



بررسی ویژگی های شیمیایی و آناتومی ساقه بامبو (*Phyllostachys pubescens*)

حمیدرضا مهری ایرانی^۱، نورالدین نظرزاد^۲ و محمد هادی آریایی منفرد^۳

۱- کارشناس ارشد صنایع خمیر کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیک: hamid_mehry40@yahoo.com

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- استادیار گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

هدف از انجام این تحقیق، بررسی خواص شیمیایی و بیومتری گیاه بامبو (*Phyllostachys pubescens*) بوده است. برای بررسی خواص آناتومیک و شیمیایی بامبو از استاندارد TAPPI استفاده شده است. آنالیز شیمیایی مقدار مواد استخراجی (محلول در استون)، سلولز، لیگنین و خاکستر ساقه بامبو را به ترتیب ۲/۲۷، ۷۸/۴۱، ۱۶/۳۲ و ۴/۳۶ درصد نشان داده است. میانگین طول الیاف ساقه بامبو در این تحقیق ۱/۹۸ میلی متر و میانگین قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف بامبو به ترتیب برابر ۱۵/۲۲، ۵/۷۴ و ۴/۷۳ میکرومتر اندازه گیری شده است. میزان ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب رانکل الیاف محاسبه شده در مورد بامبو به ترتیب ۱۳۲/۸۴، ۳۷/۷۶ و ۱۷۰/۵۶ به دست آمده است. به طور کلی نتایج حاصله حاکی از آنست که با توجه به مشخصات الیاف این گونه غیر چوبی و مقایسه آن با سایر مواد اولیه موجود، اندازه گیری استفاده از آن را به منظور تولید خمیر کاغذ توصیه نمود.

واژه های کلیدی: بامبو، مطالعه میکروسکوپی، ترکیبات شیمیایی، خواص آناتومیک، ضرایب بیومتری



مقدمه

کاغذ و محصولات کاغذی به عنوان یکی از کالاهای مصرفی، نقش مهمی در زندگی انسان‌ها ایفا می‌کنند. امروزه مصرف کاغذ به عنوان شاخصی از پیشرفت فرهنگی و اجتماعی جوامع متمدن مطرح می‌گردد. اولین کاغذها در چین، ایران و بین‌النهرین تولید شدند و پس از آن صنعت کاغذسازی به تدریج در اروپا گسترش یافت. اولین نمونه های کاغذی، از منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی تهیه شد و پس از آن، چوب به عنوان ماده اولیه در تولید کاغذ مورد استفاده قرار گرفت. با افزایش جمعیت و با شناخت بیشتر نسبت به نقش جنگل در حفظ محیط زیست، بشر علاوه بر استفاده از منابع بازیافتی به عنوان ماده اولیه، به استفاده مجدد از مواد لیگنوسلولزی غیرچوبی همچون باگاس، کاه گندم، کلزا و بامبو روی آورده است (قاسمیان و خلیلی، ۱۳۹۰). مصرف سرانه انواع کاغذ و مقوا یکی از شاخص های توسعه می‌باشد. بر اساس آمار سازمان جهانی خواربار و کشاورزی در سال ۲۰۰۲ میلادی، مصرف سرانه کاغذ و مقوا در آمریکا، کانادا، ژاپن، آلمان و کره جنوبی به ترتیب ۳۰۷/۵۴، ۲۸۱/۴۴، ۲۴۹/۶۶، ۲۱۹/۴۷، ۱۷۲/۱۶ کیلوگرم و در کشورهای ترکیه، عربستان سعودی، مصر و پاکستان به ترتیب ۳۵/۳۹، ۱۹/۹۷، ۱۳/۲۴، ۸/۸۸ کیلوگرم بوده است. مصرف سرانه کاغذ و مقوا در ایران ۱۵ تا ۱۶ کیلوگرم است (مژگان رسا، ۱۳۸۸). طبیعتا با افزایش جمعیت کشور مصرف فرآورده های کاغذی افزایش پیدا خواهد کرد؛ ولی کشور ایران به دلیل شرایط خاص اقلیمی و وضعیت ناگوار جنگل‌های صنعتی نمی تواند برنامه ریزی گسترده‌ای برای استفاده از منابع لیگنوسلولزی چوبی در تولید محصولات کاغذی انجام دهد. بنابراین عمده سیاست‌های تولید به سمت استفاده هر چه بیشتر از ضایعات کشاورزی و گیاهان سریع‌الرشد متمرکز خواهد شد.

