

تاثیر پیش استخراج همی سلولزهای کاه گندم با آب داغ بر ویژگی‌های خمیر کاغذهای مونواتانول آمین-آنتراکینون و سودا-آنتراکینون

چکیده

در این تحقیق پیش‌استخراج کاه گندم با آب داغ و سپس خمیر کاغذسازی مونواتانول آمین-آنتراکینون و سودا-آنتراکینون مورد مطالعه قرار گرفت. پیش‌استخراج همی-سلولزها با متغیرهای فرآیندی درجه حرارت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۴۵ دقیقه و نسبت آب به کاه ۴ به ۱ به عنوان تیمار پهنه انتخاب گردید. در میان خمیر کاغذهای حاصل از کاه گندم پیش‌استخراج نشده (شاهد) و پیش‌استخراج‌شده، خمیر کاغذ مونواتانول آمین-آنتراکینون از کاه پیش‌استخراج‌شده بیشترین بازده را دارد. زیادترین افت بازده در خمیر کاغذهای حاصل از سودا-آنتراکینون از کاه پیش‌استخراج‌شده مشاهده می‌گردد. در شرایط مشابه فرآیندی اعداد کاپای خمیر کاغذهای سودا-آنتراکینون و مونواتانول آمین-آنتراکینون از کاه شاهد مقدار کمتری نسبت به خمیر کاغذهای حاصل از کاه پیش‌استخراج‌شده نشان می‌دهند و کمترین عدد کاپا متعلق به خمیر کاغذ مونواتانول آمین-آنتراکینون از کاه شاهد است. شاخص مقاومت به کشش در خمیر کاغذهای حاصل از کاه پیش‌استخراج‌شده هر دو فرآیند افت معنی‌داری پیدا می‌کنند. شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذهای سودا-آنتراکینون از کاه پیش‌استخراج‌شده بهبود اندکی نسبت به نمونه شاهد آن دارند اما کاهش اندکی در شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذهای مونواتانول آمین-آنتراکینون از کاه پیش‌استخراج‌شده مشاهده می‌شود. شاخص مقاومت به پارگی در خمیر کاغذهای مونواتانول آمین-آنتراکینون از کاه پیش‌استخراج‌شده افزایش آشکاری می‌یابد. درجه روشنی در هر دو فرآیند خمیر کاغذسازی پس از پیش‌استخراج کاه دچار افت اندکی می‌شود. میزان ماتی در خمیر کاغذهای سودا-آنتراکینون و مونواتانول آمین-آنتراکینون از کاه پیش‌استخراج‌شده به ترتیب با کاهش و افزایش روبرو می‌شود.

واژگان کلیدی: کاه گندم، پیش‌استخراج آب داغ، مونواتانول آمین، سودا، آنتراکینون.

معصومه سید ناصرالدین^۱
سحاب حجازی^{۲*}
یحیی همزه^۳

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۲ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

^۳ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

shedjazi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۹

مقدمه

در جهان کنونی مسائل زیست محیطی و تغییرات آب و هوایی ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و تمرکز گازهای گلخانه‌ای از یک طرف و گرانی و محدود بودن این

سوخت‌ها از سوی دیگر زمینه‌های تحول در استفاده وسیع از انرژی‌های تجدیدپذیر را فراهم نموده است. یکی از این انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی حاصل از زیست‌توده است. در سطوح ملی، منطقه‌ای و جهانی، تغییر آب و هوا، امنیت

محیطزیست مبنی بر کاهش برداشت چوب از جنگل‌ها، میزان فعلی چوب تأمین‌کننده نیازهای صنایع سلولزی کشور نبوده و باید برای برآورده کردن نیازهای جامعه منابع لیگنوسلولزی دیگری را جستجو کرد. در طی چند دهه اخیر گرایش رو به رشد در استفاده از پسماند های لیگنوسلولزی کشاورزی در تولید خمیر کاغذ مشاهده شده است. از جمله پسماندهای کشاورزی در ایران، که هر سال در مزارع بر جای می‌ماند کاه گندم است که کاربردهای متعدد صنعتی آن سبب شده که به‌عنوان ماده خام ارزشمندی تلقی شود. بنابراین این ماده می‌تواند بعنوان یک جایگزین مهمی در مقابل چوب برای تولید کالای مهمی مانند خمیر کاغذ مورد استفاده قرار گیرد [۲]. فرآیند خمیر کاغذسازی سودا، فرآیند غالب برای منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی است. البته این روش از محدودیت‌های فنی و زیست‌محیطی رنج می‌برد، به‌طوری‌که مایع پخت قلیایی قوی این فرآیند به میزان زیادی کربوهیدرات‌ها را در خود حل می‌کند و باعث کاهش بازده خمیر کاغذ می‌شود. یکی دیگر از مهم‌ترین چالش‌های تولید خمیر کاغذ از پسماندهای کشاورزی با استفاده از فرآیندهای رایج، عدم وجود سیستم بازیابی مناسب است که علاوه بر هدر رفتن مواد شیمیایی و بروز مشکلات زیست‌محیطی، امکان رقابت این فرآیندها با فرآیندهای مدرن خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذ بر مبنای پسماندهای کشاورزی، وجود سیلیس زیاد در این مواد خام است که در میان منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی، کاه گندم دارای میزان زیادی سیلیس بوده و از آنجایی‌که 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 فرآیندهای قلیایی در مورد کاه گندم با مشکلات فراوانی مواجه است. از آنجایی‌که فرآیند خمیر کاغذسازی مونواتانول آمین (MEA)، قابلیت حفظ کربوهیدرات‌ها و سیلیس را در خمیر کاغذ دارد [۲]، بنابراین به نظر می‌رسد که یکی از راه‌های برون رفت صنعت خمیر کاغذ بر پایه پسماندهای کشاورزی از معضلات ذکر شده، استفاده از مونواتانول آمین (MEA) باشد. موفقیت

