Archive of SID

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

بررسی تولید خمیرکاغذ کرافت قابل رنگ‌بری از چوب صنوبر دلتوئیدس (*populous deltoids*)

***سید محسن میری[۱]، علی قاسمیان[۲]، حسین رسالتی[۳] و فرهاد زینلی[۴]**

[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۲]دانشیار گروه صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، [۳]استاد گروه صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۴]دانش‌آموخته دکتری صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۱/۱۸

چکیده

سابقه و هدف: ویژگی‌های منحصربه 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. این تحقیق به‌منظور تعیین بهترین شرایط جهت تولید خمیرکاغذ کرافت قابل رنگ‌بری از چوب صنوبر دلتوئیدس انجام شد. برای این منظور بهترین شرایط پخت شامل تغییرات بازده، عدد کاپا، درجه بسپارش سلولز و درجه‌روشنی خمیرکاغذ رنگ‌بری نشده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: چوب صنوبر از ایستگاه تحقیقاتی دکتر بهرام‌نیا واقع در منطقه شصت‌کلاته گرگان تهیه شد و به خرده چوب تبدیل و پس از هوا خشک شدن و محاسبه درصد رطوبت برای تهیه خمیرکاغذ کرافت مورد استفاده قرار گرفت. تحت شرایط پخت مختلف، نسبت مایع پخت به وزن خشک خرده چوب ٦ به ۱، درجه حرارت پخت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، سولفیدیته ۲۵ درصد، قلیای

*مسئول مکاتبه: m.fargi65@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و زمان پخت ٦۰، 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 خمیرکاغذ در سطح قلیای ۱۸ و ۲۰ درصد در زمان ٦۰ دقیقه نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای ۱۸ درصد و زمان ٦۰ 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 ٦۰ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین درجه بسپارش سلولز مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد. در نهایت 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 ٦۰ دقیقه می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از شرایط مختلف خمیرسازی نشان داد بهترین شرایط پخت کرافت صنوبر دلتوئیدس جهت تولید خمیرکاغذ قابل رنگ‌بری با قلیای فعال ۲۰ درصد، زمان ٦۰ دقیقه و سایر شرایط ثابت (سولفیدیته ۲۵ درصد، درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت مایع پخت به خرده‌چوب ٦/۱ می‌باشد. این تیمار دارای بازده ٤۹/٦٦ درصد، عدد کاپای ۱۵/۲، درجه بسپارش ۱۷۰۰ و درجه روشنی ۲۲/۳۸ ISO% می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: صنوبر دلتوئیدس، خمیرکاغذ 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. الیاف چوب پهن برگان در اکثر کاربردها و تولید محصولات مختلف کاغذ می‌تواند مکمل خوبی برای خمیرکاغذ حاصل از چوب سوزنی برگان باشند. دلیل دیگر برای

www.SID.ir

Archive of SID

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 (۱۹۹٦)، 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 برون چوب را به‌ترتیب ۵۲/۸۸، ۲۳/٤۳، ۰/۸۲۵ و ۰/۷۷۹ و درون چوب ۵۳/۲، ۲۳/٤۹، ۰/۸٤۵ و ۱/٦۸ 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[1]، دلتوئیدس[2] و اورامریکن[3] را به روش کرافت مورد بررسی قرار داد. برای پخت این سه کلن از زمان‌های ۱، ۲ و ۳ ساعت، دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، سولفیدیته 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 (٤).

1- Kabudeh
2- Deltoids
3- American

www.SID.ir

Archive of SID

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 ٤٥ سانتی پوآز و درجه‌روشنی ۲۵,۳ درصد ISO جهت رنگ‌بری TCF اعلام کردند (۱۰). کوتی و همکاران (۱۹٦۹)، 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 ٤٠ 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 ٤-۲ 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 Na_2O) با زمان‌های پخت ٦٠، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه و شرایط ثابت سولفیدیته (کرافت) ۲۵ درصد، دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، نسبت مایع پخت به خرده چوب ٦ به ۱ و وزن خشک خرده

www.SID.ir

Archive of SID

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 به‌دست آمد. جدول ۱ آزمون‌های انجام شده بر اساس استاندارد تاپی[1] را نشان می‌دهد.

