

بررسی امکان استفاده از خمیر CMP بامبو برای تولید کاغذ روزنامه در کارخانه چوب و کاغذ مازندران

رامین ویسی¹

چکیده

در این تحقیق تعدادی ساقه بامبو (خیزران) از غرب مازندران (منطقه نوشهر) به صورت تصادفی تهیه شد و خرد گردید، سپس با استفاده از شرایط پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران و با زمان 2 ساعت، خمیر کاغذ CMP با بازده 85 درصد تهیه گردید. از خمیر کاغذ های CMP بامبو و خمیر کاغذ CMP خط تولید کارخانه چوب و کاغذ مازندران (نمونه شاهد)، به صورت جداگانه و مخلوط، کاغذ روزنامه دست ساز با گراماژ 60 گرم بر متر مربع تهیه شد. سپس خواص نوری و مقاومتی آنها طبق آزمون های استاندارد TAPPI اندازه گیری و مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت به ترکیب، طول پارگی، مقاومت کششی، مقاومت به تاه شدن و مقاومت به پارگی در کاغذ حاصل از 100 درصد خمیر کاغذ CMP بامبو و کمترین آنها (بجز روشنی و زبری) در کاغذ حاصل از خمیر کاغذ CMP تولیدی کارخانه چوب و کاغذ مازندران مشاهده شد. همچنین با افزودن 25 تا 100 درصد خمیر CMP بامبو به خمیر کاغذ CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران، کلیه ویژگی های کاغذ (بجز روشنی) افزایش می یابد. نتایج این تحقیق نشان داد که می توان 25 تا 100 درصد خمیر CMP بامبو را جایگزینی بخشی از خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران کرد.

واژه های کلیدی: بامبو، خمیر کاغذ CMP، کاغذ روزنامه، ویژگی های مقاومتی و نوری

مقدمه و هدف

امروزه با افزایش جمعیت و افزایش تقاضای مصرف فرآورده‌های چوب و کاغذ از یک طرف و محدودیت سطح جنگل‌های تجاری و رقابت کارخانجات صنایع چوب و کاغذ در تهیه مواد اولیه مصرفی از طرف دیگر، استفاده از منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی را به یک ضرورت تبدیل کرده‌است. بعضی از این منابع لیگنوسلولزی مانند باگاس، لینتر پنبه و حتی پنبه در صنایع فیبری ایران استفاده می‌شود. ولی بامبو به عنوان یکی از منابع تجدید شونده را نباید از نظر دور داشت که ساقه و پسماندهای آن می‌تواند تامین‌کننده بخشی از مواد لیگنوسلولزی غیر چوبی نیز باشد. بامبو گیاهی چند ساله متعلق به گروه پهن‌برگان و خانواده گرامینه (گندمیان) است و در زیر خانواده بامبوزوئیده قرار دارند. بامبو حدود 70 جنس و حدود 1500 گونه دارد و سریع‌الرشدترین گیاه جهان است [5] و گیاهی دائمی با ساقه چوبی و توخالی است که در فواصل مختلف دارای بند یا گره است که از هر بند شاخه جدیدی می‌روید. ارتفاع بعضی از گونه‌های آن به بیش از 40 متر می‌رسد. این گیاه در مناطق حاره‌ای، نیمه حاره‌ای و حتی معتدله و در هر منطقه‌ای با عوامل اکولوژیک مساعد می‌روید. بامبو در خط کمربندی هندوستان، ژاپن، چین، جنوب شرقی آسیا، آفریقا، استرالیا، جنوبی، ایالات متحده آمریکا، شیلی و آرژانتین می‌روید. گونه‌های سریع‌الرشد آن در یک روز 122 سانتی‌متر رشد می‌نماید به طوری که رشد آن را می‌توان با چشم دید و صدایش را به گوش شنید. ریزمها اساس ساختمان بامبو را تشکیل می‌دهند که در آن مواد غذایی ذخیره و جابه‌جا می‌شود. به علت اختلاف در ریزوم، بامبوها به دو شکل تک ساقه‌ای و چند ساقه‌ای وجود دارند در هر صورت رشد یک ساقه جدید ظرف 2 تا 4 ماه به حداکثر خود می‌رسد. سپس فرآیند چوبی شدن ساقه انجام می‌شود که بر حسب گونه‌های مختلف 3 تا 5 سال طول می‌کشد. ساقه پس از رسیدن به سن بلوغ می‌میرد اما ریزوم در داخل خاک همیشه زنده باقی می‌ماند [5]. ساقه تو خالی بامبو از بافت پارانشیم، آوند چوبی، بافت فیبری و آوند آبکش تشکیل شده‌است و سطح بیرونی تنه به وسیله یک لایه مومی به نام کوتین پوشیده شده‌است. بامبوها فاقد ساختار ثانویه در ساقه می‌باشند.