سفیدگران و همکاران (۱۳۸۲)، ویژگی‌های شیمیایی و آناتومی ساقه کلزا را بررسی نموده و مقادیر سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر ساقه گیاه کلزا را به ترتیب ۴۱/۲، ۱۷/۶، ۱۸/۲ و ۶/۲۱ درصد گزارش نموده است. در این گزارش متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی ساقه کلزا به ترتیب برابر ۰/۹۵۸ میلی‌متر، ۲۳/۰۲، ۱۲/۵ و ۵/۲۶ میکرون ذکر شده است. همچنین ایشان ضرایب بیومتریکی ساقه کلزا، از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و میکرون ذکر شده است. همچنین ایشان ضرایب بیومتریکی ساقه کلزا، از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رانکل را به ترتیب ۵۰/۵۱، ۵۴/۱۸ و ۸۳/۸۲ درصد گزارش نموده است.

ثمری‌ها (۱۳۸۴)، ویژگی‌های شیمیایی و آناتومی باگاس را بررسی نموده و مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر باگاس را به ترتیب ۵۶، ۲۰/۵۰، ۳/۲ و ۱/۸۵ درصد گزارش نمود. در گزارش ایشان متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی باگاس به ترتیب برابر ۱/۵۹۴ میلی‌متر، ۲۰/۹۶، ۹/۷۱۹ و ۵/۶۳۸ میکرون تعیین شده است. همچنین نامبرده ضرایب بیومتریکی باگاس از جمله ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رانکل را به ترتیب ۷۶/۰۵، ۲۶/۳۷ و ۱۱۶/۰۲ گزارش نموده است.



گلی و همکاران (۱۳۹۱)، ویژگی های شیمیایی، ابعاد الیاف و ضرایب بیومتری گونه های چوبی متداول موجود در شمال کشور برای تولید کاغذ در صنایع چوب و کاغذ مازندران را بررسی نموده اند که مقادیر آن در جدول زیر آورده شده است.

جدول ۱. مقادیر بیومتری و شیمیایی گونه های مورد استفاده در تحقیق

مقادیر بیومتری و شیمیایی	راش	توسکا	افرا	ممرز	کلهو	بلوط	صنوبر	بید
ضخامت دیواره (μm)	۶/۳۴	۵/۳۷	۴/۲۴	۵/۹۸	۵/۲۴	۶/۷۰	۵/۱۴	۳/۸۳
قطر حفره (μm)	۷/۲۲	۲۷/۲۶	۱۵/۷۱	۱۱/۶۶	۱۲/۷۴	۵/۱۴	۱۵/۴۰	۱۴/۲۶
قطر کلی (μm)	۱۹/۹۰	۳۸	۲۴/۱۹	۲۳/۶۲	۲۳/۲۲	۱۸/۵۴	۲۵/۶۸	۲۱/۹۲
طول (mm)	۱/۴۵	۱/۴۸	۰/۹۰	۱/۵۴	۱/۱۶	۱/۲۶	۱/۰۷	۰/۹۲
ضریب رانکل	۶۳/۷۵	۳۹/۴۱	۵۳/۸۹	۱۰۲/۶۶	۸۲/۳۱	۲۶۰/۷۱	۶۷/۲۹	۵۳/۶۸
ضریب انعطاف پذیری	۷۳/۰۳	۷۱/۷۳	۶۴/۹۸	۴۴/۸۹	۵۴/۶۵	۲۷/۷۲	۵۹/۷۷	۶۵/۰۷
ضریب در هم رفتگی	۷۳/۰۳	۳۹/۰۶	۱۰/۹۴	۵۹/۱۹	۴۹/۷۰	۶۸/۰۴	۴۰/۶۷	۴۲/۲۴
خاکستر (%)	۱/۲۹	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۷۵	۱	۱/۶۷	۰/۴۸	۱/۳۱
مواد استخراجی (%)	۱۰/۶۶	۳/۵۰	۴/۶۶	۴/۵۲	۴/۸۳	۱۲/۱۶	۳/۳۳	۵
لیگنین (%)	۲۲/۴۶	۲۷/۵۰	۲۵/۶۰	۱۹/۳۰	۲۲/۲۰	۲۸/۴۰	۲۲/۷۰	۲۵/۵۰
سلولز (%)	۴۲/۵۸	۴۸/۰۳	۴۶/۰۸	۴۶	۴۷/۴۶	۴۰/۹۵	۵۱/۵۶	۴۵/۶۱

