

## بررسی تأثیر پیش استخراج قلیایی کاه جو بر ویژگی‌های خمیرکاغذهای سودا و مونواتانول آمین

### چکیده

در این تحقیق پیش استخراج قلیایی و خمیرکاغذ سازی سودا و مونواتانول آمین بر روی کاه جو مورد مطالعه قرار گرفته است. مرحله پیش استخراج با میزان همی سلولز استخراج شده ۳۴ درصد به دلیل بازده زیاد به عنوان تیمار بهینه انتخاب گردید. نتایج خمیرکاغذ سازی نشان می‌دهد که مرحله پیش استخراج سبب افت بازده در هر دو فرآیند خمیرکاغذسازی شده است درحالی‌که عدد کاپا فقط در فرآیند پخت سودا تحت تأثیر مرحله پیش استخراج قرار گرفته است. به علت پیش استخراج قلیایی شاخص مقاومت به کشش و شاخص مقاومت به ترکیدن خمیرکاغذهای حاصله افت می‌نماید. برخلاف این دو شاخص، شاخص مقاومت به پارگی خمیرکاغذهای پیش استخراج شده حاصل از فرآیند سودا افزایش پیدا کرده است. درجه روشنی خمیرکاغذهای سودا حاصله از کاه جو پیش استخراج قلیایی شده به طور چشمگیری افزایش یافت درحالی‌که در مورد فرآیند مونواتانول آمین فرآیند پیش استخراج اثر قابل توجهی روی درجه روشنی نداشت. ماتی خمیرکاغذها بعد از مرحله پیش استخراج قلیایی بدون تغییر باقی ماند.

**واژگان کلیدی:** پیش استخراج قلیایی، کاه جو، خمیرکاغذسازی سودا، خمیرکاغذسازی مونواتانول آمین.

نسبیه محمدی<sup>۱</sup>

سحاب حجازی<sup>۲\*</sup>

علی عبدالخانی<sup>۳</sup>

یحیی همزه<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

<sup>۳</sup> دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

<sup>۴</sup> استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

[shedjazi@ut.ac.ir](mailto:shedjazi@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۰۵

### مقدمه

منبع انرژی اولیه جهان برای بخش حمل‌ونقل و تولید مواد شیمیایی نفت است. تقاضای جهانی برای نفت تقریباً ۸۴ میلیون بشکه در روز است و با افزایش در حدود ۱۱۶ میلیون بشکه در روز تا سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی می‌شود، تقاضا فقط در بخش حمل‌ونقل تقریباً ۶۰٪ افزایش یابد. وابستگی شدید به سوخت‌های فسیلی و مصرف شدید مشتقات نفتی منجر به کاهش منابع نفتی، معضلات زیست‌محیطی و نگرانی‌های سیاسی، اجتماعی و اقتصادی در سطح جهانی شده است. انتشار گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن ناشی از

احتراق سوخت‌های فسیلی که باعث افزایش دمای کره زمین، وقوع سیلاب‌ها، خشک‌سالی‌ها، شور شدن دریاچه‌های آب شیرین و... می‌شود موجب نگرانی‌های شدید بین‌المللی است [۱].

در حال حاضر اتانول به‌عنوان منبعی قابل‌اعتماد، می‌تواند جایگزین سوخت‌های فسیلی رایج باشد. انتظار می‌رود که در سطح جهان بیواتانول نسل دوم یا به‌عبارت‌دیگر بیواتانول حاصل از منابع لیگنوسلولزی، ضایعات محصولات کشاورزی و جنگلی و دیگر ضایعات و پسماندهای طبیعی به‌عنوان زیست‌توده، تأمین‌کننده نیازهای جهانی باشد.

۱۱/۶ به ترتیب برای نمونه‌های شاهد و پیش استخراج شده در دمای ۵۰ و پیش استخراج شده در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. عدد کاپای ۲۳/۱، ۲۳ و ۲۳/۳ برای خمیرکاغذ شاهد و خمیرکاغذهای پیش استخراج شده در دمای ۵۰ و ۹۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. خمیرکاغذهای کرافت به دست آمده از خرده چوب‌های پیش استخراج شده نسبت سلولز/همی سلولز کمی بالاتری را دارند و کاهش کمی را در شاخص کشش ( $\sim 10\%$ ) نشان می‌دهند، اما مقدار واژه و درجه روشنی آن‌ها بهبود می‌یابد.

استخراج قلیایی همی سلولزها از ذرت علوفه‌ای مغززدایی شده و اثرات آن روی خمیرکاغذ سازی سودا آنتراکینون نیز مورد بررسی واقع شده است [۶]. اجزاء مایعات استخراجی با کروماتوگرافی یونی تعیین شدند. عوامل تأثیرگذار بر روی استخراج همی سلولزها (غلظت قلیا و دما) بهینه‌سازی شدند. جزء اصلی همی سلولز ذرت علوفه‌ای زایلان بود که برای ماده خام مغز زدایی شده ۱۸/۱٪ به دست آمد. بیشتر از ۹۰٪ زایلان می‌تواند تحت شرایط بهینه غلظت هیدروکسید سدیم ۱۰٪، دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد و زمان ۲ ساعت استخراج شود. اجزاء جامد بعد از استخراج تحت خمیرکاغذ سازی سودا آنتراکینون قرار گرفتند. در مقایسه با خمیرکاغذ شاهد پیش استخراج قلیایی می‌تواند درجه روشنی را بهبود ببخشد و عدد کاپای خمیرکاغذ را کاهش دهد، پیش استخراج قلیایی سبب افت اندکی در بازده، گرانیروی، دانسیته و مقاومت به ترکیب می‌شود اما بهبود آشکاری در مقاومت به پارگی مشاهده می‌گردد.