جدول ۱- آزمون‌های انجام شده بر اساس استاندارد.

Table 1. Tests done based on standard.

شماره استاندارد Standard Number	آیین‌نامه 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 دست‌ساز (۶۰ گرمی) (Handmade paper, 60 gr)
T 452 om-98	تاپی (TAPPI)	درجه روشنی (Brightness)

کاغذهای دست‌ساز به‌دست آمده، هوا خشک شده و به‌مدت ۲۴ ساعت در اتاق کلیما تحت شرایط رطوبت نسبی ۵۰ درصد و دمای ۲±۲۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نتایج این تحقیق توسط نرم‌افزار SPSS از طریق آزمون تجزیه واریانس دوطرفه با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. سپس گروه‌بندی 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. همان‌طور که در جدول ملاحظه می‌شود تأثیر قلیای فعال بر روی میزان بازده در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بوده و ولی تأثیر زمان و اثر متقابل زمان و قلیا معنی‌دار 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 بیش‌تر بوده و تفاوت زیادی ندارند.

1- TAPPI

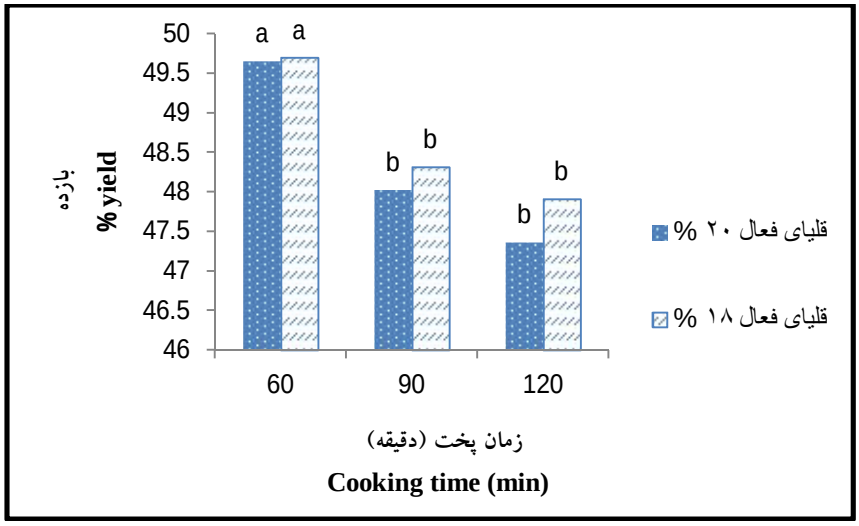
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- نتایج آزمون تجزیه واریانس میزان بازده.

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

سطح معنی‌داری (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 خمیرکاغذ 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 معنی‌دار مشاهده شده است. نتایج به‌دست آمده از عدد کاپای خمیرکاغذ کرافت صنوبر دلتوئیدس در دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و در سه سطح

