

## خصوصیات خمیر کاغذ CMP و APMP چوب توسکای قشلاقی

عباس فخریان<sup>۱</sup>، عبدالرحمن حسین زاده<sup>۱</sup> و فرداد گلبابائی<sup>۱</sup>

### چکیده

در این بررسی ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی، ابعاد الیاف، خمیر کاغذ و کاغذ سازی توسکای قشلاقی ۴ ساله مورد تحقیق قرار گرفت. برای پخت و تهیه خمیر کاغذ، سه روش CMP، APMP یک مرحله‌ای و APMP دو مرحله‌ای مورد استفاده قرار گرفت. متوسط جرم ویژه خشک و بحرانی این درخت به ترتیب ۰/۳۹۶ و ۰/۳۶۸ گرم بر سانتیمتر مکعب و میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی ۵۰ عدد فیبر به ترتیب ۰/۸۷۵ میلی‌متر، ۳۲/۶۶ میکرون، ۲۷/۲۸ میکرون و ۲/۷ میکرون اندازه‌گیری شد. ترکیب شیمیایی، شامل سلولز ۴۸/۵ درصد، لیگنین ۲۵/۳۵ درصد، خاکستر ۰/۳۱ درصد و مواد استخراجی ۲/۳۶ درصد تعیین شد. پس از پخت‌های مقدماتی، درجه حرارت کلیه پخت‌ها ۹۵ درجه سانتیگراد، زمان پخت ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه، میزان هیدروکسید ۱۰ درصد و پر اکسید ۳ درصد در نظر گرفته شد. در پخت CMP، بازده خمیر کاغذها به طور متوسط بین ۷۳/۷۲-۸۲/۵۷ درصد، مقاومت در برابر ترکیدن  $1/53 \text{ Kpa m}^2/\text{gr}$ ، طول پاره شدن  $3/81 \text{ Km}$ ، مقاومت در برابر پاره شدن  $3/34 \text{ Nm}^2/\text{gr}$ ، ماتی ۹۹/۵۹ درصد و براقیت ۲۹/۳۵ درصد اندازه‌گیری شد. در پخت APMP یک مرحله‌ای، بازده خمیر کاغذها به طور متوسط بین ۷۴/۰۹-۸۱/۵۷ درصد، مقاومت در برابر ترکیدن  $1/52 \text{ K Pa m}^2/\text{gr}$ ، طول پاره شدن  $3/5 \text{ Km}$ ، مقاومت در برابر پاره شدن  $3/29 \text{ mNm}^2/\text{gr}$ ، ماتی ۹۹/۸۰ درصد و براقیت ۲۸/۲۱ درصد اندازه‌گیری شد. در پخت APMP دو مرحله‌ای، بازده خمیر کاغذها به طور متوسط بین ۷۳/۹۹-۸۰/۸۹ درصد، مقاومت در برابر ترکیدن  $1/29 \text{ Kpam}^2/\text{gr}$ ، طول پاره شدن  $3/95 \text{ Km}$ ، مقاومت در برابر پاره شدن  $3/45 \text{ mNm}^2/\text{gr}$ ، ماتی ۹۹/۸۵ درصد و براقیت ۳۲/۴۱ درصد اندازه‌گیری شد. اختلاف بین میانگین بازده خمیر کاغذها در سه روش در سطح ۰/۵٪ معنی‌دار نشد. خمیر کاغذهای APMP دو مرحله‌ای (زمان پخت ۴۰ دقیقه) از مقاومت در برابر ترکیدن، طول پاره شدن و براقیت بیشتری برخوردار بودند. تغییر روش پخت در سطح ۰/۵٪ اختلاف معنی‌داری بر روی مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذها نداشت. **واژه‌های کلیدی:** توسکای قشلاقی، روش CMP، روش APMP، برداشت کوتاه مدت، بازده، کدري.

۱- اعضا هیات علمی مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع صندوق پستی ۱۱۶-۱۳۱۸۵ تهران، ایران  
[fakhryan@rifr-ac.ir](mailto:fakhryan@rifr-ac.ir)

## مقدمه

کاغذ و فرآورده‌های کاغذی از دیر باز جزو جدایی ناپذیر زندگی بشر بوده است و نقش مهمی در اقتصاد، توسعه و ایجاد کار در جوامع بشری داشته‌اند. با افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی نیاز به کاغذ رو به افزایش گذاشته و این در حالی است که سطح جنگلها بر اثر عوامل تخریب کننده و بهره برداری بی رویه رو به کاهش گذاشته است. به منظور جبران کمبود مواد اولیه فیبری مورد نیاز صنایع چوب و کاغذ، کاشت و پرورش درختان سریع رشد که در کمترین زمان بتوانند بیشترین تولید و بازدهی را داشته باشند مورد توجه و استقبال کارشناسان قرار گرفته است. از میان گونه‌های سریع رشد می توان از گونه توسکای قشلاقی نام برد.

هدف از اجرای این تحقیق، اندازه‌گیری ابعاد الیاف و تعیین ضرایب کاغذ سازی، ویژگیهای فیزیکی، ترکیب شیمیایی و تهیه دو نوع خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی از چوب درخت توسکای قشلاقی می باشد. از خمیر کاغذهای مناسب (از لحاظ بازده، میزان زمان مصرف انرژی و شرایط ظاهری خمیر کاغذها) کاغذهای دست ساز تهیه شده، ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست‌ساز اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد.

مسیبی نژاد (۱۳۷۹) در طرح بررسی تاثیر فاصله کاشت توسکای قشلاقی به روش شاخه زاد اظهار می دارد که این گونه با خاصیت جست دهی و رشد مناسب قادر است، در مدت کوتاهی چوب قابل ملاحظه‌ای را تولید کند، به طوری که در روش شاخه زاد و در یک دوره ۴ ساله میزان چوب بهره برداری شده از آن در سال به طور متوسط به ۲۵ تن در هر هکتار (به ترتیب در فواصل ۱×۱، ۱/۵×۲ متر ۲۶/۴۳ و ۲۶ تن) بالغ گردد.

Togo و همکاران (۱۹۷۵) خصوصیات فیزیکی شامل جرم مخصوص، میانگین طول الیاف، ترکیب شیمیایی و میزان رشد ۲۲ درخت پهن برگ کشور ژاپن و همچنین

مقدار سلولهای پارانشیمی و سلولهای پره چوبی موجود را در خمیر کاغذ رنگبری نشده کرافت گونه‌های بید، بلوط، آلو، توسکا، ماگنولیا، نمدار، صنوبر، غان، فیلو دندرون و... مورد بررسی قرار دادند. میزان آلفا سلولز آرد چوب عاری از مواد استخراجی این درختان بین ۵۰-۴۱ درصد، لیگنین بین ۲۴-۱۷ درصد، پنتوزانها بین ۲۷-۱۸ درصد و مواد استخراجی محلول در الکل بنزن ۱/۶ تا ۴/۳ درصد بوده است. میانگین طول الیاف این درختان از ۰/۶۱ تا ۱/۲۳ میلیمتر اندازه‌گیری شده است. ۲/۸ تا ۱۳/۸ درصد خمیر کاغذ کرافت رنگبری نشده این درختان از سلولهای پارانشیمی و پره‌های چوبی تشکیل شده است.

