

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران  
دوره ۶۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۰۴

ص ۶۲۵-۶۳۵

## بررسی جایگزینی تولید روزنامه چوب و کاغذ مازندران با مخلوط گونه‌ها برویژگی‌های خمیر کاغذ CMP

- ❖ **مجتبی گلی\***؛ دانش آموخته گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ❖ **سیدمجید ذبیح زاده**؛ دانشیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ❖ **قاسم اسدپوراتوئی**؛ استادیار گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
- ❖ **علی برزن**؛ دانشجوی دکتری گروه مهندسی چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

### چکیده

با توجه به محدودیت منابع جنگلی به ویژه در مورد گونه‌های مصرفی کارخانه چوب و کاغذ مازندران (راش و ممرز)، در این تحقیق تاثیر اختلاط چوب گونه‌های پهن برگ جنگلی شامل بلوط، افرا، توسکا و کلهو و گونه‌های پهن برگ غیرجنگلی شامل بید و صنوبر با جایگزینی گونه‌های مصرفی کارخانه فوق‌الذکر بر ویژگی‌های کاغذ روزنامه ساخته شده بررسی شد. پس از تهیه خمیر کاغذ CMP مطابق با شرایط بازده ۸۵ درصد، زمان‌های متفاوت پخت (۶۰-۲۵ دقیقه)، درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت مایع پخت به خرده چوب، ۷ به ۱ و ساخت کاغذهای دست ساز استاندارد ۶۰ گرم بر متر مربع، ویژگی‌های مکانیکی و نوری کاغذهای آنها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان درصد گونه صنوبر، کیفیت کاغذ ساخته شده نیز افزایش یافته و بهترین ویژگی‌های مقاومتی و نوری مربوط به تیمارهای با مقادیر بالای گونه ممرز و یا صنوبر بوده است. هر چند که با استفاده از درصدهای کم سایر گونه‌ها نیز در ترکیب با درصد بیشتر صنوبر می‌توان به نتایج قابل قبولی دست یافت.

**واژگان کلیدی:** گونه‌های پهن برگ جنگلی و غیرجنگلی، کاغذ روزنامه، خمیر کاغذ CMP، ویژگی‌های نوری و مکانیکی.

## مقدمه

در سال‌های اخیر با افزایش جمعیت و توسعه فناوری، نیاز به کاغذ افزایش قابل توجهی داشته و این در حالی است که سطح جنگل‌ها بر اثر عوامل مخرب و بهره‌برداری بی‌رویه، محدود شده است. به‌منظور جبران کمبود مواد اولیه سلولزی مورد نیاز صنایع چوب و کاغذ کشور از جمله شرکت چوب و کاغذ مازندران، بکارگیری چوب گونه‌های تند رشد و تعیین قابلیت‌های کمی و کیفی آن‌ها برای تولید کاغذ مکانیکی چاپ و روزنامه ضروری است. کارخانه صنایع چوب و کاغذ مازندران بزرگترین کارخانه تولید کاغذ روزنامه در ایران می‌باشد. ترکیب خمیر کاغذ مورد استفاده در تولید کاغذ روزنامه شامل ۸۳ درصد خمیر CMP حاصل از چوب گونه‌های ممرز، راش و صنوبر به همراه ۱۷ درصد خمیر الیاف بلند کرافت سفید شده می‌باشد [۱، ۲]. با توجه به اینکه صنایع چوب و کاغذ مازندران بر مبنای استفاده از گونه‌های چوبی راش و ممرز طراحی شده و ماده اولیه خود را از جنگل‌های شمال کشور و گونه‌های باغی تامین می‌نماید؛ اما به علت کمبود این ۲ گونه و همچنین هزینه زیاد واردات خمیر کاغذ الیاف بلند سوزنی‌برگ، این کارخانه پس از بررسی‌های انجام شده قسمتی از ماده اولیه خود را با صنوبر جایگزین نموده است. با توجه کمبود و کاهش روز افزون گونه‌های راش و ممرز؛ بررسی امکان استفاده از گونه‌های دیگر چوبی جهت جایگزینی بیشتر با این دو گونه چوبی به عنوان ماده اولیه ضروری است. تاکنون تحقیقات زیادی در این خصوص صورت گرفته که به ذکر برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

حسین زاده و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی امکان بکارگیری چوب گونه بید با نسبت‌های مختلف

اختلاط با سایر گونه‌های چوبی مصرفی در کارخانه چوب و کاغذ مازندران بر خواص نوری و مکانیکی کاغذ روزنامه حاصل از خمیر شیمیایی/مکانیکی به این نتیجه رسیدند که با افزایش نسبت اختلاط خمیر بید، میزان روشنی کاغذ کاهش و میزان زردی و ماتی کاغذ افزایش می‌یابد، ولی مقاومت در برابر پارگی و مقاومت در برابر کشش در شرایط نسبتاً برابر با کاغذهای کارخانه قرار داشتند [۳].