از طرفی کارخانه چوب و کاغذ مازندران که کارخانه‌ای تقریباً تازه تاسیس است از خمیر CMP حاصل از مخلوط پهن‌برگان جنگل‌های شمال ایران، سالیانه حدود 52000 تن کاغذ روزنامه تولید می‌کند. اخیراً با محدودیت و کمبود مواد اولیه مواجه شده‌اند. لذا در این تحقیق سعی شد ضمن تهیه خمیر CMP از ساقه بامبو از داخل کشور (در غرب مازندران)، امکان استفاده از خمیر CMP حاصل به جای تمام یا بخشی از خمیر CMP تولیدی کارخانه چوب و کاغذ مازندران بررسی و از خروج قابل ملاحظه‌ای ارز از کشور نیز جلوگیری شود.

درخصوص تولید کاغذ روزنامه از بامبو تحقیقاتی زیادی صورت نگرفته است. رازک^۱ و همکاران (1995) با بررسی ویژگی‌های فیزیکی و بیومتری الیاف بامبوی کلکته گزارش داد که ضخامت دیواره با کاهش رطوبت کم می‌شود. این رفتار به‌عنوان یک فاکتور نامناسب معمولاً زمانی آغاز می‌شود که فیبرها به نقطه اشباع می‌رسند. میزان آب بر تمام خصوصیات پایه‌ای چوب‌ها تاثیر گذار است [11]. میرشکرایی و عبدالخانی (1384) تاثیر یون‌های فلزی بر روشنی خمیر کاغذ CMP مخلوط پهن‌برگان ایران را بررسی کردند. آنها با بررسی خواص نوری کاغذ، گزارش دادند که اسپری عامل کی‌لیت‌ساز DTPA بر سطح کاغذ سبب کاهش چشم‌گیر اثر منفی یون‌های فلزی واسطه‌ای بر روشنی (ISO) کاغذ می‌شود [8]. طلایی‌پور (1382) بازیافت کاغذهای چاپ باطله شیمیایی و تأثیر اختلاط آن با خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران جهت تولید کاغذ چاپ را مطالعه و گزارش کرد که می‌توان بخشی از خمیر CMP و خمیر الیاف بلند وارداتی را در ترکیب خمیر کاغذ چاپ استفاده کرد. بهترین ترکیب حاصل شامل 60% CMP، 30% WFP، 10% L.F می‌باشد [6]. روانبخش و ویسی (1386) با بررسی امکان استفاده از خمیر CMP باگاس برای تولید کاغذ روزنامه در کارخانه چوب و کاغذ مازندران گزارش کردند که می‌توان خمیر CMP باگاس را جایگزین بخشی از خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران کرد [4]. قاسمیان و همکاران (1383) ویژگی‌های خمیر جوهرزدایی شده کاغذهای روزنامه و مجله باطله داخلی در مقایسه با خمیر CMP داخلی را بررسی کردند و گزارش نمودند که خمیر بازیافتی به خوبی می‌تواند به‌صورت مخلوط با خمیر CMP داخلی در تولید کاغذ روزنامه به‌کار رود [7]. حسینی و همکاران (1383) تاثیر نوع فرآیند تولید خمیر کاغذ (فرآیندهای NSSC و CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران) بر کیفیت پالایش الیاف را بررسی و گزارش کردند که تعداد آوند و الیاف شکسته در فرآیند NSSC کمتر، جدا شدن میکروفیبریل‌ها بهتر و کاهش دیواره الیاف آن زیادتر از خمیر CMP است. کیفیت تغییرپذیری الیاف NSSC نیز بهتر از CMP بوده است [3].