Lan-Haw farn و همکاران (۲۰۰۰) ارزیابی جامعی را بر روی ارتباط بین شرایط خمیر کاغذ مکانیکی و ویژگیهای خمیر کاغذ CTMP (Chemithermomechanical Pulp) را انجام رساندند. آنها اظهار می‌دارند که در خمیر کاغذ CTMP ترتیب اهمیت تاثیر متغیرهای مهم بر روی خواص خمیر کاغذ ۱۴ گونه (۸ گونه پهن برگ، ۴ گونه سوزنی برگ و ۲ گونه غیر چوبی) به صورت زیر است:

براقیت خمیر کاغذ > مصرف انرژی > مقاومت به ترکیدن > طول الیاف > درصد ریزه چوب

برای ۸ گونه پهن برگ زیر:

*Acacia confusa*, *Albizia falcata* [*Falcataria moluccana*], *Aleurites moluccana* [*Vernicia montana*], *Alnus formosana*, *Leucaena leucocephala*, *Liquidambar formosana*, *Schefflera octophylla* [*Schefflera heptaphylla*], *Trema orientalis*)

تغییرات به صورت زیر است:

براقیت خمیر کاغذ > مصرف انرژی > مقاومت به ترکیدن > درصد ریزه چوب > طول الیاف  
در مورد ۴ گونه سوزنی برگ زیر:

(*Cryptomeria japonica*, *Cunninghamia lanceolata*, *Pinus taiwanensis*, *Tsuga chinense* [*T. chinensis*])

طول الیاف پس از مصرف انرژی از اهمیت بیشتری برخوردار بود. طول الیاف مهمترین متغیر تاثیر گذار بر روی خمیر کاغذ دو گونه غیر چوبی: (*bagasse, saccharum officinarum, and Mabamboo, Dendrocalamus latiflorus*) بود.

Bill (۱۹۷۶) مطالعه‌ای را در مورد استفاده از مخلوط پهن برگان کشور لهستان برای تولید خمیر کاغذ NSSC جهت ساخت مقوای کنگره‌ای انجام داد. در آن زمان این نوع خمیر کاغذ از توس (غان) *Betulus spp.* و یا صنوبر *Populus spp.* تولید می‌شد. ترکیبهای مورد استفاده در این بررسی شامل مخلوط بلوط، (*Quercus spp.*) توس و راش (*Fagus sylvatica*)، توس و ممرز (*Carpinus betulus*)، توس و توسکا (*Alnus spp.*) بود. توس ۶۰ تا ۸۰ درصد مخلوط فوق را تشکیل می‌دهد. فقط توسکا دارای قابلیت اشباع قابل مقایسه با توس بوده است. به دلیل قابلیت اشباع کمتر سایر چوبها، غلظت بیشتری از سولفیت سدیم برای مخلوطهای راش، ممرز و بلوط با توس مورد استفاده قرار گرفت. در این شرایط اشباع خوب، کلیه مخلوط چوبها خمیر کاغذ با قابلیت پالایش رضایت بخش می‌دهند. خواص مکانیکی این خمیر کاغذها از خمیر کاغذ توس پایین تر است. ممرز کمترین اثر را بر روی خواص کاغذ دست ساز دارد. اشباع پذیری کمتر آن اصلاحاتی را در فرایند تولید خمیر کاغذ ایجاد می‌کند. مخلوط توس با بلوط برای تولید خمیر NSSC توصیه نمی‌شود. کاغذ دست ساز تهیه شده با مخلوط خمیر کاغذ توس و کاغذ باطله خواص بهتری نسبت به خمیر کاغذهای مخلوط پهن برگان فوق دارد.

مهدوی و همکاران (۱۳۸۲) مطالعاتی در مورد ویژگیهای خمیر کاغذ بازده بالای APMP چوب درخت سپیدار (*Populus alba*) به منظور استفاده در ساخت کاغذ چاپ و تحریر را به انجام رساندند. آنها برای بهبود براقیت خمیر کاغذ و رساندن به براقیت حدود ISO ۸۰٪، نتیجه گرفتند که افزایش پراکسید در شرایط مختلف باعث

افزایش براقیت نهایی می شود. آنها دمای مناسب پخت را ۷۵ درجه سانتیگراد پیشنهاد دادند و معتقدند که کاهش درجه حرارت پخت باعث افت شدید در براقیت خمیر کاغذها می شود. نتایج نشان داد که با کنترل فرایندهای پخت APMP از چوب سپیدار خمیر کاغذ با براقیت بالا در محدوده ISO ۸۰٪ جهت ساخت کاغذهای چاپ و تحریر می توان تولید کرد.

پور موسی (۱۳۷۷) در راستای استفاده بهینه از گونه های سریع الرشد صنوبر، در مورد خصوصیات کاغذسازی دو کلن از گونه صنوبر *P.nigra var betolifolia* و *P.euramericana* در دو طبقه قطری ۱۵ و ۲۰ سانتیمتری با فرایندهای تولید خمیر کاغذ پیشرفته APMP و CMP رنگبری نشده را مورد بررسی قرار داد. نتایج بررسیهای آناتومیکی، فیزیکی، شیمیایی، خمیر کاغذ و کاغذ با توجه به تیمارها و عوامل متغیر نشان داد که گونه *P.euramericana* در طبقه قطری ۲۰ سانتیمتری با فرایند APMP نسبت به دیگر تیمارها برتر است. نتایج ارزیابی خواص نوری کاغذ حاصل نشان داد که این تیمار بیشترین شفافیت (ISO ۵۹/۵۲) و کمترین ماتی (۹۵/۲۲) را نسبت به دیگر تیمارها داشت.

ثابتی (۱۳۵۵) اظهار می دارد، درختان توسکا از درختان سریع الرشد جنگلهای مرطوب شمال است که بیشتر از ۱۰۰ سال عمر نمی کنند. توسکای قشلاقی در ترکیه، قفقاز و طولش ایران انتشار دارد و تا ارتفاع ۱۰۰۰ متری دیده می شود.

صالحی (۱۳۷۹) در بررسی و تعیین ویژگیهای خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی پر بازده از باگاس عنوان می کند که بازده پخت های دو مرحله ای خمیر کاغذهای APMP نسبت به پخت های یک مرحله ای حدود ۶٪ زیاد تر بوده است و افزودن آب اکسیژنه تاثیر معنی داری بر بازده ندارد. بیشترین طول پاره شدن مربوط به خمیر کاغذ پخته شده با روش دو مرحله ای و افزودن یک مرحله آب اکسیژنه و کمترین طول پاره شدن مربوط به خمیر کاغذ حاصل از پخت دو مرحله ای با افزودن دو مرحله آب اکسیژنه می باشد.

## مواد و روشها

نمونه برداری (چوب درخت توسکا) از طرح بررسی فاصله کاشت توسکای قشلاقی به روش شاخه زاد واقع در ایستگاه تحقیقات صنوبر صفرا بسته در ۵ کیلو متری شمال غربی آستانه اشرفیه در مجاور روستای صفرا بسته از استان گیلان انجام گرفت. مشخصات این ایستگاه به صورت زیر است:

عرض جغرافیایی: ۳۷ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی

طول جغرافیایی: ۴۵ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی

ارتفاع از سطح دریا: ۱۵ متر

میانگین بارندگی سالیانه: ۱۱۸۶/۶ میلیمتر

میانگین حد اکثر دمای مطلق: ۲۸/۶ درجه سانتیگراد

میانگین حداقل دمای مطلق: ۶/۱ درجه سانتیگراد

میانگین روزهای بارندگی: ۱۰۸/۵ روز

میانگین تعداد روزهای یخبندان: ۱۴ روز

بافت خاک: شنی \_ رسی

pH خاک: در حد خنثی تا کمی قلیایی

درختان که قطر برابر سینه آنها بین ۱۱/۱-۳/۱ سانتیمتر اندازه گیری شد، در زمان قطع ۴ ساله بودند و به طور تصادفی انتخاب شدند. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه شیمی چوب و کاغذ سازی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، جدا سازی پوست از نمونه ها انجام گرفت.

