



دانشگاه گوارش و منابع طبیعی گران

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد بیستم و سوم، شماره اول، ۱۳۹۵  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## بررسی تولید خمیر کاغذ کرافت قابل رنگ‌بری از چوب صنوبر دلتوئیدس (*populous deltoids*)

\* سید محسن میری<sup>۱</sup>، علی قاسمیان<sup>۲</sup>، حسین رسالتی<sup>۳</sup> و فرهاد زینلی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گران، دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، <sup>۲</sup> استاد گروه صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گران، <sup>۳</sup> دانش‌آموخته دکتری صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گران  
تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۸

### چکیده

**سابقه و هدف:** ویژگی‌های منحصر به فرد گونه صنوبر همانند سریع‌الرشد بودن، وزن مخصوص کم، روشنی چوب، تولید قابل ملاحظه چوب در یک دوره بهره‌برداری، بازده زیاد خمیر کاغذ، پالایش‌پذیری مناسب و مقاومت‌های قابل قبول کاغذ حاصل از آن، صنوبر را به‌عنوان گونه‌ای مناسب برای صنعت کاغذسازی مطرح کرده است. این تحقیق به منظور تعیین بهترین شرایط جهت تولید خمیر کاغذ کرافت قابل رنگ‌بری از چوب صنوبر دلتوئیدس انجام شد. برای این منظور بهترین شرایط پخت شامل تغییرات بازده، عدد کاپا، درجه بسپارش سلولز و درجه روشنی خمیر کاغذ رنگ‌بری نشده مورد بررسی قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها:** چوب صنوبر از ایستگاه تحقیقاتی دکتر بهرام‌نیا واقع در منطقه شصت‌کلاته گران تهیه شد و به خرده چوب تبدیل و پس از هوا خشک شدن و محاسبه درصد رطوبت برای تهیه خمیر کاغذ کرافت مورد استفاده قرار گرفت. تحت شرایط پخت مختلف، نسبت مایع پخت به وزن خشک خرده چوب ۶ به ۱، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، سولفیدیت ۲۵ درصد، قلیای

\*مسئول مکاتبه: [m.fargi65@gmail.com](mailto:m.fargi65@gmail.com)

فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و زمان پخت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه برای رسیدن به بازده نزدیک به ۵۰ و عدد کاپا ۱۵ تا ۲۰ جهت تولید خمیر قابل رنگ‌بری انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از بازده خمیر و کاغذهای کرافت صنوبر دلتوئیدس نشان داد که بازده خمیر کاغذ در سطح قلیای ۱۸ و ۲۰ درصد در زمان ۶۰ دقیقه نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای ۱۸ درصد و زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد. در بین این تیمارها بیش‌ترین درجه بسپارش سلولز مربوط به تیمار با قلیای ۱۸ درصد و زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین درجه بسپارش سلولز مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد. در نهایت بیش‌ترین درجه‌روشنی خمیر کاغذ رنگ‌بری نشده مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین درجه‌روشنی مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از شرایط مختلف خمیرسازی نشان داد بهترین شرایط پخت کرافت صنوبر دلتوئیدس جهت تولید خمیر کاغذ قابل رنگ‌بری با قلیای فعال ۲۰ درصد، زمان ۶۰ دقیقه و سایر شرایط ثابت (سولفیدته ۲۵ درصد، درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت مایع پخت به خرده‌چوب ۶/۱ می‌باشد. این تیمار دارای بازده ۴۹/۶۶ درصد، عدد کاپای ۱۵/۲، درجه بسپارش ۱۷۰۰ و درجه روشنایی ۲۲/۳۸ ISO% می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** صنوبر دلتوئیدس، خمیر کاغذ کرافت، بازده، عدد کاپا، درجه بسپارش سلولز

## مقدمه

با توجه به محدودیت روزافزون عرضه چوب سوزنی برگان و نیز گونه‌های مختلف چوب پهن برگان جنگلی برای صنایع خمیر و کاغذ در مقیاس جهانی و از جمله ایران، استفاده از گونه‌های پهن برگ سریع‌الرشد صنوبر، بید و اکالیپتوس به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه که از نظر منابع جنگلی با محدودیت مواجه هستند، نقش مهم و رو به رشدی را برای تأمین نیازهای مواد اولیه چوبی صنایع خمیر و کاغذ ایفا خواهد نمود. ایفای چوب پهن برگان در اکثر کاربردها و تولید محصولات مختلف کاغذ می‌تواند مکمل خوبی برای خمیر کاغذ حاصل از چوب سوزنی برگان باشند. دلیل دیگر برای

افزایش کاربرد پهن برگان سریع‌الرشد در صنایع خمیر و کاغذ این است که با توجه به توسعه فرآیندهای نوین خمیرسازی، تولید خمیر و کاغذ با خصوصیات مقاومتی و نوری مناسب همراه با هزینه‌های بهره‌برداری و سرمایه‌گذاری کم از چوب پهن‌برگان امکان‌پذیر شده است (۸).

