

# پیش استخراج گاه گندم با تیمارهای آب داغ و مایع به دست آمده از بازگردانی آن و بررسی تأثیر آن بر شرایط خمیرسازی و ویژگی‌های کاغذ

مختار فیضمند

تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، گروه فناوری سلولز و کاغذ

حسین رسالتی

گرگان، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده جنگلداری و فناوری چوب، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ

حسین کرمانیان، حسین جلالی ترشیزی، امید رمضان<sup>+</sup>\*

تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی فناوری‌های نوین، گروه فناوری سلولز و کاغذ

**چکیده:** پیش استخراج و بازیابی همی سلولزها پیش از انجام فرایندهای تهیه خمیر کاغذ، یکی از روش‌های تأمین قند مورد استفاده در تولید سوخت و مواد شیمیایی است. در این پژوهش، پیش استخراج همی سلولزهای گاه گندم با آب داغ تا دستیابی به کاهش وزن حدود ۱۰ درصد انجام گرفت. در فرایند پیش استخراج، از مایع پخت به دست آمده از هر مرحله به عنوان مایع پیش استخراج برای مرحله بعدی (تاسه توالی استخراج) استفاده شد. نتیجه‌ها نشان داد که خمیرسازی سودا-آنتراکینون پیش استخراج شده با شرایط ملایم تر و شدت کمتر، دما و زمان پایین تر، در مقایسه با گاه بدون پیش استخراج انجام می‌شود. بازده خمیرسازی گاه پیش استخراج شده بالاتر از خمیر شاهد بوده ولی بازده کل خمیر به دست آمده (بر اساس وزن اولیه گاه) در تیمارهای پیش استخراج کمتر بود. پاسخ به پالایش خمیر کاغذهای سودا-آنتراکینون گاه پیش استخراج شده، به دلیل کم شدن همی سلولزها نسبت به خمیر کاغذ شاهد پیش استخراج نشده ضعیف تر بوده و خمیر کاغذ به دست آمده از گاه پیش استخراج شده دارای مقاومت در برابر عبور هوا و شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کمتر بود. اما تفاوتی بین شاخص مقاومت در برابر ترکیدن و کشش خمیر پیش استخراج شده با خمیر شاهد پیش استخراج نشده دیده نشد.

**واژه‌های کلیدی:** گاه گندم، پیش استخراج با آب داغ، بازیابی مایع پیش استخراج، خمیرسازی سودا-آنتراکینون.

**KEY WORDS:** Wheat straw, Hot water pre-extraction, Liquor recovering, Soda-AQ pulping.

## مقدمه

مفهوم Integrated Forest BioRefinery (IFBR) به تازگی مورد توجه صنعت خمیرکاغذ و کاغذ قرار گرفته است. IFBR از اجزای تشکیل دهنده منابع قابل تجدیدشونده مانند همی سلولزها برای تولید فرآورده‌های با ارزش افزوده بالا مانند اتانول، پلی‌مرها، مواد شیمیایی و سوخت دیزل در کنار تولید خمیرکاغذ استفاده می‌کند. در یکی از روش‌های IFBR، همی سلولزها پیش از خمیرسازی تا حدودی از مواد لیگنوسولوزی پیش استخراج می‌شوند. علت این پیش استخراج به عملکرد همی سلولزها در فرایند خمیرسازی برمی‌گردد. درصد بالایی از همی سلولزها (۳۳-۲۴ درصد از وزن ماده لیگنوسولوزی) به علت ویژگی‌های ساختاری به راحتی در فرایندهایی مانند خمیرسازی حل شده و از آنجا که جداسازی و خالص سازی آن از سایر مواد موجود در این مخلوط پیچیده است، همراه با لیکور سیاه پخت از دسترس خارج می‌شوند. هرچند لیکور سیاه پخت برای تولید انرژی سوزانده می‌شود لیکن به علت ارزش سوختی پایین همی سلولزها در مقایسه با لیگنین (۱۳/۶ MJ/kg در مقایسه با ۲۷ MJ/kg) نمی‌توان از آن استفاده بهینه اقتصادی به عمل آورد. بنابراین پیش استخراج همی سلولز در کنار تولید خمیرکاغذ که فرآورده اصلی کارخانه‌های خمیرکاغذ می‌باشد، می‌تواند ماده جدیدی برای تولید سوخت‌های زیستی فراهم آورد و سود کارخانه خمیرکاغذ و کاغذ را افزایش دهد. یکی دیگر از برتری‌های پیش‌استخراج، کاهش زمان و دما یا ماده شیمیایی مورد استفاده برای خمیرسازی می‌باشد، چنانچه که ظرفیت تولید خمیرکاغذ در زمان مشخص می‌تواند افزایش یابد. باید توجه داشت که استخراج همی سلولز نباید به مقدار زیادی انجام شود که به افت چشم‌گیر ویژگی‌های کاغذ تولید شده منجر شود [۱].