تهیه نمونه برای اندازه گیری ویژگیهای فیزیکی، آناتومیکی، شیمیایی و تهیه خرده

چوب:

برای اندازه گیری ویژگیهای فیزیکی، مکعبهایی به ابعاد ۲ سانتیمتر از قسمتهای مختلف نمونه ها تهیه شد و از میان آنها ۲۰ مکعب (نمونه) به طور تصادفی انتخاب

شد. پس از اشباع کردن این نمونه‌ها در آب و تعیین حجم اشباع، حجم خشک و وزن خشک، جرم خشک و بحرانی نمونه‌ها تعیین شد. به منظور اندازه‌گیری ابعاد الیاف، تراشه‌هایی از قسمت‌های مختلف نمونه‌ها (گرده بینه‌ها) انتخاب و پس از آماده‌سازی، اندازه‌گیری بر روی آنها انجام گرفت. برای تهیه خرده چوب از مخلوط نمونه‌ها و با استفاده از یک خردکن آزمایشگاهی استفاده شد. برای جدا سازی الیاف از روش فرانکلین (۱۹۵۴) استفاده شد.

برای انجام آزمایشهای شیمیایی چوب از استانداردهای زیر استفاده شد :

تهیه آرد چوب	آیین نامه شماره ۸۵- T ۲۵۷ om استاندارد TAPPI
تهیه آرد چوب عاری از مواد استخراجی	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۶۴ om استاندارد TAPPI
خاکستر	آیین نامه شماره ۸۵- T ۲۱۱ om استاندارد TAPPI
لیگنین	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۲۲ om استاندارد TAPPI
مواد استخراجی	آیین نامه شماره ۸۸- T ۲۰۴ om استاندارد TAPPI

#### تهیه خمیر کاغذ :

برای پخت و تهیه خمیر کاغذ از دو روش CMP و APMP استفاده شد. پس از انجام پخت‌های آزمایشی، عوامل ثابت و متغیر پخت CMP به شرح ذیل در نظر گرفته شد :

زمان پخت (دقیقه) ۱۰ - ۲۰ - ۳۰ - ۴۰

هیدروکسید سدیم ۱۰٪ ( بر مبنای وزن خشک نمونه )

درجه حرارت پخت ۹۵ درجه سانتیگراد

نسبت L/W ۵ به ۱

نمونه‌ها داخل بشر ۸۰۰ میلی لیتری ریخته شد، پس از افزودن مایع پخت بر روی نمونه‌ها، بشر به حمام بن ماری انتقال داده شد. زمان رسیدن درجه حرارت مایع پخت به درجه حرارت پخت مورد نظر حدود ۱۰ دقیقه به طول انجامید.

پخت APMP به دو صورت یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای انجام گرفت. در پخت دو مرحله‌ای، بعد از نیمی از زمان پخت، نمونه‌ها از بشر خارج شدند. پس از جدا سازی کامل مایع پخت، جدا سازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام گرفت. الیاف از هم جدا شده به همراه مایع پخت کنار گذاشته شده و پر اکسید، دوباره به داخل بشر ریخته و بشر به داخل حمام بن ماری انتقال داده شد. پس از پایان زمان پخت، جدا سازی الیاف توسط دفیبراتور آزمایشگاهی انجام گرفته و سپس نمونه‌ها شستشو داده شدند. به منظور جدا سازی الیاف پخته نشده (وازد) از الک با مش ۱۸ استفاده شد.

عوامل ثابت و متغیر در روش APMP به شرح ذیل است:

زمان پخت (دقیقه) ۱۰ - ۲۰ - ۳۰ - ۴۰

هیدروکسید سدیم ۱۰٪ (بر مبنای وزن خشک نمونه)

پر اکسید هیدروژن ۳٪ (بر مبنای وزن خشک نمونه)

درجه حرارت پخت ۹۵ درجه سانتیگراد

نسبت L/W ۵ به ۱

هر پخت با سه تکرار انجام گرفت و پس از هر بار پخت، میزان بازده بعد از الک و میزان هیدروکسید جذب شده اندازه‌گیری شد. از میان خمیر کاغذهای پخته شده در زمان ۲۰ دقیقه و ۴۰ دقیقه (در هر سه روش پخت)، پس از پالایش و رساندن خمیر کاغذها به درجه روانی ۳۵۰ میلی لیتر (CSF) کاغذ دست ساز تهیه شد. پالایش خمیر کاغذها و اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست ساز مطابق با استانداردهای زیر انجام گرفت:

پالایش خمیر کاغذ	آیین نامه شماره ۸۵ - T ۲۴۸ cm استاندارد TAPPI
ساخت کاغذ دست ساز	آیین نامه شماره ۸۸ - T ۲۰۵ om استاندارد TAPPI
مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ	آیین نامه شماره ۸۸ - T ۴۱۴ om استاندارد TAPPI
مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ	آیین نامه شماره ۹۱ - T ۴۰۳ om استاندارد TAPPI
طول پاره شدن کاغذ	آیین نامه شماره ۸۸ - T ۴۹۸ om استاندارد TAPPI



ماتی (کدوری) کاغذ آیین نامه شماره ۹۱- T ۴۲۵ om استاندارد TAPPI  
 براقیت کاغذ آیین نامه شماره ۹۲- T ۴۵۲ om استاندارد TAPPI

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

برای مقایسه ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیب شیمیایی از میانگین و انحراف از معیار، بازده خمیر کاغذها و ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست ساز از طرح فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی، و مقایسه میانگینها از آزمون دانکن استفاده شد.

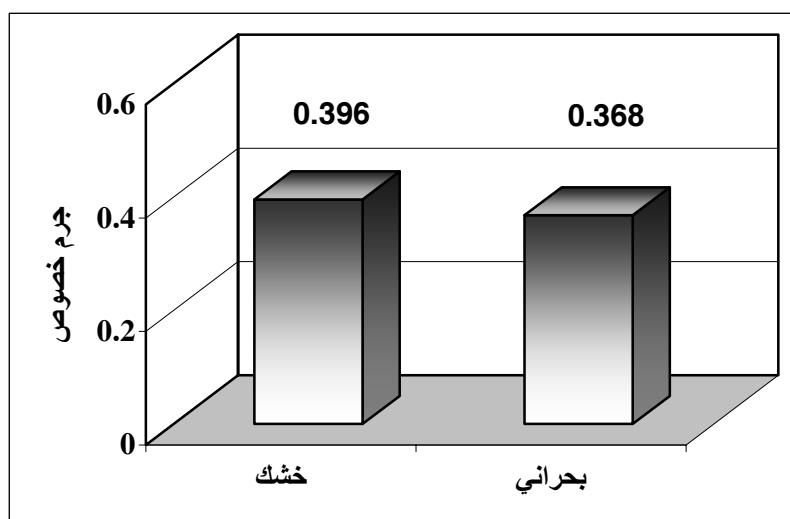
## نتایج

جرم ویژه : در جدول شماره ۱ نتایج حاصل از اندازه گیری جرم ویژه خشک و بحرانی چوب درخت توسکای قشلاقی آورده شده است.

جدول شماره ۱- جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب درخت توسکای قشلاقی

عامل اندازه گیری شده	میانگین	انحراف از معیار
(گرم بر سانتیمتر مکعب)		
جرم مخصوص خشک	۰/۳۹۶	۰/۰۴۸
جرم مخصوص بحرانی	۰/۳۶۸	۰/۰۴۳

میانگین جرم ویژه خشک و بحرانی این درخت به ترتیب ۰/۳۹۶ و ۰/۳۶۸ گرم بر سانتیمتر مکعب و انحراف از معیار آنها به ترتیب ۰/۰۴۸ و ۰/۰۴۳ اندازه گیری شد. در شکل شماره ۱ هیستوگرام جرم ویژه این درخت نشان داده شده است.



شکل شماره ۱- هیستوگرام جرم مخصوص خشک و بحرانی چوب درخت توسکای قشلاقی

ابعاد الیاف : در جدول شماره ۲ میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی ۵۰ عدد فیبر خلاصه شده است.

