# ارزیابی پتانسیل گونه کهور پاکستانی (سمر) در خمیرکاغذسازی کرافت

**عباس فخریان روغنی**[1*]
**رسول یزدانی**[2]
**علی قاسمیان**[3]
**حسین رسالتی**[4]

[1] رئیس آزمایشگاه شیمی چوب و کاغذسازی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران.

[2] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و فنّاوری خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[3] دانشیار علوم و فنّاوری خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[4] استاد گروه چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

مسئول مکاتبات:
fakhryan@rifr-ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۰۳

## چکیده

در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکی، بیومتری، شیمیایی چوب کهور پاکستانی (سمر) و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خمیرهای کاغذ کرافت آن مورداندازه‌گیری و بررسی قرار گرفت. وزن مخصوص خشک و بحرانی گونه سمر به‌ترتیب برابر ۰/۸۰۶ و ۰/۶۹۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب برآورد گردید. طول الیاف این گونه ۸۹۵ میکرون و میزان سلولز ۴۸/۸۰، لیگنین ۲۳/۶۶، مواد استخراجی ۳/۸۸ و خاکستر آن ۱/۱۰ درصد اندازه‌گیری شد. شرایط تهیه خمیرکاغذ کرافت گونه سمر (کهور پاکستانی) عبارت بودند از: قلیائیت مؤثر ۱۴، ۱۶، ۱۸ درصد، زمان پخت ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه، درجه حرارت پخت ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت L/W برابر ۵ به ۱. بعد از اندازه‌گیری مقادیر بازده و عددکاپا، خمیرکاغذهای حاصل از ۲ تیمار انتخاب و درجه روانی آن‌ها به‌وسیله عمل پالایش به حدود ۴۰۰ (CSF) رسانده شد. آنالیز نتایج بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، مقایسه میانگین آن‌ها از آزمون دانکن و آنالیز مقاومت‌های کاغذهای دست‌ساز از آزمون T-Test انجام گرفت. نتایج نشان داد که کاغذهای دست‌ساز حاصل از خمیرکاغذ کرافت تهیه‌شده تحت شرایط قلیائیت مؤثر ۱۸ درصد، زمان پخت ۱۲۰ دقیقه و دمای پخت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، دارای ویژگی‌های مکانیکی بهتری بودند. نتایج بررسی مشخص نمود که گونه سمر (کهور پاکستانی) منطقه جنوب کشور در مقایسه با سایرگونه‌های پهن‌برگ، از ویژگی‌های مناسبی برای تهیه خمیرکاغذ کرافت برخوردار است.

**واژگان کلیدی**: کهور پاکستانی، خمیرکاغذ کرافت، ویژگی‌های فیزیکی، ویژگی‌های شیمیایی، ویژگی‌های مکانیکی.

## مقدمه

گونه کهور یکی از مهم‌ترین عناصر عمده تشکیل‌دهنده جنگل‌های نیمه گرمسیری در کرانه خلیج فارس و دریای عمان است و اراضی به نسبت وسیعی به زیر کشت آن رفته‌است [۱]. تا سال ۱۳۷۷ نزدیک به ۳۰ هزار هکتار اراضی استان هرمزگان [۲]، ۱۴۱/۱۱۴ هکتار از اراضی خوزستان طی سال‌های ۱۳۸۵- ۱۳۶۵[۳] و ۳۰ هزار هکتار از اراضی شهرستان ریگان در استان کرمان [۴] با گونه سمر جنگل‌کاری شده‌اند. با توسعه این گونه در مناطق وسیع و کویری جنوب کشور می‌توان به یک منبع عظیم ماده لیگنوسلولزی مناسب دسترسی پیدا کرد. در بررسی‌های به‌عمل‌آمده، Guha و همکاران (۱۹۷۰) آنالیز

ترکیبات شیمیایی و اندازه‌گیری ابعاد الیاف چوب درخت کهور را انجام دادند. بازده خمیرکاغذ رنگ‌بری شده کرافت این درخت در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه‌صنعتی (پایلوت) برای تولید کاغذهای چاپ و تحریر رضایت‌بخش بود. البته نایکنواختی و اعوجاج تنه درخت در حین تهیه خرده چوب مشکلاتی را ایجاد می‌کند [۵]. Toghraie و همکاران (۲۰۰۵) خصوصیات اساسی چوب کهور ایرانی (*Prosopis spicigera L*) مورد ارزیابی قراردادند. جرم ویژه نسبی و خشک این چوب به‌ترتیب ۱/۰۸ و ۰/۸ و طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف آن به‌ترتیب ۹۰۰، ۱۶، ۴ و ۶ میکرون اندازه‌گیری شد [۶].

Carrillo-Parra (۲۰۰۷)، میانگین طول الیاف گونه *Prosopis laevigata* کشور مکزیک را ۹۷۵ میکرون (حداقل ۵۸۹ میکرون و حداکثر ۱۳۱۲ میکرون)، میزان هولوسلولز ۶۴/۵- ۶۱/۷ درصد، مواد استخراجی ۱۶- ۱۴/۱ درصد، لیگنین کلاسون ۳۱/۴- ۲۹/۸ درصد و وزن مخصوص خشک آن ۰/۸۴- ۰/۷۲ $g/cm^3$ اندازه‌گیری کرد. نامبرده اظهار می‌دارد که کاربرد چوب *Prosopis laevigata* به‌دلیل داشتن مواد استخراجی زیاد و وزن مخصوص بالا در صنایع کاغذسازی محدود است. بااین‌وجود از آن می‌توان به‌عنوان یک منبع لیگنوسلولزی برای موارد استفاده از الیاف کوتاه و متوسط و همچنین با ضخامت زیاد استفاده کرد [۷].

Ogunwusi (۲۰۱۲)، تأثیر ذخیره‌سازی خرده‌چوب‌های ۱۵ گونه پهن‌برگ از جمله *Prosopis Africana* بر روی ویژگی‌های ته‌نشین‌سازی قیر (Pitch)، خمیرکاغذ و کاغذ موردبررسی قرارداد. در این بررسی میزان مواد استخراجی گونه‌های مورداستفاده از ۱/۸۲٪ در گونه *Anogeissus leiocarpus* تا ۱۴/۳٪ در گونه *Pakia felicoida* اندازه‌گیری شد. خرده‌چوب‌های این ۱۵ گونه با نسبت‌های مناسب مخلوط و به‌مدت ۶ ماه نگهداری شدند. نتایج نشان‌داد که میزان مواد استخراجی و قیر با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت. بازده کل و بازده خمیرکاغذ قابل‌قبول (Screened pulp) با افزایش زمان نگهداری کاهش یافت. شاخص‌های بالک، طول پاره‌شدن، مقاومت در برابر ترکیدن و مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذها با افزایش دوره ذخیره‌سازی خرده‌چوب‌ها کاهش یافت. نتایج نشان می‌دهد که مناسبت‌ترین زمان نگهداری خرده‌چوب‌های این ۱۵ گونه برای کنترل قیر موجود در خمیرکاغذ ۲ ماه است [۸]. همچنین، Choudhury و همکاران (۲۰۰۸) معتقدند که به‌دلیل افزایش تقاضای مردم کشور هند، تولید خمیرکاغذ در این کشور درحال‌توسعه است و این در حالی است که به‌شدت با کاهش مواد اولیه لیگنوسلولزی مواجه هستند. به دلیل کنترل سخت و دقیق قانونی در رابطه با آلودگی تهیه خمیرکاغذ از پسماندهای کشاورزی، صنایع در جهت جلوگیری از تعطیلی واحدهای خود، استفاده از بازیافت الیاف را موردتوجه قرار داده‌اند. در همین راستا به‌منظور استفاده از گونه‌های مناسب و جایگزین، تحقیقاتی انجام گرفته است. در یکی از این تحقیقات ۵ گونه مناسب محلی قابل‌دسترس به‌نام‌های:

