بررسی امکان تولید خمیر NSSC و کاغذ فلوتینگ از باگاس

احمد ثمریها [1]، امیر هومن حمصی [2]، مجید کیائی [3]

چکیده

در این مطالعه امکان ساخت کاغذ کنگره‌ای از ماده اولیه باگاس مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور نمونه‌های باگاس از مسیر خط تولید کارخانه کاغذ پارس بعد از مرحله‌ی مغززدایی تر جمع‌آوری شد. میانگین کلی طول، قطر و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه به‌ترتیب 1/596 میلی‌متر، 20/961 و 9/719 میکرومتر اندازه‌گیری شد. ترکیب شیمیایی شامل میزان سلولز، لیگنین، خاکستر، مواد استخراجی به‌ترتیب 55/75، 20/5، 1/85 و 3/25 درصد اندازه‌گیری شد. پخت بهینه در بازده 74/95 درصد با شرایط 20 درصد مواد شیمیایی بر مبنای اکسید سدیم با دمای پخت 170 درجه سانتی‌گراد و زمان پخت 30 دقیقه انتخاب گردید. سپس پالایش خمیر تا دو درجه روانی 345 و 433 (CSF) انجام گرفت. از هر دو خمیر، کاغذ دست‌ساز با وزن پایه 127 gr/m^2 تهیه و ویژگی‌های مقاومتی آن با استفاده از آزمون‌های استاندارد TAPPI اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج این اندازه‌گیری‌ها حاکی از آن است که کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس با درجه روانی 345 و 433 میلی‌لیتر (CSF) در تمام شاخص‌های مقاومتی دارای ویژگی‌های مقاومتی کاملا برتر نسبت به خمیر NSSC پهن‌برگان تولید کارخانه چوب و کاغذ مازندران می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: **باگاس، خمیر NSSC، کاغذ فلوتینگ، آزمون RCT.**

1- دانشجوی دوره دکتری تخصصی علوم و صنایع چوب و کاغذ و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، نویسنده مسئول a_samariha@yahoo.com

2- دانشیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

3- عضو هیات علمی گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس

مقدمه

کاغذ فلوتینگ[1] یکی از فرآورده‌های مهم و پرمصرف صنعت کاغذسازی به‌خصوص برای استفاده در صنایع بسته‌بندی می‌باشد که تا قبل از بهره‌برداری از طرح صنایع چوب و کاغذ مازندران تقریبا به‌طور کامل وارداتی بوده-است. به‌دلیل نیاز روز افزون کشور به این محصول و برای تامین بخشی از این نیاز کارخانه چوب و کاغذ مازندران، یک خط تولید کاغذ کنگره‌ای با ظرفیت تولید سالیانه 75000 تن کاغذ کنگره‌ای با وزن پایه 113 تا gr/m^2 128 در نظر گرفته است. برای تولید خمیرکاغذ مورد نیاز، یک خط تولید خمیر با فرآیند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) با ظرفیت تولید روزانه 300 تن نصب گردید. ماده‌ی اولیه چوبی مورد نیاز این خط تولید خمیرکاغذ، مخلوطی با بیش از ده گونه چوبی پهن‌برگ جنگل‌های شمال کشور با درصد اختلاط معین می‌باشدکه متاسفانه جنگل در اختیار این کارخانه نمی‌تواند جوابگوی حتی 30 درصد ماده اولیه کل کارخانه باشد. برای گریز از این محدودیت و کاهش مشکلات ناشی از کمبود مواد اولیه چوبی، استفاده از منابع سلولزی گیاهان غیرچوبی امری ضروری و اجتناب ناپذیر است [8]. بر اساس اطلاعات موجود، الیاف خمیر حاصل از باگاس جهت تولید خمیر و کاغذ، می‌تواند ماده مناسبی باشد [2]. این تحقیق با توجه به محدودیت تامین چوب از جنگل‌های شمال، و جهت تهیه‌ی خمیرکاغذ مورد نیاز برای تولید و یا تامین بخشی از ماده اولیه‌ی ساخت کاغذ کنگره‌ای در مجتمع چوب و کاغذ مازندران به انجام رسیده‌است.

فخریان و همکاران (1379)تحقیقی به‌منظور بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذ چوب گونه اکالیپتوس میکروتکای منطقه دهنوی نورآباد ممسنی استان فارس انجام دادند. در این مطالعه با استفاده از روش سولفیت خنثی و با در نظر گرفتن میزان سولفیت سدیم از 10 الی 14 درصد، بیکربنات سدیم از 4 تا 8 درصد و زمان پخت 30 و 45 دقیقه، بازده خمیرکاغذها 64/59 تا 70/91 درصد به‌دست آمد. به‌منظورتهیه کاغذ دست‌ساز، خمیرکاغذها تا رسیدن به درجه روانی 435 میلی‌لیترCSF پالایش شدند. شاخص مقاومت به ترکیدن، شاخص پارگی و طول پاره شدن کاغذهای حاصل به‌ترتیب بین 1/722 تا $Kpam^2/g$ 2/890، 7/460 تا Nm^2/g 8/262، 4/11 تا 5/140 Km به-دست آمده است [13]. خاصی‌پور (1379) تحقیقی در مورد استفاده از باگاس استان مازندران در فرآیندNSSC انجام داد. نتایج حاصل از آزمون‌های مقاومتی کاغذهای 60 گرمی حاصل در دو درجه روانی 325 و 375 CSF نشان داد که کاغذهای حاصل از درجه روانی 375 میلی لیترCSF از مقاومت‌های بالاتری برخوردار می‌باشد [6]. رودی (1380) مطالعاتی در خصوص ساخت کاغذ با روش نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی با استفاده از ساقه گیاه آفتابگردان انجام داد. نتایج حاصل از مقاومت‌های کاغذ 127 گرمی حاصل در دو درجه روانی 328 و 372 CSF نشان داد که کاغذهای حاصل از درجه روانی 328 میلی‌لیترCSF از مقاومت‌های بالاتری برخوردار می‌باشد [8]. افرابندپی (1382) خواص کاغذ حاصل از اختلاط صنوبر دلتوئیدس و پالونیا به روش نیمه‌شیمیایی سولفیت خنثی را مطالعه کرد. طبق تحقیقات ایشان، افزودن 10 درصد خمیر پالونیا به خمیر صنوبر قابل قبول بوده و تاثیر چندانی بر خواص مقاومتی کاغذ نداشته و از نظر آماری نیز در مقایسه با کاغذ خالص صنوبر کاهش معنی‌داری در شاخص‌های مقاومتی کاغذ حاصل مشاهده نمی‌گردد. از طرفی اختلاط خمیر پالونیا به نسبت بیش از 10 درصد، باعث کاهش قابل ملاحظه برخی خصوصیات مقاومتی مانند مقاومت در برابر ترکیدن، طول پاره شدن و مقاومت کششی می‌شود،

