

بررسی خصوصیات خمیر کاغذ و کاغذ کرافت کاج رادیاتا

عباس فخریان

- کارشناس ارشد، عضو هیئت علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران
پست الکترونیک: fakhryan@rifr-ac.ir

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۱

چکیده

در این بررسی خصوصیات خمیر کاغذ 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 به ترتیب ۰/۳۴۲ و ۰/۳۰۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی تراکئیدهای آن به ترتیب ۲/۴۶ میلی‌متر، ۴۰/۳۵، ۳۳/۱۷ و ۳/۵۹ میکرون و میانگین مقدار هولوسلولز، آلفا سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی آن به ترتیب ۷۲/۰۷٪، ۴۳/۴۱٪، 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 خمیر کاغذها 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 خمیر کاغذها بین حداقل ۴۰/۳۳٪ و حداکثر ۵۰/۳۴٪ و عددکاپای آنها بین ۳۳/۸۹ تا ۶۰/۲۲ اندازه‌گیری شد. مقاومت کاغذهای دست‌ساز خمیر کاغذ چوب رادیاتا شامل شاخص مقاومت در برابر ترکیدن، شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن و طول پاره‌شدن، به دلیل بلندبودن الیاف این خمیر کاغذها زیاد و قابل توجه بوده و امکان جایگزینی آنها به جای خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی (به‌منظور افزایش مقاومت‌های خمیر کاغذ الیاف کوتاه پهن‌برگان) را فراهم نمود.

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

مقدمه

متفاوتی بر کیفیت خمیر کاغذ و کاغذ تهیه شده دارند. به‌عنوان مثال کاغذهای تهیه شده از سوزنی‌برگان با الیاف بلندتر نسبت به پهن‌برگان مقاومت بیشتری دارند. Lewis و همکارش (۲۰۰۳)، در مقایسه خمیر کاغذ سوزنی‌برگان و اکالیپتوس‌ها و رنگبری آنها اظهار می‌دارند

در میان عوامل مهم و مؤثر بر خصوصیات کاغذ می‌توان از نوع چوب، فرایند تهیه خمیر کاغذ، پالایش خمیر کاغذ و مواد افزودنی یاد کرد. چوب‌های مختلف از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مختلف تأثیر

حرارت پخته شده ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد، ۱۳ تا ۱۵ درصد قلیائیت مؤثر و سولفیدیت ۰.۲۲٪ را به ترتیب ۰.۵۰٪ و ۳۵ گزارش نمودند.

گلبابایی (۱۳۷۶) میانگین طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف چوب کاج الداریکا را به ترتیب ۳/۳۷ میلی‌متر، ۵۱/۵۷، ۳۷/۲۱ و ۶/۷۲ 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 به ترتیب ۰/۳۸۳، ۰/۳۹۶ و میزان سلولز آن برابر ۰/۵۲، لیگنین ۰/۲۴، مواد استخراجی ۶/۹۳٪ و خاکستر ۰/۴۸٪ اندازه‌گیری شد.

Tyrvaäinen (۱۹۹۵) ابعاد الیاف، درصد جوان چوب و بعضی از عناصر چوب‌درون که نفوذپذیری آنها کم است و همچنین تغییرات این عوامل در خمیر کاغذ حرارتی مکانیکی چوب درخت نوتل *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. خمیر کاغذ 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 خمیر کاغذهای TMP حاصل از خرده چوب‌های کارخانه چوب‌بری به‌وضوح بیشترین و در خمیر کاغذ حاصل از اولین برش چوب‌های کم قطر

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 ۱۴ درصد (بر مبنای Na_2O) را بین ۵۰-۵۴ درصد و ۱۶-۱۸ و بازده (کل) و عدد کاپای سوزنی‌برگان در قلیائیت مؤثر ۱۶-۱۹ درصد (بر مبنای Na_2O) را بین ۴۴-۴۸ درصد و ۲۴-۲۸ گزارش کردند.

Anon (۱۹۶۲)، وزن مخصوص کاج رادیاتای دست‌کاشت کشور کنیا را بین ۰/۳۶ - ۰/۲۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب، طول الیاف آن را بین ۲/۱۵-۲/۲۴ میلی‌متر، قطر سلول را بین ۴۸ - ۴۲ میکرون و ضخامت دیواره سلولی را بین ۴/۶ - ۴/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد. در پخت نیمه‌شیمیایی کرافت (Semi Kraft)، بازده کل (قبل از غربال) خمیر کاغذ ۶۲/۶٪ و شاخص‌های مقاومت کششی، ترکیدن و پاره‌شدن خمیر کاغذها در میزان پالایش ۴۹۰ میلی‌لیتر (CSF) به ترتیب ۵۰/۴ N m/g، ۴/۲ KPa m²/g و ۳/۶ mNm²/g بدست آمد.

