

# بررسی خواص بیومتری و شیمیایی باگاس مورد استفاده در کارخانه کاغذ پارس

احمد ثمریها

دانش‌آموخته مقطع کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ واحد علوم و تحقیقات عضو باشگاه پژوهشگران جوان

امیر هومن حمصی

دانشیار گروه مهندسی صنایع چوب و کاغذ، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی (مؤلف مسئول)

## چکیده

این تحقیق با هدف بررسی خواص آناتومیک و شیمیایی باگاس مورد استفاده در صنایع کاغذسازی کشور انجام گرفت. در این بررسی از باگاس مغززدایی شده به روش تر کارخانه کاغذ پارس واقع در استان خوزستان استفاده شد. برای بررسی خواص آناتومیک و شیمیایی الیاف باگاس، استاندارد TAPPI مورد استفاده قرار گرفت. متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف باگاس به ترتیب برابر ۱/۵۹۴ میلیمتر و ۲۰/۹۶۱، ۹/۷۱۹، ۵/۶۳۸ میکرون تعیین شد. میزان ضریب درهم رفتگی (لاغری)، ضریب انعطاف پذیری (نرمش) و میزان ضریب رانکل (معیاری از مقاومت به پارگی) محاسبه شده در مورد الیاف باگاس به ترتیب ۷۶/۰۵ و ۴۶/۳۷ و ۱۱۶/۰۲ درصد بدست آمد. میزان سلولز ۵۵/۷۵٪، لیگنین ۲۰/۱۵٪، مواد استخراجی ۳/۲۵٪ و خاکستر ۱/۸۵ درصد اندازه گیری شد. بررسی مشخصات باگاس موید این مطلب است که به لحاظ ابعاد فیبر و میزان ترکیبهای شیمیایی، این گونه در زمره مواد اولیه مناسب برای استفاده در صنایع کاغذ سازی کشور ایران قرار داشته و نسبت به پهن برگان بومی و سایر گیاهان غیر چوبی کشور دارای اولویت می باشد.

**واژه‌های کلیدی:** باگاس مغززدائی شده، کاغذ پارس، خصوصیات آناتومیک، خصوصیات شیمیایی، ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری، ضریب رانکل

## مقدمه

گیاهان غیر چوبی همانند چوب از زمان پیدایش بشر برای سوخت، جان پناه، دکوراسیون و حفاظت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. امروزه استفاده از این گیاهان به ویژه در کشورهایی که جنگل‌های صنعتی محدودی دارند مورد توجه زیادی قرار گرفته است. تصمیم‌گیری در مورد استفاده از الیاف این گیاهان در صنایع کاغذسازی و فرآورده‌های مرکب چوبی نیاز به شناخت کامل خواص اولیه این نوع مواد اولیه دارد. این بررسی‌ها شامل اندازه‌گیری طول الیاف، قطر الیاف، ترکیب‌های شیمیایی، دانسیته و ریخت‌شناسی الیاف می‌باشند.

## بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

در استفاده از گیاهان غیرچوبی در صنایع لیکنو سلولزی می‌بایست فن‌آوری‌های جدید کاشت، داشت، برداشت، جمع‌آوری، جداسازی، انبار و ذخیره‌سازی، حمل و نقل و نیز سیستم‌های جدید طراحی، توسعه و ساخت مورد توجه کافی قرار گیرند. تقاضای جهانی برای استفاده از الیاف گیاهان غیرچوبی با افزایش جمعیت و نیز محدودتر شدن سطح جنگل‌ها رو به افزایش است. توجه به استفاده از همه گونه‌های گیاهی به ویژه انواعی که حداکثر بیوماس را در واحد سطح تولید کنند، در حال تشدید است. افزایش سریع استفاده از الیاف گیاهان غیرچوبی در کشورهایی مانند چین و هند کاملاً مشهود است. در حال حاضر چهارده کشور برای تولید خمیر کاغذ فقط از الیاف گیاهان غیرچوبی استفاده می‌نمایند و این در حالی است که ۵۰ درصد خمیر کاغذ بیست کشور جهان از این الیاف تهیه می‌شود. (۱۶)

### تاریخچه باگاس

نیشکر<sup>۱</sup> گیاهی است گرمسیری و نیمه گرمسیری که بومی کشور ایران نمی‌باشد. این گیاه برای اولین بار پس از فتح هندوستان به دست اسکندر مقدونی به ایران انتقال یافته است به طوری که پس از فتح ایران توسط اعراب و سقوط سلسله ساسانیان کشت نیشکر در مناطق جنوبی ایران از منطقه سیستان گرفته تا خوزستان رواج داشته است. در قرون هشتم و نهم میلادی صنعت نیشکر در ایران کاملاً رایج بود. بر اساس مدارک تاریخی اولین قومی که موفق به تولید شکر متبلور به صورت جامد و به طریق صنعتی گردید ایرانیان بودند و مورخین تاریخ وقوع آنرا در قرن پنجم میلادی و در زمان سلسله ساسانیان ذکر کرده اند (۲).

کشت نیشکر در قرن پنجم میلادی به اندازه‌های رواج و رونق داشته است که منطقه ایلام به علت توسعه و رواج این زراعت و صنعت به خوزستان که در زبان پارسی به معنای نیشکرستان است، مشهور گردیده است. از قرن سوم هجری دوره ویرانی و انحطاط صنعت نیشکر و قندسازی در ایران آغاز گردیده و پس از مدت دو قرن کشت نیشکر و صنعت شکرسازی در جنوب ایران به کلی منسوخ گردید (۱۵). این صنعت از ایران رفت و پس از قریب نهد سال در اواخر قرن سیزدهم هجری با صنعت چغندر قند به ایران بازگشت.

همچنین صنعت تولید شکر از نیشکر در ایران در زمان ناصرالدین شاه و به کوشش امیرکبیر از طریق ورود قلمه‌های جدید به طور بسیار ابتدایی احیاء گردید ولی رونقی نیافت. در سال ۱۳۳۵ سازمان برنامه بودجه، کار مطالعه و عمران خوزستان را در قالب یک برنامه توسعه عمرانی مجدداً پیگیری نمود تا اینکه طرح کشت نیشکر و تولید شکر هفت تپه تهیه و در ۱۲۰۰۰ هکتار اراضی هفت تپه در نزدیکی شوش به مورد اجرا گذاشته شد (۳).

### وضعیت کشت گیاه نیشکر در کشور

با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی مناسب خوزستان که روی کمربند نیشکر خیز جهان قرار گرفته، می‌توان نزدیک به ۸۰۰ هزار هکتار از استان خوزستان را زیر کشت نیشکر برده و در نهایت ۶ میلیون تن شکر و حدود ۳ میلیون تن خمیر کاغذ تولید نمود (۱۴). این در حالی است که براساس آمار موجود در سال ۱۳۸۱، حدود ۳۷ هزار هکتار از این اراضی زیر کشت می‌باشد (۳).

کشت گیاه نیشکر در کشور، علاوه بر استان خوزستان در استان مازندران نیز صورت می‌گیرد. بر اساس آمار فوق استان خوزستان با ۳۷۰۰۰ هکتار، ۹۹/۸ درصد از سطح زیر کشت گیاه نیشکر و استان مازندران با ۱۰۵ هکتار، فقط ۰/۲ درصد سطح زیر کشت را در اختیار دارد. (۱۵)

با توجه به اینکه حجم وسیعی از باگاس حاصل از کارخانه‌های شکر دور ریخته می‌شوند یا به مصرف سوخت می‌رسند، بنابراین استفاده از این ضایعات در واحدهای تولید خمیر و کاغذ می‌تواند از وابستگی کشور به خمیر و کاغذ وارداتی بکاهد.

