فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۸، شمارهٔ ٤، صفحهٔ ٦٩٩-٦٨٥، (۱۳۹۲)

بررسی خصوصیات خمیرکاغذ و کاغذ کرافت کاج رادیاتا

عباس فخریان

- کارشناس‌ارشد، عضو هیئت‌علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران
پست‌الکترونیک: fakhryan@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

چکیده

در این بررسی خصوصیات خمیرکاغذ و کاغذسازی از چوب کاج رادیاتا تهیه شده از ایستگاه تحقیقات چمستان نور، استان مازندران مورد بررسی قرار گرفت. جرم ویژه نسبی خشک و بحرانی این چوب به‌ترتیب ۰/۳٤۲ و ۰/۳۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، طول، قطر، قطر حفرهٔ سلولی و ضخامت دیوارهٔ سلولی تراکئیدهای آن به‌ترتیب ۲/٤٦ میلی‌متر، ٤۰/۳۵، ۳۳/۱۷ و ۳/۵۹ میکرون و میانگین مقدار هولوسلولز، آلفا سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی آن به‌ترتیب ۷۲/۰۷٪، ٤۳/٤۱٪، ۲۹/۹۵٪، ۰/۵٪ و ۱/۷۵٪ اندازه‌گیری شد. برای پخت این چوب فرایند خمیرسازی کرافت (سولفات) مورد استفاده قرار گرفت. برای مقایسه ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی از میانگین و انحراف از معیار، بازده خمیرکاغذها از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی، ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از جدول تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. بازده خمیرکاغذها بین حداقل ٤۰/۳۳٪ و حداکثر ۵۰/۳٤٪ و عددکاپای آنها بین ۳۳/۸۹ تا ٦۰/۲۲ اندازه‌گیری شد. مقاومت کاغذهای دست‌ساز خمیر کاغذ چوب رادیاتا شامل شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن و طول پاره‌شدن، به‌دلیل بلندبودن الیاف این خمیرکاغذها زیاد و قابل توجه بوده و امکان جایگزینی آنها به جای خمیرکاغذ الیاف بلند وارداتی (به‌منظور افزایش مقاومت‌های خمیرکاغذ الیاف کوتاه پهن‌برگان) را فراهم نمود.

واژه‌های کلیدی: کاج رادیاتا، کرافت، بازده خمیرکاغذ، عددکاپا، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن.

مقدمه

در میان عوامل مهم و مؤثر بر خصوصیات کاغذ می‌توان از نوع چوب، فرایند تهیه خمیرکاغذ، پالایش خمیرکاغذ و مواد افزودنی یاد کرد. چوب‌های مختلف از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلف تأثیر متفاوتی بر کیفیت خمیرکاغذ و کاغذ تهیه‌شده دارند. به‌عنوان‌مثال کاغذهای تهیه شده از سوزنی‌برگان با الیاف بلندتر نسبت به پهن‌برگان مقاومت بیشتری دارند.

Lewis و همکارش (۲۰۰۳)، در مقایسهٔ خمیر کاغذ سوزنی‌برگان و اکالیپتوس‌ها و رنگبری آنها اظهار می‌دارند

Archive of SID

www.SID.ir

که شیمی و مورفولوژی الیاف خمیر کاغذ سوزنی‌برگان و اکالیپتوس‌ها دارای اختلاف معنی‌داری است و از الیاف آنها برای ساخت انواع فراورده‌های کاغذی در صنعت استفاده می‌شود. آنها بازده (کل) و عدد کاپای اکالیپتوس‌ها در قلیائیت مؤثر ۱۲ تا ١٤ درصد (بر مبنای Na_2O) را بین ٥٤-٥٠ درصد و ١٨-١٦ و بازده (کل) و عدد کاپای سوزنی‌برگان در قلیائیت مؤثر ١٩-١٦ درصد (بر مبنای Na_2O) را بین ٤٨-٤٤ درصد و ٢٨-٢٤ گزارش کردند.

Anon (١٩٦٢)، وزن مخصوص کاج رادیاتای دست‌کاشت کشور کنیا را بین ٠/٣٦ – ٠/٢٨ گرم بر سانتی‌متر مکعب، طول الیاف آن را بین ٢/٢٤-٢/١٥ میلی‌متر، قطر سلول را بین ٤٨ – ٤٢ میکرون و ضخامت دیوارهٔ سلولی را بین ٤/٦ – ٤/٢ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد. در پخت نیمه‌شیمیایی کرافت (Semi Kraft)، بازده کل (قبل از غربال) خمیرکاغذ ٦٢/٦٪ و شاخص‌های مقاومت کششی، ترکیدن و پاره‌شدن خمیرکاغذها در میزان پالایش ٤٩٠ میلی‌لیتر (CSF) به‌ترتیب ٥٠/٤ N m/g، KPa m^2/g ٣/٦ و ٨ mNm^2/g بدست آمد.

Uprichard (١٩٧٣) وزن مخصوص چوب کاج رادیاتای کشور نیوزیلند را ٠/٣٧ گرم بر سانتی‌متر مکعب و طول الیاف آن را بین ٣/٩ -٢/١ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد. در پخت کرافت بازده خمیرکاغذهای این چوب ٤٧/٨٪ و عددکاپای آنها ٣٠ به‌دست آمد. در درجه‌روانی ٦٢٥ میلی‌لیتر (CSF) شاخص مقاومت کششی، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن و شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذها به‌ترتیب ٨٩ Nm/g، ٧/٤ KPa m^2/g و ١٤/٣ mNm^2/g به‌دست آمد.

Cromer و همکاران (١٩٧٧) بازده (قبل از غربال) و عدد کاپای خمیر کاغذ از چوب کاج رادیاتا در درجه حرارت پخته شده ١٧٧ درجه سانتی‌گراد، ١٣ تا ١٥ درصد قلیاییت مؤثر و سولفیدیته ٢٢٪ را به‌ترتیب ٥٠٪ و ٣٥ گزارش نمودند.

گلبابایی (١٣٧٦) میانگین طول، قطر، قطر حفرهٔ سلولی و ضخامت دیوارهٔ الیاف چوب کاج الداریکا را به‌ترتیب ٣/٣٧ میلی‌متر، ٥١/٥٧، ٣٧/٢١ و ٦/٧٢ میکرون اندازه‌گیری کرد. وی اظهار می‌دارد که با تغییر دو عامل ارتفاع در درخت و فاصله از مغز، طول الیاف افزایش یافته و ضخامت دیواره نیز با افزایش ارتفاع درخت افزایش، ولی با افزایش فاصله از مغز کاهش می‌یابد. جرم مخصوص خشک و بحرانی این درخت به‌ترتیب ٠/٣٨٣،٠/٣٩٦ و میزان سلولز آن برابر ٥٢/٠٤٪، لیگنین ٢٤/٩٥٪، مواد استخراجی ٦/٩٣٪ و خاکستر ٤٨/.٪ اندازه‌گیری شد.