زینلی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی تاثیر استفاده از چوب شاخه ممرز و راش در ترکیب چوب تنه مخلوط پهن‌برگ بر ویژگی‌های خمیر کاغذ CMP به این نتیجه رسیدند که با افزایش چوب شاخه در مخلوط تنه پهن‌برگ، خواص نوری و مقاومتی کاغذ به دست آمده اندکی کم شد، ولی استفاده از چوب شاخه تا حدود ۴۰ درصد در ترکیب نهایی ماده اولیه مصرفی برای ساخت خمیر کاغذ CMP قابل توصیه است [۴].

گلی و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر اختلاط گونه غان با دو گونه جنگلی ممرز و راش را با حفظ نسبت اختلاط با ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۱۰۰ درصد غان در ترکیب با دو گونه جنگلی راش و ممرز در شرکت چوب و کاغذ مازندران در تولید خمیر کاغذ CMP مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان اختلاط چوب غان، بین میانگین ویژگی‌های مورد بررسی خمیر کاغذ CMP، اختلاف معنی‌داری وجود دارد و همه این ویژگی‌ها به جز ماتی کاغذ بهبود یافته‌اند [۵]. این تحقیق با اهداف: ۱. جایگزینی گونه‌های جنگلی مورد استفاده در صنایع چوب و کاغذ مازندران با مخلوط سایر گونه‌های پهن‌برگ جنگلی و غیرجنگلی ۲. تعیین قابلیت‌های کمی و کیفی چوب گونه‌های پهن‌برگ جنگلی و غیرجنگلی برای ساخت کاغذ

دیواره، قطر و قطر حفره سلولی ۳۰۰ عدد لیف از هر گونه چوبی اندازه‌گیری شدند [۶]. در ادامه برای محاسبه ضرایب کاغذسازی از روابط زیر استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۱. استانداردهای آماده‌سازی و تعیین ویژگی‌های شیمیایی چوب

شماره استاندارد	نوع آزمون
T ۲۵۷ cm-۸۵	تهیه آرد چوب
T۲۲۲ om - ۹۸	لیگنین
T۲۰۴ cm - ۹۷	مواد استخراجی محلول در استون
T ۲۶۴ om-۸۸	سلولز (روش اسید نیتریک)
T۲۱۱ om - ۹۳	خاکستر

جدول ۲. ضرایب بیومتریکی

فرمول	ضریب
L/d	در هم رفتگی (ضریب لاغری)
C/d×100	نرمش (انعطاف پذیری)
2P/C×100	مقاومت به پارگی (رانکل)

L= طول الیاف، C= قطر حفره سلولی، P= ضخامت دیواره سلولی، d= قطر الیاف

### تولید خمیر کاغذ

برای انجام عملیات پخت شیمیایی / مکانیکی و تهیه کاغذ، ترکیب خرده چوب‌ها در نه تیمار مورد استفاده قرار گرفته و با استفاده از ۱۴ درصد سدیم سولفیت، تحت دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، با نسبت مایع به خرده چوب ۷ به ۱ (مایع پخت مورد استفاده در این تحقیق، مایع پخت مورد استفاده در چوب و کاغذ مازندران برای پخت بوده است) و بازه زمانی ۲۵ تا ۶۰ دقیقه به منظور دستیابی به بازده حدود ۸۵ درصد (بازده مورد نظر در کارخانه چوب و کاغذ مازندران)، با سه تکرار پخت شدند (جدول ۳). در ادامه پس از پخت، خرده چوب‌های پیش تیمار شده شستشو داده شده و پس از دفییره نمودن، بر اساس استاندارد T۲۴۸sp-۰۰

روزنامه و چاپ مکانیکی ۳. تعیین گونه‌های مناسب برای تولید کاغذ روزنامه و چاپ مکانیکی ۴. بهبود خواص نوری و چاپ‌پذیری کاغذ با استفاده از اختلاط گونه‌های مناسب ۵. بکارگیری نتایج به دست آمده در بخش جنگل و صنعت ۶. مقایسه خواص خمیر کاغذهای تولید شده صورت گرفته است.

### مواد روش‌ها

#### نمونه برداری

گونه‌های چوبی مورد استفاده در این تحقیق از جنگل‌های طبیعی و دست‌کاشت شمال کشور تهیه شدند. پس از قطع درخت‌های راش، ممرز، بلوط، افرا، توسکا، کلهو (گونه‌های جنگلی) و بید و صنوبر (گونه‌های غیر جنگلی)، عمل پوست‌کنی انجام و با استفاده از خردکن صنعتی، خرده چوب‌هایی با طول ۲۵ تا ۳۰، عرض ۲۰ و ضخامت ۵ میلی‌متر تهیه شد. از خرده چوب‌های حاصل به طور کاملاً تصادفی نمونه‌گیری شد. مقدار معینی از نمونه‌ها ابتدا توزین شده و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای  $103 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد در خشک‌کن آزمایشگاهی قرار گرفته و خشک شدند. بعد از توزین مجدد و تعیین وزن خشک، درصد رطوبت نمونه‌ها مشخص شد.