[1]- Fluting Paper

ولی تاثیر چندانی بر روی برخی مقاومت‌ها مانند مقاومت در برابر پاره شدن، سفتی و مقاومت به له‌شدگی حلقه‌ای ندارد [1]. حسینی (1383) درمورد استفاده از کاه گندم با استفاده از فرآیند NSSC مطالعاتی انجام داد. دراین تحقیق دما در دو سطح (165 و 175 درجه سانتی‌گراد)، زمان در سه سطح (20، 30 و40 دقیقه) و درصد مـواد شیمیایی در سه سطح سولفیت سدیم (12 ، 14 و 16%) اعمال گردید. بعد از اتمام پخت و ساخت کاغذ دست‌ساز 60 گرمی مشخص شد که تیمار 175 درجه سانتی‌گراد،30 دقیقه و 16% سولفیت سدیم در دو ویژگی شاخص مقاومت به ترکیدن و مقاومت به تاشدن بالاترین مقادیر را نشان می‌دهد که به‌ترتیب عبارت بودند از $Kpa.m^2/g$ 5/3220 وlog 3/1. لازم بذکر است که بازده تیمار فوق 51/10 درصد گزارش شده است[5]. ویسی و همکـار (1387) به بررسی امکان تولید خمیر NSSC و کاغذ فلوتینگ از پسماندهای هرس کیوی پرداخت. در این تحقیق با استفاده از شرایط پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران و زمان 1/45 ساعت، بازده 75 درصد حاصل گردید. بعد از ساخت کاغذهای دست‌ساز خواص مقاومتی با استفاده از استاندارد TAPPI اندازه‌گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار مقاومت مربوط به شاخص ترکیدن، طول پارگی، مقاومت کششی و مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه در کاغذ حاصل از خمیر NSSC کیوی + 10 درصد الیاف بلند وارداتی و کمترین آنها در کاغذ حاصل از خمیر NSSC کیوی مشاهده شد [14]. هارتر[1] (2002) به مطالعه تولید خمیرکاغذ از مواد اولیه غیر چوبی به‌خصوص باگاس و انواع کاه پرداخت. نتایج تحقیقات او نشان داد که طول پارگی(متر)، فاکتور مقاومـت بـه ترکیدن(Kpa.m2/gr) و له شدگی حلقوی (Ring Crush) کاغذهای کنگره‌ای حاصل از باگاس به ترتیب 5510، 32 ، 38 و کلش برنج به ترتیب 3270، 20/8، 26 بوده است [16]. همچنین طول الیاف باگاس توسط سپیده‌دم (1383)، شیخی (1383)، حسین‌زاده (1384) و آتچیسن[2] (1987) به‌ترتیب، 1/538، 1/65، 1/59 و 1/5 میلی‌متر گزارش شده‌است [4، 9، 10 و 15]. میزان سلولز باگاس توسط صالحی (1378)، شیخی (1383)، حـسین زاده (1384)، سپیده‌دم (1383) به‌ترتیب، 55/3، 55/85، 54/3، 55/33 درصد گزارش شـده‌اسـت [4، 9، 10 و 11]. سپیده‌دم و همکاران (1383) تهیه خمیرکاغذ نیمه‌شیمیایی از باگاس با کمک اتانول – قلیایی را بررسی و شرایط بهینه آنرا تعیین کردند[9]. صادقی و همکاران (1386) به بررسی پتانسیل بازهای آلی در تهیه خمیرکاغذ از باگاس پرداختند [11]. رسالتی و همکاران (1386) به بررسی تولید کاغذ روزنامه از مخلوط خمیرکاغذ شیمیایی باگاس و خمیرکاغذ CMP پهن‌برگان پرداخته است [7]. پطرودی (1379) به بررسی استفاده از خمیرکاغذ سودای باگاس به‌منظور تولید کاغذ روزنامه در صنایع چوب و کاغذ مازندران پرداخت[3]. لذا این تحقیق با هدف دستیابی به شرایط بهینه تهیه‌ی خمیر و کاغذ از باگاس با استفاده از فرآیند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی انجام شده‌است.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه: نمونه‌های باگاس از مسیر خط تولید کارخانه کاغذ پارس بعد از مرحله مغززدایی‌تر[3] جمع‌آوری شد.

[1]- Hurter
[2]-Atchison
[3]-Wet Depithing

اندازه‌گیری ابعاد الیاف: برای آماده‌سازی نمونه‌های مورد نظر از روش فرانکلین[1] (1954) استفاده شد و ابعاد الیاف با استفاده از دستگاه آنالیز تصویری LEICAQ5000MC اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی: اندازه‌گیری درصد ترکیبات شیمیایی باگاس بر اساس استانداردهای شماره 85-T207-om، T207-om-97، T 211-om-93 و T222-om-98 آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت.

