



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و چهارم، شماره سوم، ۱۳۹۶

<http://jwfst.gau.ac.ir>

تهیه آلفا- سلولز از باگاس و ارزیابی ویژگی‌های آن

* ملیحه کرمی^۱، حسین رسالتی^۲، احمدرضا سرائیان^۳ و محمدرضا دهقانی^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

^۲ استاد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری،

^۳ دانشیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۲/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: این تحقیق با هدف تولید و ارزیابی خمیر حل شونده یا آلفا- سلولز از باگاس مورد بررسی قرار گرفت. معمولاً از آلفا- سلولز برای تولید مشتقات سلولزی استفاده می‌کنند که مزیت آن‌ها نسبت به سلولز، قابلیت انحلال آن‌ها در حلال‌های رایج تجاری است. خمیرهای حل شونده، دارای آلفا- سلولز و درجه روشنی زیاد، همی سلولزها، خاکستر و مواد استخراجی کم هستند و توزیع وزن مولکولی یکنواخت دارند.

مواد و روش‌ها: خرده باگاس‌ها در مرحله پیش استخراج تحت شرایط اسیدی ضعیف با استفاده از اسید استیک، در دمای بیشینه ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد، جهت دستیابی به افت بازده هدف در دو محدوده ۲۰ و ۳۰ درصد تیمار شدند. از هر دو نوع خمیر پیش استخراج شده، با استفاده از فرآیند سودا- آنتراکینون در دمای بیشینه ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد خمیرکاغذ قابل رنگ‌بری با عدد کاپای حدود ۱۲ تولید گردید. نمونه‌های خمیرکاغذ تولید شده در شرایط بهینه با استفاده از سیستم رنگ‌بری بدون کلر عنصری (ECF) و توالی $AD_0E_pD_1P$ رنگ‌بری شدند. سپس ویژگی‌های موردنظر بر اساس آئین‌نامه استاندارد تاپی^۳ تعیین شدند. در نهایت برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمایشات انجام شده روی خمیرهای حل شونده تولید شده از نرم‌افزار SPSS و آزمون t دو نمونه استفاده گردید.

یافته‌ها: در این پژوهش خمیر حل شونده، حاوی مقدار آلفا- سلولز زیاد از باگاس مغززدایی شده، با پیش استخراج اسیدی و فرآیند خمیرسازی سودا- آنتراکینون تهیه شد. هنگامی که میزان افت بازده در مرحله پیش استخراج اسیدی از ۲۰ به ۳۰ افزایش یافت میزان آلفا سلولز تولیدی افزایش اما درجه پلیمریزاسیون کاهش یافت. در تولید خمیر حل شونده علاوه بر لیگنین، همی سلولزها نیز ناخالصی‌های نامطلوب محسوب می‌شوند، بنابراین هر چه این مواد بیشتر از خمیر خارج گردند میزان خلوص سلولز افزایش می‌یابد، اما با افزایش میزان تخریب همی سلولز در مرحله پیش استخراج، ممکن است زنجیره‌های سلولزی نیز آسیب ببینند و افزایش آلفا- سلولز- با افت شدید درجه پلیمریزاسیون همراه می‌باشد.

1- Elemental Chlorine Free

2- Sulphuric acid- Chloride dioxide- (Hydrogen peroxide extraction)- Chloride dioxide- Hydrogen peroxide

3- TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industries)

نتیجه‌گیری: خمیر حل شونده باگاس حاصل از این تحقیق با مقدار آلفا- سلولز حدود ۹۲ درصد و درجه پلیمریزاسیون حدود ۸۷۰ به دلیل درجه پلیمریزاسیون کم، کاربردهای درجات خمیر حل شونده از قبیل استات و نترات را محدود می‌کند، اما برای تولید مشتقات ویسکوز رایون و کربوکسی متیل سلولز سودمند خواهد بود. با این وجود میزان بازده و خاکستر خمیر حل شونده رضایت بخش بود. با توجه به نتایج این پژوهش و مقایسه آن با سایر تحقیقات انجام شده در زمینه تولید خمیر حل شونده و نیز با در نظر گرفتن این موضوع که باگاس به مقدار زیاد در جنوب کشور تولید می‌شود، تأمین بخشی از خمیر حل شونده یا آلفا سلولز مورد نیاز کشور، حداقل با کاربرد در ساخت ویسکوز رایون، را می‌توان بر پایه ماده اولیه باگاس برنامه‌ریزی نمود.

واژه‌های کلیدی: باگاس، سودا- آنتراکینون، آلفا- سلولز، پیش استخراج، درجه پلیمریزاسیون

مقدمه

مهم لیگنوسلولزی و تجدیدشونده در کشور، می‌توان از این منبع به صورت بسیار جدی جهت جبران کمبود مواد چوبی بهره برد. حال آن‌که در حال حاضر در اکثر مزارع کشور بیش از نیمی از این پسماندها سوزانده می‌شوند. در ایران از بین پسماندهای مختلف کشاورزی، باگاس یا تفاله نیشکر^۱ یکی از فراوان‌ترین پسماندها است که مناسب‌ترین ماده اولیه برای تولید خمیر و کاغذ محسوب می‌گردد. این ماده، علاوه بر خصوصیات فنی مطلوب، به مقدار بسیار زیاد در جنوب کشور تولید می‌شود (۱۸). مقدار مغز خالص در باگاس بین ۳۰ تا ۳۵ درصد گزارش شده است (۲۶) که عمدتاً از سلول‌های پارانشیمی تشکیل شده و با وجود این‌که از لحاظ ساختار شیمیایی شبیه لیف است نمی‌تواند به خمیر مناسب تبدیل شود. این موضوع به ابعاد کوچک، طبیعت فیزیکی غیرلیفی و تجمع (پیوند) نزدیک با گرد و غبار برمی‌گردد (۸). در باگاس سالم (دست نخورده) نسبت لیف به مغز تقریباً ۱/۵-۲: ۱ است (۹). عمده مواد تشکیل دهنده باگاس، شامل سلولز، همی‌سلولز و لیگنین می‌باشد که این ترکیبات در تحقیقات مختلف به صورت‌های متفاوتی گزارش شده است. نتایج اندازه‌گیری ترکیبات شیمیایی

خمیر حل شونده برای اولین بار در سوئد و استرالیا در سال ۱۹۳۰ طی جنگ جهانی دوم تولید شد (۱۲). خمیر حل شونده، خمیری با مقدار سلولز زیاد و مقدار همی‌سلولز و لیگنین بسیار اندک است که خواص ویژه‌ای از قبیل سطح زیاد درجه روشنی و توزیع وزن مولکولی یکنواخت دارد (۶). سلولز شیمیایی یا خمیر حل شونده، معمولاً از لیتر پنبه (خمیرسازی سودا) (۱۹) و از چوب با استفاده از فرآیندهای کرافت پیش هیدرولیز یا سولفیت اسیدی تولید می‌شود (۲۱)، که می‌تواند برای تولید محصولات متنوع بر پایه سلولز استفاده شود. از این رو برای ساخت محصولاتی از قبیل کربوکسی متیل سلولز^۲، ویسکوز^۳، فیلم سلولز، پوست سوسیس^۳، ساخت منسوجات، گونه‌هایی از محصولات اتری^۴ و سلولز استری^۵، تعیین کیفیت خمیر ضروری است و این کیفیت بستگی به خواص مواد خام چوب و فرآوری خمیر دارد (۶، ۲۴، ۱۰، ۲۳، ۲۵). با توجه به اهمیت پسماندهای کشاورزی به‌عنوان یکی از منابع