Uprichard (۱۹۷۳) وزن مخصوص چوب کاج رادیاتای کشور نیوزیلند را ۰/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و طول الیاف آن را بین ۳/۹ - ۲/۱ میلی‌متر اندازه‌گیری کرد. در پخت کرافت بازده خمیر کاغذهای این چوب ۴۷/۸٪ و عدد کاپای آنها ۳۰ به دست آمد. در درجه‌روانی ۶۲۵ میلی‌لیتر (CSF) شاخص مقاومت کششی، شاخص مقاومت در برابر ترکیدن و شاخص مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذها به ترتیب ۸۹ Nm/g، ۷/۴ KPa m²/g و ۱۴/۳ mNm²/g بدست آمد.

Cromer و همکاران (۱۹۷۷) بازده (قبل از غربال) و عدد کاپای خمیر کاغذ از چوب کاج رادیاتا در درجه

وزیری و همکارانش (۱۳۸۸) در پژوهشی تأثیر ارتفاع بر مشخصات الیاف، ترکیبات شیمیایی و بازده خمیر کاغذ کرافت چوب کاج بروسیای منطقه کلالة گرگان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که برای کاج بروسیا بین سه حد ارتفاعی ۴۵۰، ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به لحاظ مشخصات الیاف چوب آغاز و چوب پایان در سطح اعتماد آماری ۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد. به طوری که ارتفاع ۷۵۰ و ۹۶۰ متر از سطح دریا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارا بودند و به لحاظ ترکیبات شیمیایی، کاج بروسیا با ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا به طور معنی داری در سطح اعتماد آماری ۵ درصد دارای سلولز بیشتری بوده و کاج بروسیا در ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا به طور معنی داری در سطح اعتماد آماری ۵ درصد دارای لیگنین و مواد استخراجی بیشتری بوده ولی برای خاکستر بین سه حد ارتفاعی اختلافی مشاهده نشد. خمیر کاغذ حاصل از کاج بروسیا واقع در ارتفاع ۹۶۰ متر از سطح دریا به دلیل داشتن عدد کاپای کمتر برای تولید خمیر قابل رنگبری و مقاوم تر مناسب تر است، ولی به شرط این که پالایش مناسبی بر روی الیاف اعمال گردد. خمیر کاغذ حاصل از کاج بروسیا واقع در ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا را به دلیل بازده زیاده تر می توان برای تهیه محصولات کاغذی در طیف گسترده از قبیل کارتن، کرافت لاینر و کاغذهای بسته بندی مورد استفاده قرار داد.

در صنایع کاغذسازی برای شکل پذیری بهتر و تأمین مقاومت کاغذ، از مخلوط الیاف سوزنی برگان و پهن برگان استفاده می شود. سالیانه مبلغ هنگفتی ارز به منظور تأمین خمیر کاغذ الیاف بلند از کشور خارج می شود. کاج رادیاتا از درختان سریع الرشد است که در طرح های سازگاری در شمال کشور موفقیت آمیز نشان داده است. این تحقیق با

کمترین مقدار را داشت و خصوصیات مقاومتی آنها کم بود. ویژگی های نوری خمیر کاغذ TMP حاصل از اولین برش چوب های کم قطر خیلی خوب بود، بنابراین پیشنهاد کرده که برای به حداقل رساندن تغییرات کیفی لازم است که این سه خمیر کاغذ به طور جداگانه تهیه شوند.

Hunt-k (۱۹۹۵) میزان رطوبت، وزن مخصوص و درصد مواد استخراجی چوب ۶ درخت سوزنی برگ کم- قطر تجارتي شامل *Pinus mariana*, *Picea glauca*, *Picea abies*, *Pinus banksiana*, *Pinus rubens*, و *Larix laricina* را اندازه گیری و مقایسه کرده است. وزن مخصوص این درختان ۲۶-۱۷ ساله دست کاشت، نسبت به درختان معمولی مشابه که از چوب بالغ (کامل چوب) بیشتری برخوردار بودند، کمتر بود. میزان مواد استخراجی محلول در سود سوزآور ۱٪ این درختان برابر و یا کمتر از درختان دارای چوب کامل بیشتر بود. میزان لیگنین کلاسون این درختان بین ۲۸/۵-۲۷/۲ درصد قرار داشت. Claudio Muñoz (۲۰۰۷) و همکارانش خرده چوب های (چیپس)، چوب کاج رادیاتا و آکاسیا دلباتا (*Acacia dealbata*) را در حرارت ۲۷ درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی ۵۵٪ تحت تأثیر دو قارچ *white-rot fungi* و *Ganoderma subvermispora* قرار دادند. بعد از ۳۰ روز، لیگنین زدایی نمونه های تیمار شده با روش ارگانوسالو در زمان پخت ۱ ساعت، درجه حرارت پخت ۲۰۰ درجه سانتی گراد و مایع پخت دارای ۶۰٪ اتانول به منظور تولید خمیر کاغذ با سلولز زیاد و لیگنین کم انجام شد. آنها بازده خمیر کاغذ های کاج رادیاتا را بین ۴۵ تا ۴۹ درصد و بازده خمیر کاغذ های آکاسیا دلباتا را بین ۳۱ تا ۵۱ درصد اندازه گیری کردند.