پخت‌های آزمایشگاهی

پس از انتقال باگاس مغززدایی شده به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کارخانه چوب و کاغذ مازندران از فرایند پخت نیمه‌شیمیایی سولفیت‌خنثی (NSSC) با استفاده از دیگ پخت آزمایشگاهی (HATTO) از نوع دورانی و منقطع، دارای محفظه با گنجایش 10 لیتر و سیستم گرم‌کننده آن از نوع المنت الکتریکی است انجام شد. پس از انجام چهار پخت آزمایشی، خمیر NSSC با بازده 74/95 درصد تهیه شد. برای پخت باگاس از لیکور پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران سولفیت سدیم (Na_2SO_3) و کربنات سدیم (Na_2CO_3)، با نسبت وزنی 2/77 به 1 سولفیت به کربنات استفاده گردید. پخت باگاس در شرایط زیر انجام شد (جدول 1).

جدول 1- شرایط بهینه برای تولید خمیر NSSC حاصل از باگاس

شرایط پخت	خمیر NSSC باگاس	شرایط پخت	خمیر NSSC باگاس
نسبت L:W	10:1	مواد شیمیایی مصرفی (%)	20
زمان آغشته سازی (min)	30	فشار (bar)	9/5
(gr/l) Na_2O	135	PH ابتدایی	10/15
(gr/l) SO_2	95	PH نهایی	8/95
دما (°C)	170	بازده (%)	74/95
زمان پخت (min)	30	نام ماده شیمیایی مصرفی	سولفیت سدیم (Na_2SO_3)

پالایش خمیر کاغذ و ساخت کاغذ دست‌ساز

برای پالایش خمیر NSSC حاصل از باگاس، بر اساس استاندارد CPPA-C.7، از پالاینده آزمایشگاهی PFI Mill و با دور 2600 و 5500 استفاده شد تا خمیر NSSC باگاس با درجه روانی اولیه 710 (CSF)، به درجه روانی نهایی 433 و 345 (CSF) برساند. خمیرهای NSSC کارخانه نیز با دور 3800 برای رسیدن به درجه روانی 414 (CSF) و خمیر الیاف بلند وارداتی سفید نشده جهت اختلاط با خمیر کارخانه تا رسیدن به درجه روانی 520، با دستگاه PFI Mill پالایش گردید. از خمیر NSSC باگاس و خمیر کارخانه چوب کاغذ مازندران (نمونه شاهد)، طبق آزمون شماره T205-om-88 استانداردTAPPI، تعداد 8 عدد کاغذ دست ساز با گرماژا $127gr/cm^2$ تهیه شد.

تعیین ویژگی‌های خمیرکاغذ

تعیین ویژگی‌های خمیرکاغذ تهیه شده و اندازه‌گیری خصوصیات مقاومتی کاغذهای حاصل از آن، به جز مقاومت در برابر پاره‌شدن که بر اساس آیین‌نامه SCAN استاندارد شماره P_{11}:73 محاسبه شد، بقیه طبق

[4]- Franklin

استانداردهای متداول آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت. برای مقایسه نتایج این تحقیق از خمیرکاغذ NSSC موجود در برج ذخیره‌سازی کارخانه چوب و کاغذ مازندران به همراه 5% الیاف بلند وارداتی (به عنوان شاهد) نمونه‌برداری شد.

روش تجزیه و تحلیل آماری

برای مقایسه میانگین‌های نتایج آزمون‌های مختلف مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از آنالیز تجزیه واریانس و آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد.

نتایج

ترکیبات شیمیایی

آنالیز شیمیایی باگاس به‌منظور تعیین میزان ترکیبات شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی انجام گرفت و اطلاعات مربوط به آن در جدول 2 ارایه شده‌است. میزان سلولز باگاس در مقایسه با پهن‌برگان و سوزنی‌برگان بالاتر است. میزان لیگنین آن در مقایسه با گیاهان چوبی و غیر چوبی کمتر است که این عامل مثبتی در انتخاب باگاس به‌عنوان ماده اولیه در صنایع کاغذسازی محسوب می‌گردد. مواد استخراجی آن نسبت به گیاهان غیرچوبی کمتر ولی نسبت به گیاهان چوبی بیشتر است.

جدول 2- میانگین ترکیبات شیمیایی باگاس

خواص ترکیبات شیمیایی باگاس	
سلولز (%)	55/75
لیگنین (%)	20/50
مواد استخراجی (%)	3/25
خاکستر (%)	1/85

ابعاد الیاف

میانگین طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی الیاف باگاس در جدول 3 به طور خلاصه آورده شده‌است. الیاف باگاس از نظر کلاسه طولی در دسته متوسط با طول بین 0/9 تا 1/9 میلی‌متر قرار می‌گیرد که مقدار به‌دست آمده به مراتب بیشتر از گونه‌های غیرچوبی و چوبی پهن‌برگان می‌باشد. جدول 4 ضرایب کاغذسازی الیاف باگاس را نشان می‌دهد.