#### تعیین درصد مواد شیمیایی گونه‌های مصرفی

آماده‌سازی آرد چوب و اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی گونه‌های تهیه شده بر اساس استانداردهای مربوط به آیین نامه TAPPI انجام شد (جدول ۱).

اندازه‌گیری ابعاد الیاف و تعیین ضرایب بیومتریکی آماده‌سازی و جداسازی الیاف با استفاده از روش فرانکلین (۱۹۵۴) انجام شده و سپس طول، ضخامت

## اندازه گیری خواص فیزیکی کاغذ

### الف) دانسیته

با افزایش درصد صنوبر در تیمارها و کاهش سهم الیاف ممرز و راش، دانسیته کاغذ افزایش می یابد. افزایش دانسیته کاغذ می تواند در ویژگی های مقاومتی کاغذ تاثیر گذار باشد که در بخش مربوطه اشاره خواهد شد. با توجه به شکل ۱ بیشترین دانسیته کاغذها مربوط به تیمارهایی است که دارای درصد صنوبر بیشتری هستند.

### ویژگی های مقاومتی کاغذ

در شکل های مورد استفاده ترکیب گونه ها در سه تیمار اولیه دارای گونه های ممرز و راش بوده و در شش تیمار بعد این دو گونه حذف شده و سایر گونه ها جایگزین آن شده اند. مخلوط خمیر کاغذ در تیمارهای A، B، C شامل گونه های صنوبر، راش، ممرز، تیمارهای D، E، F ترکیب گونه های صنوبر، بلوط، افرا، توسکا و تیمارهای G، H، I را ترکیب گونه های صنوبر، بلوط، افرا، توسکا، کلهو و بید تشکیل داده است. بر این اساس پخت های انجام شده در سه طبقه قرار داشته (طبقه ۱: A، B، C؛ طبقه ۲: E، F، G؛ طبقه ۳: I، H، G) و درصد مصرف صنوبر در هر طبقه به صورت ثابت افزایش می یابد.

### شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذ

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت در برابر کشش خمیر کاغذ های حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر اندازه گیری شده را در ۵ گروه قرار داده است (شکل ۲). مقاومت در برابر کشش با افزایش طول، انعطاف پذیری و سطح اتصال بین الیاف افزایش

آئین نامه تاپی<sup>۱</sup> و با دستگاه PFI mil تا درجه روانی حدود  $CSF 325 \pm 25$  پالایش شده و از آن ها کاغذ دست ساز آزمایشگاهی (۶۰ گرم بر مترمربع) ساخته شد.

### اندازه گیری ویژگی های فیزیکی نوری و مقاومتی کاغذ

ویژگی های کیفی کاغذ شامل ویژگی های نوری و مقاومتی طبق دستورالعمل های آئین نامه تاپی به ترتیب زیر اندازه گیری شدند: درجه روشنی ( $T4520m-02$ )، ماتی ( $T4250m-01$ )، مقاومت در برابر کشش (۹۲- $T4040m$ )، مقاومت در برابر ترکیدن ( $T4030m-02$ )، مقاومت در برابر پاره شدن ( $T4140m-04$ ).

## تجزیه و تحلیل آماری

طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق، از نوع کاملاً تصادفی بوده و برای مقایسه و تحلیل داده های حاصل از اندازه گیری ویژگی های نوری و مکانیکی کاغذ های ساخته شده از آزمون تجزیه واریانس با استفاده از توسط نرم افزار آماری SPSS استفاده شده است. مقایسه میانگین ها داده ها نیز به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان آماری ۹۵ درصد انجام گرفت.

## نتایج و بحث

### ترکیبات شیمیایی و ضرایب بیومتری

مقادیر ترکیبات شیمیایی و ضرایب بیومتری گونه های مختلف مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۴ نشان داده شده است.