*Kadam (anthocephalus chinensis),*
*Sema Tuma (Prosopis juliflora),*
*ad (Borasus flabelliformis),*
*Arjuna (Terminalia arjuna),*
*Albizia (Albizia juliflora)*

مورد ارزیابی و سنجش قرارگرفتند. آنالیز نتایج نشان‌داد که از بین این ۵ گونه پهن‌برگ، گونه سمر (*Prosopis juliflora*) با توجه به وزن مخصوص قابل‌قبول ماده چوبی، بازده خمیرکاغذ، مصرف قلیا و قابلیت خوب مخلوط کردن با خمیرکاغذ گونه‌های دیگر، مناسب‌تر بوده است. در این بررسی وزن مخصوص چوب، ویژگی‌های رنگ‌بری، درجه‌بندی الیاف و ویژگی‌های مقاومتی نیز موردانداره‌گیری و تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت [۹].

بر اساس مطالب فوق، به‌نظر می‌رسد با توجه به قابلیت توسعه گونه سمر در مناطق گسترده‌ای از کشور، لازم است امکان بهره‌برداری از این منبع لیگنوسلولزی و پتانسیل تولید خمیرکاغذ با ویژگی‌های مناسب از آن موردتحقیق و بررسی قرار گیرد.

لازم به‌ذکر است که به‌دلیل محدودیت تحقیقات کاربردی بر روی گونه سمر در ایران و دنیا، مقایسه نتایج به‌دست آمده بیشتر با گونه‌های پهن‌برگ نزدیک و از جمله اکالیپتوس انجام گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌برداری

نمونه‌های موردنظر برای انجام آزمایش‌ها از دو درخت کهور پاکستانی (با سن ۱۵ سال) از ایستگاه تحقیقات کوشک مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان خوزستان تهیه گردید.

### تهیه نمونه برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، آناتومیکی و شیمیایی

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی، مکعب‌هایی به ابعاد ۲×۲×۲ سانتی‌متر از قسمت‌های مختلف تنه درخت تهیه شد و از بین آن‌ها ۲۰ مکعب (نمونه) به‌طور تصادفی انتخاب شد. پس از اشباع کردن این نمونه‌ها در آب و تعیین حجم اشباع، حجم خشک و وزن خشک، جرم ویژه خشک و بحرانی نمونه‌ها تعیین شد.

برای جداسازی و اندازه‌گیری خواص بیومتری الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵۴) استفاده شد [۷]. به‌این منظور از ارتفاعات ۲۵٪، ۷۵٪ و برابرسینه درخت دیسک‌هایی تهیه شد. پس از تهیه دیسک‌های موردنظر حدود دوایر سالیانه آن مشخص شد و از سه قسمت نزدیک مغز، ما بین مغز و پوست و نزدیک پوست تراشه‌هایی به پهنای ۱ سانتی‌متر و ارتفاع ۲ سانتی‌متر و طولی برابر با پهنای هر حلقه جداسازی شد. برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف از میکروسکپ نورافکن دار استفاده شد.

برای تهیه پودر چوب جهت آنالیز ترکیبات شیمیایی از دستورالعمل شماره ۸۵-om T۲۵۷ آئین‌نامه TAPPI، اندازه‌گیری مواد استخراجی مطابق با دستورالعمل شماره ۹۹-om T۲۸۰ آئین‌نامه TAPPI، اندازه‌گیری مقدار سلولز مطابق با دستورالعمل شماره ۸۸-om T۲۶۴ آئین‌نامه TAPPI و اندازه‌گیری مقدار خاکستر بر اساس دستورالعمل شماره ۰۲-om T۲۱۱ آیین‌نامه TAPPI استفاده شد.

### تهیه خمیرکاغذ

برای تهیه خرده‌چوب، ابتدا گرده‌بینه‌ها توسط دستگاه خردکن غلتکی از نوع Pallman X 430 – 120PHT آزمایشگاهی به خرده‌چوب تبدیل شدند. برای انجام پخت و تهیه خمیرکاغذ، از ۵۰ گرم خرده‌چوب (بر اساس وزن خشک) استفاده شد. پخت و تهیه خمیرکاغذ به‌وسیله دایجستر چهار محفظه‌ای چرخشی انجام گرفت. شرایط هر پخت بدین شرح بود: سولفیدیته ۲۵٪، نسبت مایع پخت به وزن خشک چوب ۵ به ۱، درجه حرارت پخت ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پخت ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه و قلیائیت مؤثر ۱۴، ۱۶ و ۱۸ درصد. پس از پایان زمان پخت، جداسازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی شرکت L&W (Lorentzen & Wettre) کشور فنلاند، انجام گرفت و سپس نمونه‌ها شستشو داده شدند. برای شستشو و جداسازی الیاف پخته نشده (وازده) از الک‌های با مش ۱۸ و ۲۰۰ استفاده‌شد. هر پخت با ۲ تکرار انجام گرفت و پس از هر بار پخت، میزان بازده و عددکاپای خمیرکاغذها اندازه‌گیری‌شد. از بین خمیرکاغذهای پخته‌شده، دو خمیرکاغذ A1 و C3 (جدول ۶) انتخاب و پس از پالایش و رساندن درجه روانی آن‌ها به حدود ۴۰۰ میلی‌لیتر(CSF)، کاغذدست‌ساز ۶۰ گرمی تهیه شد. برای پالایش خمیرکاغذها از پالایشگر مدل PFI کشور نروژ، ساخت کاغذ دست‌ساز از دستگاه Handsheet maker مدل KCL کشور فنلاند، پرس کاغذ از پرس شرکت L&W (Lorentzen & Wettre) کشور سوئد و خشک‌کردن کاغذهای دست‌ساز از خشک‌کن شرکت L&W (Lorentzen & Wettre) کشور فنلاند استفاده شد. پالایش خمیرکاغذها و اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی کاغذهای دست‌ساز مطابق با دستورالعمل‌های زیر انجام گرفت:

پالایش خمیرکاغذ مطابق با آیین‌نامه شماره ۰۰- T ۲۴۸sp استاندارد TAPPI، ضخامت کاغذ مطابق با آیین‌نامه شماره ۰۵- T ۴۱۱om استاندارد TAPPI، ساخت کاغذ دست‌ساز مطابق با آیین‌نامه شماره ۰۲- T۲۰۵sp استاندارد TAPPI، مقاومت کششی مطابق با آیین‌نامه شماره ۰۱- T ۴۹۴ om استاندارد TAPPI، مقاومت در برابر پاره‌شدن کاغذ مطابق با آیین‌نامه شماره ۰۴- T ۴۱۴ om استاندارد TAPPI، مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ مطابق با آیین‌نامه شماره ۰۲- T ۴۰۳ om استاندارد TAPPI و طول پاره شدن کاغذ مطابق با آیین‌نامه شماره ۸۸- T ۴۹۸ om استاندارد TAPPI.