گیاه بامبو یک گونه سریع الرشد بوده و در کشورهایی همچون چین و هند به عنوان یکی از اصلی ترین منابع لیگنوسلولوزی غیر چوبی برای تولید خمیر کاغذ محسوب می شود و هم اکنون نیز در بسیاری از نقاط کشور همچون نوشهر و بابلسر مازندران و لاهیجان در گیلان در حال کشت بوده و امکان کشت آن در نواحی حاشیه رودخانه ها و مناطق باتلاقی جنوب و غرب کشور میسر می باشد. متأسفانه تا به امروز به علت ناشناخته ماندن بامبو در ایران، تحقیقات وسیع و سرمایه گذاری جدی در جهت بهره برداری از آن صورت نگرفته است (ویسی، ۱۳۸۹). این تحقیق پتانسیل امکان استفاده از گیاه بامبو به عنوان یک منبع جدید الیاف لیگنوسلولوزی به منظور تولید خمیر و کاغذ مورد بررسی قرار داده است.

مواد و روش ها

نمونه برداری.

در این تحقیق از گیاه بامبو (*Phyllostachys pubescens*) موجود در منطقه بابلسر مازندران به صورت کاملاً تصادفی نمونه برداری گردید.



اندازه گیری ترکیب شیمیایی

آماده سازی و اندازه گیری ویژگی های شیمیایی گیاه بامبو بر اساس استانداردهای TAPPI انجام شد (جدول ۲).

جدول ۲. استانداردهای آماده سازی و تعیین ویژگی های شیمیایی چوب

نوع آزمون	شماره استاندارد
تهیه آرد چوب	T ۲۵۷ cm-۸۵
لیگنین	T ۲۲۲ om - ۹۸
مواد استخراجی محلول در استون	T ۲۰۴ cm - ۹۷
سلولز با روش اسید نیتریک	T ۲۶۴ om-۸۸
خاکستر	T ۲۱۱ om - ۹۳

هر یک از آزمایش های فوق با ۳ تکرار انجام شد و در هر مورد میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات محاسبه گردید.

اندازه گیری ابعاد الیاف و تعیین ضرایب بیومتری

آماده سازی و وابری نمونه ها با استفاده از روش فرانکلین انجام شده و سپس طول، ضخامت دیواره، قطر و قطر حفره سلولی ۱۰۰ عدد لیف از هر گونه چوبی اندازه گیری شدند. در ادامه برای محاسبه ضرایب کاغذسازی از رابطه های زیر استفاده شد (حسینی، ۱۳۷۹):

رابطه ۱: $L/D = \text{ضریب در هم رفتگی (لاغری)}$

رابطه ۲: $C/D \times 100 = \text{ضریب انعطاف پذیر (نرمش)}$

رابطه ۳: $2P/C \times 100 = \text{ضریب رانکل (مقاومت به پارگی فیبر)}$

در رابطه های فوق نمادهای L, D, C و P به ترتیب نشان دهنده طول، قطر کلی، قطر حفره و ضخامت دیواره الیاف می باشد.



مقادیر ترکیبات شیمیایی، ابعاد الیاف و ضرائب بیومتری اندازه گیری شده برای گیاه بامبو در جداول زیر نشان داده شده است.

جدول ۳. ترکیبات شیمیایی بامبو

ترکیبات شیمیایی	میانگین (%)	انحراف معیار	ضرب تغییرات (%)
مواد استخراجی محلول در استون	۲/۲۷	۰/۱۳۶	۵/۹۹
سلولز	۴۱/۷۸	۰/۷۳	۲/۱۴
لیگنین	۱۶/۳۲	۰/۳۵	۲/۱۴
خاکستر	۴/۳۶	۱/۴۲	۰/۰۶۲

جدول ۴. مشخصات مرفولوژیک الیاف بامبو و ضرائب بیومتری

گروه ها	طول الیاف (mm)	قطر الیاف (mm)	قطر حفره سلولی (μ)	ضخامت دیواره سلولی (μ)	ضرائب بیومتری		
					در هم رفتگی (%)	انعطاف پذیری (%)	رانکل (%)
میانگین	۱/۹۸	۱۵/۲۲	۵/۷۴	۴/۷۳	۱۳۲/۸۴	۳۷/۷۶	۱۷۰
انحراف معیار	۰/۵۵	۵/۳۶	۲/۶۶	۱/۸۲			۵۶
ضرب تغییرات (%)	۲۸/۰۸	۳۵/۲۸	۴۶/۴۵	۳۸/۴۶			۱۷۰

