

## اثر پیش استخراج باگاس با روش اسید رقیق بر خمیر کاغذ حاصل از آن

### چکیده

پیش استخراج همی سلولزها قبل از فرآیند تهیه خمیر کاغذ امکان تولید همزمان خمیر کاغذ سلولزی و مواد شیمیایی مبتنی بر همی سلولزها را در صنایع خمیر کاغذ امکان پذیر می کند. به دلیل اثر همی سلولزها بر خواص خمیر کاغذ، پیش استخراج آن ها باید در شرایط کنترل باشد تا کمترین اثر نامطلوب را بر ویژگی های خمیر کاغذ تولیدی داشته باشد. در این تحقیق اثرات پیش استخراج همی سلولزهای باگاس در شرایط اسید رقیق بر خمیر سازی و خواص خمیر کاغذ سودای باگاس بررسی شده است. پیش استخراج همی سلولزها با روش هیدرولیز اسیدی با اسید سولفوریک رقیق با غلظت ۱ و ۲ و ۴ درصد، نسبت مایع به جامد ۵، دمای ۱۲۰ و ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ و ۱۰ و ۱۵ دقیقه انجام شد. تهیه خمیر کاغذ از باگاس پیش استخراج شده در شرایط منتخب و باگاس تیمار نشده در سه قلیائیت ۱۱، ۱۴ و ۱۷ درصد قلیائیت فعال به روش سودا انجام شد و خمیر کاغذهای منتخب با روش ECF رنگبری شدند. نتایج نشان داد که پیش استخراج با روش اسید رقیق با غلظت ۱٪ در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ و ۱۵ دقیقه شرایط مناسب تری را از نظر بازده و مقدار کربوهیدرات های باقی مانده در باگاس به دست می دهد. نتایج تهیه خمیر کاغذ سودا نیز نشان داد که قلیائیت ۱۷٪ در دمای ۱۶۵ درجه سلسیوس به مدت یک ساعت شرایط مناسبی برای تهیه خمیر کاغذ قابل رنگبری از باگاس پیش تیمار شده و پیش استخراج نشده است. به علاوه، بازده پس از غربال، بازده رنگبری و مقاومت کششی و ترکیب کاغذهای حاصل از باگاس پیش تیمار شده به مقدار قابل توجهی کمتر از باگاس پیش استخراج شده بود که علت آن را می توان به حذف مقدار قابل توجهی از همی سلولزها در جریان پیش استخراج نسبت داد.

**واژگان کلیدی:** باگاس، هیدرولیز اسیدی، همی سلولزها، پیش استخراج، خمیر کاغذ سودا

یحیی همزه<sup>۱\*</sup>

علی ابیض<sup>۲</sup>

علی عبدالخانی<sup>۱</sup>

سحاب حجازی<sup>۳</sup>

سهیلا ایزدیار<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار، آکارشناس ارشد، <sup>۲</sup> استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

hamzeh@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۰

### مقدمه

فرآیندهای تبدیل زیست توده برای تولید سوخت، انرژی و مواد شیمیایی را زیست پالایش و محل انجام آن

را زیست پالایشگاه<sup>۱</sup> می نامند. پالایش زیستی می تواند به عنوان بخشی از فرآیند تولید خمیر کاغذ محسوب شود. بدین صورت که صنایع تولیدکننده خمیر کاغذ شیمیایی، با

<sup>۱</sup> Biorefinery

پارگی) حاصل از کاه پیش استخراج شده و خمیر کاغذ حاصل از کاه تیمار نشده قابل مقایسه است [۶]. Mendes و همکاران (۲۰۰۹) به منظور استخراج بخشی از خمیر کاغذهای چوب اکالیپتوس گلوبولوس<sup>۱</sup> قبل از مرحله پخت کرافت از تیمار پیش هیدرولیز به دو روش خودهیدرولیز و هیدرولیز اسیدی استفاده کردند. سپس از منوساکارید زایلوز استخراج شده جهت تولید اتانول استفاده شد. آن‌ها با بررسی تأثیر هر دو روش پیش هیدرولیز بر روی فرآیند پخت کرافت و کیفیت خمیر حاصل به این نتیجه رسیدند که بازده کل تهیه خمیر کاغذ حاصل از خرده چوب‌های پیش استخراج شده به روش خودهیدرولیز ۱۰ درصد و روش هیدرولیز اسیدی ۱۵ درصد کمتر از بازده کل تهیه خمیر کاغذ از خرده چوب‌های پیش استخراج نشده بود. در حالی که سرعت لیگنین زدایی خرده چوب‌های پیش هیدرولیز شده در هر دو روش افزایش یافته و در مقایسه با خمیر شاهد، فاکتور H برای رسیدن به عدد کاپای معین کاهش یافته است. به علاوه گرانروی خمیر کاغذ حاصل از روش خود هیدرولیز بهبود پیدا کرد [۷].

