دوفصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۲، شمارهٔ ۲، صفحهٔ ۱۶۷-۱۵۵ (۱۳۸۶)

بررسی تولید خمیر کاغذ حاصل از ذرت دانه‌ای با روشهایCMP و APMP

عباس فخریان[۱]، فرداد گلبابائی[۱]، حسین حسین خانی[۱] وکامیار صالحی[۱]

۱- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور fakhryan@yahoo.com

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۸۶ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۶

چکیده

در این تحقیق خصوصیات خمیر کاغذ CMP و APMP ساقه ذرت مورد بررسی قرار گرفت. ترکیب شیمیایی این ماده لیگنوسلولزی شامل سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر به‌ترتیب ۴۹/۶۷، ۲۱/۸۸، ۲/۵۳ و ۴/۸۷ درصد و طول فیبر، قطر فیبر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره آن به‌ترتیب ۰/۹۳۶ میلیمتر، ۱۸/۴۶۳ میکرون، ۱۱/۵۹ میکرون و ۳/۴۸ میکرون اندازه-گیری شد. به منظور تهیه خمیر کاغذ CMP و APMP از ساقه ذرت، دمای پخت ۹۵-۹۰ درجه سلسیوس، زمان پخت ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه، قلیائیت فعال ۵ و ۱۰ درصد و نسبت مایع پخت به ساقه ذرت ۱/ ۸ در نظر گرفته شد (در پخت APMP از ۳ درصد پراکسیدهیدروژن استفاده شد).

بازده خمیر کاغذهای CMP در زمان پخت ۲۰ دقیقه با میانگین ۷۲/۶۵ درصد بیشترین بوده و به همراه دو خمیر کاغذ تهیه شده در زمان پخت ۳۰ و ۴۰ دقیقه در گروه A قرار گرفتند. در روش APMP بازده خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۲۰ دقیقه با میانگین ۷۱/۸۴ درصد در گروه A و خمیر کاغذهای تهیه شده در زمانهای پخت ۳۰، ۴۰ و ۶۰ دقیقه به‌ترتیب با بازده ۷۰/۲۷، ۶۸/۸۲ و ۶۶/۷۴ درصد در گروههای B، C و D قرار گرفتند.

مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها بین ۱/۲۳-۱/۰۲۰۴، KPa.m²/gr، مقاومت در برابر پاره شدن آنها بین ۴/۳۹۲-۴/۱۶۶ mNm²/gr و طول پاره شدن آنها بین ۴/۱۴-۴/۰۲ کیلومتر اندازه‌گیری شد. این تحقیق نشان داد که با توجه به محدودیت منابع لیگنوسلولزی چوبی از ساقه ذرت دانه‌ای که در سطح وسیعی از کشور کاشته می‌شود، می‌توان به عنوان یک ماده لیگنوسلولزی ارزان قیمت در صنعت کاغذسازی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ساقه ذرت دانه‌ای، سلولز، لیگنین، بازده، روش CMP، روش APMP، مقاومت در برابر ترکیدن.

مقدمه

در سال ۱۹۹۰ تولید جهانی خمیر کاغذ بیش از ۱۶۰ میلیون تن بود، Kaldor (۱۹۹۲) پیش بینی کرد که تقاضا تا سال ۲۰۰۰ به ۲۳۸ میلیون تن و تا سال ۲۰۱۰ به ۳۷۰ میلیون تن یعنی، بیش از دو برابر بالغ خواهد شد.کل فیبر اضافی شناخته شده قابل دسترس ۶۵ میلیون تن (بر پایه وزن خشک) در هر سال است. بنابراین تا سال ۲۰۰۰، جهان با کمبود منابع دست نخورده فیبری روبرو خواهد شد. آنالیز Kaldor همچنین نشان داد با ادامه رشد مصرف فعلی نیاز است که تا سال ۲۰۱۰ تقریبا منابع جنگلی دو برابر گردند که بدون یک برنامه وسیع جنگل کاری و نهال کاری، دست نیافتنی به نظر می‌رسد. این مطلب به اضافه فشار های زیست محیطی در جهت حفاظت از جنگلها، استفاده از منابع فیبر جایگزین را جهت تهیه خمیر و کاغذ اجتناب ناپذیر خواهد کرد.

Archive of SID

www.SID.ir

بنابراین ۲۵ کشور برای تهیه بیش از ۵۰ درصد خمیر کاغذ خود به الیاف منابع زراعی وابسته‌اند. چین و هند کشورهای پیشرو در تولید خمیر کاغذ از الیاف منبع زراعی هستند و کشور چین بیش از ۷۳ درصد ظرفیت جهانی خمیر کاغذ منابع زراعی را در اختیار دارد. همچنین عمده خمیر کاغذ تولید شده در هند، از الیاف منابع زراعی هستند (۵۵/۵ درصد). در مجموع چین و هند بیش از ۸۰ درصد کل ظرفیت خمیر کاغذ الیاف منابع زراعی را دارا هستند.

میزان سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای در کشور ۲۷٤ هزار هکتار (آمارنامه کشاورزی ۱۳۸۳) برآورد شده است. میزان قابلیت جمع‌آوری ساقه ذرت از هر هکتار (Atchison,1987) ۷ – ۵/۵ تن است که رقم قابل توجه ۱۵۰۷۰۰۰ – ۱۹۱۸۰۰۰ تن بدست می‌آید. سطح زیر کشت این محصول در استان کرمانشاه ۳۰۰۰۰ هکتار و حداکثر عملکرد آن در استان ۱۷/۱ تن در هکتار گزارش شده است.