مواد و روش‌ها

۱- تهیه نمونه‌های آزمونی

در این تحقیق، حدود 20 کیلوگرم از ساقه بامبو به‌صورت کاملاً تصادفی از منطقه نوشهرانتخاب شدند. شاخه‌های انتخابی ابتدا پوست‌کنی شدند و به‌منظور جلوگیری از تبخیر سریع رطوبت، نمونه‌ها داخل کیسه‌های نایلونی قرار گرفته و به مرکز تحقیقات البرز (کرج) و کارخانه چوب و کاغذ مازندران انتقال داده شدند.

^۱-Razake

^۴-Yusoff

۲- اندازه‌گیری ابعاد الیاف

برای جداسازی الیاف از روش فرانکلین^۱ (1954) استفاده شد. به طوری که ابتدا از هر مقطع و از مغز به پوست خلال‌هایی تهیه گردید. سپس خلال‌ها در لوله آزمایش قرار گرفته و مخلوط اسید استیک و آب اکسیژنه به نسبت مساوی (50 به 50) به آنها افزوده شد و به مدت 48 ساعت در داخل اتوو و در درجه حرارت 60^{0C} قرار داده شدند. پس از این مدت نمونه‌ها از اتو خارج شده و تا مرحله خشتی شدن، با آب شستشوداده شد. سپس با کمک میکروسکوپ ابعاد الیاف هر نمونه اندازه‌گیری گردید [9 و 12]. برای تعیین ضرایب بیومتری الیاف نیز از روابط زیر استفاده شد: (L/d): ضریب در هم رفتگی، C/d: 100* C/d: ضریب انعطاف پذیری، 100*2P/C: ضریب رانکل، L: طول الیاف، d: قطر کلی الیاف، C: قطر حفره و p: ضخامت دیواره الیاف می باشد).

۳ - پخت CMP بامبو

پس از انتقال خرده‌چوب‌های تهیه شده از ساقه بامبو به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کارخانه چوب و کاغذ مازندران، ابتدا خرده‌چوب‌های استاندارد به صورت دستی جداسازی و شسته شدند. سپس درصد رطوبت آنها طبق آزمون‌های استاندارد TAPPI اندازه‌گیری شد. و پس از انجام چهار پخت آزمایشی، با زمان پخت 2 ساعت، از خرده‌چوب‌های بامبو خمیر CMP با بازده 85 درصد تهیه شد. برای پخت خرده‌چوب‌ها از مایع پخت کارخانه چوب و کاغذ مازندران استفاده گردید. شرایط پخت بامبوها در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- شرایط پخت تولید خمیر کاغذ CMP از ساقه بامبو

شرایط پخت	خمیر CMP بامبو	شرایط پخت	خمیر CMP بامبو
نسبت L:W	7:1	زمان آغشته سازی (دقیقه)	30
(gr/l)Na ₂ O	97	زمان پخت (دقیقه)	120
(gr/l)SO ₂	108	فشار (bar)	7
مواد شیمیایی مصرفی (%)	20	راندمان (%)	85
دما (°C)	160	نام ماده شیمیایی مصرفی	سولفیت سدیم) (Na ₂ SO ₃)

پس از پخت، ابتدا خرده‌چوب‌ها با استفاده از پالایشگر آزمایشگاهی پالایش و خمیرکاغذ CMP تهیه شد. سپس با استفاده از الک با مش 200 و فشار آب، خمیر CMP حاصل شستشو و آبگیری شد. سپس، درصد خشکی، بازده و درجه روانی اولیه آن اندازه‌گیری و خمیرکاغذ با بازده قابل قبول 85 درصد تعیین شد.

۴- پالایش خمیر کاغذ

برای پالایش خمیرکاغذ CMP بامبو، (براساس استاندارد CPPA-C.7)، از پالایشگر آزمایشگاهی PFI Mill (مدل LABTEC) استفاده شد. بدین‌منظور با اعمال 5000 دور پالایش، خمیر CMP بامبواز درجه روانی اولیه 720 (CSF) به درجه روانی نهایی 300 CSF رسانده شد. خمیرهای CMP کارخانه نیز تارسیدن به درجه روانی حدود 300 (CSF)¹ پالایش گردید [9 و 1].