انرژی و تولید مواد شیمیایی از منابع تجدیدپذیر، سه محرک اصلی برای استفاده از زیست‌توده در مکانی تحت عنوان "پالایشگاه زیستی" جهت تولید زیست انرژی، زیست سوخت‌ها و مواد زیست‌شیمیایی هستند [۱]. کارخانه‌های خمیر کاغذ نمایانگر یک پالایشگاه عمده برای استفاده مؤثرتر از یک زیست‌توده و به عبارت دیگر یک پالایشگاه زیستی هستند. صنعت خمیر کاغذ با وجود سرمایه‌گذاری زیرساختاری‌اش فرصتی برای توسعه فرآورده‌هایی که در زیست پالایشگاه لیگنوسلولزی تلفیقی تولید می‌شوند و همچنین استفاده کامل‌تر از زیست‌توده را فراهم می‌نماید. در واقع خمیر کاغذ تنها فرآورده‌های کارخانه‌های سنتی خمیر کاغذ است در حالی‌که با تلفیق دیگر فرآیندها فراهم شدن مزایای رقابتی امکان‌پذیر می‌گردد. تغییر کارخانه‌های خمیر کاغذ مدرن به پالایشگاه‌های زیستی تلفیقی یک فرصت عالی برای تولید الیاف سلولزی همراه با فرآورده‌های سوختی مانند بیواتانول، گرما، الکتریسیته و طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی مانند اتیلن، فورفورال، هیدروکسی متیل فورفورال و پلی لاکتیک اسید را ارائه می‌دهد که باعث استفاده کامل‌تر از مواد اولیه، کاهش کل هزینه تولید و در نتیجه بهبود سود بخشی کل می‌شود. در این راستا همی سلولزها آسان‌ترین جزء قابل جداسازی از زیست‌توده و مبنای پالایشگاه زیستی در صنایع خمیر کاغذ هستند، که می‌توانند در کاربردهای مختلف با ارزش افزوده بالا استفاده شوند. روش‌های متنوعی برای استخراج همی سلولزها مانند هیدرولیز اسیدی (اسید رقیق، اسید غلیظ)، هیدروترمال، اتو هیدرولیز، اکسیداسیون تر، لیگنین‌زدایی، تیمار قلیایی، تیمار آهکی، پراکسید قلیایی، چرخه آمونیاک و انفجار الیاف آمونیاکی، پیشنهاد شده است. اتو هیدرولیز به دلیل بازدهی بالا، کارایی مناسب و کاربرد متداول به‌صورت صنعتی قابلیت اجرا پیدا کرده است [۲]. اکثر مطالعات صورت گرفته‌شده در زمینه پیش هیدرولیز ماده اولیه به منابع چوبی محدود شده است. اما با توجه به رشد فزاینده جمعیت، افزایش روزافزون نیاز جوامع به فرآورده‌های سلولزی، کاهش منابع چوبی، کاهش توان تولید چوب از منابع جنگلی و برنامه حفاظتی ارائه‌شده از سوی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور و سازمان حفاظت

فرآیند مونو اتانول آمین، به ویژه در مورد کاه گندم از اهمیت فوق العاده‌ای 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 کاه گندم این امکان ویژه را در اختیار قرار داده است تا بتوان با مصرف حداقل مونو اتانول آمین به عدد کاپای مطلوب برای تولید خمیر کاغذ شیمیایی قابل رنگ بری دست یافت. این امر تسهیل کننده بازیابی مونو اتانول آمین است [۲].

Hedjazi و همکاران (۲۰۱۰) مقایسه‌ای بین فرآیندهای سودا و سودا-آنتراکینون با مونو اتانول آمین از کاه گندم را ارائه کرده‌اند. در این تحقیق تمرکز اصلی بر روی کاهش دمای پخت به منظور جلوگیری از تجزیه مونو اتانول آمین بوده و دما از ۱۳۵ تا ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد مورد آزمایش قرار گرفته که بهترین لیگنین زدایی در دمای ۱۵۰ درجه به دست آمده است. پس از بهینه‌سازی فرآیند و تعیین بهترین نوع اختلاط آب با مونو اتانول آمین به همراه آنتراکینون رنگبری تحت توالی O/Q/OP/DQ/P صورت گرفت. در نهایت نتایج نشان داد که مونو اتانول آمین می‌تواند با تولید خمیر کاغذ شیمیایی با بازده زیاد و حفظ همی سلولزها مقاومت‌هایی مشابه با خمیر کاغذهای حاصل از پخت‌های رایج منابع لیگنوسلولزی به دست دهد [۳].

Zhang و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی ویژگی‌های خمیر کاغذسازی قلیایی کاه گندم که همی سلولزهای آن با آب داغ پیش استخراج شده‌اند، مورد بررسی قرار دادند. فرآیند استخراج با آب داغ در دماهای مختلف، زمان واکنش و دیگر شرایط انجام گردید. کاه‌های پیش-استخراج شده و شاهد با هیدروکسید سدیم-آنتراکینون در شرایط مشابه به خمیر کاغذ تبدیل شدند. سپس اثرات پیش‌استخراج بر روی ویژگی‌های خمیر کاغذ کاه بررسی شد. نتایج نشان داد که بازده، عدد کاپا و گرانی خمیر کاغذ به طور معنی‌داری تحت تأثیر فرآیند پیش-استخراج همی سلولزها قرار گرفتند. میزان مصرف مواد شیمیایی کاه استخراج شده در فرآیند خمیر کاغذسازی پایین‌تر و زمان پخت آن کوتاه‌تر است. همچنین حداکثر دمای خمیر کاغذسازی کاهش می‌یابد. این نتایج نشان می‌دهند که پیش‌استخراج با آب داغ قبل از خمیر کاغذ-سازی قلیایی قادر به کاهش تخلیه پساب و نیاز به مواد

شیمیایی برای فرآیند خمیر کاغذسازی هست که این امر می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در مصرف انرژی و هزینه کارخانه شود [۴]. Mohammadi Yanghagh و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی پس از پیش‌استخراج کاه جو با آب داغ به مقایسه خمیر کاغذسازی سودا و مونو اتانول آمین پرداختند. پیش‌استخراج با همی سلولزهای استخراج شده ۲۸ درصد و بازده پیش‌استخراج ۷۲/۷ درصد به عنوان شرایط بهینه انتخاب شدند. نتایج خمیر کاغذسازی نشان داد که در میان خمیر کاغذهای حاصل از کاه جو شاهد و پیش‌استخراج شده، خمیر کاغذ مونو اتانول آمین بیشترین بازده را داراست. افت بازده چشمگیری در خمیر کاغذهای حاصل از کاه جو پیش‌استخراج شده با آب مشاهده شد. عدد کاپای خمیر کاغذ حاصله از کاه جو پیش‌استخراج-شده در مقایسه با کاه جو شاهد تحت شرایط مشابه پخت با فرآیند خمیر کاغذسازی سودا بیشتر کاهش را نشان داد اما این تأثیر با فرآیند خمیر کاغذسازی مونو اتانول آمین مشاهده نشد. پیش‌استخراج کاه جو و سپس خمیر کاغذسازی سودا منجر به خمیر کاغذهایی با شاخص‌های کشش، ترکیدن و پارگی بیشتری در مقایسه با نمونه شاهد شد. در مورد خمیر کاغذ مونو اتانول آمین به استثنای شاخص کشش امکان مشاهده روند مشابهی وجود داشت. درجه روشنی خمیر کاغذهای حاصل از کاه جو پیش-استخراج شده کاهش یافت در حالی که پیش‌استخراج تأثیر چندانی بر میزان ماتی خمیر کاغذها نداشت [۵].

