



دانشگاه گوارزی و منابع طبیعی گرگان

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و دوم، شماره چهارم، ۱۳۹۴

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

## اثر حذف مغز بر ویژگی‌های خمیرسازی و کاغذ حاصل از باگاس

\*اسماعیل رسولی گرمارودی<sup>۱</sup>، جلیل رشیدآوی<sup>۲</sup>، امید رضانی<sup>۳</sup> و احمدرضا سرائیان<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس ۱ دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، مازندران،

<sup>۲</sup>کارشناس ارشد گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس ۱ دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، مازندران،

<sup>۳</sup>استادیار گروه مهندسی فناوری سلولز و کاغذ، پردیس ۱ دانشگاه شهید بهشتی، زیرآب، مازندران،

<sup>۴</sup>دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۸

### چکیده

**سابقه و هدف:** مطالعات گذشته نشان می‌دهد که مغز باگاس بین ۳۰ تا ۳۵ درصد وزنی آن را تشکیل می‌دهد که عمدتاً از سلول‌های پارانشیمی نرم دیواره نازک و با شکل‌های نامنظم تشکیل شده که با مقدار زیادی از خاکستر معدنی و با قابلیت جذب بالا همراه می‌باشد و با وجود این که از لحاظ ساختار شیمیایی شبیه فیبر است، اما از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و مورفولوژیکی بسیار متفاوت با آن بوده و نمی‌تواند به خمیر مناسب تبدیل شود که این موضوع به دلیل ابعاد کوچک، طبیعت فیزیکی غیرفیبری و تجمع (پیوند) نزدیک با گرد و غبار است. به‌خاطر همین معایب و مشکلات ذاتی مرتبط، لازم است تا حد ممکن مغز به‌طور مؤثر حذف شود. در غیر این صورت برای تولید خمیر با عدد کاپای مشابه، مواد شیمیایی بیشتری مصرف می‌شود. هم‌چنین وقتی که میزان مغزدایی افزایش می‌یابد (یعنی نسبت فیبر به مغز بالا می‌رود)، درجه روانی اولیه خمیر و ویژگی‌های مقاومتی کاغذ حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. به‌دلایل مختلف حضور مغز می‌تواند اثرات نامطلوبی بر روی ویژگی‌های خمیرسازی و کاغذ حاصله به‌جای بگذارد. در این ارتباط کارخانه کاغذسازی پارس با مصرف بالای مواد شیمیایی در بخش خمیرسازی مواجه است که یکی از دلایل آن می‌تواند مربوط به عدم کارایی مغز زداها و در نتیجه

\*مسئول مکاتبه: e\_rasooly@sbu.ac.ir

حضور مغز در بخش خمیرسازی باشد که بخش زیادی از مواد شیمیایی را جذب نموده و لذا علی‌رغم مصرف بالاتر مواد شیمیایی، خمیر کاغذ تولید شده از کیفیت لازم برخوردار نبوده و به‌علاوه با افزایش بار آلودگی در پساب خروجی، مشکلات زیست‌محیطی فراوانی را نیز به‌همراه خواهد داشت. بنابراین، این تحقیق به‌منظور بررسی اثر میزان مغززدائی بر شرایط خمیرسازی و ویژگی‌های خمیر و کاغذ سودای باگاس در کارخانه کاغذ پارس صورت پذیرفت.

**مواد و روش‌ها:** باگاس با سطوح مختلف مغززدایی (۳۰، ۲۰، ۱۰، ۵ و صفر درصد مغز) با شرایط پخت ثابت: دما ۱۷۰ درجه سلسیوس، زمان پخت ۱۵ دقیقه، قلیایی مصرفی ۱۵ درصد و  $L:W=10:1$  پخت گردید. تأثیر سطوح مختلف مغز بر قلیای فعال باقی‌مانده در لیکور سیاه، ویژگی‌های خمیر کاغذ شامل درجه روانی، درصد ریزه چوب، عدد کاپا و زمان زهکشی آب، و نیز برای کاغذهای دست‌ساز ساخته شده، مقاومت در برابر پاره شدن، مقاومت در برابر ترکیدن، مقاومت در برابر کشش، درجه روشنی، ماتی و دانسیته مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد که با کاهش مغز در باگاس، قلیای فعال باقیمانده در لیکور سیاه افزایش یافته و ویژگی‌های خمیر کاغذ حاصل مانند عدد کاپا، بازده بعد از الک، میزان ریزه چوب، درجه روانی اولیه و زمان آبگیری بهبود می‌یابد. همچنین خواص مقاومتی کاغذ مانند مقاومت در برابر پارگی و مقاومت در برابر ترکیدن افزایش چشم‌گیری یافته است.

**نتیجه‌گیری:** مقایسه نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با شرایط خمیر و کاغذسازی کارخانه پارس نشان می‌دهد که کارائی واحد مغز زدائی کارخانه بسیار پایین بوده به‌طوری که اثر آن به‌صورت حضور بیشتر مغز و متعاقب آن مصرف مواد بیشتر در واحد خمیرسازی خود را نشان داده و خمیر و کاغذ حاصله از کیفیت مطلوبی برخوردار نمی‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** باگاس، مغز، مغززدائی، قلیای فعال، خواص مقاومتی

## مقدمه

گرچه باگاس از مواد خام بالقوه برای صنعت کاغذ است، دارای یک مشکل جدی یعنی حضور مغز همراه بخش‌های فیبری می‌باشد. مغز همراه بخش‌های فیبری باگاس از نظر کاغذسازی نامطلوب است. از آن جایی که، حضور مغز در باگاس دارای تأثیر منفی در ارتباط با بازده پایین‌تر خمیر، مصرف

بالای مواد شیمیایی، مشکلات مربوط به کیفیت و مشکلات مربوط به قابلیت عبور ماشین کاغذ می‌باشد، بنابراین حذف مغز از بخش‌های فیبری باگاس همواره مورد توجه بوده است (۴). میزان مغز و الیاف در باگاس گرچه بسته به نوع یا گونه نیشکر، نحوه کاشت، داشت، برداشت و خاک زمین کاشت، تفاوت‌های فاحشی خواهد داشت لیکن به‌طور کلی بیشتر گونه‌هایی که در ایران کاشته می‌شوند و با توجه به فرم کاشت، داشت و برداشت آن‌ها به‌ویژه در استان خوزستان، میزان مغز و الیاف براساس باگاس خشک تمیز شده به شرح زیر است (۱۰):

- الیاف بلند بیرونی: ۵۰ درصد
- الیاف بافت آوندی: ۱۵ درصد
- الیاف سلول‌های پاراننشیمی (مغز): ۳۰ درصد
- الیاف پوست بیرونی: ۵ درصد

از بین قسمت‌های فوق، تنها فیبرهای پوست و دستجات آوندی برای ساخت کاغذ مناسب هستند (۵). بخش دیگری از الیاف که بسیار ریز می‌باشد و مغز نامیده می‌شود برای کاغذسازی مناسب نیستند. مقدار مغز خالص در باگاس بین ۳۰ تا ۳۵ درصد براساس مواردی که به آن اشاره شد متغیر است (۱۰). مغز عمدتاً از سلول‌های پاراننشیمی نرم دیواره نازک و با شکل‌های نامنظم تشکیل شده که با مقدار زیادی از خاکستر معدنی و با قابلیت جذب بالا همراه می‌باشد و با وجود این که از لحاظ ساختار شیمیایی شبیه فیبر است، اما از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و مورفولوژیکی بسیار متفاوت با آن بوده و نمی‌تواند به خمیر مناسب تبدیل شود که این موضوع به‌دلیل ابعاد کوچک، طبیعت فیزیکی غیر فیبری و تجمع (پیوند) نزدیک با گرد و غبار است. به‌خاطر همین معایب و مشکلات ذاتی مرتبط، لازم است تا حد ممکن مغز به‌طور مؤثر حذف شود در غیر این صورت برای تولید خمیر با عدد کاپای مشابه مواد شیمیایی بیشتری مصرف می‌شود (۴). لازم به یادآوری است در باگاس خام (دست نخورده) نسبت وزنی فیبر به مغز تقریباً ۱: ۲-۱/۵ است (۵).