Tyrvainen (١٩٩٥) ابعاد الیاف، درصد جوان چوب و بعضی از عناصر چوب‌درون که نفوذپذیری آنها کم است و همچنین تغییرات این عوامل در خمیرکاغذ حرارتی مکانیکی چوب درخت نوئل Picea abies را مورد بررسی قرار داده است. نامبرده سه گروه چوب شامل چوب‌های حاصل از برش جست‌ها، اولین برش چوب‌های کم قطر و خرده‌چوب‌های حاصل از کارخانه چوب‌بری را مورد استفاده قرار داد. خمیرکاغذ روزنامه حرارتی مکانیکی (TMP) حاصل از خرده‌چوب کارخانه چوب‌بری بیشترین میزان الیاف بلند، کمترین نرمه (خرده الیاف) و به‌طور کلی زبرترین و بلندترین الیاف را داشت، ولی در میزان انرژی مصرفی هیچ‌گونه اختلافی دیده نشد. اندیس مقاومت در برابر پاره‌شدن خمیرکاغذهای TMP حاصل از خرده چوب‌های کارخانه چوب‌بری به‌وضوح بیشترین و در خمیر کاغذ حاصل از اولین برش چوب‌های کم قطر

Archive of SID

www.SID.ir

کمترین مقدار را داشت و خصوصیات مقاومتی آنها کم بود. ویژگی‌های نوری خمیرکاغذ TMP حاصل از اولین برش چوب‌های کم‌قطر خیلی خوب بود، بنابراین پیشنهاد کرده که برای به‌حداقل رساندن تغییرات کیفی لازم است که این سه خمیرکاغذ به طور جداگانه تهیه شوند.

Hunt-k (۱۹۹۵) میزان رطوبت، وزن مخصوص و درصد مواد استخراجی چوب ٦ درخت سوزنی‌برگ کم-قطر تجارتی شامل *Pinus mariana, Picea glauca, Picea abies, Pinus banksiana, Pinus rubens,* و *Larix laricina* را اندازه‌گیری و مقایسه کرده است. وزن مخصوص این درختان ٢٦-١٧ سالهٔ دست‌کاشت، نسبت به درختان معمولی مشابه که از چوب بالغ (کامل چوب) بیشتری برخوردار بودند، کمتر بود. میزان مواد استخراجی محلول در سود سوزآور ١٪ این درختان برابر و یا کمتر از درختان دارای چوب کامل بیشتر بود. میزان لیگنین کلاسون این درختان بین ٢٨/٥ -٢٧/٢ درصد قرار داشت. Claudio Muñoz (٢٠٠٧) و همکارانش خرده چوب‌های (چیپس)، چوب کاج رادیاتا و آکاسیا دلباتا (*Acacia dealbata*) را در حرارت ٢٧ درجهٔ سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ٥٥٪ تحت تأثیر دو قارچ *white-rot fungi Ceriporiopsis subvermispora* و *Ganoderma austral* قرار دادند. بعد از ٣٠ روز، لیگنین‌زدایی نمونه-های تیمارشده با روش ارگانوسالو در زمان پخت ١ ساعت، درجهٔ حرارت پخت ٢٠٠ درجهٔ سانتی‌گراد و مایع پخت دارای ٦٠٪ اتانول به‌منظور تولید خمیرکاغذ با سلولز زیاد و لیگنین کم انجام شد. آنها بازده خمیر کاغذهای کاج رادیاتا را بین ٤٥ تا ٤٩ درصد و بازده خمیر کاغذهای آکاسیا دلباتا را بین ٣١ تا ٥١ درصد اندازه‌گیری کردند.

وزیری و همکارانش (١٣٨٨) در پژوهشی تأثیر ارتفاع بر مشخصات الیاف، ترکیبات شیمیایی و بازده خمیرکاغذ کرافت چوب کاج بروسیای منطقهٔ کلاله گرگان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که برای کاج بروسیا بین سه حد ارتفاعی ٤٥٠، ٧٥٠ و ٩٦٠ متر از سطح دریا به‌لحاظ مشخصات الیاف چوب آغاز و چوب پایان در سطح اعتماد آماری ٥ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. به‌طوری‌که ارتفاع ٧٥٠ و ٩٦٠ متر از سطح دریا به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارا بودند و به‌لحاظ ترکیبات شیمیایی، کاج بروسیا با ارتفاع ٧٥٠ متر از سطح دریا به‌طور معنی‌داری در سطح اعتماد آماری ٥ درصد دارای سلولز بیشتری بوده و کاج بروسیا در ارتفاع ٩٦٠ متر از سطح دریا به‌طور معنی‌داری در سطح اعتماد آماری ٥ درصد دارای لیگنین و مواد استخراجی بیشتری بوده ولی برای خاکستر بین سه حد ارتفاعی اختلافی مشاهده نشد. خمیرکاغذ حاصل از کاج بروسیا واقع در ارتفاع ٩٦٠ متر از سطح دریا به‌دلیل داشتن عدد کاپای کمتر برای تولید خمیر قابل رنگبری و مقاوم‌تر مناسب‌تر است، ولی به‌شرط این که پالایش مناسبی بر روی الیاف اعمال گردد. خمیرکاغذ حاصل از کاج بروسیا واقع در ارتفاع ٧٥٠ متر از سطح دریا را به‌دلیل بازده زیادتر می‌توان برای تهیه محصولات کاغذی در طیف گسترده از قبیل کارتن، کرافت‌لاینر و کاغذهای بسته‌بندی مورد استفاده قرار داد.

در صنایع کاغذسازی برای شکل‌پذیری بهتر و تأمین مقاومت کاغذ، از مخلوط الیاف سوزنی‌برگان و پهن‌برگان استفاده می‌شود. سالیانه مبلغ هنگفتی ارز به‌منظور تأمین خمیر کاغذ الیاف بلند از کشور خارج می‌شود. کاج رادیاتا از درختان سریع‌الرشد است که در طرح‌های سازگاری در شمال کشور موفقیت‌آمیز نشان داده است. این تحقیق با

Archive of SID

www.SID.ir

فرض بر امکان ساخت خمیر کاغذ الیاف بلند از چوب کاج رادیاتای منطقهٔ شمال کشور و امکان مقایسهٔ آن با خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی و با هدف اندازه‌گیری ویژگی‌های آناتومیکی، فیزیکی، شیمیایی، خصوصیات خمیرکاغذ و همچنین اندازه‌گیری مقاومت‌های کاغذهای دست‌ساز چوب کاج رادیاتای به‌منظور مقایسه و امکان جایگزینی خمیر کاغذ این گونه با خمیرکاغذ الیاف بلند وارداتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری

دو درخت کاج رادیاتا از ایستگاه تحقیقاتی چمستان نور واقع در استان مازندران قطع شدند. درختان در زمان قطع ۲۱ ساله بودند و قطر برابر سینه آنها بین ۲۱-۱۸ سانتی‌متر و ارتفاع آنها بین ۱۸- ۱۳ متر اندازه‌گیری شد.