- 1- Carboxymethyl- cellulose
- 2- Viscose
- 3- Sausage Skin
- 4- Ether product
- 5- Esther cellulose

6- Sugarcane bagasse

۴/۳ درصد نسبت به خمیر باگاس پیش استخراج نشده، کمتر بود. همچنین پیش استخراج خمیر باگاس نرمه کمتری ایجاد کرد در نتیجه آگیری خمیر بهبود یافت. خمیر سودا- آنتراکینون به دست آمده از پیش استخراج خمیر باگاس در مقایسه با خمیر باگاس پیش استخراج نشده مقاومت به پارگی بیش تر و مقاومت به کشش کمتری داشت. در ادامه، فرآیند پیش استخراج با میزان قلیای کمتری به درجه یکسانی از لیگنین زدایی رسید (۲۲). سرورجهان و همکاران (۲۰۰۸) از گونه ترما با استفاده از فرآیندهای کرافت پیش استخراج شده و سودا- اتیلن دی آمین (EDA) خمیر حل شونده تولید کردند. فرآیند کرافت پیش هیدرولیز در دمای ۱۵۰ تا ۱۷۰ درجه سانتی گراد منجر به تولید خمیری با محتوای زیاد آلفا- سلولز نشد، اما اضافه کردن ۰/۲۵ درصد اسیدسولفوریک به مایع پیش هیدرولیز باعث افزایش خلوص خمیر و در عوض کاهش بازده و ویسکوزیته شد. افزایش درصد اتیلن دی آمین در مایع پخت سودا، گزینش پذیری در خمیرسازی و مقدار آلفا- سلولز را افزایش داد. کاهش سلولز (R_{10} , R_{18})، در خمیر سودا- اتیلن دی آمین کمتر از خمیر کرافت بود اما قابلیت رنگبری خمیر سودا- اتیلن دی آمین در مقایسه با خمیر کرافت در رنگبری D_0ED_1 کمتر بود. خصوصیات خمیرهای تهیه شده از نوئل با فرآیندهای کرافت پیش استخراج شده و سودا- اتیلن دی آمین به ترتیب عبارتند از: آلفا- سلولز: ۹۲/۹ درصد و ۹۳/۲ درصد، R_{10} , R_{18} : ۳۸ و ۱۹، درجه روشنی: ۴۸/۱ و ۷۹/۶ درصد (۲۱). سرورجهان و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی به بررسی تولید خمیر حل شونده از ژوت^۱ پرداختند. از ساقه ژوت، بخش تحتانی ساقه ژوت و بخش دورریز آن به عنوان ماده اولیه، بازده زیاد (۴۹-۵۹ درصد)، آلفا-

باگاس در یکی از این تحقیقات به ترتیب زیر بوده است: سلولز ۵۲/۴۲ درصد، لیگنین ۲۱/۶۹ درصد، هولوسلولز ۷۳/۹۲ درصد، آلفا- سلولز ۴۵/۳ درصد و خاکستر ۲/۷۳ درصد بر اساس وزن خشک شده در آن می باشد (۱۷). در تحقیق حاضر از فرآیند سودا- آنتراکینون پیش هیدرولیز که به علت نبود سولفور، آلودگی زیست محیطی کمتری در مقایسه با فرآیند کرافت پیش هیدرولیز تولید می کند، استفاده شده است (۱۵). نجاتی برزکی و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقی به بررسی امکان تهیه آلفا- سلولز از ضایعات چوبی کارخانه های خمیرسازی با روش های سازگار با محیط زیست، به روش پخت سودا- آنتراکینون پیش آبکافت دار و رنگبری ECF پرداختند که، ۷۴/۶ درصد آلفا- سلولز و ۰/۶۴ درصد خاکستر به دست آمد (۱۴). بهین و همکاران (۲۰۰۸) از ساقه ذرت با فرآیند کرافت پیش استخراج شده، خمیری با مقدار آلفا- سلولز ۹۴/۷ درصد، ویسکوزیته ۲۶۹ $\frac{cm^3}{g}$ و مقدار خاکستر ۱ درصد به دست آوردند (۲). نیکخواه و رسالتی (۲۰۱۲) از صنوبر دست کاشت ۳۰ ساله به روش سودا- آنتراکینون خمیر حل شونده تولید کردند که بیشترین میزان آلفا- سلولز و درجه روشنی به دست آمده به ترتیب برابر با ۹۶/۰۹ و ۸۷/۳۶ درصد بود (۱۶). ابراهیم و همکاران (۱۹۹۶) برای تولید خمیر حل شونده از باگاس تحقیقی انجام دادند. به نظر آن ها نتایج حاصل از مرحله پیش هیدرولیز سبب باز شدن الیاف سلولز و کاهش میزان همی سلولزها به ویژه پنتوزان شده است (۷). سرورجهان و همکاران (۲۰۰۹) از روش پیش هیدرولیز با آب، پیش از تهیه خمیر از باگاس به روش سودا- آنتراکینون، استفاده کردند و با بازیابی مایع پخت سیاه، حدود ۱۶۰ کیلوگرم همی سلولز به ازای هر تن از کل باگاس به دست آمد، در حالی که بازده خمیر سودا- آنتراکینون

سلولز ۹۳-۹۸ درصد، و ویسکوزیته زیاد به دست آمد و همچنین دارای درجه روشنی خوبی (۸۱-۸۷ درصد) بوده که ساقه ژوت دارای بهترین و بخش دورریز آن دارای کمترین کار آبی در تولید خمیر حل شونده با فرآیند اسیدفرمیک بود و مقدار سلولز تخریب شده خیلی بیشتر از خمیر حل شونده سنتی بود (۲۱). لی و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی تأثیر پیش استخراج با آب داغ بر خمیرسازی قلبایی از باگاس پرداختند. در این بررسی پیش استخراج در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه، سبب کاهش وزن خرده باگاس به میزان ۱۳/۲ درصد شد. در نتیجه خمیر باگاس پیش استخراج شده در مقایسه با خمیر پیش استخراج نشده عدد کاپای کمتر و ویسکوزیته بیشتری نشان داد. همچنین پیش استخراج با آب داغ سبب کاهش قابل توجه در مصرف مواد شیمیایی رنگ‌بری و تشکیل مواد آلی و کلری شده گردید (۱۳).