چندین روش جهت جدا کردن مغز باگاس توسعه یافته است. این روش‌ها را می‌توان در سه گروه جای داد: مغزدایی خشک<sup>۱</sup>، مغزدایی مرطوب یا نمناک<sup>۲</sup> و مغزدایی تر. ثابت شده است که ترکیب این روش‌ها در حذف مغز مؤثرترند (۲).

- 
- 1- Dry depithing method
  - 2- Moist depithing method

مغززدایی خشک با استفاده از آسیاب چکشی و به‌دنبال آن غربال کردن خشک انجام می‌شود. مغززدایی مرطوب شامل مغززدایی مستقیم باگاس بعد از قندگیری که رطوبت آن حدود ۵۰ درصد است. در مغززدایی تر، سوسپانسیونی از آب و باگاسی که قبلاً مغززدایی مرطوب شده، ساخته می‌شود که در آن، مغز با استفاده از تفاوت دانسیته فیبر و مغز جدا می‌شود. به هر حال حتی با بهترین روش‌های موجود هنوز مقداری مغز اضافی در باگاس باقی می‌ماند (۴). به‌طور کلی اگر تمام مغز را به روش خیس از باگاس جدا کنیم، مقدار زیادی مغز خیس با وزن بالا خواهیم داشت که حمل و نقل آن مشکل بوده و از طرفی صرفه اقتصادی ندارد. بنابراین بهترین روش مغززدایی استفاده از حداقل یکی از روش‌های خشک و ترجیحاً مرطوب به‌عنوان مغززدایی اولیه و استفاده از روش تر به‌عنوان مغززدایی نهایی می‌باشد (۶).

مغز زدائی مرطوب تنها برای حذف ۳۰-۳۶ درصد از کل میزان مغز باگاس گزارش شده، در حالی که حذف بیشتر مغز تا ۶۶-۵۵ درصد با استفاده از مغز زدائی تر به‌دست می‌آید. در بهترین حالت با به‌کارگیری ترکیبی از فرایند مغز زدائی مرطوب (خشک) و مغز زدائی تر، میزان مغز باقی‌مانده در باگاس مغز زدائی شده در مقایسه با میزان مغز موجود در باگاس خام تولید شده در کارخانه نیشکر، که حدود ۳۵ درصد است، کمتر از ۱۲ درصد نیست (۵). در کارخانه کاغذسازی پارس نیز از روش مرطوب به‌عنوان مغز زدائی اولیه استفاده می‌شود. بر اساس اندازه‌گیری در این تحقیق، میزان مغز موجود در باگاس خام ورودی به کارخانه حدود ۳۱ درصد بوده و این در حالی است که میزان مغز باقیمانده پس از فرایند مغز زدائی در کارخانه فوق به روش مذکور معادل ۲۶ درصد می‌باشد.

ویژگی‌های فیزیکی خمیر باگاس بستگی زیادی به‌میزان مغززدایی دارد. پل و کاسیویسواناتام (۱۹۹۸) تأثیر میزان مغز و شرایط پخت روی مقاومت‌های خمیر باگاس را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین با تمرکز بر روی تأثیر سطوح مغز روی خمیر سودای باگاس و تغییر سطوح آن به بررسی ویژگی‌های فیزیکی کاغذ حاصله پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد وقتی که سطح مغززدایی افزایش می‌یابد (یعنی نسبت فیبر به مغز بالا)، درجه روانی اولیه خمیر و ویژگی‌های مقاومتی آن نیز افزایش می‌یابد. در نهایت، بازده خمیر الک شده ۵۴/۴ درصد برای خمیر سودا با مغز زدایی بالا (نسبت وزنی فیبر به مغز ۱: ۳/۸) را گزارش دادند (۷).

گیرتز و وارما (۱۹۷۹) ذکر کردند که میزان خاکستر با افزایش مغززدایی کاهش می‌یابد. همچنین تأثیر میزان مغز و شرایط پخت روی مقاومت‌های خمیر باگاس را مورد مطالعه قرار دادند. آنان نشان دادند که با کاهش مغز در باگاس، بازده و خواص مقاومتی افزایش می‌یابند (۳).

چین و همکاران (۲۰۰۵) گزارش دادند که ویژگی‌های کاغذ دست‌ساز تولید شده از خمیر کرافت باگاس با کیفیت بالا (حاوی کمتر از ۵ درصد مغز) در مقایسه با کاغذ دست‌ساز تولید شده از خمیر باگاس با مغززدایی معمولی، ویژگی‌های مقاومتی بهتری را نشان می‌دهد. همچنین بهبود قابل توجهی در ویژگی‌های مشخص موردنظر مانند بازده خمیر و ویسکوزیته، در مورد باگاسی که به‌طور مؤثر با روش جدید مغززدایی شده، مشاهده گردید که در آن بازده خمیر بعد از غربال از ۶۷/۲ درصد تا ۶۷/۴ درصد بهبود یافته و ویسکوزیته از ۱۴/۳ تا ۱۸/۱ سانتی پواز افزایش یافته است (۵).

بیرد و هارتر (۲۰۰۱) گزارش دادند که سلول‌های دیواره نازک (مغز) باگاس نسبت به بخش‌های دیگر گیاه مقاومت کمی نسبت به نفوذ مواد شیمیایی دارند. بنابراین این سلول‌ها ترجیحاً مواد شیمیایی خمیرسازی را جذب و به‌طور کامل حل می‌شوند. در نتیجه مصرف مواد شیمیایی افزایش و بازده کاهش می‌یابد. علاوه بر این، ماهیت منفی مغزهای اضافی بعد از خمیرسازی این‌که نرخ آب پس‌دهی خمیرهای حاصل را به‌طور قابل توجهی کاهش می‌دهد. در نهایت، مشخص شده که سلول‌های مغز باقی‌مانده در خمیر نهایی، کاهش ماتی کاغذ را نتیجه می‌دهد (۱).