تهیه نمونه برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، آناتومیکی، شیمیایی و تهیه خرده چوب

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، نمونه‌های مکعبی شکل به ابعاد ۲ سانتی‌متر از قسمت‌های مختلف چوب تنه این دو درخت تهیه شد و از بین آنها ۲۰ مکعب (نمونه) به‌طور تصادفی انتخاب شدند. پس از اشباع کردن این نمونه‌ها در آب و تعیین حجم اشباع (چوب کاملاً واکشیده شده)، حجم خشک و وزن خشک، جرم ویژه خشک و بحرانی نمونه‌ها تعیین شد. برای تهیه خرده چوب از یک خردکن آزمایشگاهی استفاده شد.

جداسازی الیاف با استفاده از روش فرانکلین (۱۹۵٤) انجام گردید. برای انجام آزمایش‌های شیمیایی چوب از دستورالعمل‌های زیر استفاده شد.

تهیه آرد چوب	آیین‌نامه شماره ۰۲- T ۲۵۷ cm استاندارد TAPPI
تهیه آرد چوب عاری از مواد استخراجی	آیین‌نامه شماره ۹۷- T ۲٦٤ cm استاندارد TAPPI
خاکستر	آیین‌نامه شماره ۰۲- T ۲۱۱ om استاندارد TAPPI
لیگنین	آیین‌نامه شماره ۰۲- T ۲۲۲ om استاندارد TAPPI
مواد استخراجی	آیین‌نامه شماره ۹۷- T ۲۰٤ cm استاندارد TAPPI
آلفا سلولز و هولوسلولز به نقل از	Rowell(2005)

تهیه خمیر کاغذ

برای پخت و تهیه خمیرکاغذ از چوب کاج رادیاتا، فرایند کرافت (سولفات) مورد استفاده قرار گرفت. پس از انجام پخت‌های آزمایشی، عوامل ثابت و متغیر پخت‌های اصلی بشرح زیر در نظر گرفته شد.

Archive of SID

www.SID.ir

زمان پخت (دقیقه)	۳۰-٦۰-۹۰
درجهٔ حرارت پخت	۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد
قلیائیت مؤثر (مبناء Na_2O)	٪۱٤ -٪۱٦- ٪۱۸
سولفیدیته (مبناء Na_2O)	٪۲۵
نسبت L/W	۵ به ۱

پس از پایان زمان پخت، جداسازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام شد و بعد خمیر کاغذها با استفاده از الک ۲۰۰ مش شستشو داده شدند. برای جداسازی الیاف پخته‌نشده (وازده) از الک ۱۸ مش استفاده شد. هر پخت با سه تکرار انجام گردید و پس از هر بار پخت، میزان بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها اندازه‌گیری شد. از بین خمیرکاغذهای پخته‌شده در زمان پخت ٦۰ و ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱٦٪، پس از پالایش و رساندن درجه‌روانی آنها به ۳۵۰ میلی‌لیتر (CSF)، کاغذ دست‌ساز تهیه شد. پالایش خمیرکاغذها و اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز مطابق با دستورالعمل‌های زیر انجام شد:

پالایش خمیرکاغذ	آیین‌نامه شماره ۰۰- T ۲٤۸ sp استاندارد TAPPI
ساخت کاغذ دست‌ساز	آیین‌نامه شماره ۰۲- T ۲۰۵ sp استاندارد TAPPI
مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذ	آیین‌نامه شماره ۰٤- T ٤۱٤ om استاندارد TAPPI
مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ	آیین‌نامه شماره ۰۲- T ٤۰۳ om استاندارد TAPPI
طول پاره‌شدن کاغذ	آیین‌نامه شماره ۸۸- T ٤۹۸ om استاندارد TAPPI

برای مقایسهٔ ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی از میانگین و انحراف از معیار، و بازده خمیرکاغذها از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز از جدول تجزیه واریانس یک طرفه و جهت گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شده است.

نتایج

در جدول ۱ نتایج حاصل از میانگین مقادیر جرم ویژه خشک و بحرانی چوب کاج رادیاتا آورده شده‌است. جرم ویژه خشک و بحرانی این درخت به‌ترتیب ۰/۳٤۲ و ۰/۳۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. متوسط طول تراکئیدها، قطر تراکئیدها، قطر حفرهٔ سلولی و ضخامت دیوارهٔ سلولی حاصل از ٦۰ تراکئید قسمت‌های مختلف تنهٔ درخت کاج رادیاتا به‌ترتیب ۲/٤٦ میلی‌متر، ٤۰/۳۵ میکرون، ۳۳/۱۷، میکرون و ۳/۵۹ میکرون اندازه‌گیری شد که نتایج حاصل از آنها در جدول ۲ خلاصه شده‌است. میانگین ضرایب کاغذ چوب این درخت شامل ضریب درهم‌رفتگی، ضریب نرمش و ضریب مقاومت در برابر پارگی به‌ترتیب ٦۰/۹۷، ۸۲/۲۱ و ۲۱/٦۵ به‌دست آمد (جدول ۲). در جدول ۳ نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی شامل آلفا سلولز، هولوسلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر آن آورده شده است که به‌ترتیب و به‌طور متوسط ٤۳/٤۱٪،