با توجه به اینکه مطالعات اندکی بر روی کاه جو به‌عنوان ماده اولیه تولید خمیرکاغذ صورت گرفته و با نظر به تولید قریب به ۳ میلیون تن کاه جو در کشور هدف از این مطالعه بررسی اثر پیش استخراج قلیایی پیش از فرآیند پخت سودا و مونواتانول آمین بر روی کاه جو است.

## مواد و روش‌ها

### مواد

نمونه‌های ساقه جو مورد آزمایش از مزارع اطراف کرج جمع‌آوری و جهت انجام آزمایش‌های پیش استخراج و

کارخانه‌های خمیرکاغذ نمایانگر یک پایگاه عمده برای استفاده مؤثرتر از یک زیست‌توده و به‌عبارت‌دیگر یک پالایشگاه زیستی هستند. تغییر کارخانه‌های خمیرکاغذ مدرن به پالایشگاه‌های زیستی تلفیقی (IBR) یک فرصت عالی را برای تولید الیاف سلولزی همراه با فرآورده‌های سوختی مانند بیو اتانول، گرما، الکتریسیته و طیف گسترده‌ای از مواد شیمیایی مانند اتیلن، فورفورال، هیدروکسی متیل فورفورال و پلی لاکتیک اسید را ارائه می‌دهد که خود می‌توانند ماده اولیه محصولات زیادی باشند [۲]. در این راستا همی سلولزها آسان‌ترین جزء قابل جداسازی از زیست‌توده می‌باشند که می‌توانند در کاربردهای مختلف با ارزش افزوده بالا استفاده شوند و احتمالاً مواد اولیه آینده هستند.

نظر به اینکه همی سلولزها به‌طور قابل توجهی ارزش گرمایی کمتری از لیگنین دارند، سوزاندن مایع پخت سیاه حاصل کاربردی غیراقتصادی از منبع ماده اولیه را نشان می‌دهد؛ بنابراین در یک زیست پالایشگاه لیگنوسلولزی تلفیقی پیش استخراج همی سلولزها و به دنبال آن تولید فرآورده‌های با ارزش افزوده از قبیل اتانول، پلی‌استرهای قندپایه یا دیگر مواد شیمیایی فرصت شگرفی را ارائه می‌دهد و استفاده کامل‌تر از ماده اولیه و بنابراین کاهش کل هزینه تولید و بهبود سود بخشی کل فراهم می‌شود [۳].

افزایش سود تخمین زده شده از این طریق ۳/۳ بلیون دلار در سال است. تولید کل ۱/۹ بلیون گالن اتانول تخمین زده شده است و ۶۰۰ میلیون گالن استیک اسید می‌تواند برای کاربرد در سطح صنعتی تولید شوند [۴].

در تحقیقی تیمار قلیایی ملایم پیش از خمیرکاغذ سازی کرافت برای استخراج همی سلولزها جهت استفاده به‌عنوان سوخت‌های زیستی بر روی خرده چوب‌های صنوبر مورد بررسی واقع شده است [۵]. استخراج قلیائی در دمای بین ۹۰-۳۲ درجه سانتی‌گراد، نسبت چهار به یک و به مدت چهار ساعت انجام شد. غلظت قلیا ۱۶/۷، ۲۶/۷ و ۳۳/۳ درصد بود. شرایط پخت دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت چهار به یک و زمان ۳۵ دقیقه در این دما بود. قلیائیت مؤثر ۲۱، ۱۵/۱ و ۱۲ و قلیایی فعال ۱۸/۶، ۱۴/۱ و

مایع همی سلولزی فشرده شد. سپس مایع از روی یک الک ۲۰۰ مش برای حذف الیاف سلولزی عبور داده شد و مایع صاف همی سلولزی به دست آمد. پسماند کاه پس از استخراج با آب جهت حذف قلیای باقیمانده شسته و هوا خشک شد. مایع همی سلولزی پس از رسیدن به دمای محیط توسط اسیدسولفوریک برای رسیدن به pH برابر با ۲ اسیدی و در طول شب در یخچال نگهداری تا لیگنین موجود در آن به طور کامل رسوب نماید. سپس به مقدار ۱۰۰ میلی لیتر از روی مایع برداشته شده و پس از سانتریفیوژ اتانول ۹۶٪ به نسبت ۲ به ۱ به آن اضافه گشته و دوباره در طول شب در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شده تا همی سلولزهای آن رسوب کند. همی سلولزهای رسوب کرده توسط سانتریفیوژ (۳ دقیقه، با دور ۷۰۰۰ در هر دقیقه) جمع آوری گشته، با اتانول شسته شده و دوباره سانتریفیوژ شدند [۷]. سپس بخش همی سلولزی در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد درون آن خشک و توزین گردید. بازده همی سلولز بازیابی توسط روابط زیر تعیین می گردد:

$$\text{رابطه ۱:} \quad 100 \times \frac{\text{وزن خشک همی سلولز رسوب کرده}}{\text{وزن خشک کاه جو}} = \text{همی سلولز رسوب داده شده} \%$$

$$\text{رابطه ۲:} \quad 100 \times \frac{\text{همی سلولز رسوب کرده} \%}{\text{همی سلولز کاه جو} \%} = \text{همی سلولز بازیابی شده} \%$$

### فرآیند خمیر کاغذسازی

پخت های مقدماتی جهت تعیین شرایط بهینه پخت بر روی نمونه های شاهد و نمونه های پیش استخراج شده با قلیا با استفاده از فرآیند سودا و مونو اتانول آمین انجام شدند و با توجه به نتایج حاصله، پخت های بهینه برای پخت های اصلی انتخاب گردیدند. جهت پخت های اصلی شرایط بهینه و مشابه خمیر کاغذسازی بر روی نمونه های شاهد و پیش استخراج شده با قلیا بکار برده شد (جدول ۱).