کاغذ و مقوا یکی از ضروری‌ترین مواد مورد نیاز بشری است که میزان مصرف آن با افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی افزایش می‌یابد.با توجه به اینکه در تولید خمیر کاغذ از چوب استفاده می‌شود، به دلیل محدودیت منابع چوبی جنگلی در کشورهای در حال توسعه، استفاده از منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی ضروری بوده و رو به افزایش گذاشته است. یکی از این منابع لیگنوسلولزی غیرچوبی، ساقه ذرت دانه‌ای است. ذرت یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کشاورزی است که کشت آن رو به توسعه بوده و از دانه‌های آن که دارای مقدار زیادی نشاسته و چربی است نه تنها برای تغذیه انسان، دام و پرندگان اهلی استفاده می‌شود، بلکه جهت استخراج روغن خوراکی استفاده می شود.ولی قسمت عمده ساقه ذرت بدون استفاده باقی می‌ماند. طی سالهای متمادی دانشمندان تحقیقاتی در مورد استفاده از ساقه ذرت به عنوان ماده اولیه کاغذ را به انجام رسانده‌اند. اوایل سال ۱۸۳۷ استفاده از ساقه ذرت در صنعت کاغذسازی توسط فردی فرانسوی به نام Bouchet به ثبت رسید و در سال ۱۸۸۰ استفاده از ساقه ذرت در تولید کاغذ بسته‌بندی و مقوا با کیفیت متوسط انجام گرفت.

جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۵)، ویژگیهای کاغذسازی ساقه ذرت دانه‌ای به روش کرافت و سودا را مورد مطالعه قرار دادند. در این بررسی از ساقه ذرت دانه‌ای از مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات البرز استفاده شده است . طول و قطر ۵۰ ساقه ذرت اندازه‌گیری و میانگین آن به‌ترتیب برابر با ۱۷۳/۳۳ سانتیمتر و ۲/۵۲ سانتیمتر محاسبه شد. میانگین طول، قطر سلول، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف ساقه ذرت به ترتیب برابر ۰/۹۱ میلیمتر و ۲۰/۱۲، ۱۰/٤۳ و ۵/۳ میکرون اندازه‌گیری شد. ترکیب شیمیایی آن شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی محلول در آب گرم و مواد استخراجی محلول در سود سوزآور ۱ درصد به‌ترتیب ٤٤/٦٦، ۲۱/۲٤، ۵/۵، ۱۳/٤ و ۳۵/۹۱ درصد بود. بازده، عدد کاپا و درجه روانی قبل از پالایش خمیر کاغذ سودا به‌ترتیب ٤۰/۵ درصد، ٦٤/۹ و ٦۰۱ میلیمتر (استاندارد کانادائی) و مقادیر مشابه برای خمیر کاغذ کرافت به ترتیب ٤۷/۵ درصد، ۷۳/۵ و ۵۹۷ میلیمتر تعیین شدند. طول پاره‌شدن خمیر کاغذ کرافت زیادتر از خمیر کاغذ سودا تعیین شده و سایر مقاومتها مشابه بودند.

Ustaetal (۱۹۹۱) خمیر کاغذ سودا – اکسیژن ساقه ذرت را مورد ارزیابی قرار داده است .نامبرده عنوان می‌کند که ، به دلیل ساختمان باز و نرم ساقه ذرت، زمان پخت کوتاه و دمای پخت نیز پایین می‌باشد .همچنین به دلیل کاهش مشکلات زیست محیطی این فرایند ، استفاده از این ماده لیگنوسلولزی رو به افزایش گذاشته است. آنها میزان قلیاییت فعال را ۱۸ درصد، دمای پخت پخت ۱۲۰ درجه سانتیگراد، زمان پخت در دمای پخت حداکثر ٤۰ دقیقه، فشار اکسیژن۱۰ Kgr/cm^2 و نسبت مایع پخت به ماده لیگنوسلولزی ۵ به ۱ را در شرایط مناسب پخت

Archive of SID

www.SID.ir

بدست آوردند. بازده خمیر کاغذ از این ماده لیگنوسلولزی پس از الک کمتر از بازده خمیر کاغذ ساقه گندم و برنج است. حداکثر ویژگیهای مقاومتی خمیر کاغذهای سودا – اکسیژن شامل طول پاره شدن ۷/۵ کیلومتر، شاخص ترکیدن ٤/۲ KPam²/gr ، شاخص پاره شدن ٦/۲ mNm²/gr و درجه درجه روشنی ٤٦/۳ درصد گزارش شده است.

مواد و روشها

تهیه نمونه: از ساقه ذرت برداشت شده رقم ۷۰٤ نمونه‌برداری در شهرستان کرمانشاه انجام گرفت. متوسط عملکرد این ماده لیگنوسلولزی در استان کرمانشاه ۷/۸ تن در هکتار و طول رویش آن ۱۲۵ تا ۱۳۵ روز است.

ابعاد ساقه ذرت: ٦۰ ساقه ذرت دانه‌ای به طور تصادفی انتخاب، قطر و طول آنها اندازه‌گیری شد. قطر ساقه ذرتها حداقل ۰/۵ و حداکثر ۱/٦ سانتیمتر و میانگین و انحراف از معیار آنها به ترتیب ۱/۰۷ سانتیمتر و ۰/۳٦٦ اندازه‌گیری شد. ارتفاع (بلندی ساقه‌ها) ساقه‌ها حداقل ۱/۵ و حداکثر ۲/۱ متر و میانگین و انحراف از معیار آنها به ترتیب ۱/۵ متر و ۰/۲۳٤ بدست آمد. برای جدا سازی الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵٤) استفاده شد . برای انجام آزمایشهای اندازه‌گیری ترکیبهای شیمیایی چوب از استانداردهای زیر استفاده شد:.