#### 1. Technical Association Of The Pulp & Paper Industry

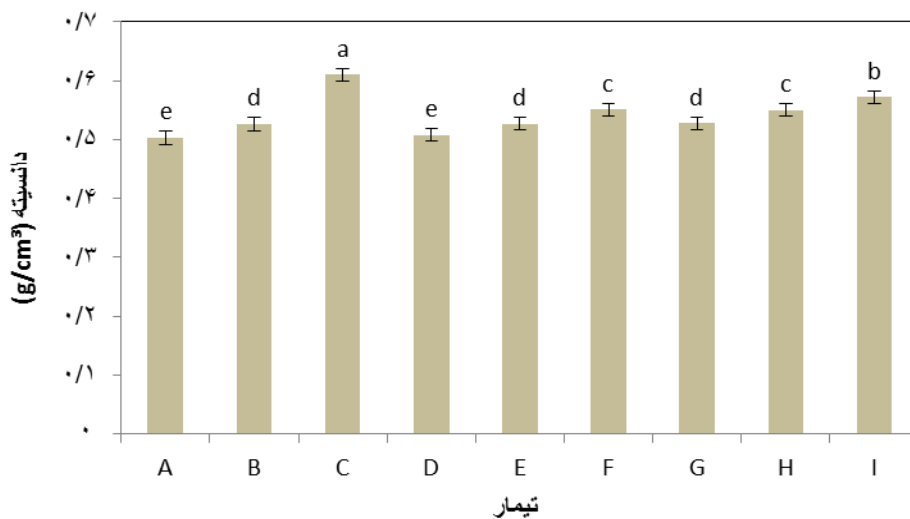
\* ماده شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق سدیم سولفیت بوده است. سدیم سولفیت در محیط واکنش به  $Na_2O$  و  $SO_2$  فعال تبدیل شده و با دانستن غلظت این دو ماده در لیکور پخت، می توان میزان حجمی یا وزنی ماده شیمیایی مورد نیاز برای پخت را (با توجه به ثابت بودن غلظت لیکور مصرفی) تعیین نمود. میزان غلظت  $Na_2O$  و  $SO_2$  در لیکور پخت صنایع چوب و کاغذ سازندگان به ترتیب ۱۰۱ و ۱۱۵ گرم بر لیتر می باشد.

جدول ۳. عوامل و شرایط پخت

کد تیمار (درصدوزنی)									عوامل و شرایط پخت
I	H	G	F	E	D	C	B	A	
-	-	-	-	-	-	۱۰	۱۵	۲۰	راش
۶۰	۴۰	۲۰	۶۰	۴۰	۲۰	۶۰	۴۰	۲۰	صنوبر
-	-	-	-	-	-	۳۰	۴۵	۶۰	ممرز
۵	۷/۵	۱۰	۱۰	۱۵	۲۰	-	-	-	بلوط
۲۰	۳۰	۴۰	۲۰	۳۰	۴۰	-	-	-	افرا
۵	۷/۵	۱۰	۱۰	۱۵	۲۰	-	-	-	توسکا
۵	۷/۵	۱۰	-	-	-	-	-	-	کلهو
۵	۷/۵	۱۰	-	-	-	-	-	-	بید
۶۰	۵۰	۴۰	۵۰	۴۰	۳۰	۴۵	۳۵	۲۵	زمان پخت (دقیقه)
۸۳/۵	۸۳/۷	۸۴/۷	۸۴	۸۴/۷	۸۵	۸۴/۶	۸۴/۲	۸۴/۵	بازده (درصد)

جدول ۴. ویژگی‌های الیاف و ترکیبات شیمیایی گونه‌های مختلف

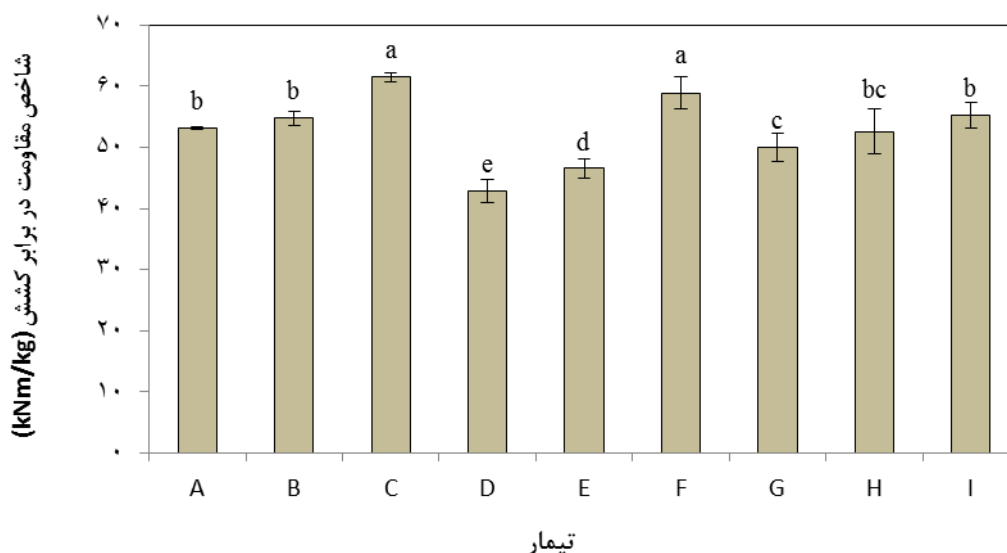
بید	صنوبر	بلوط	کلهو	ممرز	افرا	توسکا	راش	ویژگی‌های الیاف و ترکیب شیمیایی
۳/۸۳	۵/۱۴	۶/۷۰	۵/۲۴	۵/۹۸	۴/۲۴	۵/۳۷	۶/۳۴	ضخامت دیواره (μm)
۱۴/۲۶	۱۵/۴۰	۵/۱۴	۱۲/۷۴	۱۱/۶۶	۱۵/۷۱	۲۷/۲۶	۷/۲۲	قطر حفره (μm)
۲۱/۹۲	۲۵/۶۸	۱۸/۵۴	۲۳/۲۲	۲۳/۶۲	۲۴/۱۹	۳۸	۱۹/۹۰	قطر کلی (μm)
۰/۹۲	۱/۰۷	۱/۲۶	۱/۱۶	۱/۵۴	۰/۹۰	۱/۴۸	۱/۴۵	طول (mm)
۵۳/۶۸	۶۷/۲۹	۲۶۰/۷۱	۸۲/۳۱	۱۰۲/۶۶	۵۳/۸۹	۳۹/۴۱	۶۳/۷۵	ضریب رانکل
۶۵/۰۷	۵۹/۷۷	۲/۷۲	۵۴/۶۵	۳۴/۸۹	۶۴/۹۸	۷۱/۷۳	۷۳/۰۳	ضریب انعطاف‌پذیری
۴۲/۲۴	۴۰/۶۷	۶۸/۰۴	۴۹/۷۰	۵۹/۱۹	۱۰/۹۴	۳۹/۰۶	۷۳/۰۳	ضریب در هم رفتگی
۱/۳۱	۰/۴۸	۱/۶۷	۱	۰/۷۵	۰/۶۶	۰/۶۷	۱/۲۹	خاکستر (درصد)
۵	۳/۳۳	۱۲/۱۶	۴/۸۳	۴/۵۲	۴/۶۶	۳/۵۰	۱۰/۶۶	مواد استخراجی (درصد)
۲۵/۵۰	۲۲/۷۰	۲۸/۴۰	۲۲/۲۰	۱۹/۳۰	۲۵/۶۰	۲۷/۵۰	۲۲/۴۶	لیگنین (درصد)
۴۵/۶۱	۵۱/۵۶	۴۰/۹۵	۴۷/۴۶	۴۶	۴۶/۰۸	۴۸/۰۳	۴۲/۵۸	سلولز (درصد)