انجام عملیات پخت به قطعاتی به طول پنج تا هفت سانتیمتر توسط دستگاه برش تبدیل و برای رسیدن به رطوبت تعادل در محیط آزمایشگاه قرار داده شدند. نمونه ها پس از رسیدن به رطوبت تعادل جهت جلوگیری از تبادل رطوبتی و تغییر میزان رطوبت داخل کیسه های پلی اتیلنی بسته بندی شدند.

### روش ها

#### پیش استخراج قلیایی

پیش استخراج قلیایی در حمام آب داغ و در کیسه های پلی اتیلنی انجام شدند. میزان هیدروکسید سدیم در سه سطح ۱۰، ۱۵ و ۱۸ درصد، دما در سه سطح ۶۰، ۷۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد و زمان در سه سطح ۳۰، ۴۵ و ۶۰ دقیقه بعد از انجام پیش آزمایش ها به عنوان عوامل متغیر در نظر گرفته شدند. نسبت وزنی مایع به کاه ۴ به ۱ در نظر گرفته شد. مقدار کاه جو مورد استفاده برای هر آزمایش ۵۰ گرم بر مبنای وزن خشک بود. بعد از تیمار، پسماند کاه جو با آب داغ (۶۰ درجه سانتی گراد) شسته و با اعمال نیروی مکانیکی برای گرفتن

مایعات همی سلولزی از یک تیمار در پیش آزمایش ها یکبار با اسیدسولفوریک برای رسیدن به pH دو و یکبار با اسید استیک برای رسیدن به pH پنج اسیدی شدند و همی سلولزهای به دست آمده از هر دو روش جهت شناسایی کربوهیدرات های موجود و میزان خلوص در دانشگاه هامبورگ مورد ارزیابی واقع شدند. روش اسیدسولفوریک به دلیل اینکه لیگنین را به طور کامل رسوب داده و همی سلولزهای خالص تری را در اختیار قرار می دهد انتخاب گردید. بعد از انجام همه تیمارها، تیمار با شرایط بهینه جهت انجام فرایندهای پخت انتخاب گردید.

جدول ۱- شرایط پخت اصلی بر روی نمونه‌های شاهد و پیش استخراج شده

ردیف	فرآیند خمیر کاغذ سازی	میزان تزریق (درصد)	زمان (دقیقه)	دما (درجه سلسیوس)	نسبت مایع پخت به کاه
۱	مونواتانول آمین	۱۰۰	۹۰	۱۶۰	۴/۱
۲	سودا	۱۸	۹۰	۱۶۰	۴/۱
۳	سودا	۲۰	۴۵	۱۶۰	۴/۱

## نتایج و بحث

## پیش استخراج قلیایی

نتایج مربوط به تجزیه و تحلیل همی سلولز رسوب داده شده توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC) در جداول ۴، ۵، ۶ و ۷ نشان داده شده است. همی سلولز یک، همی سلولزی است که مایع همی سلولزی با اسید استیک به pH برابر با پنج رسانده شده و سپس برای رسوب آن اتانول با نسبت دوبه یک اضافه شده و همی سلولز دو مربوط به همی سلولزی است که مایع همی سلولزی ابتدا با اسیدسولفوریک به pH برابر با دو رسانده شده و سپس برای رسوب همی سلولز، اتانول با نسبت دوبه یک اضافه شده است.

## پالایش، اندازه‌گیری درجه روانی و تهیه کاغذ

## دست‌ساز

خمیر کاغذهای حاصل تا رسیدن به درجه روانی CSF ۳۰۰ پالایش شدند. کاغذهای دست‌ساز طبق استاندارد T ۲۲۰ sp-۰۶ تاپی ساخته شدند.

## اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی

ویژگی‌های مقاومتی شامل شاخص‌های کشش، ترکیب‌گی و پارگی کاغذهای دست‌ساز به ترتیب بر اساس استانداردهای ISO ۱۹۲۴-۱۹۲۴، T ۴۰۳ om-۰۲ و T ۹۸-۴۱۴ om آیین‌نامه تاپی انجام گردید.

## اندازه‌گیری ویژگی‌های نوری

ویژگی‌های نوری شامل درجه روشنی و ماتی طبق استانداردهای ISO ۲۴۷۰ و T ۴۲۵ om-۹۶ انجام گردید.

جدول ۲- ترکیب قندی همی سلولز یک

لیگنین (%)	رامنوز (%)	مانوز (%)	آرابینوز (%)	گالاکتوز (%)	زایلوز (%)	گلوکز (%)	۴-0-متیل (%)	جمع (%)
۱۰	۰/۴	۰/۱۳	۹/۱۸	۲/۰۱	۵۰/۲۱	۵/۵۲	۰/۸۴	۶۸/۲۹
۱۰	۰/۴	۰/۱۳	۹/۴۳	۱/۹۷	۵۰/۷۱	۵/۵۸	۰/۷۸	۶۹/۰۱
۱۰	۰/۴	۰/۱۴	۹/۳۱	۱/۹۹	۵۰/۴۶	۵/۵۵	۰/۸۱	۶۸/۶۵