### اهمیت فرآورده های جانبی گیاه نیشکر(باگاس) در ایران

- در راستای سیاست کاهش فشار بر مصرف چوب در صنعت کاغذ کشور، باگاس در بین منابع غیرچوبی جایگاه ویژه ای دارد، زیرا:
- ۱- باگاس در مقایسه با پهن برگان، از ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی برتری برای تولید خمیر و کاغذ برخوردار است. میزان سلولز آن معادل پهن برگان و میزان لیگنین آن از پهن برگان کمتر است، لذا تولید خمیر کاغذ از آن آسان است.
  - ۲- باگاس به عنوان ماده جانبی تولید شکر به مقدار زیاد در کشور وجود دارد و به قیمت خیلی ارزان در اختیار واحدهای تولیدکننده خمیر و کاغذ قرار می‌گیرد.
  - ۳- کشور ایران از تجربه چهل ساله در تولید کاغذ از باگاس برخوردار است.
  - ۴- استفاده از باگاس محدود به کاغذ چاپ و تحریر نیست، بلکه انواع کاغذ با ویژگی‌های متفاوت کاربردی را می‌توان از باگاس تهیه کرد(۱).
- در این راستا، کامیار صالحی (۱۳۷۸)، متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی باگاس را به ترتیب برابر ۱/۶۶ میلی‌متر، ۱۹/۶۳، ۷/۴۷، ۶/۰۸۷ میکرون تعیین نمود. ایشان ضرایب بیومتریک باگاس از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۸۶/۷۳، ۳۷/۵۳، ۱۱۷/۶۷ گزارش نموده است و همچنین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر باگاس را به ترتیب ۵۵/۳، ۲۰/۵۵ و ۲/۹ و ۱/۹۸ درصد تعیین نموده است(۱۴).
- مسعودرضا حبیبی و همکاران(۱۳۸۱)، متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی باگاس را به ترتیب برابر ۱/۲۴ میلی‌متر، ۲۲/۹، ۱۲/۴۸، ۵/۲۸ میکرون گزارش نموده و همچنین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی، خاکستر باگاس را به ترتیب ۵۳/۶۸ و ۲۰/۴۴ و ۰/۹۶ و ۱/۱۴ درصد تعیین نموده‌اند(۵).
- سورنا منتظری(۱۳۷۷)، مقدار خاکستر باگاس را ۳/۰۵۷ گزارش نموده است(۱۷).
- پریزاد شیخی(۱۳۸۳)، متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی باگاس را به ترتیب برابر ۱/۶۵ میلی‌متر، ۲۲/۷۳۳، ۱۱/۱۱۹، ۵/۰۱۶ میکرون تعیین نمود. ایشان ضرایب بیومتریک باگاس از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۷۳/۰۷، ۴۹/۱۱، ۹۱/۲۶ و همچنین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی، خاکستر باگاس را به ترتیب ۵۵/۸۵، ۲۰/۵۵ و ۱/۳۴ و ۱/۴۱ درصد گزارش نموده است(۱۳).
- پطروودی(۱۳۷۹)، متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی باگاس را به ترتیب برابر ۲/۱۱۳ میلی‌متر، ۱۷/۱۴، ۱۰/۶۰، ۶/۵۴ میکرون تعیین نمود. همچنین ضرایب بیومتریک باگاس منطقه مازندران از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۸۹/۳۱، ۴۴/۸۰، ۱۱۷/۶۷ گزارش نمود. ایشان مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی، خاکستر باگاس منطقه مازندران را به ترتیب ۵۳/۶۸ و ۲۰/۴۴ و ۰/۹۶ و ۱/۱۴ درصد گزارش کرد(۴).
- حسین‌زاده، امید (۱۳۸۴)، متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی باگاس را به ترتیب برابر ۱/۵۹ میلی‌متر، ۲۲/۴، ۱۰/۸، ۵/۱ میکرون تعیین نمود. همچنین ضرایب بیومتریک باگاس از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۷۰/۹۸، ۴۳/۹۲، ۹۴/۴ گزارش نمود. و همچنین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی، خاکستر باگاس را به ترتیب ۵۴/۳ و ۲۱/۴ و ۱/۶ و ۱/۷۲ درصد تعیین کرد. (۶).
- سپیده دم، محمد.جواد(۱۳۸۲)، متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی باگاس را به ترتیب برابر ۱/۵۳۸ میلی‌متر، ۲۱/۷۶، ۹/۵۸۶، ۶/۰۷۶ میکرون تعیین نمود. ایشان ضرایب بیومتریک باگاس از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۷۰/۶۶، ۴۴/۰۷، ۱۲۶/۸۰ گزارش نموده است. همچنین، مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی، خاکستر باگاس را به ترتیب ۵۵/۳۳، ۲۱/۳۳ و ۳/۴۶ و ۲/۱۷ درصد تعیین شده است (۱۰).

خاصی پور، فرزین (۱۳۷۹)، متوسط طول، قطر، قطر حفرہ سلولی و ضخامت دیوارہ سلولی باگاس منطقہ مازندران را به ترتیب برابر ۲/۱۱۳ میلیمتر، ۲۳/۶۶، ۱۰/۱۶، ۶/۵۴ میکرون تعیین نمود. همچنین ضرایب بیومتریک باگاس از جمله ضریب درہم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۸۹/۳۱، ۴۴/۱۸، ۱۲۳/۴ گزارش نموده است. همچنین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر باگاس واجد مغز<sup>۱</sup> منطقہ مازندران را به ترتیب ۴۳ و ۲۰/۳۳ و ۸/۳۳ و ۳/۴ درصد و باگاس مغززدایی شدہ را به ترتیب ۵۰ و ۲۱/۶۷ و ۶/۸۰ و ۱/۶۳ درصد گزارش نموده است (۸).

شفیعی نیا (۱۳۷۵)، متوسط طول، قطر، قطر حفرہ سلولی و ضخامت دیوارہ سلولی باگاس را به ترتیب برابر ۱/۳۴۷ میلیمتر، ۱۹/۹۷، ۱۱/۷۶، ۴/۱۰ میکرون تعیین نمود. ایشان همچنین ضرایب بیومتریک باگاس از جمله ضریب درہم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۶۷/۴۷، ۵۸/۸۹، ۶۹/۷۳ گزارش نموده است (۱۲).

حسینی، ا (۱۳۸۳) متوسط طول، قطر، قطر حفرہ سلولی و ضخامت دیوارہ سلولی کاہ گندم را به ترتیب برابر ۱/۱۳۲ میلیمتر، ۱۴/۵۰، ۹/۹۲، ۲/۲۹ میکرون تعیین نمود. ایشان همچنین ضرایب بیومتریک کاہ گندم از جمله ضریب درہم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۴۱/۰۷، ۶۸/۷۸، ۴۶/۱۷ گزارش نموده است. همچنین، مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر کاہ گندم به ترتیب ۴۲/۵، ۲۹، ۴/۳۷، ۶/۹۶ درصد گزارش شدہ است (۷).

رودی، ح (۱۳۸۰) متوسط طول و قطرالیاف ساقہ آفتابگردان را به ترتیب برابر ۰/۹۵۸ میلیمتر و ۲۳/۸ میکرون تعیین نمود. همچنین ضرایب بیومتریک ساقہ آفتابگردان از جمله ضریب درہم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب رونکل را به ترتیب ۴۰/۵۸، ۵۰/۸۱، ۹۸/۷۳ گزارش نموده است. همچنین، مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر ساقہ آفتابگردان، به ترتیب ۴۷/۲۷، ۲۱/۲۰، ۳/۶۱، ۷/۵ درصد گزارش شدہ است (۹).

Atchison (۱۹۸۷)، متوسط طول الیاف باگاس را ۱/۵ میلیمتر گزارش نمود. و همچنین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی، خاکستر باگاس را به ترتیب ۵۳/۴ و ۱۸ و ۰/۸ و ۱/۶ درصد تعیین نموده است (۱۸).

Hurter (۲۰۰۰-۲۰۰۳)، مقدار سلولز، لیگنین، پنتوزانها، خاکستر و سیلیس باگاس را به ترتیب ۶۲-۴۹ و ۲۴-۱۹ و ۳۲-۲۷ و ۵-۱/۵ و ۳-۷ درصد گزارش نموده است (۲۰).

Mahajan (۲۰۰۱)، طول الیاف باگاس را ۱/۳۸ میلیمتر، قطر الیاف را ۱۸ میکرون و ضریب لاغری را ۷۶ ذکر نمود (۲۱).  
Atchison, McGovern (۱۹۹۳)، متوسط طول و قطر الیاف باگاس به ترتیب ۱-۱/۵ میلیمتر و ۲۰ میکرون ضریب لاغری را بین ۷۰-۵۰ ذکر نمود (۱۹).

## مواد و روش‌ها

نمونه‌های باگاس مورد آزمایش از کارخانه پارس واقع در استان خوزستان تهیه گردید و به منظور تعیین ترکیبات شیمیایی به آزمایشگاه شیمی چوب دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج و همچنین برای تعیین خواص آناتومیک به مجتمع آزمایشگاهی واحد علوم و تحقیقات انتقال یافت. نمونه‌ها از باگاس تازه و بعد از مرحله "مغززدایی" تر<sup>۲</sup> از مسیر خط تولید جمع‌آوری گردید.

برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف ابتدا نمونه‌ها در لوله‌های آزمایش ریخته و به روش فرانکلین (۱۹۵۴) دفیبره شدند. بعد از جداسازی کامل الیاف از یکدیگر بر روی ۱۲۰ عدد فیبر، طول الیاف، قطر الیاف و قطر حفرہ سلولی بوسیله دستگاه آنالیز تصویری LEICA Q.5000MC ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. لازم به تذکر است کہ قطر دیوارہ سلولی از نیم تفاضل قطر فیبر و قطر حفرہ بدست می‌آید. در این مرحله همچنین ضریب درہم رفتگی، ضریب مقاومت به پارگی و ضریب انعطاف‌پذیری طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند.