تهیه آرد چوب ← **آیین‌نامه شماره ۸۵– T ۲۵۷ om استاندارد TAPPI**

تهیه آرد چوب عاری از مواد استخراجی ← **آیین‌نامه شماره ۸۵– T ۲۱۱ om استاندارد TAPPI**

خاکستر ← **آیین‌نامه شماره ۸۸– T ۲٦٤ om استاندارد TAPPI**

لیگنین ← **آیین‌نامه شماره ۸۸– T ۲۲۲ om استاندارد TAPPI**

مواد استخراجی ← **آیین‌نامه شماره ۸۸– T ۲۰٤ om استاندارد TAPPI**

تهیه خمیرکاغذ

برای پخت و تهیه خمیر کاغذ از دو روش CMP و APMP استفاده شد. روش APMP یک روش خمیر کاغذ سازی بازده بالا است که بدون استفاده از کلر رنگبری انجام می‌گیرد. پخت APMP شامل دو مرحله آغشته سازی و مرحله پالایش است. در مرحله آغشته سازی هیدروکسید سدیم به عنوان یک منبع قلیایی برای آماده سازی پراکسید بکار می‌رود که نرم کردن الیاف و کاهش مصرف انرژی پالایش را به دنبال دارد. پراکسید هیدروژن یک اسید ضعیف است وعامل فعال رنگبریست.سیلیکات سدیم به عنوان تثبیت کننده پراکسید ویک منبع قلیایی برای تامین pH محسوب می شود ویک بافرکننده مناسب در سیستم رنگبری پراکسید است.

DTPA (دی اتیلن تری آمین پنتااستیک‌اسید) به عنوان کیلت‌کننده ، با فلزات سنگین ترکیب شده و کمپلکس‌های محلول ایجاد می‌کند و آنها را نسبت به پراکسید غیرفعال می‌کند. پس از انجام پختهای آزمایشی، عوامل ثابت و متغیر پختها و تهیه خمیر کاغذ به شرح زیر در نظر گرفته شد.

زمان‌پخت (دقیقه)... ۲۰ – ۳۰ – ٤۰ – ٦۰

هیدروکسید سدیم..... ۵٪–۱۰٪(برمبنای وزن خشک نمونه)

درجه حرارت پخت... ۹۵ درجه سانتیگراد

نسبت L/W..... ۵ به ۱

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌ها داخل بشر ۸۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد، پس از افزودن مایع پخت برروی نمونه‌ها، بشردر حمام بن ماری قرار داده شد. زمان رسیدن درجه حرارت مایع پخت به درجه حرارت پخت مورد نظر حدود ۱۰ دقیقه به طول انجامید.

پخت APMP به صورت دو مرحله‌ای انجام گرفت. در پخت دو مرحله‌ای، بعداز نیمی از زمان پخت، نمونه‌ها از بشر خارج شدند. پس از جدا سازی کامل مایع پخت، جدا سازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام گرفت. الیاف جدا شده به‌همراه مایع پخت قبلی و پراکسید، سیلیکات سدیم و DTPA (دی اتیلن تری آمین پنتا استیک اسید) دوباره به داخل بشر ریخته و بشر به داخل حمام بن ماری انتقال داده شد. پس از پایان زمان پخت، جداسازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام گرفته و سپس نمونه ها شستشو داده شدند. به منظور جداسازی الیاف پخته نشده(وازده) از الک با مش ۱۸ استفاده شد. عوامل ثابت و متغیر در روش APMP به شرح زیر است :

زمان پخت (دقیقه)	**۲۰ – ۳۰ – ٤٠ – ٦٠**
هیدروکسید سدیم.....	**۵٪ – ۱۰٪ (بر مبنای وزن خشک نمونه)**
پر اکسید هیدروژن	**۳ ٪ (مبنا وزن خشک نمونه)**
سیلیکات سدیم	**۳ ٪ (مبنا وزن خشک نمونه)**
DTPA	**۰/۵ ٪ (مبنا وزن خشک نمونه)**
درجه حرارت پخت.....	**۹۵ درجه سانتی گراد**
نسبت L/W	**۵ به ۱**

هر پخت با سه تکرار انجام گرفت و پس از اتمام هر بار پخت، میزان بازده بعد از الک و میزان هیدروکسید جذب شده اندازه‌گیری شد. از بین خمیر کاغذهای پخته شده در زمان ٤٠ دقیقه و قلیائیت فعال (هیدراکسیدسدیم مصرف شده) ۱۰٪ ، پس از پالایش و رساندن خمیر کاغذها به درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) کاغذ دست ساز تهیه شد. پالایش خمیر کاغذها و اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست‌ساز مطابق با دستورالعمل‌های زیر انجام گرفت.

پالایش خمیرکاغذ .....◄	**آیین‌نامه شماره ۸۵– T ٢٤٨ cm استاندارد TAPPI**
ساخت کاغذ دست‌ساز .....◄	**آیین‌نامه شماره ۸۸– T ٢٠٥ om استاندارد TAPPI**
مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذ .....◄	**آیین‌نامه شماره ۸۸– T ٤١٤ om استاندارد TAPPI**
مقاومت در برابر ترکیدن‌کاغذ .....◄	**آیین‌نامه شماره ۹۱– T ٤٠٣ om استاندارد TAPPI**
طول پاره‌شدن کاغذ .....◄	**آیین‌نامه شماره ۸۸– T ٤٩٨ om استاندارد TAPPI**
ماتی (کدری)کاغذ .....◄	**آیین‌نامه شماره ۹۱– T ٤٢٥ om استاندارد TAPPI**
درجه روشنی کاغذ .....◄	**آیین نامه شماره ۹۲– T ٤٥٢ om استاندارد TAPPI**

Archive of SID

www.SID.ir

میزان هیدراکسید سدیم جذب شده با استفاده از محلول اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال و عمل تیتراسیون اندازه‌گیری شد .