ویژگی‌های منحصر به فرد گونه صنوبر همانند سریع‌الرشد بودن، وزن مخصوص کم، روشنی چوب، تولید قابل ملاحظه چوب در یک دوره بهره‌برداری، بازده زیاد خمیرکاغذ، پالایش‌پذیری مناسب و مقاومت‌های قابل قبول کاغذ حاصل از آن، صنوبر را به‌عنوان گونه‌ای مناسب برای صنعت کاغذسازی مطرح کرده است (۱۱).

نظرنژاد (۱۹۹۶)، پژوهشی را با هدف شناخت خصوصیات آناتومیکی، فیزیکی و شیمیایی صنوبر دلتوئیدس انجام داد و به‌این نتیجه رسید که میانگین مقدار سلولز، لیگنین، مواد استخراجی و خاکستر برون‌چوب را به‌ترتیب ۵۲/۸۸، ۲۳/۴۳، ۰/۸۲۵ و ۰/۷۷۹ و درون‌چوب ۵۳/۲، ۲۳/۴۹، ۰/۸۴۵ و ۱/۶۸ می‌باشد (۷). سرائیان و همکاران (۲۰۱۰)، مقایسه بازده و ویژگی‌های مقاومتی خمیرکاغذ سودا و کرافت از درون‌چوب و برون‌چوب صنوبر دلتوئیدس را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد عدد کاپا و مقدار لیگنین باقی‌مانده در خمیرکاغذها از دو بخش درون‌چوب و برون‌چوب در خمیرکاغذ کرافت کمتر از خمیرکاغذ سودا بوده و هم‌چنین برای هردو پخت در بخش درون‌چوب بیش‌تر از بخش برون‌چوب می‌باشد. بازده خمیرکاغذ فرایند کرافت کمتر از سودا بوده و بخش درون‌چوب برای هر دو پخت کم‌تر از برون‌چوب بوده است. مقاومت در برابر کشش، ترکیدن و پاره‌شدن کاغذهای دست‌ساز از فرایند کرافت بیش‌تر از سودا و بخش برون‌چوب هر دو پخت بیش‌تر از درون‌چوب می‌باشد (۹).

محرابی (۲۰۰۸)، ویژگی‌های خمیر و کاغذ سه گونه چوبی صنوبر کبوده<sup>۱</sup>، دلتوئیدس<sup>۲</sup> و اورامریکن<sup>۳</sup> را به روش کرافت مورد بررسی قرار داد. برای پخت این سه کلن از زمان‌های ۱، ۲ و ۳ ساعت، دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، سولفیدیت ۲۵ درصد و قلیایی فعال در سه سطح ۱۵، ۱۷/۵ و ۲۰ درصد استفاده شد. نتایج ایشان نشان داد از گونه کبوده و دلتوئیدس با استفاده از ۲۰ درصد قلیائیت فعال و مدت زمان پخت ۳ ساعت، خمیر کاغذ با بازده ۵۳ درصد و عدد کاپای ۱۸ به‌دست می‌آید (۴).

1- Kabudeh  
2- Deltoids  
3- American

فرانسیس و همکاران (۲۰۰۶)، خواص خمیرکاغذ ۲۲ گونه خالص و هیبرید صنوبر ۷/۵ ساله را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد از گونه صنوبر، خمیرکاغذ با بازده بالا را می‌توان تولید کرد. آن‌ها همچنین بیان داشتند که این صنوبرها به سیستم خمیرسازی کرافت و نیز لیگنین‌زدایی اکسیژن به‌خوبی پاسخگو بوده و پس از رنگ‌بری به درجه‌روشنی حداکثر ۹۵ درصد ال رفو در آزمایشگاه رسیدند (۳). یعقوب و همکاران (۲۰۱۰)، در بررسی خود جهت تولید خمیر کرافت قابل رنگ‌بری از گونه اکالیپتوس گلوبولوس استفاده کردند. آن‌ها جهت رسیدن به حداکثر درجه‌روشنی در رنگ‌بری، بهترین شرایط خمیر رنگ‌بری نشده را عدد کاپای ۱۸، گرانروی ۴۵ سانتی پواز و درجه‌روشنی ۲۵٫۳ درصد ISO جهت رنگ‌بری TCF اعلام کردند (۱۰). کوتی و همکاران (۱۹۶۹)، بیان داشتند که با افزایش زمان پخت به‌دلیل مصرف مواد شیمیایی موجود در مایع پخت سودا و کرافت، pH محیط کاهش و رسوب لیگنین بر روی الیاف رخ می‌دهد. در این شرایطی با افزایش زمان پخت، بازده و عدد کاپا خمیرکاغذ تقریباً ثابت مانده و برای ادامه پخت نیاز به افزودن ماده قلیایی می‌باشد (۲). این تحقیق، امکان تولید خمیرکاغذ قابل رنگ‌بری از گونه صنوبر دلتوئیدس را تحت شرایط خمیرسازی کرافت بررسی می‌کند و به‌منظور تعیین بهترین شرایط پخت، تغییرات بازده، عدد کاپا، درجه بسپارش سلولز و درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری نشده مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