جدول 3- بیومتری الیاف باگاس

ویژگی الیاف	میانگین
طول (میلی‌متر)	1/594
قطر سلول (میکرومتر)	20/961
قطرحفره (میکرومتر)	9/719
ضخامت دیواره (میکرومتر)	5/638

جدول 4- ضرایب کاغذسازی الیاف باگاس

خواص	
ضریب درهم رفتگی	76/05
ضریب انعطاف پذیری (%)	46/37
ضریب رانکل (%)	116/02

پخت خمیرکاغذ

با استفاده از 10 درصد مواد شیمیایی (نسبت به وزن خرده‌های کاملا خشک)، زمان پخت 30 دقیقه، درجه حرارت 170 درجه سانتی‌گراد و نسبت 10 لیتر مایع پخت به یک کیلوگرم باگاس، پخت آزمایشی باگاس انجام گرفت که نتایج حاصل مطلوب نبود. با توجه به اطلاعات مقدماتی و برای انتخاب شرایط بهینه‌ی پخت، پخت اصلی با شرایط شدیدتر بر روی باگاس با مصرف 20 درصد مواد شیمیایی انجام گرفت. پس از بررسی اطلاعات و مقایسه نتایج پخت‌های آزمایشی، شرایط بهینه پخت انتخاب گردید. خمیر بهینه نسبت به سایر خمیرها، رنگ روشن‌تر و احساس لمس[1] (سطح نرمتر) بهتری داشت. به‌دلیل این‌که پخت‌های شدیدی روی باگاس از نظر زمانی صورت نگرفت و الیاف آن به‌خوبی جدا نشده بود و دارای سطح زبری بود به همین دلیل از دفیبراتور آزمایشگاهی برای دفیبره کردن الیاف استفاده شد.

پالایش‌پذیری خمیر

درجه روانی اولیه خمیر NSSC باگاس به‌علت عدم پراکنش یکنواخت الیاف و قابلیت آبگیری سریع از آن تا حدی زیاد بود، بدیهی است این خمیر برای ساخت کاغذ مناسب نمی‌باشد. بنابراین برای بهبود پراکنش الیاف و کنترل زهکشی آب از خمیرکاغذ و در نهایت بهبود خصوصیات مقاومتی کاغذ حاصل، باید در خمیر و الیاف آن تغییراتی ایجاد گردد که این تغییرات از طریق فرآیند پالایش امکان‌پذیر است.

تهیه کاغذ دست‌ساز

با توجه به تولید کاغذ کنگره‌ای با وزن پایه 127 گرم بر متر مربع در کارخانه، اقدام به تهیه کاغذ دست‌ساز با وزن پایه $127\ gr/m^2$ گردید. همچنین، به‌منظور یکسان‌سازی شرایط، از 95% خمیر NSSC کارخانه به‌همراه 5%

[1]-Handfeeling

الیاف بلند وارداتی نیز کاغذهای دست‌ساز $127gr/m^2$ تهیه و سپس ارزیابی و مقایسه ویژگی‌های مقاومتی کاغذ انجام شد.

خصوصیات فیزیکی و مقاومتی کاغذهای دست‌ساز

نتایج حاصل از بررسی خصوصیات مقاومتی کاغذهای تهیه شده در جدول 5 ارایه شده‌است. تجزیه و تحلیل آماری خواص فیزیکی خمیرکاغذ NSSC کارخانه و خمیرهای خالص باگاس با درجات روانی 345 و 433 میلی‌لیتر (CSF) نشان داد که در وزن پایه تقریبا برابر، خمیر خالص باگاس با درجه روانی 345 میلی‌لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر نسبت به خمیر خالص تولید داخل و خمیر باگاس با درجه روانی 433 می‌باشد که علت این امر بالا بودن سطح پیوندپذیری بین الیاف در این خمیر بود.

مطابق نتایج، بیشترین مقدار شاخص مقاومت به کشش، مقاومت به له‌شدگی کنگره‌ای در کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس با درجه روانی 345 و کمترین آن در کاغذ فلوتینگ حاصل از خمیر NSSC کارخانه چوب و کاغذ مازندران مشاهده شد. از نظر آماری و در سطح اعتماد 99 درصد کاغذهای ساخته شده در درجه روانی (345 و 433 CSF) با هم در یک گروه قرار داشته و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. شاخص مقاومت به کشش کاغذ ساخته شده حاصل از خمیر NSSC کارخانه، در گروه دیگر قرار گرفته و دارای تفاوت معنی‌دار با دو گروه دیگر می‌باشد (شکل 1 و 5).