جدول ۳- آنالیز کلی نرمال سازی شده برای ۱۰۰٪ ماده لیگنوسولوزی با احتساب باقی لیگنین پس از هیدرولیز اسیدی همی سلولز یک

لیگنین (%)	رامنوز (%)	مانوز (%)	آرابینوز (%)	گالاکتوز (%)	زایلوز (%)	گلوکز (%)	۴-0-متیل (%)	جمع (%)
۱۰	۰/۵۳	۰/۱۷	۱۲/۱	۲/۶۵	۶۶/۱۷	۷/۲۷	۱/۱۱	۱۰۰
۱۰	۰/۵۲	۰/۱۸	۱۲/۳	۲/۵۷	۶۶/۱۴	۷/۲۷	۱/۰۲	۱۰۰
۱۰	۰/۵۲	۰/۱۸	۱۲/۲	۲/۶۱	۶۶/۱۶	۷/۲۷	۱/۰۶	۱۰۰

جدول ۴- ترکیب قندی همی سلولز دو

لیگنین (%)	رامنوز (%)	مانوز (%)	آرابینوز (%)	گالاکتوز (%)	زایلوز (%)	گلوکز (%)	۴-۰-متیل (%)	جمع (%)
۰	۰/۳	۰/۰۴	۶/۹۴	۱/۲۱	۴۵/۲۳	۱/۳۷	۰/۸۶	۵۵/۹۵
۰	۰/۳	۰/۰۶	۶/۹۵	۱/۲۰	۴۴/۲۹	۱/۳۸	۰/۸۸	۵۵/۰۶
۰	۰/۳	۰/۰۵	۶/۹۵	۱/۲۱	۴۴/۷۶	۱/۳۷	۰/۸۷	۵۵/۵۰

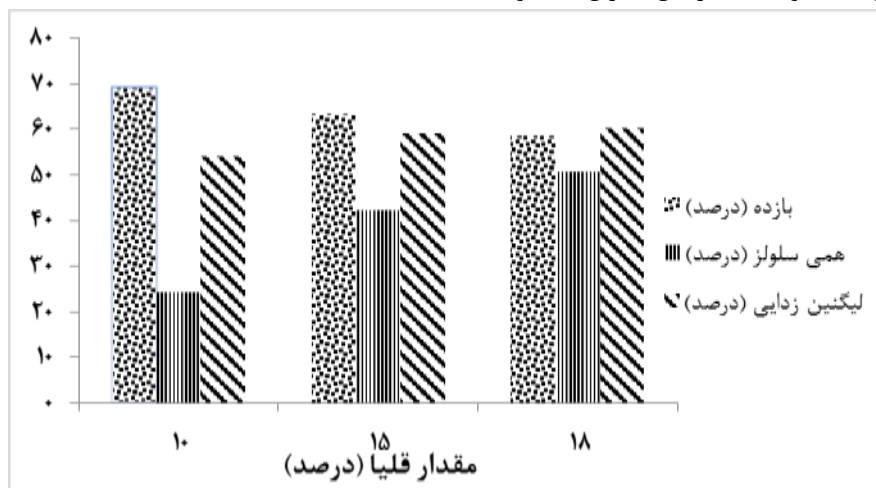
جدول ۵- آنالیز کلی نرمال سازی شده برای ۱۰۰٪ ماده لیگنوسلولزی با احتساب لیگنین پس از هیدرولیز اسیدی همی سلولز دو

لیگنین (%)	رامنوز (%)	مانوز (%)	آرابینوز (%)	گالاکتوز (%)	زایلوز (%)	گلوکز (%)	۴-۰-متیل (%)	جمع (%)
۰	۰/۵۴	۰/۰۷	۱۲/۴۰	۲/۱۶	۸۰/۸۴	۲/۴۵	۱/۵۴	۱۰۰
۰	۰/۵۴	۰/۱۱	۱۲/۶۲	۲/۱۸	۸۰/۴۴	۲/۵۱	۱/۶۰	۱۰۰
۰	۰/۵۴	۰/۰۹	۱۲/۵۱	۲/۱۷	۸۰/۶۴	۲/۴۸	۱/۵۷	۱۰۰

زمان، مقادیر بازده کاهش یافته است. همچنین میزان همی سلولز استخراج شده نیز می‌تواند در فرآیند پخت بعدی و مقاومت‌های کاغذ مؤثر باشد. همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود با افزایش میزان قلیا و دما میزان همی سلولز افزایش یافته است که می‌تواند به علت حل کربوهیدرات‌های همی سلولزی در محیط قلیایی و با افزایش دما باشد. همی سلولز موجود در پهن برگان و مواد لیگنوسلولزی از قبیل کاه جو از نوع زایلان است که در محیط قلیایی تجزیه می‌شوند.

همان‌طور که مشاهده می‌شود همی سلولز رسوب داده شده با روش اسیدسولفوریک شامل صفر درصد لیگنین بوده است. لیگنین در pH برابر با دو رسوب کرده و از مایع همی سلولزی جدا شده و لذا همی سلولز خالص‌تری به دست آمده است. لذا در این تحقیق از این روش برای استخراج همی سلولز تیمارها استفاده گردید.