برای مقایسه ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی از میانگین و انحراف از معیار، بازده خمیر کاغذها از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی، ویژگیهای مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از جدول آنوا (One way grouped anova) و مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج

ابعاد الیاف: در جدول ۱ میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره ۵۰ فیبر نشان داده شده است.

ضرایب کاغذسازی: در جدول ۲ ضرایب کاغذسازی الیاف ساقه ذرت آورده شده است.

جدول ۱ – مقادیر میانگین ابعاد الیاف ساقه ذرت

ویژگي	میانگین	انحراف معیار
طول فیبر (میلیمتر) (l)	۰/۹۳۶	۰/۲۵۸
قطر فیبر (میکرون) (d)	۱۸/۴۶۳	۰/۵۸۱
قطر حفره سلولي (میکرون) (c)	۱۱/۵۹۰	۴/۶۶۸
ضخامت دیواره سلولي (میکرون) (p)	۳/۴۸۰	۰/۹۹۴

جدول ۲– ضرائب کاغذسازی الیاف ساقه ذرت

ویژگي	میانگین
ضریب درهم‌رفتگي L/D	۵۰/۶۹
ضریب نرمش $C/D \times 100$	۶۲/۷۷
ضریب مقاومت به پارگي $2P/C \times 100$	۶۰/۰۵

ترکیب شیمیائي:

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی، شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی ساقه ذرت در جدول ۳ آورده شده است. میزان میانگین سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر این ماده لیگنوسلولزی با ۵ تکرار به ترتیب ٤٩/٦٧، ٢١/٨٨، ٢/٥٣ و ٤/٨٧ درصد اندازه‌گیری شد.

جدول ۳ - مقادیر ترکیب شیمیائي ساقه ذرت

نتایج ویژگي %	میانگین	انحراف از معیار
سلولز	۴۹/۶۷	۰/۵۲۹
لیگنین	۲۱/۸۸	۰/۹۲۵
مواد استخراجي	۲/۵۳	۰/۲۶۴
خاکستر	۴/۸۷	۰/۵۶۸

Archive of SID

www.SID.ir

خمیر کاغذ:

در جدول ٤ نتایج حاصل از اندازه‌گیری بازده بعد از الک خمیر کاغذها آورده شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل بازده خمیر کاغذهای CMP (جدول ٥) نشان می‌دهد که با تغییر زمان پخت اختلاف بین میزان بازده خمیر کاغذها(بدون در نظر گرفتن روش پخت و میزان هیدروکسید سدیم مصرف شده) در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است به طوری که خمیر کاغذ پخته شده در زمان پخت ۱۰ دقیقه با میانگین ۷۲/٦٥ درصد دارای بیشترین بازده بوده و به همراه دو خمیر کاغذ تهیه شده در زمان پخت ۲۰ و ۳۰ دقیقه در گروه A قرار گرفته‌اند. خمیر کاغذ تهیه شده در زمان پخت ٤۰ دقیقه با بازده ٤٤/٦۱ در گروه B قرار می‌گیرد.

اثر متقابل میزان هیدروکسید سدیم مصرف شده و زمان پخت در سطح ٥ درصد بر روی بازده خمیر کاغذها معنی‌دار نبود. بر اثر افزایش میزان هیدروکسید سدیم مصرف شده از ٥ به ۱۰، بازده خمیر کاغذهای CMP کاهش یافته که اختلاف کاهش آنها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. در جدول ۷ گروه‌بندی میانگین بازده خمیر کاغذهای CMP نشان داده شده است.

جدول ۴ - بازده خمیر کاغذهاي **CMP** و **APMP** سافه ذرت

روش پخت	NaOH (%)	زمان پخت(دقیقه)	بازده(میانگین)
CMP	۱۰	۲۰	۶۹/۶۹
		۳۰	۶۸/۴۷
		۴۰	۶۷/۲۹
		۶۰	۶۳/۴۰
	۵	۲۰	۷۵/۲۸
		۳۰	۷۳/۵۹
		۴۰	۷۳/۴۱
		۶۰	۶۹/۴۱
APMP	۱۰	۱۰+۱۰	۶۹/۲۶
		۱۵+۱۵	۶۸/۳۱
		۲۰+۲۰	۶۶/۴۲
		۳۰+۳۰	۶۴/۸۰
	۵	۱۰+۱۰	۷۴/۴۳
		۱۵+۱۵	۷۲/۲۳
		۲۰+۲۰	۷۱/۲۱
		۳۰+۳۰	۶۸/۸۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ – نتایج آنالیز بازده خمیر کاغذهای CMP تحت تاثیر زمان پخت و هیدروکسید سدیم

منبع	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربع	Fمقدار
زمان پخت(A)	۳	۱۴۳/۶۱	۴۷/۸۷	۸/۳۹
هیدروکسید سدیم% (B)	۱	۲۶۳/۳۴	۲۶۳/۳۴	۴۶/۱۶
AB	۳	۱۶/۷۲	۵/۵۷	۰/۹۸
خطا	۱۶	۹۱/۲۷	۵/۷۱	

جدول ۶ – نتایج آنالیز بازده خمیر کاغذهای APMP تحت تاثیر زمان پخت و هیدروکسید سدیم