بحث و نتیجه گیری

ویژگی های شیمیایی

سلولز

میانگین درصد سلولز ساقه بامبو مورد آزمون ۴۱/۷۸٪ اندازه گیری شده که میزان آن تقریباً معادل درصد سلولز ساقه کلزا (۴۱/۲٪) (سفیدگران، ۱۳۸۲) بوده ولی کمتر از درصد سلولز باگاس (۵۶٪) (ثمری ها، ۱۳۸۴) است. درصد سلولز بامبو در مقایسه با درصد سلولز گونه های چوبی شمال کشور (گلی و همکاران، ۱۳۹۱) که برای تولید خمیرکاغذ مورد استفاده قرار می گیرد کمتر بوده است.

لیگنین

میانگین درصد لیگنین ساقه بامبو مورد آزمون ۱۶/۳۲٪ اندازه گیری شده است. عموماً تمایلات در اکثر فرایندهای پخت و خمیرسازی، مبتنی بر تغییر و حذف لیگنین از ساختار الیاف می باشد زیرا هر چه لیگنین کمتر باشد فرایندهای پخت، خمیرسازی



و پالایش با سهولت بیشتری انجام شده و خمیرکاغذ حاصل نیز به دلیل آبدوست و منعطفتر بودن پیوندهای هیدروژنی بیشتری برقرار نموده و کاغذ حاصل از ویژگیهای مقاومتی بالاتری برخوردار خواهد بود (افرا، ۱۳۸۵؛ میرشکرای، ۱۳۸۱). درصد لیگنین ساقه بامبو کمتر از درصد لیگنین گیاهان غیرچوبی چون کلزا (۱۷/۶٪) (سفیدگران، ۱۳۸۲)، باگاس (۵۰/۲۰٪) (ثمری‌ها، ۱۳۸۴) و همچنین گیاهان چوبی شمال کشور (گلی و همکاران، ۱۳۹۱) که برای تولید خمیرکاغذ از آن‌ها استفاده می‌شود بوده است که می‌تواند بر نحوه پخت و خمیرسازی آن تاثیر مثبتی گذاشته و احتمالاً خمیرکاغذ با ویژگیهای مطلوب از آن تولید نمود.

مواد استخراجی

میانگین درصد مواد استخراجی ساقه بامبو مورد آزمون ۲/۷۲٪ اندازه‌گیری شده است. مواد استخراجی یکی از عوامل مزاحم در پخت، و کاغذسازی بوده و به ترتیب سبب افزایش مصرف مایع پخت و کاهش مقاومت و روشنی در خمیرکاغذ می‌شود (سیکستا^۱، ۲۰۰۶). مقدار درصد مواد استخراجی ساقه بامبو در مقایسه با درصد مواد استخراجی گونه‌های چوبی شمال کشور که توسط گلی و همکاران (۱۳۹۱) اندازه‌گیری شده کمتر بوده که می‌تواند فاکتور مثبتی برای انتخاب این گونه برای استفاده در کاغذسازی باشد.

خاکستر

خاکستر بامبوی آزمایش شده ۴/۳۶٪ تعیین شد. درصد خاکستر بامبو مورد آزمایش در مقایسه با درصد خاکستر ساقه کلزا (۶/۲۱٪) (سفیدگران، ۱۳۸۲) کمتر بوده و از درصد خاکستر باگاس (۱/۸۵٪) (ثمری‌ها، ۱۳۸۴) و همچنین گیاهان چوبی مورد استفاده برای تولید خمیرکاغذ در شمال کشور بیشتر می‌باشد. خاکستر معرف مواد معدنی موجود در گیاه بوده و در طی پخت و خمیرسازی سبب مصرف مواد شیمیایی پخت شده و در چرخه تصفیه پساب مشکل ایجاد می‌کند (سیکستا، ۲۰۰۶). از این منظر گیاهان چوبی شمال کشور بر بامبو برتری دارند.