بیشتر مطالعه‌های انجام شده بر روی پیش استخراج یک مرحله‌ای می‌باشد، چنانچه همی سلولزها با مایع تازه (آب، باز، اسید، لیکور سبز کارخانه خمیرکاغذ) استخراج می‌شوند. بنابراین غلظت همی سلولزها در مایع پیش استخراج شده پایین بوده که نیاز به انرژی بیشتری برای تغلیظ همی سلولزها است. مایع پیش استخراج شده در مرحله اول می‌تواند به عنوان مایع پیش استخراج برای مرحله بعدی استفاده شود و این روند می‌تواند تا چند مرحله انجام شود تا که مایع جمع‌آوری شده پایانی از همی سلولزها اشباع بشود. بنابراین می‌توان انرژی مورد نیاز برای تبخیر آب همراه اضافی را برای استفاده از همی سلولزها، کاهش داد. در این میان، Yoon و همکاران در ۲۰۰۸ میلادی، خرده‌چوب‌های

مخلوط پهن‌برگان را با مایع سبز پیش‌تیمار داده و مایع جمع‌آوری شده از این مرحله (مرحله اول پیش استخراج با مایع سبز) را برای مرحله بعدی (مرحله دوم پیش استخراج با مایع جمع‌آوری شده از مرحله اول) پیش استخراج خرده‌چوب‌ها جدید استفاده کردند و دوباره مایع پیش استخراج را جمع‌آوری کرده و برای استخراج همی سلولزهای (مرحله سوم) نمونه خرده‌چوب جدید مصرف کردند. این پژوهشگران دریافتند که غلظت همی سلولزها در مایع مرحله سوم سه برابر مرحله شاهد پیش استخراج می‌باشد. همچنین در مقایسه با خرده‌چوب بدون پیش استخراج، خمیرسازی خرده‌چوب تیمار شده مرحله سوم با درصد کمتر کلیتاً انجام شده و بازده کل نیز کمی بالاتر می‌باشد [۲]. Al-dajani و همکاران در ۲۰۰۹ میلادی پژوهشی بر روی پیش‌تیمار همی سلولزها با آب داغ بر روی چوب صنوبر انجام داده و از مایع به دست آمده به عنوان مایع پیش استخراج برای مرحله‌های بعدی استفاده کردند. نتیجه‌ها نشان داد که خمیرسازی الیاف پیش استخراج شده نسبت به الیاف شاهد، در شرایط ملایم‌تر، زمان پخت کوتاه‌تر، نیاز به ماده شیمیایی کمتر و دمای پایین‌تر خمیرسازی، انجام گرفت و خمیرکاغذ با عدد کاپای خیلی پایین‌تری به دست آمد [۳].

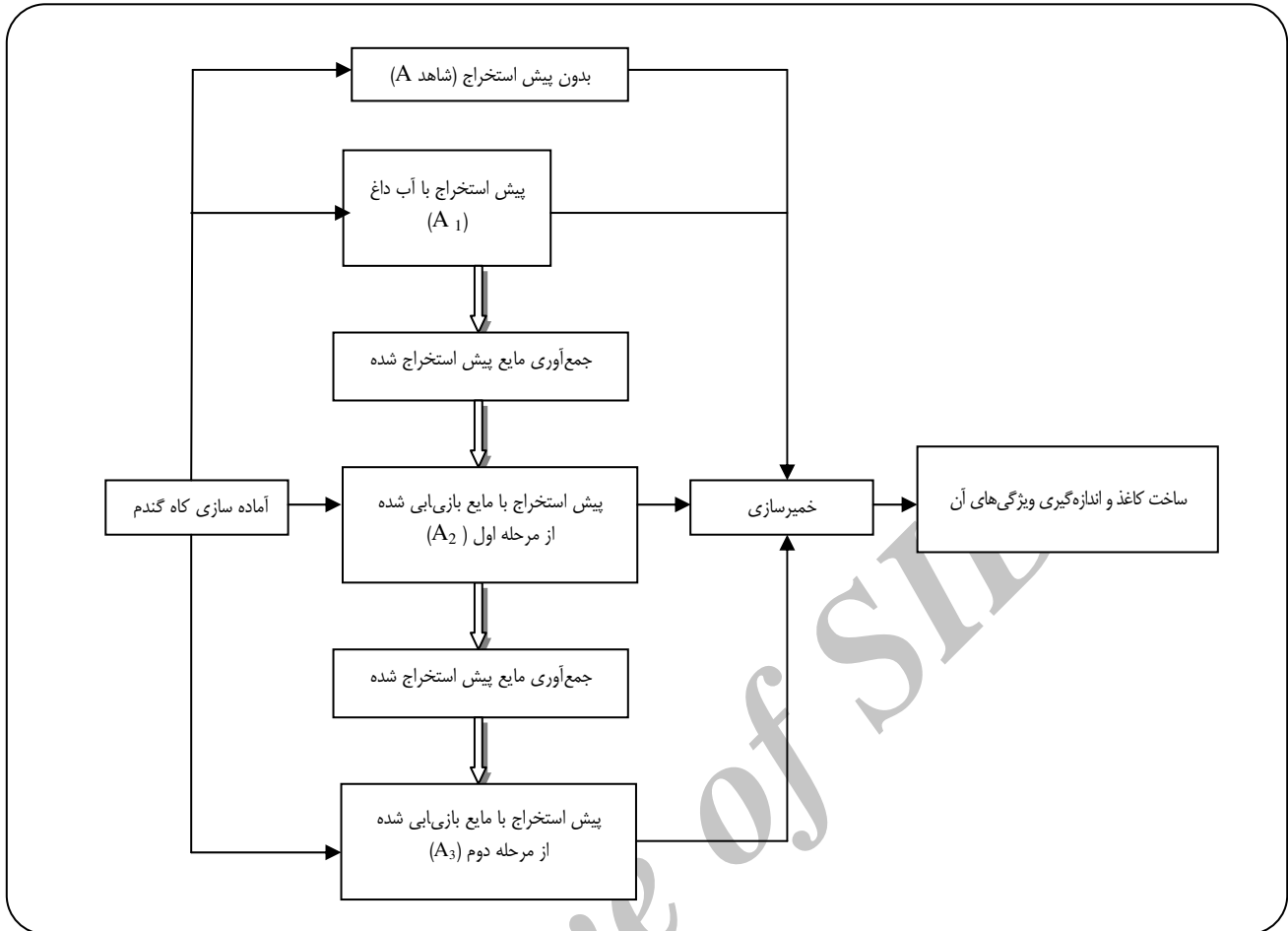
در این پژوهش به طور کلی اثر پیش استخراج همی سلولزهای کاه گندم با آب داغ به همراه اثر بازگردانی مایع به دست آمده از پیش استخراج بر شرایط خمیرسازی کاه گندم و ویژگی‌های کاغذ به دست آمده از آن مورد بررسی قرار گرفت.