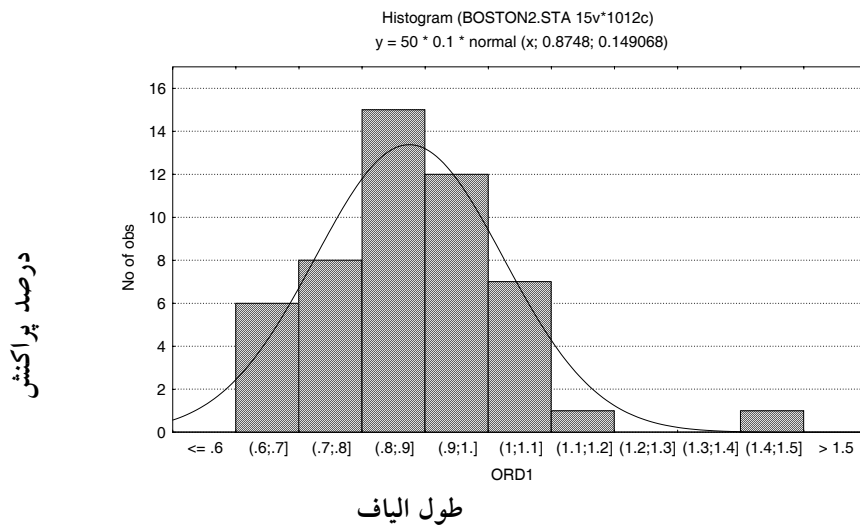
جدول شماره ۲: مقادیر میانگین ابعاد الیاف درخت توسکای قشلاقی

ویژگی نتایج	میانگین	انحراف از معیار
طول فیبر (میلیمتر)	۰/۸۷۵	۰/۱۴۸
قطر فیبر (میکرون)	۳۲/۶۶	۴/۶۳۵
قطر حفره سلولی (میکرون)	۲۷/۲۸	۴/۴۷۹
ضخامت دیواره سلولی (میکرون)	۲/۷۰	۰/۵۳۳

با استفاده از ابعاد الیاف، ضرایب کاغذ سازی شامل ضریب درهم رفتگی، ضریب نرمش و ضریب مقاومت به پاره‌گی این درخت تعیین شده است که در جدول شماره ۳ آورده شده است. در شکل شماره ۲ منحنی پراکنش طول الیاف نشان داده شده است

جدول شماره ۳: ضرایب کاغذ سازی چوب درخت توسکای قشلاقی

ضریب در هم رفتگی (L/d)	ضریب نرمش (c/d)	ضریب مقاومت به پارگی ( $\tau p/c \times 100$ )
۲۶/۷۹	۸۳/۵۳	۱۹/۷۹

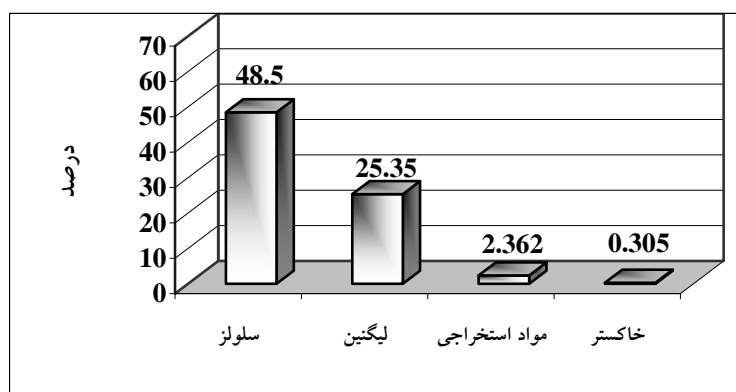


شکل شماره ۲- منحنی پراکنش نرمال طول الیاف درخت توسکای قشلاقی

ترکیب شیمیایی: نتایج حاصل از اندازه‌گیری ترکیب شیمیایی شامل سلولز، لیگنین، خاکستر و مواد استخراجی درخت توسکای قشلاقی در جدول شماره ۴ آورده شده است. میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر این درخت به ترتیب به طور متوسط ۴۸/۵٪، ۲۵/۳۵٪، ۲/۳۶٪ و ۰/۳۰۵٪ اندازه‌گیری شد. در شکل شماره ۳ هیستوگرام مقادیر ترکیب شیمیایی این درخت نشان داده شده است.

جدول شماره ۴: ترکیب شیمیایی چوب درخت توسکای قشلاقی

ویژگی	میانگین	انحراف از معیار
سلولز (درصد)	۴۸/۵۰	۱/۱۵۵
لیگنین (درصد)	۲۵/۳۵	۱/۱۸۱
مواد استخراجی (درصد)	۲/۳۶	۰/۰۶۴
خاکستر (درصد)	۰/۳۰۵	۰/۱۹۸



شکل شماره ۳- هیستوگرام ترکیب شیمیایی چوب درخت توسکای قشلاقی

خمیر کاغذ: در جدول شماره ۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری بازده خمیر کاغذها آورده شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل بازده خمیر کاغذها نشان می‌دهد که با تغییر زمان پخت اختلاف در سطح ۱٪ بین میزان بازده خمیر کاغذها (بدون در نظر گرفتن روش پخت) معنی‌دار شده است، به طوری که خمیر کاغذهای پخته شده در ۱۰ دقیقه با میانگین ۸۲/۲۴ درصد دارای بیشترین مقدار بوده و در گروه A قرار می‌گیرد.

جدول شماره ۵: بازده خمیر کاغذهای چوب درخت توسکای قشلاقی

میانگین	بازده			زمان پخت	روش پخت
	تکرار				
	۳	۲	۱		
۸۲/۵۷	۸۲/۹۷	۸۳/۰۴	۸۱/۶۹	۱۰	CMP
۸۱/۵۷	۸۱/۶۸	۷۹/۹۶	۸۳/۰۸		APMP
۸۰/۸۹	۸۰/۴۲	۸۰/۱۳	۸۲/۱۲		APMP دو مرحله‌ای
۷۹/۵۷	۷۸/۳۲	۷۹/۶۳	۸۰/۷۶	۲۰	CMP
۷۹/۱۳	۷۸/۸۲	۷۹/۶۲	۷۸/۹۶		APMP
۷۹/۱۴	۷۸/۱۲	۷۸/۸۰	۸۰/۵۱		APMP دو مرحله‌ای
۷۵/۴۸	۷۶/۲۱	۷۴/۸۳	۷۵/۴۱	۳۰	CMP
۷۴/۵۴	۷۳/۹۶	۷۵/۱۴	۷۴/۵۲		APMP
۷۴/۱۱	۷۳/۶۸	۷۴/۵۳	۷۴/۱۲		APMP دو مرحله‌ای
۷۳/۷۲	۷۴/۱۸	۷۳/۸۳	۷۳/۱۴	۴۰	CMP
۷۴/۰۹	۷۳/۲۸	۷۳/۹۵	۷۵/۰۴		APMP
۷۳/۹۹	۷۳/۱۱	۷۴/۰۲	۷۴/۸۵		APMP دو مرحله‌ای

در جدول شماره ۶ گروه بندی خمیر کاغذها آورده شده است. اثر متقابل روش پخت و زمان پخت و همچنین روش پخت در سطح ۰.۵٪ بر روی بازده خمیر کاغذها معنی دار نبود. در پخت CMP با افزایش درجه حرارت پخت بازده کاهش یافته که این اختلاف کاهش در سطح ۱٪ معنی دار می باشد.

جدول شماره ۶: گروه بندی میانگین بازده خمیر کاغذها در شرایط مختلف پخت (بدون در نظر گرفتن روش پخت)

گروه بندی	بازده خمیر کاغذ (درصد)	زمان پخت (دقیقه)	شماره
A	۸۲/۲۴	۱۰	۱
B	۷۹/۲۸	۲۰	۲
C	۷۵/۰۴	۳۰	۳
C	۷۴/۷۱	۴۰	۴

در جدول شماره ۷ گروه بندی بازده خمیر کاغذها ی CMP در شرایط متفاوت زمان پخت خلاصه شده است.