به‌منظور آنالیز نتایج بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، مقایسه میانگین آن‌ها از آزمون دانکن و آنالیز مقاومت‌های کاغذهای دست‌ساز از آزمون T-Test استفاده شد.

کلیه مراحل انجام آزمایش‌ها این تحقیق در آزمایشگاه

شیمی چوب و خمیرکاغذ مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور و آزمون‌های ویژگی کاغذهای دست‌ساز در کارخانه کاغذسازی چوب و کاغذ مازندران انجام شد.

## نتایج و بحث

### وزن مخصوص

وزن مخصوص نشان‌دهنده مقدار ماده در واحد حجم است. وزن مخصوص بیشتر، بیان‌گر ماده چوبی بیشتر در واحد حجم است. وزن مخصوص خشک و بحرانی چوب کهور پاکستانی به‌ترتیب ۰/۸۰۶ و ۰/۶۹۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شده است. وزن مخصوص خشک *Prosopis laevigata* کشور مکزیک ۰/۸۴- ۰/۷۲ g/cm3 [۷] و جرم ویژه نسبی کهور ایرانی ۰/۸ به‌دست آمد [۶]. وزن مخصوص بحرانی گونه سمر با نتایج تحقیق بر روی گونه پهن برگ اکالیپتوس کاملدولنسیس رویشگاه فارس (جنوب) مطابقت دارد [۱۰] اما نسبت به اکالیپتوس منطقه زاغمرز (شمال)[۱۱] و نتایج بررسی ویژگی‌های اکالیپتوس کاملدولنسیس از منطقه بهشهر [۱۲]، بیشتر است.

### ابعاد الیاف

به‌منظور تعیین ابعاد الیاف و ضرایب کاغذسازی، ابعاد ۱۰۰ فیبر در حلقه‌های سالانه نزدیک مغز، بین مغز و پوست و نزدیک پوست هر دیسک اندازه‌گیری شد که نتایج آن‌ها در جداول ۱ و ۲ خلاصه شده‌است.

**جدول ۱- میانگین ابعاد الیاف گونه کهور پاکستانی**

| مشخصات الیاف | ابعاد(میکرون) |
|---|---|
| طول فیبر (L) | ۸۹۵ |
| قطر فیبر (d) | ۵۱/۹۶ |
| ضخامت دیواره سلول (p) | ۱۰/۲۰ |
| قطر حفره سلولی (c) | ۴۱/۷۶ |

**جدول ۲- مقادیر ابعاد الیاف و ضرایب کاغذسازی کهور پاکستانی در حلقه‌های سالانه نسبت به ارتفاع**

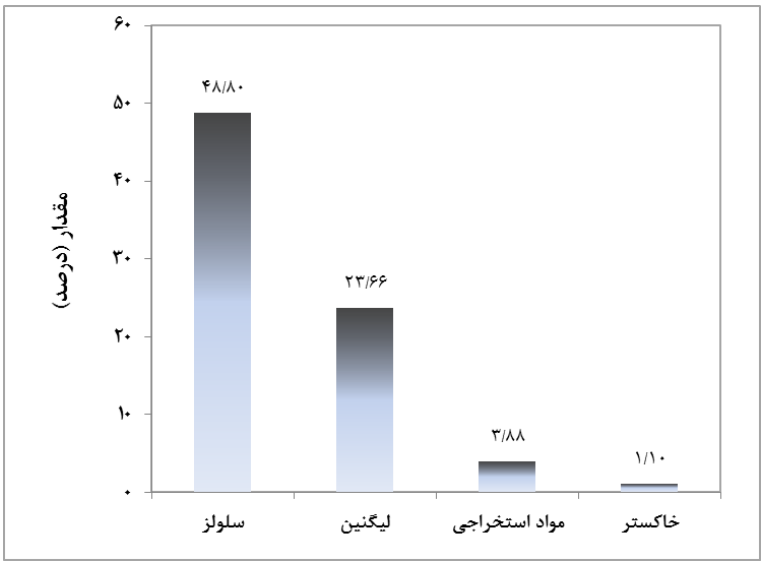
| محل نمونه‌برداری الیاف | | طول الیاف (میکرون) | | قطر الیاف (میکرون) | | ضخامت دیواره سلولی الیاف (میکرون) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | مقدار | میانگین | مقدار | میانگین | مقدار | میانگین |
| ۲۵٪ ارتفاع تنه | نزدیک مغز | ۸۵۸ | | ۴۶/۰۰ | | ۷/۷۶ | |
| | بین پوست و مغز | ۸۸۰ | | ۵۲/۲۹ | | ۱۱/۰۲ | |
| | نزدیک پوست | ۹۳۷ | | ۵۵/۷۴ | | ۱۰/۱۱ | |
| برابرسینه | نزدیک مغز | ۸۶۴ | | ۴۶/۴۰ | | ۸/۹۷ | |
| | بین پوست و مغز | ۸۹۲ | ۸۹۵ | ۵۳/۰۳ | ۵۱/۹۶ | ۱۱/۴۴ | ۱۰/۲۰ |
| | نزدیک پوست | ۸۹۲ | | ۵۶/۲۹ | | ۱۰/۲۳ | |
| ۷۵٪ ارتفاع تنه | نزدیک مغز | ۹۱۱ | | ۴۷/۲۶ | | ۸/۹۷ | |
| | بین پوست و مغز | ۹۲۰ | | ۵۳/۴۲ | | ۱۱/۶۸ | |
| | نزدیک پوست | ۹۴۵ | | ۵۷/۲۱ | | ۱۰/۵۰ | |
| ضریب درهم‌رفتگی ($L/d$)[۱] | | ۱۷/۳۱ | | | | | |
| ضریب انعطاف‌پذیری (نرمش) ($c/d\times100$)[۳] | | ۸۰/۳۷۷ | | | | | |
| ضریب رانکل ($2p/c\times100$)[۴] | | ۴۸/۸۲۷ | | | | | |

