

بررسی مقایسه‌ای کارآیی لیگنین زدایی و بازده خمیر کاغذ کرافت و سودای برون چوب و درون چوب صنوبر دلتوئیدس

سمیه قاسمی*^۱ و احمدرضا سرانیان^۲

*^۱- مسول مکاتبات، کارشناسی ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تربیت مدرس پست الکترونیک: s_ghasemi@modares.ac.ir

^۲- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۸

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۸۸

چکیده

با توجه به کمبود و محدودیت منابع چوبی در ایران گونه‌هایی که سریع‌الرشد بوده و مناسب تهیه خمیر کاغذ هستند، اهمیت ویژه‌ای دارند. صنوبر نیز از جمله گونه‌های سریع‌الرشد و بومی ایران است که در این پژوهش مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی مقایسه‌ای بازده خمیر کاغذ تهیه شده از درون چوب و برون چوب صنوبر دلتوئیدس (*Populus deltooides*) تحت فرایندهای پخت کرافت و سودا نشان داد که در هر دو روش پخت، درون چوب نسبت به برون چوب دارای بازده کمتری بوده است. همچنین بازده خمیر کاغذهای برون‌چوب و درون‌چوب در پخت سودا نسبت به پخت کرافت در حدود چهار درصد بیشتر بوده است. مقایسه‌ی میزان عدد کاپا در خمیر کاغذهای حاصل نشان می‌دهد که بازده، خمیر کاغذ درون‌چوب نسبت به برون‌چوب در هر دو پخت کمتر و میزان لیگنین باقیمانده بیشتر بوده است. همچنین میزان عدد کاپا در پخت کرافت نسبت به پخت سودا در حدود ۳۴٪ کاهش داشته است. با توجه به یکسان بودن شرایط فرایندی، کارایی بیشتر عمل لیگنین‌زدایی در فرایند کرافت مربوط به ترکیب مایع پخت و در اصل حضور سولفید سدیم در مایع پخت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: صنوبر دلتوئیدس، درون‌چوب، برون‌چوب، بازده خمیر کاغذ، پخت کرافت، پخت سودا، عدد کاپا

مقدمه

در این تحقیق گونه صنوبر، به علت سازگاری و پراکنش گسترده، سریع‌الرشد بودن و کوتاه بودن مدت زمان بهره‌برداری، پراکنده آوند بودن و داشتن بافتی همگن و همین‌طور نیاز به مواد شیمیایی کمتر برای رنگبری مورد توجه قرار گرفته است.

مشعلچیان (۱۳۷۹)، در بررسی تاثیر سن بر ترکیبات شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس عنوان کرد که با افزایش سن درخت از میزان لیگنین و مواد استخراجی از سمت مغز به پوست کاسته می‌شود، اما مقدار سلولز افزایش می‌یابد.

به دلیل اهمیت روزافزون کاغذ در زندگی انسان و نقش آن به عنوان یک کالای پایه و مورد نیاز همگان، کشورهای مختلف سعی در تولید و تامین نیازهای رو به افزایش خود داشته و در این راه استفاده از گونه‌های سریع‌الرشد و اعمال روش‌های مناسب جهت ساخت کاغذ را مورد توجه قرار داده‌اند. با توجه به محدودیت و کمبود منابع چوبی در ایران و سایر کشورهای جهان، گونه‌هایی که سریع‌الرشد بوده و مناسب تهیه خمیر کاغذ هستند اهمیت ویژه‌ای دارند (نقدی و همکاران، ۱۳۸۶).

وسعت این جنگل ۳۷۱۶ متر مربع و اقلیم منطقه، نیمه مرطوب تا معتدل و گرم است. ارتفاع منطقه از سطح دریا، ۲۵۰-۳۰۰ متر می‌باشد. طول جغرافیایی منطقه ۴۵'-۲۰'، ۴۱'-۳۶' و عرض جغرافیایی آن ۴۱'-۳۶'، ۴۵'-۳۶' می‌باشد. نمونه‌ها از ارتفاع برابر سینه درخت گرفته شد و از میان ۵ پایه قطع شده، ۵ دیسک به ضخامت ۵ سانتی‌متر انتخاب شد. از دیسک‌های مذکور، خرده‌چوبهای شعاعی به ضخامت ۴ میلی‌متر و طول ۲ سانتی‌متر و عرض ۵ میلی‌متر از درون چوب و برون چوب (با فرض اینکه ۱۰ دایره اول رویش مربوط به درون چوب و ۱۲ دایره بعدی مربوط به برون چوب باشد) بطور جداگانه تهیه شد. خرده‌چوب‌های تهیه شده از بخش درون چوب و برون چوب گونه‌ی صنوبر دلتوئیدس بطور جداگانه به مدت یک هفته در هوای آزاد قرار دادند تا به رطوبت تعادل محیط برسند. سپس درصد رطوبت خرده‌چوبها محاسبه شد.