همان‌گونه که ذکر گردید، به‌دلایل مختلف حضور مغز می‌تواند اثرات نامطلوبی بر روی ویژگی‌های خمیرسازی و کاغذ حاصله به‌جای بگذارد. در این ارتباط کارخانه کاغذسازی پارس با مصرف بالای مواد شیمیایی در بخش خمیرسازی مواجه است که یکی از دلایل آن می‌تواند مربوط به عدم کارایی مغز زدها و در نتیجه حضور مغز در بخش خمیرسازی باشد که بخش زیادی از مواد شیمیایی را جذب نموده و لذا علی‌رغم مصرف بالاتر مواد شیمیایی، خمیر کاغذ تولید شده از کیفیت لازم برخوردار نبوده و به‌علاوه با افزایش بار آلودگی در پساب خروجی، مشکلات زیست‌محیطی فراوانی را نیز به‌همراه خواهد داشت. با توجه به افزایش قیمت مواد شیمیایی، اهمیت مسائل زیست‌محیطی و لزوم افزایش کیفیت کاغذ، توجه به فرایندهایی که با آن بتوان در مصرف مواد شیمیایی صرفه جویی کرد و هزینه‌ها را کاهش داد و کاغذ با ویژگی‌های مطلوب تولید کرد اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. لذا، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف مغززدایی بر روی مصرف مواد شیمیایی پخت و ویژگی‌های خمیر و کاغذ سودای باگاس حاصل از آن در کارخانه فوق‌الذکر انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

ماده اولیه مورد استفاده به صورت باگاس خام، باگاس بعد مغزدایی تر کارخانه کاغذ پارس، باگاس با درصد مغز مختلف (۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) بوده که با شرایط ثابت خمیرسازی سودا (مشابه کارخانه) شامل: قلیایی مصرفی ۱۵ درصد، دمای پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۱۵ دقیقه و نسبت وزن لیکور به وزن خشک باگاس (L:W=1:10) پخت شد. ابتدا قبل از پخت طبق دستورالعمل Tappi UM3 مغز را از الیاف مفید جدا کرده و سپس با درصدهای مختلف به باگاس بدون مغز اضافه شد. همچنین مواد قابل حل نیز مطابق با استاندارد فوق اندازه‌گیری گردید. پس از انجام پخت، جهت تعیین وازد، یک الک شماره ۱۸ را روی الک شماره ۲۰۰ قرار داده و خمیر را روی الک ۱۸ ریخته، خوب شستشو داده تا لیکور سیاه آن خارج گردد. خمیر باقیمانده بر روی الک ۱۸ به مدت یک شب در آن خشک شده و سپس برای محاسبه وازد مورد استفاده قرار گرفت. بازده کل از مجموع خمیر باقیمانده بر روی الک ۱۸ و ۲۰۰ به صورت وزن خشک محاسبه گردید. همچنین خمیر کاغذ باقیمانده بر روی الک ۲۰۰ به عنوان خمیر قابل قبول برای محاسبه بازده بعد از الک و سایر آزمون‌ها مورد استفاده قرار گرفت. جهت تعیین میزان مصرف قلیا برای هر تیمار، پس از پخت، قلیای فعال باقیمانده در لیکور سیاه با استفاده از استاندارد T625 cm-85 اندازه‌گیری شد. همچنین برای همه خمیرکاغذها، آزمون‌های درجه روانی اولیه (T 227 om-04)، عدد کاپا (T236 om-99)، زمان زهکشی آب (T221 cm-99)، و نیز برای کاغذهای دست‌ساز ساخته شده، مقاومت در برابر پاره شدن (T414 om-04)، مقاومت در برابر ترکیدن (T403 om-02)، اندازه‌گیری مقاومت در برابر کشش (T494 om-01)، درجه روشنی (T452 om-08)، ماتی (T425 om-06) و دانسیته (T426 wd-70) براساس آیین‌نامه TAPPI اندازه‌گیری شد. در این بررسی درجه روانی هدف ۳۱۰ ml.CSF در نظر گرفته شد که با استفاده از دستگاه پالایشگر PFI mill حاصل گردید که در این خصوص تعداد دور پالایشگر نیز به عنوان شاخصی برای مقایسه تیمارها مورد استفاده قرار گرفت. همچنین درصد ریزه چوب (shive) موجود در خمیر پالایش شده نیز بر اساس استاندارد TAPPI آئین‌نامه T274 sp-97 اندازه‌گیری شد (۱۱). شرح هر تیمار به همراه کدهای مربوطه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- حروف اختصاری تعیین شده برای تیمارها.

Table 1. Selected abbreviations of treatments.

حروف اختصاری abbreviations	تیمارها treatment
B <sub>w</sub>	شاهد، باگاس خام (۳۱/۲۸ درصد مغز) Control, raw bagasse (31.28 % pith)
B <sub>wd</sub>	شاهد، باگاس بعد مغزدایی تر (۲۶/۱۶ درصد مغز) Control, wet depithed bagasse (26.16 % pith)
B <sub>30</sub>	باگاس با ۳۰ درصد مغز Bagasse with 30 % pith
B <sub>20</sub>	باگاس با ۲۰ درصد مغز Bagasse with 20 % pith
B <sub>10</sub>	باگاس با ۱۰ درصد مغز Bagasse with 10 % pith
B <sub>5</sub>	باگاس با ۵ درصد مغز Bagasse with 5 % pith
B <sub>0</sub>	باگاس بدون مغز Bagasse without pith

لازم به یادآوری است که کلیه اندازه‌گیری‌ها در سه تکرار صورت پذیرفت. در نهایت، برای تحلیل داده‌ها، از تجزیه واریانس یک طرفه (Anova) و برای مقایسه میانگین‌های هر یک از اندازه‌گیری‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. برای اینکار از نرم‌افزارهای SPSS و Excel استفاده شد.

### نتایج و بحث

تعیین میزان مغز و الیاف مفید در باگاس: نتایج مربوط به تعیین میزان مغز و الیاف مفید در باگاس خام و باگاس بعد مغزدایی تر صنعتی در جدول ۲ آمده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود عملاً مغزدایی تر در کارخانه پارس از کارایی لازم برخوردار نبوده به طوری که تنها قادر بوده حدود ۵ درصد از مغز موجود در باگاس خام را خارج نماید که به نظر می‌رسد خیلی قابل ملاحظه نبوده و اثر چشمگیری بر روی ویژگی‌های خمیرسازی و در نهایت کاغذ نهایی نداشته باشد.

جدول ۲- نتایج مربوط به میزان مغز و الیاف مفید در باگاس خام و باگاس بعد مغززدایی تر.

Table 2. Pith content and accept fiber in raw and depithed bagasse.