## بخش تجربی

## تهیه و آماده سازی نمونه مرحله پیش استخراج

کاه گندم (رقم N72) از شهرستان علی‌آباد در استان گلستان تهیه شد و پس از تبدیل به قطعات ۳-۴ سانتی‌متری برای زدودن گردو غبار خرده‌کاه، با آب شسته شده و سرانجام در هوا خشک شد. به‌منظور جلوگیری از حل شدن مواد استخراجی کاه، شست و شوی خرده‌کاه‌ها در کمترین زمان ممکن انجام شد.

فرایند پیش استخراج و خمیرسازی در دایجستر روغنی سیلندری مدل (PTI) انجام شد. هدف از فرایندهای پیش استخراج کاهش حدود ۱۰ درصدی وزن خرده‌کاه‌های اولیه بود. طبق آزمون‌های مقدماتی صورت‌گرفته، شرایط بهینه پیش استخراج با آب داغ در دمای ۱۵۰ °C و زمان ۳۰ دقیقه تعیین شد. به‌منظور رسیدن به شرایط بهینه، یعنی افت ۱۰ درصدی خرده‌کاه‌های اولیه،



شکل ۱- نمودار مرحله های انجام کار آزمایشگاهی

زمان در این مرحله متغیر در نظر گرفته شد. فرایند پیش استخراج شامل سه مرحله، پیش استخراج شده با آب داغ ( $A_1$ )، پیش استخراج شده با مایع بازگردانی شده از مرحله اول ( $A_2$ )، پیش استخراج شده با مایع بازگردانی شده از مرحله دوم ( $A_3$ ) می باشد و افت وزنی خرده کاه های در هر مرحله در مرز ۱۰ درصد بوده در حالی که شرایط پیش استخراج (دمای  $150^\circ\text{C}$  و زمان ۳۰ دقیقه) برای هر سه مرحله، یکسان بود (شکل ۱).

روش کار در تیمارهای پیش استخراج به این ترتیب بود که در هر سیلندر، مقدار مشخصی کاه ریخته شده پس از اشیاع سازی به مدت ۳۰-۴۵ دقیقه انجام می شد و سپس درون محفظه دایجستر قرار می گرفت. بعد از رسیدن به افت وزنی ۱۰ درصدی کاه (بر مبنای وزن خشک) در مرحله ( $A_1$ )، این خرده کاه های پیش استخراج شده، با آب مقطر روی الک ۲۰۰ مش شستشو داده شدند. مایع جمع آوری شده از مرحله ( $A_1$ ) به عنوان مایع پخت برای پیش

### فرایند خمیرسازی

هدف این مرحله، دستیابی به عدد کاپای حدود ۲۰ است که برای گیاهان غیرچوبی توصیه می شود. بنابراین، براساس آزمون های مقدماتی صورت گرفته، پخت کاه های پیش استخراج شده در دمای  $150^\circ\text{C}$  و قلیائیت ۱۶ درصد، ۰/۱ درصد آنتراکینون و زمان ۵۰ دقیقه و پخت کاه شاهد (بدون پیش استخراج) در دمای  $160^\circ\text{C}$ ، ۶ قلیائیت ۱۶ درصد، ۰/۱ درصد آنتراکینون و زمان ۶۰ دقیقه انجام شد.