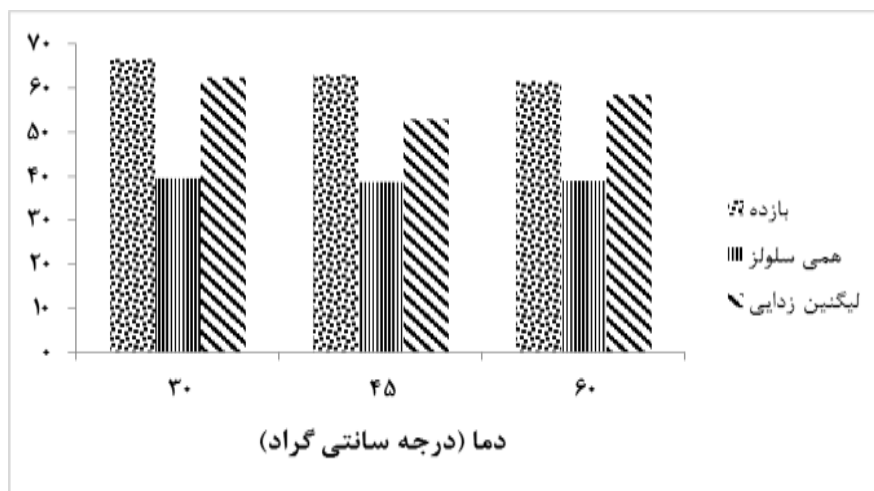
در فرآیند پیش استخراج، بازده یکی از عوامل مهمی است که در انتخاب شرایط بهینه پیش تیمار به دلیل اینکه کاه پیش استخراج شده وارد مرحله پخت می‌شود نقش دارد. در شکل‌های ۱ و ۳ با افزایش میزان قلیا و



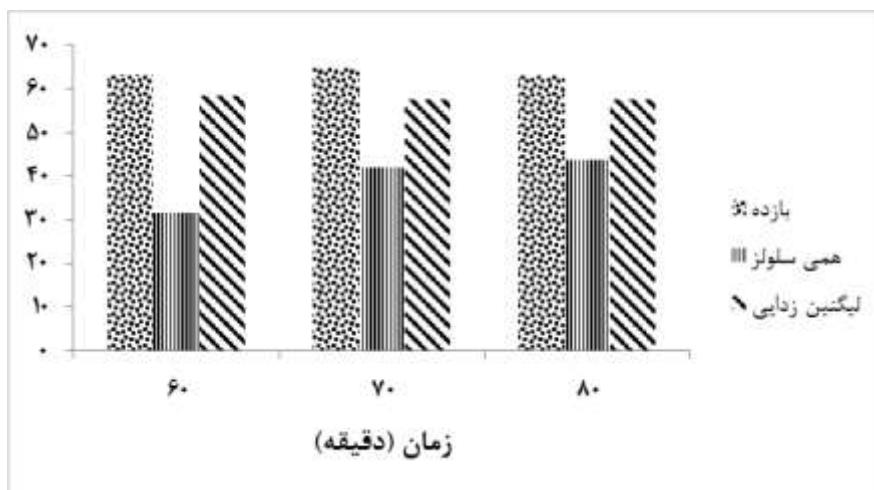
شکل ۱- اثر میزان قلیا (درصد) بر مقادیر بازده پیش استخراج، همی سلولز و لیگنین زدایی

میزان همی سلولز استخراج شده ۳۴ درصد به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب گردید و فرآیندهای پخت سودا و مونواتانول آمین بر روی کاه جو انجام شد.

در این تحقیق تیمار با شرایط پیش استخراج ۷۰ درجه سانتی گراد، زمان ۳۰ دقیقه و میزان قلیای ۱۰ درصد به دلیل بازده بالای پیش استخراج ۷۳ درصدی و



شکل ۲- اثر دما (درجه سانتی گراد) بر مقادیر بازده پیش استخراج، همی سلولز و لیگنین زدایی

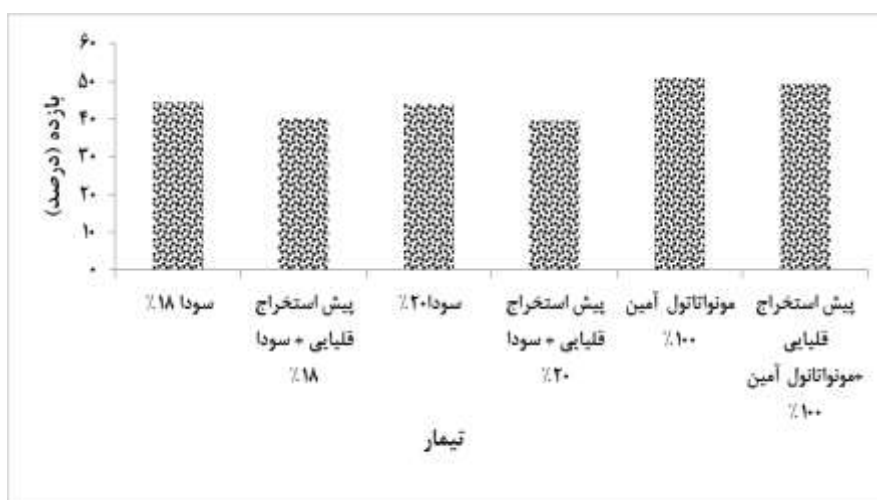


شکل ۳- اثر زمان (دقیقه) بر مقادیر بازده پیش استخراج، همی سلولز و لیگنین زدایی

نسبت به فرآیند سودا دارد. به‌هرحال افت بازده در خمیر کاغذهای پیش استخراج شده مشاهده می‌شود. به‌طور مشخص در مقایسه با نمونه‌های شاهد، نمونه‌های پیش استخراج شده در فرآیند سودا حدود ۴٪ افت بازده داشتند و در خمیر کاغذ مونواتانول آمین پیش استخراج شده افت بازده ۲٪ دیده می‌شود.