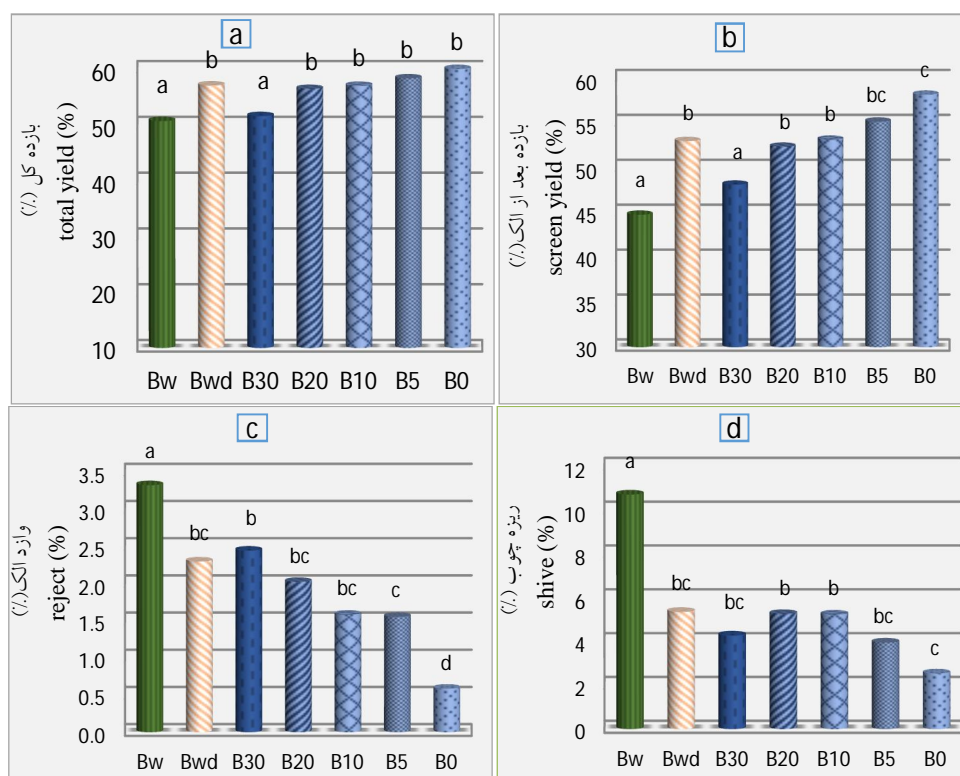
نوع باگاس Bagasse type	درصد مغز Pith (%)	درصد الیاف مفید Accept fiber (%)	درصد مواد قابل حل Soluble matter (%)
باگاس خام Raw bagasse	31.28	54.65	14.07
باگاس بعد مغززدایی تر Wet depithed bagasse	26.16	63.48	10.36

بازده خمیر کاغذ، وازد الک و ریزه چوب: نتایج حاصل از تغییر سطوح مختلف مغز بر بازده کل در شکل ۱a نشان می‌دهد که به‌طور کلی با کاهش مغز در باگاس، بازده کل افزایش می‌یابد به‌طوری که با حذف کامل مغز از باگاس اولیه (تیمار B<sub>0</sub>)، حدود ۱۸ درصد به بازده اضافه می‌شود. دلیل این موضوع این است که مغز دارای ساختار غیر فیبری می‌باشد و نمی‌تواند به الیاف کاغذسازی تبدیل شود. به‌علاوه به‌دلیل داشتن ابعاد کوچکتر و به‌عبارتی سطح ویژه بیشتر، مقادیر زیادی از قلیای پخت را مصرف نموده و لذا قلیای کمتری برای حذف لیگنین از دیواره سلولی باقی می‌ماند. بنابراین با کاهش مغز، الیاف مفید افزایش یافته و بازده کل بالا می‌رود. لازم به ذکر است که از نظر این ویژگی بین تیمارهای باگاس خام (B<sub>w</sub>) و باگاس با ۳۰ درصد مغز (B<sub>30</sub>) و همچنین بین تیمارهای باگاس بعد مغززدایی تر (B<sub>wd</sub>)، باگاس با ۲۰ درصد (B<sub>20</sub>)، ۱۰ درصد (B<sub>10</sub>)، ۵ درصد (B<sub>5</sub>) و باگاس بدون مغز (B<sub>0</sub>) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد هرچند تیمارهای B<sub>5</sub> و B<sub>0</sub> در مقایسه با تیمارهای صنعتی (B<sub>w</sub>, B<sub>wd</sub>) دارای بازده بالاتری هستند. این موضوع توسط محققان دیگر نظیر رینی (۲۰۱۲) (۸) و جین و همکاران (۲۰۰۵) (۵) نیز گزارش شده است.

بر اساس شکل ۱b، که بیانگر نتایج حاصل از تغییر سطوح مختلف مغز بر بازده بعد از الک می‌باشد، به‌طور کلی با کاهش مغز در باگاس، بازده بعد از الک نیز افزایش می‌یابد. وجود مغز در باگاس باعث مصرف مواد شیمیایی پخت و کاهش قابلیت دسترسی الیاف به مواد شیمیایی و کاهش بازده بعد از الک می‌شود (۴). همچنین با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان وازد الک (شکل ۱c)، که در آن با کاهش مغز وازد الک افزایش یافته است، انتظار می‌رود بازده بعد از الک نیز افزایش یابد. از این نظر بین تیمارهای B<sub>w</sub> و B<sub>30</sub> و همچنین بین تیمارهای B<sub>wd</sub>, B<sub>20</sub>, B<sub>10</sub> و B<sub>5</sub> و نیز بین تیمارهای B<sub>5</sub> و B<sub>0</sub> از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود ندارد به‌طوری که خمیر حاصل از تیمار



بدون مغز (B<sub>0</sub>) از بالاترین میزان بازده بعد از الک (۵۸/۱ درصد) و کمترین وازد الک (حدود ۰/۵ درصد) برخوردار است. در این ارتباط رینی (۲۰۱۲) (۸)، جین (۲۰۰۱) (۴)، گیرتز و وارما (۱۹۷۶) (۳)، جین و همکاران (۲۰۰۵) (۵) و پل و کاسویسواناتان (۱۹۹۸) (۷) نیز نتایج مشابهی را ارائه داده‌اند.

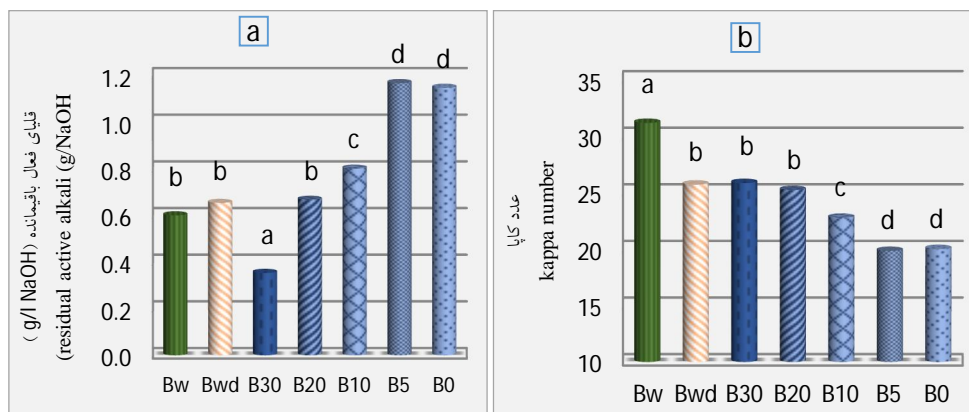


شکل ۱- روند تغییرات بازده، وازد و ریزه چوب خمیر کاغذ با تغییر میزان مغز.

Table 1. Changes trend of yield, reject and shive of pulp in different pith content.

نتایج حاصل از تغییر سطوح مختلف مغز بر میزان ریزه چوب خمیر در شکل ۱d آمده است که نشان می‌دهد به‌طور کلی افزایش مغز در باگاس تا ۲۰ درصد، سبب اختلال در پخت شده و مقدار ریزه چوب افزایش می‌یابد ولی با افزایش مغز از ۲۰ درصد تا ۳۰ درصد به‌دلیل افزایش بسیار زیاد مغز و کاهش الیاف مفید، میزان ریزه چوب در خمیر کاهش می‌یابد.