اندازه گیری درجه روانی خمیر کاغذ با دستگاه Schopper Riegler و پالایش خمیرها توسط دستگاه پالایشگر آزمایشگاهی PFI و

جدول ۱- پیش استخراج کاه گندم (دما برای هر سه مرحله: ۱۵۰°C).

پیش استخراج	زمان (دقیقه)	فاکتور H	مایع پیش استخراج pH	افت وزنی (%)
(A <sub>1</sub> )	۳۰	۱۱۳	۴/۴۳	۱۰
	۶۰	۱۹۷	۴/۲	۱۵
	۹۰	۲۷۸	۴/۰۹	۱۷/۷
(A <sub>2</sub> )	۳۰	۱۱۳	۴/۶	۱۰
(A <sub>3</sub> )	۳۰	۱۱۳	۴/۸	۱۰

(۱) فاکتور H مدلی سینتیکی برای بیان سرعت لیگنین زدایی در فرایند پخت می‌باشد که با استفاده از دو متغیر دما و زمان پخت محاسبه می‌شود.

نمود نیاز به تغییر شرایط در مراحل پیش استخراج از یافته‌های برجسته این پژوهش به‌شمار می‌آید که نتیجه‌های Yoon و همکاران (۲۰۰۸ میلادی) را تأیید می‌کند [۲].

چنانچه که دیده می‌شود pH محلول بازیافتی، اسیدی می‌باشد. افت pH در طی فرایند پیش استخراج را می‌توان به دو عامل تشکیل استیک اسید از روش هیدرولیز گروه‌های استیل همی‌سلولزها [۴] و همچنین تشکیل گروه‌های هگزنورونیک اسید نسبت داد [۵].

جدول ۲، شرایط پخت کاه شاهد بدون پیش استخراج (A) و کاه‌های پیش استخراج شده (A<sub>x</sub>) برای دستیابی به عدد کاپای ۲۰ را نشان می‌دهد. قلیائیت مؤثر برای همه تیمارها یکسان و به میزان ۱۶٪ در نظر گرفته شد.

نتیجه‌های پخت به دست آمده از شرایط متفاوت فرایندی ارایه‌شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که تیمار پیش استخراج موجب آسان‌تر شدن شرایط تولید خمیر کاغذ می‌شود. با توجه به اینکه در مرحله‌های اولیه پخت متداول، مقدار چشمگیری از باز برای خنثی‌سازی اسید ایجادشده در اثر تخریب پلی‌ساکاریدهای، به طور عمده همی‌سلولزی، مصرف می‌شود، در نتیجه در شرایط بازی ثابت، خمیرسازی کاه پیش استخراج شده که دارای همی‌سلولز پایین‌تری نسبت به کاه بدون پیش استخراج است، در مدت زمان کوتاه‌تر و دمای پایین‌تر انجام می‌شود. بنابراین همانگونه که در جدول ۲ دیده می‌شود، برای دستیابی به عدد کاپای مشخص، پخت کاه‌های پیش استخراج شده (A<sub>x</sub>) در درجه گرمای کمتر، زمان کوتاه‌تر و در نتیجه با فاکتور H کل کمتری نسبت به کاه A، انجام می‌گیرد. نتیجه‌های به دست آمده همخوانی خوبی با نتیجه‌های Helmerius و همکاران در ۲۰۱۰ میلادی دارند [۶، ۷].

براساس استاندارد T 248SP-08 تا رسیدن به SR<sup>o</sup> ۳۳-۳۴ (۴۵۰۰ دور) انجام شد. به‌منظور ساخت کاغذ دست‌ساز از استاندارد T205sp-02 آیین‌نامه TAPPI استفاده شد. مقاومت در برابر پاره‌شدن، ترکیدن و کشش و مقاومت در برابر عبور هوا در کاغذهای دست‌ساز به ترتیب، طبق استانداردهای T414 om-04، T403 om-02، T494 om-01 و T460 om-02 اندازه‌گیری شدند. نتیجه‌های به دست آمده از اندازه‌گیری ویژگی‌های کاغذها به‌وسیله آزمون فاکتوریل و در قالب طرح به‌طور کامل تصادفی و به کمک نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

## نتیجه‌ها و بحث

به‌منظور دستیابی به افت وزنی حدود ۱۰ درصد در پیش استخراج و تعیین شرایط بهینه حاکم بر آن، پیش تیمارهای مقدماتی گوناگونی انجام شد که نتیجه‌ی پایانی هر مرحله در جدول ۱ دیده می‌شود.