با توجه به مطالب فوق‌الذکر و این موضوع که علی‌رغم مزایای فراوان فرآیند مونو اتانول آمین (MEA) تاکنون مطالعه مدونی در مورد تلفیق پیش‌استخراج همی سلولزها با فرآیند مونو اتانول آمین از کاه گندم و تأثیر آن بر ویژگی‌های خمیر کاغذ تولیدی صورت نگرفته است. در این تحقیق با هدف بررسی روش آب داغ برای پیش تیمار و کنترل خروج همی سلولزها، بررسی اثرات پیش‌استخراج همی سلولزها بر فرآیند تهیه خمیر کاغذ مونو اتانول آمین (MEA) از کاه گندم و تأثیر آن بر خواص فیزیکی-مکانیکی و نوری کاغذ تولیدی در مقایسه آن با کاغذ تولیدی از کاه گندم پیش‌استخراج نشده به این موضوع پرداخته شده است.

مواد و روش ها

تهیه و آماده‌سازی مواد اولیه

نمونه‌های مورد آزمایش کاه گندم، از مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تهیه گردید. بمنظور انجام آزمایش‌های پیش-استخراج و عملیات پخت، کاه گندم توسط دستگاه برش به اندازه‌هایی به طول پنج تا هفت سانتی‌متر برش‌داده شد و جهت رسیدن به رطوبت تعادل، در محیط آزمایشگاه قرار گرفت. نمونه‌ها بعد از رسیدن به رطوبت تعادل، بدلیل جلوگیری از تبادل رطوبتی و تغییر میزان رطوبت، در کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. سپس میزان رطوبت نمونه‌های تمامی کیسه‌ها اندازه‌گیری شد و در طول آزمایش‌ها، بعد از هر بار برداشت نمونه، بمنظور ثابت ماندن شرایط رطوبتی، درب کیسه بسته‌شد.

مایع مونو اتانول‌آمین نیز در یک ظرف در بسته و تیره رنگ ۲۲۰ لیتری، از پالایشگاه شازند اراک تهیه گردید.

روش ها

تجزیه و تحلیل ترکیبات شیمیایی

تهیه آرد کاه گندم طبق استاندارد ۰۲ - T۲۵۷cm، تعیین درصد رطوبت مطابق استاندارد ۸۸ om - T۲۶۴، تعیین مواد استخراجی محلول در حلال آلی براساس دستورالعمل ۹۹ - T۲۸۰ pm، اندازه‌گیری لیگنین کلزون مطابق با استاندارد ۹۸ - T۲۲۲ om و اندازه‌گیری خاکستر مطابق با استاندارد ۹۳ - T۲۱۱ om آیین‌نامه تاپی^۱ انجام پذیرفت. همچنین اندازه‌گیری همی سلولزها بعد از اندازه‌گیری میزان هولوسولوز با اسید استیک و کلریت سدیم در حمام بن‌ماری و سپس تعیین آلفا سلولز با تیمار کردن هولوسولوز با پتاسیم هیدروکسید و کسر میزان کل هولوسولوز از مقدار آلفا سلولز صورت گرفت.

پیش استخراج همی سلولزها

آزمایش‌های پیش‌استخراج در دماهای ۱۵۰، ۱۶۰ و ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد طی زمان‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ دقیقه با نسبت آب به کاه گندم در سه سطح ۱/۴، ۱/۶ و ۱/۸

بعنوان عوامل متغیر در سیلندرهای دیگ پخت انجام شد. بعد از تیمار، کاه های گندم با آب شسته و هوا خشک شدند و پس از انجام همه تیمارها و آنالیز شیمیایی کاه های پیش استخراج شده با روش های فوق الذکر، تیمار با شرایط بهینه جهت انجام فرآیندهای خمیرکاغذسازی انتخاب گردید.

فرآیند خمیر کاغذسازی

پخت‌های تولید خمیر کاغذ جهت تعیین شرایط بهینه خمیرکاغذسازی بر روی نمونه‌های کاه شاهد (پیش-استخراج‌نشده) و نمونه‌های کاه پیش‌استخراج‌شده با استفاده از فرآیند مونواتانول‌آمین-آنتراکینون در دیگ پخت آزمایشگاه خمیر کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران که مجهز به ترموستات، جهت تنظیم دما می‌باشد انجام شدند. فرآیند سودا-آنتراکینون بعنوان فرآیند مرجع در نظر گرفته شد. شرایط منتخب خمیر کاغذسازی بر روی کاه های شاهد و پیش‌استخراج‌شده بکار برده‌شد. بدین ترتیب که زمان ۶۰ دقیقه، دمای بین ۱۴۰-۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، آنتراکینون با غلظت یکدهم درصد برای همه پخت‌های خمیرکاغذ در نظر گرفته شد. برای فرآیند مونواتانول‌آمین- آنتراکینون نسبت مایع پخت به کاه ۴ به ۱ با غلظت ۱۰۰ درصد مونواتانول‌آمین و برای پخت سودا-آنتراکینون با همان نسبت مایع پخت به کاه، غلظت هیدروکسید سدیم برابر با ۱۸ درصد لحاظ گردید.

پالایش خمیر کاغذ و ساخت کاغذهای دست‌ساز

عمل پالایش خمیر کاغذهای منتخب در مؤسسه تحقیقاتی البرز، طبق استاندارد ۸۸ - T۲۴۸ om آیین‌نامه TAPPI، توسط دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی PFI Mill به منظور دستیابی به درجه روانی تا $25 \pm$ (ml,CSF) انجام شد. از خمیر کاغذهای پالایش‌شده کاغذهای دست‌ساز ۶۰ گرمی تهیه و خواص مکانیکی و نوری آنها اندازه‌گیری شد. کاغذهای دست‌ساز با استفاده از دستگاه ورقه‌ساز Frank واقع در آزمایشگاه خمیر کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، بر اساس دستورالعمل شماره ۸۸ - T۲۰۵ om آیین‌نامه تاپی ساخته و سپس در دما ۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۰ درصد به مدت

^۱ TAPPI

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل ترکیبات شیمیایی

میزان سلولز کاه گندم ۴۷/۶٪، همی سلولزها ۲۷/۱٪ و میزان لیگنین آن ۱۵/۲٪ تعیین گردید. همچنین میزان خاکستر و مواد استخراجی محلول در استون به ترتیب ۶ و ۷/۶ می‌باشند. میزان سلولز کاه گندم بیشتر از ساقه سویا، کلزا، کاه جو و نوئل اما کمتر از سایر منابع لیگنوسلولزی ذکر شده در جدول شماره ۱ می‌باشد. میزان همی-سلولزهای کاه گندم فقط بیشتر از کلزا، کاه جو و نوئل است. میزان لیگنین کاه گندم از همه منابع لیگنوسلولزی ذکر شده کمتر است. میزان خاکستر کاه گندم کمتر از کلزا و کاه جو و نسبت به منابع چوبی بیشتر است. همان‌گونه که جدول ۱ نشان می‌دهد میزان مواد استخراجی محلول در استون کاه گندم در حد کاه جو و باگاس و بیشتر از سایر منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی می‌باشد.

۲۴ ساعت بر اساس دستورالعمل شماره ۹۵ sp ۲۲۲۵ آیین‌نامه تاپی دراتاق متعادل‌سازی نگهداری و خشک شدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی و نوری خمیر کاغذ

اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی شامل شاخص‌های کشش، ترکیدن و پارگی خمیر کاغذ به ترتیب و براساس استانداردهای ۰۶- om T۴۹۴، ۹۱- om T۴۰۳ و ۸۸- om T۴۱۴ صورت گرفت.

اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری خمیر کاغذ

ویژگی‌های نوری شامل درجه روشنی و میزان ماتی طبق استانداردهای ۹۸- om T۴۲۵ و ۹۶- om T۴۲۵ استاندارد TAPPI انجام پذیرفت.

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی سایر منابع چوبی و لیگنوسلولزی غیر چوبی متداول در کاغذسازی

ترکیبات	ساقه سویا [۶]	کلزا [۷]	کاه جو [۵]	کلش برنج [۸]	باگاس [۹]	صنوبر [۱۰]	نوئل [۱۱]
سلولز(درصد)	۴۱	۴۴	۴۵/۶	۵۱/۴۵	۴۹/۴	۵۲	۴۶/۹
همی سلولزها(درصد)	۳۲/۰۹	۲۶	۲۵/۱	۳۱/۳۹	۲۷/۶	۲۳	۲۵/۳
لیگنین(درصد)	۱۹	۱۷/۳	۱۹/۸	۱۹	۱۷/۸	۱۸/۱	۲۷/۱
خاکستر(درصد)	۳/۰۵	۸/۲	۸/۴	۱/۷۳	۱/۸	۰/۵۴	۰/۳۶
مواد استخراجی محلول در استون(درصد)	۴/۸۶	۲/۵	۷/۵۳	۴/۲	۸	۲/۵	۲/۱

پیش‌استخراج همی سلولزها با آب داغ

نتایج پیش‌استخراج شده با آب داغ از کاه گندم در جدول ۲ نشان داده شده است. بازده بعد از پیش‌استخراج یکی از عوامل مهمی است که در انتخاب پیش تیمار منتخب مؤثر می‌باشد، چرا که کاه پیش‌استخراج شده در ادامه به مرحله پخت وارد شده، بنابراین ضمن خروج حداکثر میزان ممکن همی سلولزها باید از افت بازده زیاد در مرحله پیش‌استخراج اجتناب شود. همان‌طور که در جدول شماره ۲ آمده است با افزایش زمان و دما از میزان بازده کاسته می‌شود. جدول ۲ نشان می‌دهد که با افزایش زمان و افزایش دما درصد لیگنین باقی‌مانده افزایش یافته است. طبق جدول ۲ تغییرات نسبت آب به کاه گندم، تغییرات مشخص بر روی خروج همی سلولزها نشان نمی‌دهد در حالی که در نسبت زیاد و درجه حرارت بالا تاثیر آن بر روی بازده و به ویژه میزان لیگنین محسوس می‌

باشد. Lei و همکاران (۲۰۱۰) بیان می‌دارند که استخراج باگاس با آب داغ در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه منجر به خروج ۱۳/۲٪ از همی سلولزهای باگاس می‌شود [۱۲]. نتایج مطالعه Jahan و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که پیش‌هیدرولیز در دمای ۱۵۰ درجه- سانتی‌گراد به مدت ۱ ساعت موجب تولید ۱۶۰ کیلوگرم همی سلولز بر تن باگاس و یا به عبارت دیگر خروج ۱۶ درصد از همی سلولزهای باگاس می‌شود [۱۳]. در مقایسه با این تحقیقات میزان خروج همی سلولزهای کاه گندم در شرایط مشابه بیشتر است. با توجه به تجزیه تحلیل نتایج به دست آمده، در نهایت تیمار پیش‌استخراج در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۴۵ دقیقه و با نسبت آب به کاه گندم ۴/۱ به عنوان تیمار بهینه برای تولید خمیر کاغذ انتخاب گردید.

جدول ۲- ترکیب عوامل متغیر و نتایج مربوط به پیش‌استخراج آب داغ از کاه گندم

تیمار	نسبت آب به کاه	دما (درجه سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)	بازده (درصد)	خاکستر (خاکستر)	لیگنین (درصد)	میزان همی سلولزهای خارج شده (درصد)
۱			۱۵	۹۳/۶۶	۴/۶۶	۱۳	۲۵/۳۸
۲		۱۵۰	۳۰	۹۱/۲۸	۴/۶۶	۱۳/۵	۲۶/۳
۳			۴۵	۹۲/۲۱	۵/۳۳	۱۴	۲۷/۳
۴			۱۵	۹۱/۳۶	۴	۱۶	۲۵/۸
۵		۱۶۰	۳۰	۹۰/۱۶	۴	۱۶/۱	۲۵/۱
۶	۱/۴		۴۵	۸۵/۰۹	۳/۳۳	۱۸	۲۳
۷			۱۵	۸۶/۱۹	۴/۳۳	۱۸	۲۴/۹۵
۸		۱۷۰	۳۰	۹۷/۶۳	۴	۱۷	۲۴/۷
۹			۴۵	۷۸/۱۴	۳/۶۰	۱۶/۲	۲۶/۸
۱۰			۱۵	۹۱/۰۵	۴/۶۶	۱۸	۲۶/۸
۱۱		۱۵۰	۳۰	۸۸/۶۶	۴	۱۷/۴	۲۷/۲
۱۲			۴۵	۸۶/۲۰	۴	۱۶/۵	۲۷/۳۱
۱۳			۱۵	۸۹/۲۳	۴	۱۷	۲۳/۴۴
۱۴		۱۶۰	۳۰	۸۷/۵۲	۳/۳۳	۱۶	۲۴/۷
۱۵			۴۵	۸۵/۸۰	۳/۶۶	۱۵/۸	۲۶/۹۵
۱۶	۱/۶		۱۵	۸۵/۴۹	۴/۳۳	۲۳	۲۳/۸
۱۷		۱۷۰	۳۰	۸۰/۲۶	۴	۲۳	۲۴/۵
۱۸			۴۵	۷۴/۵۹	۳/۸۵	۲۱	۲۴/۷
۱۹			۱۵	۹۲/۵۷	۳/۶۶	۱۵	۲۴
۲۰		۱۵۰	۳۰	۸۹/۶۷	۳/۳۳	۲۱	۲۵/۳۸
۲۱			۴۵	۸۷/۹۳	۳/۶۶	۱۷	۲۶/۳
۲۲			۱۵	۹۱	۳	۲۳	۲۴/۲
۲۳		۱۶۰	۳۰	۹۰/۴۷	۳	۱۹	۲۴/۲
۲۴	۱/۸		۴۵	۸۳/۲۷	۲/۶۵	۲۰	۲۵/۳۸
۲۵			۱۵	۸۴/۳۲	۴/۶۶	۲۵	۲۷/۱۴
۲۶			۳۰	۷۸/۱۶	۴	۲۳	۲۷
۲۷		۱۷۰	۴۵	۷۱/۴۴	۳/۹۸	۲۴	۲۶/۳

خمیر کاغذسازی

بازده

طبق شکل ۱ در بین خمیر کاغذهای تولیدی، بیشترین بازده در خمیر کاغذ مونواتانول آمین حاصل از کاه پیش-استخراج شده مشاهده می‌گردد، اما در مورد خمیر کاغذهای سودا-آنتراکینون عکس این نتیجه حاصل شده است. همچنین همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود بازده خمیر کاغذهای مونواتانول آمین-آنتراکینون

در هر دو حالت بیشتر از خمیر کاغذهای سودا-آنتراکینون می‌باشد این امر به علت گزینش پذیری بهتر مونواتانول آمین نسبت به هیدروکسید سدیم است. Hedjazi و همکاران (۲۰۱۰) نتایج مشابهی را گزارش نمودند. آن‌ها مقدار بازده خمیر کاغذ مونواتانول آمین ۱۰۰٪ برای کاه گندم را ۵۴/۳٪ و میزان بازده خمیر کاغذ سودا را ۴۲/۶٪ گزارش کرده‌اند [۳].