**تهیه نمونه:** در این پژوهش از ۳ پایه درخت صنوبر دلتوئیدس (با قطر تقریباً ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر) موجود در جنگل آموزشی دکتر بهرام‌نیا واقع در منطقه شصت‌کلاته گرگان استفاده شد. از ارتفاع برابر سینه درخت دیسک‌هایی به ضخامت ۲/۵ سانتی‌متر تهیه شد سپس دیسک‌ها را در جهت شعاعی به عرض ۲ سانتی‌متر برش داده و خرده چوب موردنیاز به ابعاد ضخامت ۴-۲ میلی‌متر، طول ۲/۵ سانتی‌متر و عرض ۲ سانتی‌متر با استفاده از چاقوی تیز و با ضربات چکش تهیه شد. خرده‌چوب‌ها پس از هوا خشک شدن و تعیین درصد رطوبت، برای جلوگیری از تبادل رطوبتی با محیط در کیسه‌های پلاستیکی ذخیره شدند.

**تهیه خمیر و کاغذ و اندازه‌گیری ویژگی‌ها:** خمیرسازی کرافت در دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد (بر اساس  $\text{Na}_2\text{O}$ ) با زمان‌های پخت ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه و شرایط ثابت سولفیدیت (کرافت) ۲۵ درصد، دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت مایع پخت به خرده چوب ۶ به ۱ و وزن خشک خرده

چوب ۱۰۰ گرم بر مبنای وزن خشک انجام شد. درصد بازده خمیر کاغذها از نسبت وزن کل خمیر کاغذ خشک به وزن خشک خرده چوبها به دست آمد. جدول ۱ آزمونهای انجام شده بر اساس استاندارد تاپی<sup>۱</sup> را نشان می دهد.

جدول ۱- آزمونهای انجام شده بر اساس استاندارد.

Table 1. Tests done based on standard.

شماره استاندارد Standard Number	آیین نامه Regulations	نوع آزمون Test
T 236 om-99	تاپی (TAPPI)	عدد کاپا (kappa Number)
T 230 om-04	تاپی (TAPPI)	درجه بسپارش سلولز (DP)
T 205 sp-02	تاپی (TAPPI)	کاغذ دست ساز (۶۰ گرمی) (Handmade paper, 60 gr)
T 452 om-98	تاپی (TAPPI)	درجه روشنی (Brightness)

کاغذهای دست ساز به دست آمده، هوا خشک شده و به مدت ۲۴ ساعت در اتاق کلیما تحت شرایط رطوبت نسبی ۵۰ درصد و دمای  $23 \pm 2$  درجه سانتی گراد قرار گرفتند. نتایج این تحقیق توسط نرم افزار SPSS از طریق آزمون تجزیه واریانس دوطرفه با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. سپس گروه بندی میانگینها از طریق آزمون دانکن انجام شد.

### نتایج و بحث

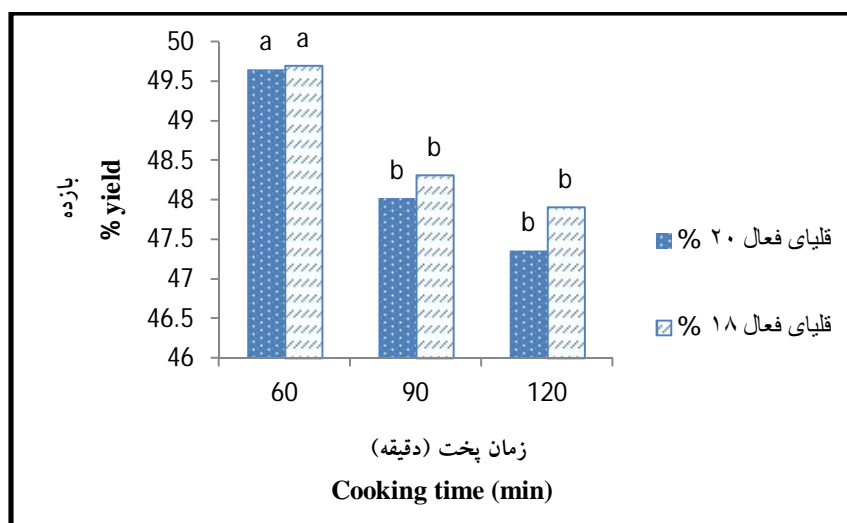
**بازده:** نتایج آزمون تجزیه واریانس دو طرفه میزان بازده در جدول ۱ آورده شده است. همان طور که در جدول ملاحظه می شود تأثیر قلیای فعال بر روی میزان بازده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار بوده و ولی تأثیر زمان و اثر متقابل زمان و قلیا معنی دار نیست. همچنین نتایج حاصل از بازده خمیر و کاغذهای کرافت صنوبر دلتوئیدس در دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و در سه سطح زمان ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در شکل ۱ ارائه شده است. با توجه به شکل بازده خمیر در سطح قلیای ۱۸ و ۲۰ درصد در زمان ۶۰ دقیقه بیش تر بوده و تفاوت زیادی ندارند.

1- TAPPI

جدول ۲- نتایج آزمون تجزیه واریانس میزان بازده.

Table 2. The results of analysis of variance of yield.