با افزایش زمان پیش استخراج، بازده پیش استخراج افزایش می‌یابد. جدول ۱ بیان می‌دارد که برای دستیابی به افت وزنی حدود ۱۰ درصد، به شرایط پیش استخراج یکسانی در هر سه مرحله نیاز است. به عبارتی دیگر، حضور و فراوانی همی‌سلولزها در مایع مورد استفاده برای پیش استخراج کاه گندم، هیچ تأثیری بر سرعت و میزان خروج همی‌سلولزها از کاه تازه ندارد. در واقع به‌دلیل اشباع نشدن مایع از همی‌سلولزها، این نتیجه قابل پیش‌بینی است. بنابراین بازگردانی و کاربرد دوباره مایع پخت پیش استخراج شده هیچ تأثیری بر بازده پیش استخراج در A<sub>2</sub> و A<sub>3</sub> نداشته، بنابراین در صورت حفظ شرایط مشخص، افت وزنی در توالی‌های A<sub>2</sub> و A<sub>3</sub> نیز برابر با A<sub>1</sub> یعنی همان ۱۰ درصد است. یکسان بودن شرایط فرایندی پیش استخراج (دما و زمان) و

جدول ۲- آزمایش‌های پخت کاه.

فاکتور H	عدد کاپا	بازده کل خمیر <sup>(۱)</sup> (%)	بازده خمیرسازی (%)	زمان ماند (دقیقه)	دمای پخت (°C)	خمیر کاغذ
۲۸۷	۲۲	۵۳	۵۳	۳۰	۱۶۰	A
۴۷۷	۱۹	۵۱	۵۱	۶۰		
۶۷۷	۱۷	۵۰/۲	۵۰/۲	۹۰		
۱۶۶/۲۸	۲۰	۴۹/۶۸	۵۵/۲	۵۰	۱۵۰	A <sub>۱</sub>
۲۲۲	۱۸/۲	۴۸/۲۴	۵۳/۶	۷۰		
۱۶۶/۲۸	۲۰	۴۹/۳۵	۵۴/۵۴	۵۰	۱۵۰	A <sub>۲</sub>
۲۲۲	۱۷	۴۷/۷	۵۳	۷۰		
۱۶۶/۲۸	۲۰	۴۹/۱۴	۵۴/۳	۵۰	۱۵۰	A <sub>۳</sub>
۲۲۲	۱۷	۴۸/۰۶	۵۳/۴	۷۰		

(۱) خمیر کاغذهای پیش استخراج شده دو بازده دارند، بازده خمیرسازی که براساس مقدار کاه پیش استخراج شده در فرایند خمیرسازی محاسبه می‌شود و بازده کل که براساس مقدار کاه اولیه محاسبه می‌شود.

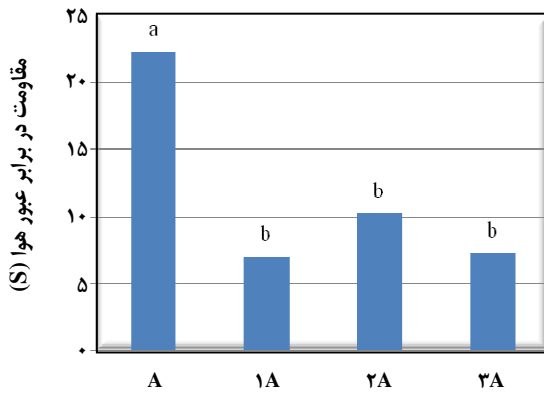
می‌شود [۹]. که موید نتیجه‌های Yoon & van Heiningen در ۲۰۰۸ میلادی و همکاران در ۲۰۱۰ میلادی می‌باشد [۱۱، ۱۰]. چنانچه از شکل ۲ دریافت می‌شود، دور پالایش خمیر کاغذهای A<sub>۲</sub> و A<sub>۳</sub> همانند A<sub>۱</sub> می‌باشد که این به دلیل مقدار همی سلولز یکسان در خمیرهای پیش استخراج شده می‌باشد.

با توجه به شکل ۳ از لحاظ آماری، دانسیته کاغذهای A با کاغذهای A<sub>x</sub> اختلاف معنی‌داری نداشته و همچنین دفعه‌های بازگردانی مایع پیش استخراج نیز تأثیر معنی‌داری بر دانسیته نشان نداده است. این نتیجه نیز با گزارش Tesotove (۲۰۰۶ میلادی)، در تیمار پیش استخراج شده با افت وزنی ۵ درصد مطابقت دارد [۱۲].