منبع	درجه آزادی	جمع مربعات	میانگین مربع	Fمقدار
زمان پخت(A)	۳	۸۴/۸۳	۲۸/۲۸	۱۰۱/۱۹
هیدروکسید سدیم% (B)	۱	۱۲۳/۲۶	۱۲۳/۲۶	۴۴۱/۰۹
AB	۳	۱/۳۷	۰/۴۶	۱/۶۳
خطا	۱۶	۴/۴۷	۰/۲۸	

جدول ۷ – گروه‌بندی بازده خمیر کاغذهای CMP در شرایط متفاوت

ردیف	زمان پخت (دقیقه)	بازده خمیر کاغذ (%)	گروه‌بندي
۱	۱۰	۷۲/۶۵	A
۲	۲۰	۷۱/۵۳	A
۳	۳۰	۷۲/۰۲	A
۴	۴۰	۶۶/۴۱	B

در روش پخت APMP دو مرحله‌ای نیز بازده خمیر کاغذهای پخته شده در زمان پخت ۱۰ دقیقه با میانگین ۷۱/۸۴ درصد دارای بیشترین مقدار بازده بوده و در گروه A قرار گرفته است (جدول ۶). خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه به‌ترتیب با بازده ۷۰/۲۷، ۶۸/۸۲ و ۶۶/۷۴ درصد در گروههای B، C و D قرار گرفته‌اند. با افزایش میزان هیدروکسید سدیم مصرف شده بازده خمیر کاغذهای APMP دو مرحله‌ای کاهش یافته که این اختلاف کاهش در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. اثر متقابل درجه حرارت پخت و میزان هیدروکسید سدیم مصرف شده بر روی بازده خمیر کاغذها در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشده است. در جدول ۸ گروه‌بندی میانگین بازده خمیر کاغذهای APMP در شرایط مختلف پخت خلاصه شده است.

جدول ۸ – گروه‌بندی میانگین بازده خمیر کاغذهای APMP در شرایط مختلف زمان پخت

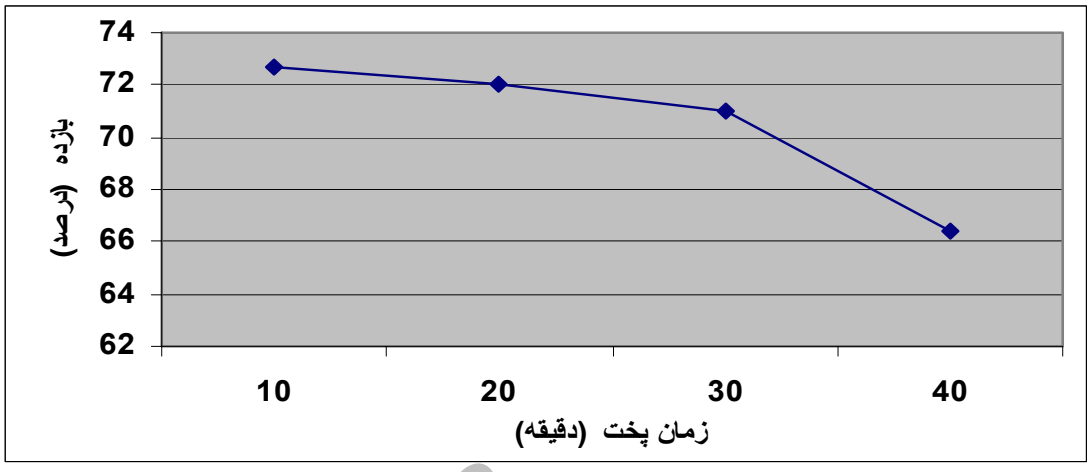
ردیف	زمان پخت (دقیقه)	بازده (%)	گروه‌بندي
۱	۲۰	۷۱/۸۴	A
۲	۳۰	۷۰/۲۷	B
۳	۴۰	۶۸/۸۲	C
۴	۶۰	۶۶/۷۴	D

Archive of SID

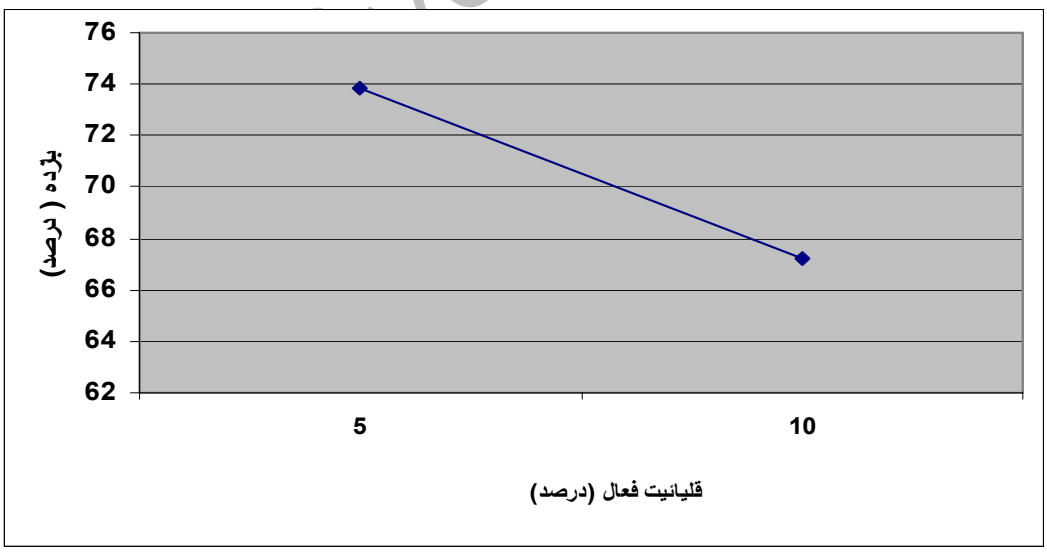
www.SID.ir

در شکل ۱ تأثیر افـزایش زمـان پخـت بـر روی بـازده خمیر کاغذهای CMP، در شـکل ۲ تـأثیر افـزایش میـزان هیدروکـسید سـدیم مـصرف شـده و در شـکل شـماره ۵ مقایسه میانگین بـازده خمیـر کاغـذهای CMP و APMP ساقه ذرت نشان داده شده است.