Archive of SID

www.SID.ir

۷۲/۰۷٪، ۲۹/۹۵٪، ۰/۵٪ و ۱/۷۵٪ اندازه‌گیری شد. در جدول ٤ نتایج حاصل از اندازه‌گیری بازده و عدد کاپای خمیرکاغذهای حاصل از پخت چوب کاج رادیاتا خلاصه شده است. بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ١٤٪ به‌طور متوسط به‌ترتیب ٥٠/٣٤٪ و ٦٠/٠٢ و بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۸٪ به‌طور متوسط به‌ترتیب ٤٢/٧٤٪ و ۳۳/٦۱ اندازه‌گیری شد (جدول ٤). نتایج تجزیه و تحلیل بازده خمیرکاغذها نشان که با افزایش میزان قلیائیت مؤثر اختلاف بازده خمیرکاغذهای کاج رادیاتا در سطح ۱٪ معنی‌دار شده‌است. بازده خمیرکاغذ تهیه‌شده در قلیائیت مؤثر ١٤٪ با ٤٩/٣٩٪ در گروه A قرار گرفت. خمیرکاغذهای تهیه‌شده در قلیائیت مؤثر ١٦٪ و ۱۸٪ به‌ترتیب با بازده‌های ٤٤/٢٥٪ و ٤٢/٧٨٪ در گروه‌های B و C قرار گرفتند. در جدول ٥ گروه‌بندی بازده و عددکاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر تغییرات قلیائیت مؤثر نشان داده شده است. با افزایش زمان پخت بازده خمیرکاغذها کاهش یافت که این اختلاف کاهش بازده آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. بازده خمیرکاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۳۰، ٦۰ و ۹۰ دقیقه به‌ترتیب با ٤٧/٨٨٪، ٤٤/٩٨٪ و ٤٣/٥٦٪ به‌ترتیب در گروه‌های A، B و C قرار گرفتند. در جدول ٦ گروه‌بندی بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر تغییرات زمان پخت نشان داده شده‌است، بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر متقابل تغییرات زمان پخت و قلیائیت مؤثر در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. به‌طوری‌که بیشترین بازده خمیرکاغذها در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ١٤٪ با ٥٠/٧٣٪ و کمترین بازده در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۸٪ با ٤٠/٣٣٪ به‌دست آمد که به‌ترتیب در گروه‌های A و F قرارگرفتند. در جدول ۷ گروه‌بندی بازده خمیرکاغذها تحت تأثیر متقابل تغییرات زمان پخت و قلیائیت مؤثر نشان داده شده است. در شکل ۱ کاهش بازده و عددکاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر قلیائیت مؤثر و در شکل ۲ تغییرات میزان بازده و عددکاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر زمان‌های پخت نشان داده شده است. نتایج تجزیه و تحلیل عددکاپای خمیر کاغذها نشان می‌دهد که افزایش قلیائیت مؤثر باعث کاهش عددکاپای خمیرکاغذها شد که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. عددکاپای خمیرکاغذهای تهیه شده در قلیائیت مؤثر ١٤، ١٦ و ۱۸٪ به‌ترتیب با مقادیر ٥١/٠٩، ٤٠/٠٧ و ٣٧/٨٤ در گروه‌های A، B و C قرار می‌گیرند (جدول ٥). افزایش مدت زمان پخت و اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نیز بر عددکاپای خمیرکاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌داری شد. به‌طوری‌که بیشترین عددکاپا با میانگین ٤٨/٨٢ در زمان پخت ۳۰ دقیقه به‌دست آمد و در گروه A قرار گرفت و پس از آن خمیرکاغذهای پخته‌شده در زمان پخت ٦۰ و ۹۰ دقیقه به‌ترتیب با عددکاپای ٤٠/٠٤ و ٤٠/١٣ قرار دارند که هر دو عددکاپا در گروه B قرار گرفته‌اند (جدول ٦). در جدول ۷ گروه‌بندی بازده و عددکاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نشان داده شده است. نتایج مربوط به اندازه‌گیری مقاومت در برابر ترکیدن، مقاومت در برابر پاره‌شدن و طول پاره‌شدن کاغذهای دست‌ساز در جدول ۸ آورده شده است. نتایج نشان داد که با افزایش زمان پخت، مقاومت در برابر ترکیدن **و مقاومت در برابر پاره‌شدن** کاغذهای دست‌ساز افزایش یافت که اختلاف آنها در سطح ٥٪ معنی‌دار شد ولی در تغییر **طول**

Archive of SID

www.SID.ir

پاره‌شدن کاغذهای دست‌ساز بر اثر افزایش زمان پخت در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها در زمان پخت ٦۰ دقیقه ٤/۹۰KPam^2/g و در زمان پخت ۹۰ دقیقه KPam^2/g ۵/۱٤ بود. مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذها در زمان پخت ۱ ساعت به‌طور متوسط ۷/۵۸ mNm^2/g و در زمان پخت ۹۰ دقیقه ۷/۷۷ mNm^2/g و طول پاره‌شدن کاغذها در زمان پخت ۱ ساعت به‌طور متوسط ۸/۰۹ کیلومتر و در زمان پخت ۹۰ دقیقه ۸/۱ کیلومتر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب کاج رادیاتا

فاکتور اندازه‌گیری شده	میانگین	انحراف از معیار (نمونه)
جرم ویژه خشک (g/cm^3)	۰/۳٤۲	۰/۰۱۵
جرم ویژه بحرانی (g/cm^3)	۰/۳۰۸	۰/۰۱٤

جدول ۲- ابعاد الیاف و ضریب کاغذسازی چوب کاج رادیاتا

ویژگی / نتایج	میانگین	انحراف از معیار
طول فیبر (میلی‌متر) L	۲/٤٦	۰/٤۷۹
قطر فیبر (میکرون) d	٤۰/۳۵	۵/٦۹٤
قطر حفرهٔ سلولی (میکرون) c	۳۳/۱۷	۵/۲۱٦
ضخامت دیوارهٔ سلولی (میکرون) P	۳/۵۹	۱/۱۸۷
ضریب درهم‌رفتگی (L/d*۱۰۰۰)	٦۰/۹۷	–
ضریب نرمش (c/d*۱۰۰)	۸۲/۲۱	–
ضریب مقاومت به پارگی (۲p/c*۱۰۰)	۲۱/٦۵	–

جدول ۳- ترکیب شیمیایی چوب درخت کاج رادیاتا

فاکتور اندازه‌گیری شده	تکرار					میانگین	انحراف از معیار (نمونه)
	۱	۲	۳	٤	۵		
آلفا سلولز (درصد)	٤٤/۲۱	٤۲/۸۹	٤۳/٤۰	٤۳/۵۸	٤۲/۹۵	٤۳/٤۱	۰/۵٤
هلوسلولز (درصد)	۷۳/۱۱	۷۰/۲۵	۷۱/٦۸	۷۲/٤٤	۷۲/۸۸	۷۲/۰۷	۱/۱٦
لیگنین (درصد)	۲٤/٤۷	۲۵/٤۷	۲٤/٦۸	۲۵/۲۵	۲٤/۹۰	۲٤/۹۵	۰/۳٦
مواد استخراجی (درصد)	۱/۸۰	۱/٦۹	۱/۷٦	۱/۷۲	۱/۷۷	۱/۷۵	۰/۰٤
خاکستر (درصد)	۰/٤۹	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/٤۸	۰/۵۰	۰/۰۱

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- نتایج بازده و عددکاپای خمیرکاغذهای چوب کاج رادیاتا

قلیائیت مؤثر ٪	زمان پخت (دقیقه)	بازده			عددکاپا		
		تکرار			تکرار		
		۱	۲	۳	۳	۲	۳
١٤		٥١/٠٧	٤٩/٢٣	٥٠/٧٣	٥٨/٠٢	٦١/٨١	٦٠/٢٢
١٦	٣٠	٤٦/٨٢	٤٧/٢٩	٤٦/٩٣	٤٩/١٠	٤٧/٢٨	٤٨/١٨
١٨		٤٦/٤٢	٤٦/١٦	٤٦/٢٧	٣٧/١٢	٣٩/١٦	٣٨/٥٣
١٤		٥٠/٤٨	٤٩/٩٢	٥٠/٢٣	٤٨/١٩	٤٧/١٤	٤٦/٧٢
١٦	٦٠	٤٣/١٩	٤٢/٥٤	٤٣/٢٧	٣٧/٩٤	٣٨/١٤	٣٩/١٢
١٨		٤٢/٠٣	٤١/٧٦	٤١/٣٧	٣٥/١٧	٣٤/٩٢	٣٣/٨٩
١٤		٤٨/٠١	٤٧/٨٣	٤٦/٩٨	٤٥/٩٧	٤٦/٨٣	٤٤/٩٣
١٦	٩٠	٤٢/٨٩	٤٢/٥٤	٤٢/٧٨	٣٣/٧٢	٣٢/٩٨	٣٤/١٣
١٨		٤٠/٧٦	٤٠/٢١	٤٠/٠٢	٤١/٣٠	٤٠/٥٢	٤٠/٨٣