ریباس بانالها و همکاران (۲۰۱۲) تراشه‌های تجاری بامبو را به عنوان ماده خام برای تولید خمیر حل شونده ارزیابی کردند، که درجه روشنی (۹۲/۴ درصد ISO) و آلفا- سلولز (۹۴/۹ درصد) به دست آمد و مقادیر همی سلولز، مواد استخراجی و خاکستر در سطوح قابل قبولی بود (۱۹). آندرد و کلودت (۲۰۱۴) پتانسیل باگاس مغز زدایی شده برای تولید درجات خمیر حل شونده را با فرآیند پیش هیدرولیز سودا، شامل تیمار باگاس با آب داغ و به دنبال آن خمیرسازی سودا بررسی کردند که فرآیند پیش هیدرولیز سودا حذف زایلان را بهبود بخشید اما بازده خمیر را کاهش داد. در این بررسی خمیرها با توالی O-D-(EP)-D-P رنگ‌بری شدند و گلوکان (۹۵٪)، زایلان (۵٪)، خاکستر (۴٪)، سیلیکا

(۱۵٪) و مقدار آلفا- سلولز (۹۲٪) به دست آمد (۱). هدف از انجام این پژوهش تولید خمیر حل شونده یا آلفا- سلولز از باگاس با درصد خلوص بیشتر از ۹۰ درصد بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد مورد استفاده: باگاس مورد استفاده از منطقه خوزستان و با همکاری کارخانه کاغذسازی پارس تهیه شد. خرده باگاس‌ها در محوطه آزمایشگاه هواخشک شده، سپس به وسیله الک جهت جداسازی مغز و ناخالصی‌های دیگری مانند سنگ‌ریزه غربال شدند. به منظور عدم تبادل رطوبت با محیط، نمونه‌های باگاس درون کیسه‌های پلاستیکی قرار گرفتند. اسید استیک (CH₃COOH) با خلوص ۱۰۰ درصد برای انجام مرحله پیش استخراج خرده باگاس‌ها، هیدروکسید سدیم (NaOH) با خلوص ۹۹ درصد و آنتراکینون با خلوص ۹۸ درصد (تولید شده توسط شرکت مرک^۲ آلمان) برای تهیه خمیر سودا- آنتراکینون مورد استفاده قرار گرفتند.

پیش استخراج: به منظور انجام مرحله پیش استخراج، خرده باگاس‌ها (۱۰۰ گرم بر مبنای خشک) درون دیگ ناپیوسته چرخان، حاوی مخزن گلیسرین و ۶ محفظه با گنجایش ۲/۵ لیتر قرار گرفتند. آزمایش‌های پیش استخراج با اسید استیک جهت دستیابی به میزان انحلال و افت بازده هدف در دو سطح حدود ۲۰ و ۳۰ درصد، در محفظه‌های مذکور و طبق شرایط مندرج در جدول ۱ انجام شد.

1- Oxygen- Chloride dioxide- (Hydrogen peroxide extraction)- Chloride dioxide- Hydrogen peroxide

جدول ۱- شرایط پیش استخراج باگاس.

Table 1. Bagasse pre-extraction conditions.

دمای حداکثر (درجه سانتی گراد) Max temperature (°C)	زمان در دمای حداکثر (min) Time at max temperature (min)	زمان تا دمای حداکثر (min) Time to max temperature (min)	نسبت مایع به خرده باگاس (ml/gr) Liquor to bagasse chips ratio (ml/gr)	میزان افت بازده هدف (درصد) Aim less yield rate (%)	اسید استیک (درصد برپایه وزن خشک باگاس) Acetic acid (% bagasse od)
165	متغیر Variable	65	8:1	حدود ۲۰ و ۳۰ About 20 and 30	0.1

خشک) توزین و در بسته‌های پلاستیکی جهت خمیرسازی نگهداری شدند. جهت تعیین شرایط بهینه خمیرسازی، خمیرسازی خرده باگاس‌های پیش استخراج شده با اسید استیک، طبق شرایط مندرج در جدول ۲ انجام گردید. پس از اتمام عملیات پخت به‌منظور خروج مایع پخت سیاه خرده باگاس‌های پخته شده با آب (مقطر) روی الک با مش ۲۰۰ شستشو و در هوای آزاد هواخشک شدند.

پس از انجام هر مرحله از پیش استخراج به‌منظور خروج کامل لیکور^۱ (مایع پیش استخراج)، خرده باگاس‌ها روی الک با مش ۲۰۰ با آب شستشو و هواخشک شدند. پس از هواخشک شدن خرده باگاس‌های پیش استخراج شده، درصد رطوبت آن‌ها محاسبه شد. پخت سودا- آنتراکینون: خرده باگاس‌های پیش استخراج شده، در مقادیر ۱۰۰ گرم (بر مبنای وزن

جدول ۲- شرایط خمیرسازی سودا- آنتراکینون خرده باگاس‌های پیش استخراج شده.

Table 2. Soda-AQ pulping conditions for per-extracted bagasses chips.

مقدار سود سوزآور (%) NaOH (%)	مقدار آنتراکینون (%) Anthraquinone (%)	دمای حداکثر (°C) Max temperature (°C)	زمان در دمای حداکثر (min) Time at max temperature (min)	زمان تا دمای حداکثر (min) Time to max temperature (min)	نسبت مایع به خرده باگاس (ml/gr) Liquor to bagasse chips ratio (ml/gr)
24	0.2	165	متغیر تا رسیدن به عدد کاپای هدف Variable until reaching the aim Kappa number	65	8:1

(A)، یک تیمار اسیدی با استفاده از اسید سولفوریک ۹۸ درصد انجام شد. در مرحله (D₀) از ۴/۴۴ درصد دی اکسید کلر (بر مبنای کلر فعال) با درصد خشکی ۱۰، زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۷۰ درجه سانتی گراد، در مرحله (E_p) ۲/۶۶ درصد سدیم هیدروکسید (بر اساس وزن خشک خمیر)، ۰/۷۵ درصد پراکسید هیدروژن (بر اساس وزن خشک خمیر)، ۳ درصد سیلیکات سدیم (بر اساس وزن خشک خمیر)، ۰/۳ درصد DTPA (بر اساس وزن خشک خمیر)، با

تعیین عدد کاپای^۲ خمیر کاغذ: اندازه‌گیری عدد کاپای خمیر کاغذ مطابق با استاندارد تاپی به شماره ۹۹- T ۲۳۶ om صورت گرفت.

رنگ‌بری شیمیایی خمیر کاغذ: به‌منظور افزایش درصد سلولز به‌دست آمده از خمیرهای شیمیایی برپایه فرآیند سودا-آنتراکینون، از یک فرآیند رنگ‌بری پنج مرحله‌ای A D₀E_p D₁P استفاده شد. در مرحله

1- Liquor
2- Kappa number

شماره ۹۹-۲۰۳ cm T آئین‌نامه تاپی انجام شد. تعیین درجه پلیمریزاسیون خمیرهای حل شونده طبق استاندارد شماره ۰۴-۲۳۰ om T آئین‌نامه تاپی انجام شد. درجه روشنی خمیرهای حل شونده تولیدی بر اساس استاندارد شماره ۰۲-۴۵۲ om T آئین‌نامه تاپی اندازه‌گیری شد و تعیین مقدار خاکستر خمیرهای حل شونده طبق استاندارد شماره ۰۲-۲۱۱ om T آئین‌نامه تاپی صورت گرفت.