سطح معنی داری (Significant level)	f	میانگین مربعات (Mean square)	مجموع مربعات (Sum square)	درجه آزادی (Degree of freedom)	منبع تغییرات (variation source)
0.011	6.71	6.7128	13.425	2	زمان (Time)
0.55	0.38	0.37484	0.3784	1	درصد قلیای فعال (Active alkaline %)
0.911	0.09	0.0937	0.1875	2	اثر متقابل زمان و درصد قلیای فعال (Interaction effect of time and active alkaline %)
		۱	12	12	خطا (error)
			25.997	17	کل (overall)



شکل ۱- بازده خمیر کاغذ در سطوح مختلف زمان و قلیای فعال.

Figure 1. Pulp yield changes at different level of time and active alkaline.

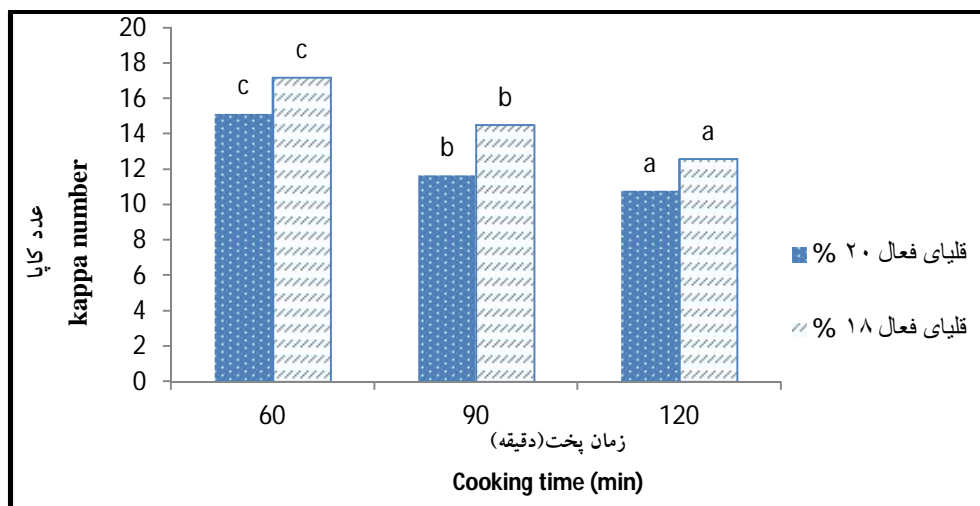
عدد کاپا: نتایج آزمون تجزیه واریانس دو طرفه عدد کاپا در جدول ۲ آمده است. با توجه به جدول تأثیر قلیای فعال و زمان بر روی عدد کاپا معنی دار مشاهده شده است. نتایج به دست آمده از عدد کاپای خمیر کاغذ کرافت صنوبر دلتوئیدس در دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و در سه سطح

زمان ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به شکل بیشترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای ۱۸ درصد و زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد و کمترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد.

جدول ۳- نتایج آزمون تجزیه واریانس عدد کاپا.

Table 3. The results of analysis of variance the kappa number.

سطح معنی داری (Significant level)	f	میانگین مربعات (Mean square)	مجموع مربعات (Sum square)	درجه آزادی (Degree of freedom)	منبع تغییرات (variation source)
0.000	30.46	31.5416	63.0831	2	زمان (Time)
0.001	21.59	22.3558	22.3558	1	درصد قلیای فعال (Active alkaline %)
0.622	0.49	0.5121	1.0242	2	اثر متقابل زمان و درصد قلیای فعال (Interaction effect of time and active alkaline %)
		1.03556	12.4267	12	خطا (error)
			98.8898	17	کل (overall)



شکل ۲- تغییرات عدد کاپا در سطوح مختلف زمان و قلیای فعال.

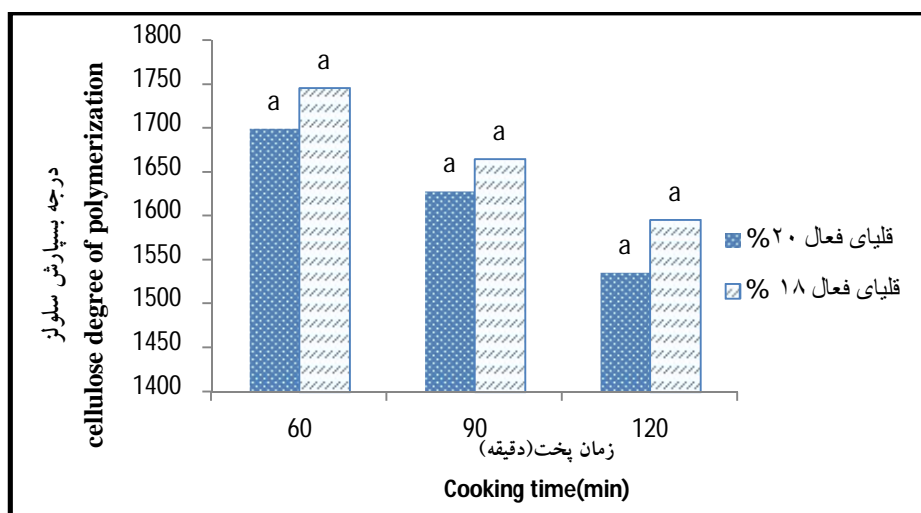
Figure 2. kappa number changes at different level of time and active alkaline.