جدول ٥- گروه‌بندی میانگین بازده و عددکاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر قلیائیت مؤثر

قلیائیت مؤثر (درصد)	بازده (درصد)	عدد کاپا	گروه‌بندی	
			بازده	عدد کاپا
١٤	٤٩/٣٩	٥١/٠٩	A	A
١٦	٤٤/٢٥	٤٠/٠٧	B	B
١٨	٤٢/٧٨	٣٧/٨٤	C	C

جدول ٦- گروه‌بندی میانگین بازده و عددکاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر زمان پخت

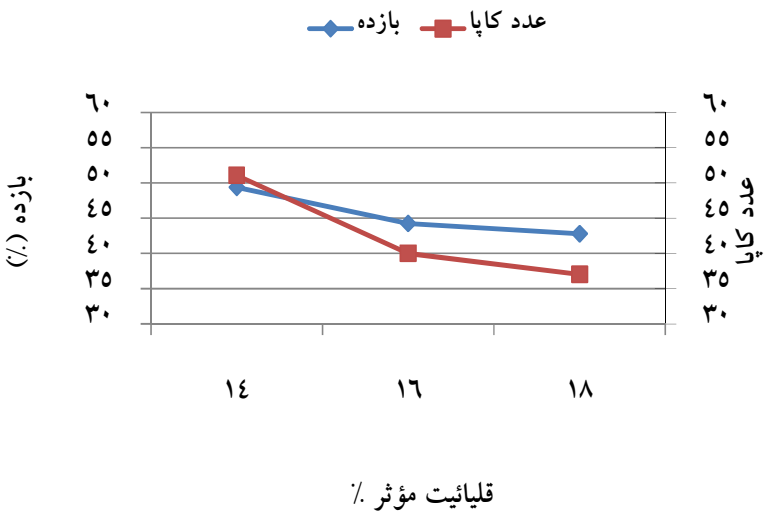
مدت زمان پخت (دقیقه)	بازده		عدد کاپا	
	میانگین	گروه‌بندی دانکن	میانگین	گروه‌بندی دانکن
٣٠	٤٧/٨٨	A	٤٨/٨٢	A
٦٠	٤٤/٩٨	B	٤٠/٠٤	B
٩٠	٤٣/٥٦	C	٤٠/١٣	B

Archive of SID

www.SID.ir

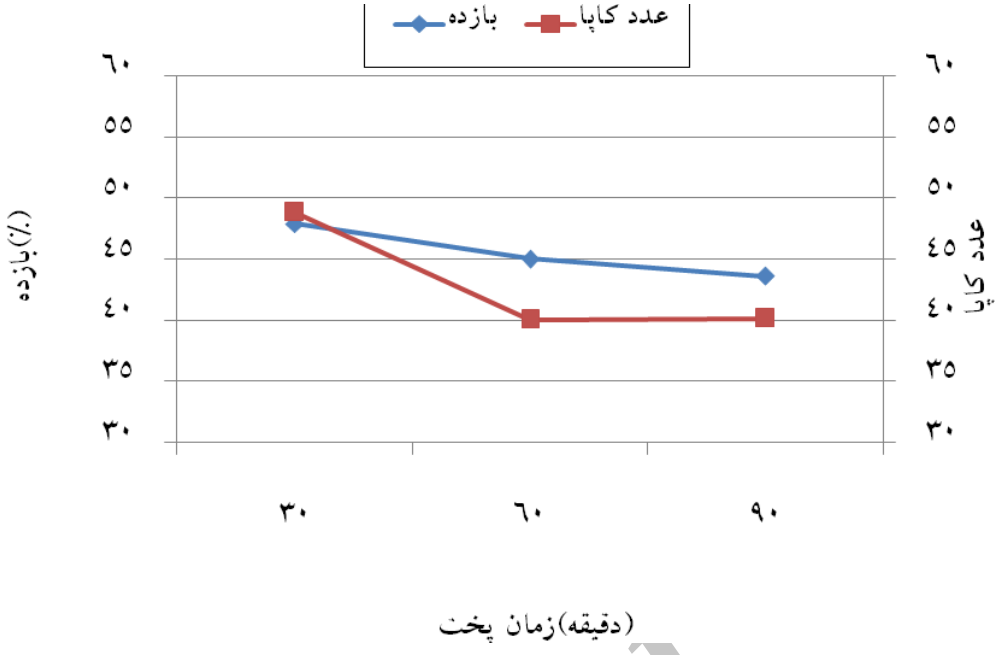
جدول ۷- گروه‌بندی میانگین بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر متقابل زمان پخت و قلیائیت مؤثر

مدت زمان پخت (دقیقه)	قلیائیت مؤثر (درصد)	بازده		عددکاپا	
		میانگین	گروه‌بندی دانکن	میانگین	گروه‌بندی دانکن
	١٤	٥٠/٣٤	A	٦٠/٠٢	A
٣٠	١٦	٤٧/٠١	BC	٤٨/١٩	B
	١٨	٤٦/٢٨	C	٣٨/٢٧	D
	١٤	٥٠/٢١	A	٤٧/٣٥	B
٦٠	١٦	٤٣/٠٠	D	٣٨/٤٠	D
	١٨	٤١/٧٢	E	٣٤/٦٦	E
	١٤	٤٧/٦١	B	٤٥/٩١	B
٩٠	١٦	٤٢/٧٤	DE	٣٣/٦١	E
	١٨	٤٠/٣٣	F	٤٠/٨٨	C



شکل ۱- بازده و عددکاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر قلیائیت مؤثر

www.SID.ir



شکل ۲- بازده و عددکاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر زمان پخت

جدول ۸ - نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذها

زمان پخت (دقیقه)	تکرار	مقاومت در برابر ترکیدن ($KPam^2/g$)	طول پاره‌شدن (Km)	مقاومت در برابر پاره‌شدن (mNm^2/g)
۶۰	۱	۴/۹۸	۷/۷۸	۷/۴۲
	۲	۴/۹۱	۸/۱۷	۷/۵۱
	۳	۴/۵۸	۸/۴۲	۷/۶۹
	۴	۵/۱۸	۷/۹۶	۷/۴۹
	۵	۴/۸۳	۸/۱۲	۷/۷۷
۹۰	۱	۵/۱۴	۸/۱۳	۷/۶۱
	۲	۵/۱۴	۸/۴۹	۷/۸۱
	۳	۵/۰۹	۷/۸۹	۷/۸۱
	۴	۵/۲۱	۸/۴۱	۷/۶۸
	۵	۵/۱۳	۸/۰۴	۷/۹۲

Archive of
www.SID.ir

بحث

جرم ویژه

جرم ویژه خشک و بحرانی این درخت به‌ترتیب ۰/۳٤۲ و ۰/۳۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. فخریان (۱۳۸۲) میانگین جرم ویژه خشک و بحرانی درخت پیسهآ آبیس را به‌ترتیب ۰/۳۳٤ و ۰/۳۰٦ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری کرد. پارسا پژوه (۱۳٦۳) جرم ویژه این درخت را جزء چوب‌های با وزن مخصوص خیلی سبک (D کوچک‌تر یا مساوی ۰/٤) به حساب آورد.