در تحقیق دیگری Al-Dajani و همکاران (۲۰۰۹) پیش استخراج خمیر کاغذهای چوب را در شرایط اسیدی و خودهیدرولیز بررسی کردند و بهترین شرایط استخراج که موجب کمترین مواد مزاحم تخمیر می‌شود را تعیین کردند. نتایج نشان داد که استفاده از اسید سولفوریک عامل مهمی در تبدیل زایلوز به فورفورال است. در ادامه این تحقیق خمیرسازی کرافت از مواد جامد باقیمانده انجام شده است [۸]. همچنین طبق بررسی‌های Lavaracka و همکاران (۲۰۰۲) در هیدرولیز اسیدی، افزایش دما لایه‌های محافظ لیگنین اطراف الیاف خمیر سلولوز را نرم می‌کند و سبب می‌شود که اسید خمیر سلولوزها را به شکل پلی ساکاریدها و منوساکاریدها (عمدتاً زایلوز و آرابینوز) هیدرولیز نماید [۹]. بنابراین، برای تولید همزمان خمیر کاغذ و سایر مواد شیمیایی از مواد باگاس، باید ابتدا خمیر سلولوزهای باگاس در شرایط کنترل شده از سایر ترکیبات باگاس جدا شوند و توده باقی مانده که عمدتاً شامل سلولوز و لیگنین است برای تولید خمیر کاغذ استفاده گردد. به دلیل نقشی که خمیر سلولوزها در خواص خمیر کاغذ و مقاومت‌های آن دارند، استخراج آن‌ها سبب کاهش مقاومت‌های کاغذ می‌شود. در مطالعات

استخراج خمیر سلولوزها قبل از فرآیند خمیرسازی و فراورش آن‌ها برای تولید سوخت و مواد شیمیایی موجب افزایش سوددهی خود خواهند شد [۱]. با توجه به نقش خمیر سلولوزها در خمیرسازی و خواص کاغذ، استخراج آن‌ها از مواد اولیه لیگنوسلولوزی و کاربرد آن‌ها برای تولید محصولات جانبی، تأثیرات زیادی بر تمام جنبه‌های صنعت خمیر و کاغذ مثلاً خواص مواد اولیه از نظر تولید خمیر کاغذسازی، خواص کاغذ تولیدی، خواص کاغذهای بازیافتی، ویژگی آب و پساب و چرخه آب در کاغذسازی خواهد داشت [۱ و ۲]. Towers و همکاران (۲۰۰۷) معتقدند که صنایع خمیر و کاغذ زیرساخت‌های اساسی برای ایجاد ارزش افزوده بیشتر و تولید محصولات متنوع‌تر از منابع جنگلی را دارند، ولی برای رسیدن به این هدف باید به سوالات زیادی از جمله شرایط بهینه پیش استخراج و اثرات آن بر خواص خمیر کاغذ تولیدی پاسخ داده شود و در این راستا تحقیقات بیشتر و جامع‌تری لازم است [۳]. در تحقیقی که Chirat و همکاران (۲۰۱۰) در زمینه بهینه‌سازی فرآیند استخراج خمیر سلولوزهای سوزنی‌برگان با هیدرولیز اسیدی قبل از فرآیند پخت کرافت انجام دادند، نتیجه گرفتند که فرآیند هیدرولیز اسیدی منجر به تجزیه خمیر سلولوزهای سوزنی‌برگان به مونومرهای قندی می‌شود که می‌توانند مستقیماً وارد فرآیند تخمیر شده و به اتانول تبدیل شوند [۴]. در همین راستا، در تحقیق دیگری تولید همزمان خمیر کاغذ و سورفکتانت‌های الکیل پلی‌زیلوسید از اکالیپتوس بررسی شده است. این مطالعه نشان داد که خرده چوب‌های پیش استخراج شده به روش خودهیدرولیز سریع‌تر و با قلیائیت کمتری به خمیر کاغذی تبدیل می‌شوند و همانند خمیر کاغذ تولید شده از خرده چوب‌های تیمار نشده قابلیت رنگ‌بری خوبی در توالی رنگ‌بری OD(EP)D دارند. همچنین آن‌ها اعلام کردند که خارج‌سازی تمام یا بخشی از لیگنین حل شده در فرآیند پیش استخراج، برای تولید سورفکتانت از مونومرهای قندی حاصل از خمیر سلولوزهای استخراج شده ضروری است [۵]. پیش استخراج خمیر سلولوزهای کاه گندم به منظور تولید همزمان خمیر کاغذ و مواد شیمیایی با فرآیند آب داغ نشان داده است که کاه پیش استخراج شده با فاکتور H کمتری به خمیر کاغذ با عدد کاپای مشخص تبدیل می‌شود و خواص مقاومتی خمیر کاغذ (به جز مقاومت

<sup>1</sup> *Eucalyptus globulus*

آن اثر pH با توجه به غلظت اسید در محیط محاسبه می‌شود [۱۰]. در این فرمول t مدت زمان تیمار (دقیقه)، T دمای واکنش (درجه سلسیوس) و ۱۴/۷۵ پارامتری تجربی مرتبط با انرژی فعال سازی و دمای واکنش است.