جدول شماره ۷: گروه بندی میانگین بازده خمیر کاغذهای

CMP در شرایط مختلف پخت

گروه بندی	بازده(درصد)	زمان پخت (دقیقه)	شماره
A	۸۳/۵۷	۱۰	۱
B	۷۹/۵۷	۲۰	۲
C	۷۵/۴۸	۳۰	۳
C	۷۳/۷۲	۴۰	۴

در روشهای APMP یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای، با افزایش زمان پخت اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ بین بازده خمیر کاغذها مشاهده شد که نتایج گروه بندی آن در جدولهای شماره ۸ و ۹ آورده شده است. اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ در میزان بازده خمیر کاغذهای CMP و APMP یک مرحله‌ای و CMP و APMP دو مرحله‌ای مشاهده نشد (در زمان پخت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ دقیقه). مقدار وزدهای پخت‌ها بین ۳/۵-۸/۰ درصد و میزان جذب هیدروکسید سدیم بین ۳/۳-۸/۰-۷۰/۸ درصد اندازه‌گیری شد.

جدول شماره ۸: گروه بندی میانگین بازده خمیر کاغذهای APMP یک مرحله‌ای در

شرایط متفاوت پخت

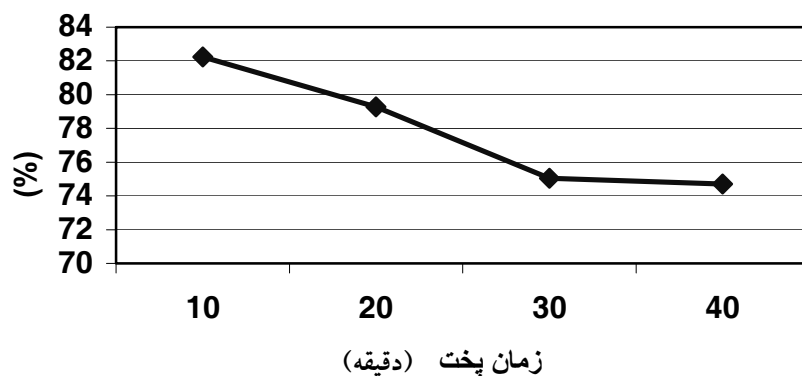
شماره	زمان پخت (دقیقه)	بازده خمیر کاغذ (درصد)	گروه بندی
۱	۱۰	۸۱/۵۷	A
۲	۲۰	۷۹/۱۳	A
۳	۳۰	۷۴/۵۴	B
۴	۴۰	۷۴/۰۹	B

جدول شماره ۹: گروه بندی میانگین بازده خمیر کاغذهای

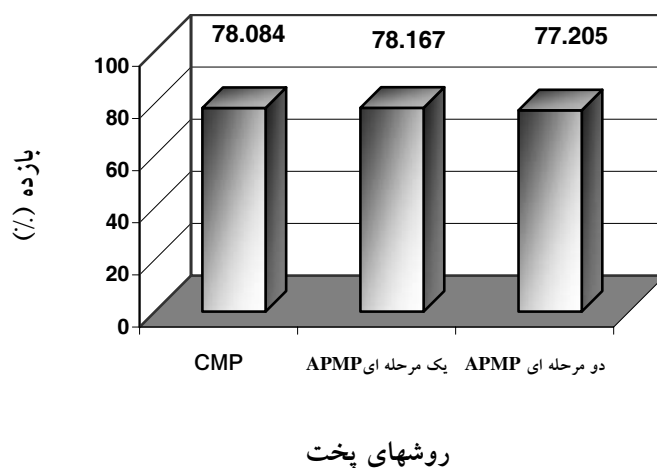
APMP دو مرحله‌ای در شرایط مختلف پخت

شماره	زمان پخت (دقیقه)	بازده خمیر کاغذ (درصد)	گروه بندی
۱	۱۰	۸۰/۸۹	A
۲	۲۰	۷۹/۱۴	A
۳	۳۰	۷۴/۱۱	B
۴	۴۰	۷۳/۹۹	B

در شکل شماره ۴ تاثیر افزایش زمان پخت بر بازده خمیر کاغذها و در هیستوگرام شماره ۵ میزان بازده خمیر کاغذها تحت تاثیر روشهای پخت نشان داده شده است.



شکل شماره ۴- تاثیر افزایش زمان پخت بر بازده خمیر کاغذ چوب درخت توسکای قشلاقی



شکل شماره ۵- هیستوگرام بازده خمیر کاغذهای چوب درخت توسکای قشلاقی

**مقاومت در برابر ترکیدن :** در جدول شماره ۱۰ نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست ساز خلاصه شده است. نتایج تجزیه و تحلیل مقاومت کاغذها نشان می‌دهد که با افزایش زمان از ۲۰ دقیقه به ۴۰ دقیقه، مقاومت در برابر ترکیدن کاغذها افزایش می‌یابد و اختلاف افزایش در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. همچنین روش پخت نیز باعث تغییر میزان مقاومت در برابر ترکیدگی کاغذها شده که این تغییرات در سطح ۱٪ معنی‌دار است. اثر متقابل تغییر زمان پخت و روش پخت بر میزان مقاومت در برابر ترکیدگی کاغذها در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری را نشان نداد.

در جدول شماره ۱۱ گروه بندی تاثیر روش پخت بر مقاومت در برابر ترکیدگی کاغذها آورده شده است.

**مقاومت در برابر پاره شدن :** نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مقادیر مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها نشان می‌دهد که افزایش زمان پخت بر افزایش مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ موثر بوده است که اختلاف این افزایش در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. تغییر روش پخت و همچنین تاثیر متقابل تغییر زمان پخت و روش پخت در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری بر روی مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذها نداشت. در شکل شماره ۶ هیستوگرام مقاومت در برابر پاره شدن کاغذها تحت تاثیر روش پخت نشان داده شده است.

**طول پاره شدن :** افزایش زمان پخت و همچنین تغییر روش پخت باعث اختلاف مقادیر اندازه‌گیری شده طول پاره شدن کاغذها شد که این اختلاف در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. بیشترین مقدار طول پاره شدن در روش APMP دو مرحله‌ای ۳/۹۴۸ کیلومتر اندازه‌گیری شد. در جدول شماره ۱۲ گروه بندی طول پاره شدن کاغذها تحت تاثیر روش پخت نشان داده شده است.



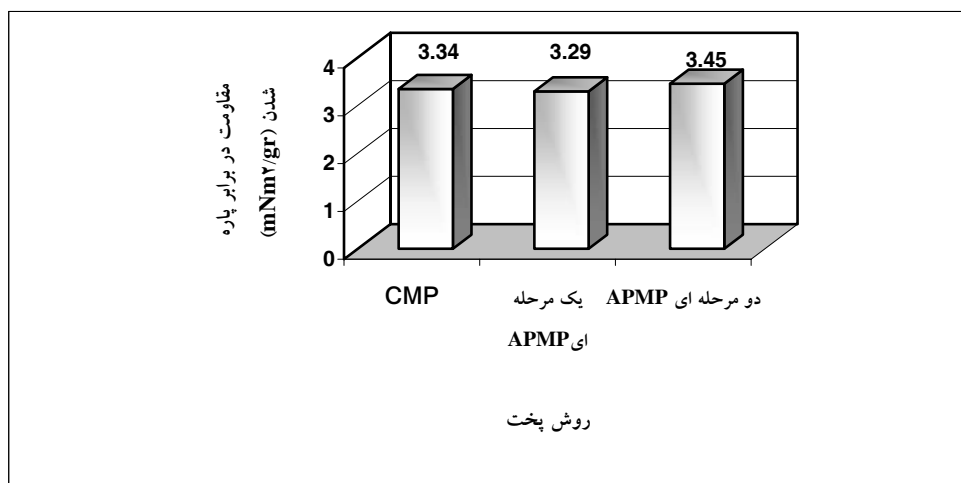
جدول شماره ۱۰: نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگیهای مقاومتی و نوری کاغذهای دست