ابعاد الیاف

متوسط طول تراکئیدها، قطر تراکئیدها، قطر حفرهٔ سلولی و ضخامت دیوارهٔ سلولی درخت کاج رادیاتا به‌ترتیب ۲/٤٦ میلی‌متر، ٤۰/۳۵ میکرون، ۳۳/۱۷ میکرون و ۳/۵۹ میکرون اندازه‌گیری شد.

Anon (۱۹٦۲) طول الیاف چوب کاج رادیاتا را ۲۱۵۰ تا ۲۲٤۰ میکرون، قطر الیاف را ٤۲ تا ٤۸ میکرون، قطر حفرهٔ سلولی را ۳۳ تا ٤۰ میکرون و ضخامت دیوارهٔ سلولی را ٤/۲ تا ٤/٦ میکرون اندازه‌گیری کرد. Uprichard و همکاران (۱۹۷۳) طول الیاف کاج رادیاتا را بین ۳۹۰۰ –۲۱۰۰ میکرون گزارش کرده‌اند. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۸۳) میانگین کلی طول، قطر، قطر حفرهٔ سلولی و ضخامت دیوارهٔ سلولی تراکئیدهای کاج تدای منطقهٔ پیلمبرا در استان گیلان را به‌ترتیب برابر ۳/٦۵ میلی‌متر، ۳۸/۹۷، ۲۸/۹٤ و ۵/۰۱ میکرون گزارش کردند. اختلاف در ابعاد الیاف می‌تواند مربوط به رویشگاه، شرایط اقلیمی منطقه و یا سن بهره‌برداری از این درختان باشد.

ضریب کاغذسازی

ضریب کاغذسازی این درخت شامل ضریب درهم‌رفتگی، ضریب نرمش و ضریب مقاومت در برابر پارگی به‌ترتیب ٦۰/۹۷، ۸۲/۲۱ و ۲۱/٦۵ به‌دست آمد. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۸۳)، ضریب درهم‌رفتگی، ضریب نرمش و ضریب رونکل چوب کاج تدای منطقه پیلمبرا در استان گیلان را به‌ترتیب ۹٤/۹٦، ۷۳/٤۸ و ۲٦/٤۷ به‌دست آوردند. ضریب درهم‌رفتگی چوب کاج تدا به‌دلیل داشتن الیاف بلندتر نسبت به ضریب درهم‌رفتگی چوب کاج رادیاتا بیشتر شده است. Datswell (۱۹٦۱) بیان کرد که افزایش طول الیاف و کاهش ضخامت دیوارهٔ سلولی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ خواهد گذاشت.

ترکیب شیمیایی

میانگین مقدار آلفا سلولز، هولوسلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی چوب کاج رادیاتا به‌ترتیب ٤۳/٤۱٪، ۷۲/۰۷٪، ۲۹/۹۵٪، ۰/۵ ٪ و ۱/۷۵٪ اندازه‌گیری شد. فخریان (۱۳۸۲) لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی چوب درخت پیسهآ آبیس را ۵۹/۷٤٪، ۲۸/۹٤٪، ۰/۳٪ و ۱/٤۱٪ اندازه‌گیری کرد؛ البته با مقادیر اندازه‌گیری شده در این تحقیق تقریباً برابر است.

خمیرکاغذ

با افزایش میزان قلیائیت مؤثر اختلاف بازده خمیرکاغذهای کاج رادیاتا در سطح ۱٪ معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بازده خمیرکاغذ تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱٤٪ با ٤۹/۳۹٪ در گروه A قرار گرفت. خمیرکاغذهای تهیه شده در قلیاییت مؤثر ۱٦٪ و ۱۸٪ به‌ترتیب با بازده‌های ٤٤/۲۵٪ و ٤۲/۷۸٪ در گروه‌های B و C قرار گرفتند. دلیل این کاهش

Archive of SID

www.SID.ir

بازده، افزایش غلظت مواد شیمیایی است که با افزایش غلظت یون هیدروکسیل در محیط واکنش سرعت لیگنین-زدایی و تا حدودی تخریب و حل شدن کربوهیدرات‌ها را به‌همراه خواهد داشت. Uprichard (۱۹۷۳) بازده کل خمیر کاغذ چوب کاج رادیاتای کشور نیوزلند را در درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد ۴۷/۸۰٪ و عددکاپای آنرا ۳۰ اندازه‌گیری کرد. بازده‌های اندازه‌گیری شده در این تحقیق مربوط به مرحلهٔ بعد از الک (Screenings) است، که می-تواند یکی از علت‌های اختلاف بازده این دو خمیر کاغذ باشد. شرایط رویشگاه و سن بهره‌برداری نیز در اختلاف بازده و عدد کاپا تأثیر زیادی دارند. تغییر زمان پخت نیز بر بازده خمیرکاغذها تأثیر گذاشت. البته با افزایش زمان پخت بازده خمیرکاغذها کاهش یافت که این اختلاف کاهش بازده آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. بازده خمیرکاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه به‌ترتیب با ۴۷/۸۸٪، ۴۴/۹۸٪ و ۴۳/۵۶٪ به‌ترتیب در گروه‌های A، B و C قرار گرفتند. اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نیز باعث تغییر میزان بازده خمیرکاغذها شد که اختلاف این تغییرات بازده خمیرکاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. به‌طوری‌که بیشترین بازده خمیرکاغذها در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیاییت مؤثر ۱۴٪ با ۵۰/۷۳٪ و کمترین بازده در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۸٪ با ۴۰/۳۳٪ به‌دست آمد که به‌ترتیب در گروه‌های A و F قرارگرفتند. جهان لتیباری و همکارش (۱۳۷۳)، اظهار می‌دارند که در پخت کاج اسکاندیناوی برای رسیدن به بازده ۴۶ تا ۴۸ درصد، زمان پخت با افزایش غلظت تا حدود ۱۴ درصد (زیاد شدن قلیاییت مؤثر از ۱۳/۶٪ به ۱۵/۵ ٪) تقریباً نصف شده است (اثر متقابل قلیاییت مؤثر و زمان پخت بر بازده خمیر کاغذها). همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در زمان پخت ۹۰ دقیقه با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۸٪ به ۲۰٪، با کاهش بازده بر خلاف انتظار افزایش عدد کاپا مشاهده می‌شود که دلیل آن می‌تواند رسوب مجدد اجزاء لیگنین بر روی الیاف خمیرکاغذ باشد. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۰)، بازده خمیر کاغذهای چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس در قلیائیت مؤثر ۱۸٪ و سولفیدیته ۲۰ و ۲۵ درصد را به‌ترتیب ۳۶/۸۶٪ و ۳۶/۶۸٪ و عددکاپای آنها را به‌ترتیب ۲۴/۸۰ و ۲۲/۳۲ اندازه‌گیری کردند. با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۸٪ به ۲۰٪ بازده خمیرکاغذها در سولفیدیته ۲۰ و ۲۵ درصد به‌ترتیب ۳۶/۴۰٪ و ۳۵٪ و عددکاپای آنها به‌ترتیب ۲۵/۰۴ و ۲۲/۲۰ اندازه‌گیری شد. البته مشاهده می‌شود که بر خلاف انتظار در چنین شرایطی بازده کاهش یافته ولی عدد کاپا افزایش داشته و یا ثابت مانده است که با نتایج خمیر کاغذ در این تحقیق هم‌خوانی دارد.