معادله ۱-

$$\text{Combined Severity Factor} = \text{Log}_{10} \left( t \times \exp \left[ \frac{T-100}{14.75} \right] \right) - \text{pH}$$

(شدت واکنش)

جدول ۱- شرایط پیش استخراج همی سلولزها از باگاس

شرایط استخراج	هیدرولیز اسیدی
محلول استفاده شده	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
دما (درجه سلسیوس)	۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰
زمان (دقیقه)	۵، ۱۰ و ۱۵
غلظت وزنی اسید استفاده شده	۱، ۲ و ۴

### تعیین مقدار هولوسولوز

در این روش ابتدا ۲/۵ گرم باگاس آسیاب شده با اندازه ذرات بین غربال با مش ۶۰-۴۰ به همراه ۸۰ میلی لیتر آب مقطر داغ و ۰/۵ میلی لیتر اسید استیک و ۱ گرم کلریت سدیم (۸۰ درصد) در یک ظرف ۲۵۰ میلی لیتری قرار داده شد و ظرف را در حمام بن-ماری با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. سپس هر یک ساعت، ۰/۵ میلی لیتر اسید استیک و ۱ گرم کلریت سدیم به مخلوط اضافه شد. این کار ۶ تا ۸ ساعت ادامه یافت. در پایان پس از یک شبانه روز نمونه‌ها با آب مقطر شستشو داده شد و پس از خشک شدن در اتو (دمای ۶۰ درجه سلسیوس) وزن مواد فیبری باقیمانده تعیین و درصد هولوسولوز محاسبه شد.

### تولید خمیر کاغذ شیمیایی سودا

جهت تهیه خمیر از روش سودا با شرایط قلیائیت فعال ۱۱، ۱۴ و ۱۷ درصد بر مبنای وزن خشک باگاس، به مدت ۶۰ دقیقه و دمای ۱۶۵°C استفاده شد و پس از شستشوی خمیر، بازده پس از غربال و عدد کاپای خمیرهای تهیه شده مطابق با شرایط استاندارد تعیین شد. بعد از خمیرسازی، رنگ‌بری خمیرهای منتخب با روش ECF طبق شرایط انجام شده توسط Hamzeh و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد [۱۱]. ساخت کاغذ دست‌ساز آزمایشگاهی و اندازه‌گیری خواص آن با توجه به استاندارد

قبل، عمدتاً سعی بر این بوده است که تمام یا مقدار زیادی از همی سلولزهای مواد لیگنوسولوزی استخراج شود و تبعاً توده لیگنوسولوزی باقی مانده دارای خواص نامطلوبی از نظر کاغذسازی بود. این امکان وجود دارد که استخراج همی سلولزها دارای یک حد بهینه باشد، طوری که استخراج جزئی آن‌ها سبب تخریب خواص خمیر کاغذ نشود. لذا، در این تحقیق تأثیرات استخراج بخشی از همی سلولزهای باگاس بر خواص خمیرسازی از باگاس به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع لیگنوسولوزی ایران پرداخته می‌شود. در این راستا فرض بر این است که جدا کردن همی سلولزها از باگاس در شرایط و به مقدار مطلوب، اثرات مثبتی بر خمیرسازی، رنگ‌بری و ویژگی‌های خمیر کاغذسازی از باگاس دارد و باعث کاهش بازده و خواص خمیر کاغذ نهایی تولید شده نمی‌گردد.

### مواد و روش‌ها

باگاس استفاده شده در این تحقیق از باگاس منطقه خوزستان و با همکاری کارخانه کاغذسازی پارس تهیه شد و به کمک غربال مغزه‌ها و ناخالصی‌های آن (مانند سنگ‌ریزه و...) جدا و سپس به‌منظور خشک شدن در محوطه آزمایشگاه پهن شد و بعد از یکنواخت‌سازی رطوبت برای جلوگیری از تغییرات رطوبتی در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند.

### هیدرولیز اسیدی

فرآیند پیش‌استخراج باگاس با توجه به شرایط مندرج در جدول ۱ و با استفاده از دایجستر گرم شونده تهیه خمیر کاغذ در روغن انجام شد. همانند فرآیند پخت، هر یک از عوامل متغیر مانند دما و مدت‌زمان، بر نتیجه واکنش هیدرولیز مؤثر است. همانند فرآیند پخت که از فاکتور H برای بررسی اثر دما و زمان پخت بر فرآیند تهیه خمیر کاغذ استفاده می‌شود، در فرآیند پیش‌هیدرولیز نیز برای بررسی اثر همه متغیرها (دما، زمان و pH محیط) بر نتایج هیدرولیز، از معیاری به نام فاکتور شدت واکنش استفاده می‌شود. در این تحقیق از فاکتور شدت واکنش ترکیبی<sup>۱</sup> که پارامترهای دما، زمان و pH محیط را به‌طور همزمان در نظر می‌گیرد، استفاده شد (معادله ۱) که در

<sup>۱</sup> Combined severity factor

حذف مواد استخراجی و مواد معدنی موجود در باگاس سبب افزایش درصد هولوسولوز توده باقی مانده می شود؛ اما با افزایش شدت واکنش، این روند تغییر یافته و تخریب شدید همی سلولزها و سلولز سبب کاهش درصد هولوسولوز می شود. روند مشابهی در تیمار انفجاری باگاس به منظور تولید فورفورال و آلفا سلولز از باگاس گزارش شده است که در آن با افزایش شدت تیمار مقدار هولوسولوز باقی مانده در توده لیگنوسولوزی ابتدا و سپس کاهش یافته است [۱۳].