شکل ۱. دانسیته کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف ماده اولیه

استخراجی می‌باشند (جدول ۴). این ویژگی‌ها می‌تواند با تاثیر منفی بر روی سطح و میزان اتصال بین الیاف، میزان مقاومت در برابر کشش را کاهش دهد [۹]. با توجه به نتایج، میزان شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذها حاصل از تیمارهایی که در آن‌ها از درصد بالاتری بلوط استفاده شده، از مقدار کمتری برخوردار بوده‌اند که احتمالاً دلیل آن کمتر بودن میزان اتصال بین الیاف، در نتیجه کم بودن میزان انعطاف‌پذیری الیاف بلوط می‌باشد.

می‌یابد [۷، ۹]. در تیمارهای آزمایش با افزایش درصد مصرف صنوبر میزان شاخص مقاومت به کشش خمیرکاغذهای حاصل افزایش می‌یابد که احتمالاً دلیل آن افزایش سطح اتصال بین الیاف خمیرکاغذهای حاصل، در نتیجه بالا بودن ضریب انعطاف‌پذیری صنوبر و در کنار آن کم بودن میزان لیگنین و زیاد بودن میزان سلولز صنوبر در مقایسه با گونه‌های دیگر می‌باشد (جدول ۴). میزان ضریب انعطاف‌پذیری بلوط در بین گونه‌های مورد استفاده از همه کمتر بوده و الیاف آن دارای بیشترین مقدار لیگنین و مواد

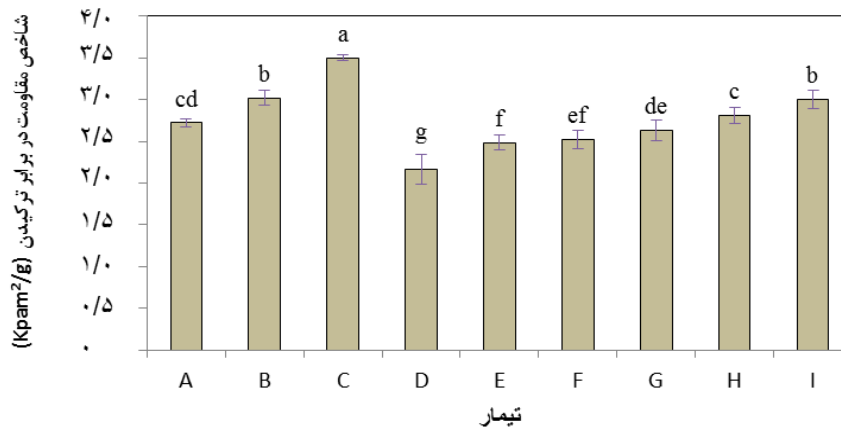


شکل ۲. شاخص مقاومت در برابر کشش کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف ماده اولیه

مقاومت در برابر ترکیدن و مقاومت در برابر کشش کاغذ همواره رابطه نسبتاً مستقیم وجود دارد و این دو پارامتر عموماً متأثر از سطح اتصال بین الیاف قرار می‌گیرد، لذا روند تغییرات مقادیر شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف پخت، مشابه با تغییرات شاخص مقاومت در برابر کشش بوده است.