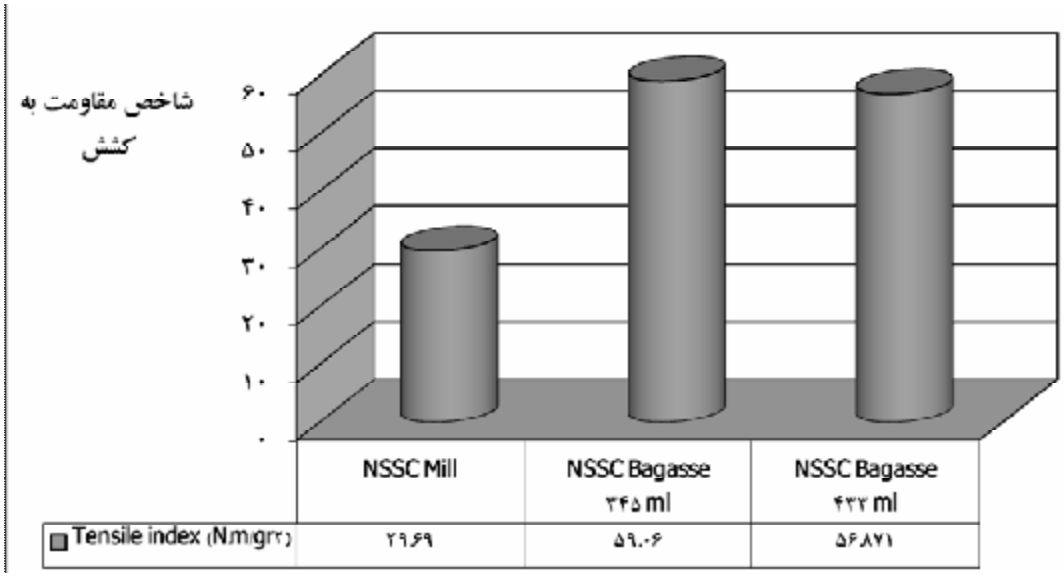
تجزیه و تحلیل آماری مقادیر اندازه‌گیری شده ویژگی‌های مقاومتی از جمله طول پارگی، شقی کاغذ، شاخص مقاومت به پاره‌شدن و شاخص مقاومت به ترکیدن در کاغذ تهیه شده از خمیر باگاس با درجه روانی 345 به طور معنی‌دار بیشتر از کاغذهای حاصل از خمیر NSSC کارخانه بود و همچنین ویژگی‌های مقاومتی آن به طور معنی‌دار از خمیر حاصل از درجه روانی 433 بیشتر بوده‌است (شکل 2، 3، 4 و 6). کاغذ حاصل از خمیر باگاس با درجه روانی 433 میلی‌لیتر نیز از نظر شاخص‌های مقاومتی کاملا برتر از کاغذ تهیه شده از خمیر کارخانه است. با توجه به اولویت ویژگی‌های مقاومتی مقاومت به له‌شدگی حلقوی، شاخص مقاومت به کشش و شقی کاغذ در کاغذهای کنگره‌ای و اهمیت کمتر شاخص مقاومت به ترکیدن در این نوع کاغذها، می‌توان از خمیر کاغذهای خالص باگاس با درجات روانی 345 و 433 میلی‌لیتر (CSF) برای تهیه کاغذ کنگره‌ای (فلوتینگ) استفاده نمود. با توجه به این‌که خمیر کاغذ با درجه روانی 345 و 433 میلی‌لیتر (CSF) به لحاظ ویژگی‌های مقاومتی مقاومت به له‌شدگی حلقوی و شاخص مقاومت به کشش که تفاوت معنی‌داری با هم ندارند می‌توان برای ساخت کاغذ فلوتینگ خمیر کاغذ با درجه روانی 433 میلی‌لیتر (CSF) را پیشنهاد داد.

جدول 5- خواص فیزیکی و مقاومتی کاغذهای کنگره‌ای دست‌ساز

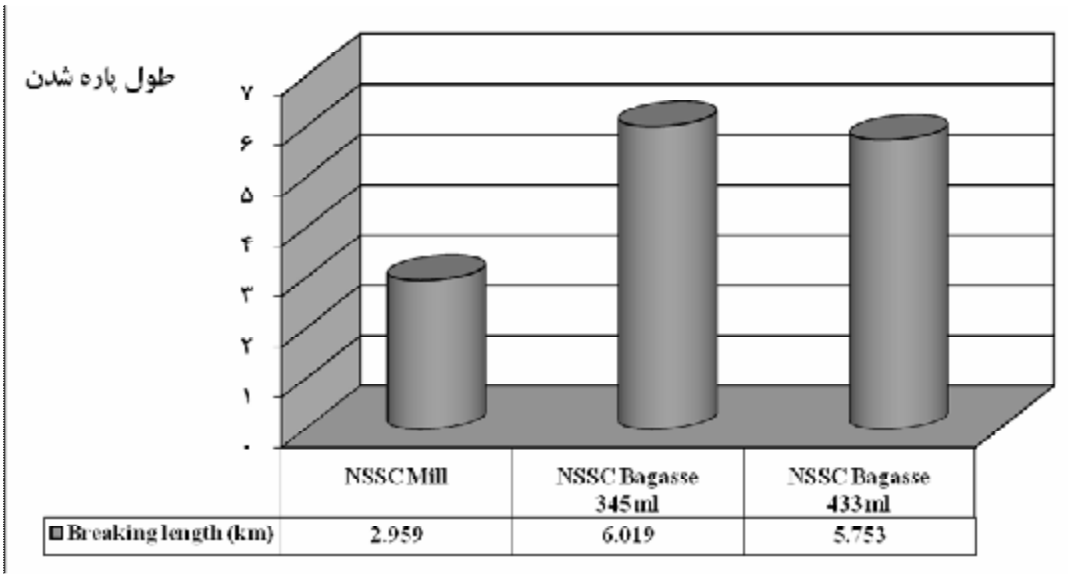
ماده اولیه / ویژگی کاغذ	95% خمیر NSSC کارخانه با درجه روانی 414 میلی‌لیتر+ 5% الیاف بلند	خمیر NSSC باگاس با درجه روانی 345 میلی‌لیتر	خمیر NSSC باگاس با درجه روانی 433 میلی‌لیتر
وزن مخصوص (gr/cm^3)	127/625	127/25	126/75

ضخامت (میکرومتر)	255/25	221/39	223/15
شاخص مقاومت به کشش (N.m/gr)	29/69*	59/06ns	56/871ns
طول پاره شدن (Km)	2/959*	6/019*	5/753*
شقی (KN/m)	429/93*	708/1*	683/9*
مقاومت به لەشدگی حلقه ای (KN/m)	1/2525*	1/65 ns	1/641 ns
شاخص مقاومت به پارەشدن ($mN.m^2/gr$)	4/796*	7/386*	6/870*
شاخص مقاومت به ترکیدن ($KPa.m^2/gr$)	1/505*	3/534*	3/069*