[۱] طول فیبر
[۲] قطر فیبر
[۳] قطر حفره سلولی
[۴] ضخامت دیواره سلول

با توجه به نتایج اندازه گیری طول الیاف گونه سمر ملاحظه شد که طول الیاف گونه سمر نسبت به نتایج تحقیقات بر روی خصوصیات اساسی چوب کهور ایرانی [۶] و *Prosopis laevigata* کشور مکزیک [۷] کمتر بوده ولی نسبت به نتایج تحقیقات انجام‌گرفته بر روی اکالیپتوس کاملدولنسیس منطقه شمال (زاغمرز) و فارس (جنوب) [۱۱] و اکالیپتوس کاملدولنسیس بهشهر [۱۲]، بیشتر است. پیشرفت در فناوری تولید کاغذ موجب غلبه بر برخی محدودیت های ایجادشده مربوط به طول الیاف شده‌است. به‌عنوان‌مثال برای تهیه کاغذهای خوب که در گذشته فقط از چوب های سوزنی برگ با الیاف بلند استفاده می شد امروزه از برخی گونه های اکالیپتوس نیز استفاده می شود که خود موجب استفاده بهتر از پهن برگان با الیاف کوتاه و نیز افزایش سهم استفاده از آن ها در کارخانه های تولیدکننده خمیرکاغذ شده است [۱۳]. میانگین قطر سلول و ضخامت دیواره الیاف گونه سمر (کهور پاکستانی) از مقادیر تمامی منابع اکالیپتوس به کاررفته در این تحقیق و کهور ایرانی [۱۴] بیشتر است. قطر و ضخامت الیاف، یک ویژگی ارثی است و بین گونه ها متفاوت است و علت تغییر آن در یک‌گونه، بیشتر تابع شرایط آب‌وهوا، خاک و پهنای رویش سالانه می‌باشند. مطابق جدول ۲، ضریب درهم‌رفتگی، ضریب انعطاف‌پذیری و ضریب رانکل، به ترتیب ۱۷/۳۱، ۸۰/۳۷۷ و ۴۸/۸۲۷ اندازه گیری شد. ضریب درهم‌رفتگی این گونه به‌دلیل زیاد بودن قطر سلول در مقایسه با گونه‌های پهن‌برگ کمتر ولی ضریب انعطاف پذیری آن مقاومت بیشتر خمیرکاغذ در مقابل گسیختگی را به‌همراه خواهد داشت.

## ویژگی‌های شیمیایی چوب

کیفیت خمیرکاغذ تحت تأثیر خصوصیات شیمیایی ماده لیگنوسلولزی قرار دارد. مطابق شکل ۱ مقادیر سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر چوب سمر به‌ترتیب به طور متوسط ۴۸/۸۰٪، ۲۳/۲۷٪، ۳/۸۸٪ و ۱/۱ درصد اندازه گیری شد. میزان سلولز، لیگنین و مواد استخراجی گونه‌های سوزنی‌برگ به‌ترتیب بین ۴۵-۴۰، ۳۵-۳۰ و کمتر از ۱۰٪ و گونه‌های پهن‌برگ بین ۴۵-۴۰، ۲۵-۱۷ و کمتر از ۱۰٪ گزارش شدند [۱۵]. گونه سمر در مقایسه با گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ از لیگنین کمتر و مقدار مناسب سلولز برخوردار است.




**شکل ۱- درصد میانگین ترکیبات شیمیایی چوب کهور پاکستانی**

## ویژگی‌های خمیرکاغذ کرافت

بازده و عدد کاپای خمیرکاغذ حاصل از چوب درخت کهور پاکستانی با تغییر شرایط، زمان پخت، دمای پخت و مواد شیمیایی مورداندازه‌گیری قرارگرفت که نتایج حاصل از آن‌ها در جدول ۳ خلاصه شده‌است. بیشترین بازده با میانگین ۴۸/۳۵٪ در شرایط پخت، قلیاییت مؤثر ۱۴٪، زمان

پخت ۲ ساعت و درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین بازده با ۳۹/۷۸٪ در شرایط پخت، قلیاییت مؤثر ۱۸٪، زمان پخت ۳ ساعت و درجه حرارت پخت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. عدد کاپای دو خمیرکاغذ اخیر به‌ترتیب ۳۳/۷۲ و ۲۵/۱۰ اندازه‌گیری شده است.

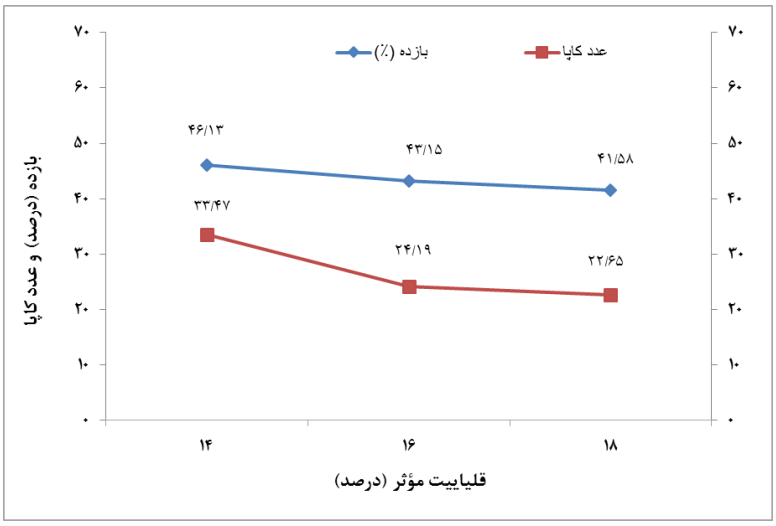
**جدول ۳- نتایج حاصل از اندازه‌گیری بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها**

| کد خمیر کاغذ | قلیاییت مؤثر٪ | زمان پخت ساعت | درجه حرارت پختC° | بازده ٪ | | عدد کاپا | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | تکرار | | تکرار | |
| | | | | A | B | A | B |
| A1 | ۱۴ | ۲ | ۱۷۰ | ۴۸/۸۱ | ۴۷/۸۸ | ۳۵/۱۱ | ۳۲/۳۴ |
| A2 | | ۳ | ۱۷۰ | ۴۶/۷۷ | ۴۴/۷۷ | ۳۴/۸۳ | ۳۳/۴۶ |
| A3 | | ۲ | ۱۸۰ | ۴۴/۸۶ | ۴۵/۶۲ | ۳۲/۷۴ | ۳۵/۱۹ |
| A4 | | ۳ | ۱۸۰ | ۴۴/۷۸ | ۴۵/۵۶ | ۳۱/۹۱ | ۳۲/۱۸ |
| B1 | ۱۶ | ۲ | ۱۷۰ | ۴۴/۸۲ | ۴۴/۶۷ | ۲۶/۸۲ | ۲۵/۹۴ |
| B2 | | ۳ | ۱۷۰ | ۴۳/۹۲ | ۴۲/۸۳ | ۲۳/۸۴ | ۲۴/۳۸ |
| B3 | | ۲ | ۱۸۰ | ۴۲/۷۷ | ۴۳/۰۷ | ۲۴/۰۵ | ۲۴/۹۵ |
| B4 | | ۳ | ۱۸۰ | ۴۱/۵۹ | ۴۱/۵۱ | ۲۱/۷۸ | ۲۱/۷۴ |
| C1 | ۱۸ | ۲ | ۱۷۰ | ۴۳/۴۹ | ۴۲/۴۹ | ۲۲/۸۷ | ۲۳/۹۱ |
| C2 | | ۳ | ۱۷۰ | ۴۲/۹۴ | ۴۱/۹۵ | ۲۰/۳۸ | ۲۰/۶۰ |
| C3 | | ۲ | ۱۸۰ | ۴۱/۲۹ | ۴۰/۹۱ | ۲۱/۲۲ | ۲۱/۹۸ |
| C4 | | ۳ | ۱۸۰ | ۳۹/۹۱ | ۳۹/۶۵ | ۲۴/۸۲ | ۲۵/۳۸ |