ابعاد الیاف

طول الیاف

الیاف از نظر طول به سه طبقه تقسیم می‌شوند. الیاف کوتاه با طول کمتر از ۰/۹ میلی‌متر، الیاف با طول متوسط؛ ۱/۹-۰/۹ میلی‌متر، الیاف بلند با طول بلندتر از ۱/۹ میلی‌متر (صالحی، ۱۹۹۸). با افزایش طول الیاف میزان مقاومت‌های مکانیکی کاغذ افزایش می‌یابد (افرا، ۱۳۸۵). میانگین طول الیاف بامبو ۱/۹۸ میلی‌لیتر اندازه‌گیری شده و جزو الیاف بلند محسوب می‌شود و با توجه به اینکه میانگین طول الیاف بامبو از طول الیاف گیاهان چوبی شمال کشور که برای تولید کاغذ از آن‌ها استفاده می‌شود بیشتر است (گلی

¹ . Sixta



و همکاران، ۱۳۹۱)، می تواند برای بامبو امتیاز بزرگی در رقابت پذیری با گونه های چوبی شمال کشور برای استفاده به عنوان ماده اولیه محسوب شود.

قطر حفره، قطر کلی و ضخامت دیواره

میانگین قطره حفره، قطر کلی و ضخامت دیواره الیاف بامبو به ترتیب الیاف $5.74 \mu m$ ، 15.22 mm و $4.73 \mu m$ بوده است. قطره حفره، قطر کلی و ضخامت از عوامل تاثیرگذار بر ویژگی های مقاومتی کاغذ بوده و معمولا از آن ها در غالب ضرایب بیومتری برای تحلیل ویژگی های مقاومتی استفاده می شود (حسینی، ۱۳۷۹).

ضرایب بیومتری

ضریب در هم رفتگی

میانگین ضریب در هم رفتگی برای الیاف بامبو در این مطالعه برابر $132/84$ تعیین شد. ضریب در هم رفتگی الیاف بامبو در مقایسه با گیاهان غیرچوبی چون ساقه کلزا ($50/51$) (سفیدگران، ۱۳۸۲) و باگاس ($86/05$) (ثمری ها، ۱۳۸۴) و همچنین گیاهان چوبی جنگل های شمال کشور (گلی و همکاران، ۱۳۹۱) که برای تولید کاغذ مورد استفاده قرار می گیرند بیشتر بوده است. مطالعات انجام شده نشان داده که با افزایش ضریب در هم رفتگی میزان کیفیت کاغذ افزایش می یابد (حسینی، ۱۳۷۹). به نظر می رسد بیشتر بودن ضریب در هم رفتگی بامبو در مقایسه با گیاهان غیرچوبی چون کلزا و باگاس و همچنین گیاهان چوبی جنگل های شمال کشور، یک امتیاز برای استفاده از آن برای تولید کاغذ محسوب می شود.

ضریب انعطاف پذیری

میانگین ضریب انعطاف پذیری تعیین شده برای نمونه های مورد آزمایش بامبو، برابر با $37/76$ درصد محاسبه شد. ضریب انعطاف پذیری معیاری از قابلیت انعطاف و لهیدگی الیاف خمیر کاغذ بوده و با افزایش آن مقادیر مقاومت های وابسته به اتصال الیاف چون مقاومت به کشش و ترکیدن افزایش می یابد (حسینی، ۱۳۷۹). ضریب انعطاف پذیری الیاف بامبو از ضریب انعطاف پذیری الیاف گونه ها چوبی جنگل های شمال کشور که در صنایع چوب و کاغذ مازندران برای تولید کاغذ از آن ها استفاده می شود کمتر بوده که احتمالا می تواند یکی از فاکتورهای منفی برای بامبو در مقایسه با این گونه ها در نظر گرفته شود.

ضریب رانکل

میانگین ضریب رانکل الیاف بامبو در این تحقیق برابر $170/56$ درصد تعیین شد. ضریب رانکل معیاری از میزان مقاومت کاغذ به پاره شدن بوده و با افزایش آن میزان مقاومت به پارگی کاغذ افزایش می یابد (حسینی، ۱۳۷۹). ضریب رانکل الیاف بامبو در مقایسه با گیاهان غیرچوبی چون ساقه کلزا ($83/82$) (سفیدگران، ۱۳۸۲) و باگاس ($116/02$) (ثمری ها، ۱۳۸۴) و همچنین گیاهان چوبی جنگل های شمال کشور (گلی و همکاران، ۱۳۹۱) که برای تولید کاغذ مورد استفاده قرار می گیرند بیشتر بوده است. بدین



ترتیب می توان انتظار داشت که کاغذهای ساخته شده از الیاف بامبو از مقاومت در برابر پاره شدن بیشتری نسبت به کاغذهای ساخته شده از گیاهان چوبی و غیرچوبی ذکر شده برخوردار باشد.