#### شاخص مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت در برابر ترکیدن خمیرکاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر اندازه‌گیری شده را در ۷ گروه قرار داده است (شکل ۳). با توجه به این که بین ویژگی‌های

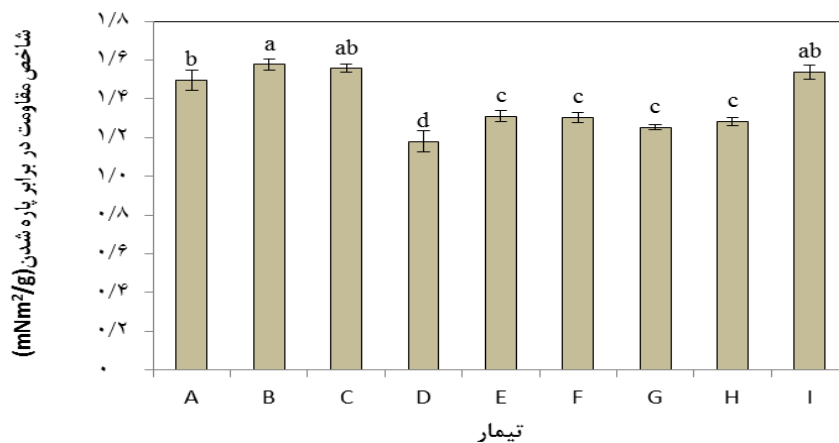


شکل ۳. شاخص مقاومت در برابر ترک‌شدن کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف ماده اولیه

دلیل آن ضریب انطاف‌پذیری زیاد صنوبر و در کنار آن کم بودن میزان لیگنین و زیاد بودن میزان سلولز صنوبر در مقایسه با گونه‌های دیگر است (جدول ۴)، زیرا این ویژگی‌ها می‌تواند با افزایش سطح و میزان پیوند بین الیاف، شاخص مقاومت به پاره شدن خمیر کاغذهای حاصل را افزایش دهد [۹]. در بین تیمارهای انجام شده، خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهایی که در آنها از افرا و بید استفاده شده از میزان شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کمتری برخوردار بوده است که احتمالاً دلیل آن کوتاه بودن طول الیاف این دو گونه در مقایسه با گونه‌های دیگر مورد استفاده در این تحقیق می‌باشد.

#### شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین شاخص مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر اندازه‌گیری شده را در ۳ گروه قرار داده است (شکل ۴). مقاومت به پاره شدن کاغذ تحت تاثیر طول و تا حدودی سطح پیوند بین الیاف بوده و با افزایش این دو عامل مقاومت به پاره شدن افزایش می‌یابد [۷]. در تیمارهای آزمایش با افزایش درصد مصرف صنوبر میزان شاخص مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذهای حاصل افزایش می‌یابد که احتمالاً



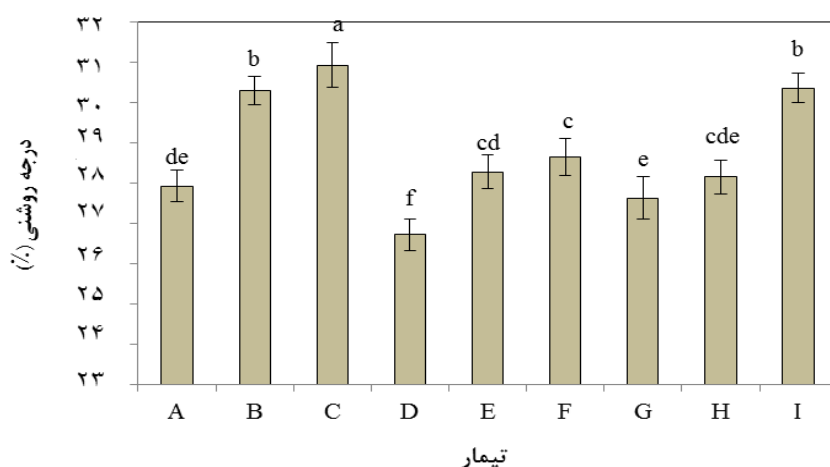
شکل ۴. شاخص مقاومت در برابر پاره شدن کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف ماده اولیه