**قلیای فعال باقیمانده:** نتایج حاصل از تغییر سطوح مختلف مغز بر میزان قلیای فعال باقیمانده در لیکور سیاه پخت در شکل ۲a آمده است. همان‌طور که دیده می‌شود با کاهش میزان مغز در باگاس، میزان قلیای فعال باقیمانده در لیکور سیاه پخت افزایش می‌یابد. با توجه به شکل و براساس آزمون دانکن، از نظر آماری بین تیمارهای باگاس با سطح ۵ درصد مغز و باگاس بدون مغز اختلاف معنی‌دار وجود دارد ولی با کاهش مقدار مغز از ۳۰ درصد تا صفر درصد، میزان قلیای فعال باقی‌مانده افزایش یافته است. به‌طور کلی مغز شامل تعداد زیادی سلول‌های پاراننشیمی نرم، دیواره نازک، و با شکل‌های نامنظم و با مقدار بالای خاکستر معدنی و قابلیت جذب بالا می‌باشد (۴). این سلول‌ها مایع شیمیایی پخت را مصرف کرده و باعث کاهش قلیایی محیط و همچنین کاهش قلیای فعال باقیمانده در لیکور سیاه پخت می‌شوند. قلیای فعال باقیمانده در لیکور سیاه تیمار باگاس بدون مغز نسبت به باگاس خام ۹۱/۶۶ درصد و نسبت به باگاس بعد مغززدایی تر ۷۶/۹۲ درصد افزایش یافته است. این نتایج نشان می‌دهد که در صورتی‌که مغز زدایی باگاس به‌طور مناسب انجام شود می‌توان از درصد قلیای کمتر (سود کمتر) جهت پخت استفاده کرد و در مصرف مواد شیمیایی صرفه‌جویی کرد. این صرفه‌جویی با در نظر گرفتن مغز زدائی حداکثر قابل قبول (حضور ۵ درصد مغز در خمیر) و بازده حدود ۵۵ درصد خمیر بعد از پخت، طی یک ارزیابی اقتصادی که منتشر نشده تنها در بخش پخت به میزان سالیانه معادل ۷۵ میلیارد ریال محاسبه گردیده است.

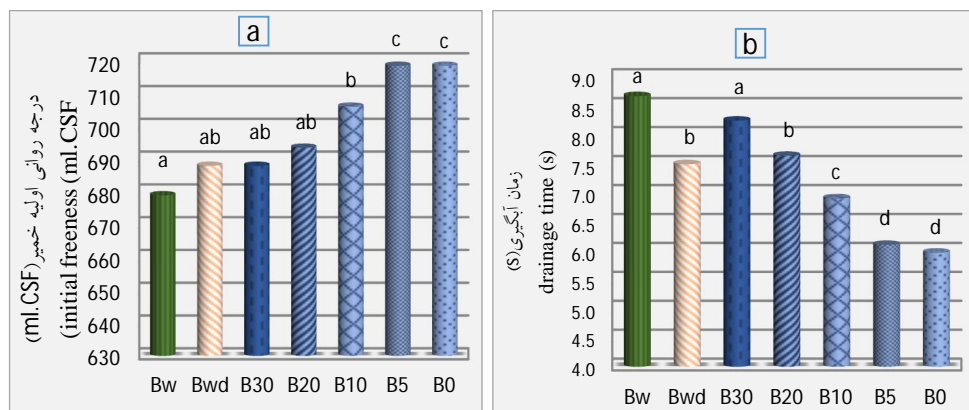


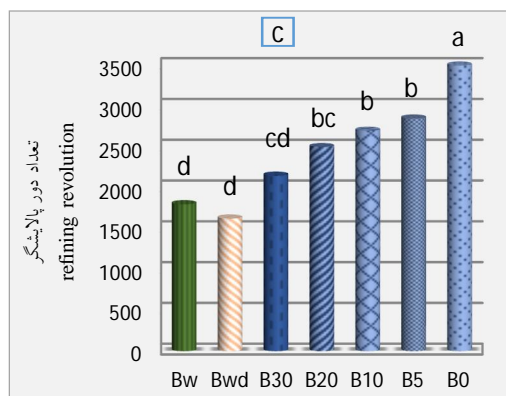
شکل ۲- روند تغییرات قلیای فعال باقی‌مانده در لیکور سیاه و عدد کاپای خمیرهای مختلف با تغییر میزان مغز.

Table 2. Changes trend of residual effective alkali in black liquor and kappa number of pulp in different pith content.

از طرف دیگر بر اساس شکل ۲b، کاهش قلیای فعال در لیکور باعث می‌شود لیگنین‌زدایی هم کاهش و در نتیجه عدد کاپای خمیر افزایش می‌یابد. اما با کاهش مغز، بخش اعظم قلیائی موجود در لیکور پخت به مصرف جداسازی لیگنین از الیاف می‌رسد و در نتیجه میزان لیگنین باقی‌مانده در خمیر یا به عبارت دیگر عدد کاپا کاهش می‌یابد. به طوری که عدد کاپای خمیر تیمار باگاس بدون مغز نسبت به باگاس خام ۳۵/۸ درصد، و نسبت به باگاس بعد مغززدایی تر ۲۲/۱۷ درصد کاهش یافته است. هر چند از نظر آماری بین تیمارهای B<sub>wd</sub>، B<sub>30</sub> و B<sub>20</sub> و همچنین بین تیمارهای B<sub>5</sub> و B<sub>0</sub> به لحاظ عدد کاپا اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ولی به طور کلی با کاهش مقدار مغز از ۳۰ درصد تا ۰ درصد عدد کاپا کاهش یافته است. نتایج ارائه شده در این بخش با نتایج حاصل از تحقیقات جین (۲۰۰۱) (۴) و جین و همکاران (۲۰۰۵) (۵) مطابقت دارد.

درجه روانی اولیه و زمان آبیگری خمیر: همان‌طور که در شکل ۳a دیده می‌شود به طور کلی با کاهش مغز در باگاس درجه روانی اولیه خمیر حاصل افزایش می‌یابد. زیرا مغز به دلیل داشتن دیواره نازک و حفره سلولی بزرگ (سطح ویژه بالا) و خاصیت جذب آب بسیار بالاتر از الیاف، و نیز به دلیل پر کردن فضای بین الیاف به هنگام آبیگری به صورت یک عامل منفی عمل نموده و لذا درجه روانی اولیه خمیر حاصله را کاهش می‌دهد (۱ و ۸). نتایج به دست آمده در این بخش، با نتایج ارائه شده توسط پل و کاسیویسواناتان (۱۹۹۸) (۷) هم‌خوانی دارد.





شکل ۳- روند تغییرات درجه روانی اولیه خمیر، زمان آگیری و تعداد دور مورد نیاز پالایش جهت رسیدن به درجه روانی هدف (310ml.CSF) با تغییر میزان مغز.