نتیجه گیری کلی

با توجه به اندازه گیری های انجام شده مواد استخراجی (محلول در استون)، سلولز، لیگنین و خاکستر ساقه بامبو را به ترتیب ۲/۲۷، ۴۱/۷۸، ۱۶/۳۲ و ۴/۳۶ درصد اندازه گیری شده که در مقایسه با گونه های چوبی متداول در جنگل های شمال کشور برای تولید کاغذ در صنایع چوب و کاغذ مازندران (گلی و همکاران، ۱۳۹۱)، از مقدار سلولز، لیگنین، و مواد استخراجی کمتر و درصد خاکستر بیشتری برخوردار بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین طول الیاف ساقه بامبو در این تحقیق ۱/۹۸ میلی متر و میانگین قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف کلزا به ترتیب برابر ۱۵/۹۸۲۲، ۵/۷۴ و ۴/۷۳ میکرومتر اندازه گیری شده است. همچنین با توجه به نتایج میزان ضریب درهم رفتگی، ضریب انعطاف پذیری و ضریب رانکل الیاف بامبو به ترتیب ۱۳۲/۸۴، ۳۷/۷۶ و ۱۷۰/۵۶ بوده که در مقایسه با گونه های چوبی متداول در جنگل های شمال کشور برای تولید کاغذ در صنایع چوب و کاغذ مازندران، از ضریب درهم رفتگی و رانکل بیشتر و ضریب انعطاف پذیری کمتری برخوردار بوده است (گلی و همکاران، ۱۳۹۱). در مجموع نتایج حاصل حاکی از آن است که با توجه به مشخصات الیاف این گونه غیر چوبی و مقایسه آن با سایر مواد اولیه موجود، می توان استفاده از آن را به منظور تولید خمیر کاغذ توصیه نمود.

منابع

۱. افرا، ا. ۱۳۸۵. مبانی ویژگی های کاغذ، انتشارات آبیژ، تهران.
۲. حسینی، س.ض. ۱۳۷۹. مروفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان.
۳. سفیدگران، ر.، رسالتی، ح. و کاظمی، س. ۱۳۸۵. بررسی قابلیت تولید خمیر کاغذ سودا از ساقه کلزا برای ساخت کاغذ فلوتینگ. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۹، شماره ۲، ۴۴۵-۴۳۳.
۴. ثمری ها، ا. ۱۳۸۴. بررسی ویژگی های خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خشتی از باگاس، پایان نامه کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر امیر هومن حمصی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.
۵. قاسمیان، ع.، خلیلی، ع. ۱۳۹۰. مبانی و روش های بازیافت کاغذ. انتشارات آبیژ، تهران.
۶. گلی، م.، ذبیح زاده، س.م.، اسدپور اتوئی، ق.، برزن، ع. ۱۳۹۱. اثر اختلاط گونه ها بر ویژگی های خمیر کاغذ شیمیایی- مکانیکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.



مجموعه مقالات نخستین همایش ملی چوب و فرآورده های لیگنوسلولزی

۱۷ اردیبهشت، ۱۳۹۴، دانشگاه گنبد کاووس



۷. رسا، م.، برزگر شیرزی، م.، اسدالله زاده، م.ت.، بهمنی، ع.ا. ۱۳۸۸. اصلاح الگوی مصرف مواد اولیه سلولزی در صنایع کاغذ کشور، از طریق بازیافت و فرآوری مجدد کاغذهای باطله. اولین همایش اصلاح الگوی مصرف در منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
۸. میرشکرایی، ۱۳۸۱، مبانی و کاربردهای شیمی چوب، انتشارات آیپژ.
۹. ویسی، ر. ۱۳۸۹. بررسی امکان استفاده از خمیر کاغذ CMP بامبو برای تولید کاغذ روزنامه در کارخانه چوب و کاغذ مازندران. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، ۵(۳): ۷۹-۹۰.

10. Salehi, k., 1998. NSSC pulp and paper of bagass.MS.c project of Gorgan university, iran.pp: 103.

11. Sixta, H. 2006. Handbook of Pulp, Volume 1, 849-887 and 1123-1136.