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 اشیاع کردن این نمونه‌ها در آب و تعیین حجم اشیاع (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 (۱۹۵۴) انجام گردید. برای انجام آزمایش‌های شیمیایی چوب از دستورالعمل‌های زیر استفاده شد.

آیین‌نامه شماره ۰۲-۲۵۷ cm T استاندارد TAPPI
 آیین‌نامه شماره ۹۷-۲۶۴ cm T استاندارد TAPPI
 آیین‌نامه شماره ۰۲-۲۱۱ om T استاندارد TAPPI
 آیین‌نامه شماره ۰۲-۲۲۲ om T استاندارد TAPPI
 آیین‌نامه شماره ۹۷-۲۰۴ cm T استاندارد TAPPI
 Rowell(2005)

انجام پخت‌های آزمایشی، عوامل ثابت و متغیر پخت‌های اصلی بشرح زیر در نظر گرفته شد.

فرض بر امکان ساخت خمیر کاغذ الیاف بلند از چوب کاج رادیاتای منطقه شمال کشور و امکان مقایسه آن با خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی و با هدف اندازه‌گیری ویژگی‌های آناتومیکی، فیزیکی، شیمیایی، خصوصیات خمیر کاغذ و همچنین اندازه‌گیری مقاومت‌های کاغذهای دست‌ساز چوب کاج رادیاتای به‌منظور مقایسه و امکان جایگزینی خمیر کاغذ این گونه با خمیر کاغذ 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 ۱۸-۲۱ سانتی‌متر و ارتفاع آنها بین ۱۸-۱۳ متر اندازه‌گیری شد.

تهیه آرد چوب
 تهیه آرد چوب عاری از مواد استخراجی خاکستر
 خاکستر
 لیگنین
 مواد استخراجی
 آلفا سلولز و هولوسلولز به نقل از

تهیه خمیر کاغذ

برای پخت و تهیه خمیر کاغذ از چوب کاج رادیاتا، فرایند کرافت (سولفات) مورد استفاده قرار گرفت. پس از

۹۰-۶۰-۳۰	زمان پخت (دقیقه)
۱۷۰ درجه سانتی گراد	درجه حرارت پخت
۱۴٪-۱۶٪-۱۸٪	قلیائیت مؤثر (مبناء Na_2O)
۲۵٪	سولفیدیت (مبناء Na_2O)
۵ به ۱	نسبت L/W

شد. از بین خمیر کاغذهای پخته شده در زمان پخت ۶۰ و ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۶٪، پس از پالایش و رساندن درجه روانی آنها به ۳۵۰ میلی لیتر (CSF)، کاغذ دست ساز تهیه شد. پالایش خمیر کاغذها و اندازه گیری ویژگی های مقاومتی کاغذهای دست ساز مطابق با دستورالعمل های زیر انجام شد:

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 پخته نشده (واژه) 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 اندازه گیری

آیین نامه شماره ۰۰-۲۴۸ sp T استاندارد TAPPI	پالایش خمیر کاغذ
آیین نامه شماره ۰۲-۲۰۵ sp T استاندارد TAPPI	ساخت کاغذ دست ساز
آیین نامه شماره ۰۴-۴۱۴ om T استاندارد TAPPI	مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ
آیین نامه شماره ۰۲-۴۰۳ om T استاندارد TAPPI	مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ
آیین نامه شماره ۸۸-۴۹۸ om T استاندارد TAPPI	طول پاره شدن کاغذ

طول تراکئیدها، قطر تراکئیدها، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی حاصل از ۶۰ تراکئید قسمت های مختلف تنه درخت کاج رادیاتا به ترتیب ۲/۴۶ میلی متر، ۴۰/۳۵ میکرون، ۳۳/۱۷، میکرون و ۳/۵۹ میکرون اندازه گیری شد که نتایج حاصل از آنها در جدول ۲ خلاصه شده است. میانگین ضرایب کاغذ چوب این درخت شامل ضریب درهم رفتگی، ضریب نرمش و ضریب مقاومت در برابر پارگی به ترتیب ۶۰/۹۷، ۸۲/۲۱ و ۲۱/۶۵ به دست آمد (جدول ۲). در جدول ۳ نتایج حاصل از اندازه گیری ترکیب شیمیایی شامل آلفا سلولز، هولو سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر آن آورده شده است که به ترتیب و به طور متوسط ۴۳/۴۱٪،

برای مقایسه ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی از میانگین و انحراف از معیار، و بازده خمیر کاغذها از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، ویژگی های مقاومتی کاغذهای دست ساز از جدول تجزیه واریانس یک طرفه و جهت گروه بندی میانگین ها از آزمون دانکن استفاده شده است.