درجه بسپارش سلولز: نتایج آزمون تجزیه واریانس دو طرفه درجه بسپارش سلولز در جدول ۲ آمده است. با توجه به جدول، تأثیر سطوح مختلف قلیا و زمان بر روی درجه بسپارش سلولز معنی‌دار نبوده است. نتایج به‌دست آمده از درجه بسپارش سلولز خمیر کرافت صنوبر دلتوئیدس در دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و در سه سطح زمان ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در شکل ۳ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ملاحظه می‌شود، بیش‌ترین درجه بسپارش سلولز مربوط به تیمار با قلیای ۱۸ درصد و زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین درجه بسپارش سلولز مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد.

جدول ۴- نتایج آزمون تجزیه واریانس درجه بسپارش سلولز.

Table 4. The results of analysis of variance the cellulose degree of polymerization.

منبع تغییرات (variation source)	درجه آزادی (Degree of freedom)	مجموع مربعات (Sum square)	میانگین مربعات (Mean square)	f	سطح معنی‌داری (Significant level)
زمان (Time)	2	36372	18186	1.82	0.204
درصد قلیای فعال (Active alkaline %)	1	882	882	0.09	0.772
اثر متقابل زمان و درصد قلیای فعال (Interaction effect of time and active alkaline %)	2	6636	3318	0.33	0.724
خطا (error)	12	120000	10000		
کل (overall)	17	163890			



شکل ۳- تغییرات درجه بسپارش سلولز در سطوح مختلف زمان و قلیای فعال.

Figure 3. Cellulose degree of polymerization changes at different level of time and active alkaline.

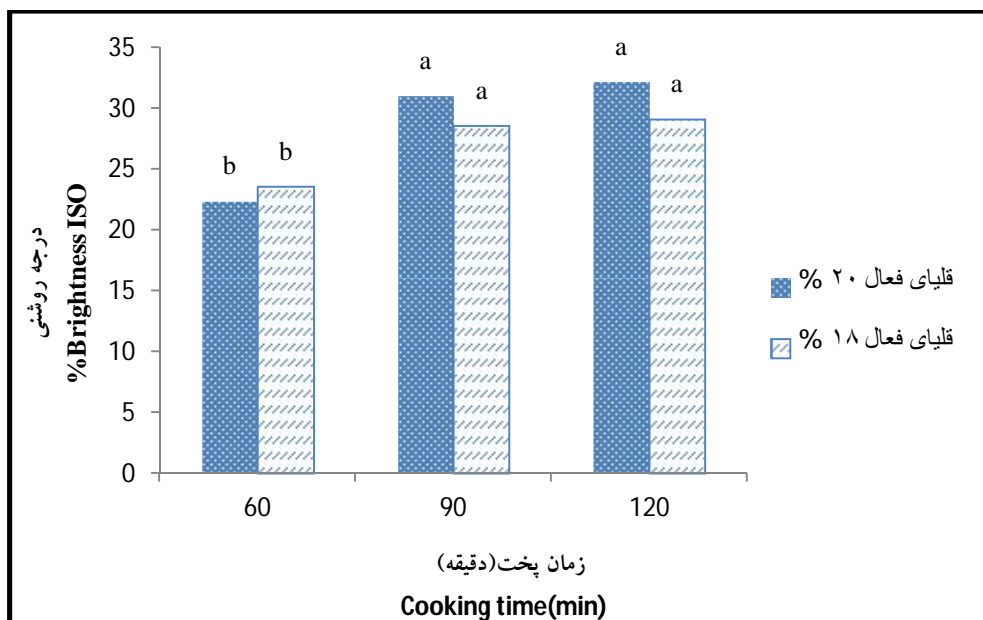


درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری نشده: نتایج آزمون تجزیه واریانس دو طرفه درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری نشده در جدول ۲ آمده است. با توجه به جدول، اثر قلیا و زمان بر روی درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری نشده معنی‌دار بوده است. نتایج به‌دست آمده از درجه‌روشنی خمیرکاغذ کرافت رنگ‌بری نشده صنوبر دلتوئیدس در دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و در سه سطح زمان ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به شکل بیش‌ترین درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری نشده مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین درجه‌روشنی مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد.

جدول ۵- نتایج آزمون تجزیه واریانس درجه‌روشنی.

Table 5. The results of analysis of variance in brightness.

سطح معنی‌داری (Significant level)	f	میانگین مربعات (Mean square)	مجموع مربعات (Sum square)	درجه آزادی (Degree of freedom)	منبع تغییرات (variation source)
0.00	106.49	106.491	212.982	2	زمان (Time)
0.009	9.64	9.636	9.636	1	درصد قلیای فعال (Active alkaline %)
0.006	8.02	8.019	16.038	2	اثر متقابل زمان و درصد قلیای فعال (Interaction effect of time and active alkaline %)
		1	12	12	خطا (error)
			250.656	17	کل (overall)



شکل ۴- تغییرات درجه‌روشنی خمیر کاغذ رنگ‌بری نشده در سطوح مختلف زمان و قلیای فعال.  
Figure 4. Unbleached pulp brightness changes at different level of time and active alkaline.