1. Pith

2-Wet Depithing

$$\frac{L}{d} = \text{ضریب در هم رفتگی (لاغری)}^1$$

$$\frac{c}{d} * 100 = \text{ضریب انعطاف پذیری (نرمش)}^2$$

$$\frac{2P}{C} * 100 = \text{ضریب رونکل (مقاومت به پارگی فیبر)}^3$$

که در آن: L= طول الیاف، d= قطر الیاف، c= قطر حفره سلولی و p= ضخامت دیواره سلولی می‌باشد. اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی بر اساس استانداردهای TAPPI به شرح زیر انجام شد (۲۲):

T267-Om85	تهیه آرد چوب
T207-Om97	آرد عاری از مواد استخراجی
T211-Om93	میزان خاکستر
T207-Om97	مواد استخراجی
روش اسید نیتریک	میزان سلولز
T222-Om98	میزان لیگنین

### نتایج

اندازه‌گیری خصوصیات آناتومیک بر روی ۱۲۰ عدد فیبر انجام شد (جدول ۱). مقادیر میانگین طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف باگاس و همچنین ضرایب بیومتری الیاف باگاس در جدول ۲ درج شده است.

جدول ۱- اندازه‌گیری‌های آناتومیک و ضرایب بیومتریک باگاس

شماره فیبر	طول الیاف	قطر سلول	قطر حفره سلول	ضخامت دیواره سلول	ضرایب بیومتریک	
					درهم رفتگی	انعطاف پذیری
۱	۱,۶۸۸۰	۱۲,۴۲۰	۵,۶۴	۳,۳۹	۱۳۵,۹۱۰	۴۵,۴۱۱
۲	۱,۳۷۷۰	۱۷,۱۲۰	۷,۱۵	۴,۹۸	۸۰,۴۳۲	۴۱,۷۶۴
۳	۱,۹۶۴۰	۲۸,۱۴۰	۱۵,۱۴	۶,۵۰	۶۹,۷۹۴	۵۳,۸۰۲
۴	۲,۴۹۰۰	۱۵,۱۲۰	۶,۸۷	۴,۱۲	۱۶۴,۶۸۳	۴۵,۴۳۷
۵	۲,۱۲۵۰	۳۲,۱۴۰	۱۸,۱۴	۷,۰۰	۶۶,۱۱۷	۵۶,۴۴۱
۶	۱,۶۲۱۰	۳۶,۱۴۰	۱۹,۱۲	۸,۵۱	۴۴,۸۵۳	۵۲,۹۰۵
۷	۰,۹۵۶۰	۱۹,۱۲۰	۸,۷۴	۵,۱۹	۵۰,۰۰۰	۴۵,۷۱۱
۸	۱,۸۶۵۰	۲۰,۱۴۰	۹,۱۵	۵,۴۹	۹۲,۶۰۲	۴۵,۴۳۲
۹	۱,۷۶۱۰	۲۱,۴۲۰	۸,۵۲	۶,۴۵	۸۲,۲۱۳	۳۹,۷۷۶
۱۰	۱,۱۲۲۰	۲۵,۱۲۰	۱۱,۴۲	۶,۸۵	۴۴,۶۶۶	۴۵,۴۶۲
۱۱	۱,۹۱۲۰	۲۳,۱۰۰	۱۴,۱۲	۴,۴۹	۸۲,۷۷۱	۶۱,۱۲۶
۱۲	۲,۱۴۱۰	۲۴,۱۱۰	۱۵,۱۲	۴,۴۹	۸۸,۸۰۱	۶۲,۷۱۳
۱۳	۱,۰۸۲۰	۲۰,۱۲۰	۸,۰۲	۶,۰۵	۵۳,۷۷۷	۳۹,۸۶۱
۱۴	۱,۸۰۴۰	۱۴,۰۱۰	۶,۴۲	۳,۷۹	۱۳۸,۷۶۵	۴۵,۸۲۴
۱۵	۱,۶۵۴۰	۳۰,۱۱۰	۱۶,۱۴	۶,۹۸	۵۴,۹۳۲	۵۳,۶۰۳

1. Slenderness ratio
2. Flexibility ratio
3. Raunkel ratio

٢٥٢,٧٦٨	٢٨,٣٤٧	٧٧,٠٩٢	٤,٨٥	٥,٤٢	١٩,١٢٠	١,٤٧٤٠	١٦
٢٢٤,٣٦٨	٣٠,٨٢٩	١١٧,٧٨٩	٤,٨٨	٤,٣٥	١٤,١١٠	١,٤٦٢٠	١٧
١٧٥,٦٥٨	٣٤,٣٧٧	٦٥,٥٩٣	٨,٠١	٩,١٢	٢٥,١٤٠	١,٤٤٩٠	١٨
١٤٧,٩٨٠	٣٧,٣١٦	٧٠,٤٨٠	٤,٨٢	٨,١٢	٢١,٧٦٠	١,٥٣٨٠	١٩
١٧١,٤٥٩	٣٤,٨٢٣	٧٤,١٩٤	٧,٩٣	٩,٣٥	٢٥,١٢٠	١,٩١٤٠	٢٠
١٤٤,٧٢٤	٣٧,٧٧٥	٨٨,٠٠٧	٥,٣٧	٤,٥٢	١٧,٢٦٠	١,٥١٩٠	٢١
١٧٩,٢٩٨	٣٥,٧٨٠	٩٩,٧٣٥	٤,٨٥	٥,٤١	١٥,١٢٠	١,٥٠٨٠	٢٢
١٤١,٤٤٤	٣٨,٢٠٢	٩٠,٩١٣	٤,٤٩	٨,٠٣	٢١,٠٢٠	١,٩١١٠	٢٣
١١٩,٥١٥	٤٥,٥٣٠	٨٨,٥٢١	٤,٩٣	٨,٣٥	١٨,١٢٠	١,٤٠٤٠	٢٤
١٣٨,٣٧٧	٤١,٩٣١	٧٤,٥٥٢	٤,٣١	٩,١٢	٢١,٧٥٠	١,٤٦٥٠	٢٥
١٢٧,٨١١	٤٣,٨٩٦	٦٦,٤٥٠	٤,٤٨	١٠,١٤	٢٣,١٠٠	١,٥٣٥٠	٢٦
١٣٣,٨٥٠	٤٢,٧٦٣	٦٢,٣٤٦	٤,٠٥	٩,٠٤	٢١,١٤٠	١,٣١٨٠	٢٧
١٢٠,١٧١	٤٥,٤١٩	٩٤,٤١٩	٥,٤٣	٩,٣٧	٢٠,٤٣٠	١,٩٥٢٠	٢٨
١٢٣,٧٠٤	٤٤,٧٠٢	٧٤,٤١٤	٥,٠١	٨,١٠	١٨,١٢٠	١,٣٥٢٠	٢٩
٢٢٢,٤٢١	٤٢,٢٧٤	٩٤,٣٢٧	٨,٠٧	٧,٣٥	١٧,١٥٠	١,٤٥٢٠	٣٠
١٠٧,١٧٢	٤٨,٣٥٠	٥١,٠٣٤	٤,٥٠	١٢,١٣	٢٥,١٤٠	١,٢٨٢٠	٣١
١٥١,٥٦٤	٣٩,٧٣٣	٥٤,٨٦٠	٤,٥٤	٨,٤٣	٢١,٧٢٠	١,٢٣٥٠	٣٢
٩٣,٣٤٧	٥١,٧١٥	٨١,٥٣٠	٥,٤٩	١١,٧٦	٢٢,٧٤٠	١,٨٥٤٠	٣٣
٤٧,١١٠	٥٩,٨٢١	٥٠,٣٣٢	٤,٠٥	١٨,٠٣	٣٠,١٤٠	١,٥١٧٠	٣٤
٩٥,٥٢٩	٥١,١٢٤	٦٩,٣٧١	٤,٤١	١٣,٤٢	٢٤,٣٥٠	١,٨٢١٠	٣٥
١٢٩,٧٥٦	٤٣,٤٩٤	١١٢,٨٠١	٣,٩٩	٤,١٥	١٤,١٤٠	١,٥٩٥٠	٣٦
١٣٦,٣٣١	٤٢,٢٨١	١١٤,٩٨١	٣,٧٩	٥,٥٦	١٣,١٥٠	١,٥١٢٠	٣٧
١٢٠,٣٥٠	٤٥,٣٨٢	٨٥,١٠٤	٥,٥٠	٩,١٤	٢٠,١٤٠	١,٧١٤٠	٣٨
١٩٤,٠٧٨	٣٣,٧٧٥	٥٩,٢٢٤	٧,٠٠	٧,١٤	٢١,١٤٠	١,٣٥٢٠	٣٩
٢١٤,٧٣٦	٣١,٥٥١	٨٨,٥٨١	٥,١٨	٤,٧٨	١٥,١٥٠	١,٣٤٢٠	٤٠
١٤,٩٢٩	٨٥,٥١٤	٨٠,٤١٩	١,٤٥	١٧,١٢	٢٠,٠٢٠	١,٤١٤٠	٤١
١٥٥,٧٤٣	٣٩,٠٧٦	١٠٤,٥٣٥	٤,٤١	٥,٩٢	١٥,١٥٠	١,٤١٤٠	٤٢
٢٧٢,٩٣٦	٢٤,٨١٤	١٠٣,٤٢٩	٥,٩٥	٤,٣٦	١٤,٢٦٠	١,٤٨٥٠	٤٣
٩٨,٧٤٣	٥٠,٣٩٠	٧٢,٤٣٧	٥,٩٩	١٢,١٣	٢٤,١٢٠	١,٧٥٢٠	٤٤
١٣٨,٥٧٤	٤١,٩١٦	٧٠,٩١٤	٤,٤١	٩,٥٤	٢٢,٧٦٠	١,٤١٤٠	٤٥
١٣٨,٠٤٧	٤٢,٠٠٥	٨٠,٩٤٤	٧,٠٠	١٠,١٤	٢٤,١٤٠	١,٩٥٤٠	٤٦
١٣٨,٤٣٣	٤١,٨٨١	٤٥,٠٧٠	٤,٩٧	٧,١٧	١٧,١٢٠	١,١١٤٠	٤٧
١٣٤,٧٥٨	٤٢,٢١٧	٨٧,٧٥٩	٥,٩٩	٨,٧٦	٢٠,٧٥٠	١,٨٢١٠	٤٨
١٢٠,٥٥٩	٤٥,٣٣٩	٤٤,٧٩٤	٤,٠٤	١٠,٠٢	٢٢,١٠٠	١,٤٣٢٠	٤٩
١٥١,١٢٢	٣٩,٨٢١	٤٠,٧٢٥	٤,٠٤	٨,٠٢	٢٠,١٤٠	١,٢٢٣٠	٥٠
١٣٣,٠١٧	٤٢,٨٩٤	٩٤,٠٩١	٥,٤٠	٨,٤٢	١٩,٤٣٠	١,٨٤٧٠	٥١
١٣٥,٣٥١	٤٢,٤٤٥	٨٨,٤٤٨	٤,٩٢	٧,٢٧	١٧,١٢٠	١,٥١٨٠	٥٢
١٤٠,٠٥٤	٤١,٤٥٧	٨٢,٧٣٠	٥,٠٠	٧,١٤	١٧,١٤٠	١,٤١٨٠	٥٣
١٠٠,٨٣٢	٤٩,٧٩٣	٧١,١٤٨	٤,٠٤	١٢,٠٢	٢٤,١٤٠	١,٧١٨٠	٥٤
١٨٢,٢٨٩	٣٥,٤٢٥	٤٣,٤٤٥	٤,٤٩	٧,٣٤	٢٠,٧٢٠	١,٣١٥٠	٥٥
١٠٧,١٥٠	٤٨,٢٥٢	٨٢,٩٨١	٥,٤٢	١٠,٤٩	٢١,٧٤٠	١,٨٠٤٠	٥٦
١١٥,٢١٤	٤٤,٤٤٥	٤٤,٩٢١	٧,٨٠	١٣,٥٤	٢٩,١٤٠	١,٣٠٩٠	٥٧