۵- تهیه کاغذ دست‌ساز و اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی آنها

از خمیرهای CMP بامبو و خمیرکارخانه چوب و کاغذ مازندران (نمونه شاهد)، ابتدا به‌صورت خالص و سپس به‌صورت مخلوط 75.50.25.0 و 100 درصد خمیر CMP بامبو و خمیر کارخانه و طبق آزمون شماره 88- T 205 om استاندارد TAPPI، کاغذهای دست‌ساز با وزن پایه 60 gr/m^2 تهیه شد. برای اندازه‌گیری خواص نوری کاغذهای تهیه شده، از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد. این دستگاه در سیستم CIElab¹ قادر به تشخیص رنگ فرآورده‌های کاغذی می‌باشد. عملکرد این سیستم بر اساس خاصیت انعکاس نور از سطح مورد مطالعه استوار است. به‌طوری‌که ویژگی‌های نوری به‌خصوص روشنی (ISO)، زردی و ماتی تعیین شدند. سپس با استفاده از آزمون‌های استاندارد TAPPI، خواص مقاومتی کاغذهای حاصل به‌خصوص مقاومت‌های پارگی، ترکیدن، کششی، طول پارگی، زبری، تا شدن و جذب آب (Cobb 60) آنها اندازه‌گیری شد.

۶- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS انجام گرفت. برای بررسی اثر متقابل متغیرها و گروه‌بندی میانگین‌ها، از طرح کامل تصادفی و آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و گروه‌بندی میانگین‌ها از روش دانکن استفاده شد.

1- Canadian Standard Freeness.

نتایج

مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی در سطح متغیرها

میانگین شاخصه‌های بیومتری الیاف و ویژگی‌های کاغذ حاصل از ساقه بامبو براساس آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین میانگین کلیه مشخصه‌های بیومتری الیاف و کلیه ویژگی‌های کاغذ حاصل (بجز زبری) در سطح اعتماد **99%** اختلاف بسیار معنی‌داری وجود دارد (جدول 2 و 3).

جدول 2- میانگین و انحراف معیار بیومتری الیاف ساقه بامبو

ضریب انعطاف پذیر (*100)		ضریب انعطاف پذیری (*100)		ضریب درهم رفتگی		قطر کلی الیاف (میکرون)		طول الیاف (میکرون)		مشخصه متغیر
انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	
148/6	353/4	15/02	39/79	15/93	99/25	1/42	16/97	243/7	1675	چوب ساقه بامبو

جدول 3- تجزیه واریانس یک‌طرفه ویژگی‌های کاغذ روزنامه حاصل از خمیر CMP ساقه بامبو

مقاومت کششی		روشنی		مقاومت به ترکیدن		طول پارگی		مقاومت به پارگی		مشخصه متغیر
Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	Sig	F	
0/0001	1728	0/0001	4283	0/0001	37768	/0001	37560	0/0001	49386	تیمارها