روش تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج آزمایشات انجام شده روی خمیرهای حل شونده‌ی تولید شده از نرم‌افزار SPSS و آزمون t دو نمونه^۱ استفاده شد.

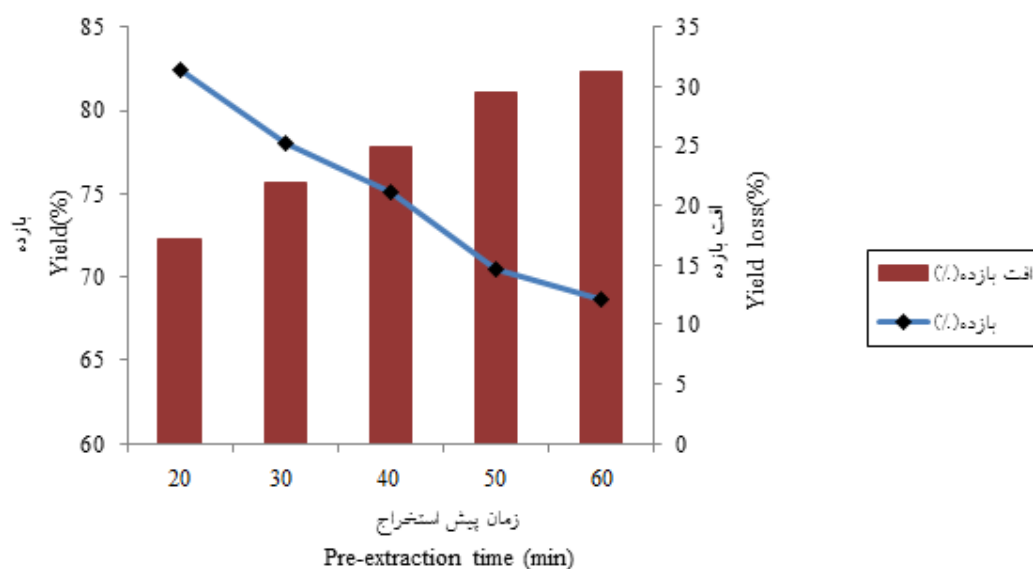
سلولز به مشتقات ویژه، به میزان همی سلولزهای خمیر حل شونده بستگی دارد (۴). بنابراین این مرحله، جهت تسریع در هیدرولیز همی سلولزها با اسید استیک ۰/۱ درصد در زمان‌های مختلف با دو تکرار انجام گردید (شکل ۱).

درصد خشکی ۱۰، زمان ۶۰ دقیقه و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، در مرحله (D₁) ۱/۸۵ درصد دی اکسید کلر (بر مبنای کلر فعال) با درصد خشکی ۱۰، زمان ۱۲۰ دقیقه و دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و در نهایت در مرحله P از ۲ درصد پراکسید هیدروژن (بر اساس وزن خشک خمیر)، ۳ درصد سیلیکات سدیم (بر اساس وزن خشک خمیر)، ۰/۳ درصد DTPA (بر اساس وزن خشک خمیر)، با درصد خشکی ۱۰، زمان ۹۰ دقیقه و دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد، مورد استفاده قرار گرفت.

ارزیابی خمیر حل شونده: تعیین درصد آلفا- سلولز خمیرهای حل شونده تولیدی از باگاس طبق استاندارد

نتایج و بحث

پیش استخراج: مرحله پیش استخراج، از طریق حذف بخشی از همی سلولزها از چوب قبل از مرحله خمیرسازی، نقش به‌سزایی در افزایش درجه خلوص خمیرهای حل شونده تولیدی دارد. کارایی تبدیل



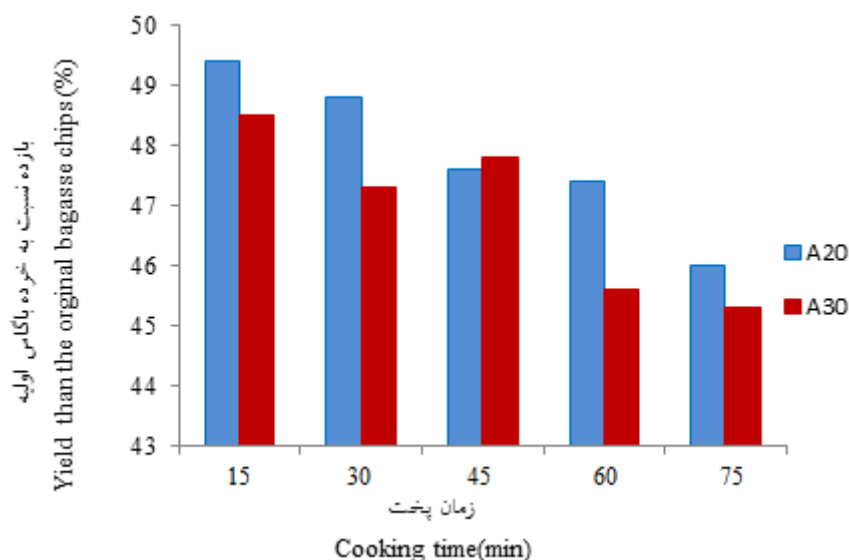
شکل ۱- میانگین بازده و افت بازده در مرحله پیش استخراج خرده باگاس‌ها.

Figure 1. Yield and yield loss average in the bagasses chips per-extraction stage.

بر این است که افت بیشتر همی سلولزها و واکنش‌های تراکمی بیشتر لیگنین باقیمانده (واکنش تراکمی): دسته‌ای از واکنش‌های آلی هستند که طی آن دو یا چند مولکول کوچکتر و یا چند گروه عاملی با یکدیگر ترکیب شده و یک مولکول بزرگتر را ایجاد می‌کند. در ارتباط با لیگنین که دارای اتصال‌های کربن-کربن است، در جریان تولید خمیر به روش قلیایی قسمت اعظم فرایندهای تراکمی در موقعیت اشغال نشده ۵-C واحد فنولی لیگنین روی می‌دهد) در الیاف در شرایط اسیدی، در حالت تیمار پیش استخراج با افت بازده ۳۰ درصد، موجب شده است تا خمیر پیش استخراج شده در این تیمار در مرحله اصلی پخت به واکنش‌های شیمیایی انحلال کربوهیدرات‌ها و لیگنین مقاومت بیشتری نشان دهد و در نتیجه افت کمتری در پارامترهای مذکور مشاهده شود.