۱۰۸,۲۵۱	۴۸,۰۰۰	۷۱,۸۴۲	۶,۵۶	۱۲,۱۲	۲۵,۲۵۰	۱,۸۱۴۰	۵۸
۷۹,۶۱۷	۵۵,۷۱۶	۱۲۳,۰۱۸	۲,۹۱	۷,۳۱	۱۲,۱۲۰	۱,۶۱۴۰	۵۹
۲۱۲,۳۵۲	۲۲,۰۱۵	۸۹,۳۵۴	۴,۴۷	۴,۲۱	۱۲,۱۵۰	۱,۱۷۵۰	۶۰
۱۵۱,۱۸۱	۲۹,۸۱۲	۸۴,۳۲۶	۵,۷۶	۷,۶۲	۱۹,۱۴۰	۱,۶۱۴۰	۶۱
۱۹۹,۴۰۶	۲۳,۴۱۶	۷۰,۱۰۹	۶,۷۱	۶,۷۳	۲۰,۱۴۰	۱,۴۱۲۰	۶۲
۱۹۰,۴۰۶	۲۴,۴۱۳	۱۰۶,۹۸۴	۵,۱۶	۵,۴۲	۱۵,۷۵۰	۱,۶۸۵۰	۶۳
۱۳۲,۶۸۱	۴۲,۹۵۵	۹۰,۴۸۴	۵,۴۲	۸,۱۷	۱۹,۰۲۰	۱,۷۲۱۰	۶۴
۱۴۶,۹۰۶	۴۰,۵۲۸	۹۳,۵۳۱	۴,۵۱	۶,۱۴	۱۵,۱۵۰	۱,۴۱۷۰	۶۵
۱۳۷,۴۸۱	۴۲,۱۳۶	۱۲۷,۹۱۶	۴,۴۲	۶,۴۳	۱۵,۲۶۰	۱,۹۵۲۰	۶۶
۱۵۲,۹۵۴	۲۹,۵۳۳	۵۷,۳۱۰	۶,۹۹	۹,۱۴	۲۳,۱۲۰	۱,۳۲۵۰	۶۷
۱۵۷,۶۳۳	۲۸,۸۳۳	۴۹,۷۲۴	۶,۶۶	۸,۴۵	۲۱,۷۶۰	۱,۰۸۲۰	۶۸
۱۳۰,۱۴۹	۴۳,۴۳۱	۶۶,۶۳۸	۶,۵۴	۱۰,۰۵	۲۳,۱۴۰	۱,۵۴۲۰	۶۹
۲۷۰,۱۸۳	۲۶,۹۹۷	۷۷,۵۲۳	۵,۸۹	۴,۳۶	۱۶,۱۵۰	۱,۲۵۲۰	۷۰
۱۴۲,۳۸۸	۴۱,۲۳۸	۸۳,۶۵۰	۶,۵۰	۹,۱۳	۲۲,۱۴۰	۱,۸۵۲۰	۷۱
۱۳۳,۵۷۸	۴۲,۷۹۰	۷۰,۹۵۱	۵,۴۷	۸,۱۹	۱۹,۱۴۰	۱,۳۵۸۰	۷۲
۶۵,۳۰۶	۶۰,۴۹۴	۱۱۷,۲۸۴	۲,۴۰	۷,۳۵	۱۲,۱۵۰	۱,۴۲۵۰	۷۳
۱۱۱,۰۱۸	۴۷,۳۵۸	۱۰۹,۱۱۵	۳,۹۸	۷,۱۷	۱۵,۱۴۰	۱,۶۵۲۰	۷۴
۱۷۲,۹۷۳	۲۶,۶۳۴	۶۳,۰۵۰	۸,۰۰	۹,۲۵	۲۵,۲۵۰	۱,۵۹۲۰	۷۵
۱۱۶,۱۷۲	۴۶,۲۵۹	۶۲,۱۸۳	۷,۸۳	۱۳,۴۸	۲۹,۱۴۰	۱,۸۱۲۰	۷۶
۸۳,۳۷۶	۵۴,۵۰۸	۶۴,۷۶۵	۴,۹۴	۱۱,۸۵	۲۱,۷۴۰	۱,۴۰۸۰	۷۷
۶۲,۳۸۲	۶۱,۵۸۳	۷۳,۱۱۸	۳,۹۸	۱۲,۷۶	۲۰,۷۲۰	۱,۵۱۵۰	۷۸
۹۷,۴۳۲	۵۰,۶۵۰	۷۳,۳۷۴	۶,۴۵	۱۳,۲۴	۲۶,۱۴۰	۱,۹۱۸۰	۷۹
۷۶,۹۷۴	۵۶,۴۷۱	۱۰۱,۴۲۴	۳,۵۱	۹,۱۲	۱۶,۱۵۰	۱,۶۳۸۰	۸۰
۱۲۰,۵۸۵	۴۵,۳۰۹	۷۹,۴۱۵	۴,۹۵	۸,۲۱	۱۸,۱۲۰	۱,۴۳۹۰	۸۱
۹۴,۲۵۷	۵۱,۴۵۲	۷۹,۵۷۲	۴,۷۶	۱۰,۱۰	۱۹,۶۳۰	۱,۵۶۲۰	۸۲
۱۰۴,۲۶۰	۴۸,۹۵۷	۷۸,۱۵۳	۵,۱۴	۹,۸۶	۲۰,۱۴۰	۱,۵۷۴۰	۸۳
۱۱۸,۴۹۷	۴۵,۷۴۷	۷۴,۷۹۶	۵,۹۹	۱۰,۱۱	۲۲,۱۰۰	۱,۶۵۳۰	۸۴
۱۳۴,۰۸۶	۴۲,۶۹۹	۹۲,۲۸۹	۵,۹۴	۸,۸۶	۲۰,۷۵۰	۱,۹۱۵۰	۸۵
۹۰,۸۱۸	۵۲,۴۰۶	۶۰,۲۵۱	۴,۵۵	۱۰,۰۲	۱۹,۱۲۰	۱,۱۵۲۰	۸۶
۱۹۳,۳۹۸	۳۴,۰۸۳	۱۳۱,۳۷۰	۴,۹۸	۵,۱۵	۱۵,۱۱۰	۱,۹۸۵۰	۸۷
۱۸۱,۲۵۹	۳۵,۵۳۷	۹۴,۹۳۰	۶,۴۸	۷,۱۵	۲۰,۱۲۰	۱,۹۱۰۰	۸۸
۱۱۵,۴۷۰	۴۶,۴۱۰	۳۵,۱۰۸	۷,۸۰	۱۳,۵۱	۲۹,۱۱۰	۱,۰۲۲۰	۸۹
۷۸,۳۸۵	۵۶,۰۹۶	۱۰۹,۹۹۳	۳,۳۰	۸,۴۲	۱۵,۰۱۰	۱,۶۵۱۰	۹۰
۱۰۸,۳۸۴	۴۸,۰۱۱	۸۳,۰۹۷	۵,۴۹	۱۰,۱۴	۲۱,۱۲۰	۱,۷۵۵۰	۹۱
۱۲۱,۶۸۹	۴۵,۰۸۹	۳۷,۳۸۶	۶,۳۴	۱۰,۴۲	۲۳,۱۱۰	۰,۸۶۴۰	۹۲
۱۰۶,۱۵۷	۴۸,۵۰۷	۷۸,۳۲۶	۵,۶۹	۱۰,۷۲	۲۲,۱۰۰	۱,۷۳۱۰	۹۳
۹۴,۶۳۵	۵۱,۳۷۸	۸۵,۱۸۴	۶,۳۵	۱۳,۴۲	۲۶,۱۲۰	۲,۲۲۵۰	۹۴
۱۴۴,۴۱۸	۳۷,۵۵۶	۸۴,۴۷۸	۶,۰۸	۸,۴۲	۲۲,۴۲۰	۱,۸۹۴۰	۹۵
۱۰۶,۱۴۶	۴۸,۴۸۶	۶۲,۰۶۲	۵,۴۴	۱۰,۲۵	۲۱,۱۴۰	۱,۳۱۲۰	۹۶
۳۲,۰۷۰	۷۵,۷۱۷	۹۶,۶۸۹	۲,۲۰	۱۳,۷۲	۱۸,۱۲۰	۱,۷۵۲۰	۹۷
۱۸۹,۴۵۶	۳۴,۵۳۸	۷۱,۴۰۸	۱۱,۵۰	۱۲,۱۴	۳۵,۱۵۰	۲,۵۱۰۰	۹۸
۱۰۵,۹۵۲	۴۸,۵۵۵	۲۶,۰۷۶	۸,۰۱	۱۵,۱۲	۳۱,۱۴۰	۰,۸۱۲۰	۹۹