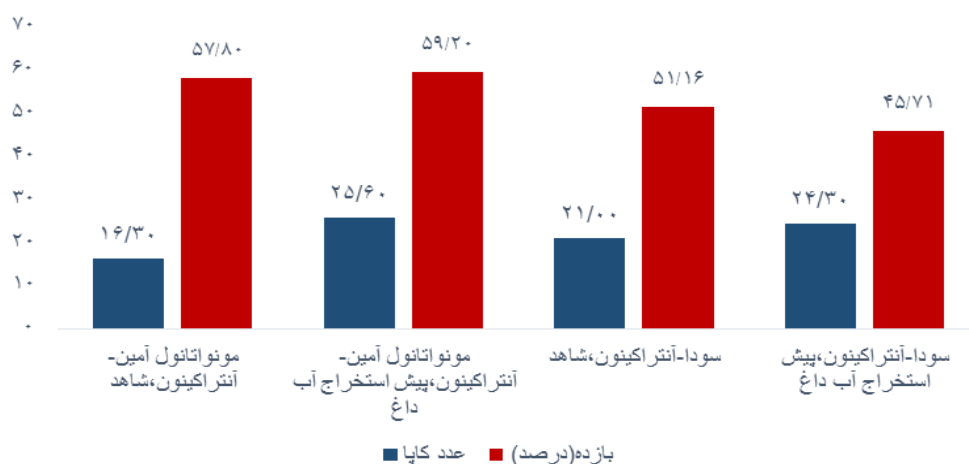
آنتراکینون و سودا-آنتراکینون میزان بهینه عدد کاپا، مربوط به تیمار شاهد پخت شده با فرآیند مونواتانول آمین-آنتراکینون میباشد. همچنین شکل ۱ نشان می‌دهد که پیش‌استخراج همی سلولزها موجب افزایش میزان عدد کاپای هر دو فرآیند خمیر کاغذسازی شده است که علت آن را احتمالاً می‌توان به کندانه شدن جزئی لیگنین در شرایط اسیدی (اتوهیدرولیز) در جریان پیش‌تیمار با آب داغ دانست. این امر در منبع ۴ نیز در مورد فرآیند مونواتانول آمین مشاهده گردیده است.

Mohammadi Yanghagh و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی استخراج آب داغ و قلیایی همی سلولزها از کاه جو و اثرات آن را روی خمیر کاغذسازی سودا و مونواتانول آمین بررسی کردند و اظهار داشتند که پیش‌استخراج همی سلولزها تأثیر مثبت بر روی کاهش عدد کاپا در فرآیند خمیر کاغذسازی سودا دارد که در پیش‌استخراج آب داغ کمترین عدد کاپا حاصل شده است. اما در خمیر کاغذسازی مونواتانول آمین تأثیر منفی داشته و بیشترین عدد کاپا را نسبت به پخت شاهد داشته است [۴]. این نکته در مورد خمیر کاغذسازی مونواتانول آمین در تحقیق حاضر نیز مشاهده می‌شود.

Lu و همکاران (۲۰۱۰) در یک تحقیق مشابه بر روی استخراج آب داغ و اثرات آن روی خمیر کاغذسازی سودای خرده چوبهای صنوبر نشان دادند که بازده کل خمیر کاغذ برای خرده چوبهای استخراج شده در مقایسه با نمونه شاهد اندکی کاهش یافت [۱۴]. Zhang و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی ویژگی‌های خمیر کاغذ سازی قلیایی کاه گندم که همی سلولزهای آن با آب داغ پیش‌استخراج شده‌اند مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بازده خمیر کاغذ به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر فرآیند پیش‌استخراج همی سلولزها قرار گرفت [۵]. همچنین Jahan و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه روی اثر پیش-هیدرولیز به روش خودهیدرولیزی بر میزان استخراج همی سلولزهای باگاس و خمیر کاغذسازی سودا-آنتراکینون مواد جامد باقی مانده نشان داده اند که بازده خمیر کاغذ سودا-آنتراکینون از باگاس پیش-استخراج شده ۴/۳٪ کمتر از خمیر کاغذ سودا-آنتراکینون از باگاس پیش‌استخراج نشده است [۱۳].

عدد کاپا

طبق نتایج به دست آمده در شکل ۱ در میان خمیر کاغذهای پخت شده با دو فرآیند مونواتانول آمین-



شکل ۱- بازده و عدد کاپا خمیر کاغذهای حاصل از کاه گندم پیش‌استخراج نشده و پیش‌استخراج شده

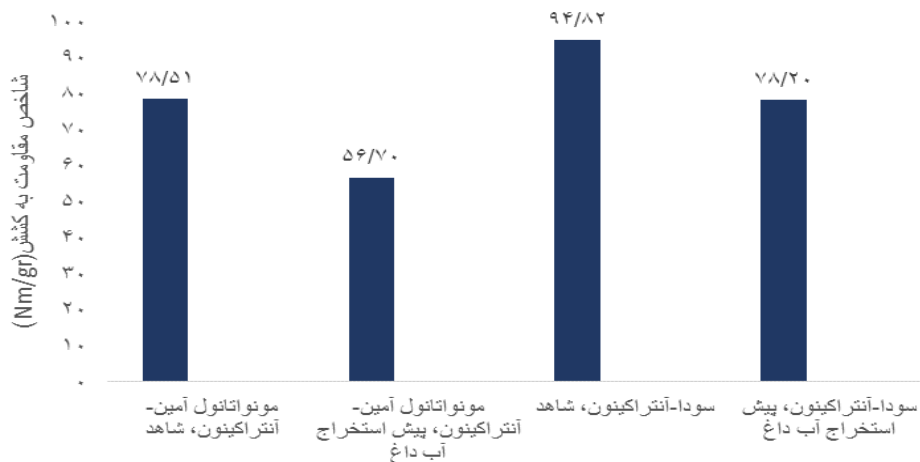
ویژگی‌های مکانیکی

شاخص مقاومت به کشش

مهمترین عوامل مؤثر بر شاخص مقاومت به کشش اتصالات بین الیاف و مقاومت تک تک آنها می‌باشد. بر طبق نتایج حاصل بین پخت‌های انجام شده حداکثر شاخص مقاومت به کشش مربوط به تیمار شاهد پخت سودا-آنتراکینون است، در بین پخت‌های مونواتانول آمین-آنتراکینون نیز نتیجه مشابه بدست می‌آید، که پیوندیابی بیشتر در این تیمارها را نشان می‌دهد. همانطور که شکل ۲ نشان می‌دهد پیش‌استخراج همی سلولزها اثر منفی بر روی شاخص مقاومت به کشش دارد که این امر به علت خروج همی سلولزها و کاهش قابلیت پیوندیابی الیاف سلولزی می‌باشد. نتایج تحقیق Mohammadi Yanghagh و همکاران (۲۰۱۶) در مورد استخراج آب داغ کاه جو و اثرات آن بر روی خمیر کاغذسازی سودا و مونواتانول آمین نشان می‌دهد که در میان خمیر کاغذهای شاهد، خمیر