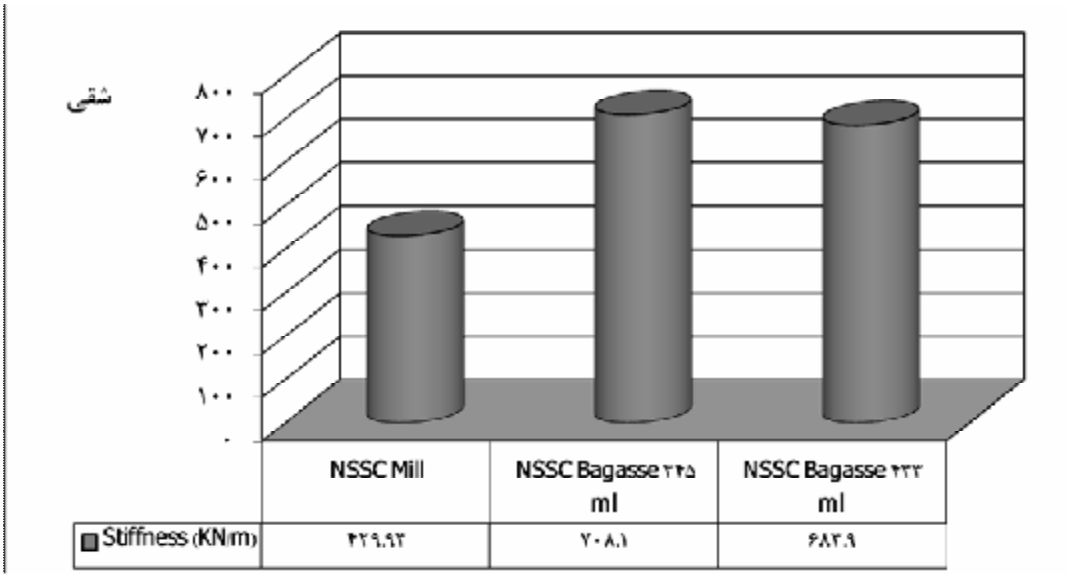
*: تفاوت معنی‌دار در سطح 1 درصد ns: عدم وجود تفاوت معنی‌دار



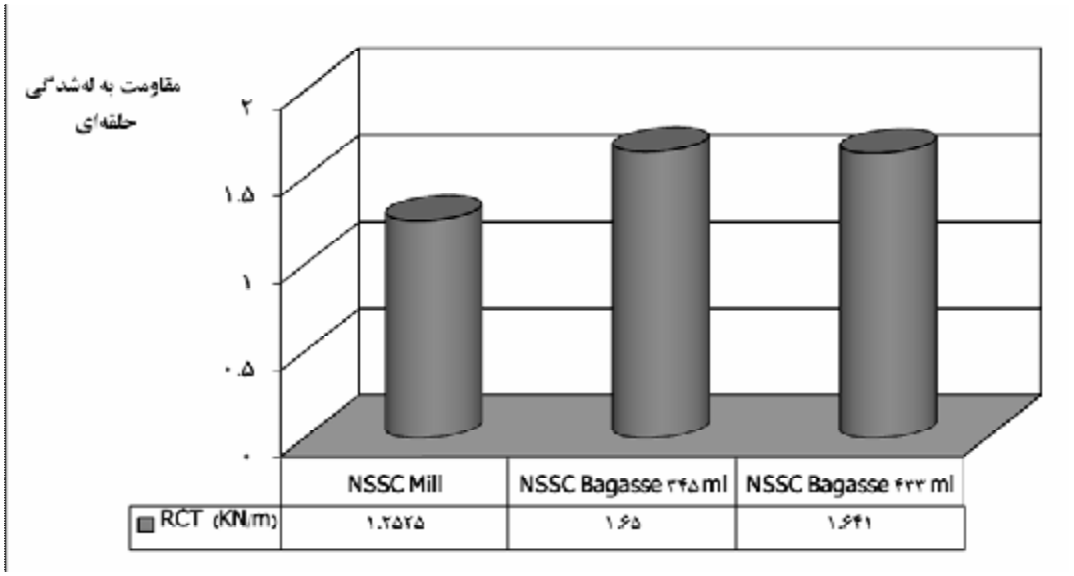
شکل 1- مقایسه شاخص مقاومت به کشش کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس و خمیر NSSC کارخانه



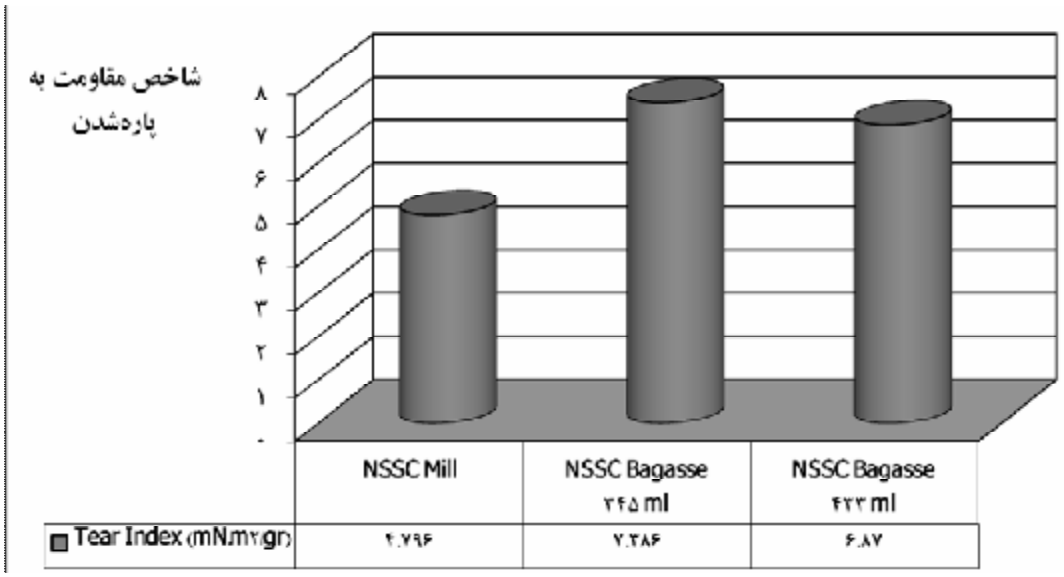
شکل 2- مقایسه طول پاره‌شدن کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس و خمیر NSSC کارخانه