۱۵۷,۷۶۰	۳۸,۷۷۲	۷۰,۳۴۷	۴,۹۳	۶,۲۵	۱۶,۱۲۰	۱,۱۳۴۰	۱۰۰
۱۶۵,۹۱۶	۳۷,۶۰۶	۳۳,۶۶۵	۸,۴۷	۱۰,۲۱	۲۷,۱۵۰	۰,۹۱۴۰	۱۰۱
۷۷,۳۷۵	۵۶,۳۴۷	۱۲۹,۱۳۹	۳,۹۵	۱۰,۲۱	۱۸,۱۲۰	۲,۳۴۰۰	۱۰۲
۶۷,۰۲۱	۵۹,۸۷۳	۱۴۷,۶۱۱	۲,۵۲	۷,۵۲	۱۲,۵۶۰	۱,۸۵۴۰	۱۰۳
۱۲۵,۴۹۰	۴۴,۳۲۰	۸۷,۸۳۴	۴,۴۸	۷,۱۴	۱۶,۱۱۰	۱,۴۱۵۰	۱۰۴
۱۷,۴۷۸	۸۵,۱۶۵	۸۵,۶۱۴	۱,۴۹	۱۷,۰۵	۲۰,۰۲۰	۱,۷۱۴۰	۱۰۵
۸۹,۴۸۸	۵۲,۷۹۳	۶۴,۱۴۱	۶,۶۴	۱۴,۸۴	۲۸,۱۱۰	۱,۸۰۳۰	۱۰۶
۶۵,۱۳۲	۶۰,۵۹۸	۱۴۰,۳۳۲	۲,۹۷	۹,۱۲	۱۵,۰۵۰	۲,۱۱۲۰	۱۰۷
۷۹,۳۹۳	۵۵,۷۴۳	۸۰,۲۵۹	۴,۴۵	۱۱,۲۱	۲۰,۱۱۰	۱,۶۱۴۰	۱۰۸
۹۶,۸۱۶	۵۰,۸۲۰	۳۷,۸۸۴	۵,۹۳	۱۲,۲۵	۲۴,۱۰۰	۰,۹۱۳۰	۱۰۹
۷۶,۹۴۹	۵۶,۵۴۰	۸۵,۴۰۳	۴,۵۹	۱۱,۹۳	۲۱,۱۰۰	۱,۸۰۲۰	۱۱۰
۱۲۳,۳۷۸	۴۴,۷۸۵	۷۶,۱۱۵	۶,۹۴	۱۱,۲۵	۲۵,۱۲۰	۱,۹۱۲۰	۱۱۱
۱۳۵,۱۳۵	۴۲,۵۸۷	۷۸,۹۱۳	۶,۲۵	۹,۲۵	۲۱,۷۲۰	۱,۷۱۴۰	۱۱۲
۹۴,۳۰۳	۵۱,۴۶۶	۴۵,۶۴۷	۵,۳۸	۱۱,۴۱	۲۲,۱۷۰	۱,۰۱۲۰	۱۱۳
۳۵,۵۲۷	۷۳,۸۲۴	۹۹,۰۰۷	۲,۵۱	۱۴,۱۳	۱۹,۱۴۰	۱,۸۹۵۰	۱۱۴
۱۲۳,۸۸۵	۴۴,۶۶۶	۵۳,۱۶۵	۹,۴۴	۱۵,۲۴	۳۴,۱۲۰	۱,۸۱۴۰	۱۱۵
۱۲۹,۳۷۶	۴۳,۵۹۷	۴۰,۶۱۰	۸,۵۰	۱۳,۱۴	۳۰,۱۴۰	۱,۲۲۴۰	۱۱۶
۱۳۰,۷۲۸	۴۳,۳۴۱	۱۰۶,۰۱۶	۴,۸۵	۷,۴۲	۱۷,۱۲۰	۱,۸۱۵۰	۱۱۷
۱۲۳,۵۵۸	۴۴,۷۳۱	۵۵,۷۴۸	۷,۵۰	۱۲,۱۴	۲۷,۱۴۰	۱,۵۱۳۰	۱۱۸
۱۸۳,۱۱۱	۳۵,۳۰۳	۹۵,۲۴۱	۶,۱۸	۶,۷۵	۱۹,۱۲۰	۱,۸۲۱۰	۱۱۹
۳۱,۸۵۵	۷۵,۸۹۳	۵۱,۹۲۳	۱,۷۶	۱۱,۰۵	۱۴,۵۶۰	۰,۷۵۶۰	۱۲۰

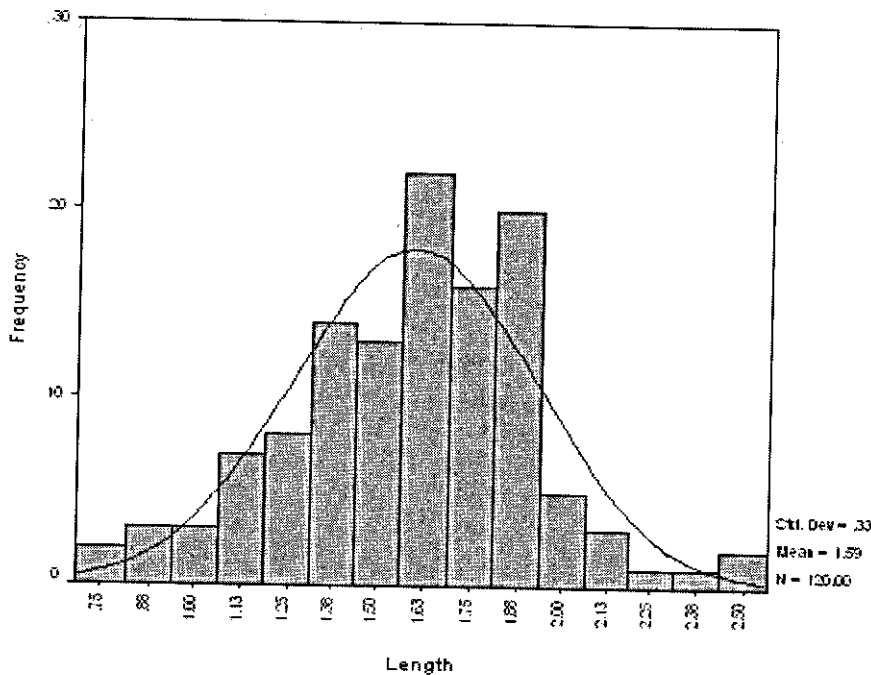
جدول ۲ مشخصات آناتومیکی و ضرایب بیومتریکی الیاف باگاس