نتایج نشان می دهد که بازده استخراج با افزایش شدت تیمار به صورت خطی کاهش می یابد و بیشترین مقدار آن در این تحقیق در شرایط تیمار ملایم برابر با ۹۵ درصد و کمترین آن در شدیدترین شرایط استفاده شده در حد ۴۶ درصد است. از طرف دیگر، مقدار لیگنین باقیمانده در باگاس تیمار شده در شرایط تیمار با شدت کم تقریباً در حد مقدار اولیه باقی مانده و به تدریج با افزایش شدت تیمار مقدار نسبی لیگنین افزایش می یابد که علت آن تخریب و کاهش همی سلولزها و مواد استخراجی باگاس تیمار شده و افزایش مقدار نسبی لیگنین در آن است. چون هدف از این تحقیق استخراج همی سلولزهای باگاس در شرایط کنترل شده برای تولید مواد شیمیایی با ارزش افزوده زیاد و بدون آسیب شدید به سلولز به دلیل مصرف باگاس پیش استخراج شده در کاغذسازی است. برای تعیین شرایط مناسب برای رسیدن به این هدف با پیش هیدرولیز باگاس در شرایط اسیدی ذکر دو نکته ضروری است. اولاً، مقدار همی سلولزهای اولیه در باگاس حدود ۲۶-۲۳ درصد است و حدود ۵-۶ درصد نیز مواد استخراجی و مواد معدنی در باگاس وجود دارد که مجموع آن ها در حدود ۳۰ درصد وزن خشک باگاس است [۱۴]. ثانیاً، در جریان هیدرولیز اسیدی ملایم مواد لیگنوسولوزی، عمدتاً همی سلولزها تخریب شده و سلولز و لیگنین دچار تخریب و استخراج بسیار کمی می شوند [۱۲]. بنابراین، محاسبه کلی بیان گر این موضوع است که بازده کل، تا حدود ۷۵-۷۰ درصد می تواند معیار خوبی برای انتخاب تیماری باشد که در آن بخش زیادی از همی سلولزهای باگاس به همراه مواد استخراجی و مواد معدنی از باگاس خارج شده اند و توده باقی مانده عمدتاً شامل سلولز و لیگنین است. این ناحیه با یک بیضی در شکل ۴ نشان داده شده است که با شدت تیمار در شرایط اسیدی رقیق در حد ۱ دقیقه قابل حصول است.

TAPPI-sp-205 T۹۵ انجام گرفت. همچنین مقاومت کششی بر اساس استاندارد TAPPI-T494 -om -01 و مقاومت به ترکیدن بر اساس استاندارد T 403 -om-02 اندازه گیری شدند.

## نتایج و بحث

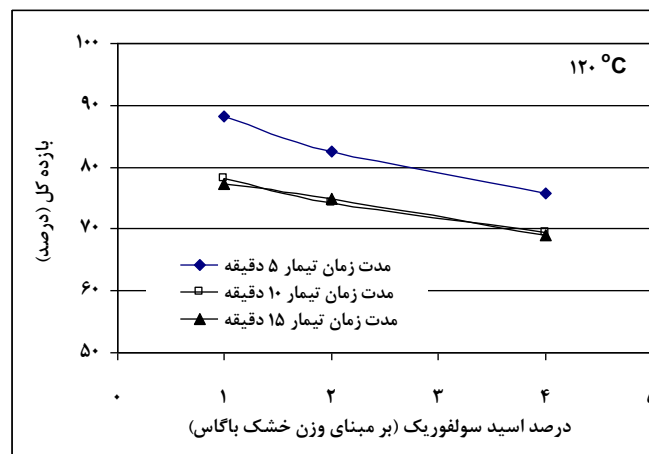
### نتایج پیش استخراج همی سلولزها

نتایج حاصل از پیش استخراج همی سلولزها با تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است و نتایج بازده تیمار با روش اسید رقیق در دماهای مختلف در اشکال ۱ تا ۳ با یکدیگر مقایسه شده است. ملاحظه می شود که افت مواد در تیمار اسیدی ملایم است و در مقایسه با سایر تیمارها مانند تیمار قلیایی، خروج مواد و کاهش بازده کمتر است. این بدان معنی است که تیمار اسیدی تیماری ملایم است که افت بازده در آن بیشتر به دلیل تخریب همی سلولزها است و در شرایط ملایم تیمار اسیدی سلولز و لیگنین کمتر تخریب می شوند [۱۲]. همچنین ملاحظه می شود که در دما و مدت زمان تیمار یکسان، با افزایش غلظت اسید بازده کل استخراج کاهش می یابد. روند کاهش در دماهای ۱۲۰ و ۱۴۰ درجه سلسیوس مشابه بوده ولی در ۱۶۰ درجه سلسیوس شیب کاهش بازده در اثر افزایش غلظت اسید اندکی شدیدتر است. در شرایط ثابت دما و مقدار اسید، با افزایش مدت زمان تیمار، بازده استخراج کاهش می یابد. در این خصوص مشاهده می شود که در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس، افزایش زمان تیمار از ۵ به ۱۰ دقیقه، سبب کاهش بیشتر بازده می شود، در حالی که نمودارهای ۱۰ و ۱۵ دقیقه تا حد زیادی بر یکدیگر منطبق گردیده اند.