نتایج آنالیز بازده و عدد کاپا خمیرکاغذها نشان می دهد که با افزایش میزان قلیائیت مؤثر از ۱۴٪ به ۱۸٪ بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها کاهش یافت که این *اختلاف کاهش در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بازده و عدد کاپا خمیرکاغذ تهیه‌شده در قلیائیت مؤثر ۱۴٪ با ۴۶/۱۳٪ و ۳۳/۴۷ در گروه a و پس‌ازآن بازده و عدد کاپای* خمیرکاغذهای تهیه‌شده در قلیائیت مؤثر ۱۶ و ۱۸ درصد به ترتیب با مقادیر ۴۳/۱۵٪، ۲۴/۱۹ و ۴۱/۵۸٪، ۲۲/۶۵ به‌ترتیب در گروه‌های b و c قرار گرفتند. غلظت قلیاییت مؤثر مهم‌ترین عامل مؤثر در تولید خمیرکاغذ قلیایی است. در جریان واکنش پخت کرافت، کربوهیدرات‌ها به‌ویژه همی‌سلولزها و تا حدودی سلولز تحت تأثیر مواد شیمیایی قرار می گیرند و تااندازه‌ای حل می‌شوند. معمولاً در جریان یک پخت عادی تقریباً ۸۰٪ لیگنین، ۵۰٪ همی‌سلولزها و ۱۰٪ سلولز حل می‌شود [۱۶] که با توجه به نتایج این تحقیق، مشاهده می شود که با افزایش قلیائیت مؤثر از ۱۴٪ به ۱۸٪ بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها کاهش یافته است (شکل ۲).

با تغییر زمان پخت نیز اختلاف بازده و عدد کاپای خمیرکاغذهای تهیه‌شده در زمان پخت ۲ ساعت با بازده ۴۴/۲۲٪ و عدد کاپای ۲۷/۲۶ (هر دو) در گروه a و خمیرکاغذهای تهیه‌شده در زمان پخت ۳ ساعت با بازده ۴۳/۰۲٪ و عدد کاپای ۲۶/۲۸ در گروه b قرار گرفتند. با افزایش زمان پخت مدت تماس و نفوذ ماده شیمیایی به ساختار الیاف افزایش‌یافته و لیگنین بیشتری از الیاف خارج می‌شود، درنتیجه بازده و عدد کاپا خمیرکاغذها به‌دلیل خروج لیگنین و تا حدودی کربوهیدرات‌ها کاهش یافته‌است.

افزایش درجه حرارت پخت باعث افزایش سرعت واکنش می‌شود. با افزایش میزان درجه حرارت پخت بازده خمیرکاغذهای این درخت به‌دلیل خروج بیشتر لیگنین، کاهش یافت که اختلاف کاهش آن‌ها در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی‌دار شد. خمیرکاغذهای تهیه‌شده در درجه حرارت پخت ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب با بازده ۴۴/۶۱٪ و ۴۲/۶۳٪ در گروه‌های a و b قرار گرفتند. اختلاف کاهش عدد کاپای دو خمیرکاغذ اخیر با ۲۷/۰۴ و ۲۶/۵۰ در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار نشد.




**شکل ۲- اثر مستقل افزایش قلیاییت مؤثر بر بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها**

در جدول ۴ گروه‌بندی بازده و عدد کاپای خمیرکاغذها تحت تأثیر متقابل سه تیمار قلیاییت مؤثر، زمان پخت و درجه حرارت پخت نشان داده شده‌است. با توجه به جدول ۴ مشاهده می‌شود که بیشترین بازده با ۴۸/۳۵٪ در شرایط پخت، قلیاییت مؤثر ۱۴٪، زمان پخت ۲ ساعت و درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و کمترین بازده با ۳۹/۷۸٪ در شرایط پخت، قلیاییت مؤثر ۱۸٪، زمان پخت ۳ ساعت و درجه حرارت پخت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمدند. عدد کاپای دو خمیرکاغذ اخیر به‌ترتیب ۳۳/۷۲ و ۲۵/۱۰ اندازه‌گیری شده است.

Ahmed, Aziz و همکاران (۱۹۹۸)، بازده خمیرکاغذ کرافت ضایعات چوبی (Wood waste)، بید لرزان (Aspen)، کاج لابلولی (Loblolly pine) و دوگلاس (Douglas fir) را در شرایط پخت سولفیدیته ۲۵٪، قلیاییت فعال ۲۰٪، زمان پخت ۶۰ دقیقه و درجه حرارت پخت ۱۷۱ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۴۴/۵۰٪، ۵۱٪ و ۴۳/۳۰٪ و ۴۸/۵۰٪ و عدد کاپای آن‌ها را به ترتیب فوق ۲۴/۲۰، ۱۷، ۳۰/۷۰ و ۲۳/۲۰ گزارش کرده‌اند [۱۷] که شرایط پخت و نتایج آن نزدیک به شرایط و نتایج این تحقیق است.