## ویژگی‌های نوری

## درجه روشنی کاغذ

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین درجه روشنی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر اندازه‌گیری شده را در ۶ گروه قرار داده است (شکل ۵). درجه روشنی خمیر کاغذ شاخصی از زردی خمیر کاغذ بوده و با افزایش درصد گروه‌های رنگ‌ساز موجود در لیگنین و مواد استخراجی موجود در ساختار دیواره الیاف خمیر کاغذ میزان آن کاهش می‌یابد [۷، ۹]. با افزایش زمان پخت میزان تشکیل گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین افزایش یافته که این امر می‌تواند سبب افزایش زردی و کاهش درصد روشنی خمیر کاغذ شود [۹]. با توجه به نتایج، درجه روشنی طبقه اول تیمارها نسبت به طبقه‌های دوم و سوم بیشتر شده است. میزان لیگنین راش، ممرز و سلولز نسبت به گونه‌های دیگر کمتر بوده و میزان پخت خرده‌چوب‌ها در تیمارهای طبقه اول نسبت به طبقه‌های دیگر کم‌تر می‌باشد (جدول ۳). به نظر می‌رسد به دلیل کمتر بودن زمان پخت و

کمتر بودن درصد لیگنین گونه‌های به کار رفته در این طبقه نسبت به طبقه‌های دیگر (جدول ۴)، میزان گروه‌های رنگ‌ساز موجود در ساختار لیگنین این تیمارها نسبت به تیمارهای طبقه‌های دیگر کمتر بوده و در نتیجه میزان درجه روشنی تیمارهای طبقه اول نسبت به طبقه‌های دیگر بیشتر شده است [۹]. همچنین با توجه به نتایج با افزایش درصد مصرف صنوبر در تیمارهای مختلف این سه طبقه، میزان درصد روشنی افزایش پیدا نموده است. عموماً صنوبر گونه‌ای با رنگ روشن بوده و درصد سلولز این گونه نسبت به گونه‌های به کار رفته در این تحقیق بیشتر بوده و میزان لیگنین آن نیز معادل یا کمتر از گونه‌های به کار رفته در این تحقیق است (جدول ۴). به نظر می‌رسد با افزایش درصد مصرف صنوبر در تیمارهای این تحقیق، میزان درصد کلی لیگنین (که در طی پخت می‌تواند تغییر ساختار داده و گروه‌های جاذب نور در آن تشکیل شود) و سلولز خمیر کاغذهای حاصل به ترتیب کاهش و افزایش یافته و این پدیده سبب افزایش درجه روشنی خمیر کاغذهای حاصل در پی افزایش درصد مصرف صنوبر شده است.



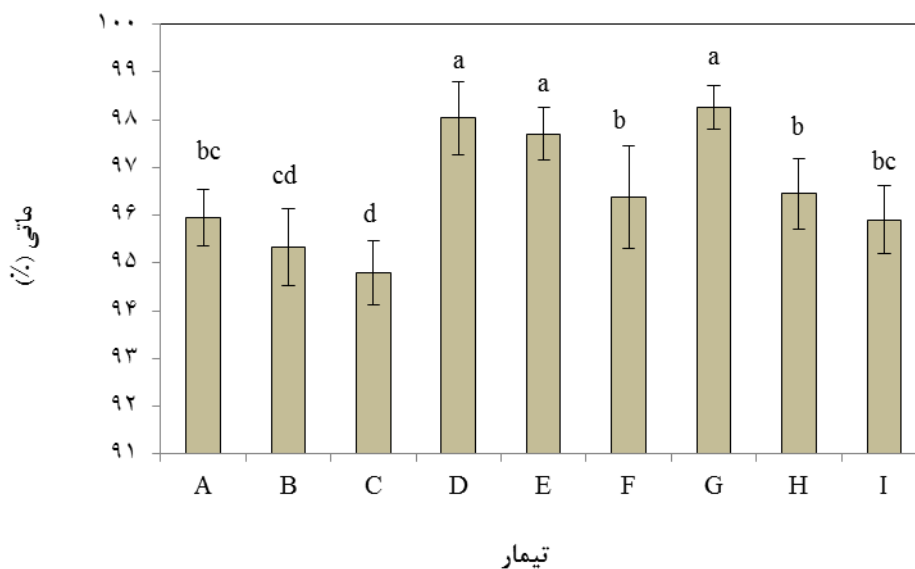
شکل ۵. درجه روشنی کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف ماده اولیه



## ماتی کاغذ

نتایج حاصل از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که بین ماتی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف آزمایش در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد و آزمون دانکن مقادیر اندازه‌گیری شده را در ۴ گروه قرار داده است (شکل ۶). ماتی خمیر کاغذ با افزایش سطح پیوند و کاهش حجمی کاغذ در نتیجه کاهش تفرق تور کاهش می‌یابد [۹]. میزان سطح اتصال و پیوند الیاف با افزایش درصد سلولز و همچنین انعطاف‌پذیری الیاف افزایش می‌یابد [۸، ۹]. با توجه به نتایج، با افزایش درصد مصرف صنوبر میزان ماتی کاهش پیدا نموده است. الیاف صنوبر در میان گونه‌های مورد استفاده از این تحقیق از ضریب انعطاف‌پذیری و درصد سلولز زیاد و لیگنین کمی برخوردار بوده (جدول ۴) که این امر قابلیت الیاف این گونه را برای افزایش