نتایج

در جدول ۱ نتایج حاصل از میانگین مقادیر جرم ویژه خشک و بحرانی چوب کاج رادیاتا آورده شده است. جرم ویژه خشک و بحرانی این درخت به ترتیب ۰/۳۴۲ و ۰/۳۰۸ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری شد. متوسط

با ۴۰/۳۳٪ به دست آمد که به ترتیب در گروه‌های A و F قرار گرفتند. در جدول ۷ گروه‌بندی بازده خمیر کاغذها 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 خمیر کاغذها تحت تأثیر زمان‌های پخت نشان داده شده است. نتایج تجزیه و تحلیل عددکاپای خمیر کاغذها نشان می‌دهد که افزایش قلیائیت مؤثر باعث کاهش عددکاپای خمیر کاغذها شد که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. عددکاپای خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ به ترتیب با مقادیر ۵۱/۰۹، ۴۰/۰۷ و ۳۷/۸۴ در گروه‌های A، B و C قرار می‌گیرند (جدول ۵). افزایش مدت زمان پخت و اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نیز بر عددکاپای خمیر کاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌داری شد. به طوری که بیشترین عددکاپا با میانگین ۴۸/۸۲ در زمان پخت ۳۰ دقیقه به دست آمد و در گروه A قرار گرفت و پس از آن خمیر کاغذهای پخته شده در زمان پخت ۶۰ و ۹۰ دقیقه به ترتیب با عددکاپای ۴۰/۰۴ و ۴۰/۱۳ قرار دارند که هر دو عددکاپا در گروه B قرار گرفته‌اند (جدول ۶). در جدول ۷ گروه‌بندی بازده و عددکاپای خمیر کاغذها 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 ۵٪ معنی‌دار شد ولی در تغییر طول

اندازه‌گیری شد. در جدول ۴ نتایج حاصل از اندازه‌گیری بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای 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 ۱۴٪ به‌طور متوسط به ترتیب ۵۰/۳۴٪ و ۶۰/۰۲ و بازده و عدد کاپای خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۸٪ به‌طور متوسط به ترتیب ۴۲/۷۴٪ و ۳۳/۶۱ اندازه‌گیری شد (جدول ۴). نتایج تجزیه و تحلیل بازده خمیر کاغذها نشان که با افزایش میزان قلیائیت مؤثر اختلاف بازده خمیر کاغذهای کاج رادیاتا در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. بازده خمیر کاغذ تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۴٪ با ۴۹/۳۹٪ در گروه A قرار گرفت. خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۶٪ و ۱۸٪ به ترتیب با بازده‌های ۴۴/۲۵٪ و ۴۲/۷۸٪ در گروه‌های B و C قرار گرفتند. در جدول ۵ گروه‌بندی بازده و عددکاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر تغییرات قلیائیت مؤثر نشان داده شده است. با افزایش زمان پخت بازده خمیر کاغذها کاهش یافت که این اختلاف کاهش بازده آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. بازده خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه به ترتیب با ۴۷/۸۸٪، ۴۴/۹۸٪ و ۴۳/۵۶٪ به ترتیب در گروه‌های A، B و C قرار گرفتند. در جدول ۶ گروه‌بندی بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر تغییرات زمان پخت نشان داده شده است، بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر متقابل تغییرات زمان پخت و قلیائیت مؤثر در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. به طوری که بیشترین بازده خمیر کاغذها در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۴٪ با ۵۰/۷۳٪ و کمترین بازده در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۸٪

پخت ۱ ساعت به طور متوسط $7/58 \text{ mNm}^2/\text{g}$ و در زمان پخت ۹۰ دقیقه $7/77 \text{ mNm}^2/\text{g}$ و طول پاره شدن کاغذها در زمان پخت ۱ ساعت به طور متوسط $8/09$ کیلومتر و در زمان پخت ۹۰ دقیقه $8/1$ کیلومتر اندازه گیری شد.

پاره شدن کاغذهای دست ساز بر اثر افزایش زمان پخت در سطح ۵٪ اختلاف معنی داری مشاهده نشد. مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها در زمان پخت ۶۰ دقیقه $4/90 \text{ KPam}^2/\text{g}$ و در زمان پخت ۹۰ دقیقه $5/14$ بود. مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها در زمان

جدول ۱- جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب کاج رادیاتا

فاکتور اندازه گیری شده	میانگین	انحراف از معیار (نمونه)
جرم ویژه خشک (g/cm^3)	۰/۳۴۲	۰/۰۱۵
جرم ویژه بحرانی (g/cm^3)	۰/۳۰۸	۰/۰۱۴

جدول ۲- ابعاد الیاف و ضریب کاغذسازی چوب کاج رادیاتا

ویژگی	نتایج	میانگین	انحراف از معیار
طول فیبر (میلی متر) L		۲/۴۶	۰/۴۷۹
قطر فیبر (میکرون) d		۴۰/۳۵	۵/۶۹۴
قطر حفره سلولی (میکرون) c		۳۳/۱۷	۵/۲۱۶
ضخامت دیواره سلولی (میکرون) P		۳/۵۹	۱/۱۸۷
ضریب درهم رفتگی ($L/d * 1000$)		۶۰/۹۷	-
ضریب نرمش ($c/d * 100$)		۸۲/۲۱	-
ضریب مقاومت به پارگی ($2p/c * 100$)		۲۱/۶۵	-