مقایسه دو روش پخت CMP و APMP دو مرحله‌ای نشان داد که بدون در نظر گرفتن دمای پخت و میزان هیدروکسید سدیم مصرف شده اختلاف بازده خمیر کاغذهای این دو روش در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشده است. میانگین بازده خمیر کاغذهای APMP برابر ٦٩/٤ درصد و بازده خمیر کاغذهای CMP برابر ۷۰/۳۵ درصد بدست آمده است.

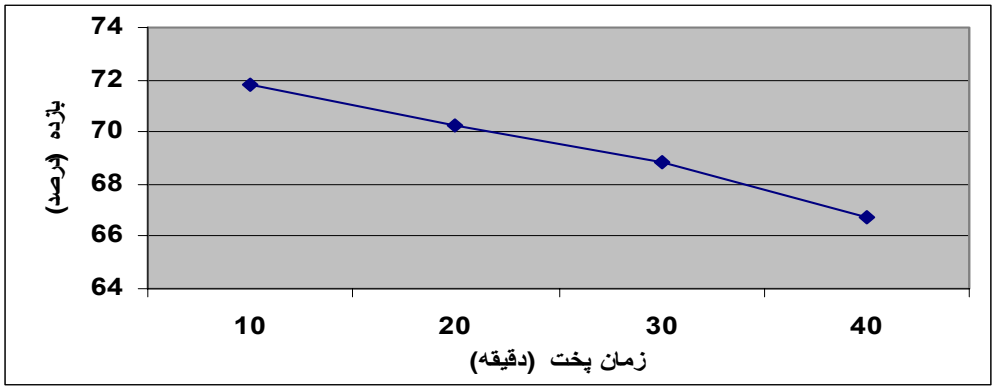


شکل ۱ – تاثیر افزایش زمان پخت بر بازده خمیر کاغذهای CMP



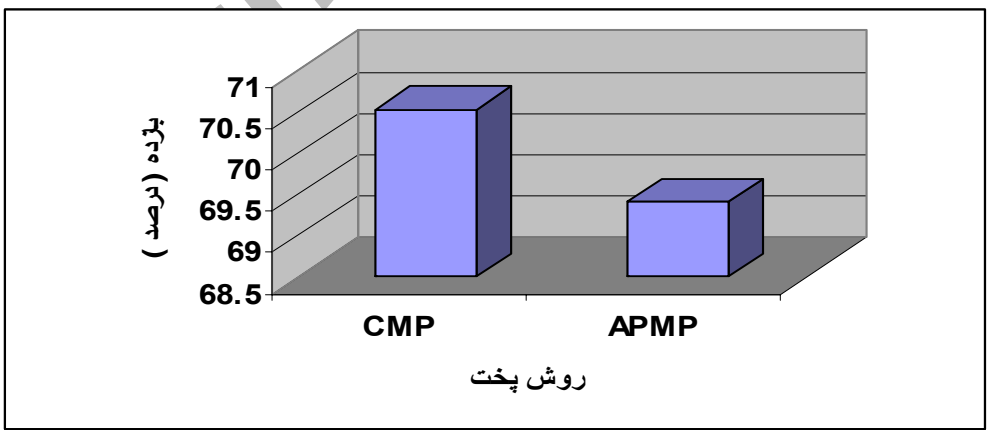
شکل ۲ – تاثیر افزایش درصد هیدراکسید سدیم بر بازده خمیر کاغذهای CMP

www.SID.ir



شکل ۳ – تاثیر افزایش زمان پخت بر بازده خمیر کاغذهای APMP

شکل ٤ – تاثیر افزایش درصد هیدراکسیدسدیم بر بازده خمیر کاغذهای APMP



شکل ۵ – مقایسه بازده خمیرکاغذهای CMP و APMP

میزان وازده‌هاي پخت بين ۳-۴/۵ درصد و ميزان جذب هيدروكسيدسديم بين ۷۱/۳۲-۸۰/۸۸ درصد اندازه‌گيري شد.

www.SID.ir

ویژگیهای مقاومتی و نوری خمیر کاغذها

مقاومت در برابر ترکیدن: در جدول ۹ نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست‌ساز ساقه ذرت خلاصه شده است. نتایج تجزیه و تحلیل مقاومت کاغذها نشان می‌دهد که اختلاف مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها در دو روش پخت CMP و APMP در سطح ۵ درصد معنی‌دار نشده است. میانگین مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست‌ساز خمیر کاغذ CMP و APMP به‌ترتیب ۱/۰۲۰٤ $KPam^2/gr$ و ۱/۲۳۰ $KPam^2/gr$ اندازه‌گیری شد.

جدول ۹ - میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست‌ساز

روش پخت	مقاومت در برابر ترکیدن $KPam^2/gr$	مقاومت در برابر پاره شدن mNm^2/gr	طول پاره شدن Km	ماتي	درجه روشنی
CMP	۱/۲۰	۴/۱۷	۴/۰۲	۹۶/۶	۴۳/۵۲
APMP	۱/۲۳	۴/۳۹	۴/۱۴	۹۹/۲۰	۴۶/۴۲

مقاومت در برابر پاره شدن: در جدول ۹ نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها نشان داده شده است. نتایج تجزیه و تحلیل نتایج نشان می‌دهد که مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها در دو روش پخت CMP و APMP در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی‌دار شده است. میانگین مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای CMP و APMP به‌ترتیب ٤/۱٦٦ mNm^2/gr و ٤/۳۹۲ mNm^2/gr اندازه‌گیری شد.