ساز					روش پخت	زمان پخت
ماتی (درصد)	براقیت (درصد)	مقاومت در برابر پاره شدن mNm <sup>2</sup> /gr	طول پاره شدن Km	مقاومت در برابر ترک‌خوردن KPam <sup>2</sup> /gr		
تکرار	تکرار	تکرار	تکرار	تکرار		
۹۹/۸۰	۲۷/۶۹	۳/۲۳	۳/۱۱	۱/۲۶	CMP	۲۰
۹۹/۸۰	۲۵/۸۰	۳/۱۹	۳/۲۶	۱/۳۹		
۹۹/۸۰	۲۶/۸۰	۳/۱۱	۳/۲۸	۱/۳۰		
۹۹/۶۰	۲۷/۷۰	۳/۵۱	۳/۱۸	۱/۳۹		
۹۹/۸۰	۲۶/۷۰	۳/۰۸	۳/۴۱	۱/۲۵		
۹۹/۷۶	۲۷/۸۳	۳/۵۲	۳/۱۴	۱/۲۷	APMP یک مرحله ای	
۹۹/۹۹	۲۷/۶۰	۲/۹۹	۳/۰۷	۱/۴۰		
۹۹/۹۹	۲۶/۱۵	۳/۰۶	۳/۱۸	۱/۳۲		
۹۹/۸۰	۲۵/۷۰	۳/۲۳	۳/۱۲	۱/۲۷		
۹۹/۹۶	۲۶/۸۰	۳/۴۲	۲/۹۹	۱/۳۱	APMP دو مرحله ای	
۹۹/۷۶	۳۲	۳/۳۶	۳/۳۵	۱/۷۸		
۹۹/۹۰	۳۲/۳۰	۳/۳۰	۳/۲۱	۱/۸۳		
۹۹/۸۰	۳۱/۷۰	۳/۲۴	۳/۴۳	۱/۷۵		
۹۹/۷۰	۳۱/۶۰	۳/۴۷	۳/۳۰	۱/۷۶		
۹۹/۸۰	۳۰/۶۹	۳/۲۷	۳/۵۲	۱/۷۲		
۹۹/۵۰	۳۲/۰۹	۳/۳۶	۴/۱۶	۱/۶۳	CMP	۴۰
۹۹/۲۰	۳۰/۰۷	۳/۵۳	۴/۵۹	۱/۸۶		
۹۹/۵۰	۳۲/۶۴	۳/۳۹	۴/۵۰	۱/۶۹		
۹۹/۳۰	۳۱/۸۰	۳/۶۰	۴/۱۸	۱/۸۳		
۹۹/۶۰	۳۲/۶۰	۳/۳۴	۴/۴۰	۱/۷۴		
۹۹/۶۰	۲۹/۵۴	۳/۱۵	۳/۱۸	۱/۷۳	APMP یک مرحله ای	
۹۹/۸۰	۲۹/۷۶	۳/۵۲	۳/۷۱	۱/۷۱		
۹۹/۷۰	۲۹/۷۸	۳/۴۳	۳/۸۳	۱/۷۴		
۹۹/۶۰	۲۹/۴۳	۳/۲۶	۳/۹۷	۱/۷۷		
۹۹/۵۰	۲۹/۵۰	۳/۲۹	۴/۱۲	۱/۷۱		
۹۹/۹۰	۳۳/۹۰	۳/۶۲	۴/۷۷	۲/۱۳	APMP دو مرحله ای	
۹۹/۹۵	۳۳/۵۱	۳/۷۴	۴/۶۰	۲/۱۳		
۱۰۰	۳۲/۹۸	۳/۳۳	۴/۵۶	۲/۱۴		
۱۰۰	۳۲/۱۸	۳/۳۵	۴/۳۲	۱/۹۳		
۹۹/۷۰	۳۳/۲۴	۳/۶۸	۴/۴۲	۲/۰۸		

جدول شماره ۱۱: گروه بندی میانگین مقاومت در برابر ترکیبگی

کاغذها در شرایط مختلف روش پخت

شماره	روش پخت	مقاومت در برابر ترکیبگی KPam <sup>2</sup> /g	گروه بندی
۱	APMP دو مرحله ای	۱/۹۱۵	A
۲	CMP	۱/۵۳۴	B
۳	APMP یک مرحله ای	۱/۵۲۳	B

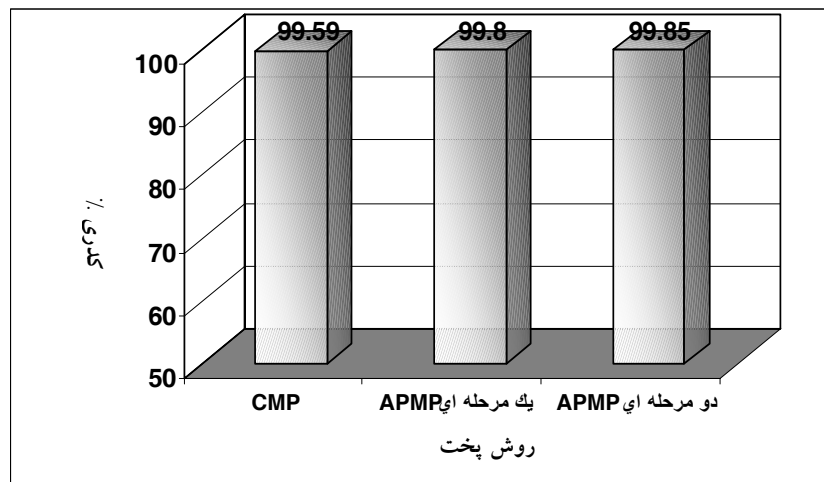


شکل شماره ۶- هیستوگرام مقاومت به پاره شدن کاغذها تحت تاثیر روش پخت

جدول شماره ۱۲: گروه بندی میانگین طول پاره شدن کاغذها در شرایط مختلف روش پخت

شماره	روش پخت	مقاومت در برابر ترکیدن Km	گروه بندی
۱	APMP دو مرحله ای	۳/۹۴۸	A
۲	CMP	۳/۸۰۷	A
۳	APMP یک مرحله ای	۳/۵۰۱	B

ماتی: نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مقادیر ماتی کاغذها نشان می دهد که تغییر زمان پخت، روش پخت و تاثیر متقابل زمان پخت و روش پخت بر اختلاف میزان کدري کاغذها تاثیر داشته که این اختلاف در سطح ۱٪ معنی دار است. حداقل میزان کدري کاغذها ۹۹/۲۰٪ و حد اکثر ۱۰۰ درصد اندازه گیری شد. در شکل شماره ۷ هیستوگرام میزان کدري کاغذها تحت تاثیر روش پخت نشان داده شده است.



شکل شماره ۷- هیستوگرام میزان کدري کاغذها تحت تاثیر روش پخت

در جدول شماره ۱۳ گروه بندی میانگین ماتی کاغذها در شرایط مختلف روش پخت و در جدول شماره ۱۴ گروه بندی میانگین ماتی کاغذها تحت تاثیر متقابل زمان پخت و شرایط مختلف روش پخت آورده شده است.