جدول ۳- ترکیب شیمیایی چوب درخت کاج رادیاتا

فاکتور اندازه گیری شده	تکرار	میانگین					انحراف از معیار (نمونه)
		۵	۴	۳	۲	۱	
آلفا سلولز (درصد)		۴۲/۹۵	۴۳/۵۸	۴۳/۴۰	۴۲/۸۹	۴۴/۲۱	۰/۵۴
هلو سلولز (درصد)		۷۲/۸۸	۷۲/۴۴	۷۱/۶۸	۷۰/۲۵	۷۳/۱۱	۱/۱۶
لیگنین (درصد)		۲۴/۹۰	۲۵/۲۵	۲۴/۶۸	۲۵/۴۷	۲۴/۴۷	۰/۳۶
مواد استخراجی (درصد)		۱/۷۷	۱/۷۲	۱/۷۶	۱/۶۹	۱/۸۰	۰/۰۴
خاکستر (درصد)		۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۰۱

جدول ٤- نتایج بازده و عددکاپای خمیر کاغذهای چوب کاج رادیاتا

عددکاپا		بازده		زمان پخت (دقیقه)	قلیائیت مؤثر %	
تکرار		تکرار				
٣	٢	٣	٣	١		
٦٠/٢٢	٦١/٨١	٥٨/٠٢	٥٠/٧٣	٤٩/٢٣	٥١/٠٧	١٤
٤٨/١٨	٤٧/٢٨	٤٩/١٠	٤٦/٩٣	٤٧/٢٩	٤٦/٨٢	٣٠
٣٨/٥٣	٣٩/١٦	٣٧/١٢	٤٦/٢٧	٤٦/١٦	٤٦/٤٢	١٨
٤٦/٧٢	٤٧/١٤	٤٨/١٩	٥٠/٢٣	٤٩/٩٢	٥٠/٤٨	١٤
٣٩/١٢	٣٨/١٤	٣٧/٩٤	٤٣/٢٧	٤٢/٥٤	٤٣/١٩	٦٠
٣٣/٨٩	٣٤/٩٢	٣٥/١٧	٤١/٣٧	٤١/٧٦	٤٢/٠٣	١٨
٤٤/٩٣	٤٦/٨٣	٤٥/٩٧	٤٦/٩٨	٤٧/٨٣	٤٨/٠١	١٤
٣٤/١٣	٣٢/٩٨	٣٣/٧٢	٤٢/٧٨	٤٢/٥٤	٤٢/٨٩	٩٠
٤٠/٨٣	٤٠/٥٢	٤١/٣٠	٤٠/٠٢	٤٠/٢١	٤٠/٧٦	١٨

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

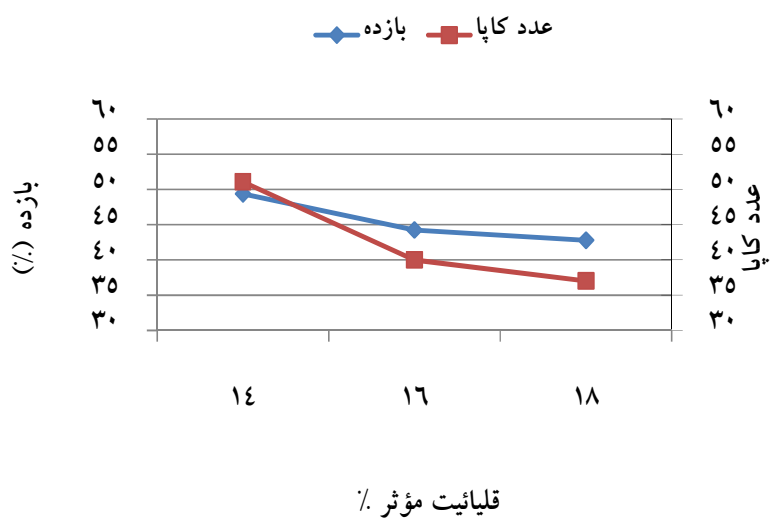
گروه‌بندی		عدد کاپا	بازده (درصد)	قلیائیت مؤثر (درصد)
عدد کاپا	بازده			
A	A	٥١/٠٩	٤٩/٣٩	١٤
B	B	٤٠/٠٧	٤٤/٢٥	١٦
C	C	٣٧/٨٤	٤٢/٧٨	١٨