فاصله اطمینان ۹۵ درصد		ضرب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	مشخصه
حد بالا	حد پایین				
۲/۵۱	۰/۷۵۶	۰/۲۱	۰/۳۳۳	۱/۵۹۴	طول الیاف (mm) (L)
۳۶/۱۴	۱۲/۱۵	۰/۲۴	۵/۰۳	۲۰/۹۶۱	قطر سلول (μ) (d)
۱۹/۱۲	۴/۲۱	۰/۳۳	۳/۲۳	۹/۷۱۹	قطر حفره سلول (μ) (c)
۱۱/۵	۱/۴۵	۰/۲۹	۱/۶۳	۵/۶۳۸	ضخامت دیواره سلولی (μ) (p)
				۷۶/۰۵	ضرب درهم رفتگی
				۴۶/۳۷	ضرب انعطاف پذیری (/)
				۱۱۶/۰۲	ضرب رانکل (/)

الیاف از نظر طولی در سه سطح طبقه بندی می شوند: دسته اول الیاف کوتاه، با طول کمتر از ۰/۹ میلی متر، دسته دوم الیاف متوسط، با طول بین ۰/۹ تا ۱/۹ میلی متر که الیاف باگاس در این کلاس طولی قرار دارند. دسته سوم الیاف با طول بیشتر از ۱/۹ میلی متر که الیاف بلند می باشند (۱۴). همانگونه که ذکر شد، بر اساس اندازه گیری های انجام شده، طول الیاف باگاس ۱/۶۶mm (صالحی ۱۳۷۸)، ۱/۳۴۷mm (شفیعی نیا ۱۳۷۵)، کاه گندم ۱/۱۳۲mm (حسینی ۱۳۸۲)، باگاس ۱/۵mm (Atchison 1987)، باگاس ۱/۶۵mm (شیخی ۱۳۸۳)، باگاس ۱/۵۹mm (حسین زاده ۱۳۸۴)، باگاس ۱/۵۳۸ میلی متر (سپیده دم ۱۳۸۲)، باگاس ۱/۲۴mm (حبیبی ۱۳۸۱)، باگاس منطقه مازندران ۲/۱۱۳ میلی متر (خاصی پور ۱۳۷۹)، گزارش گردیده است. بدین ترتیب در



مقایسه با گونه‌های چوبی پهن برگان نظیر خرمندی ۱mm (نیکجویان ۱۳۷۶)، بید ۱/۱mm (متقی ۱۳۸۱)، اکالیپتوس ۰/۸mm (سپیده‌دم ۱۳۷۷) افرا پلت ۰/۹۳mm (سعدی ۱۳۷۷)، و صنوبر ۰/۹۵mm (ملاحمد نراقی ۱۳۷۶)، ملاحظه می‌شود که طول الیاف باگاس از متوسط طول الیاف پهن برگان و همین‌طور از متوسط طول الیاف دیگر منابع لیگنو سلولزی قابل دسترس در ایران بلندتر است. نتایج این تحقیق در مقایسه با سوابق تحقیق موجود در مورد باگاس منطقه جنوب، تقریباً در یک محدوده قرار دارد. از آنجایی که باگاس یک فرآورده جانبی کشاورزی محسوب می‌شود و به حجم زیاد قابل دسترس است، می‌تواند به عنوان یک ماده اولیه مناسب برای تهیه کاغذ در ایران مطرح باشد. با توجه به وضعیت جنگل‌ها و منابع چوبی کشور در برنامه‌ریزی‌های آینده برای تامین کاغذ مورد نیاز کشور باید باگاس را به عنوان محور اصلی توسعه مدنظر قرار داد و تحقیقات کاربردی کشور را به منظور استفاده بهتر از باگاس گسترش داد. طول فیبر، نقش بسیار بارزی در جهت افزایش مقاومت‌های کاغذ دارد. با افزایش طول فیبر تا حد معینی، انعطاف‌پذیری الیاف بیشتر شده و قابلیت در هم رفتن الیاف بالا می‌رود و این امر، باعث افزایش مقاومت کاغذ می‌گردد (۱۱). این ویژگی را با ضریبی به نام ضریب لاغری یا درهم رفتگی الیاف نشان می‌دهند. نمودار ۱، درصد فراوانی تغییرات طول الیاف باگاس را نشان می‌دهد که با تقریب مناسبی از توزیع نرمال پیروی می‌کند.



نمودار ۱- هیستوگرام درصد فراوانی تغییرات طول الیاف باگاس

متوسط قطر الیاف باگاس ۲۰/۹۶۱ میکرون اندازه‌گیری شد. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده الیاف باگاس ۱۹/۶۳ میکرون (صالحی ۱۳۷۸)، باگاس ۱۹/۹۷ میکرون (شفیعی‌نیا ۱۳۷۵)، کلزا ۲۳/۰۲ میکرون (سفیدگران ۱۳۸۲)، کاه گندم ۱۴/۵ میکرون (حسینی ۱۳۸۲)، باگاس ۲۲/۴ میکرون (حسین‌زاده ۱۳۸۴)، باگاس ۲۱/۷۶ میکرون (سپیده‌دم ۱۳۸۲)، باگاس منطقه مازندران ۲۳/۶۶ میکرون (خاصی‌پور ۱۳۷۹) ذکر نموده است. افزایش قطر الیاف باعث کاهش ضرایب درهم رفتگی و انعطاف‌پذیری می‌شود. ضخامت دیواره سلولی ۵/۶۳۸ میکرون اندازه‌گیری شد. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده الیاف باگاس ۶/۰۸۷ میکرون (صالحی ۱۳۷۸)، باگاس ۴/۱۰ میکرون (شفیعی‌نیا ۱۳۷۵)، کلزا ۵/۲۶ میکرون (سفیدگران ۱۳۸۲)، کاه گندم ۲/۲۹ میکرون

(حسینی ۱۳۸۲)، باگاس ۵/۰۱۶ میکرون (شیخی ۱۳۸۳)، باگاس ۵/۱ میکرون (حسین‌زاده ۱۳۸۴)، باگاس ۶/۰۷۶ میکرون (سپیده‌دم ۱۳۸۲)، باگاس ۵/۲۸ میکرون (حیبی ۱۳۸۱)، باگاس منطقه مازندران ۶/۵۴ میکرون (خاصی‌پور ۱۳۷۹)، ذکر نموده است.

ضخامت سلولی زیاد در مورد الیاف کاغذ بیان‌کننده انعطاف‌پذیری الیاف در فرآیند پالایش خمیر کاغذ می‌باشد. به عبارت دیگر هرچه الیاف ضخیم‌تر باشند، ضربه‌پذیری بیشتری دارند و مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند. با توجه به مقایسه انجام شده، الیاف باگاس ضخامت نسبتاً زیادی داشته و با توجه به بافت ضعیف‌تر، در مقایسه با پهن برگان واکنش مناسبی در هنگام پالایش از خود نشان می‌دهند.

افزایش ضخامت دیواره الیاف، باعث افزایش دانسیته فیبر می‌گردد که این مسئله تاثیر مستقیم در خواص مقاومتی الیاف دارد. هرچه دیواره الیاف ضخیم‌تر باشد، الیاف در برابر نیروهای مکانیکی وارده از خود مقاومت بیشتری نشان داده و همین‌طور در برابر تغییر شکل مقاومت می‌کنند، در نتیجه قابلیت انعطاف‌پذیری و مچاله شدن الیاف کم می‌شود (۱۲). همچنین افزایش ضخامت الیاف، باعث افزایش ماتی و زبری و حجیم شدن کاغذ می‌گردد. به علاوه قابلیت جذب و نگهداری آب کاغذ افزایش پیدا می‌کند. این موضوع در خصوصیات مقاومتی کاغذ ساخته شده از آن تاثیر مستقیم می‌گذارد، به طوری که مقاومت به ترکیدن، مقاومت کششی و مقاومت به تا خوردن را کاهش داده (به دلیل درهم رفتگی کمتر الیاف) ولی مقاومت در برابر پاره شدن و طول پاره شدن نیز افزایش پیدا می‌کند (۱۲).