طول پاره شدن: در جدول ۹ نتایج حاصل از طول پاره شدن کاغذها خلاصه شده است. با تغییر روش پخت اختلاف طول پاره شدن کاغذها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شده است. طول پاره شدن خمیر کاغذ CMP برابر ٤/۰۱۸ کیلومتر و طول پاره شدن خمیر کاغذ APMP ٤/۱٤٤ کیلومتر اندازه‌گیری شده است.

ماتی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری ماتی کاغذهای ساقه ذرت در جدول شماره ۹ آورده شده است. با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین میزان ماتی کاغذهای CMP و APMP مشاهده می‌شود.

درجه روشنی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان درجه روشنی کاغذها در جدول ۹ خلاصه شده است. اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین میزان درجه روشنی کاغذهای CMP و APMP وجود دارد.

زردی: نتایج آنالیز آماری زردی کاغذها نشان می‌دهد که در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری بین زردی کاغذها در دو روش CMP و APMP وجود دارد. میزان زردی کاغذهای CMP بین ٦۱/۵۲-٦۱/۰۱ درصد و کاغذهای APMP بین ٦۲/۷٤-٦۲/۱۹ درصد اندازه‌گیری شده است.

بحث

ابعاد الیاف: میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی این ماده لیگنوسلولزی به‌ترتیب ۰/۹۳٦ میلیمتر، ۱۸/٤٦۳ میکرون، ۱۱/۵۹۰

Archive of SID

www.SID.ir

میکرون و ۳/۴۸ میکرون و ضرایب کاغذسازی آن شامل ضریب درهم‌رفتگی، ضریب نرمش و ضریب مقاومت در برابر پارگی آن به ترتیب ۵۰/۶۹، ۶۲/۷۷ و ۶۰/۰۵ اندازه‌گیری شد.

جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۵) ابعاد الیاف ساقه ذرت جمع‌آوری شده از کرج را ۰/۹۱ میلیمتر، ۲۰/۱۲ میکرون، ۱۰/۴۳ میکرون و ۵/۳ میکرون به‌ترتیب برای طول الیاف، قطر الیاف، قطرحفره سلولی و ضخامت دیواره گزارش کرده‌اند، که با مقادیر یاد شده بالا مطابقت دارد. مقادیر ابعاد الیاف ساقه ذرت دانه‌ای اندازه‌گیری شده مشابه ابعاد الیاف سایر گیاهان یک ساله بوده و از الیاف ساقه نیشکر کوتاهتر ولی برابر الیاف کاه و کلش برنج است.

ترکیب شیمیائی: به طور متوسط میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر ساقه ذرت دانه‌ای به ترتیب ۴۹/۶، ۲۱/۸۷، ۲/۵۳ و ۴/۸۷ درصد اندازه‌گیری شد. لتیباری و همکاران (۱۳۷۵) میزان سلولز، لیگنین، خاکستر ساقه ذرت دانه‌ای منطقه کرج را به ترتیب ۴۴/۶۶، ۲۱/۲۴ و ۵/۵ اندازه‌گیری کردند. مشاهده می‌شود که میزان سلولز ساقه ذرت منطقه کرج از میزان سلولز ساقه ذرت مورد بررسی کمی کمتر و خاکستر آن کمی بیشتر است که شاید دلیل آن رقم ساقه ذرت و یا منطقه باشد. میزان سلولز ساقه ذرت مشابه میزان سلولز گیاهان یک ساله و حتی چوب است ولی میزان لیگنین آن زیادتر از اغلب گیاهان یک ساله است. مقدار خاکستر ساقه ذرت از خاکستر کلش برنج و باگاس نیشکر کمتر است.

خمیر کاغذ: با افزایش زمان پخت، بازده خمیر کاغذها در هر دو روش CMP و APMP کاهش یافته که این اختلاف کاهش بازده خمیر کاغذها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. علت کاهش بازده بر اثر افزایش زمان پخت، انحلال لیگنین بیشتر است. همچنین افزایش میزان هیدروکسیدسدیم از ۵ درصد به ۱۰ درصد نیز باعث کاهش بازده خمیر کاغذها شد که علت آن انحلال مقداری از لیگنین و کربوهیدراتها تحت تاثیر قلیا است. روش پخت نیز باعث اختلاف میزان بازده خمیر کاغذها شد که این اختلاف در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. در روش APMP پس از پخت در مرحله اول، خمیر کاغذها پالایش مقدماتی شدند. جداسازی الیاف و افزایش سطح آنها در مرحله دوم باعث نفوذ بیشتر مایع پخت به داخل الیاف و در نتیجه کاهش بازده خمیر کاغذهای APMP نسبت به CMP شده است (در مرحله دوم پخت ۳ درصد H_2O_2 به مایع پخت اضافه شد).

مقاومت در برابرترکیدن: با تغییر روش پخت اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین کاغذهای CMP و APMP مشاهده شد. میانگین مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای CMP و APMP به‌ترتیب ۱۰/۲۰۴ و ۱/۲۳۰ $Kpam^2/gr$ اندازه‌گیری شد.جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۵) مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذ سودا و کرافت ساقه ذرت را به ترتیب ۴/۶۲ و ۴/۹۵ $Kpam^2/gr$ بدست آوردند که از مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای CMP و APMP ساقه ذرت به دلیل خروج بیشتر لیگنین و اتصال بهتر بین الیاف بیشتر شده است.