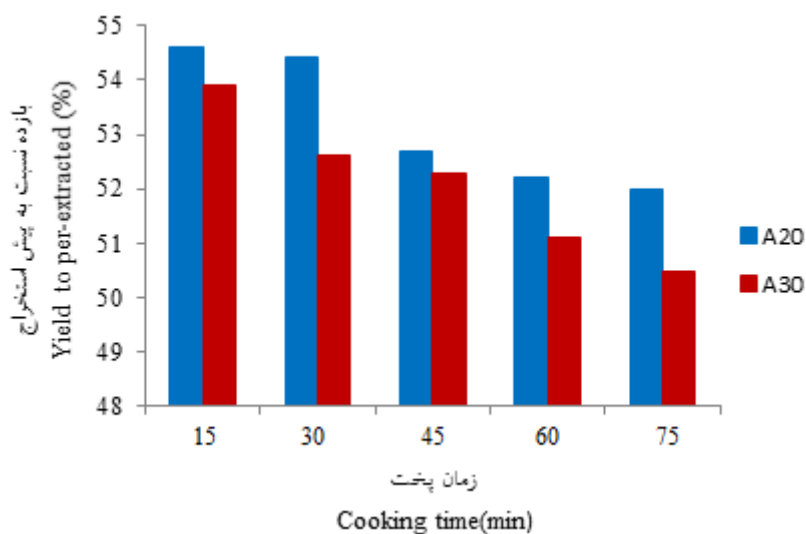
با افزایش زمان پیش‌تیمار در شرایط اسیدی ضعیف، انحلال برخی از مواد تشکیل دهنده باگاس شامل عمدتاً مواد استخراجی و همی سلولزها موجب کاهش بازده شده است. با توجه به محدوده افت بازده موردنظر ۲۰ و ۳۰ درصد در مرحله پیش استخراج با اسید استیک، مدت زمان پیش‌تیمار ۳۰ و ۶۰ دقیقه با میانگین افت بازده، به ترتیب حدود ۲۱/۹ و ۳۱/۲ درصد به‌عنوان تیمارهای بهینه پیش استخراج جهت تولید خمیرکاغذ حل شونده انتخاب گردید.

خمیرسازی سودا-آنتراکینون: با افزایش زمان پخت از ۱۵ به ۷۵ دقیقه، همان‌طور که انتظار می‌رفت بازده خمیرکاغذ و عدد کاپا در هر دو تیمار پیش استخراج کاهش یافته‌است ولی مقدار افت بازده خمیرکاغذ در نمونه پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ درصد (A₂₀) بیشتر از تیمار پیش استخراج با افت بازده ۳۰ درصد (A₃₀) بوده است (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). اعتقاد



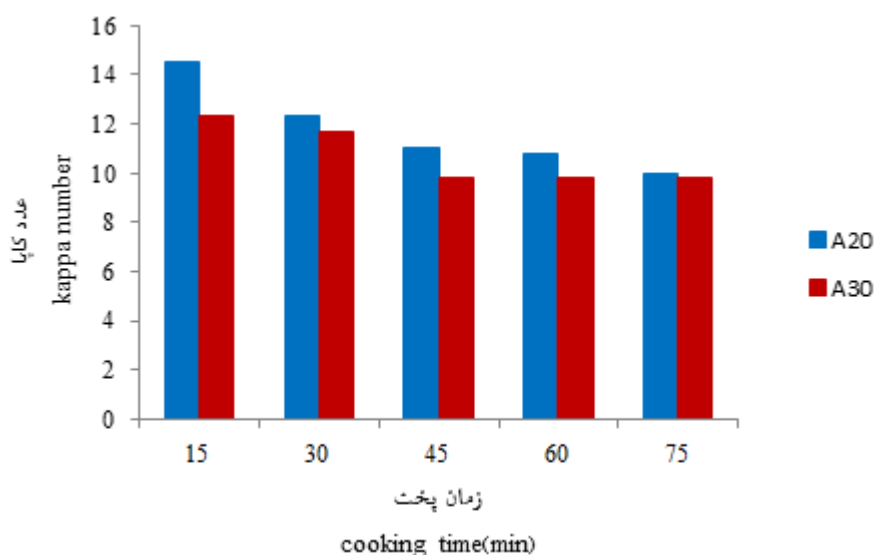
شکل ۲- میانگین بازده پخت نهایی نسبت به خرده باگاس اولیه، از نمونه‌های پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد.

Figure 2. Yield average of the final cooking than the original bagasse chip of the per-extracted samples by a yield loss of 20 and 30 %.



شکل ۳- میانگین بازده پخت نهایی نسبت به نمونه‌های پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد.

Figure 3. Yield average of the final cooking than the per-extracted samples by a yield loss of 20 and 30 %.



شکل ۴- میانگین عدد کاپا در خمیر کاغذ نهایی حاصل از نمونه‌های پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد.

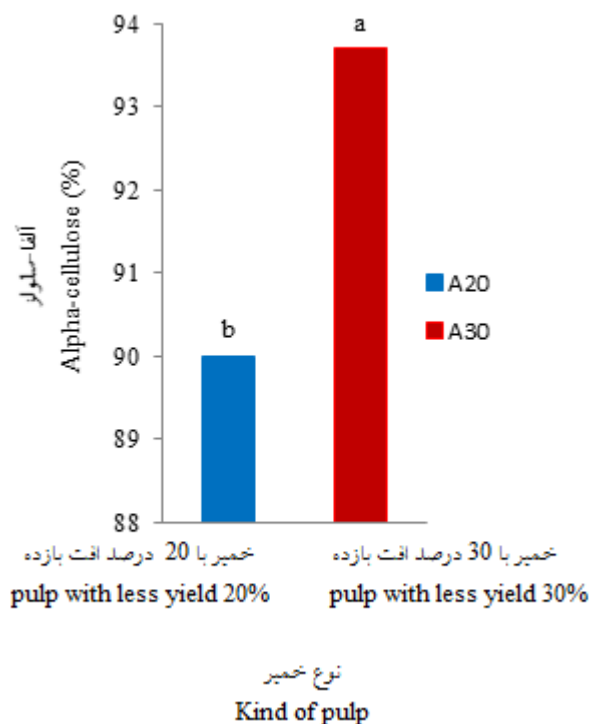
Figure 4. Average kappa number for final paper pulp from per-extracted samples with yield loss of 20 and 30 %.

به تأکید است که در هر دو تیمار بهینه در مرحله پیش استخراج، زمان‌های پخت ۱۵ و ۳۰ دقیقه برای تولید خمیر کاغذ قابل رنگ‌بری به لحاظ عدد کاپای نهایی حدود ۱۲ مناسب بودند ولی به دلیل این که در ارزیابی‌های بصری این خمیرها، دستجات الیاف به هم پیوسته در نمونه‌های حاصل از زمان پخت ۳۰ دقیقه‌ای به مراتب کمتر بوده است، لذا زمان پخت ۳۰

برای هر دو تیمار پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد، میانگین بازده پخت نهایی نسبت به خرده باگاس اولیه، بیشتر از میانگین بازده پخت نهایی نسبت به نمونه‌های پیش استخراج شده بوده است. انحلال بخشی از مواد تشکیل دهنده باگاس از قبیل مواد استخراجی و همی سلولزها در مرحله پیش استخراج می‌تواند دلیل بروز این اختلاف باشد. لازم

ارزیابی ویژگی‌های خمیر حل شونده
 آلفا- سلولز: خمیرهای حل شونده، خمیرهای
 شیمیایی با بیش از ۹۰ درصد سلولز خالص با درجه
 پلیمریزاسیون نسبتاً زیاد (آلفا- سلولز) هستند.