www.SID.ir

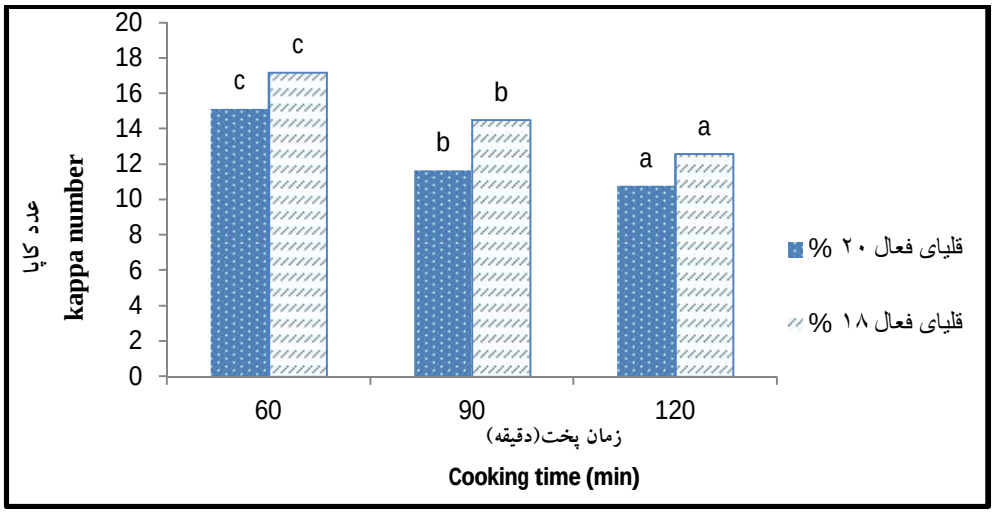
Archive of SID

زمان ٦٠، ٩٠ و ١٢٠ دقیقه در شکل ٢ ارائه شده است. با توجه به شکل بیش‌ترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای ١٨ درصد و زمان ٦٠ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین عدد کاپا مربوط به تیمار با قلیای ٢٠ درصد و زمان ١٢٠ دقیقه می‌باشد.

جدول ٣- نتایج آزمون تجزیه واریانس عدد کاپا.

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

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	63.0831	31.5416	30.46	0.000
درصد قلیای فعال (Active alkaline %)	1	22.3558	22.3558	21.59	0.001
اثر متقابل زمان و درصد قلیای فعال (Interaction effect of time and active alkaline %)	2	1.0242	0.5121	0.49	0.622
خطا (error)	12	12.4267	1.03556		
کل (overall)	17	98.8898			



شکل ٢- تغییرات عدد کاپا در سطوح مختلف زمان و قلیای فعال.

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

www.SID.ir

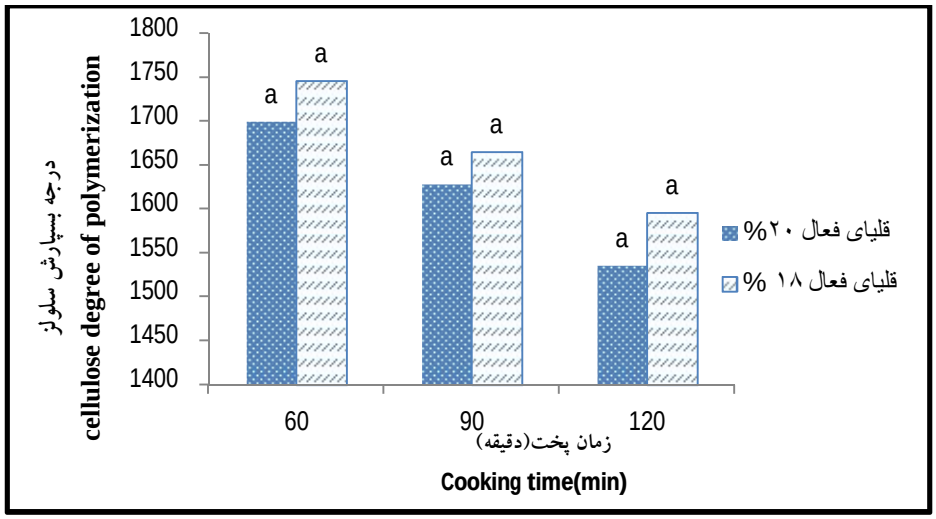
Archive of SID

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 ٦۰، 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 ٦۰ دقیقه می‌باشد و کم‌ترین درجه بسپارش سلولز مربوط به تیمار با قلیای ۲۰ درصد و زمان ۱۲۰ دقیقه می‌باشد.

جدول ٤- نتایج آزمون تجزیه واریانس درجه بسپارش سلولز.

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

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



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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 ٦۰، ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه در شکل ٤ 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 ٦۰ دقیقه می‌باشد.