کاغذ حاصل از فرآیند مونواتانول آمین شاخص مقاومت به کشش بالاتری دارد. همچنین افت معنی‌داری در شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذهای پیش استخراج شده به جز خمیر کاغذهای پیش استخراج شده با آب داغ حاصل از فرآیند سودا دیده می‌شود و بیان شده است که این شاخص در خمیر کاغذهای پیش استخراج شده با آب داغ سودا بهبود می‌یابد [۴].

Duaret و همکاران (۲۰۱۱) اثر پیش‌استخراج با داغ را بر روی ویژگی‌های الیاف به دست آمده از خمیر کاغذسازی کرافت خرده چوب‌های افرای قندی را مورد بررسی قرار دادند. افت معنی‌داری در مقاومت‌های کشش و ترکیبگی کاغذهای دست‌ساز ساخته شده با خمیر کاغذهای پیش‌استخراج شده مشاهده شد که ممکن است به عنوان نتیجه‌ای از کاهش توانایی پیوند یابی داخلی الیاف باشد [۱۵].



شکل ۲- مقادیر شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذهای حاصل از کاه گندم

است. در فرآیند مونواتانول آمین-آنتراکینون با وجود کاهش مقاومت این شاخص در تیمارهای پیش استخراج شده نسبت به تیمار شاهد، تفاوت اندکی در افت مقاومت به ترکیب مشاهده می‌شود. مقاومت به پارگی به سه ویژگی تعداد کل الیاف شرکت کننده در پاره شدن ورقه، طول الیاف و تعداد و مقاومت پیوندهای لیف به لیف بستگی دارد. افزایش در مقاومت به پارگی ممکن است به کاهش مقدار همی سلولزها در خمیر کاغذ نسبت داده شود. پیش استخراج آب داغ باعث ایجاد افت اندکی در شاخص

شاخص‌های مقاومت به ترکیب و مقاومت به

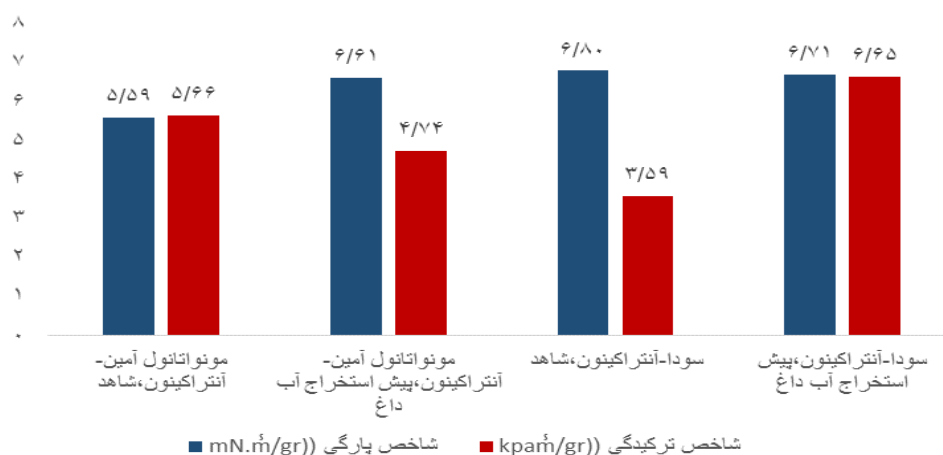
پارگی

شکل ۳ شاخص‌های مقاومت به ترکیب و پارگی خمیر کاغذهای سودا-آنتراکینون و مونواتانول آمین-آنتراکینون حاصل از کاه گندم را نشان می‌دهد. بر طبق نتایج حاصل بین پخت‌های انجام شده حداکثر شاخص مقاومت به ترکیب مربوط به تیمار پیش استخراج آب داغ تحت پخت سودا-آنتراکینون است و کمترین شاخص مقاومت مربوط به تیمار شاهد با پخت سودا-آنتراکینون

Al-Dajani و همکاران (۲۰۱۰) در تحقیقی استخراج آب داغ و قلیایی را رو خرده چوب های صنعتی صنوبر برای استخراج بخشی از همی سلولز ها انجام دادند. بر خلاف باقیمانده پس از پیش استخراج با آب داغ، باقیمانده پس از استخراج قلیایی در خمیر کاغذسازی بعدی ویژگی های خمیر کاغذ سازی نتایج مطلوب تری را نشان می دهد [۱۶]. Lei و همکاران (۲۰۱۰) اثر استخراج آب داغ روی خمیر سازی قلیایی باگاس را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که ویژگی های مقاومتی خمیر کاغذ مانند شاخص ترکیبگی مقدار کمتری را نشان می دهد [۱۲]. Jahan و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی با بررسی اثر پیش استخراج آب داغ را بر میزان استخراج همی سلولزهای باگاس و خمیر کاغذسازی سودا-آنتراکینون مواد جامد باقیمانده را نشان دادند که خمیر تولید شده از باگاس استخراج شده مقدار نرمه های کمتری دارد و مقاومت پارگی آن بیشتر از خمیر کاغذ شاهد بود [۱۳].

مقاومت به پارگی نسبت به نمونه شاهد در فرآیند سودا-آنتراکینون می شود. اما در فرآیند مونواتانول آمین-آنتراکینون اثر مثبت داشته و باعث افزایش این مقاومت نسبت به نمونه شاهد می شود. پیش استخراج باعث تسهیل لیگنین زدایی بیشتر به معنای آزاد شدن الیاف سالم تر و با طول بیشتر می باشد. خمیر کاغذ سودا-آنتراکینون تولید شده از کاه گندم بیشترین شاخص ترکیبگی را نشان می دهد.

Mohammadi Yanghagh و همکاران (۲۰۱۶) میانگین شاخص مقاومت به ترکیبگی را برای کاغذ پیش-استخراج شده با آب داغ حاصل از خمیر کاغذ مونواتانول-آمین ۱۰۰٪ برای کاه جو را $2/89 \text{ Kpa.m}^2/\text{gr}$ و شاخص مقاومت به پارگی را $3/48 \text{ m N.m}^2/\text{gr}$ گزارش کرده اند [۴]. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می شود که مقادیر به ترکیبگی کاغذ حاصل از کاه گندم بیشتر از کاه جو با فرآیندهای مشابه می باشد.