**جدول ۴- گروه‌بندی بازده و عددکاپای خمیرکاغذهای چوب سمر**

| قلیائیت مؤثر (درصد) | زمان پخت (دقیقه) | درجه حرارت پخت (سانتی‌گراد) | بازده | | عددکاپا | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | مقدار٪ | گروه‌بندی | مقدار | گروه‌بندی |
| ۱۴ | ۲ | ۱۷۰ | ۴۸/۳۵ | a | ۳۳/۷۲ | a |
| ۱۴ | ۳ | ۱۷۰ | ۴۵/۷۷ | b | ۳۴/۱۵ | a |
| ۱۴ | ۲ | ۱۸۰ | ۴۵/۲۴ | b | ۳۳/۹۷ | a |
| ۱۴ | ۳ | ۱۸۰ | ۴۵/۱۷ | b | ۳۲/۰۴ | a |
| ۱۶ | ۲ | ۱۷۰ | ۴۴/۷۵ | bc | ۲۶/۸۳ | b |
| ۱۶ | ۳ | ۱۷۰ | ۴۳/۳۸ | cd | ۲۴/۱۱ | c |
| ۱۸ | ۲ | ۱۷۰ | ۴۲/۹۹ | de | ۲۳/۳۹ | cd |
| ۱۶ | ۲ | ۱۸۰ | ۴۲/۹۲ | de | ۲۴/۵۰ | c |
| ۱۸ | ۳ | ۱۷۰ | ۴۲/۴۵ | def | ۲۰/۴۹ | e |
| ۱۶ | ۳ | ۱۸۰ | ۴۱/۵۵ | ef | ۲۱/۷۶ | de |
| ۱۸ | ۲ | ۱۸۰ | ۴۱/۱۰ | fg | ۲۱/۶۰ | de |
| ۱۸ | ۳ | ۱۸۰ | ۳۹/۷۸ | g | ۲۵/۱۰ | bc |

به‌منظور ساخت کاغذ دست‌ساز و مقایسه ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن‌ها، دو خمیرکاغذ A1 و $C_3$ انتخاب (دارای کم‌ترین و بیش‌ترین بازده و عدد کاپا) و تا رسیدن به درجه‌روانی حدود ۴۰۰C.S.F. مورد پالایش قرار گرفتند. میزان تعداد دور پالایشگر برای رسیدن به این میزان در جدول ۵ نشان داده شده‌است. در این جدول (۵)، تأثیر شرایط پخت بر میزان مصرف انرژی برای رسیدن به درجه روانی ثانویه (C.S.F) خمیرکاغذها خلاصه شده است. شرایط دو خمیرکاغذ $A_1$ و $C_3$ به شرح زیر است.

خمیر $A_1$: قلیائیت مؤثر ۱۴٪، زمان پخت ۱۲۰ دقیقه، دما ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، بازده ۴۸/۳۵٪، عدد کاپا ۳۳/۷۲

خمیر $C_3$: قلیائیت مؤثر ۱۸٪، زمان پخت ۱۲۰ دقیقه، دما ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، بازده ۴۱/۱۰٪، عدد کاپا ۲۱/۶۰

از خمیرکاغذهای پالایش‌شده، کاغذهای دست‌ساز ۶۰ گرمی ساخته شد. ویژگی‌های فیزیکی کاغذها اندازه‌گیری و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

**جدول ۵- تعداد دور پالایشگر و درجه روانی خمیرکاغذها**

| کد خمیر | درجه روانی اولیه (C.S.F) | تعداد دور پالایشگر | درجه روانی ثانویه (C.S.F) |
|---|---|---|---|
| $A_1$ | ۸۹۰ | ۷۰۰۰ | ۴۱۰ |
| $C_3$ | ۶۷۵ | ۵۰۰۰ | ۳۸۵ |

**ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز**

مقادیر میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذهای دست‌ساز اندازه‌گیری شد که نتایج حاصل از آن‌ها در جدول ۶ و شکل‌های ۵-۳ نشان داده شده است.

**جدول ۶- مقادیر ویژگی‌های فیزیکی کاغذ حاصل از خمیرکاغذ سمر**

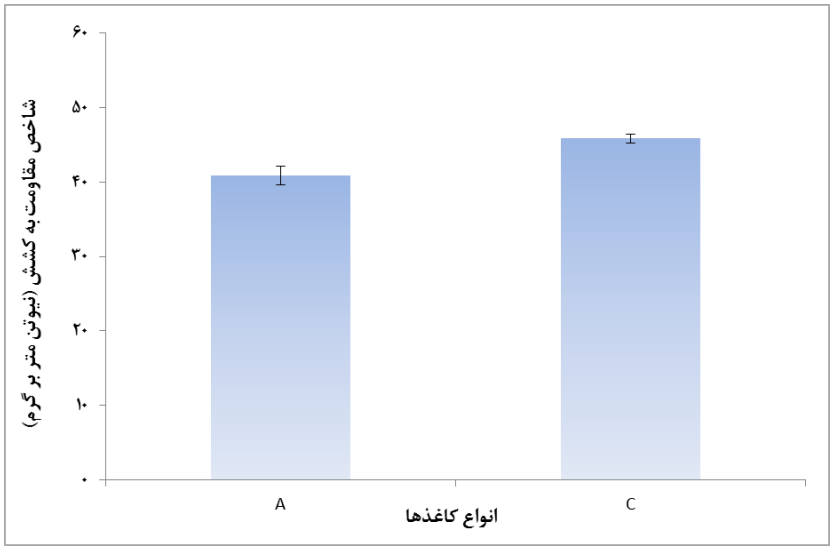
| کد خمیر | ضخامت (mm) | بالک ($cm^3/g$) | دانسیته ($g/cm^3$) | وزن پایه ($g/m^2$) |
|---|---|---|---|---|
| A1 | ۰/۱۰۲۲ | ۱/۶۹ | ۰/۶ | ۶۰/۴۶ |
| C3 | ۰/۱۰۳۲ | ۱/۷ | ۰/۵۸ | ۶۰/۶۲ |

**مقاومت کششی**

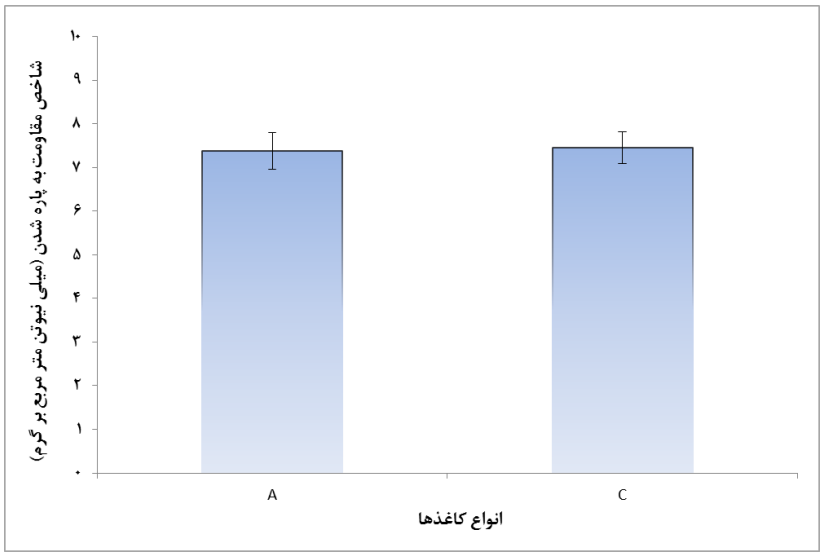
به‌طوری‌که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، مقاومت کششی خمیرکاغذ C بیشتر از خمیرکاغذ A است. نتایج حاصل از آزمون T- Test نشان‌داد که بین شاخص مقاومت کششی کاغذهای حاصل اختلاف معنی‌دار وجود دارد. بیشتر بودن قلیای مؤثر در خمیرکاغذ C(۱۸٪) نسبت به خمیر A(۱۴٪)، موجب خروج بیشتر لیگنین شده که حتی با تعداد دور کمتر پالایش نسبت به خمیر کد A، نتیجه بهتری در شاخص مقاومت کششی ایجاد نموده‌است. مقدار شاخص مقاومت کششی به‌دست‌آمده نسبت به نتایج تحقیقات Khristova و همکاران [۱۸] بر روی اکالیپتوس میکروتکای سودان کمتر است.