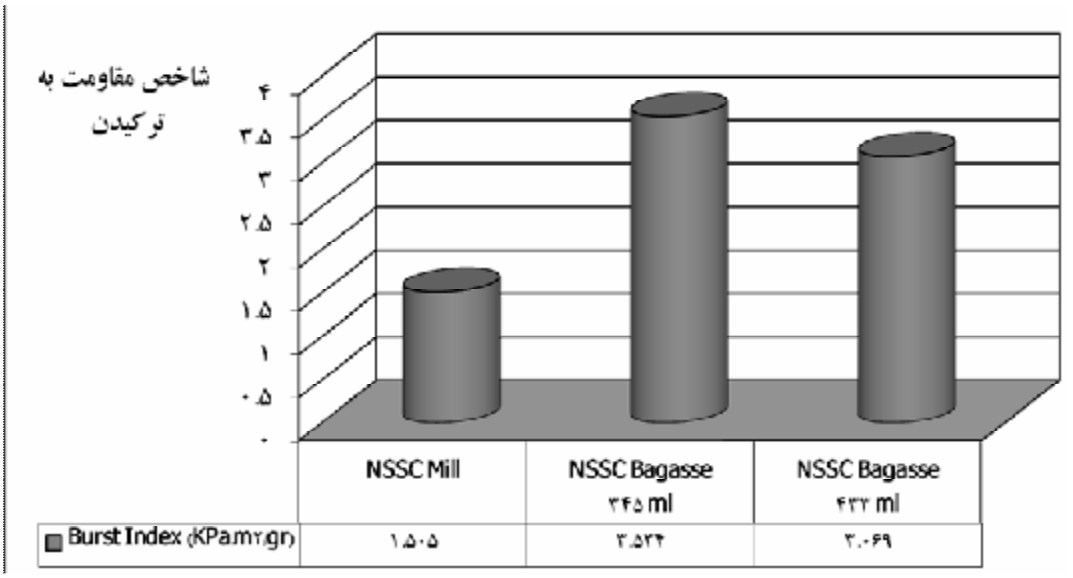
شکل 3- مقایسه شقی کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس و خمیر NSSC کارخانه



شکل 4- مقایسه مقاومت به له‌شدگی حلقه‌ای کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس و خمیر NSSC کارخانه



شکل 5- مقایسه شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس و خمیر NSSC کارخانه



شکل 6- مقایسه شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل از خمیر NSSC باگاس و خمیر NSSC کارخانه

بحث

نتایج به‌دست آمده در این بررسی نشان داد که:

1. آنالیز ترکیبات شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر برای باگاس انجام گرفت که میانگین آن به‌ترتیب 55/75، 20/5، 3/25 و 1/85 درصد اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که با توجه به این‌که میزان سلولز باگاس از گونه‌های چوبی نسبتا بالاتر و لیگنین و مواد استخراجی آن نسبت به گیاهان غیرچوبی کمتر است بنابراین ماده مناسبی در صنایع کاغذسازی محسوب می‌گردد. در زیر مقایسه‌ای بین سلولز باگاس و دیگر مواد لیگنوسلولزی که از منابع مختلف جمع آوری شده ارایه می‌گردد: سلولز باگاس در مقایسه با گیاهان غیر چوبی نظیر کاه گندم 42/5% (حسینی1382)، ساقه آفتابگردان 47/27% (رودی1380)، باگاس منطقه مازندران 50% (خاصی‌پور1379)، از مقدار سلولز زیادتری برخوردار است.

2. نتایج اندازه‌گیری الیاف باگاس نشان داد که الیاف باگاس در دسته الیاف متوسط قرار گرفت. میانگین کلی طول الیاف 1/594 میلی‌متر و ضخامت دیواره سلولی 9/719 میکرومتر اندازه‌گیری شده‌است. طول الیاف باگاس نسبت به گونه‌های پهن‌برگ و غیرچوبی بیشتر و از پراکنش نسبتا خوبی برخوردار است و با تقریب مناسبی از توزیع نرمال پیروی می‌کند. ضخامت سلولی زیاد در مورد الیاف بیان کننده انعطاف پذیری الیاف در فرآیند پالایش خمیر کاغذ می‌باشد. افزایش ضخامت دیواره الیاف، تاثیر مستقیم در خواص مقاومتی الیاف دارد. در نتیجه انتظار

می‌رود که کاغذ حاصل در اثر پالایش دارای ویژگی‌های مقاومتی خوبی باشد. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، کاه گندم1/132mm (حسینی1382)، ساقه آفتابگردان 0/958 میلی‌متر(رودی1380)، گزارش گردیده‌است. ملاحظه می‌شود که طول الیاف باگاس از متوسط طول الیاف دیگر منابع لیگنوسلولزی قابل دسترس در ایران بلندتر است.

3. با توجه به آزمایش‌های صورت گرفته، بهترین شرایط پخت دمای 170 درجه سانتی‌گراد، زمان پخت 30 دقیقه، 20 درصد مواد شیمیایی و نسبت مایع پخت به ماده اولیه 10 به 1 به‌دست آمد. در این شرایط پخت، بازده 74/95 درصد حاصل گردید.