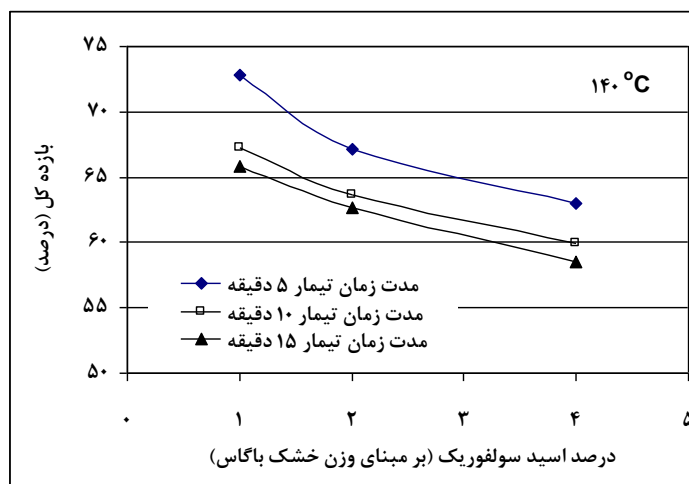
این روند در دمای ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سلسیوس نیز با شدت کمتری دیده می شود، به طوری که افزایش مدت زمان تیمار از ۵ دقیقه به ۱۰ دقیقه سبب کاهش بیشتری در بازده در مقایسه با افزایش مدت زمان تیمار از ۱۰ دقیقه به ۱۵ دقیقه شده است. نتایج حاصل از افزایش شدت تیمار بر بازده کل، مقدار هولوسولوز و لیگنین باقی مانده در توده باگاس به صورت تابعی از فاکتور شدت تیمار در شکل ۴ ارائه شده است. ملاحظه می شود که در مقادیر کمتر شدت واکنش، کاهش بازده استخراج همراه با افزایش درصد هولوسولوز است (شکل ۴). این موضوع می تواند به این دلیل باشد که در مراحل اولیه استخراج،

جدول ۲- شرایط و نتایج حاصل از پیش‌استخراج همی سلولزها با روش اسید رقیق (nd: به معنی عدم اندازه‌گیری است که در اغلب مواقع علت آن کاهش شدید بازده است که خارج از هدف این تحقیق است)

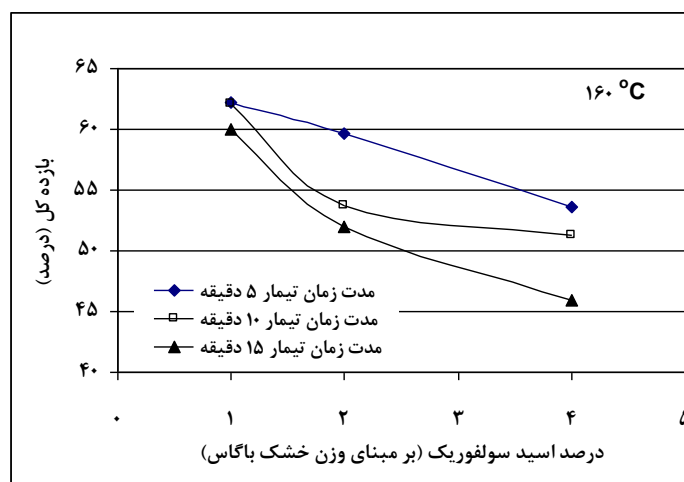
دما (°C)	زمان (دقیقه)	غلظت اسید (درصد)	شدت واکنش (دقیقه)	بازده استخراج (درصد)	هولوسولوز (درصد)
		۱	۰/۵۹۸	۸۸/۱۲	۶۶/۴
	۵	۲	۰/۸۹۹	۸۲/۴۸	۸۷/۲
		۴	۱/۲۰	۷۵/۷	۸۸
		۱	۰/۸۹۹	۷۸/۱۵	۷۴/۸
۱۲۰	۱۰	۲	۱/۲۰	۷۴/۲۳	۷۳/۶
		۴	۱/۵۰۱	۶۹/۵۲	۷۴/۸
		۱	۱/۰۷۵	۷۷/۳۳	۶۷/۶
	۱۵	۲	۱/۳۶۷	۷۴/۸	۷۴
		۴	۱/۶۷۷	۶۹/۴۵	۷۱/۲
		۱	۱/۱۸۷	۷۲/۸۴	۷۱/۲
	۵	۲	۱/۴۸۸	۶۷/۱۴	۷۰
		۴	۱/۷۸۹	۶۳/۰۳	nd
		۱	۱/۴۸۸	۶۷/۲۹	۶۸/۸
۱۴۰	۱۰	۲	۱/۷۸۹	۶۳/۶۱	nd
		۴	۲/۰۹	۵۹/۹۶	nd
		۱	۱/۶۶۴	۶۵/۷۸	nd
	۱۵	۲	۱/۹۶۵	۶۲/۶۵	۶۸/۴
		۴	۲/۲۶۶	۵۸/۴۹	nd
		۱	۱/۷۷۵	۶۲/۲۴	nd
	۵	۲	۲/۰۷۶	۵۹/۶۷	nd
		۴	۲/۳۷۷	۵۳/۵۸	nd
		۱	۲/۰۷۶	۶۲/۱۴	nd
۱۶۰	۱۰	۲	۲/۳۷۷	۵۳/۷۵	nd
		۴	۲/۶۷۸	۵۱/۲۹	nd
		۱	۲/۲۵۳	۵۹/۹۵	nd
	۱۵	۲	۲/۵۵۴	۵۱/۹۶	nd
		۴	۲/۸۵۵	۴۵/۹۴	nd