مقایسه ویژگی‌های مقاومتی کاغذ حاصل از خمیرهای CMP بامبو و کارخانه

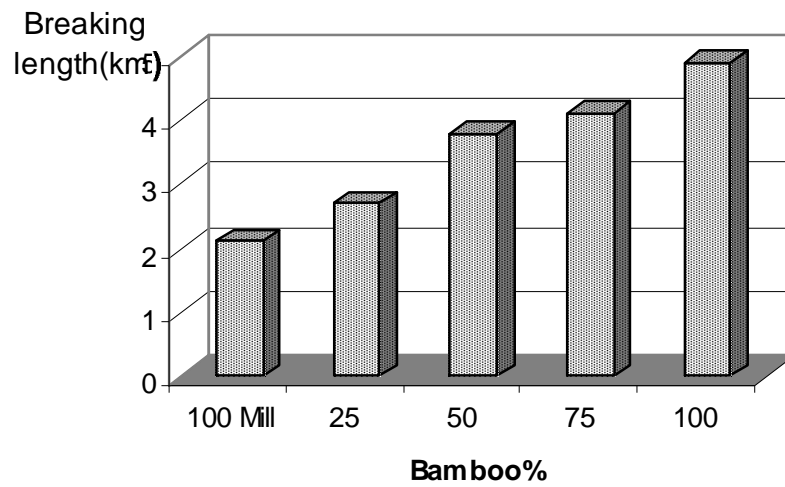
نتایج نشان داد بیشترین مقدار طول پارگی و مقاومت به ترکیدن در کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و کمترین آن در کاغذ روزنامه حاصل از خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران مشاهده شد. با افزودن 25 تا 100 درصد خمیر CMP بامبو به خمیر کارخانه، مقاومت به پارگی و مقاومت به ترکیدن کاغذ افزایش محسوس را نشان داد. از نظر آماری و در سطح اعتماد 99 درصد بین میانگین طول پارگی و مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل از تیمارهای مذکور، تفاوت بسیار معنی‌داری وجود دارد (شکل 1 و 2). همچنین نتایج نشان داد بیشترین مقاومت به پارگی و مقاومت کششی در کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و کمترین آن در کاغذ روزنامه حاصل از خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران مشاهده شد. با افزودن 25 تا 100 درصد خمیر CMP بامبو به خمیر کارخانه، مقاومت به پارگی و مقاومت کششی کاغذ

افزایش می‌یابد. از نظر آماری و در سطح اعتماد **99** درصد بین میانگین مقاومت به پارگی و مقاومت کششی کاغذ حاصل از تیمارهای مذکور تفاوت بسیار معنی‌داری وجود دارد (شکل‌های 3 و 4).

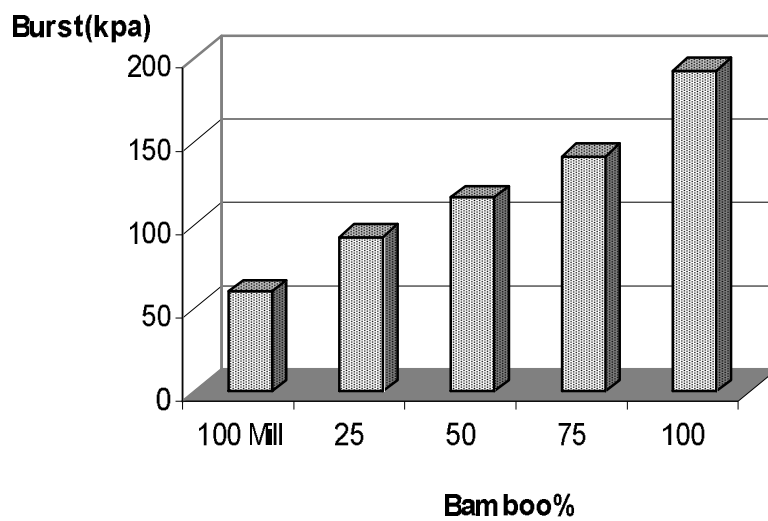
مقایسه جذب آب کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه
 نتایج نشان داد که بیشترین جذب آب در کاغذ حاصل از اختلاط **25** درصد خمیر CMP بامبو **+75** درصد خمیر CMP کارخانه مشاهده شده است. از نظر آماری و در سطح اعتماد **95** درصد بین میانگین جذب آب کاغذ حاصل از تیمارهای مذکور، تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل‌های 5).

مقایسه ویژگی‌های نوری کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه
 نتایج نشان داد که بیشترین روشنی در کاغذ روزنامه حاصل از خمیر CMP کارخانه و کمترین آن در کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو مشاهده شد. به طوری که با افزایش خمیر CMP بامبو به خمیر کارخانه، روشنی کاغذ حاصل کاهش می‌یابد. از نظر آماری و در سطح اعتماد **99** درصد بین میانگین روشنی کاغذ حاصل از تیمارهای مذکور تفاوت بسیار معنی‌داری وجود دارد (شکل 6).