شکل ۳- شاخص مقاومت به ترکیبگی و پارگی خمیر کاغذهای حاصل از کاه گندم

مونواتانول آمین ۱۰۰٪ معادل ۱۵.۵٪ ایزو، این مقدار را کمتر از درجه روشنی خمیر کاغذهای سودای تولیدی از کاه گندم گزارش می نمایند [۳]. نتایج تحقیق Cheng و همکاران (۲۰۱۰) که به بررسی استخراج قلیایی همی سلولز از ذرت علوفه ای مغززدایی شده و اثرات آن روی خمیر کاغذ سازی سودا-آنتراکینون را پرداختند، نشان داد که در مقایسه با خمیر کاغذهای شاهد پیش استخراج قلیایی می تواند درجه روشنی را بهبود بخشد و عدد کاپای خمیر کاغذ بعدی را کاهش دهد [۱۷]. انجام پیش استخراج با

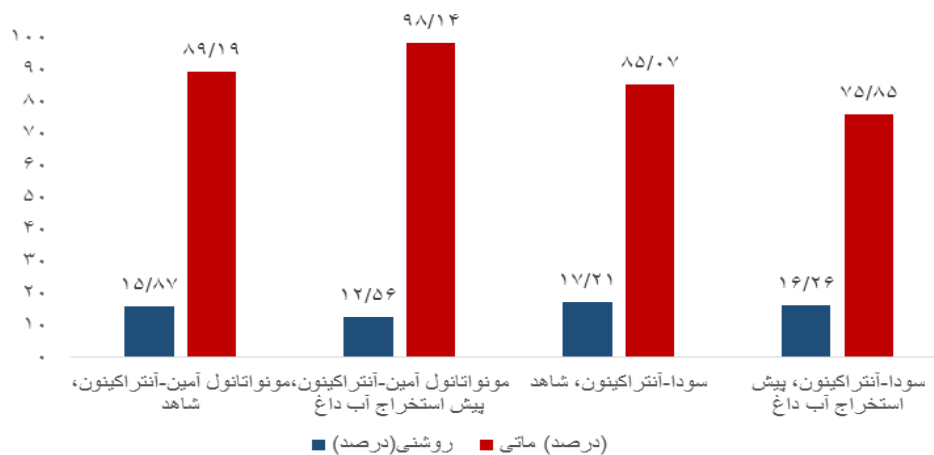
ویژگی های نوری

میزان درجه روشنی و ماتی

روشنی اساسا میزانی از فقدان زردی خمیر کاغذ است که این زردی محصول حضور لیگنین و ناخالصی های دیگر خمیر کاغذ است. شکل ۴ نشان می دهد که در میان خمیر کاغذهای شاهد کمترین میزان درجه روشنی مربوط به خمیر کاغذ مونواتانول آمین-آنتراکینون می باشد که این امر در مطابقت با تحقیق Hedjazi و همکاران می باشد که ضمن گزارش درجه روشنی خمیر کاغذ کاه گندم با فرآیند

می‌باشد که بیشترین درجه ماتی به خمیر کاغذ مونواتانول آمین-آنتراکینون تعلق دارد. Mohammadi و Yanghagh و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی استخراج آب داغ و قلیایی همی سلولزها از کاه جو و اثرات آن را روی خمیر کاغذسازی سودا و مونواتانول آمین بررسی کردند و اظهار داشتند که فرآیند پیش‌استخراج تاثیر چندانی بر میزان ماتی ندارد [۴].

آب داغ منجر به تشکیل گروه‌های رنگساز و ساختارهای لیگنین تخریب‌شده خارج‌نشده در خمیر کاغذها شده‌است همچنین کندانسه شدن جزئی لیگنین و در نتیجه افزایش عدد کاپا نیز در کاهش این درجه روشنی دخیل می‌باشد. با توجه به شکل ۴ تغییر چندانی در میزان ماتی خمیر کاغذهای حاصله از کاه گندم پیش‌استخراج‌نشده و پیش‌استخراج‌شده مشاهده نمی‌شود. البته در مورد خمیر کاغذهای پیش‌استخراج‌شده تفاوت در میزان ماتی مشهود



شکل ۴- درجه روشنی و میزان ماتی خمیر کاغذهای حاصل از کاه گندم

مشاهده کرد. پیش‌استخراج منجر به کاهش اندک در بازده و افزایش میزان عدد کاپا در هر دو فرآیند خمیر کاغذسازی گردید. شاخص مقاومت به کشش هر دو فرآیند سودا-آنتراکینون و مونواتانول آمین-آنتراکینون در خمیر کاغذهای پیش‌استخراج شده با افت چشمگیر مواجه شد. شاخص مقاومت به ترکیدن در خمیر کاغذهای حاصل از کاه گندم پیش‌استخراج شده با آب داغ تحت پخت سودا-آنتراکینون نسبت به تیمار شاهد بهبود یافت. اما در فرآیند مونواتانول آمین-آنتراکینون با وجود کاهش این شاخص در تیمارهای پیش‌استخراج‌شده نسبت به تیمار شاهد، تفاوت اندکی در افت مقاومت مشاهده شد. شاخص مقاومت به پارگی در خمیر کاغذهای پیش-استخراج‌شده تحت فرآیند مونواتانول آمین-آنتراکینون بهبود آشکاری نسبت به تیمار شاهد پیدا کرد درجه روشنی خمیر کاغذهای حاصل از فرآیند پخت سودا-آنتراکینون از درجه روشنی بیشتری برخوردار بودند، در این فرآیند بیشترین درجه روشنی مربوط به نمونه شاهد بود. بین نمونه‌های شاهد و پیش‌استخراج آب داغ، درجه

نتیجه‌گیری

پیش‌استخراج با آب داغ به عنوان یک روش دوست‌دار محیط زیست در تطبیق آتی کارخانه‌های خمیر کاغذ بعنوان زیست‌پالایشگاه نقش مهمی را ایفا خواهد کرد. همچنین به علت کمبود منابع لیگنوسلولزی چوبی در آینده استفاده از پسماندهای کشاورزی به شدت مطرح خواهد بود. در این تحقیق تلفیق این دو جنبه مهم در صنعت خمیر کاغذسازی در خصوص کاه گندم مورد بررسی واقع گرفت. شرایط منتخب پیش‌استخراج با آب داغ با در نظر گرفتن بازده و میزان آب مصرفی، زمان ۴۵ دقیقه با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت آب به کاه گندم ۴ به ۱ انتخاب شد که منجر به بازده پس از استخراج ۹۲/۲۱٪ گردید. در این شرایط میزان همی سلولزهای استخراج‌شده ۲۷/۲٪ تعیین شد. پیش‌استخراج با آب داغ به دلیل تغییر ترکیب کاه گندم اثرات منفی بر روی شاخص‌های خمیر کاغذ داشته‌است. این اثرات را می‌توان در ویژگی‌های خمیر کاغذ تولیدی و ویژگی‌های مکانیکی و نوری آن

تک محصولی خمیر کاغذ داشته باشد، می‌توان آن را به عنوان یک گزینه در کارخانه های استفاده‌کننده از منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی مد نظر قرار داد، همچنین با استفاده از مواد افزودنی مناسب در پایانه تر کاغذسازی نسبت به جبران افت مقاومت ها و درجه روشنی تمهیدات لازم را در نظر گرفت.