### بحث

بازده: نتایج به‌دست آمده از آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر قلیای فعال بر روی بازده معنی‌دار بوده ولی تأثیر زمان بر بازده معنی‌دار نبوده است. بازده به‌دست آمده برای تیمارهای با قلیای ۱۸ و ۲۰ در زمان ۶۰ دقیقه بیش‌ترین مقدار بوده است و با افزایش زمان از ۶۰ به ۹۰ دقیقه تنها ۱ درصد بازده کم شده است هم‌چنین از ۹۰ به ۱۲۰ دقیقه باز هم یک درصد در بازده کاهش مشاهده شد. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش زمان پخت میزان بازده کاهش می‌یابد و علت آن می‌تواند میزان لیگنین حل شده بیش‌تر باشد. با افزایش زمان پخت، گزینش‌پذیری واکنش کمتر شده که موجب کاهش بازده خمیر کاغذ می‌شود. بازده خمیر کاغذ با قلیای فعال بیشتر مقداری کمتر از قلیای فعال کمتر بوده است که علت آن بر می‌گردد به این که با افزایش قلیا میزان خروج همی سلولزها در یک عدد کاپای مشخص افزایش می‌یابد (۵). گونه صنوبر به‌دلیل داشتن سلولز زیاد، لیگنین کم، سرعت رشد قابل توجه و میزان زیاد تولید چوب در یک دوره مشخص، بازدهی کاغذسازی زیاد با عدد کاپای کم برای صنعت کاغذ سازی مناسب می‌باشد (۱۱). هم‌چنین بررسی سرائیان و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که بازده خمیر و

کاغذ برون چوب صنوبر دلتوئیدس بیش‌تر از درون چوب آن است که تفاوت آن در مواد قابل حل بیش‌تر درون چوب می‌باشد. آن‌ها هم‌چنین اعلام کردند که بازده خمیرکاغذ سودای صنوبر دلتوئیدس بیشتر از خمیرکاغذ کرافت آن می‌باشد که علت آن را می‌توان به سرعت لیگنین زدایی بیش‌تر مایع پخت کرافت نسبت داد که باعث شده تا مقدار لیگنین بیشتری از چوب خارج گردد و منجر به کاهش درصد بازده در فرآیند کرافت شود (۹).

**عدد کاپا:** نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که هر دو عامل قلیای فعال و زمان بر روی میزان عدد کاپا معنی‌دار بوده است. نتایج به‌دست آمده از آزمون کاپا نشان داد که بیش‌ترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای فعال ۱۸ درصد و زمان ۶۰ دقیقه و کم‌ترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای فعال ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد و با افزایش زمان پخت عدد کاپای به‌دست آمده کمتر بوده و هم‌چنین با افزایش قلیای فعال از سطح ۱۸ درصد به سطح ۲۰ درصد شاهد کاهش عدد کاپای خمیرکاغذ بوده‌ایم. تیمار با قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد در زمان ۶۰ دقیقه بازده‌های تقریباً مشابه‌ای داشتند ولی با افزایش قلیا از ۱۸ به ۲۰ درصد شاهد کاهش عدد کاپا بوده‌ایم. که علت این تفاوت این است که با افزایش قلیای فعال در یک بازده مشخص، عدد کاپا خمیرکاغذ کاهش یافته است. هم‌چنین با افزایش زمان پخت شاهد کاهش در عدد کاپای خمیر بوده‌ایم. در یک بازده مشخص با افزایش قلیا میزان عدد کاپا خمیر کاهش پیدا می‌کند و بالعکس در یک عدد کاپای مشخص با افزایش قلیا بازده خمیر کاغذ کاهش پیدا می‌کند (۵). هم‌چنین سرائیان و همکاران (۲۰۰۸)، اعلام کردند عوامل فعال لیگنین‌زدایی در مایع پخت کرافت بیشتر از سودا است و در نتیجه مقدار لیگنین‌زدایی بیش‌تری دارد با توجه به رابطه مستقیم بین لیگنین باقی‌مانده در خمیرکاغذ و عدد کاپا، با لیگنین‌زدایی بیش‌تر مقادیر عدد کاپا کاهش می‌یابد (۹). کوپار و تازلو گلو (۲۰۰۷)، اعلام کردند لیگنین‌زدایی صنوبر نسبت به سایر گونه‌ها گزینش‌پذیرتر می‌باشد، از طرف دیگر بازده خمیرکاغذ گونه صنوبر نسبت به سایر گونه‌های پهن برگ بیش‌تر بوده و عدد کاپای آن کمتر است. که این یک مزیت بزرگ برای استفاده از این گونه در صنعت کاغذسازی می‌باشد (۱).