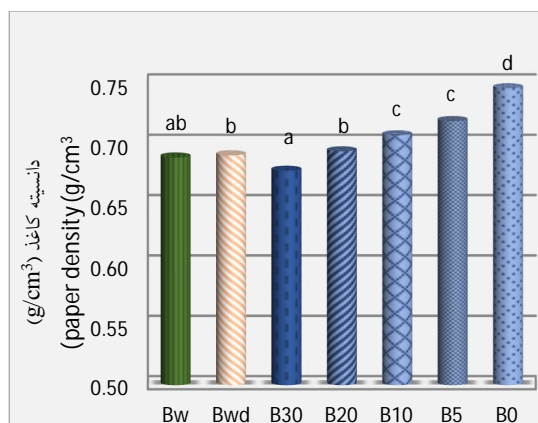
Table 3. Changes trend of initial freeness, drainage time and refining rpm to target freeness (310 ml.CSF) of pulp in different pith content.

همچنین ماهیت منفی باقیماندن مغزهای اضافی بعد از خمیرسازی نیز نرخ آب‌پس‌دهی خمیرهای حاصل را به طور قابل توجهی کاهش می‌دهد (شکل ۳b) (۱). بعلاوه نتایج ارائه شده در شکل ۳a که به ترتیب حاکی از افزایش درجه روانی متناسب با کاهش درصد مغز در ماده اولیه هستند نیز می‌توانند این کاهش زمان آگیری را توجیه نمایند. لازم به ذکر است که زمان آگیری تیمار باگاس بدون مغز نسبت به باگاس خام ۳۱/۱۴ درصد و نسبت به باگاس بعد مغززدایی تر ۲۰/۴ درصد کاهش یافته است.

همچنین با کاهش میزان مغز بر تعداد دور پالایش جهت دستیابی به درجه روانی هدف (310 ml.CSF) نیز افزایش می‌یابد زیرا با کاهش مغز بر میزان الیاف مفید در باگاس اضافه شده و لذا انرژی بیشتری نیز برای فیبریلاسیون نیاز می‌شود. علاوه بر آن با توجه به شکل ۳a، با کاهش مقدار مغز، مشاهده می‌شود که خمیرها از درجه روانی اولیه بالاتری نیز برخوردارند که این موضوع نیز می‌تواند افزایش نیاز به دور بالاتر پالایش از سمت چپ به راست نمودار را توجیه نماید.

**دانسیتته ظاهری کاغذ:** همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با کاهش میزان مغز در باگاس، دانسیتته کاغذ افزایش می‌یابد و به نظر می‌رسد که با افزایش حذف مغز از ماده اولیه، درصد الیاف مفید موجود در خمیر افزایش می‌یابد که با توجه به این‌که دانسیتته الیاف ۲/۵ برابر دانسیتته مغز می‌باشد (۹)،

می‌توان این سیر صعودی دانسیته را متناسب با حذف مغز در خمیرها انتظار داشت. به‌علاوه با کاهش مغز عملاً پیوندپذیری بهتر و بیشتری نیز بین الیاف اتفاق می‌افتد که این موضوع نیز مزید بر علت شده است.



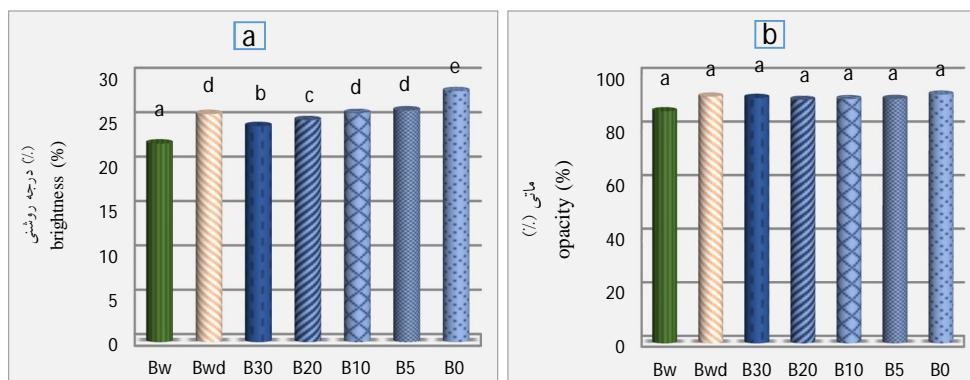
شکل ۴- روند تغییرات دانسیته کاغذ متناسب با تغییرات میزان مغز.

Table 4. Changes trend of density of paper in different pith content.

درجه روشنی و ماتی کاغذ: همان‌طور که در شکل ۵a دیده می‌شود با کاهش میزان مغز در باگاس درجه روشنی کاغذ افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نتایج حاصل از عدد کاپا، که با کاهش مغز عدد کاپای خمیر کاهش یافته است (شکل ۲b) این افزایش را می‌توان توجیه نمود. تأثیر مهم عملیات مغززدایی کاهش میزان یون‌های فلزی (کاهش ضریب جذب نور K) است. افزایش میزان الیاف مفید باعث افزایش قابلیت پخش نور (S) می‌شود. با کاهش ضریب K و افزایش ضریب S، درجه روشنی کاغذ به‌طور قابل توجهی بهبود می‌یابد (۱۲).

از نظر این ویژگی، به لحاظ آماری بین تیمارهای Bwd، B10 و B5 اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. به‌نظر می‌رسد زمان نگهداری کمتر باگاس بعد مغززدایی تر نسبت به بقیه تیمارها درجه روشنی آن کمتر کاهش یافته است. درجه روشنی کاغذ تیمار باگاس بدون مغز نسبت به باگاس خام ۲۶/۳۸ درصد و نسبت به باگاس بعد مغززدایی تر ۱۰ درصد افزایش یافته است.

همچنین شکل ۵b نشان می‌دهد که با کاهش میزان مغز در باگاس، ماتی کاغذ تغییر محسوسی نمی‌کند.

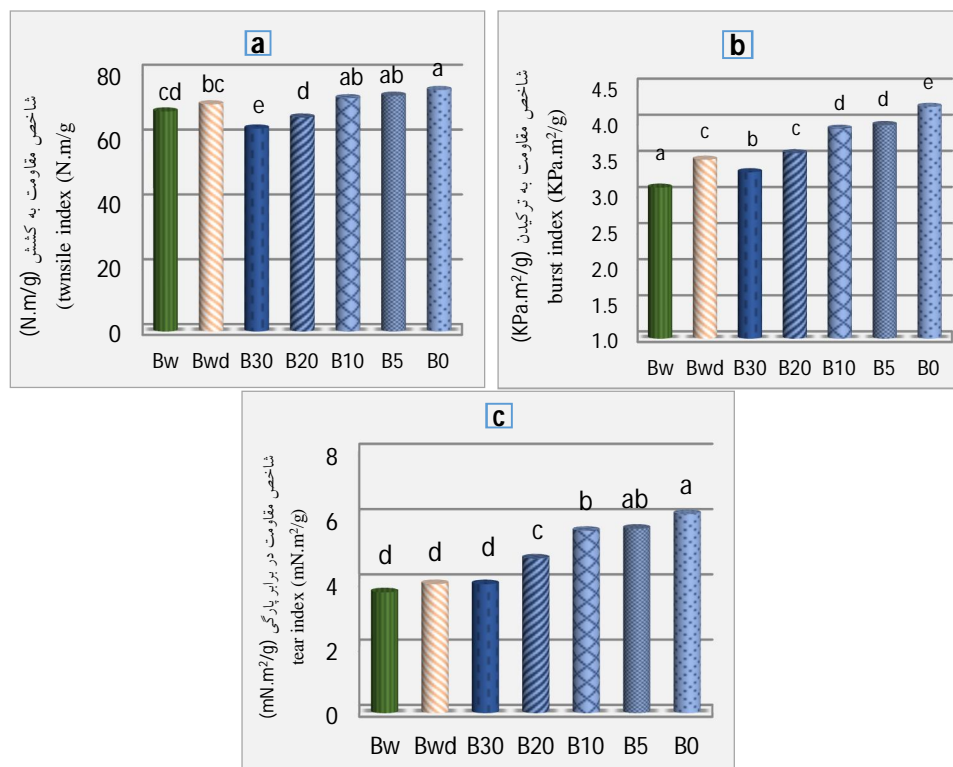


شکل ۵- روند تغییرات درجه روشنی و ماتی کاغذ با تغییر میزان مغز.