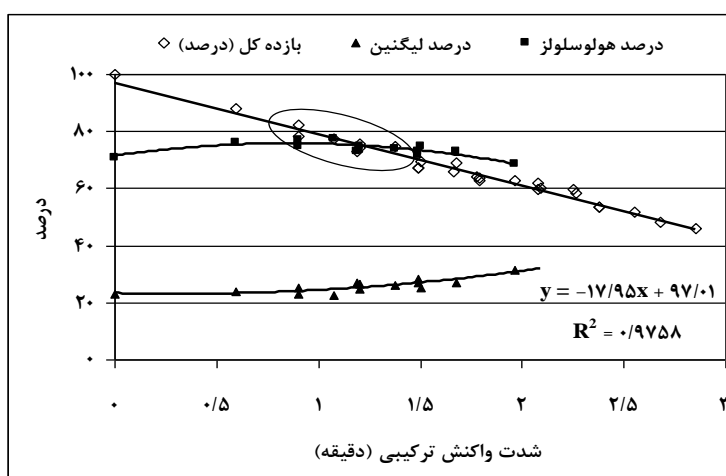
شکل ۱- بازده حاصل از استخراج به روش اسید رقیق در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس



شکل ۲- بازده حاصل از استخراج به روش اسید رقیق در دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس



شکل ۳- بازده حاصل از استخراج به روش اسید رقیق در دمای ۱۶۰ درجه سلسیوس



شکل ۴- تغییرات بازده استخراج، هولوسولولز و مقدار لیگنین باقی مانده در باگاس تیمار شده در شرایط مختلف تیمار با اسید رقیق

مطابقت دارد. لذا، نتایج مندرج در جدول ۳ به‌عنوان شرایط مطلوب پیش‌استخراج با اسید رقیق توصیه می‌گردد که در آن بخش زیادی از همی سلولزهای باگاس استخراج می‌شوند.

در تحقیق مشابهی به‌منظور تهیه سلولز، باگاس با اسید سولفوریک رقیق تیمار شده‌است که در بازده استخراج ۷۰٪، مقدار همی سلولزهای باگاس از ۲۱/۲ درصد (در باگاس اولیه) به ۹/۲ درصد در توده باقی‌مانده کاهش یافته است [۱۲] که با نتایج ارائه شده در این تحقیق

جدول ۳- نمونه‌های انتخاب شده مرحله پیش هیدرولیز برای مراحل خمیر کاغذسازی

شماره تیمار	نوع تیمار	شرایط تیمار	بازده کل (درصد)	مقدار هولوسولوز (درصد)
۱	اسید رقیق (۱٪ اسید)	۵ دقیقه، ۱۲۰ °C	۸۸/۱۲	۶۶/۴
۲		۱۵ دقیقه، ۱۲۰ °C	۷۷/۳۳	۶۷/۶

### نتایج تهیه خمیر کاغذسازی

در مرحله تولید خمیر کاغذ، برای تعیین حد بهینه و شرایط مناسب، تولید خمیر کاغذ با قلیائیت ۱۱، ۱۴ و ۱۷ درصد انجام شد که نتایج تهیه خمیر کاغذسازی در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که قلیائیت ۱۱ درصد برای تولید خمیر کاغذ قابل رنگ‌بری مناسب نیست و عدد کاپای خمیر کاغذ تولید شده زیاد است. با افزایش قلیائیت تا ۱۴ درصد، بازده پس از غربال افزایش و عدد کاپا کاهش می‌یابد، ولی خمیر کاغذ تولید شده به دلیل زیاد بودن عدد کاپا برای رنگ‌بری ECF مناسب نیست. لذا به دلیل کاپای کمتر، خمیر کاغذ حاصل از قلیائیت ۱۷ درصد برای تهیه خمیر کاغذ قابل رنگ‌بری از باگاس استخراج شده و استخراج نشده قابل توصیه است. به‌طور کلی، با افزایش مقدار مصرف قلیا، عدد کاپای خمیر کاغذهای حاصل کمتر