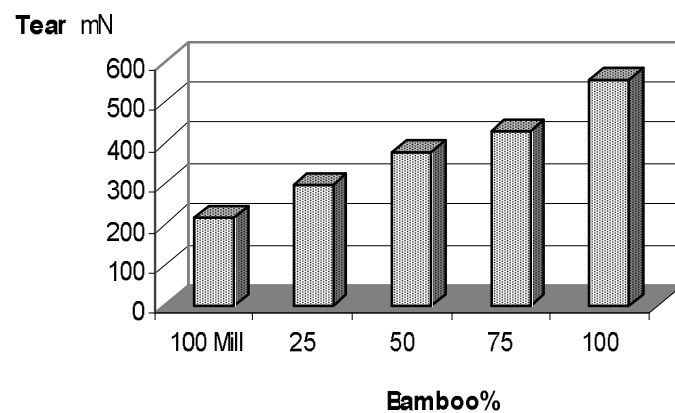
همچنین نتایج نشان داد که بیشترین زردی و ماتی در کاغذ روزنامه حاصل از خمیر CMP بامبو و کمترین آنها در کاغذ حاصل از خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران مشاهده شد. به طوری که با افزایش خمیر CMP بامبو به خمیر کارخانه زردی کاغذ حاصل افزایش می‌یابد. همچنین با افزودن خمیر CMP بامبو به خمیر کارخانه نظم خاصی در تغییرات ماتی مشاهده نشده است. از نظر آماری و در سطح اعتماد **95** درصد بین میانگین زردی و ماتی کاغذ حاصل از تیمارهای مذکور تفاوت معنی‌داری وجود دارد (شکل‌های 7 و 8).



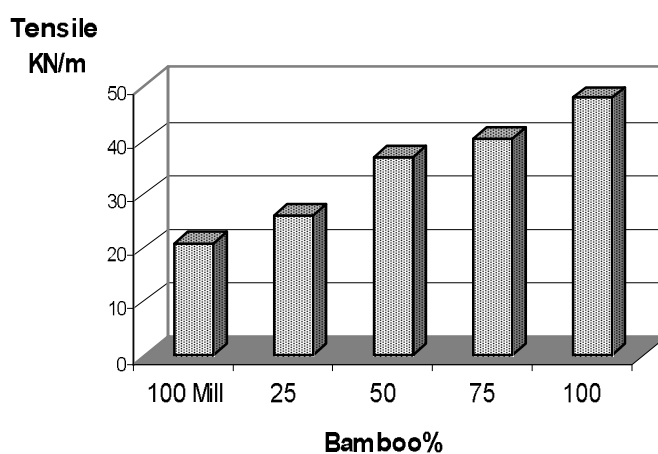
شکل 1- مقایسه طول پارگی کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه



شکل 2- مقایسه مقاومت به ترکیدن کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه

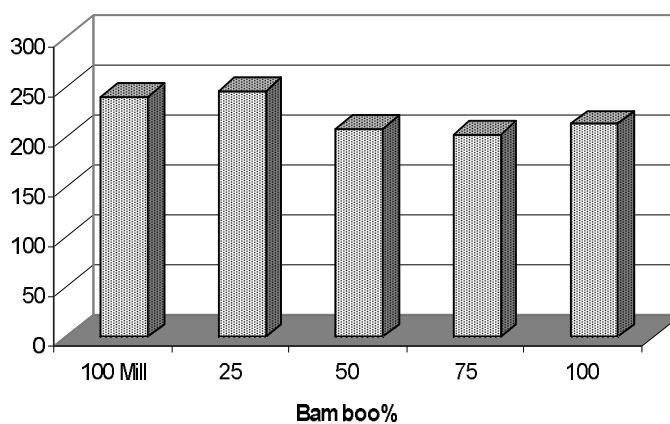


شکل 3- مقایسه مقاومت به پارگی کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه



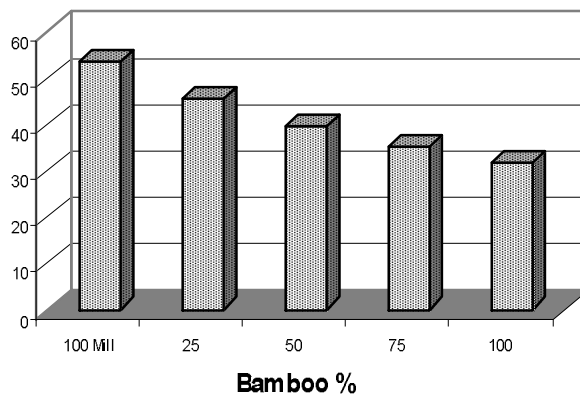
شکل 4- مقایسه مقاومت کششی کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه

Cobb test gr/m²



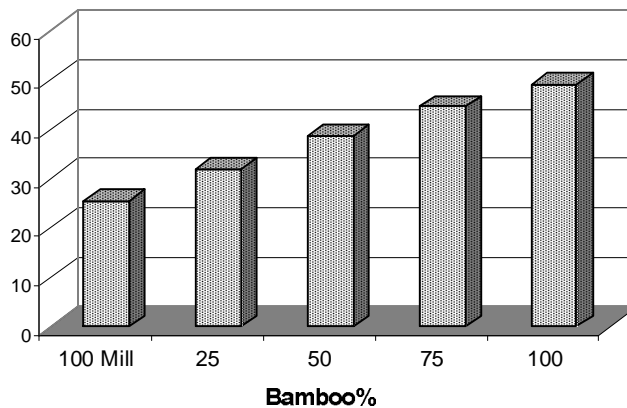
شکل 5- مقایسه جذب آب (gr/m²) کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه

Brightness %



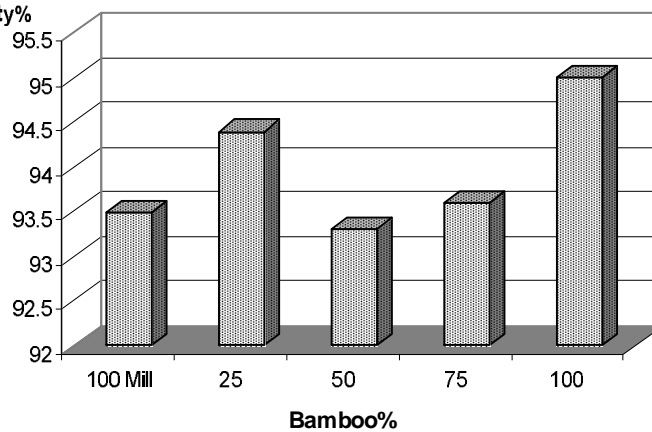
شکل 6- مقایسه درصد روشنی کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه

Yellowness %



شکل 7- مقایسه زردی کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه

Opacity %



شکل 8- مقایسه ماتی کاغذ حاصل از خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه

بحث و نتیجه گیری

هدف این تحقیق بررسی استفاده از ساقه بامبو در کارخانه چوب و کاغذ مازندران به منظور تهیه خمیر CMP و سپس کاغذ روزنامه بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که با شرایط پخت کارخانه و با Na_2O : 97 گرم بر لیتر SO_2 : 108 گرم بر لیتر، می توان در زمان پخت 2 ساعت، خمیر CMP با راندمان 85 درصد تولید کرد. همچنین خمیر مورد نظر را می توان با پالاینده آزمایشگاهی PFI Mill و با 5000 دور پالایش کرد و به درجه روانی 300 (CSF) رساند که این درجه روانی برای کارخانه بسیار مناسب است. سپس از خمیرهای تولید شده به صورت جداگانه و مخلوط کاغذ روزنامه تهیه شد. نتایج نشان داد بیشترین مقاومت به ترکیدن، مقاومت به پارگی، مقاومت کششی، طول پارگی، زردی و ماتی در کاغذ حاصل از CMP بامبو و کمترین آنها در CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران مشاهده شد. بیشترین روشنی و جذب آب در کاغذ روزنامه حاصل از خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران و کمترین آنها در کاغذ روزنامه حاصل از خمیر CMP بامبو مشاهده گردید. همچنین با افزایش 25 تا 100 درصدی CMP بامبو به خمیر کارخانه مذکور مقاومت های طول پارگی، ترکیدن، کششی، پارگی و زردی افزایش محسوس و جذب آب و روشنی کاهش را نشان می دهد. به طوری که این ویژگی ها بسیار مناسب بوده و مشابه ویژگی های کاغذ حاصل از خمیر کارخانه می باشد. از نظر آماری بین ویژگی های (بجز زبری) کاغذ حاصل از اختلاط 25 تا 100 درصدی خمیر CMP بامبو و خمیر CMP کارخانه در مقایسه با خمیر خالص کارخانه تفاوت معنی داری وجود دارد. نتایج حاصل از ویژگی های بیومتری الیاف ساقه بامبو نیز نشان داد که طول الیاف ساقه بامبو به مراتب بلند بوده و دیواره الیاف آن نسبتاً ضخیم می باشد. در واقع طول الیاف، ضریب درهم رفتگی و به خصوص ضریب رانکل الیاف بامبو مشابه پهن برگان جنگل های شمال کشور بوده و حتی طول الیاف (1675 میکرون) و ضریب رانکل (353) آن به مراتب بهتر از بسیاری از گونه های پهن برگ صنعتی شمال کشور است، که خود باعث بهبود بسیاری از مقاومت های حاصل شده است. بنابراین می توان 25 تا 100 درصد خمیر CMP بامبو را جایگزین بخشی از خمیر CMP کارخانه چوب و کاغذ مازندران نمود، تا با توسعه زراعت چوب (بامبو)، ضمن تامین بخشی از مواد اولیه صنایع خمیر و کاغذ در داخل کشور، از خروج مقدار قابل ملاحظه ای ارز از کشور نیز جلوگیری خواهد شد. نتایج این تحقیق با نتایج به دست آمده از سایر پژوهشگران به خصوص روانبخش و همکاران (1386)، طلایی پور (1382)، رازک و همکاران (1995). نیز همخوانی دارد [6.4 و 11].