مقاومت در برابر پاره شدن: مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای APMP ۴/۹۳۲ mNm^2/gr و مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای CMP بطور متوسط ۴/۱۶۶ mNm^2/gr و اختلاف آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار است.جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۵) مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای سودا و کرافت ساقه ذرت را به ترتیب ۵/۴۷ و ۵/۴۵ mNm^2/gr بدست آوردند. مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذهای شیمیائی سودا و کرافت ساقه ذرت به دلیل خروج بیشتر لیگنین و اتصال بهتر بین الیاف نسبت به خمیر کاغذهای CMP و APMP بیشتر شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

طول پاره شدن: طول پاره شدن خمیر کاغذهای ساقه ذرت CMP برابر ٤/٠١٨ کیلومتر و APMP برابر ٤/١٤٤ کیلومتر اندازه‌گیری شد لتیباری و همکاران (۱۳۷۵)، طول پاره شدن خمیر کاغذ ساقه ذرت به روش سودا و کرافت منطقه کرج را به‌ترتیب ٦/٨٩ و ٨/٥٨ کیلومتر بدست آوردند که از مقادیر بدست آمده در این بررسی بیشتر است. در فرآیند سودا و کرافت انحلال لیگنین نسبت به روش CMP و APMP بیشتر بود و در نتیجه باعث بهبود اتصال بین الیاف می‌شود.

ماتی: در روش APMP ماتی، کاغذها در مقایسه با روش CMP بیشتر بود، که علت آن می‌تواند خصوصیات الیاف از جمله ریزی الیاف یا افزایش سطح کلی الیاف و در نتیجه تفرق نور باشد.

درجه روشنی: درجه روشنی خمیر کاغذهای APMP در مقایسه با خمیر کاغذهای CMP به دلیل استفاده از H_2O_2 و در نتیجه رنگبری خمیر کاغذها از طریق گروههای رنگساز افزایش یافته است. به طور کلی این تحقیق نشان داد که با توجه به محدودیت منابع لیگنوسلولزی چوبی از ساقه ذرت دانه‌ای که در سطح وسیعی در کشور کاشته می‌شود می‌توان به عنوان یک ماده لیگنوسلولزی ارزان قیمت در صنعت کاغذسازی استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

آمار نامه کشاورزی ، جلد اول،محصولات زراعی و باغی، سال زراعی ۸۳-۱۳۸۲

جهان لتیباری، ا. ، فخریان ،ع.، سپیده دم ، ج.، علی اکبر پور، م. ۱۳۷۵، بررسی ویژگیهای کاغذ ساقه ذرت دانه‌ای ، پژوهش و سازندگی ، ش۳۲/پ۷۵

کاغذ و مواد چند سازه از منابع زراعی ، ترجمه دکتر مهدی فائزی پور مهندس علیرضا کبورانی دکتر پارسا پژوه، ۱۳۸۱. و یرایش ر. رول ر. یانگ ج. رول ، انتشارات دانشگاه تهران ۲۵۳۹

Atchison ,J.,1987., pulp and paper manufacture volume 3, chapter 11,Mac Grow hill

Kalder , A.F., Kenaf, an alternate fiber for the pulp and paper industries in developing and developed countries , TAPPI, 75(10), 141, 1992

Roger, M.Rowell, united states department of agriculture, forest service, forest products laboratory, one Gifford pinchot drive ,Madison, W 153705

TAPPI test method , 2000-2001 , TAPPI press

Usta, M., Kirci, A.,and Eroglu,H.,1991. soda oxygen pulping of Corn stalk, non-wood plant fiber pulping,prog.rept.No 20, TAPPI press Atlanta, 25, 1991

Archive of SID

www.SID.ir

Investigation on CMP and APMP Pulping of Corn Stalks

Fakhryan, A.[1], Golbabaei,F. [1], Hosseinkhani,H. [1] and Salehi,K. [1]

1-MSc., Wood and Forest products division, Research Institute of Forests and Rangelands fakhryan@yahoo.com

Abstract:

CMP and APMP pulping characteristics of corn stalk were investigated. Chemical composition of corn stalks including cellulose, lignin, extractives soluble in alcohol-actone and ash content were measured at %49.67, %21.88 , %2.53 and %4.087 respectively. Fiber length , diameter ,lumen and cell wall thickness were measured at 0.936 mm,18.463 um,11.59 um, and 3.48 um respectively. CMP and APMP pulps were prepared using two pulping temperatures of 90-95 C, cooking times of 20,30,40 and 60 minutes, and NaOH charge at 5 and 10 percent based on oven dry weight of corn stalks. Liquor to corn stalk ratio was constant at 8/1. %3 H2O2 (based on oven dry weight of corn stalks) was used in APMP pulping. The highest CMP yield was obtained with 20 minutes pulping time and this pulp as well as two pulps obtained in 30 and 40 minutes are in group A. The yield of APMP pulp produced with 20 minutes pulping time (pulp yield of %71.1) is in group A and the pulps produced with 30 ,40 and 60 minutes pulping times with average yields at % 70.27, %68.82 and %66.74 are in B,C and D groups respectively. The burst strength of hand sheets produced from these pulps varied between 1.02-1.23 kPa. m²/gr , tear strength between 4.166-4.392 mNm²/gr and breaking length between 4.018- 4.144 Km. This investigation showed that due to limited availabilities of wood, corn stalks can be considered as a potential raw material for pulping development in IRAN.

Key words: APMP, CMP, pulping, corn stalk, yield, strength properties

Archive of SID

www.SID.ir