شده و خمیر کاغذ قابل رنگ‌بری در قلیائیت ۱۷٪ به دلیل کاپای کمتر (در حدود ۲۰) قابل حصول است. از طرف دیگر، افزایش مقدار قلیا ضمن کاهش عدد کاپا، سبب افزایش بازده پس از غربال شده است که علت آن یکنواخت‌تر شدن خمیرسازی و کاهش واژه است (جدول ۴). همچنین، بازده پس از غربال خمیر کاغذ قابل رنگ‌بری (با کاربرد قلیائیت ۱۷٪) حاصل باگاس استخراج نشده بیشتر از باگاس‌های استخراج شده در شرایط منتخب پیش تیمار اسیدی انجام شده در این تحقیق است. با توجه به نتایج خمیرسازی، خمیرهای تولید شده با قلیائیت ۱۷ درصد به دلیل کاپای کمتر و در نتیجه کمتر بودن مصرف مواد شیمیایی رنگ‌بر، برای رنگ‌بری انتخاب شدند که نتایج آن و خواص مقاومتی کاغذهای رنگ‌بری شده در شرایط پالایش نشده در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج بازده، واژه و عدد کاپای مرحله خمیر کاغذسازی تیمارهای مختلف

شماره تیمار	قلیائیت فعال ۱۱ درصد			قلیائیت فعال ۱۴ درصد			قلیائیت فعال ۱۷ درصد		
	بازده خمیر پس از غربال (%)	واژه (%)	عدد کاپا	بازده خمیر پس از غربال (%)	واژه (%)	عدد کاپا	بازده خمیر پس از غربال (%)	واژه (%)	عدد کاپا
باگاس تیمار نشده	۴۵/۱۳	۱۰/۵۹	۴۰	۴۶/۲۷	۲/۴۶	۲۸/۴	۵۱/۱	۰	۱۹/۲۷
۱	۴۷/۳۶	۱۱/۷۱	۶۰	۵۱/۲۶	۰/۲۳	۲۶/۷	۵۵/۰۵	۰	۲۰/۷۵
	(۴۱/۷۳)*			(۴۵/۱۷)			(۴۸/۵۱)		
۲	۵۲/۰۱	۶/۵۴	۵۴	۵۶/۳۰	۰/۱۷	۲۶/۶	۵۶/۹۱	۰	۱۸/۵۶
	(۴۵/۰۸)			(۴۸/۸۱)			(۴۹/۳۳)		

\* بازده ارائه شده در داخل پرانتز نشان دهنده بازده خمیرسازی بر اساس وزن خشک ماده اولیه (باگاس پیش‌استخراج نشده) است.

خروج همی سلولزهای حاوی گروه‌های فعال و در دسترس برای ایجاد مقاومت‌ها است. نتایج مشابیهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است و علت آن به خروج همی سلولزها نسبت داده شده است [۱۵].

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که بازده بعد از رنگبری و همچنین مقاومت‌های حاصل از خمیرهای تهیه‌شده از باگاس پیش‌استخراج شده، کمتر از خمیر شاهد تهیه‌شده از باگاس بدون پیش‌استخراج است. این موضوع به دلیل

جدول ۵- خواص مقاومتی و نتایج مقایسه‌ای رنگبری خمیر کاغذهای تولیدشده با استفاده از باگاس استخراج‌نشده و استخراج‌شده در شرایط اسیدی

نوع خمیر	عدد کاپا (DE)	بازده رنگبری بعد از توالی DE (درصد)	شاخص مقاومت به کشش (Nm/g)	شاخص مقاومت به ترکیدن (KPa.m <sup>2</sup> /g)
حاصل از باگاس تیمار نشده	۵/۶۸	۹۵	۶۵/۴۳	۳/۳۷
۵ دقیقه، ۱۲۰ °C	۷/۶	۹۲/۴	۳۹/۳۳	۲/۴۴

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثر پیش‌استخراج همی سلولزهای باگاس به روش هیدرولیزاسیدی با استفاده از اسید سولفوریک رقیق به منظور تولید همزمان خمیر کاغذ و همی سلولزها برای تولید محصولات شیمیایی جانبی و اثر آن بر خمیرسازی از باگاس بررسی شد. نتایج نشان داد که پیش‌استخراج همی سلولزها در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس، ۱٪ اسید و مدت زمان ۵ دقیقه، شرایط مناسبی را از نظر استخراج همی سلولزها برای تولید همزمان

خمیر کاغذ و محصولات جانبی حاصل از همی سلولزها فراهم می‌آورد. همچنین نتایج حاصل از مرحله خمیرسازی نشان داد که بازده پس از غربال و بازده رنگبری خمیر کاغذهای حاصل باگاس پیش‌استخراج شده کمتر از خمیر کاغذهای حاصل از باگاس تیمار نشده است. اندازه‌گیری مقاومت‌های کاغذ نیز مقدار مقاومت به کشش و مقاومت به ترکیدن کمتری را برای نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه تیمار نشده نشان داد.