Table 5. Changes trend of brightness and opacity of paper in different pith content.

به نظر می‌رسد که به‌طور کلی عدم رنگبری خمیرهای مورد بررسی عاملی در جهت رسیدن به ماتی یکسان برای آن‌ها باشد. علاوه بر آن احتمالاً با کاهش درصد مغز در خمیرهای حاصله به دلیل افت عدد کاپا (شکل ۲b) احتمالاً قابلیت رنگبری پذیری خمیرها می‌تواند بهبود یابد.

ویژگی‌های مقاومتی کاغذ: شکل ۶a تأثیر سطوح مختلف مغز باگاس بر شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذ را نشان می‌دهد که با کاهش میزان مغز در باگاس مقاومت کششی کاغذ افزایش می‌یابد. اما این افزایش براساس آزمون دانکن در اکثر موارد در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد که نتایج ارائه شده در بخش ماتی و دانسته کاغذ نیز مؤید این مسأله است. وجود مغز باعث مصرف قلیای محیط شده و ضمن اختلال در لیگنین زدایی، پیوندپذیری بین الیاف کاهش می‌یابد. از طرفی وجود مغز در خمیر کاغذ، به دلیل طبیعت فیزیکی غیر فیبری آن، مقاومت‌های در برابر کشش را کاهش می‌دهد که با نتایج حاصل از تحقیقات پل و کاسویسواناتان (۱۹۹۸) (۷)، گیرتز و وارما (۱۹۷۹) (۳) و جین و همکاران (۲۰۰۵) (۵) همخوانی دارد.



شکل ۶- روند تغییرات مقاومت‌های کاغذ رنگبری نشده با تغییر میزان مغز.

Table 6. Changes trend of un-bleached paper strengths in different pith content.

همان‌طور که در شکل ۶b دیده می‌شود با کاهش میزان مغز در باگاس شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذ افزایش می‌یابد. با افزایش شدت عملیات مغززدایی و کاهش میزان مغز، قلیائی موجود در محیط با الیاف مفید واکنش داده و سبب جدا شدن کامل الیاف از یکدیگر می‌گردد و در نتیجه تشکیل پیوندهای بین الیاف افزایش یافته، بافت کاغذ تهیه شده بهبود و مقاومت کاغذ افزایش می‌یابد. با توجه به شکل و براساس آزمون دانکن، از نظر آماری بین تیمارهای باگاس بعد مغززدایی تر (۲۶/۱۶ درصد مغز) و باگاس با ۲۰ درصد مغز و همچنین بین تیمارهای باگاس با سطح ۱۰ درصد و باگاس با ۵ درصد مغز اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. به هر حال مقاومت در برابر ترکیدن به‌دست آمده بیشتر از مقادیر گزارش شده به‌وسیله پل و کاسیویسواناتان (۱۹۹۸) (۷) برای باگاس با مغززدایی معمولی

(۳/۶ kPa.m<sup>2</sup>/g) است. گفتنی است که مقاومت به ترکیدن باگاس بدون مغز نسبت به باگاس خام ۳۶/۲۵ درصد و نسبت به باگاس بعد مغززدایی تر ۲۰/۹۷ درصد افزایش یافته است. نتایج حاصل از تغییر سطوح مختلف مغز بر شاخص مقاومت به پارگی کاغذ شکل ۶c نشان می‌دهد که با کاهش میزان مغز در باگاس شاخص مقاومت به پارگی کاغذ افزایش می‌یابد. مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ وابسته به دو عامل اصلی متوسط طول الیاف و ضخامت دیواره الیاف می‌باشد. بر اساس نتایج ارائه شده در بخش‌های قلیای باقیمانده و ریزه چوب، مغز به دلیل اختلال در عملیات لیگنین‌زدایی (مصرف قلیای محیط) باعث می‌شود الیاف، خوب از هم باز نشده و لذا به دلیل زبری بیشتر نمی‌تواند در هنگام شکل‌گیری روی توری در هم رفتگی مناسب و شکل‌گیری خوبی داشته باشد زیرا به دلیل RBA<sup>۱</sup> کمتر نمی‌تواند اتصالات خوبی برقرار نماید. همچنین، به دلیل این‌که مغز اساساً ساختار غیر فیبری دارد افزایش درصد آن در ماده اولیه باعث کاهش درصد الیاف مفید شده و این امر باعث کاهش مقاومت به پارگی کاغذ می‌شود. با توجه به شکل و براساس آزمون دانکن، از نظر آماری بین تیمارهای باگاس خام (B<sub>w</sub>)، باگاس بعد مغززدایی تر (B<sub>w</sub>d) و باگاس با ۳۰ درصد مغز از نظر شاخص مقاومت به پارگی اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ولی با کاهش مقدار مغز از ۳۰ درصد تا صفر درصد مقاومت به پارگی افزایش یافته است. اما بین سطح ۱۰ درصد مغز و سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. به نظر می‌رسد مقاومت به پارگی بالاتر به سهم بالای الیاف بلند در باگاس با الیاف مفید بیشتر (مغز کمتر) در مقایسه با باگاس با الیاف مفید کمتر (مغز بیشتر) می‌باشد. پل و کاسویسواناتان (۱۹۹۸) (۷)، رینی (۲۰۱۲) (۸)، گیرتز و وارما (۱۹۷۹) (۳) و جین و همکاران (۲۰۰۵) (۵) نیز در این ارتباط به نتایج مشابهی دست یافته‌اند. شایان ذکر است که مقاومت در برابر پاره شدن تیمار باگاس بدون مغز نسبت به باگاس خام ۶۴/۸ درصد، و نسبت به باگاس بعد مغززدایی تر ۵۴/۳ درصد افزایش یافته است.

### نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف ارزیابی اثر مغز بر شرایط خمیرسازی سودای باگاس در کارخانه کاغذ پارس انجام شد که به‌طور خلاصه نتایج زیر به‌دست آمد:



- کاهش مقدار مغز در باگاس اولیه باعث بهبود شرایط پخت و ویژگی‌های خمیر و کاغذ حاصله می‌شود به طوری که حضور آن تا ۵ درصد اثر محسوسی بر روی ویژگی‌های فوق‌الذکر ندارد.
- با کاهش مغز در باگاس، قلیای فعال باقیمانده در لیکور سیاه افزایش می‌یابد به همین دلیل می‌توان از درصد پایین‌تر مصرف قلیای (سود) جهت پخت سودای باگاس استفاده نموده و در مصرف مواد شیمیایی پخت صرفه‌جویی کرد. این موضوع بیانگر اثرگذاری قابل ملاحظه مغز بر روی مصرف قلیا در کارخانه فوق دارد.
- نتایج به دست آمده از قلیای فعال باقیمانده و افزایش راندمان پخت مورد بررسی اقتصادی قرار گرفت (که در این مقاله منتشر نشده است) که بیانگر این مطلب بود که این کاهش مصرف قلیا می‌تواند به میزان چشمگیری باعث کاهش هزینه‌های ناشی از خرید این مواد و افزایش سودآوری عملیات پخت شود. این سودآوری با در نظر گرفتن مغز زدائی تا حداکثر مقدار قابل قبول (حضور ۵ درصد مغز در خمیر) تنها در بخش پخت، سالیانه معادل ۷۵ میلیارد ریال می‌باشد که البته اثرات مثبت عملیات مغز زدائی بر سایر بخش‌ها نظیر کاهش افت خمیر حین تولید و فراوری، بهبود در کیفیت خمیر و کاغذ را نیز بایستی به آن اضافه نمود که در بخش‌های مختلف نتایج درباره آن‌ها بحث گردیده است.
- مقایسه ویژگی‌های تیمارهای ماده اولیه با درصدهای مختلف مغز بر روی ویژگی‌های خمیرسازی نشان داد که کارائی واحد مغز زدائی کارخانه قابل قبول نبوده به طوری که با باقی ماندن بیش از ۲۶ درصد مغز در ماده اولیه، مصرف مواد در بخش پخت افزایش می‌یابد.
- به نظر می‌رسد که حضور بالای مغز در باگاس اولیه و متعاقب آن در خمیر کاغذ حاصله، به معنای افزایش مواد شیمیایی در واحد رنگبری نیز می‌تواند باشد.

## منابع

1. Byrd, M.V., and Hurter, R.W. 2005. A Simplified Pulping and Bleaching Process for Pith-Containing Nonwoods: Trials on Whole Corn Stalks. TAPPI full technical conference, 10p.
2. Faezipour, M., Kaburani, A., and Parsapajouh, D. 2011. Paper and composite materials from agricultural resource. Tehran University Press. 573p. (In Persian)

3. Giertz, H.W., and Varma, R.S. 1979. Studies on the pulping of bagasse and the influence of pith on paper properties, Nonwood plant fiber pulping progress report. Tappi Press: Atlanta, 53-69.
4. Jain, R.K. 2001. Upgradation of quality of bagasse through advance depithing process, report of central pulp and paper research institute Saharanpur, 72p.
5. 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. Tappi Engineering, pulping and environmental conference, Philadelphia, USA.
6. Lashgari, S., Garmabi, H., Lashgari, S., and Mohammadian Gezaz, S. 2010. Improving The Interfacial Adhesion Of Highly Filled PP-Bagasse Composites Designed By Taguchi Method", Journal Of Thermoplastic Composite Materials, 24(4): 431-446.
7. Paul, S.K., and Kasiviswanathan, K.S. 1998. Influence of pith on bagasse pulp, paper and black liquor properties. Indian Pulp and Paper Technical Association journal, 10(3): 1-8.
8. Rainey, T.J. 2012. A comparison between highly depithed and conventionally depithed bagasse pulp. Appita Journal, 65(2): 178-183.
9. Rasul, M.G., and Rudolph, V., Carsky. 1999. Physical properties of bagasse. Fuel, 78: 905-910.
10. Tabari, F. 2011. Potential resources that go to waste (with the approach of using bagasse (bagasse) as a valuable alternative material in the cellulose industry), The 1st Iranian Conference on road map of Raw materials and development of Wood and Paper Industries, Gorgan, Iran. (In Persian)
11. TAPPI standard test method (2006). Technical Association of Pulp and Paper Industry, Tappi press. Atalanta.
12. Zanuttini, M.A.M. 1997. Factors Determining of the Quality of Bagasse Mechanical Pulps, Cellulose Chemistry and Technology, 31: 381-390.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (4), 2016*  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Effect of Depithing on Bagasse pulp and paper properties**

**\*E. Rasooly Garmaroody<sup>1</sup>, J. Rashidavi<sup>2</sup>, O. Ramezani<sup>3</sup> and  
A.R. Saraeen<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept., of Cellulose and Paper, Campus 1, Shahid Beheshti University, Zirab, Mazandaran, Iran, <sup>2</sup>Graduated Student, Dept., of Cellulose and Paper, Campus 1, Shahid Beheshti University, Zirab, Mazandaran, Iran, <sup>3</sup>Assistant Prof., Dept., of Cellulose and Paper, Campus 1, Shahid Beheshti University, Zirab, Mazandaran, Iran,

<sup>4</sup>Associated Prof., Dept., of Pulp and Paper, Gorgan university of Agricultural Resources and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received:           ; Accepted:

### **Abstract**

**Background and objectives:** Previous studies show that 30 to 35 percent by weight of bagasse is pith that mostly formed from soft and thin-walled parenchymal cells with irregular shapes by large amounts of ash with high absorption capacity. Although pith chemical structure is similar to fiber, but in terms of morphological and physical characteristics are very different and it cannot convert to qualified pulp due to small dimensions, the non-fibrous physical nature and aggregation (link) with the dust. Due to these inherent disadvantages and associated problems, pith should be removed in effective manner. Otherwise, to produce pulp with the similar kappa number, chemicals used more. Also, when the depithing increases (ie, the ratio of fiber to pith enhances), initial freeness of pulp and strength properties of its paper also increased. In different reasons, pith can have adverse effects on the properties of pulping and its paper. In this respect, Pars Paper Mill is facing with high use of chemicals in the pulping that one of the reasons could be the lack of efficiency of depithers and subsequently presence of pith in the pulping which absorbed a lot of chemicals and so, despite higher consumption of chemicals, produced pulp quality is not high. In addition to increasing pollution loading in effluent, also will bring a lot of environmental problems. The effect of depithing levels on bagasse soda pulping and its pulp and paper properties were studied in Pars paper factory.

**Materials and methods:** Bagasse with different levels of depithing (i.e. bagasse with 30, 20, 10, 5 and 0 % of pith) were cooked under the same pulping condition

---

\*Corresponding author: e\_rasooly@sbu.ac.ir

as used in pars factory: chemical charge 15% of sodium hydroxide (NaOH applied based on dry fiber), temperature: 170°C, cooking time: 15 minutes and L:W= 10:1. Effects of different level of pith on residual active alkali, pulp properties such as freeness, shive, kappa number and drainage time and paper properties such as tear, burst, tensile, density, brightness and opacity were investigated.

**Results:** Results have shown that by pith level decreasing in raw material, the residual active alkali in black liquor increased and pulp properties such as kappa number, screen yield, shive content, initial freeness and drainage time improved. Also, strength properties of paper such as tear, burst and tensile increased.

**Conclusion:** In addition, comparing these results to pulping conditions of above factory indicated that the efficiency of factory depithing process is very low. Therefore, its effect appears in high level of pith and consequently high chemical consumption in digester and hence contributes to the inferior quality of pulp and paper properties.

**Keywords:** Bagasse, Pith, Depithing, Active Alkali, Strength properties