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

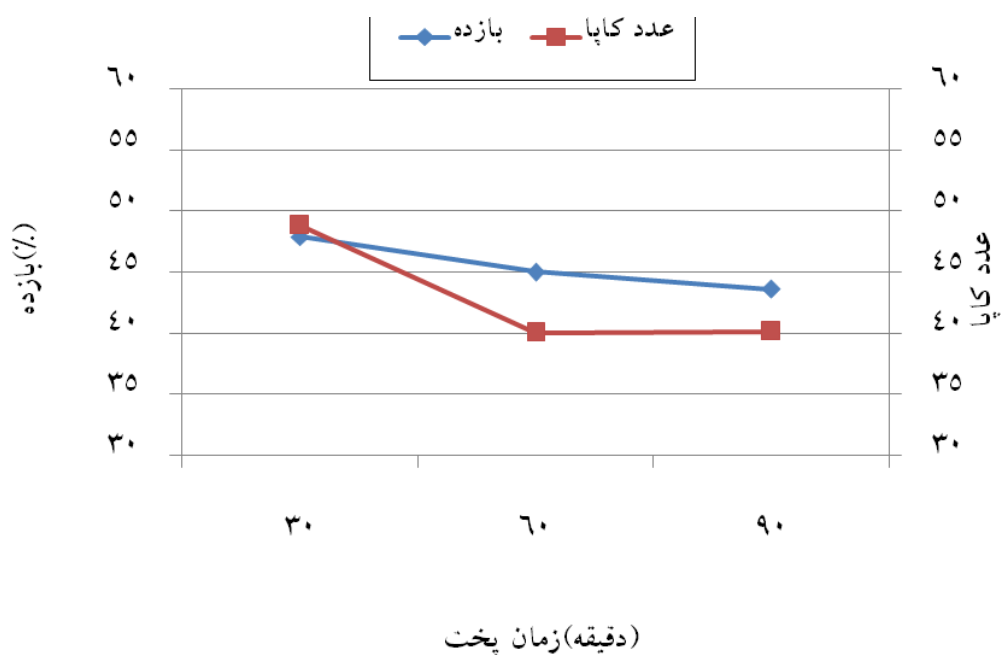
عدد کاپا		بازده		مدت زمان پخت (دقیقه)
گروه‌بندی دانکن	میانگین	گروه‌بندی دانکن	میانگین	
A	٤٨/٨٢	A	٤٧/٨٨	٣٠
B	٤٠/٠٤	B	٤٤/٩٨	٦٠
B	٤٠/١٣	C	٤٣/٥٦	٩٠

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

گروه‌بندی دانکن	بازده		قلیائیت مؤثر (درصد)	مدت زمان پخت (دقیقه)
	میانگین	گروه‌بندی دانکن		
A	۶۰/۰۲	A	۱۴	۳۰
B	۴۸/۱۹	BC	۱۶	
D	۳۸/۲۷	C	۱۸	
B	۴۷/۳۵	A	۱۴	۶۰
D	۳۸/۴۰	D	۱۶	
E	۳۴/۶۶	E	۱۸	
B	۴۵/۹۱	B	۱۴	۹۰
E	۳۳/۶۱	DE	۱۶	
C	۴۰/۸۸	F	۱۸	



شکل ۱- بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر قلیائیت مؤثر



شکل ۲- بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها تحت تأثیر زمان پخت

جدول ۸- نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذها

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

بحث

جرم ویژه

جرم ویژه خشک و بحرانی این درخت به ترتیب ۰/۳۰۸ و ۰/۳۴۲ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری شد. فخریان (۱۳۸۲) میانگین جرم ویژه خشک و بحرانی درخت پیسه آ آبیس را به ترتیب ۰/۳۳۴ و ۰/۳۰۶ گرم بر سانتی متر مکعب اندازه گیری کرد. پارسا پژوه (۱۳۶۳) جرم ویژه این درخت را جزء چوب‌های با وزن مخصوص خیلی سبک (D کوچک تر یا مساوی ۰/۴) به حساب آورد.

ابعاد الیاف

متوسط طول تراکنیده‌ها، قطر تراکنیده‌ها، قطر حفرة سلولی و ضخامت دیواره سلولی درخت کاج رادیاتا به ترتیب ۲/۴۶ میلی متر، ۴۰/۳۵ میکرون، ۳۳/۱۷ میکرون و ۳/۵۹ میکرون اندازه گیری شد.

Anon (۱۹۶۲) طول الیاف چوب کاج رادیاتا را ۲۱۵۰ تا ۲۲۴۰ میکرون، قطر الیاف را ۴۲ تا ۴۸ میکرون، قطر حفرة سلولی را ۳۳ تا ۴۰ میکرون و ضخامت دیواره سلولی را ۴/۲ تا ۴/۶ میکرون اندازه گیری 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 حفرة سلولی و ضخامت دیواره سلولی تراکنیده‌های کاج تدای منطقه پیلمبرا در استان گیلان را به ترتیب برابر ۳/۶۵ میلی متر، ۳۸/۹۷، ۲۸/۹۴ 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.

ضرب کاغذسازی

ضرب کاغذسازی این درخت شامل ضرب درهم‌رفتگی، ضرب نرمش و ضرب مقاومت در برابر پارگی به ترتیب ۶۰/۹۷، ۸۲/۲۱ و ۲۱/۶۵ به دست آمد. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۸۳)، ضرب درهم‌رفتگی، ضرب نرمش و ضرب رونکل چوب کاج تدای منطقه پیلمبرا در استان گیلان را به ترتیب ۹۴/۹۶، ۷۳/۴۸ و ۲۶/۴۷ به دست آوردند. ضرب درهم‌رفتگی چوب کاج تدای دلیل داشتن الیاف بلندتر نسبت به ضرب درهم‌رفتگی چوب کاج رادیاتا بیشتر شده است. Datswell (۱۹۶۱) بیان کرد که افزایش طول الیاف و کاهش ضخامت دیواره سلولی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ خواهد گذاشت.