دقیقه در هر دو تیمار به‌عنوان تیمار بهینه در مرحله
 خمیرسازی جهت انجام تیمارهای رنگبری انتخاب
 گردید.



شکل ۵- میانگین درصد آلفا- سلولز در خمیر کاغذ نهایی حاصل از نمونه‌های پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد.
 Figure 5. The average percentage of alpha-cellulose in the final pulp from pre-extracted samples with yield loss by 20 and 30%.

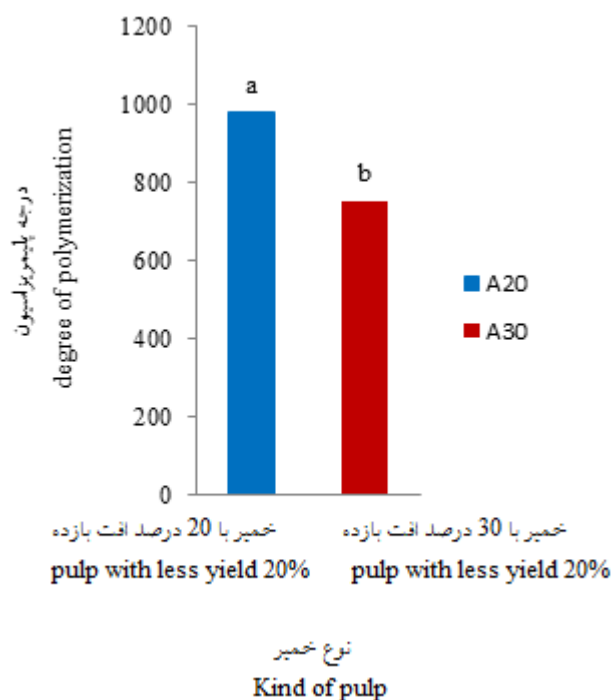
استخراج، میزان آلفا-سلولز به‌دست آمده افزایش
 می‌یابد. از آنجائی‌که در تولید خمیر حل شونده نه تنها
 لیگنین بلکه همی‌سلولزها نیز ناخالصی‌های نامطلوب
 محسوب می‌شوند، بنابراین هر چه این مواد بیشتر از
 خمیر خارج گردند میزان خلوص سلولز افزایش
 می‌یابد. این امر با نتایج آندرد و کلودت (۲۰۱۴)
 مطابقت دارد (۱). مطابق با پژوهش آندرد و کلودت
 (۲۰۱۴) مقدار آلفا- سلولز برای تولید رایون/ سلوفان
 ۹۰-۹۲ درصد، سلولز استات ۹۵-۹۷ درصد و
 نیتروسولوز ۹۸ درصد می‌باشد (۱). بنابراین بسته
 به‌نوع محصول نهایی، خمیر حل شونده می‌تواند

شکل ۵ نشان می‌دهد که میانگین مقدار آلفا-
 سلولز در خمیر با ۳۰ درصد افت بازده بیشتر از خمیر
 با ۲۰ درصد افت بازده می‌باشد که حاکی از آن‌است
 که هرچه همی‌سلولز بیشتری در مرحله پیش استخراج
 خارج شود درجه خلوص سلولز نهایی افزایش
 می‌یابد. طبق نتایج به‌دست آمده از آزمون t مستقل،
 بین آلفا- سلولز حاصل از خمیرهای با میزان افت
 بازده ۲۰ و ۳۰ درصد در مرحله پیش استخراج در
 سطح ۵ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. این امر
 نشان می‌دهد با افزایش میزان افت بازده یا خروج
 عمدتاً همی‌سلولزها از خرده باگاس در مرحله پیش

درجه پلیمریزاسیون یا DP، معمولاً به‌عنوان تعداد واحدهای مونومری در یک درشت مولکول یا پلیمر یا مولکول الیگومر تعریف می‌شود. این ویژگی از طریق تعیین ویسکوزیته خمیر که شاخصی از درجه پلیمریزاسیون می‌باشد، محاسبه می‌گردد.

دارای آلفا- سلولز متفاوت باشد. مقدار آلفا- سلولز تولیدی در این پژوهش قابل قبول بوده و با سایر مطالعات گذشته نیز قابل مقایسه می‌باشد.

درجه پلیمریزاسیون (DP): طبق تعریف انجمن بین‌المللی شیمی محض و کاربردی^۱ (IUPAC)،



شکل ۶- میانگین مقادیر درجه پلیمریزاسیون در خمیرکاغذ نهایی حاصل از نمونه‌های پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد.
Figure 6. The average of - polymerization degree in the final pulp from pre-extracted samples with yield loss by 20 and 30%.

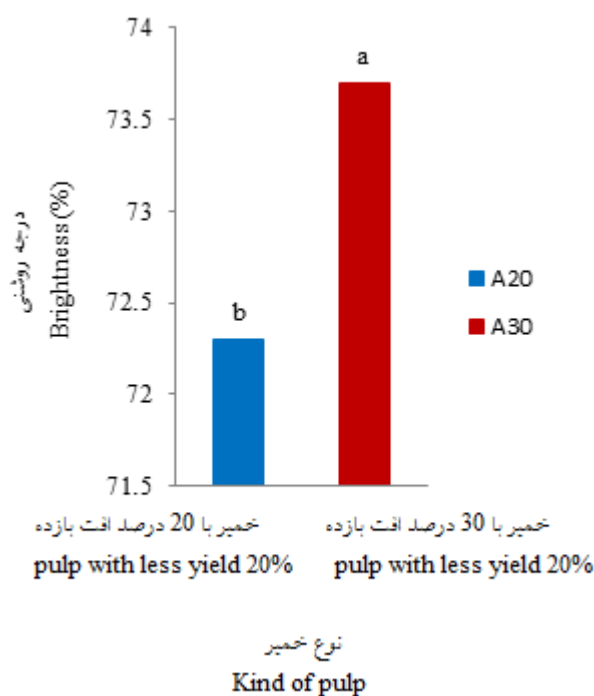
پیش استخراج در مقایسه با خمیر با میزان افت بازده ۲۰ درصد صدق می‌کند. بنابراین می‌توان استنباط کرد که در حین تخریب و خارج‌سازی همی‌سلولزها در مرحله پیش استخراج با اسید، زنجیره سلولز نیز آسیب دیده است (۳). درجه پلیمریزاسیون کم خمیر حل شونده باگاس، کاربردهای درجات خمیر حل شونده از قبیل استات و نترات را محدود می‌کند؛ اما برای تولید مشتقات ویسکوز رایون و کربوکسی متیل سلولز سودمند خواهد بود (۱).