منابع

- 1- برزن، علی، سورکی و همکاران، (1382)، دستورالعمل انجام آزمایشات خمیر و کاغذ، بخش تکنیکال، کارخانه چوب و کاغذ مازندران.
- 2- برزن، علی (1376) بررسی امکان استفاده از کاغذهای باطله کسارتن و مقوا برای اختلاط با خمیرNSSC تولیدی در کارخانه چوب و کاغذ مازندران برای تولید کاغذ فلوتینگ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- 3- حسینی، سید ضیاء الدین و همکار (1383) تاثیر نوع فرآیند خمیر کاغذ (فرآیند CMP, NSSC کارخانه چوب و کاغذ مازندران) در کیفیت پالایش الیاف، مجله منابع طبیعی ایران، دانشگاه تهران.
- 4- روانبخش و ویسی، (1386)، بررسی امکان استفاده از خمیر CMP باگاس برای تولید کاغذ روزنامه در کارخانه چوب و کاغذ مازندران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس.
- 5- سجودی و همکار، (1372)، بامبو طلای سبز، انتشارات مسکن و شهر سازی.
- 6- طلایی پور، محمد و همکاران، (1382)، بازیافت کاغذهای چاپ باطله شیمیایی و تاثیر اختلاط آن با خمیر CMP جهت تولید کاغذ چاپ، همایش ملی فرآوری و کاربرد مواد سلولزی، پردیس 3، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- 7- قاسمیان، علی و همکاران، (1383)، بررسی ویژگی‌های خمیر جوهرزدایی شده کاغذهای روزنامه و مجله باطله داخلی در مقایسه با خمیر CMP داخلی، مجله منابع طبیعی ایران، جلد 57، شماره 3.
- 8- میر شکرایی، سید احمد و علی عبدالخانی، (1384)، بررسی تاثیر یون‌های فلزی بر روی روشنی خمیر کاغذ شیمیایی - مکانیکی مخلوط پهن‌برگان شمال ایران، مجله منابع طبیعی ایران، جلد 58، شماره 2.
- 9- ویسی، رامین و میر شکرایی، (1386)، بررسی پایداری روشنی خمیرهای CMP راش بر اثر کهنه سازی نوری، فصلنامه تخصصی علوم و فنون منابع طبیعی، شماره دوم، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس.
- 10 - Carter. Henry A., (1996). The chemistry of paper preservation, Journal of chemical education, vol .73, No:11.
- 11-Razak, O., 1995, Planting and utilization of bamboo in Peninsular Malaysia, Research Pamphlet, Forest Research Institute Malaysia.
- 12- Seth R . S . , 1995 , the effects of fiber length & coarseness on the tensile strength of webs , TAPPI, J , N0:3.
- 13-Tappi standard, pulp and paper test methods, 1993, Atlanta.