**درجه بسپارش سلولز:** نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که قلیای فعال و زمان پخت بر روی درجه بسپارش سلولز تأثیر معنی‌داری نداشتند. نتایج نشان داد بیش‌ترین مقدار درجه بسپارش سلولز مربوط به تیمار با قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد در زمان ۶۰ دقیقه می‌باشد. با افزایش زمان و قلیای فعال

میزان افت درجه بسپارش سلولز افزایش یافته است. در جریان پخت کرافت کربوهیدرات‌ها، به‌ویژه همی سلولزها و تا حدودی سلولز تحت تأثیر شیمیایی قرار گرفته و تا حدودی حل می‌شوند. در جریان یک پخت عادی، تقریباً ۸۰ درصد لیگنین، ۵۰ درصد همی سلولزها و ۱۰ درصد سلولز حل می‌شود. در ضمن لیگنین‌زدایی، گرانروی خمیرکاغذ (معیاری از وزن ملکولی متوسط وزنی سلولز) نیز کاهش می‌یابد. اگر گرانروی خمیرکاغذ از یک حد بحرانی کمتر شود، خواص مقاومتی خمیرکاغذ کاهش شدیدی می‌یابد. برای حفظ گرانروی خمیرکاغذ باید پخت کرافت را در حالی پایان دهیم که هنوز مقداری لیگنین همراه با الیاف باقی‌مانده است (۶). با افزایش قلیا مقدار همی سلولزها را در یک عدد کاپا مشخص تا حدی کاهش می‌یابد و ترکیب سلولز باقی‌مانده را نیز تغییر می‌دهد. در فرایند پخت کرافت، فعالیت شیمیایی پلی‌ساکاریدها بسته به میزان دسترسی مواد شیمیایی به آن‌ها و نیز ساختار آن‌ها تغییر می‌کند (۵).

**درجه‌روشنی:** نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر قلیای فعال و زمان و اثر متقابل زمان و قلیا بر روی درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری نشده تأثیر معنی‌داری نشان داد. این نتایج نشان داد بیش‌ترین درجه‌روشنی مربوط به تیمار با قلیایی ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد. با توجه به این‌که این تیمار دارای کم‌ترین عدد کاپا است در نتیجه مقدار لیگنین باقی‌مانده در این تیمار کمتر بوده و درجه‌روشنی بیشتری دارد از آنجا که در جریان خمیرسازی کرافت لیگنین به‌صورت اکسید شده در می‌آید باعث افت درجه‌روشنی خمیرکاغذ می‌شود و به همین علت در بین فرآیندهای تهیه خمیرکاغذ به صورت شیمیایی، فرآیند کرافت دارای کم‌ترین درجه‌روشنی خمیر رنگ‌بری نشده می‌باشد. جذب نور توسط خمیر کاغذ و رنگ آن عمدتاً ناشی از لیگنین موجود در آن است. برای رسیدن به میزان قابل قبولی از سفیدی، بایستی لیگنین باقی‌مانده را از خمیر خارج کرد یا گروه‌های رنگ‌ساز آن را تا آنجا که ممکن است از بین برد (۵). بنابراین عامل مؤثر بر درجه‌روشنی در خمیر و کاغذ لیگنین موجو در آن می‌باشد. پس نتیجه می‌گیریم با کاهش میزان لیگنین در خمیرکاغذ، درجه‌روشنی خمیرکاغذ افزایش می‌یابد که با نتایج به‌دست آمده مطابقت دارد.

### نتیجه‌گیری

صنوبر دلتوئیدس گونه سریع‌الرشدی است که در کشور ما با توجه به محدودیت تأمین چوب از جنگل‌های شمال، می‌تواند به‌عنوان یک گونه مناسب جهت تأمین ماده اولیه سلولزی موردنیاز صنایع

خمیر کاغذ مطرح باشد. همچنین به دلیل داشتن مقدار سلولز زیاد، لیگنین کم، وزن مخصوص کم و میزان تولید چوب در یک دوره بهره‌برداری مشخص دارای خمیرکاغذ با بازده زیاد و عدد کاپای کم می‌باشد. در این تحقیق سعی بر آن شد بهترین شرایط خمیرسازی برای تولید خمیرکاغذ قابل رنگ‌بری بررسی شود. برای رسیدن به این هدف از شرایط خمیرسازی کرافت با دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و زمان‌های ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه (سایر شرایط ثابت) استفاده شد. نتایج حاصل از شرایط مختلف خمیرسازی نشان داد که خمیرکاغذ با شرایط قلیایی فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و زمان ۶۰ دقیقه بهترین بازده را داشتند و نسبت به سایر تیمارها شرایط بهتری داشته ولی عدد کاپا خمیرکاغذ با قلیای ۲۰ درصد کمتر بود. همچنین دو ویژگی مهم دیگری که برای خمیرکاغذ قابل رنگ‌بری مهم است درجه بسپارش سلولز و درجه‌روشنی نیز بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد این دو خمیرکاغذ درجه بسپارش و درجه‌روشنی مشابه‌ای داشتند. از این‌رو، بهترین شرایط پخت کرافت صنوبر دلتوئیدس جهت تولید خمیرکاغذ قابل رنگ‌بری با قلیای فعال ۲۰ درصد، زمان ۶۰ دقیقه و سایر شرایط ثابت (سولفیدته ۲۵ درصد، درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت مایع پخت به خرده‌چوب ۶/۱) می‌باشد. این تیمار دارای بازده ۴۹/۶۶ درصد، عدد کاپای ۱۵/۲، درجه بسپارش ۱۷۰۰ و درجه روشنی ISO% ۲۲/۳۸ می‌باشد.