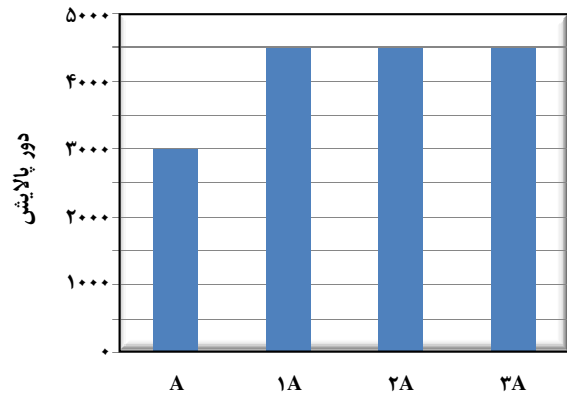
مقاومت در برابر عبور هوا به دانسیته کاغذ و چگونگی شکل‌گیری آن بستگی دارد. چنانچه در شکل ۴ دیده می‌شود مقاومت در برابر عبور هوا برای خمیر کاغذهای A<sub>x</sub> کمتر از خمیر A می‌باشد. این اختلاف از نظر آماری در سطح ۱ درصد معنی‌دار است. Helmerius و همکاران در ۲۰۱۰ میلادی و Tesotove در ۲۰۰۶ میلادی نیز نتیجه‌های همانندی اعلام کرده‌اند [۱۲، ۱۶]. با در نظر گرفتن دانسیته، این اختلاف نمی‌تواند ناشی از دانسیته باشد و به نظر می‌رسد که تفاوت مقاومت در برابر عبور هوا در تیمارهای گوناگون به شکل‌گیری کاغذها (اندازه و تعداد روزنه‌ها در ساختار آنها) مربوط باشد.

بازده کل در پخت کاه (A<sub>x</sub>) کمتر از بازده کل پخت کاه A است. در واقع کاهش مقدار همی سلولزها بر اثر پیش استخراج، سطح کلی همی سلولزی را که می‌تواند حتی بعد از خمیرسازی در خمیر باقی بماند، نسبت به خمیر بدون پیش استخراج کاهش داده و بازده کل کمتری داشته باشد. این نتیجه‌ها طبق گزارش Al-Dajani و همکاران (۲۰۰۹ میلادی) و Yoon و همکاران (۲۰۰۹ میلادی) مورد تأیید قرار می‌گیرد [۸، ۳]. از طرفی، بازده خمیرسازی برای کاه‌های (A<sub>x</sub>) بیشتر از کاه A است (A<sub>۱</sub> ≈ ۵۵/۲٪ و A<sub>۲</sub> ≈ ۵۴/۴٪ و A<sub>۳</sub> ≈ ۵۱٪ در مقایسه با A ≈ ۵۱٪). چنانچه که دیده می‌شود بازگردانی مایع پیش استخراج بر زمان و دمای خمیرسازی کاه‌های A<sub>۲</sub> و A<sub>۳</sub> در مقایسه با A<sub>۱</sub> تأثیری نداشته اما به مقداری کاهش در بازده خمیرسازی منجر شده است.

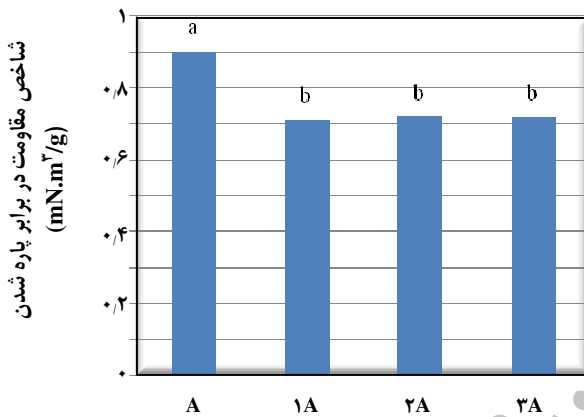
با توجه به شکل ۲، برای رسیدن به درجه روانی مورد نظر (۳۳-۳۴SR°)، خمیر کاغذهای A<sub>x</sub> با دور پالایشگر بالاتر (۴۵۰۰) در مقایسه با کاه A (دوره پالایشگر ۳۰۰۰) پالایش می‌شوند. در مقایسه با A، عملیات پیش استخراج موجب شده است که برای رسیدن به درجه روانی مشخص، خمیر کاغذهای A<sub>x</sub> نیاز به دور بالاتر پالایش داشته باشند که این پدیده ناشی از درصد پایین همی سلولز در خمیرهای تیمار شده است؛ چرا که حضور همی سلولزها در الیاف خمیر کاغذ موجب جذب آب بیشتر الیاف شده، واکنشیدگی و پرزدار شدن راحت‌تر و سریع‌تر و با صرف انرژی کمتری را موجب



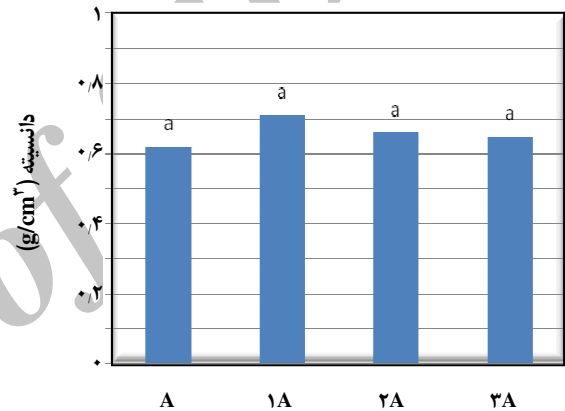
شکل ۴- مقاومت در برابر عبور هوا.