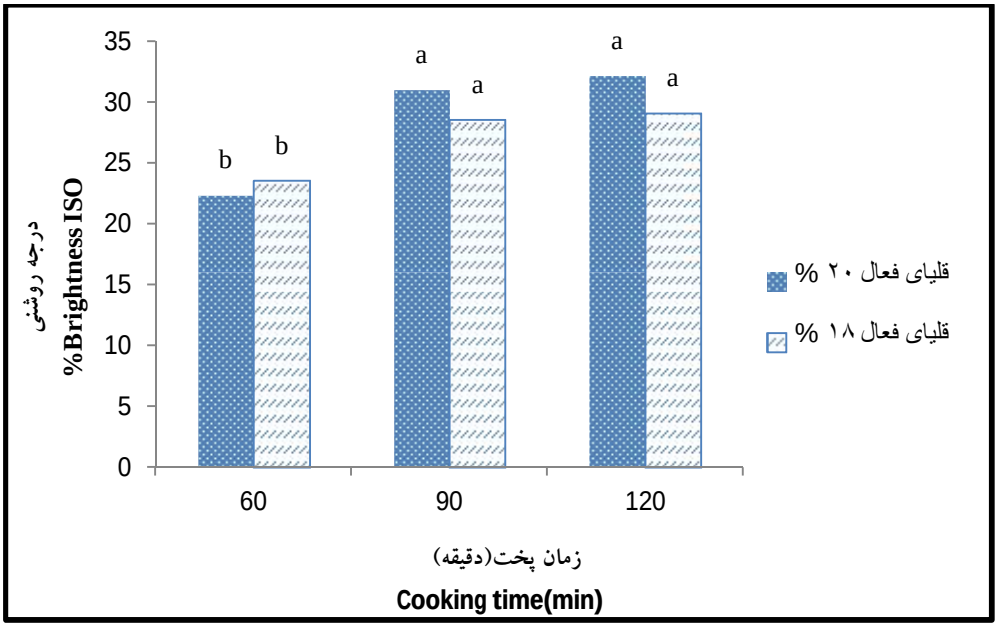
جدول ۵- نتایج آزمون تجزیه واریانس درجه‌روشنی.

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

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	212.982	106.491	106.49	0.00
درصد قلیای فعال (Active alkaline %)	1	9.636	9.636	9.64	0.009
اثر متقابل زمان و درصد قلیای فعال (Interaction effect of time and active alkaline %)	2	16.038	8.019	8.02	0.006
خطا (error)	12	12	1		
کل (overall)	17	250.656			

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- تغییرات درجه‌روشنی خمیرکاغذ 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 ٦۰ دقیقه بیش‌ترین مقدار بوده است و با افزایش زمان از ٦۰ 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 خمیرکاغذ می‌شود. بازده خمیرکاغذ با قلیای فعال بیشتر مقداری کمتر از قلیای فعال کمتر بوده است که علت آن بر می‌گردد به‌این 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 ٦۰ 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 ٦۰ دقیقه بازده‌های تقریبا 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 درر 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 گونه های 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 ٦۰ دقیقه می‌باشد. با افزایش زمان و قلیای فعال

www.SID.ir

Archive of SID

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 (٦). 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 به‌میزان 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 عمدتا ناشی از لیگنین موجود درآن 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

www.SID.ir

Archive of SID

خمیر کاغذ مطرح باشد. هم‌چنین به‌دلیل 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 رسیدین به‌این هدف از شرایط خمیرسازی کرافت با دو سطح قلیای فعال ۱۸ و ۲۰ درصد و زمان‌های ٦۰، 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 ٦۰ 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 ٦۰ دقیقه و سایر شرایط ثابت (سولفیدیته ۲۵ درصد، درجه حرارت ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و نسبت مایع پخت به خرده‌چوب ٦/۱ می‌باشد. این تیمار دارای بازده ٤۹/٦٦ 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 populous 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. Nazarnezhad, N. 1996. Investigation of pulp CMP properties of two species deltoeides and American populous. M.Sc. Thesis, Tehran University. 93p. (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

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 1st Iranian conference on supplying raw materials and development of wood and paper Industries. IRAN, Gorgan, 2-3 Dec (In Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

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[1], A. Ghasemian[2], H. Resalati[3] and F. Zeynali[4]**
[1]M.Sc. Graduated Student of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran, [2]Associate Prof., of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran, [3]Professor of Pulp and Paper Technology, Gorgan University of Agricultural and Natural Resources, Iran, [4]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 poppulus 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 Goragan 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

www.SID.ir

Archive of SID

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

www.SID.ir