روشنی حاصل از فرآیند مونواتانول آمین-آنتراکینون اختلاف محسوس دیده نشد. فرآیند پیش‌استخراج اثر قابل توجهی روی ماتی در هر دو فرآیند خمیرکاغذسازی نداشت. طبق نتایج بدست‌آمده با وجود افت در برخی شاخص های مقاومت، با توجه به مزایای ذکرشده برای پیش‌استخراج با آب داغ و چنانچه کاربردهای مختلف همی سلولزها دارای ارزش افزوده بیشتری نسبت به تولید

منابع

- [1] Carvalheiro, F., Duarte, L. C. and Gírio, F. M., 2008. Hemicellulose biorefineries: a review on biomass pretreatments. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 67: 849-864.
- [2] Hedjazi, S., Heidari, a. Adli, A., Jahan Latibari, A., Hamazeh, Y., kordsachia, O. and Ahmadi, M. ,2011. Ethanolamine Pulping- As A Novel Opportunity to Overcome Rice Straw Pulping Challenges. *Proceedings of the 16th, ISWFPC*.
- [3] Hedjazi, S., Kordsachia, O., Patt, R. and Kreipl, A., 2010. MEA/water/AQ-pulping of wheat straw. *Holzforchung*, 63(5): 505-512.
- [4] Zhang, S. F. and Yang, H., 2011. Effect of hot-water pre-extraction on alkaline pulping properties of wheat straw. In *Advanced Materials Research*, 236: 1174-1177.
- [5] Mohammadi Yanghagh, N., Hedjazi, S., Abdulkhani, A. and Hamzeh, Y., 2016. Hot water pre-extraction of barely straw and its effect on soda and monoethanolamine pulps properties. *Iranian Journal of Natural Recource*, 69 (3): 535-549 (In Persian).
- [6] Alizadeh, P., Hedjazi, S., Abdulkhani, A. and Zabihzadeh, S. M., 2016. Comparative study of soda, soda-AQ and monoethanolamine pulps from soybean straw. *Iranian Journal of Natural Recource*, 68 (4): 887-902 (In Persian).
- [7] Mousavi, S. M., Hosseini, S. Z., Resalati, H., Mahdavi, S. and Garmaroody, E., 2013. Papermaking potential of rapeseed straw, a new agricultural-based fiber source. *Journal of Cleaner Production*, 52(1): 420-424.
- [8] Fakhrian, A., Latibari, A., Hoseinzadeh, A., Golbabaee, F. and Mahdavi, S., 1989. Potential of rice straw in paper industry. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 6: 1-77 (In Persian).
- [9] Sanjuan, R., Anzaldo, J., Vargas, J., Turrado, J. and Patt, R., 2001. Morphological and chemical composition of pith and fibers from Mexican sugarcane bagasse. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 59(6): 447-450.
- [10] Patt, R., Kordsachia, O. and Fehr, J., 2006. European hardwoods versus Eucalyptus globulus as a raw material for pulping. *Wood Science and Technology*, 40(1): 39-48.
- [11] Law, K. N., Kokta, B. V. and Mao, C. B., 2001. Fibre morphology and soda-sulphite pulping of switchgrass. *Bioresource technology*, 77(1): 1-7.
- [12] Lei, Y., Liu, S., Li, J. and Sun, R., 2010. Effect of hot-water extraction on alkaline pulping of bagasse. *Biotechnology Advances*, 28(5): 609-612.
- [13] Jahan, M. S., Saeed, A., Ni, Y. and He, Z., 2009. Pre-extraction and its impact on the alkaline pulping of bagasse. *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, 3(4): 380-385.
- [14] Lu, H., Hu, R., Ward, A., Amidon, T. E., Liang, B. and Liu, S., 2012. Hot-water extraction and its effect on soda pulping of aspen wood chips. *Biomass and Bioenergy*, 39: 5-13.
- [15] Duarte, G. V., Ramarao, B. V., Amidon, T. E. and Ferreira, P. T., 2011. Effect of hot water extraction on hardwood kraft pulp fibers (Acer saccharum, sugar maple). *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50(17):9949-9959.
- [16] Al-Dajani, W. W. and Tschirner, U. W., 2010. Pre-extraction of hemicelluloses and subsequent ASA and ASAM pulping: Comparison of autohydrolysis and alkaline extraction. *Holzforchung*, 64(4): 411-416
- [17] Cheng, H., Zhan, H., Fu, S. and Lucia, L. A., 2010. Alkali extraction of hemicellulose from depithed corn stover and effects on soda-AQ pulping. *BioResources*, 6(1): 196-206.

The influence of hot water pre-extraction of wheat straw hemicelluloses on monoethanolamine-AQ and soda-AQ pulp properties

Abstract

In this research, hot water pre-extraction of wheat straw followed with monoethanolamine-Anthraquinone and soda-Anthraquinone pulping was investigated. The pre-extraction satge of hemicelluloses with process variables of the temperature of 150 °C and the time of 45 minutes with water/straw ratio of 4/1 was selected as the optimum treatment. Among the pulps produced from unextracted wheat straw and pre-extracted wheat straw, monoethanolamine-AQ pulps have the highest yield. The highest drop in yield is observed in the case of soda-AQ pulp produced from pre-extracted wheat straw. In the same process conditions, the kappa numbers of monoethanolamine-AQ and soda-AQ pulps from unextracted wheat straw show the lower amounts than the pulps from pre-extracted wheat starw and the lowest kappa number belongs to monoethanolamine-AQ pulp made from unextracted wheat straw. Tensile indices of the pulps produced with pre-extracted wheat straw were decreasedsignificantly. Burst index of soda-AQ pulp from pre-extracted straw was slightly improved a little decrease in the burst index of monoethanolamine-AQ pulp from pre-extracted straw occurs. The tear index of monoethanolamine-AQ pulp is significantly increased after the pre-extraction of the straw. The brightness of pulp from both processes is slightly decreased after pre-extraction. The opacity of soda-AQ and monoethanolamine-AQ pulps from pre-extracted straw was increased and decreased respectively.

Keywords: wheat straw, hot water extraction, monoethanolamine, soda-AQ.

M. Seyednaseredin¹
S. Hedjazi^{2*}
Y. Hamzeh³

¹ M.SC., Department of wood and paper sciences and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

² Associate Prof., Department of wood and paper sciences and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

³ Professor, Department of wood and paper sciences and technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
shedjazi@ut.ac.ir

Received: 2018/06/17
Accepted: 2019/04/29