عدد کاپا

افزایش قلیائیت مؤثر باعث کاهش عددکاپای خمیرکاغذها شد که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. عددکاپای خمیرکاغذهای تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ به‌ترتیب با مقادیر ۵۱/۰۹، ۴۰/۰۷ و ۳۷/۸۴ در گروه‌های A، B و C قرار می‌گیرند. زیادشدن غلظت مواد شیمیایی باعث افزایش سرعت لیگنین-زدایی شده که کاهش بازده و عددکاپای خمیرکاغذها را به همراه دارد و بازده و عددکاپای خمیر کاغذهای چوب کاج رادیاتا در سطح مقدار مصرف قلیائیت مؤثر ۱۴٪ از ۴۹/۳۹٪ و ۵۱/۰۹ به ۴۲/۷۸٪ و ۳۷/۸۴ در قلیاییت مؤثر ۱۸٪ کاهش یافته است. افزایش مدت زمان پخت و اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نیز بر عددکاپای خمیرکاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار شد. به‌طوری‌که بیشترین عدد

Archive of SID

www.SID.ir

کاپا با میانگین ٤٨/٨٢ در زمان پخت ۳۰ دقیقه به‌دست آمد که در گروه A قرار می‌گیرد و پس از آن خمیر کاغذهای پخته شده در زمان پخت ٦۰ و ۹۰ دقیقه به‌ترتیب با اعدد کاپای ٤۰/۰٤ و ٤۰/۱۳ قرار دارند که هر دو عددکاپا در گروه B قرار گرفته‌اند. بیشترین عدد کاپا با میانگین ٦۰/۰۲ در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱٤٪ (تأثیر متقابل زمان پخت و قلیائیت مؤثر بر عدد کاپا) و کمترین عدد کاپا در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱٦٪ با ۳۳/٦۱ به‌دست آمد که این دو عدد کاپا به‌ترتیب در گروه‌های A و C قرار می‌گیرند. Cromer و همکارانش (۱۹۷۷)، بازده کل و عددکاپای خمیر کاغذ چوب کاج رادیاتای ۱۰ ساله کشور استرالیا در درجهٔ حرارت پخت ۱۷۷ درجهٔ سانتی‌گراد و سولفیدیته ۲۲٪ را به‌ترتیب ۵۰٪ و ۳۵٪ اندازه‌گیری کردند.

مقاومت کاغذهای دست ساز

مقاومت در برابر ترکیدن:

با افزایش زمان پخت مقاومت در برابر ترکیدن کاغذهای دست ساز افزایش یافت که اختلاف آنها در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها در زمان پخت ٦۰ دقیقه ٤/۹۰ $KPam^2/g$ و در زمان پخت ۹۰ دقیقه ۵/۱٤ $KPam^2/g$ اندازه‌گیری شد. دو عامل طول فیبر و اتصال بین الیاف، نقش ویژه‌ای در افزایش مقاومت در برابر ترکیدن **کاغذ دارد.** Uprichard (۱۹۷۳) مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ از خمیر کاغذ چوب کاج رادیاتا ی کشور نیوزیلند را ۷/٤ K Pam^2/g اندازه‌گیری کرد که از مقدار اندازه‌گیری شده در این تحقیق بیشتر است و علت آن می‌تواند بلندتر بودن طول الیاف این درخت باشد که بین ۳/۹ –۲/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. Palmer و همکارش (۱۹۷٤)، میانگین طول الیاف چوب Pinus patual کشور مالاوی را ۲/۰٤ میلی‌متر و مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ از خمیر کاغذ چوب آن را ۵/۵ $KPam^2/g$ اندازه‌گیری کرده‌اند **که به مقدار اندازه‌گیری شده در این تحقیق تقریباً نزدیک است.**

مقاومت در برابر پاره‌شدن

با تغییر زمان پخت مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذها تغییر یافت که اختلاف آن در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذها در زمان پخت ۱ ساعت به‌طور متوسط ۷/۵۸ mNm^2/g و در زمان پخت ۹۰ دقیقه ۷/۷۷ mNm^2/g به‌دست آمد. مهمترین خصوصیت مؤثر بر مقاومت در برابر پاره‌شدن، طول فیبر است. با افزایش نسبت طول به قطرالیاف، میزان درهم‌رفتگی الیاف بیشتر شده و مقاومت در برابر پاره‌شدن نیز افزایش می‌یابد. Uprichard (۱۹۷۳) مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذ از خمیرکاغذ چوب کاج رادیاتای کشور نیوزیلند را ۱٤/۳ mNm^2/g اندازه‌گیری کرد که از مقدار اندازه‌گیری شده در این تحقیق بیشتر است و علت آن می‌تواند بلندتر بودن طول الیاف این درخت باشد که بین ۳/۹ –۲/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است.

طول پاره‌شدن

با افزایش زمان پخت اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ در مقدار طول پاره‌شدن کاغذها مشاهده نشد. طول پاره‌شدن کاغذها در زمان پخت ۱ ساعت به‌طور متوسط ۸/۰۹ کیلومتر و در زمان پخت ۹۰ دقیقه ۸/۱ کیلومتر اندازه‌گیری شد. گلبابائی و همکارانش (۱۳۷۷)، طول پاره‌شدن کاغذهای تهیه شده از خمیر کاغذهای وارداتی، کاج الدار و پهن‌برگان را به‌ترتیب ۱۰/۱، ۹/۱ و ٦/۹ کیلومتر گزارش کرده‌اند. طول پاره‌شدن کاغذ از خمیر کاغذ چوب کاج رادیاتا از طول پاره‌شدن کاغذهای تهیه شده از خمیر کاغذهای الیاف بلند

Archive of SID

www.SID.ir

وارداتی و کاج الدار به‌دلیل ویژگی و تعداد اتصالات بین الیافشان کمتر ولی از طول پاره‌شدن کاغذ از خمیر کاغذ چوب پهن‌برگان بیشتر شده است.