**ضریب در هم رفتگی:** میانگین ضریب درهم رفتگی تعیین شده برای الیاف باگاس برابر با ۷۶/۰۵ می‌باشد. با توجه به سوابق در مورد باگاس ۸۶/۷۳ (صالحی ۱۳۷۸)، ۶۷/۴۷ (شفیعی‌نیا ۱۳۷۵)، ۷۳/۰۷ (شیخی ۱۳۸۳)، ۷۰/۹۸ (حسین‌زاده ۱۳۸۴)، ۷۰/۱۶۶ (سپیده‌دم ۱۳۸۲)، باگاس منطقه مازندران ۸۹/۳۱ (خاصی‌پور ۱۳۷۹)، کاه‌گندم ۴۲/۵ (حسینی ۱۳۸۲)، ساقه آفتابگردان ۴۰/۵۸ (رودی ۱۳۸۰)، گزارش شده است. مقدار این ضریب در مورد الیاف مختلف بین ۲۰ الی ۱۵۰ متفاوت است. هر چه مقدار آن بیشتر باشد، بیانگر بلندتر و لاغرتر بودن الیاف است. هنگام تشکیل ورقه کاغذ بر روی توری ماشین‌های کاغذسازی، الیاف بلندتر بهتر روی توری قرار می‌گیرند (۱۱). این مسئله باعث افزایش کیفیت کاغذ ساخته شده می‌گردد. الیاف باگاس نسبت به دیگر منابع لیگنو سلولزی غیرچوبی کشور از ضریب درهم رفتگی بیشتری برخوردار است. این ضریب ارتباط مستقیم با طول الیاف و نسبت عکس با قطر فیبر دارد.

**ضریب انعطاف‌پذیری:** میانگین ضریب انعطاف‌پذیری تعیین شده برای نمونه‌های مورد آزمایش ۴۶/۳۷ می‌باشد. ضریب انعطاف‌پذیری با توجه به سوابق در مورد باگاس ۳۷/۵۳ (صالحی ۱۳۷۸)، ۵۸/۸۹ (شفیعی‌نیا ۱۳۷۵)، ۴۹/۱۱ (شیخی ۱۳۸۳)، ۴۳/۹۲ (حسین‌زاده ۱۳۸۴)، ۴۴/۰۴ (سپیده‌دم ۱۳۸۲)، باگاس منطقه مازندران ۴۴/۸ (خاصی‌پور ۱۳۷۹)، کاه‌گندم ۶۸/۴۱ (حسینی ۱۳۸۲)، ساقه آفتابگردان ۵۰/۸۱ (رودی ۱۳۸۰)، گزارش شده است. هر چه این ضریب بیشتر باشد ایستادگی کاغذ در برابر گسیخته شدن و ترکیدن و تا خوردن بیشتر می‌شود. می‌توان انتظار داشت که کاغذ تولید شده از باگاس دارای مقاومت‌های خوبی در مقابل کشش، تا خوردگی و ترکیدن باشد.

**ضریب رونکل:** میانگین ضریب رونکل برابر ۱۱۶/۰۲ تعیین شد. با توجه به سوابق این ضریب در مورد باگاس ۱۱۷/۶۷ (صالحی ۱۳۷۸)، ۶۹/۷۳ (شفیعی‌نیا ۱۳۷۵)، ۹۱/۲۶ (شیخی ۱۳۸۳)، ۹۴/۴ (حسین‌زاده ۱۳۸۴)، ۱۲۶/۸۰ (سپیده‌دم ۱۳۸۲)، باگاس منطقه مازندران ۱۲۳/۴ (خاصی‌پور ۱۳۷۹)، کاه‌گندم ۴۶/۱۷ (حسینی ۱۳۸۲) و ساقه آفتابگردان ۹۸/۷۳ (رودی ۱۳۸۰)، گزارش شده است. هرچه این ضریب بزرگتر باشد مقاومت کاغذ در برابر پاره شدن زیادتر است (۱۱) و مقدار اندازه‌گیری شده در مورد باگاس از ضریب رونکل اکثر گیاهان چوبی و غیرچوبی بیشتر است لذا می‌توان انتظار داشت که کاغذهای ساخته شده از الیاف باگاس دارای مقاومت در برابر پاره شدن بیشتری نسبت به کاغذهای ساخته شده از گیاهان چوبی و غیرچوبی باشد.

ترکیب شیمیایی از لحاظ تاثیر بر خصوصیات خمیر و کاغذ دارای اهمیت می باشد. لذا مقادیر ترکیبات شیمیایی باگاس در جدول ۳ زیر ارایه شده است.

جدول ۳- ترکیب شیمیایی باگاس

ترکیب شیمیایی	میانگین (%)	انحراف از معیار	ضریب تغییرات (%)
سلولز	۵۵/۷۵	۰/۲۱	۰/۴
لیگنین	۲۰/۵۰	۰/۳۵	۱/۷
مواد استخراجی محلول در حلال آلی (الکل- استون)	۲/۲۵	۰/۱۴۱	۴/۳
خاکستر	۱/۸۵	۰/۰۷	۳/۷

**سلولز:** میزان سلولز باگاس مورد آزمون ۵۵/۷۵٪، اندازه گیری شد. باگاس در مقایسه با پهن برگان (۴۹-۳۸٪)، و سوزنی برگان (۴۵-۴۰٪)، از میزان سلولز بالاتری برخوردار است و همین امر به مزیت استفاده از این ماده در امر کاغذسازی می انجامد. در مقایسه با مواد لیگنوسلولزی غیر چوبی، باگاس از جایگاه ویژه ای برخوردار است. در زیر مقایسه ای بین سلولز باگاس و دیگر مواد لیگنوسلولزی که از منابع مختلف جمع آوری شده ارائه می گردد:

سلولز باگاس در مقایسه با گیاهان غیر چوبی نظیر کاه گندم ۴۲/۵٪ (حسینی ۱۳۸۲)، ساقه آفتابگردان ۴۷/۲۷٪ (رودی ۱۳۸۰)، باگاس منطقه مازندران ۵۰٪ (خاصی پور ۱۳۷۹)، از مقدار سلولز زیادتری برخوردار است. همچنین در ارتباط با سوابق تحقیقی در مورد باگاس نیز، باگاس ۵۵/۳٪ (صالحی ۱۳۷۸)، باگاس ۵۳/۹۸٪ (حبیبی ۱۳۸۱)، باگاس ۵۵/۸۵٪ (شیخی ۱۳۸۳)، باگاس ۵۴/۳٪ (حسین زاده ۱۳۸۴)، باگاس ۵۵/۳۳٪ (سپیده دم ۱۳۸۲)، نیز درصد سلولز مشاهده شده تقریباً در یک سطح قرار دارد است.

**لیگنین:** میزان لیگنین باگاس آزمایش شده ۲۰/۵٪، تعیین شد. مقدار لیگنین باگاس در مقایسه با گیاهان چوبی کمتر است و این عامل نکته مثبتی در انتخاب باگاس بعنوان ماده اولیه در صنایع کاغذ سازی محسوب می گردد. باگاس در مقایسه گیاهان غیر چوبی نظیر کاه گندم ۲۹٪ (حسینی ۱۳۸۲)، ساقه آفتابگردان ۲۱/۲٪ (رودی ۱۳۸۰)، باگاس منطقه مازندران ۲۰/۳۳٪ (خاصی پور ۱۳۷۹) و همچنین در ارتباط با سوابق تحقیقی در مورد باگاس نیز، ۲۰/۵۵٪ (صالحی ۱۳۷۸)، ۲۰/۴۴٪ (حبیبی ۱۳۸۱)، ۲۱/۴٪ (حسین زاده ۱۳۸۴)، ۲۱/۳٪ (سپیده دم ۱۳۸۲)، ۱۹-۲۴٪ (Hurter 1991)، تقریباً در یک محدوده قرار دارد.

**مواد استخراجی:** میزان مواد استخراجی باگاس آزمایش شده برابر ۳/۲۵٪ تعیین شد. اندازه گیری مشابه در مقایسه با گیاهان غیر چوبی نظیر کاه گندم ۴/۳۷٪ (حسینی ۱۳۸۲)، ساقه آفتابگردان ۳/۶۱٪ (رودی ۱۳۸۰)، باگاس منطقه مازندران ۶/۸۰٪ (خاصی پور ۱۳۷۹)، نشان می دهد که میزان مواد استخراجی باگاس به جزء با پوست دانه آفتابگردان از بقیه مواد لیگنوسلولزی غیر چوبی کمتر می باشد، اما در مقایسه با پهن برگان شمال میزان مواد استخراجی باگاس بیشتر می باشد که البته بلوط در این مورد استثناء است. همچنین در ارتباط با سوابق تحقیقی در مورد باگاس، مقادیر ۲/۹٪ (صالحی ۱۳۷۸)، ۰/۹۶٪ (حبیبی ۱۳۸۱)، ۱/۶٪ (حسین زاده ۱۳۸۴)، ۳/۴۶٪ (سپیده دم ۱۳۸۲)، ۱/۳۴٪ (شیخی ۱۳۸۳)، گزارش گردیده است.