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود میزان درجه پلیمریزاسیون برای خمیر با ۲۰ درصد افت بازده، بیشتر از خمیر با ۳۰ درصد افت بازده در مرحله پیش استخراج است که نشان‌دهنده این امر است که هرچه شدت مرحله پیش استخراج بیشتر باشد ممکن است درجه پلیمریزاسیون کاهش یابد. بین مقادیر درجه پلیمریزاسیون خمیرهای با میزان افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد در مرحله پیش استخراج در سطح اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. معمولاً دستیابی به مقدار زیاد آلفا- سلولز با افت زیاد درجه پلیمریزاسیون همراه می‌باشد که این امر برای خمیر با میزان افت بازده ۳۰ درصد در مرحله

1- International Union of Pure and Applied Chemistry

حل شونده دارای درجه روشنی زیادی نسبت به درجات کاغذ و مقوا هستند.

درجه روشنی: یکی از پارامترهای مهم در تولید خمیر حل شونده، درجه روشنی است. معمولاً خمیرهای



شکل ۷- میانگین مقادیر درجه روشنی خمیر کاغذ نهایی حاصل از نمونه‌های پیش استخراج شده با افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد.
Figure 7. The average of brightness in the final pulp from pre-extracted samples with yield loss by 20 and 30%.

نسبی زردشدگی ناشی از هوادیدگی باگاس و وجود مقدار مغز باقی‌مانده در باگاس باشد.

خاکستر: مقدار خاکستر موجود در خمیر، نیز یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در تولید خمیر حل شونده است که معمولاً باید مقدار آن کم باشد؛ زیرا زیاد بودن مقدار خاکستر در این نوع درجات خمیر، می‌تواند در تولید مشتقات حاصل از خمیرهای حل شونده و مقاومت‌های نهایی محصول حاصله مشکل ایجاد کند. مقادیر حاصل از اندازه‌گیری خاکستر موجود در خمیر حل شونده باگاس بسیار اندک، در حدود ۱ درصد بود به طوری که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، تفاوت معنی‌داری بین خاکستر هردو نوع خمیر با میزان افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد همی سلولز در مرحله پیش استخراج وجود نداشت. با وجود این که مقدار خاکستر اولیه در باگاس به مراتب بیشتر از

شکل ۷ میانگین درجه روشنی خمیرهای با میزان افت بازده ۲۰ و ۳۰ درصد، در مرحله پیش استخراج را نشان می‌دهد که به لحاظ عددی تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. نتایج به دست آمده نشان داد که بین مقادیر درجه روشنی خمیرهای با میزان افت ۲۰ و ۳۰ درصد در مرحله پیش استخراج در سطح اطمینان ۹۵ درصد، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. لازم به تأکید است که علی‌رغم افزایش درصد مصرف دی‌اکسیدکلر بر مبنای کلر فعال، مجموعاً بیش از ۶ درصد و استفاده از ۲ درصد پراکسید هیدروژن در مرحله نهایی رنگ‌بری، درجه روشنی خمیر کاغذ حل شونده باگاس در این تحقیق در حد انتظار افزایش نیافته است که این امر می‌تواند علاوه بر ویژگی‌های ذاتی باگاس متأثر از کهنه بودن باگاس مورد استفاده و برگشت‌ناپذیری

میانگین درجه پلیمریزاسیون حدود ۸۷۰ نمی‌توان در تولید مواد منفجره به‌عنوان سوخت استفاده کرد؛ اما با توجه به درصد خلوص به‌دست آمده، تولید مشتقات ویسکوز رایون و کربوکسی متیل سلولز ممکن خواهد بود. با این وجود میزان بازده و خاکستر خمیر حل شونده رضایت بخش بود. با توجه به نتایج این پژوهش و مقایسه آن با سایر تحقیقات انجام شده در زمینه تولید خمیر حل شونده و نیز با در نظر گرفتن این موضوع که باگاس به مقدار زیاد در جنوب کشور تولید می‌شود، تأمین بخشی از خمیر حل شونده یا آلفا سلولز موردنیاز کشور، حداقل با کاربرد در ساخت ویسکوز رایون را می‌توان بر پایه ماده اولیه باگاس برنامه‌ریزی نمود.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم صنایع کاغذ پارس استان خوزستان بابت تأمین ماده اولیه این پژوهش سپاسگزاری می‌نمائیم.

گونه‌های چوبی است، اما درصد خاکستر در خمیر حل شونده باگاس در حد قابل قبول بوده و بسته به نوع محصول تولیدی می‌توان از آن در تولید مشتقات سلولزی استفاده کرد.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش خمیر حل شونده حاوی مقدار آلفا- سلولز زیاد از باگاس مغز زدایی شده با پیش استخراج اسیدی و فرآیند خمیرسازی سودا- آنتراکینون تهیه شد. هنگامی که میزان افت بازده در مرحله پیش استخراج اسیدی از ۲۰ به ۳۰ افزایش یافت میزان آلفا سلولز تولیدی افزایش اما میزان درجه پلیمریزاسیون کاهش یافت. بنابراین می‌توان این‌گونه استنباط کرد که هرچه میزان تخریب همی‌سلولز در مرحله پیش استخراج افزایش یابد، ممکن است زنجیره سلولزی نیز آسیب ببیند و افزایش آلفا- سلولز با افت شدید درجه پلیمریزاسیون همراه می‌باشد. همچنین از خمیر حل‌شونده حاصل از این تحقیق با میانگین حداکثر آلفا- سلولز حدود ۹۲ درصد و

منابع

1. Andrade, M.F., and Colodette, J.L. 2014. Dissolving pulp production from sugar cane bagasse. *Journal of Industrial Crops and Products.*, 52: 58-64.
2. Behin, J., Mikaniki, F., and Fadaei, Z. 2008. Dissolving pulp (alpha-Cellulose) from Corn Stalk by Kraft Process. *Iranian Journal of Chemical Engineering.* 5: 3. (Translated in Persian)
3. Behin, J., and Zeyghami, M. 2009. Dissolving pulp from corn stalk residue and waste water of *Merox* unit. *Journal of Chemical Engineering.*, 152: 26-35. (Translated in Persian)
4. Christov, L.P., Akhtar, M., and Prior, B.A. 1998. The potential of biosulfite pulping in dissolving pulp production. *Enzyme and Microbial Technology*, 23: 70-74.
5. Garmabi, H. 2010. Technical knowledge formulation and optimization of the production process of composite PP / Bagasse on an industrial scale to improve the physical properties / mechanical, Department of Polymer Engineering, Amirkabir University of Technology. (Translated in Persian)
6. Hinck, J.F., Casebier, R.L., and Hamilton, J.K. 1985. In *Pulp and Paper Manufacture* (O.V. Ingruder, J.J. Kocurek, and W.Wong, Eds.). Tappi press, Atlanta, 4: 213-243.
7. Ibrahim, A.A., Nada, A.M.A., Hagemann, U., and EI Seoud, O.A. 1996. Preparation of dissolving pulp from Sugar Cane bagasse add its acetylation under homogeneous solution condition. *Holz forchumg*, 50(3): 221.