جدول شماره ۱۳: گروه بندی میانگین ماتی کاغذها در شرایط مختلف روش پخت

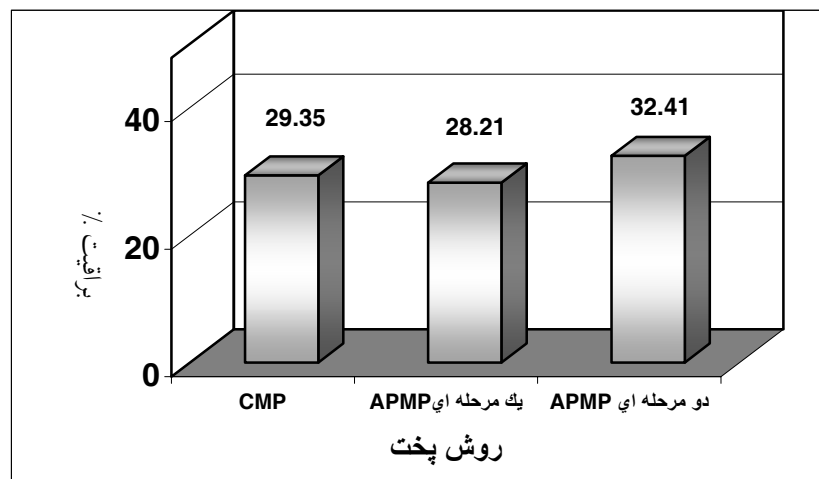
شماره	روش پخت	میانگین ماتی (درصد)	گروه بندی
۱	APMP دو مرحله ای	۹۹/۸۵	A
۲	APMP یک مرحله ای	۹۹/۸۰	A
۳	CMP	۹۹/۵۹	B

جدول شماره ۱۴- گروه بندی میانگین ماتی کاغذها تحت اثر متقابل زمان پخت و شرایط

مختلف روش پخت

شماره	زمان پخت (دقیقه)	روش پخت	میانگین ماتی (درصد)	گروه بندی
۱	۲۰	APMP یک مرحله ای	۹۹/۹۵	A
۲	۴۰	APMP دو مرحله ای	۹۹/۹۱	A
۳	۲۰	APMP دو مرحله ای	۹۹/۷۹	AB
۴	۲۰	CMP	۹۹/۷۶	AB
۵	۴۰	APMP یک مرحله ای	۷۶	BC
۶	۴۰	CMP	۹۹/۴۲	C

**براقیت :** نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل میزان براقیت کاغذها نشان داد که با تغییر درجه حرارت پخت میزان براقیت کاغذها در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی دار شده است. با تغییر روش پخت نیز اختلاف میزان براقیت خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی دار است. اثر متقابل تغییر درجه حرارت پخت و روش پخت بر براقیت کاغذها در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی دار است. در شکل شماره ۸ هیستوگرام میزان براقیت خمیر کاغذها تحت تاثیر روش پخت نشان داده شده است.



شکل شماره ۸- هیستوگرام میزان براقیت خمیر کاغذها تحت تاثیر روش پخت

در جدول شماره ۱۵ گروه بندی میانگین براقیت کاغذها در شرایط مختلف روش پخت و در جدول شماره ۱۶ گروه بندی میانگین براقیت کاغذها تحت تاثیر متقابل زمان پخت و شرایط مختلف روش پخت خلاصه شده است .

جدول شماره ۱۵: گروه بندی میانگین براقیت کاغذها در شرایط مختلف روش پخت

شماره	روش پخت	میانگین براقیت (درصد)	گروه بندی
۱	APMP دو مرحله ای	۳۲/۴۱	A
۲	CMP	۲۹/۳۵	B
۳	APMP یک مرحله ای	۲۱/۲۸	C

جدول شماره ۱۶- گروه بندی میانگین براقیت کاغذها تحت اثر متقابل زمان پخت و شرایط

## مختلف روش پخت

شماره	زمان پخت (دقیقه)	روش پخت	میانگین ماتی (درصد)	گروه بندی
۱	۲۰	APMP دو مرحله ای	۳۳/۱۶	A
۲	۲۰	CMP	۳۱/۷۶	B
۳	۴۰	APMP دو مرحله ای	۳۱/۶۶	B
۴	۲۰	APMP یک مرحله ای	۲۹/۶۰	C
۵	۴۰	CMP	۲۶/۹۴	D
۶	۴۰	APMP یک مرحله ای	۲۶/۸۲	D

## بحث

جرم ویژه خشک و بحرانی: جرم مخصوص خشک و بحرانی این درخت به ترتیب ۰/۳۹۶ و ۰/۳۶۸ گرم بر سانتیمتر مکعب اندازه گیری شده است. پارسا پژوه (۱۳۶۳) عنوان می کند که جرم ویژه توسکا بین ۰/۶۵ - ۰/۵ است و این گونه جز گونه های پهن برگ سبک قرار دارد. جرم ویژه اندازه گیری شده در این تحقیق از مقدار گزارش شده کمتر است که علت آن می تواند جوانی چوب و رشد سریع آن در سالهای اول رشد باشد.

**ابعاد الیاف:** میانگین طول الیاف، قطر الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی این درخت به ترتیب ۰/۸۷۴۸ میلیمتر، ۳۲/۶۶ میکرون، ۲۷/۲۸ میکرون و ۲/۷۰ میکرون و ضرایب کاغذ سازی آن شامل ضریب در هم رفتگی، ضریب نرمش و ضریب مقاومت در برابر پارگی آن به ترتیب ۲۶/۷۹، ۸۳/۵۳ و ۱۹/۷۹ اندازه گیری شد. حسینی (۱۳۷۹) طول عناصر آوندی توسکای قشلاقی را متفاوت و به طول متوسط ۸۲۰ میکرون و قطر آنها را ۵۵ میکرون گزارش کرده است. فیبر تراکئیدها نازک تا نسبتاً ضخیم می باشند. طول و قطر فیبر درخت مورد بررسی کمتر از طول و قطر درخت توسکای فوق الذکر می باشد علت آن می تواند جوان بودن درختان مورد بررسی باشد. پور موسی (۱۳۷۷) ضریب لاغری، ضریب نرمش و ضریب رانکل درخت *Populus* ۹ ساله با قطر ۱۵ سانتیمتر را به ترتیب ۳۹/۶۹، ۶۷/۶۰ و ۴۷/۹۰ اندازه گیری کرد. قطر سلول و قطر حفره سلولی درخت توسکای قشلاقی در مقایسه با صنوبر اورامریکن بیشتر است. در نتیجه، ضریب در هم رفتگی اندازه گیری شده کمتر و ضریب نرمش آن بیشتر از دو عامل اندازه گیری شده درخت صنوبر اورامریکن است.

**ترکیب شیمیایی:** به طور متوسط میزان سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر این درخت به ترتیب ۴۸/۵٪، ۲۵/۳۵٪، ۲/۶۳٪ و ۰/۳۱٪ اندازه گیری شد. Kitao و همکاران (۱۹۷۵) خصوصیات ۲۲ گونه پهن برگ کشور ژاپن از جمله گونه *Alnus sp.* را مورد بررسی قرار دادند. میزان آلفا سلولز، لیگنین، پنتوزانها و مواد استخراجی محلول در الکل بنزن این گونه به ترتیب بین ۵۰-۴۱ در صد (بر اساس چوب عاری از مواد استخراجی)، ۲۴-۱۷ درصد، ۲۷-۱۸ درصد و ۳/۴-۱/۶ درصد اندازه گیری کردند که با مقادیر اندازه گیری شده در این بررسی مطابقت دارد.

**خمیر کاغذ:** با افزایش زمان پخت، بازده خمیر کاغذها در هر سه روش پخت CMP و APMP یک مرحله ای و دو مرحله ای کاهش یافته که این اختلاف کاهش

بازده خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی دار شده است. در هر سه روش پخت بازده خمیر کاغذهای تهیه شده در ۱۰ دقیقه پخت بیشترین بازده را داشته و در گروه A قرار گرفتند. کمترین بازده خمیر کاغذها در پخت ۴۰ دقیقه بدست آمد. علت کاهش بازده خمیر کاغذها انحلال مقداری از لیگنین و کربوهیدراتها (به خصوص همی سلولزها) تحت تاثیر قلیا می باشد. در مقایسه روشهای پخت و تاثیر آن بر بازده بعد از الک خمیر کاغذها اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ مشاهده نشد (افزایش پراکسید هیدروژن در روشهای پخت APMP یک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای بر روی رنگبری و ویژگیهای نوری خمیر کاغذ تاثیر گذار است).