### فرآیند خمیر کاغذسازی

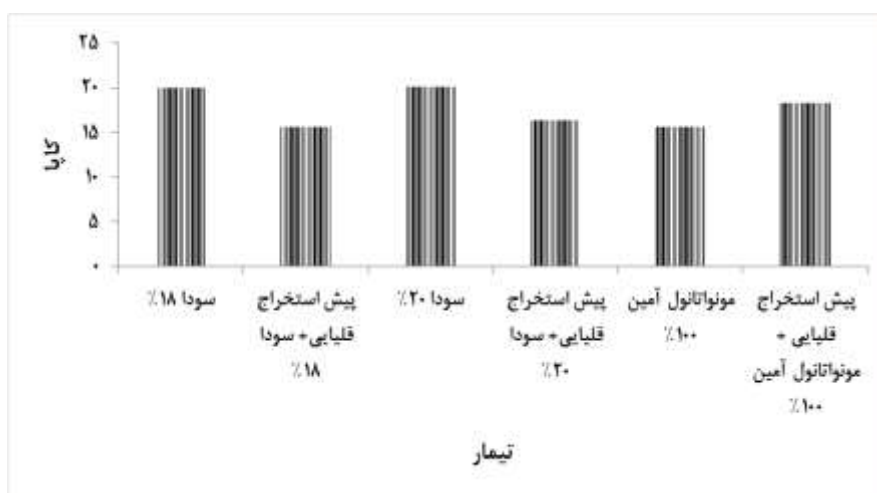
همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود در میان خمیر کاغذهای شاهد و پیش استخراج، فرآیند مونواتانول آمین بیشترین بازده را داراست. فرآیند مونواتانول آمین به دلیل اینکه از پروفیل قلیایی ملایم‌تری برخوردار است و میزان واکنش تخریب تدریجی در محیط آن کمتر است، کربوهیدرات‌ها را در طی پخت حفظ کرده و بازده بیشتری



شکل ۴- بازده خمیر کاغذهای شاهد و پیش استخراج شده

آمین می توان گفت که فرآیند پیش استخراج تأثیری در عدد کاپا ندارد.

عدد کاپای نمونه های پیش استخراج شده در فرآیند سودا کاهش پیدا کرده است. در مورد فرآیند مونواتانول

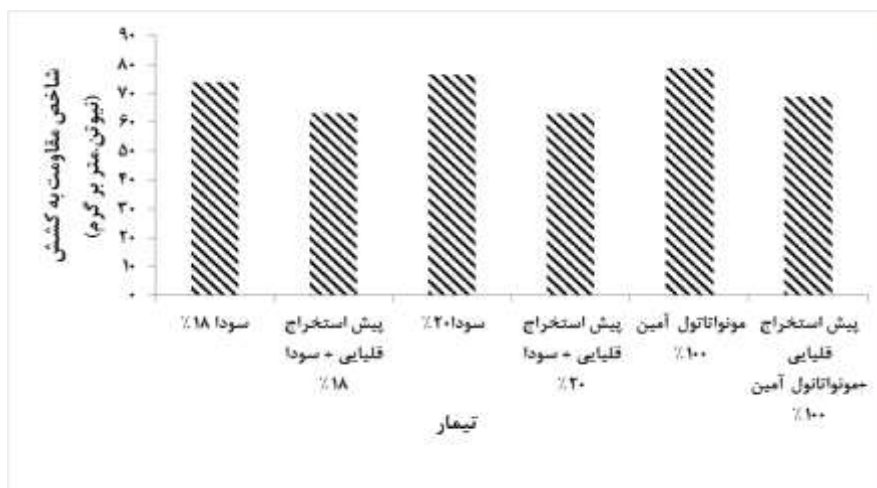


شکل ۵- عدد کاپای خمیر کاغذهای شاهد و پیش استخراج شده

سلولز کمتر نسبت داد. در واقع زیلان خمیر کاغذ به دلیل گروه های هیدروکسیل اولیه در پیوندیابی مؤثر است. همچنین در فرآیند پیش استخراج قلیایی تخریب تدریجی باعث حل کربوهیدرات های کوتاه زنجیر شده و در فرآیند پخت بعدی ادامه تخریب تدریجی باعث حل کربوهیدرات های بلند زنجیر شده و ویسکوزیته خمیر کاهش می یابد و در نتیجه مقاومت الیاف کاهش می یابد. این نتایج با نتایج حاصله از تحقیقات دیگر مطابقت دارد [۵ و ۶].

### ویژگی های مکانیکی

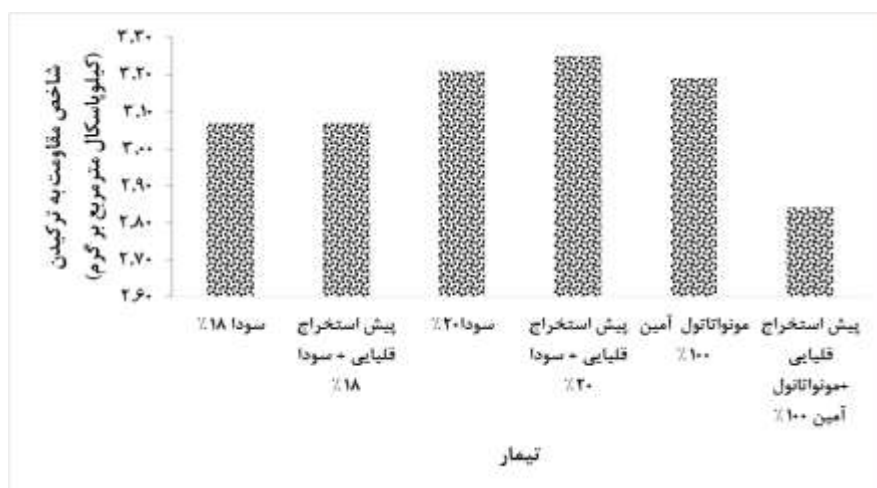
در میان خمیر کاغذهای شاهد، خمیر کاغذ حاصل از فرآیند مونواتانول آمین شاخص مقاومت به کشش بالاتری را نشان داد. همچنین افت معنی داری در شاخص مقاومت به کشش خمیر کاغذهای پیش استخراج شده مشاهده گردید. پیش استخراج قلیایی باعث کاهش مقاومت به کشش خمیر کاغذهای حاصله از فرآیندهای خمیر کاغذسازی مونواتانول آمین و سودا شده است. دلایل کمتر بودن شاخص مقاومت به کشش را می توان به قابلیت پیوندیابی داخلی کمتر خمیر کاغذهای با مقادیر همی