شکل ۲- پالایش خمیر کاغذ.



شکل ۵- شاخص مقاومت در برابر پاره شدن.

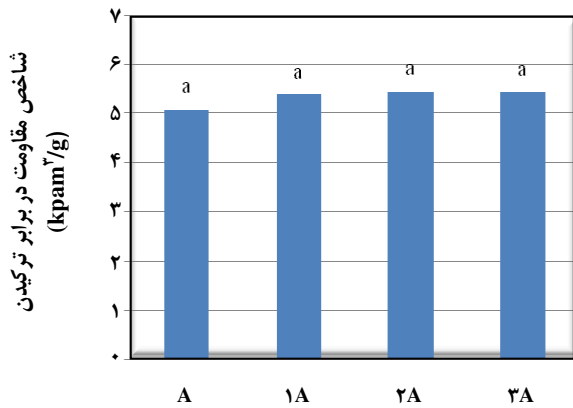


شکل ۳- دانسیته ظاهری.

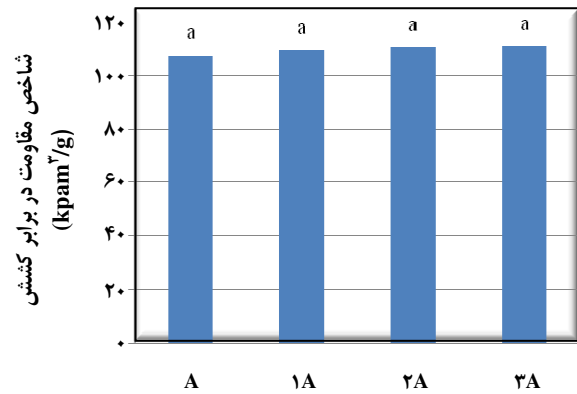
اختلافی معنی‌دار به لحاظ آماری ندارند که این پدیده شاید به دلیل اثر پالایش بیشتر خمیر کاغذهای  $A_x$  برای درجه روانی مشخص، و در نتیجه افزایش لیفی شدن (فیبریلاسیون) داخلی و انعطاف‌پذیرتر کردن الیاف می‌باشد. بنابراین از جنبه مقاومت کششی، افت وزنی حدود ۱۰ درصد در فرایند پیش استخراج کاه گندم مناسب می‌باشد؛ چرا که پیش استخراج در این مقدار افت بازده منجر به کاهش شاخص مقاومت در برابر کشش نشده است. مقاومت در برابر ترک‌کین نیز تابعی از مقدار همی‌سلولزهای باقیمانده در سطح الیاف خمیر کاغذ است که به افزایش پیوندیابی بین الیاف و مقاومت ترک‌کین منجر می‌شود. با توجه به شکل ۷ دیده می‌شود که همانند مقاومت در برابر کشش، مقاومت در برابر ترک‌کین کاغذهای  $A_x$  در مقایسه با کاغذ A به لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارد که این می‌تواند به دلیل اثر پالایش بیشتر

مقاومت در برابر پاره شدن به کل تعداد الیاف شرکت‌کننده در پارگی کاغذ، طول الیاف، تعداد و مقاومت پیوندهای بین الیاف و زمختی الیاف بستگی دارد. با توجه به شکل ۵ مقاومت به پارگی کاغذ A به طور معنی‌داری بالاتر از مقاومت پارگی کاغذهای  $A_x$  است. به دلیل مقدار کمتر همی سلولزها در خمیر کاغذهای  $A_x$ ، دور پالایش بالا موجب کاهش بیشتر مقاومت ذاتی و کوتاه شدن الیاف  $A_x$  شده و در نتیجه منجر به کاهش مقاومت در برابر پاره شدن می‌شود. گزارش‌های Yoon و همکاران در ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ میلادی نتیجه‌های این کار را تأیید می‌کنند [۱۰، ۱۱].