### مراجع

- [1] Carvalho, F., Luis, C. and Francisco, M., 2008. Hemicellulose biorefineries: a review on biomass pretreatment, *Journal of Scientific and Industrial Research* 67(11): 849- 864.
- [2] Lei, Y, Liu, S., Li, J. and Sun, R., 2010. Effect of hot-water extraction on alkaline pulping of bagasse, *Biotechnolgy Advances* 28(5): 609-612.
- [3] Towers, M., Browne, T., Kerekes, R., Paris, J. and Tran, H., 2007. Biorefinery opportunities for the Canadian pulp and paper industry, *Pulp and Paper Canada* 108: 26-29.
- [4] Chirat, C., Lachenal, D. and Dufresne, A., 2010. Biorefinery in a kraft pulp mill: From bioethanol to cellulose nanocrystals, *Cellulose Chemistry Technology* 44(1-3): 59-64.
- [5] Sanglard, M., Chirat, C., Jarman, B. and Lachenal, D., 2013. Biorefinery in a pulp mill: simultaneous production of cellulosic fibers from *Eucalyptus globulus* by soda-anthraquinone cooking and surface-active agents, *Holzforchung* 67(5): 481-488.
- [6] Resalati, H., Kermanian, H., Fadavi, F. and Feizmand, M., 2012. Effect of hot-water and mild alkaline extraction on Soda-AQ pulping of wheat straw, *Lignocellulose* 1(1): 71-80.



- [7] Mendes, C. V. T., Carvalho, M. G. V. S., Baptista, C. M. S. G., Rocha, J. M. S., Soares, B. I. G. and Sousa, G. D. A., 2009. Valorisation of hardwood hemicelluloses in the kraft pulping process by using an integrated biorefinery concept, *Food and Bioproducts Processing* 87(3): 197-207.
- [8] Al-Dajani, W., Waleed, T., Ulrike, W. and Jensen, T., 2009. Pre-extraction of hemicelluloses and subsequent kraft pulping. Part II: acid- and autohydrolysis, *Tappi Journal* 8(9): 30-37.
- [9] Lavaracka, B.P., Griffin, G.J. and Rodmanc, D., 2002. The acid hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products, *Biomass and Bioenergy* 23(5): 367-380.
- [10] Ferreira-Leitão, V., Perrone, C.C., Rodrigues, J., Franke, A.P., Macrelli, S. and Zacchi, G., 2010. An approach to the utilization of CO<sub>2</sub> as impregnating agent in steam pretreatment of sugar cane bagasse and leaves for ethanol production, *Biotechnology for Biofuels* 12(3/1): 1-8.
- [11] Hamzeh, Y., Abyaz, A., Mirfatahi, M. and Abdolkhani, A., 2011. Application of surfactants for improving soda pulping of bagasse, *Journal of Chemistry and Chemistry Engineering of Iran* 57(2): 85-90. (In Persian).
- [12] Candido, R.G., Godoy, G.G. and Gonçalves, A.R., 2012. Study of sugarcane bagasse pretreatment with sulfuric acid as a step of cellulose obtaining, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 61: 101-105.
- [13] Punsuvon, V., Vaithanomsat, P. and Iiyama, K., 2008. Simultaneous production of  $\alpha$ -cellulose and furfural from bagasse by steam explosion pretreatment, *Maejo International Journal of Science and Technology* 2(1): 182-191.
- [14] Khristova, P., Kordsachia, O., Patt, R., Karar, I. and Khider, T., 2006. Environmentally friendly pulping and bleaching of bagasse, *Industrial Crops and Products* 23(2): 131–139.
- [15] Jahan, M.S., Saeed, A. and Yonghao, H., 2009. Pre-extraction and its impact on the alkaline pulping of bagasse, *Journal of Biobased Materials and Bioenergy* 3(4): 380-385.

## Effect of Diluted Acid Pre-Extraction on Soda Pulping of Bagasse

### Abstract

Pre-extraction of hemicelluloses prior to pulping allows co-production of pulp and different hemicellulose-based chemicals in the chemical pulp mills. Due to important impact of hemicelluloses on pulp properties, their pre-extraction would be carried out in controlled conditions to minimize adverse effects on pulp properties. In this study, we focused on the effect of dilute acid pre-extraction on soda pulping and paper properties of bagasse to determine the optimum conditions for hemicelluloses extraction. The pre-extracted with dilute sulfuric acid was performed with 1, 2 and 4% of sulfuric acid concentration (w/v), liquid-to- solid ratio of 5, at 120, and 140 and 160 °C for 5, 10 and 15 minutes. Then, untreated and treated bagasse at selected condition were used to produce soda pulp with 11, 14 and 17% active alkali and then the selected pulps were bleached in ECF sequence. The pre-extraction results showed that dilute acid pre-extraction by 1% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, at 120 °C for 60 minute provided the best results regarding to extraction yield and residual holocellulose. However, screen yield, bleaching yield, tensile and burst strengths of obtained pulp from extracted bagasse were significantly lower than that obtained from unextracted bagasse, presumably due to considerable extraction of hemicelluloses.

**Keywords:** Bagasse, Acid hydrolysis, Hemicelluloses, Pre-extraction, Soda pulping

**Y. Hamzeh**<sup>1\*</sup>  
**A. Abyaz**<sup>2</sup>  
**A. Abdolkahni**<sup>1</sup>  
**S. Hedjazi**<sup>3</sup>  
**S. Izadyar**<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associate Professor, <sup>2</sup>M.Sc., <sup>3</sup>Assistance Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:  
hamzeh@ut.ac.ir

Received: 2012.06.16  
Accepted: 2013.04.30