### منابع

1. Copar, Y., and Tozluglu, A. 2007. A comparison of kraft, kraft-AQ, kraft-NaBH pulp of brutia pine. *Bioresources technology*, 63: 536-542.
2. Cote, W.A., Day, A.C., and Timell, T.E. 1969. *Wood science technology*, 3: 4.257.
3. Francis, R.C., Hanna, R.B., Shin, S.J., Brown, A.F., and Riemenschneider, D.E. 2006. Papermaking characteristics of three populus clones grown in the north-central United States. *Biomass and Bioenergy*, 30(8-9): 803-808.
4. Mehrabi, S. 2005. Study of pulp and paper properties of colons Kabudeh, 44/9 deltoids 69/55 and American 214 populus. *Wood and Paper Research Journal*, 20(2): 151-167. (In Persian)
5. Mirshokraei, S.A. 2003. *Pulp and paper technologists*. Ayije press. Second edition. 501p. (In Persian)
6. Mirshokraei, S.A. 2002. *Wood chemistry*. Ayije press, 194p. (In Persian)
7. Nazarneshad, N. 1996. Investigation of pulp CMP properties of two species deltoeides and American populus. M.Sc. Thesis, Tehran University. 93p. (In Persian)

8. Resalati, H. 2005. Investigation economics-Qualityfeatures use of fast-growing of non-forest wood species for supply cellulosic raw material country. National Research Project, Tarbiat Modarres University. 75p. (In Persian)
9. Saraeian, A.R., Khalili, A., Aliabadi, M., and Dahmardeh, M. 2008. Comparison of Soda and Kraft Pulp Properties of *Populus deltoids* Sapwood and Heartwood. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 17(4): 125-137. (In Persian)
10. Yaqoob, N., Stack, K., and Nguyen, K.L. 2010. TCF bleaching of Eucalypt Kraft pulp with Oxone. Appita Journal, 63(5): 381-386.
11. Younesi, H., Hosseini, S.M., and Behrooz, R. 2008. Comparison of *Populus deltoids* pulp and paper properties with some other species. The 1<sup>st</sup> Iranian conference on supplying raw materials and development of wood and paper Industries. IRAN, Gorgan, 2-3 Dec (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 23 (1), 2016

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## Investigation on Producing Bleachable kraft Pulp from *Populus deltoids*

\*S.M. Miri<sup>1</sup>, A. Ghasemian<sup>2</sup>, H. Resalati<sup>3</sup> and F. Zeynali<sup>4</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Graduated Student of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran, <sup>2</sup>Associate Prof., of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran, <sup>3</sup>Professor of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran, <sup>4</sup>Farhad Zeynali, Ph.D. Graduated Student of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran

Received: 02/28/2013 ; Accepted: 07/04/2015

### Abstract

**Literature and purpose:** the unique properties of populus species like fast-growing, low density, bright wood, noticeable production of wood in the period of Exploitation, high yield pulp, suitable refineable, and acceptable paper strength lead to as suitable species for papermaking industry. This study was aimed to determine the best conditions for producing the bleachable pulp from *Populus deltoids*. For this purpose, the best cooking conditions include yield changes, kappa number, cellulose degree of polymerization, and brightness were investigated.

**Materials and methods:** The wood species from Dr. Behramnia research forest located in Shastkalat region in Gorgan were obtained. The wood obtained were turned in wood chips, air dried and their moisture content was determined and finally used for preparation Kraft pulp. The cooking conditions were l/w: 6/1, temperature 170 °C, sulfidity 25%, 18 and 20 % active Alkali (AA) charge and cooking time 60, 90 and 120 minutes for produced bleachable pulp with yield near 50% and kappa number between 15 to 20.

**Results:** the results of *Populus deltoids* kraft pulp yield showed that pulp yield with the level of 18 and 20% alkaline and 60 min. was high than other treatments. Also, the highest kappa number was achieved with 18% alkaline and 60 min. and lowest kappa number was founded with 20% alkaline and 120 minutes. Among these treatments, maximum DP with 18% alkaline and 60 minutes and minimum DP with 20% alkaline and 120 minute were achieved. Finally, maximum unbleached pulp brightness was related to treatment with 20% alkaline and 90 &

---

\*Corresponding author: m.fargi65@gmail.com

120 minute and minimum brightness with 20% alkaline and 60 minute was achieved.

**Conclusion:** The kraft pulp with cooking conditions: AA 20%, time 60 min, sulfidity 25%, L/W: 6/1 and temperature 170°C from between taken various cooking was chosen. The yield 49.66%, Kappa number 15.2, degree of polymerization 1700 and brightness for unbleached pulp was 38.22 % ISO.

**Keywords:** *Populus deltoids*, Kraft Pulp, Yield, Kappa Number