8. Jain, R.K. 2001. Upgradation of quality of bagasse through advance depithing process, report of central pulp and paper research institute Saharanpur. 72p.
9. Jain, R.K., Dixit, A., Singh, K., Mathur, R.M., and Kulkarni, A.G. 2005. An Improved, Environmentally Benign Process for Manufacturing of High Quality Chemical Bagasse Pulp. Engineering Conference, to be held in Philadelphia. 53p.
10. Kopcke, V. 2008. Improvement on cellulose accessibility and reactivity of different wood pulps Fibre and Polymer Technology Royal Institute of Technology, KTH SE-100 44 Stockholm Sweden. 27p.
11. Kopcke, V. 2010. Conversion of wood and Non-wood paper-grade pulps to dissolving-grade Pulps, Doctoral tThesis in pulp and paper, Royal institute of technology, Stockholm., 57p.
12. Krassing, H.A. 1993. Cellulose; structure, Accessibility and reactivity, Polymer monographs Gordon and breach science publishers, Amesterdam. Vol. 11. 240p
13. Lei, Y., Liu, Sh., Li, J., and Sun, R. 2010. Effect of hot-water extraction on alkaline pulping of bagasse. Journal of Biotechnology Advances., 28: 609-612.
14. Nejati barzaki, H., Mirshokraei, A., Mahdavi fayz abadi, S., and Lohrasbi pide, A. 2004. Research and Construction., 69: 93-97. (Translated in Persian)
15. Nikkhah dafchahi, M. 2011. Production and evaluation dissolving pulp from *Populus Deltoids* using sodium anthraquinone pulping process. Master's thesis, in iran. (In Persian)
16. Nikkhah Dafchahi, M., and Resalati, H. 2012. Evaluation of pre-hydrolyzed soda-AQ dissolving pulp from *Populus Deltoids* using an ODED bleaching sequent. BioResources, 7(3): 3283-3292. (Translated in Persian)
17. Peng, F., Simonson, R., and Peng, F.H. 1992. High yield Chemimechanical pulping of bagasse, Part 4, Bagasse CMP with sodium hydroxide/hydrogen peroxide pretreatment. Appita. 45(2): 104-108.
18. Rafiei, A., and Jonobi, M. 2006. Cane industrial plant. Wood and Paper Magazine, 21: 24-27.
19. Ribas Batalha, L.A., Colodette, J.L., Gomide, J.L., Barbosa, L.C.A., Maltha, C.R.A., and Borges Gomes, F.J. 2012. Dissolving pulp production from bambo. BioResources, 7(1): 640-651. (Translated in Persian)
20. Sarwar Jahan, M., Rawsan, S., Nasima Chowdhury, D.A., and Al-Maruf, A. 2008. Alternative pulping processfor producing dissolving pulp from jute. BioResources, 3(4): 1359-1370.
21. Sarwar Jahan, M., Ahsan, L., Noori, A., and Quaiyyum, M.A. 2008. Process for the production of dissolving pulp from *Terma Orientalis (Nalita)* by prehydrolysis kraft and Soda-Ethylenediamine (EDA) process. BioResources, 3(3): 816-828.
22. Sarwar Jahan, M., Saeed, A., Ni, Y., and Hi, Z. 2009. Pre-Extraction and its impact on the alkaline pulping of bagasse. Journul of Biobased Materials and Bioenergy. 3: 380-385.
23. Schlotter, N.E. 1988. Rayon, in Mark, H.F., Encyclopedia of polymer science and engineering., 14: 45-69.
24. Shanshan, G., Jianqing, W., and Zhengwei, J. 2011. Preparation of cellulose films from solution of bacterial cellulose in NMMO. Carbohydrate Polymers., 87: 1020–1025.
25. Spence, K.L., Venditti, R.A., Rojas, O.J., Habibi, Y., and Pawlak, J.J. 2010. The effect of chemical composition on microfibrillar cellulose films from wood pulps: water interactions and physical properties for packaging applications. Springer science + business media B.V. 17: 835–848.
26. Tabari, F. 2011. Potential resources that are wasted (with the approach of using bagasse (bagasse) as a valuable alternative material in the cellulose industry), Proceedings of the First National Congress of the raw material supply and develop a road map, Gorgan. (Translated in Persian)



Production of alpha-cellulose from bagasse and evaluation of its characteristics

*M. Karami¹, H. Resalati², A.R. Saraeian³ and M.R. Dehghani³

¹M.Sc. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Sciences, ²Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources Sciences and Natural Resources, ³Assistant Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 06/08/2015; Accepted: 05/16/2016

Abstract

Background and objectives: This research was performed with the aim of producing dissolving pulp or alpha-cellulose from bagasse. Alpha-cellulose is usually used for making cellulose derivatives with advantage of being soluble in common solvents compared with the cellulose. Dissolving pulps have high alpha-cellulose and brightness, but very low hemicelluloses, ash, and extractives, with uniform molecular weight distribution.

Materials and methods: Bagasse chips were pretreated under mild acidic condition using acetic acid at the maximum temperatures of 165 °C, to achieve yield loss levels of approximately 20 and 30 percent in pre-extraction stage. Bleachable pulps at kappa number lower than 12 were produced from both the pre-extracted samples using soda-AQ pulping process at maximum cooking temperature of 165 °C The pulp samples produced under optimum conditions were bleached by the chlorine-free bleaching system (ECF) with AD0EpD1P bleaching sequence. The properties were determined on the basis of TAPPI standard. Finally, SPSS software program and t-test two samples was used to analysis of the results of tests carried out on dissolving pulps.

Results: In this study, dissolving pulp containing high alpha-cellulose was extracted from depithed Bagasse with acid pre-extraction and the soda-AQ pulping procedure. When the yield loss of acid pre-extraction increased from 20 to 30, the alpha cellulose production increased, but the degree of polymerization decreased. In addition to lignin, hemicellulose are undesirable impurities for dissolving pulp production, so cellulose purity was increased by leaving plenty of these materials. However, cellulose chains may also be damaged by increasing the destruction of the hemicellulose in pre-extraction stage and increase of alpha-cellulose is associated with a sharp drop in degree of polymerization.

Conclusion: Bagasse dissolving pulp having an alpha-cellulose 92% and a DP of 870, can be limited its applications to make cellulose derivatives such as cellulose acetate and cellulose nitrates because of low degree of polymerization. However, it can be used to produce cellulose derivatives such as viscose rayon and carboxymethyl cellulose. Furthermore, the yield and ash of dissolving pulp were satisfactory. According to the results and compare these with other studies in the field of dissolving pulp and also considering that the bagasse is produced in large quantities in the south of the country, it can be planned for supplying of part of the dissolving pulp based on bagasse, as raw material, that is needed for our country.

Keywords: Bagasse, Soda-anthraquinone, Alpha-cellulose, Pre-extraction, Degree of polymerization

*Corresponding author: m.karami353@yahoo.com