نتیجه‌گیری

طول الیاف این درخت ۲/٤٦ میلی‌متر اندازه‌گیری شد و به‌طور کلی طول الیاف این درخت از طول الیاف بیشتر سوزنی‌برگان کوتاه‌تر است. چوب این درخت جزو چوب‌های سبک (D کوچک‌تر یا مساوی ۰/٤) به حساب می‌آید. برای پخت چوب و تهیه خمیر کاغذ فرایند کرافت مورد استفاده قرار گرفت. با افزایش قلیائیت مؤثر و زمان پخت، بازده و عددکاپای خمیرکاغذها به‌دلیل خروج لیگنین و مقدار کمی از کربوهیدرات‌ها کاهش یافت. در زمان پخت ۹۰ دقیقه با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱٦٪ به ۱۸٪ بازده خمیرکاغذ کاهش یافت و از ٤۲/۷۸٪ به ٤۰/۰۲٪ رسید، ولی در همین شرایط عددکاپا افزایش یافت و از ۳۳/٦۱ به ٤۰/۸۸ رسید که علت آن می‌تواند به‌دلیل کندانس شدن لیگنین بر روی الیاف خمیرکاغذ باشد. کاج رادیاتا از درختان الیاف بلند است و مقاومت‌های مکانیکی به‌دست آمده از کاغذهای دست‌ساز آن قابل مقایسه با مقاومت‌های خمیرکاغذ الیاف بلند وارداتی است و می‌توان از این خمیرکاغذ به جای خمیرکاغذ الیاف بلند وارداتی استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

- پارسا پژوه، د. ۱۳٦۳. تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران ۱۸۵۱. ۳۷۰ صفحه
- جهان لتیباری، ا.، حسین زاده، ع.، ۱۳۷۳. تکنولوژی تولید خمیر کاغذ (فرایند قلیایی)، انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. شماره انتشار ۹۷- ۱۳۷۳.
- جهان لتیباری، ا.، حسین زاده، ع.، فخریان، ع.، قاسمیان، ع.،۱۳٦۷. بررسی خصوصیات کاغذسازی چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. شماره انتشار ۷۰- ۱۳٦۹.
- جهان لتیباری، ا.، گلبابایی، ف.، امینی، م.، ۱۳۸۳. بررسی ابعاد تراکئید کاج تدا از جنگلکاریهای منطقه پیلمبرا، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران جلد ۱۹شماره ۱
- فخریان، ع. حسین زاده، ع. گلبابایی، ف. حسینخانی، ح.۱۳۸۲. بررسی لیگنین‌زدایی و کاغذسازی چوب درخت نوئل (پیسه‌آ آبیس. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران شماره ۱۸. ۲۱ صفحه.
- گلبابایی، ف.، جهان لتیباری، ا.، حسین زاده، ع. نوربخش، ا.، ۱۳۷۷. بررسی ویژگی‌های کاربردی خمیرکاغذ کرافت از چوب الداریکا. تحقیقات چوب و کاغذ ایران شماره ۵. ٦۳ صفحه
- وزیری، و.، حسینی، ض.، دهقانی، م.، ۱۳۸۸. تأثیر ارتفاع بر مشخصات الیاف، ترکیبات شیمیایی و بازده خمیرکاغذ کرافت چوب کاج بروسیای منطقه کلاله گرگان، مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد شانزدهم، شماره اول،
- Anon, 1969. Report on examination of Plantation Soft Wood from Kenia as a papermaking Material. Trop. Pr0d. Inst. Report. No. 69/1962, 9 P.
- Claudio, M., Regis, M., Jaime, B., Alex, B., John, S., Juanita, F., 2007., Bioethanol production from bio-organosolv pulps of *Pinus radiata* and *Acacia dealbata*. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol 82, Issue 8 .
- Cromer, R. N. Dargavel, J. B.1977. more pulp wood from less land.Appita 31(1) P.49-54.
- Dadswell, H. A.J. Watson, 1961. Influence of the morphology of Wood Pulp Fibers on Paper Properties.Tec. Section of the British Paper and Board Maker Association, PP.569, Lodon, E.C.4, England
- Franklin, G. L. 1954. A rapid method of softening wood for microtome sectioning 8 Tropical Woods 88-36.
- Hunt. k, Hatton, J. v.1995. Specific gravity and chemical thinning from six soft wood species. Pulp and paper, canada. 1995. 96:11,50-53;24 ref.
- Palmer, E.R.; Gibbs, J. A.(1974). Pulping qualities of plantation grown Pinus patula and Pinus elliottii from Malawi. Trop. Prod. Inst. Rept.no L 37, 36 P.
- TAPPI test methods.2006-2007.Technology Park/Atlanta.
- Tyrvaine-J,1995. Wood and fiber properties of norway spruce and its suitability for thermomechanical Pulping .Acta –Forestalia –Fennica.1995,No.249,0-155;341 ref.
- Uprichard, G. M. Gray, J. T. 1973. Papermaking properties of kraft pulps from New Zealand grown softwoods. Appita 27 (3) : 185-191

Archive of SID
www.SID.ir

Investigation the properties of radiata pine (*pinus radiata*) wood kraft pulp and paper

Fakhrian, A.

-Research Faculty Member, Wood and Forest Products Science Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran, E-mail: fakhryan@rifr-ac.ir

Received: Sep., 2012 Accepted: Nov., 2013

Abstract

In this study, pulp and handsheets characteristics of radiata pine wood kraft pulp was evaluated. The ratiata pine wood was collected from Chamestan Noor Research Station. Average dry and basic specific gravity of wood were determined as 0.342 and 0.308 g/cm^3 and average fiber (tracheid) dimension including fiber length, fiber diameter, lumen diameter and cell wall thickness were measured as 2460, 40.35, 33.17 and 3.59 µm, respectively. The chemical composition was determined as holocellulose 72.07%, alfa cellulose 43.41%, lignin 29.95%, ash 0.50 % and extractive as 1.75%. Kraft (Sulfate) process was applied for cooking and pulping the wood. A factorial randomized complete block design test was conducted to compare the fiber dimensions, physical properties, chemical composition and the yield of the pulp. To examine strength properties of handsheets, ANOVA statistical analysis was used and for grouping the means Duncan test were applied. The minimum and maximum yield and kappa number of these pulps were measured at 40.33%, 50.43% and 33.89, 60.22, respectively. The results of handsheet strength measurement indicated that radiata pine wood kraft pulp provides suitable substitute for imported long fiber pulp to be mixed with short fiber hardwood pulp.

Key words: *Pinus radiate*, kraft process, pulp yield, kappa number, tear Index, burst.

Archive of SID

www.SID.ir