شکل ۶- مقادیر شاخص مقاومت به کشش نمونه‌های شاهد و پیش استخراج شده

کاغذهای حاصل از خمیر کاغذهای پیش استخراج شده سودا در همان حد نمونه‌های شاهد باقی مانده است.

کاهش اندکی در شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای حاصل از خمیر کاغذهای پیش استخراج شده مونواتانول آمین مشاهده می‌شود. شاخص مقاومت به ترکیدن

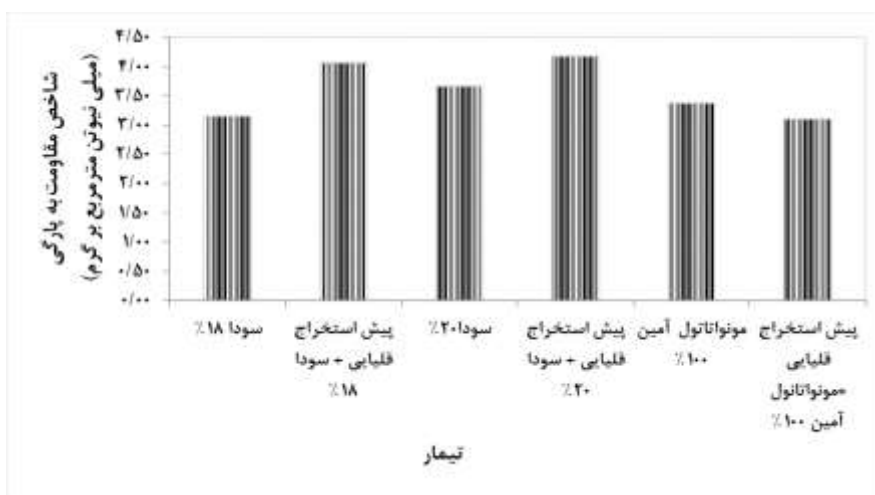


شکل ۷- مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن نمونه‌های شاهد و پیش استخراج شده

در مورد فرآیند مونواتانول آمین فرآیند پیش استخراج تأثیر قابل توجهی در مورد این شاخص نداشت. در این فرآیند به نظر می‌آید که حفظ همی سلولزها تغییر چندانی در شاخص مقاومت به پارگی ایجاد نکرده است.

شاخص مقاومت به پارگی خمیر کاغذهای پیش استخراج شده حاصل از فرآیند سودا بهبود آشکاری نسبت به خمیر کاغذهای شاهد پیدا کرده است. 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 سلولز در خمیر نسبت داده شود.



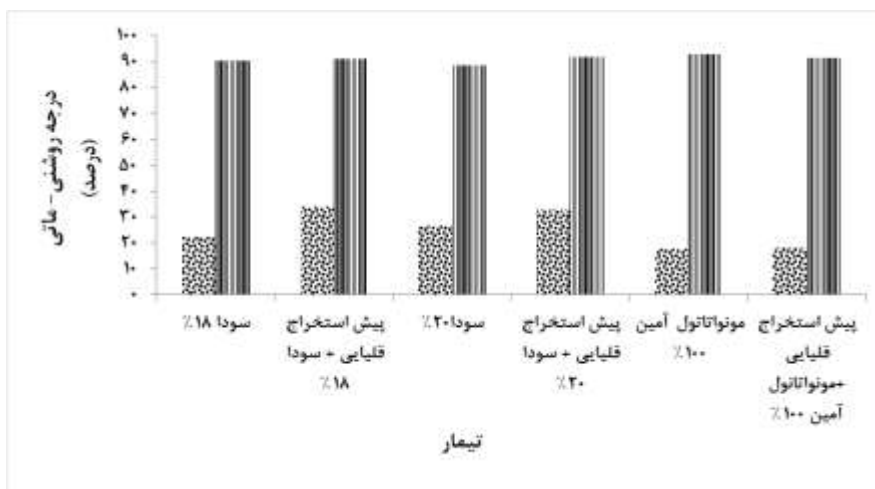


شکل ۸- مقادیر شاخص مقاومت به پارگی نمونه‌های شاهد و پیش استخراج شده

درجه روشنی در مرحله خمیرسازی شده است. در مورد فرآیند مونواتانول آمین، فرآیند پیش استخراج اثر قابل توجهی روی درجه روشنی نداشته است. همچنین می‌توان گفت که فرآیند پیش استخراج تأثیر چندانی بر میزان ماتی نیز نداشته است.