**درصد خاکستر:** میزان خاکستر باگاس آزمایش شده برابر با ۱/۸۵ درصد تعیین شد. میزان خاکستر سایر مواد لیگنوسلولزی عبارت است از: نظیر کاه گندم ۶/۹۶٪ (حسینی ۱۳۸۲)، ساقه آفتابگردان ۷/۵٪ (رودی ۱۳۸۰)، پوست دانه آفتابگردان ۳/۳۳٪ (روح نیا ۱۳۸۲)، کلزا ۶/۲۱٪ (سفیدگران ۱۳۸۲)، کلزای منطقه کرج ۷/۳٪ (پیروز ۱۳۸۵)، باگاس منطقه مازندران ۶/۸۰٪ (خاصی پور ۱۳۷۹)، باگاس ۵-۱/۵٪ (Hurter, 1991)، همچنین در ارتباط با سوابق تحقیقی در مورد باگاس نیز، ۱/۹۸٪ (صالحی ۱۳۷۸)، ۱/۱۴٪ (حبیبی ۱۳۸۱)، ۱/۷۲٪ (حسین زاده ۱۳۸۴)، ۲/۱۷٪ (سپیده دم ۱۳۸۲)، باگاس ۱/۴۸٪ (شیخی ۱۳۸۳) مقدار به دست آمده تنها از گزارش سپیده دم و صالحی کمتر است.

در پایان باید اشاره کرد، بدلیل اینکه کشور ما از نظر منابع جنگلی و در نتیجه تولید چوب فقیر می‌باشد و امکان پاسخگویی به نیازهای جامعه در این حد به آسانی میسر نیست، ضروری است که از امکانات بالقوه موجود برای تولید محصولات مختلف سلولزی، حداکثر استفاده را نمود. در این راستا استفاده از منابع الیاف سلولزی غیرچوبی نظیر ضایعات کشاورزی و گیاهان غیرچوبی به خصوص باگاس که به مقدار نسبتاً فراوان در کشور وجود دارند و هزینه تامین آنها ناچیز است می‌تواند کشور را در جهت قطع وابستگی به واردات محصولات کاغذی مختلف یاری کند. از طرف دیگر استفاده از این منابع، به‌عنوان یک راه حل مناسب و پایدار، می‌تواند در جلوگیری از روند تخریب جنگل‌ها و افزایش تولید محصولات تا رسیدن به مرز خودکفایی و عدم خروج منابع هنگفت ارزی مطرح باشد. بدیهی است که استفاده هر یک از این منابع سلولزی برای تولید هر محصول، نیاز به ارزیابی دقیق خواص کاربردی ماده سلولزی دارد که پس از برآوردهای اقتصادی - زیست محیطی می‌توان نسبت به بهره‌برداری از آنها اقدام نمود.

### سیاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات جناب آقای دکتر سید محمدجواد سپیده‌دم (مدیریت محترم گروه صنایع چوب و کاغذ دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج) که امکان انجام این طرح را فراهم نمودند و همچنین از آقای کاظم حشم فیروز مسئول آزمایشگاه شیمی چوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج تقدیر و تشکر می‌شود.

### منابع و مآخذ:

- ۱- آبشاری، ن. جهان لیبیاری، ۱. (۱۳۷۶). نقش باگاس در توسعه صنعت ایران. شکرشکن، ۱۱ و ۹-۱۲: ۷.
- ۲- اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی. (۱۳۷۸). چهار محصول زراعی و صنعتی (چغندر، پنبه - آفتابگردان، نیشکر)، چاپ اول، انتشارات وزارت کشاورزی معاونت و برنامه‌ریزی و بودجه اداره کل آمار و اطلاعات، ص ۱۳۶.
- ۳- آمارنامه کشاورزی (۱۳۸۱) جلد اول محصولات زراعی و باغی، نشریه شماره ۸۱/۰۶
- ۴- پطروودی (۱۳۷۹) بررسی قابلیت تولید خمیر کاغذ شیمیایی سودای باگاس مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۵- حبیبی، مسعودرضا و همکاران (۱۳۸۱) تاثیر ویژگی‌های الیاف باگاس بر کیفیت تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF). تحقیقات چوب و کاغذ شماره ۱۶ موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- ۶- حسین‌زاده، امید (۱۳۸۴)، بررسی و تعیین رابطه بین شدت پخت و ویژگی‌های خمیر کاغذ و کاغذ سودا از باگاس پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۷- حسینی، احسان (۱۳۸۳) بررسی امکان تهیه خمیر کاغذ از کاه گندم به روش سولفیت خنثی (NSSC) جهت تهیه کاغذ کنگره‌ای. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۸- خاصی پور، فرزین (۱۳۸۱). 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. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۹- رودی، حمیدرضا (۱۳۸۰) بررسی امکان تولید خمیر کاغذ کنگره‌ای از ساقه آفتابگردان با فرایند نیمه شیمیایی سولفیت خنثی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۰- سپیده دم و همکاران (۱۳۸۳) 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.

- ۱۱- سراییان، ا. (۱۳۸۲) بررسی امکان تولید خمیر کاغذ پر بازده سفید با روش مکانیکی پراکسید قلیایی (APMP) از کاه گندم (خراسان) رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۲۲۸ صفحه
- ۱۲- شفیعی نیا (۱۳۷۵) بررسی پخت خمیر کاغذ سودا از باگاس پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
- ۱۳- شیخی، پریراد (۱۳۸۳) بررسی امکان ساخت خمیر کاغذ روزنامه از باگاس به روش مکانیکی پراکسید قلیایی APMP پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ۱۱۲ صفحه
- ۱۴- صالحی، ک. (۱۳۷۷) بررسی و تعیین ویژگی‌های خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی بازده بالا از باگاس (APMP-CTMP-CMP). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۰۳ صفحه.
- ۱۵- فارسی، م. ا. (۱۳۷۷) کشت نیشکر. مقاله تحقیقی، سازمان کشاورزی استان مازندران: ص ۳.
- ۱۶- فائزی پور، مهدی. کبورانی، علیرضا. پارسا پڑوه، داوود. (۱۳۸۱) کاغذ و مواد چند سازه از منابع زراعی. تالیف راجر رول، رایموند یامگ و جودی رول، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۵۷۳ صفحه.
- ۱۷- منتظری، س (۱۳۷۷)، بررسی ساخت کاغذ Fluf از باگاس پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- 18- Atchison, J.E., Present status and future prospects for use of non-wood plant fiber for paper grade pulp and paper, tuscon, AZ, Nov., 1987
- 19- Atchison, j, e, &Mcgovern.j.n, (1993).History Of Paper and The Importance of Non-wood Plant Fibers.Atlanta, GA, TAPPI Press.
- 20- Hurter.p.Eng:Robert.w, Agricultural Residues, Utilization Of Annual Plants and Agricultural Residues for The Production Of Pulp and Paper, Hurter Consult Incorporated (2000-2003).
- 21- Mahajan.s, Bhatt.o.p, Physical Strength Properties of Standard Test Sheets Made From Bagasse and Biends with Bamboo April-June 2001.VOL5, Lssues
- 22- TAPPI Standard Method.1994-1995.



# Study of Chemical and Anatomical Properties of Bagasse Used in Pars Paper Factory

**A. Samariha**

*MS.c. Research Student of Wood & Paper Engineering, Science & Research Branch, Islamic Azad University,  
Member of Young Researchers Club*

**A.H. Hemmasi**

*Associate Professor, Wood & Paper Engineering Dept., Science & Research Branch, LAU (Corresponding Author)*

## Abstract

This research was done with the aim of determining chemical and anatomical properties of bagasse used in Iranian paper industries. Wet method depithed bagasse of Pars Paper Company in Khuzestan province was used in this research. TAPPI standards were used for study of bagasse fiber chemical and anatomical properties. Average length, diameter of cellular cavity and thickness of cellular layer of bagasse fiber were calculated as 1.59mm, 20.96, 9.719 and 5.64 ( $\mu$ ) respectively. The slenderness ratio, flexibility ratio and Raunkel ratio of bagasse were calculated as 75.86, 46.37, 116.02 %. In addition, measuring chemical properties showed that cellulose proportion was 55.75%, lignins 20.5%, Extractives 3.25%, and ash 1.85 %. Measurement of bagasse properties shows that the dimensional properties of fibers and chemical property of fibers are very suitable for use in paper making industries of the country and is better than hard woods and other Non wood herbals.

**Keywords:** wet depithed bagasse, pars paper, anatomical properties, chemical properties, slenderness ratio, flexibility ratio, Raunkel ratio.