سطح پیوند و کاهش تفرق نور افزایش داده و در نتیجه این پدیده، ماتی با افزایش درصد مصرف صنوبر کاهش پیدا می‌کند. با کاهش طول و افزایش سطح ویژه الیاف، میزان ماتی کاغذ در نتیجه افزایش درصد پراکنش نور افزایش می‌یابد [۷، ۹]. میزان ضریب انعطاف‌پذیری و درصد لیگنین الیاف بلوط در مقایسه با گونه‌های دیگر به ترتیب کمترین و بیشترین بوده و در بین گونه‌های مورد استفاده میزان طول الیاف افزای سایر گونه‌ها کمتر است (جدول ۴). با توجه به نتایج، ماتی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهایی که در آنها از گونه افزا و بلوط بیشتری استفاده شده است، نسبت به تیمارهای دیگر بیشتر بوده که احتمالاً دلیل آن افزایش سطح ویژه الیاف و کاهش سطح پیوند الیاف در نتیجه استفاده از الیاف کوتاه تر افزا و الیاف زمخت و با ضریب انعطاف‌پذیری کم بلوط می‌باشد.



شکل ۶. ماتی خمیر کاغذهای حاصل از تیمارهای مختلف ماده اولیه

کلهو، به عنوان بخشی از ماده اولیه صنایع چوب و کاغذ مازندران در تولید خمیر کاغذ روزنامه با استفاده از روش CMP انجام شده است. نتایج نشان داد که

## نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف بررسی امکان جایگزینی راش و ممرز با گونه‌های، صنوبر، بید، افزا، توسکا، بلوط و

درصد صنوبر، کیفیت کاغذ ساخته شده نیز افزایش یافته، به طوری که در درصدهای بالای صنوبر (۶۰ درصد)، بهترین ویژگی‌های مقاومتی و نوری بدست می‌آید. مخلوط صنوبر، ممرز و راش نیز بهترین ترکیب مورد استفاده برای تولید خمیرکاغذ CMP بوده و به طور کلی بهترین حالت مربوط به سه تیمار اولیه (A, B, C) بوده است هر چند که با استفاده از درصدهای کم سایر گونه‌ها نیز در ترکیب با درصد بیشتر صنوبر، می‌توان به نتایج قابل قبولی دست یافت.

با افزایش درصد صنوبر در اختلاط با گونه‌های دیگر ویژگی‌های مقاومتی و درجه روشنی بهبود می‌یابد اما میزان ماتی افت پیدا می‌کند. همچنین نتایج بیانگر این امر بوده است که استفاده از گونه‌های دیگر هر یک به دلیل ضعف مجزای مربوط به گونه خود همچون درصد لیگنین زیاد و ضریب انعطاف پذیری کم الیاف بلوط و همچنین کم بودن طول الیاف بید و افرا، میزان ویژگی‌های مقاومتی و درجه روشنی افت پیدا می‌کند در حالی که میزان ماتی تا حدودی بهبود می‌یابد. در مجموع براساس نتایج بدست آمده، با افزایش میزان



## References

- [1]. Bayatkashkoli, A., and Rafighi, A. (2015). Predicting the newsprint tear strength in MD on the effective variables (Case study: Mazandaran Wood and Paper Company). *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 21(4): 7793
- [2]. Asadpour Atoei, G., Resalati, H., Dehghani, M.R., Ghasemian, A., and Mohammad Nazhad, M. (2012). The Effect of cationized CMP fines on newsprint pulp properties, *Journal of Forest and Wood Products (JFWP)*. *Iranian Journal of Natural Resources*, 64(4): 357-368.
- [3]. Hosseinzadeh, A., Gholamnejad, M., and Veisy, R. (2011). Effect of willow wood (*salix alba*) on some optical and mechanical properties of newsprint from a chemi/mechanical pulp (CMP) (case study in mazandaran wood and paper factory). *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*, 6(2):89-103.
- [4]. Zeinaly, F., Resalati, H., and Tasooji, M. (2011). Investigation effect of using branch woods of Hornbeam & Beech in compound of hardwoods stems wood mixture on CMP pulp properties. *Journal of Wood & Forest Sciences and Technology*, 18(1): 77-90.
- [5]. Goli, M Asadpur, G, and Mahdavi, S., Barimani, A. (2015). Investigation on combining aspen wood with two native hardwoods species for Chemi-Mechanical pulping. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 30(4):662-673.
- [6]. Hosseini, Z. (2000). *Fiber Morphology in Wood and Pulp*. Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources Press, Gorgan, 288 pages.
- [7]. Scott, W. (2002). *Properties of Paper. An Introduction*, Aij Press, Tehran, 392 pages.
- [8]. Suess, H, A. (2010). *Pulp Bleaching Today*. Library of Congress Cataloging– in Publication Data, ISBN: 978-3-11020737-8, 309p.
- [9]. Sixta, H. (2006). *Handbook of Pulp, Volume 1*, Wiley-VCH publication. Austria