### ویژگی‌های نوری

درجه روشنی خمیرکاغذهای سودا تحت تأثیر فرآیند پیش استخراج قرار گرفته و آن را به‌طور چشمگیری افزایش داده است. به نظر می‌رسد که در مرحله پیش استخراج قلیایی لیگنین تخریب شده و گروه‌های کروموفور رنگی از کاه پیش استخراج شده خارج شده و باعث افزایش



شکل ۹- مقادیر درجه روشنی و ماتی نمونه‌های شاهد و پیش استخراج شده

مهمی بر روی خمیرکاغذسازی می‌گذارد. این تغییر ترکیب می‌تواند مسئول تغییرات در ویژگی‌های مکانیکی خمیرکاغذ باشد. به‌هرحال افت بازده در مورد خمیرکاغذهای پیش استخراج شده مشاهده شد که این کاهش در مورد خمیرکاغذ حاصل از فرآیند مونواتانول آمین کمتر بود. عدد کاپای خمیرکاغذهای پیش استخراج شده سودا کاهش یافت. همچنین در مورد خمیرکاغذ

### نتیجه‌گیری

شرایط بهینه پیش استخراج قلیایی با در نظر گرفتن بازده، شرایط با قلیای ۱۰ درصد، زمان ۳۰ دقیقه، دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و بازده ۷۳ درصد انتخاب شد. در این شرایط همی سلولز استخراج شده ۳۴ درصد است. واضح است که پیش استخراج قلیایی به دلیل تغییر ترکیب یا در واقع کم شدن همی سلولزهای آن اثرات

خمیر کاغذ مشاهده نشد. فرآیند پیش استخراج اثر قابل توجهی روی ماتی در هر دو فرآیند خمیر کاغذسازی نداشت.

در کل نتایج حاکی از موفقیت کاربرد مرحله پیش استخراج قلیایی قبل از فرآیند خمیر کاغذسازی مونواتانول آمین و سودای کاه جو است.

فرآیند سودا کاهش معنی‌داری در شاخص مقاومت به کشش و بهبود آشکاری در مورد شاخص مقاومت به پارگی و درجه روشنی در خمیر کاغذهای پیش استخراج‌شده مشاهده گردید. همچنین افت قابل توجهی در شاخص مقاومت به کشش و کاهش اندکی در شاخص مقاومت به ترکیدن خمیر کاغذهای مونواتانول آمین دیده شد. در مورد شاخص مقاومت به پارگی و روشنی تغییر چندانی در این

## منابع

- [1] Cherubini, F., 2010. Using biomass instead of oil for producing energy. *Energy conversion and Management*, 51, 1412-1421.
- [2] Huang, H., Ramaswamy, S., Al-Dajani, WW. and Tschirner, U., 2010. Process modeling and analysis of pulp mill-based integrated biorefinery with hemicelluloses pre-extraction for ethanol production: A comparative study. *Bioresource Technology*, 101: 624-631.
- [3] Huang, H., Ramsawamy, S., Tschirner, U. and Ramarao, B., 2008. A review of separation technologies in current and future biorefineries. *Separation and purification technology*, 62: 1-21.
- [4] Amidon, T.E., 2006. The biorefinery in New York: woody biomass into commercial ethanol, 107(6): 47-50.
- [5] Al-Dajani, W. W. and Tschirner, U. W., 2008. Pre-extraction of hemicelluloses and subsequent kraft pulping Part I: Alkaline extraction. *Tappi Journal*, 7(6): 3-8.
- [6] Helmeris, J., Walter, J., Rova, U., Breglund, K. A. and Hodge, D. B., 2010. Impact of hemicelluloses pre-extraction for bioconversion on birch Kraft pulp properties. *Bioresource Technology*, 101(15): 5996-6005.
- [7] Cheng, H., Zhan, H., Fu, S. and Lucian A. Lucia., 2010. Alkali extraction of hemicellulose from depithed corn stover and effects on soda-AQ pulping. *Bioresources* , 11(1):196-206...
- [8] De Lopez, S. Tissot, M. and Delmas, M., 1996. Integrated cereal straw valorization by an alkaline pre-extraction of hemicellulose prior to soda-anthraquinone pulping. Case study of barley straw. *Biomass and Bioenergy*, 10 (4): 201-211.

## Investigation on the influence of alkaline pre-extraction of barley straw on soda and monoethanolamine pulps properties

### Abstract

In this study, the alkaline pre-extraction followed with soda and monoethanolamine pulping of barley straw was investigated. The pre-extraction stage with removal of 34 percent hemicelluloses due to highest yield was selected as the optimum treatment. The results of pulping showed that pre-extraction stage resulted in a decrease of yield in both pulping processes meanwhile only in soda process, the kappa number was influenced with pre-extraction stage. Tensile and burst indices of pulps dropped because of pre-extraction stage. Unlike these indices, the tear index of soda pulp from pre-extracted barley straw was increased. The brightness of soda pulp from pre-extracted barley straw was increased while the pre-extraction stage had no significant effect on brightness of monoethanolamine pulps. The opacity of pulps remains unchanged after pre-extraction.

**Keywords:** biorefinery, alkaline pre-extraction, barley straw, soda pulping, monoethanolamine pulping.

N. Mohammadi<sup>1</sup>

S. Hedjazi<sup>2\*</sup>

A. Abdolkhani<sup>3</sup>

Y. Hamzeh<sup>4</sup>

<sup>1</sup> M.Sc. student, Department of wood science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Department of wood science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>3</sup> Associate Prof., Department of wood science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

<sup>4</sup> Professor, Department of wood science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:

[shedjazi@ut.ac.ir](mailto:shedjazi@ut.ac.ir)

Received: 2015/05/18

Accepted: 2018/02/24