ترکیب شیمیایی

میانگین مقدار آلفا سلولوز، هولوسلولوز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی چوب کاج رادیاتا به ترتیب ۷۲/۰۷٪، ۲۹/۹۵٪، ۰/۵٪ و ۱/۷۵٪ اندازه گیری شد. فخریان (۱۳۸۲) لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی چوب درخت پیسه آ آبیس را ۵۹/۷۴٪، ۲۸/۹۴٪، ۰/۳٪ و ۱/۴۱٪ اندازه گیری کرد؛ البته با مقادیر اندازه گیری شده در این تحقیق تقریباً برابر است.

خمیر کاغذ

با افزایش میزان قلیائیت مؤثر اختلاف بازده خمیر کاغذهای کاج رادیاتا در سطح ۱٪ معنی دار شد، به طوری که بازده خمیر کاغذ تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۴٪ با ۴۹/۳۹٪ در گروه A قرار گرفت. خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۶٪ و ۱۸٪ به ترتیب با بازده‌های ۴۴/۲۵٪ و ۴۲/۷۸٪ در گروه‌های B و C قرار گرفتند. دلیل این کاهش

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 خمیر کاغذ باشد. جهان لتیباری و همکاران (۱۳۷۰)، بازده خمیر کاغذهای چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس در قلیائیت مؤثر ۱۸٪ و سولفیدیت ۲۰ و ۲۵ درصد را به ترتیب ۳۶/۸۶٪ و ۳۶/۶۸٪ و عددکاپای آنها را به ترتیب ۲۴/۸۰ و ۲۲/۳۲ و اندازه‌گیری کردند. با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۸٪ به ۲۰٪ بازده خمیر کاغذها در سولفیدیت ۲۰ و ۲۵ درصد به ترتیب ۳۶/۴۰٪ و ۳۵٪ و عددکاپای آنها به ترتیب ۲۵/۰۴ و ۲۲/۲۰ و 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 خمیر کاغذها شد که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. عددکاپای خمیر کاغذهای تهیه شده در قلیائیت مؤثر ۱۴، ۱۶ و ۱۸٪ به ترتیب با مقادیر ۵۱/۰۹، ۴۰/۰۷ و ۳۷/۸۴ در گروه‌های A، B و C قرار می‌گیرند. زیاد شدن غلظت مواد شیمیایی باعث افزایش سرعت لیگنین-زدایی شده که کاهش بازده و عددکاپای خمیر کاغذها 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 قلیائیت مؤثر ۱۸٪ کاهش یافته است. افزایش مدت زمان پخت و اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نیز بر عددکاپای خمیر کاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار شد. به طوری که بیشترین عدد

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 به همراه خواهد داشت. Uprichard (۱۹۷۳) بازده کل خمیر کاغذ چوب کاج رادیاتای کشور نیوزلند را در درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد ۴۷/۸۰٪ و عددکاپای آنرا ۳۰ اندازه‌گیری کرد. بازده‌های اندازه‌گیری شده در این تحقیق مربوط به مرحله بعد از الک (Screenings) است، که می‌تواند 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 خمیر کاغذها تأثیر گذاشت. البته با افزایش زمان پخت بازده خمیر کاغذها کاهش یافت که این اختلاف کاهش بازده آنها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. بازده خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه به ترتیب با ۴۷/۸۸٪، ۴۴/۹۸٪ و ۴۳/۵۶٪ به ترتیب در گروه‌های A، B و C قرار گرفتند. اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت نیز باعث تغییر میزان بازده خمیر کاغذها شد که اختلاف این تغییرات بازده خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. به طوری که بیشترین بازده خمیر کاغذها در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۴٪ با ۵۰/۷۳٪ و کمترین بازده در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۸٪ با ۴۰/۳۳٪ به دست آمد که به ترتیب در گروه‌های A و F قرار گرفتند. 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 قلیائیت مؤثر از ۱۳/۶٪ به ۱۵/۵٪) تقریباً نصف شده است (اثر متقابل قلیائیت مؤثر و زمان پخت بر بازده خمیر کاغذها). همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، در زمان پخت ۹۰ دقیقه با

۲/۰۴ میلی‌متر و مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ از خمیر کاغذ چوب آن را $5/5 \text{ KPam}^2/\text{g}$ 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 $7/58 \text{ mNm}^2/\text{g}$ و در زمان پخت ۹۰ دقیقه $7/77 \text{ mNm}^2/\text{g}$ 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 خمیر کاغذ چوب کاج رادیاتای کشور نیوزیلند را $14/3 \text{ mNm}^2/\text{g}$ 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 $3/9 - 2/1$ 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 $8/09$ کیلومتر و در زمان پخت ۹۰ دقیقه $8/1$ کیلومتر اندازه‌گیری شد. گلبابائی و همکارانش (۱۳۷۷)، طول پاره‌شدن کاغذهای تهیه شده از خمیر کاغذهای وارداتی، کاج الدار و پهن‌برگان را به‌ترتیب $10/1$ ، $9/1$ و $6/9$ کیلومتر گزارش کرده‌اند. طول پاره‌شدن کاغذ از خمیر کاغذ چوب کاج رادیاتا از طول پاره‌شدن کاغذهای تهیه شده از خمیر کاغذهای الیاف بلند