**مقاومت به پاره شدن**

مقاومت کاغذ در برابر پاره‌شدن به طول الیاف و ضخامت دیواره سلولی بستگی دارد. به‌عبارتی با افزایش طول الیاف و ضخامت دیواره سلولی، مقاومت به پاره‌شدن کاغذ افزایش می‌یابد و با کاهش طول الیاف در طی پالایش، کاهش می‌یابد [۱۳]. با توجه به شکل ۴ مقدار شاخص مقاومت به پاره‌شدن با نتایج تحقیقات Sharifi [۱۵] بر روی اکالیپتوس کاملدولنسیس جیرفت و نتایج تحقیقات Khristova و همکاران [۱۰] بر روی اکالیپتوس میکروتکای سودان، مطابقت دارد و نسبت به نتایج تحقیقات Rashidi [۱۳] بر روی اکالیپتوس کاملدولنسیس و Bosia [۱۹] بر روی اکالیپتوس کاملدولنسیس کشور پرتغال، بیشتر است. دلیل این تفاوت می‌تواند علاوه بر تفاوت گونه‌ها، به‌دلیل تفاوت شرایط پخت و درصد ترکیبات شیمیایی در این گونه‌ها باشد.



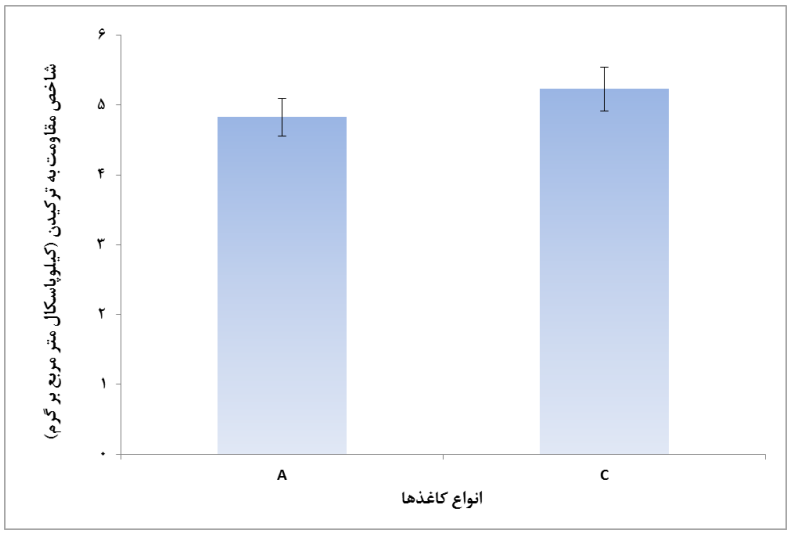

**شکل ۳- مقادیر مقاومت کششی کاغذهای دست‌سازگونه سمر**




**شکل ۴- مقادیر شاخص مقاومت به پاره‌شدن کاغذهای دست‌ساز گونه سمر**

### مقاومت به ترکیدن

هر چه دیواره الیاف نازک‌تر یا انعطاف‌پذیرتر باشد و پالایش بیشتری بر روی آن‌ها انجام‌گیرد، به‌دلیل سطح اتصال و پیوند هیدروژنی بیشتر، مقاومت کاغذ در برابر ترکیدن بیشتر می‌شود [۱۰]. با توجه به شکل ۵ مقدار شاخص مقاومت به ترکیدن گونه سمر با نتایج تحقیقات Khristova و همکاران [۱۸] بر روی اکالیپتوس میکروتکای سودان تقریباً مطابقت دارد ولی نسبت به نتایج تحقیقات Fakhryan و همکاران [۱۱] بر روی اکالیپتوس میکروتکای ممسنی، Sepidehdam [۱۱] بر روی اکالیپتوس کاملدولنسیس دو رویشگاه زاغمرز (شمال) و فارس (جنوب)، نتایج تحقیقات Sharifi [۱۴] بر روی اکالیپتوس کاملدولنسیس جیرفت و نتایج تحقیق Bosia[۲۱] بر روی اکالیپتوس کشور پرتغال، بیشتر است.




**شکل ۵- مقادیر شاخص مقاومت به ترکیدن کاغذهای دست‌ساز گونه سمر**

## نتیجه‌گیری

در این تحقیق ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیومتری الیاف و همچنین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خمیرکاغذهای کرافت چوب کهور پاکستانی (سمر) موردانداز‌ه‌گیری و بررسی قرار گرفت. چوب این درخت سریع‌الرشد در مقایسه با اکثر گونه‌های سریع‌الرشد پهن‌برگ و سوزنی‌برگ از جرم مخصوص بالاتر و ماده چوبی بیشتر در واحد حجم برخوردار است. دامنه بازده خمیرکاغذ کرافت تهیه‌شده در این بررسی بین ۴۸/۳۵-۳۹/۸۷ درصد و عدد کاپای آن‌ها بین ۳۴/۱۵-۲۰/۴۹ اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج این تحقیق مشاهده می‌شود که با تشدید شرایط پخت و پس‌ازآن پالایش، مقاومت خمیرکاغذها افزایش یافت که با افزودن درصدی خمیر الیاف بلند، می‌توان قابلیت کاربرد این خمیرکاغذ در ساخت انواع بیشتری از کاغذ را فراهم کرد. در حال حاضر یکی از مشکلات عمده کارخانه‌های تولید خمیرکاغذ کمبود ماده اولیه لیگنوسلولزی است. شواهد و مطالعات انجام‌گرفته نشان می‌دهد که یکی از گونه‌هایی که در همه نقاط سواحل جنوبی کشور از غربی‌ترین تا شرقی ترین نقاط آن می روید درخت کهور است. این درختان به‌گونه‌ای هستند که در اوج کم‌آبی می‌توانند به حیات خود ادامه دهند و پیشنهاد گسترش کشت آن با هدف تهیه خمیرکاغذ جهت تأمین بخشی از مواد اولیه سلولزی موردنیاز صنایع چوب و کاغذ توصیه می‌گردد.

## مراجع

[1] Ghasemi, A., Hydari, H. and Azadfar, D., 2009. The Effect of The Physico-Chemical Properties of Soils in Water Spreading Zone on Common Mesquite Tree Vegetative Characteristics in Tangestan, Bushehr Province. Wood & Forest Science and Technology, 18(1): 117-122. (In Persian).