با توجه به نمودار ۶، با توجه به اینکه شاخص مقاومت به کشش، تابعی از مقدار همی سلولزها می‌باشد و هرچند میزان همی سلولزهای کاغذ A بیشتر از کاغذهای  $A_x$  می‌باشد، ولی شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذهای  $A_x$  در مقایسه با کاغذ A،



شکل ۷، شخص مقاومت در برابر ترکیدن



شکل ۶، شخص مقاومت در برابر کشش

نه تنها تأثیری بر سرعت فرایند و میزان پیش استخراج ندارد، بلکه موجب کاهش انرژی مورد نیاز برای تغلیظ مایع یاد شده و باعث صرفه‌جویی در هزینه، زمان و تجهیزات فرایندی نیز می‌شود. پیش استخراج موجب انجام خمیرسازی کاه در دمای پایین‌تر و فاکتور H کمتر می‌شود. بازده خمیرسازی کاه پیش استخراج‌شده بالاتر از خمیرکاغذ A بوده اما بازده کل آن کمتر گزارش می‌شود. مقاومت در برابر هوا و شخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای A<sub>X</sub> نسبت به کاغذ A پایین‌تر است اما تفاوتی بین شخص مقاومت به ترکیدن و کشش خمیر پیش استخراج شده با خمیر شاهد پیش استخراج نشده دیده نشد.

خمیرکاغذهای A<sub>X</sub> باشد. همانگونه که دیده می‌شود، بازگردانی مایع پیش استخراج تأثیری بر شخص مقاومت در برابر کشش و ترکیدن نداشته است.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، تأثیر پیش استخراج همی سلولزهای کاه گندم و همچنین استفاده دوباره از مایع پیش استخراج با آب داغ بر شرایط خمیرسازی و ویژگی‌های خمیرکاغذ سودا-آنتراکینون بررسی و مشخص شد که به‌منظور دستیابی به افت بازده حدود ۱۰ درصد، پیش استخراج بایستی در دمای ۱۵۰ °C و زمان ۳۰ دقیقه صورت گیرد. همچنین شرایط پیش استخراج برای دستیابی به افت بازده یاد شده برای هر سه توالی پیش استخراج یکسان بوده؛ بازگردانی مایع به دست آمده از پیش استخراج و کاربرد دوباره آن به‌عنوان مایع پایه برای پیش استخراج همی سلولزها از کاه تازه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۴

### مراجع

- [1] Yoon S.H., Macewan K., Heiningen A.V., Hot-water Pre-Extraction from Loblolly Pine (*Pinus Taeda*) in An Integrated Forest Products Biorefinery. *Tappi J.*, 7(6), p. 27 (2008).
- [2] Yoon, S.H. , Heiningen , A.V., Krishnagopalan,G.A., Kraft Pulping Integrated with Mild Alkaline Pre-extraction of Southern Mixed Hardwoods. In: 2008 TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference, Portland, Oregon (2008).
- [3] Al-Dajani W.W., Tschirner U.W., Jensen T., Pre-extraction of Hemicelluloses and Subsequent Kraft Pulping Part II: Acid- and Autohydrolysis, *Tappi J.*, Sep, p. 30 (2009).

- [4] Amidon, T., "Extraction of Hemicelluloses from Hardwood Chips with 23% Total Mass Reduction", Portland Oregon, (August 2008).
- [5] Chai, X.-S., Luo, Q., Yoon S.-H., and Zhu, J.Y. The Fate of Hexenuronic Acid Groups During Kraft Pulping of Hardwoods, *JPPS*, **27** (12), p. 403 (2001).
- [6] Helmerius, J., Walter, J.V., Berglund, K.A., Hodge, D.B., Impact of Hemicellulose Pre-extraction for Bioconversion on Birch Kraft Pulp Properties. *Bioresources Technology*, **101**(15), p. 5996 (2010).
- [7] Resalati, H., Kermanian, H., Fadavi, F., Feizmand, M., Effect of Hot-Water and Mild Alkaline Extraction on Soda-AQ pulping of Wheat Straw, *Lignocellulose*, **1**(1), p.71 (2012).
- [8] Yoon S.H., Cullinan H., Krishnagopalan G.A., The Effect of Modified Alkaline of Southern Pine, Integrated with Hemicellulose Pre-Extraction on Pulp Properties, In: 2009 TAPPI Engineering, Pulping and Environmental Conference, Memphis, Tennessee (2009).
- [9] Hosseinpour R., Latibari A.J., Tajedini A., Sepidehdam S.M.J., Hossein M.A., Study on Rapeseed Stem Potential in Paper Production, *Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering (IJCCE)*, **30**(4), p. 83 (2012).
- [10] Yoon S.H., Heiningen A.V., Kraft Pulping and Papermaking Properties of Hot-Water Pre-Extraction Loblolly Pine in an Integrated Forest Products Biorefinery. *Tappi J.*, **7**(7), p. 22 (2008).
- [11] Yoon S.H., Cullinan H., Krishnagopalan G.A., Oxidative-Reductive Modification of Alkaline Pulping of Southern Pine Integrated with Hydrothermal Pre-extraction of Hemicelluloses, in: 2010 TAPPI PEERS Conference, (2010).
- [12] Tesotove, L., Hemicellulose Extraction from Birch Wood Prior to Kraft Cooking (Extraction Optimization and Pulp Properties Investigation). Luleå University of Technology, Master's Thesis, p.1-69, (2006).