کاپا با میانگین $48/82$ در زمان پخت ۳۰ دقیقه به‌دست آمد که در گروه A قرار می‌گیرد و پس از آن خمیر کاغذهای پخته شده در زمان پخت ۶۰ و ۹۰ دقیقه به‌ترتیب با اعداد کاپای $40/04$ و $40/13$ قرار دارند که هر دو عدد کاپا در گروه B قرار گرفته‌اند. بیشترین عدد کاپا با میانگین $60/02$ در زمان پخت ۳۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر 14% (تأثیر متقابل زمان پخت و قلیائیت مؤثر بر عدد کاپا) و کمترین عدد کاپا در زمان پخت ۹۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر 16% با $33/61$ 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 درجه حرارت پخت ۱۷۷ درجه سانتی‌گراد و سولفیدته 22% را به‌ترتیب 50% و 35% 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 ۶۰ دقیقه $4/90 \text{ KPam}^2/\text{g}$ و در زمان پخت ۹۰ دقیقه $5/14 \text{ KPam}^2/\text{g}$ 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 رادیاتای کشور نیوزیلند را $7/4 \text{ KPam}^2/\text{g}$ 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 $3/9 - 2/1$ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. Palmer و همکارش (۱۹۷۴)، میانگین طول الیاف چوب Pinus patual کشور مالاوی را

وارداتی و کاج الدار به دلیل ویژگی و تعداد اتصالات بین الیافشان کمتر ولی از طول پاره شدن کاغذ از خمیر کاغذ چوب پهن برگان بیشتر شده است.

نتیجه گیری

طول الیاف این درخت ۲/۴۶ میلی متر اندازه گیری شد و به طور کلی طول الیاف این درخت از طول الیاف بیشتر سوزنی برگان کوتاه تر است. چوب این درخت جزو چوب های سبک (D کوچک تر یا مساوی ۰/۴) به حساب می آید. برای پخت چوب و تهیه خمیر کاغذ فرایند کرافت مورد استفاده قرار گرفت. با افزایش قلیائیت مؤثر و زمان پخت، بازده و عدد کاپای خمیر کاغذها به دلیل خروج لیگنین و مقدار کمی از کربوهیدراتها کاهش یافت. در زمان پخت ۹۰ دقیقه با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱/۶٪ به ۱/۱۸٪ بازده خمیر کاغذ کاهش یافت و از ۴۲/۷۸٪ به ۴۰/۰۲٪ رسید، ولی در همین شرایط عدد کاپای افزایش یافت و از ۳۳/۶۱ به ۴۰/۸۸ رسید که علت آن می تواند به دلیل کندانس شدن لیگنین بر روی الیاف خمیر کاغذ باشد. کاج رادیاتا از درختان الیاف بلند است و مقاومت های مکانیکی به دست آمده از کاغذهای دست ساز آن قابل مقایسه با مقاومت های خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی است و می توان از این خمیر کاغذ به جای خمیر کاغذ الیاف بلند وارداتی استفاده کرد.

منابع مورد استفاده

- جهان لتیباری، ا.، حسین زاده، ع.، فخریان، ع.، قاسمیان، ع.، ۱۳۶۷. بررسی خصوصیات کاغذسازی چوب اکالیپتوس کاملدولنسیس. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور. شماره انتشار ۷۰-۱۳۶۹.
- جهان لتیباری، ا.، گلبابایی، ف.، امینی، م.، ۱۳۸۳. بررسی ابعاد تراکئید کاج تدا از جنگلکاریهای منطقه پیلیمبرا، تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران جلد ۱۹ شماره ۱
- فخریان، ع.، حسین زاده، ع.، گلبابایی، ف.، حسینخانی، ح.، ۱۳۸۲. بررسی لیگنین زدایی و کاغذسازی چوب درخت نوئل (پسه آ آیس). تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران شماره ۱۸. ۲۱ صفحه.
- گلبابایی، ف.، جهان لتیباری، ا.، حسین زاده، ع.، نوربخش، ا.، ۱۳۷۷. بررسی ویژگی های کاربردی خمیر کاغذ کرافت از چوب الداریکا. تحقیقات چوب و کاغذ ایران شماره ۵. ۶۳ صفحه
- وزیر، و.، حسینی، ض.، دهقانی، م.، ۱۳۸۸. تأثیر ارتفاع بر مشخصات الیاف، ترکیبات شیمیایی و بازده خمیر کاغذ کرافت چوب کاج بروسیای منطقه کلاله گرگان، مجله پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل، جلد شانزدهم، شماره اول.
- Anon, 1969. Report on examination of Plantation Soft Wood from Kenya as a papermaking Material. Trop. PrOd. 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.
- Tyrvaive-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

- پارسا پژوه، د. ۱۳۶۳. 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.

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 radiata 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/cm³ 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 radiata*, kraft process, pulp yield, kappa number, tear Index, burst.