[2] Nahali Tahmasebi, M., 2000. Pakistan mesquite ecological assessment to produce compost in the province Hormozgan. Agriculture economy and development. eighth year, 31:305-323.( In Persian).

[3] Saleheh Shooshtari, M. H., Amani, M., Behnamfar, K. and Nanaie, S., 2008. Survey on optimum planting spacing with three leguminous species in rain fed system (pure and mixed) on sandy hills of Khouzestan. Iran. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 16 (1): 74-86.( In Persian).

[4] Zaboli, A., 2013. Iran's largest mesquite forests under threat. ww w.farsnews.com/newstext.php?nn=13911015000062. ( In Persian).

[5] Guha, S. RD. and Gupta, RK., 1970. Production of writing and printing papers from Prosopis juliflora. Journal Indian Forester, 96 (6): 429-32.

[6] *Toghraie, N., Riyahi, H. and Hosseinzadeh,* H., 2005. A study of mesquite wood (*Prosopis spicigera L.*) in Khuzistan, Iran. Pajouhesh & Sazandegi, 73:117-122. (In Persian).

[7] Carrillo-Parra, P., 2007. Technological Investigation of Prosopis Laevigata Wood from, Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology of the University Northeast Mexico. Doctor of Phlosophy of Göttingen, 137 P.

[8] Ogunwusi, A. A., 2012. The effect of chips storage on pulp and papermaking properties of mixed tropical species. Journal of research in national development, 10 (2): 18- 25.

[9] Choudhury, K.C., Sridhar ,P., Agarwal naveen, Singh amar and Raina, R.L., 2008. Selection of alternate raw material among the locally available species. IPPaTTA, J., VOl. 2: 119 P.

[10] Franklin, G. L., 1954. A rapid method of softening wood for microtome sectioning Tropical Woods, Wood 88: 86-88.

[11] Rashidi, M.,2002. Investigate the chemical kraft pulp produced from eucalyptus wood and replaced them with long fiber pulp CMP to improve the quality of imported newsprint in Mazandaran Wood and Paper. Master's thesis, Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,63 P.(In Persian).

[12] Sepidehdam, S. J., 1998. Investigation on properties of NSSC Pulp from *Eucalyptus camaldulensis* wood grown in Zaghmarz & Fars province. Wood and Paper Research, Islamic Republic of Iran, Ministry of Jahad-e-Keshavarzi, Research Institute of Forest and Rengelands, 182:65- 148.(In Persian).

[13] Mahdavi, S., Hosseinzadeh, A., Familian, H. and Habibi, M. R.,2004. Investigation on relation of fiber dimention and wood density with age and ring width in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Islamic Republic of Iran, Ministry of Jahad-e-Keshavarzi, Research Institute of Forest and Rengelands, 19 (1):69-97. (In Persian).

[14] Higgins, H.G. and Puri,V., 1976. Chemitermomechanical pulp from young Eucalyptus. Ist Latin Am. Congr. On pulp and paper, Buenos Aier-Argentin. 3: 39-46.

[15] Sharifi, S., 1386. Evaluation of mechanical properties of jumping *E. camaldulensis* trunks of Jiroft province and Experimental pulping neutral sulfite semi-chemical method(NSSC). Master's thesis, Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 113 p. (In Persian).

[16] Mirshokraei, S. A. and SAdeqifard, H.,2002. The Chemistry of Paper, Ayyzh publications, 184 p. (In Persian).

[17] Mirshokraei, S. A., 1997. Handbook for pulp and paper technologists,. Payamenoor University, 80p. (In Persian).

[18] Ahmed, A., Akhtar, M. M. and Gary, C. S., 1998. Kraft pulping of industrial wood waste. Pulping Conference, October 25-29., Queen Elizabeth Hotel, Montreal, Quebec, Canada, Atlanta, GA : TAPPI Press. P 993-1000.

[19] Khristova, P., 2000. Pulping potential of some exotic hardwoods grown in Sudan. Tropical Sci,40:11-19.

[20] Khristova, P., Kordsachia, O., Patt, R. and Dafaalla, S., 2006. Alkaline pulping of some Eucalyptus from sudan. Bioresource Technology,97: 535-544.

[21] Bosia, A. and Lorenz, C., 1965. Paper making properties of six further species of Eucalyptus, Cellulosa Carta,16 (9): 7-27.

[22] Fakhryan, A., Hosseinzadeh, A., Golbabaei, F. and Hosseinkhani, H., 2004. Investigation on Delignification and pulping of Spruce(Picea abies). Islamic Republic of Iran, Ministry of Jahad-e-Keshavarzi, Research Institute of Forest and Rengelands, 18 (2):219-239. (In Persian).

[23] Bosia, A.,1963. Pulping and Papermaking Properties of Fast Growing plantation wood species. The FAO technical papers. 1:10-19.

# Evalution of *Prosopis juliflora* (Mesquite) potential in Kraft pulping

**Abstract**

In this research, physical, biometrical and chemical properties of *Prosopis juliflora* wood as well as physical and mechanical properties of kraft pulp from this species were investigated and calculated. Dry and critical densities of *Prosopis juliflora* were 0.806 and 0.696 g/cm$^3$, respectively. Fiber length was 895$\mu m$, and cellulose, lignin, extractives, and ash were 48.80%, 23.66%, 3.88%, and 1.1%, respectively. The preparation conditions of Kraft pulp were as follows: effective alkaline 14, 16 and 18%, cooking time 120 and 180 min, temperature of cooking 170 and 180 ˚C and $L/W$ ratio 5 to 1. After calculating the amounts of yield and Kappa number of pulps, two treatments were determined. The freeness of two pulps was achieved approximately 400 (CSF) by refining. Then, physical and mechanical properties of the handsheets were calculated. Finally, statistical analysis of pulp and handsets data were performed by completely randomized factorial, duncan and T-test methods. The results showed that the handsheets resulted from produced Kraft pulp under the following conditions had better mechanical properties: effective alkaline of 18%, cooking time of 120 minutes, and cooking temperature of 180˚C. The investigation results showed that *Prosopis juliflora* of south regions of the country has suitable properties for Kraft pulp preparation in comparison to other similar hardwood species and development of its planting is recommended in the region.

**Keywords:** *Prosopis juliflora*, Kraft pulp, physical properties, chemical properties, mechanical properties.

**A. Fakhryan Roghani**[1*]
**R. Yazdani**[2]
**A. Ghasemian**[3]
**H. Resalati**[4]

[1]Head of the Wood Chemistry and Papermaking Laboratories, Forest and Rangelands Research Institute,Tehran, Iran.

[2] M.Sc in Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, province: Golestan, Iran.

[3]Associate Prof. in Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, province: Golestan, Iran.

[4] Prof. Dept. of Pulp and Paper Sciences and Technology, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran.

Corresponding author:
fakhryan@rifr-ac.ir

Received: 2015.03.30
Accepted: 2015.07.25