**مقاومت در برابر ترکیدن:** با افزایش زمان پخت از ۲۰ دقیقه به ۴۰ دقیقه، مقاومت در برابر ترکیدگی کاغذها افزایش یافته است. با افزایش زمان پخت انعطاف پذیری الیاف افزایش یافته، پالایش پذیری الیاف بهتر انجام گرفته، سطح اتصال و پیوندهای هیدروژنی بیشتر شده مقاومت در برابر ترکیدن افزایش می یابد. همچنین مقاومت در برابر ترکیدن خمیر کاغذ APMP دو مرحله‌ای بیشترین مقدار را دارا است که علت آن می تواند جدا سازی الیاف پس از پخت در مرحله اول پخت باشد. در مرحله دوم پخت، الیاف بهتر تحت تاثیر مایع پخت قرار گرفته و پس از پایان پخت انعطاف پذیری الیاف افزایش یافته و در نتیجه مقاومت در برابر ترکیدن کاغذ افزایش می یابد.

#### مقاومت در برابر پاره شدن:

میزان مقاومت در برابر پاره شدن خمیر کاغذ پخته شده در زمان پخت ۴۰ دقیقه  $3/44 \text{ Nm}^2/\text{gr}$  و خمیر کاغذ تهیه شده در زمان پخت ۲۰ دقیقه  $3/28 \text{ Nm}^2/\text{gr}$  اندازه گیری شد که این دو مقدار در سطح ۵٪ دارای اختلاف معنی دار می باشند. به دلیل لیگنین زدایی بیشتر در زمان پخت ۴۰ دقیقه نسبت به زمان پخت ۲۰ دقیقه پیوند بین



الیاف به دلیل انعطاف پذیری بهتر شکل گرفته است و مقاومت در برابر پاره شدن کاغذ آن بیشتر شده است.

**طول پاره شدن:** افزایش زمان پخت و همچنین تغییر روش پخت، باعث تغییر میزان طول پاره شدن کاغذها شد که اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی دار شده است. با افزایش زمان پخت، پالایش پذیری خمیر کاغذها افزایش یافته و اتصال بین الیاف بیشتر می شود و در نتیجه طول پاره شدن الیاف افزایش می یابد. همچنین طول پاره شدن خمیر کاغذ APMP دو مرحله ای بیشترین مقدار را دارا است که علت آن می تواند جدا سازی الیاف پس از پخت در مرحله اول پخت باشد. در مرحله دوم پخت، الیاف بهتر تحت تاثیر مایع پخت قرار گرفته و پس از پایان پخت در هم رفتگی و اتصال بین الیاف بیشتر شده طول پاره شدن کاغذ افزایش یافته است.

**ماتی:** میزان ماتی خمیر کاغذ در پخت ۲۰ دقیقه نسبت به پخت ۴۰ دقیقه بیشتر شده که اختلاف آنها در سطح ۱٪ معنی دار است. در حین جدا سازی خمیر کاغذهای تهیه شده در زمان پخت ۲۰ دقیقه، ابعاد الیاف کاهش یافته و در نتیجه ماتی و سطح ویژه کاغذ افزایش می یابد. روش پخت نیز اختلاف معنی داری در سطح ۱٪ بر عامل ماتی داشت که علت آن می تواند خصوصیات الیاف از جمله ریزی الیاف یا افزایش سطح کلی الیاف و در نتیجه تفرق نور باشد.

**براقیت کاغذ:** نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل میزان براقیت کاغذها نشان داد که با تغییر درجه حرارت پخت و روش پخت میزان براقیت خمیر کاغذها در سطح ۱٪ معنی دار است. بیشترین مقدار براقیت کاغذ مربوط به خمیر کاغذ تهیه شده در ۴۰ دقیقه پخت و روش پخت APMP دو مرحله ای می باشد. با رنگبری خمیر کاغذها از طریق گروههای رنگساز، می توان کاغذ براق تری تهیه کرد.

به طور کلی این تحقیق نشان داد که از چوب درخت توسکای قشلاقی با توجه به میزان رویش مناسب آن، با روشهای CMP و APMP دو مرحله‌ای می‌توان خمیر کاغذ نسبتاً مناسب تهیه کرد. پیشنهاد می‌شود که برای تهیه کاغذهای چاپ و بسته بندی، مقداری خمیر کاغذ الیاف بلند به آن اضافه شود.

برای اندازه‌گیری سلولز از روش قدیمی اسید نیتریک استفاده شد که ممکن است در مقدار اعلام شده مقداری از همی سلولزها نیز وجود داشته باشد. همچنین به دلیل محدودیت فنی از دستگاه Impressafiner برای اشباع الیاف از پر اکسید استفاده نشد. با توجه به اینکه طرح بررسی فاصله کاشت توسکای قشلاقی به روش شاخه زاد ۱۲ ساله است، پیشنهاد می‌شود که بررسی مجددی بر روی این گونه در زمان بهره برداری ۶ و ۸ ساله به منظور مقایسه با تحقیق اخیر با استفاده از دستگاه فوق‌الذکر انجام گیرد.

## منابع مورد استفاده :

- ۱- پارسا پژوه، د. ۱۳۶۳. تکنولوژی چوب، انتشارات دانشگاه تهران ۱۸۵۱.
  - ۲- پور موسی، ش. ۱۳۷۷. بررسی مقایسه‌ای خصوصیات کاغذ سازی دو کلن صنوبر با فرایندهای مکانیکی توسعه یافته ( CMP و APMP )، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تربیت مدرس.
  - ۳- ثابتی، ح. ۱۳۵۵، درختان و درختچه‌های ایران، وزارت کشاورزی و منابع طبیعی، سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی.
  - ۴- حسینی، ض. ۱۳۷۹. مورفولوژی الیاف در چوب و خمیر کاغذ، ناشر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
  - ۵- صالحی، ک. ۱۳۷۹. بررسی و تعیین ویژگیهای خمیر کاغذ شیمیایی مکانیکی بازده زیاد از باگاس، وزارت جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، تحقیقات چوب و کاغذ ایران، شماره ۱۰.
  - ۶- مسیبی نژاد، ا. ۱۳۷۶. بررسی تاثیر فاصله کاشت در توسکای قشلاقی به روش شاخه زاد خیلی کوتاه دوره. گزارش اولین دوره بهره برداری طرح تحقیقاتی. مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان گیلان.
  - ۷- مهدوی، م. رسالتی، ح. ۱۳۸۲. بررسی تاثیر پارامترهای فرایند ی روی براقیت خمیر APMP از چوب سپیدار (P.alba)، مجموعه مقالات اولین همایش ملی و فراوری و کاربرد مواد سلولزی، ناشر پردیس دانشگاه تهران با همکاری موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع.
- 9-Bill, Z., 1976. Processing of Hardwood mixtures in to Semi chemical Pulps for manufacture of corrugating medium. Abstract bulletin of the Institute of Paper chemistry.47,7065x.4976.
- 10- Franklin,G.L.1954.Arapid method for softening wood for micro tom sectioning, tropical woods. 88 : 36

- 11-Kitao,Koichiro,K.and Kazuo,T.1975.Hardwoods of the Hokkaido district of Japan, studies as pulp woods. 1.wood research (Kyoto)no. 17;43-9 (Feb.,1975);Jap.;B.I.P.C.
- 12-Lan-Hawfarn.;Huang-Yawfuh;Wang-Hweig;Lan-HF;Huang-YF;Wang-H.2000.comprehensive evolution on relationship between mechanical pulping condition and paper properties ( 11) chemimechanical pulping (CTMP).Department of wood industry, National pingtung university of science and technology,Taiwan,Taiwan.
- 13- Tappi standard and suggested methods, 1992-93. technical Association of the pulp and paper Industry. 360 Lexington Ave. New York, USA.
- 14-Togo,kazuo and Kitao, koichiro, 1975.Hardwoods of the Hokkaido chikubianian District of Japan; studies of their properties as pulp woods. I. Wood research (Kyoto) no. 17:43-9(Feb.,1975); Jap.:B.I.P.C.28:392.