4. تجزیه و تحلیل آماری خواص فیزیکی کاغذهای کنگره‌ای تهیه شده نشان داد که خمیر باگاس با درجه روانی 345 به علت سطح پیوندی بیشتر بین الیاف، کاملا برتر از خمیر NSSC کارخانه و خمیر باگاس با درجه روانی 433 می‌باشد. بدین ترتیب که با وزن پایه برابر($127\ gr/cm^2$)، خمیر خالص باگاس با درجه روانی 345 میلی‌لیتر (CSF) دارای ضخامت کمتر نسبت به خمیر خالص کارخانه می‌باشد.

5. تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های مقاومتی کاغذها نشان داد که کاغذ تهیه شده از خمیر باگاس با درجه روانی 345 و 433 در تمام شاخص‌های مقاومتی به‌طور معنی‌دار خواص مقاومتی مطلوب‌تری نسبت به کاغذ کارخانه چوب و کاغذ مازندران داشت. مقایسه مقاومت‌ها با سایر منابع نشان داد که مقاومت به له‌شدن در حالت حلقه آن نسبت به ساقه آفتابگردان (1/937 کیلو نیوتن بر متر) کمتر می‌باشد(6). شقی آن نسبت به ساقه آفتابگردان (685/5 کیلو نیوتن بر متر) بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت در برابر کشش آن نسبت به باگاس مازندران (46/686 نیوتن متر بر گرم) و ساقه آفتابگردان (41/286 نیوتن متر بر گرم) بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت در برابر پاره شدن آن نسبت به باگاس مازندران (6/5 میلی نیوتن متر مربع بر گرم) کمتر و ساقه آفتابگردان (6/06 میلی نیوتن متر مربع بر گرم) بیشتر می‌باشد. شاخص مقاومت در برابر ترکیدن آن نسبت به باگاس مازندران (3/07 کیلو پاسکال متر مربع بر گرم) و همچنین ساقه آفتابگردان (2/017 کیلو پاسکال متر مربع بر گرم) بیشتر می‌باشد. طول پاره شدن آن نسبت به باگاس مازندران (5/06 کیلومتر) و همچنین ساقه آفتابگردان (4/21 کیلومتر) نیز بیشتر می‌باشد.

منابع

1. افرابندپی، ا، (1382) بررسی مقایسه ای خواص کاغذ حاصل از صنوبر دلتوئیدس و پالونیا به روش نیمه شیمیایی سولفیت خنثی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. صفحه 108.
2. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی، (1378)، چهار محصول زراعی و صنعتی (چغندر قند، پنبه، آفتابگردان، نیشکر)، چاپ اول، انتشارات وزارت کشاورزی معاونت و برنامه ریزی و بودجه اداره کل آمار و اطلاعات، 136 صفحه.
3. پطرودی، ج (1379)، بررسی قابلیت تولید خمیر کاغذ شیمیایی سودای باگاس مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. 104 صفحه.
4. حسین زاده، ا، (1384)، بررسی و تعیین رابطه بین شدت پخت و ویژگیهای خمیرکاغذ و کاغذ سودا از باگاس پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. صفحه 98.
5. حسینی، ا، (1383)، بررسی امکان تهیه خمیر کاغذ از کاه گندم به روش سولفیت خنثی(NSSC) جهت تهیه کاغذ کنگره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه 78.
6. خاصی پور، ف، (1381). بررسی تولید خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از باگاس مازندران و ارزیابی آن به منظور تولید کاغذ کنگره‌ای در صنایع چوب و کاغذ مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه 82.
7. رسالتی، ح و پطرودی، ج (1386) بررسی تولید کاغذ روزنامه از مخلوط خمیر کاغذ شیمیایی باگاس و خمیر کاغذ CMP پهن برگان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد چهاردهم، شماره اول، فروردین - اردیبهشت 1386 صفحه 52-58.
8. رودی، ح، (1381) بررسی تولید خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی از ساقه آفتابگردان و ارزیابی آن به منظور تولید کاغذ کنگره‌ای در صنایع چوب وکاغذ مازندران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه 95.
9. سپیده‌دم، ج، (1383)، تعیین شرایط مناسب پخت فرایند حلال آلی به منظور تولید خمیر کاغذ نیمه شیمیایی از باگاس. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. صفحه 115.
10. شیخی، پ، (1383) بررسی امکان ساخت خمیر کاغذ روزنامه از باگاس به روش مکانیکی پراکسید قلیاییAPMP. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، صفحه 112.
11. صادقی، ا، عبدالخانی، ع، همزه، ی، میرشکرایی، ا و کریمی، ع ن (1386). بررسی پتانسیل بازهای آلی در تهیه خمیرکاغذ از باگاس، دوفصلنامهٔ علمی پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران. جلد 22، شماره 2، صفحهٔ 80-73.
12. صالحی، ک، (1379) بررسی و تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی بازده زیاد از باگاس. تحقیقات چوب و کاغذ شماره (10)، نشریه شماره 232 موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع صفحه 54-34.
13. فخریان،ع، حسین زاده، ع و گلبابائی، ف (1379). بررسی ویژگی‌های خمیر کاغذ چوب گونه اکالیپتوس میکروتکا و کاربرد آنها. تحقیقات چوب و کاغذ شماره (13)، نشریه شماره 255 موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع صفحه 68-40.
14. ویسی، ر و یوسفی، ف. (1387)، بررسی امکان تولید خمیر NSSC و کاغذ فلوتینگ از پسماندهای هرس کیوی. فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی چالوس سال سوم، شماره اول، صفحه 64-51.
15. Atchison, J.E., Nov 1987, Present status and future prospects for use of non-wood plant fiber for paper grade pulp and paper, tuscon, AZ: 55-72
16. Hurter.p, April 2002, Eng: Physical Properties of Corrugating Medium Content Papers Produce With Non-wood Pulp, Hurter Consult Incorporated.