raw materials for production of high a cellulose pulp. *Journal of scientific & industrial research*, 56(10): 618-626.
- [5]. FAO Report (2014).
- [6]. Hedjazi, S., Kordsachia, O., Patt, R. and kreipl, A. (2009). MEA/water/AQ-pulping of wheat straw. *Holzforchung*, 63(5): 505-512.
- [7]. Hedjazi, S., Heidari Adli, A., Jahan Latibari, A., Hmazeh, Y., kordsachia, O., and Ahmadi, M. (2011). Ethanolamine Pulping- As A Novel Opportunity to Overcome Rice Straw Pulping Challenges. Sept.21-23 Beijing, pp: 493-502. China.
- [8]. Hedjazi, S., Kordsachia, O., Patt, R. and kreipl, A. (2009). MEA/water/AQ-pulping of wheat straw. *Holzforchung*, 63(5): 505-512.
- [9]. Salehi, K., Kordsachia, O., and Patt, R. (2014). Comparison of MEA/AQ, soda and soda/AQ pulping of wheat and rye straw. *Industrial crops and products*. 52(2): 603-610.
- [10]. Ghahremani Habashi M, Hedjazi S, Ashori A., and Abdulkhani A. (2014). Environmental Friendly Pulping of Kenaf Using Monoethanolamine: Influence of the Process Variables on the Strength Properties. *Advances in Polymer Technology*, 33(S1): 21456.
- [11]. Green, J., and Sanyer, N. (1982). Alkaline pulping in aqueous alcohols and amines. *TAPPI; journal of the Technical Association of the Pulp and Paper Industry*, 53(5): 133-137.
- [12]. Wallis, A. (1978). Monoethanolamine Pulping; *Res Rev Aust CSIRO, Div. Chem. Technol.* 5: 56-61.
- [13]. Wallis, A.F.A. (1976). Reaction of Lignin model compounds with ethanolamine. *Cellulose chemistry and technology*, 10(3): 345-555.

- [14]. Sarwar Jahan, M. (2008). Process for production of dissolving pulp from *Terma orientalis* by prehydrolysis kraft. *Bio resources*, 3(1): 33-38.
- [15]. Sarwar Jahan, M. (2007). Studies on the effect of prehydrolysis and amine in cooking liquor on producing dissolving pulp from jute (*Corchorus capsularis*). *Wood Science Technology*, 43(3-4): 1007-1014.
- [16]. Chuiko, G.V., Chupka, E. I., and Nnikitin, V.M. (1978). Change in lignin during cooking with monoethanolamine. *Khimiya I tekhnol. Tsellyulozy*. 13(1): 34-36.
- [17]. Jahan Latibari, A. (2012). Investigation on production of bleachable chemi-mechanical pulp from wheat straw. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26(4): 115-123.
- [18]. Ahmadi, M., Hedjazi, S., Saake, B., Kordsachi, O., and Yousefi, H. (2016). The beatability of wheat straw soda and monoethanolamine pulps. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 7(2): 155-166.
- [19]. Shiralizadeh, F., Hedjazi, S., and Ahmadi, M. (2015). Evaluation of pulp properties produced from rice straw by combination the monoethanolamine and potassium hydroxide. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30 (1): 46-59.

The pulp producing with monoethanolamine process from barely straw and ECF bleaching of obtained pulp

S. Hedjazi; Assoc. Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

J. Mohammadi Shirkolaee; M.Sc. Wood and Paper Science, College of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran

M. Ahmadi*; Assist. Prof., Wood and paper science and technology, College of Natural Resources, University of MohagheghArdabili, I.R. Iran

(Received: 05 April 2017, Accepted: 22 July 2017)

ABSTRACT

In recent years, utilization of non-wood lignocellulose resources has been great concern for production of different cellulose products. Therefore, the properties of pulp from barely straw via monoethanolamine (MEA) process were investigated in this study. Pure monoethanolamine was used in different proportions with water and anthraquinone. Variables including proportion of monoethanolamine to water at five levels (100, 75, 50, 37.5, and 25 %) and anthraquinone at two levels (0 and 0.1%) were selected. Soda pulping process was used as a reference cooking sample. According to obtained results, the produced pulp by MEA/water ratio of 25/75 had the highest yield (63.2%) and the lowest kappa number (18.9) was observed in the pulp produced from MEA/water ratio of 75/25. Burst, tensile and tear indices of the pulp produced from monoethanolamine method were obtained 64.17N.m/g, 6.04 mN.m²/g and 3.17 kpa.m²/g, respectively. In general, pulping process via combined method of monoethanolamine/water makes it possible to obtain a chemical pulp with suitable kappa number (less than 20), efficient yield and proper bleaching ability, using a little amount of monoethanolamine in combination with water.

Keywords: Soda pulping, Barely straw, Monoethanolamine (MEA), Mechanical and optical properties.

* Corresponding Author, Email: m.ahmadi@uma.ac.ir, Tel:+984531505170