آماده‌سازی مایع پخت

غلظت مایع پخت در فرایند کرافت و فرایند سودا ثابت در نظر گرفته شده است، بدین معنی که به میزان ۸۰ سی‌سی مایع پخت با قلیائیت فعال ۲۰ و سولفیدیت ۲۵٪ برای پخت کرافت و همچنین ۸۰ سی‌سی مایع پخت با مقدار قلیائیت ۲۰٪ برای پخت سودا تهیه شد. ضمناً برای هر پخت از ۱۰ گرم خرده چوب برمبنای وزن خشک استفاده گردید و در آن نسبت مایع پخت به چوب (براساس وزن خشک خرده‌چوب‌ها)، ۸:۱ بوده است. به منظور یکنواخت بودن شرایط آزمایش برای درون چوب و برون چوب گونه صنوبر دلتوئیدس در دو پخت کرافت و سودا، مایع پخت آنها بطور همزمان تهیه شد و سپس در

Zobel (۱۹۹۸)، در بررسی الگوی متداول رشد گونه صنوبر دریافت که از مغز به سمت پوست، با افزایش ضخامت دیواره سلولی، وزن مخصوص نیز افزایش می‌یابد.

Gominho و Figueira (۱۹۹۹)، تحقیقی تحت عنوان بررسی تغییرات درون پایه‌ای میزان ترکیبات شیمیایی را در گونه صنوبر دلتوئیدس انجام دادند و نتیجه گرفتند که مقادیر خاکستر و مواد استخراجی درون چوب دو برابر برون چوب بوده، همچنین میانگین درصد لیگنین در برون چوب کمتر از درون چوب است.

براساس پژوهش صورت گرفته توسط رسالتی و همکاران (۱۳۸۲)، در پهن‌برگان پراکنده آوند مانند صنوبر، ارتباط مشخصی بین دوایر سالانه و وزن مخصوص دیده نشده است. اثر سن و رویشگاه بر مقدار سلولز این درختان معنی دار است. همچنین اثر سن بر مقدار ترکیبات شیمیایی بیش از رویشگاه است.

کرد و سرائیان (۱۳۸۶)، در بررسی سن و ارتفاع درخت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی چوب صنوبر دلتوئیدس بیان نمود که، مواد استخراجی، لیگنین و خاکستر با افزایش سن درخت از مغز به طرف پوست کاهش می‌یابد. همچنین تاثیر سن درخت صنوبر دلتوئیدس بر خواص فیزیکی و شیمیایی چوب آن به مراتب بیشتر از اثر ارتفاع می‌باشد.

مواد و روشها

مکان نمونه برداری

تعداد پنج پایه درخت سالم صنوبر دلتوئیدس ۲۳ ساله بطور تصادفی از جنگل پژوهشی دکتر بهرام‌نیا واقع در ۱۷ کیلومتری جنوب غربی شصت کلاته گرگان قطع گردید.

$$Y(\%) = \frac{OD_p}{OD_w} \times 100$$

y(%): درصد بازده

OD_p: وزن خشک خمیر (gr)

OD_w: وزن خشک خرده‌چوب‌ها (gr)

عدد کاپای خمیرهای بدست آمده از هر پخت براساس استاندارد TAPPI آیین‌نامه ۸۵-om-۲۳۶ اندازه‌گیری شد. میزان لیگنین باقی مانده در خمیر مربوط به هر یک از پخت‌های سودا و کرافت، طبق فرمول زیر محاسبه شد:

۰/۱۶۵ * عدد کاپا = درصد لیگنین باقی مانده در خمیر

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو فرایند پخت سودا و کرافت و دو بخش برون و درون چوب صنوبر دلتوئیدس انجام شد. تجزیه واریانس در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن انجام شد. همچنین اثر مستقل فاکتورهای بالا روی بازده خمیر کاغذ و عدد کاپا با آزمون تی غیرجفتی در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ بررسی شد.

نتایج

میانگین نتایج حاصل از اندازه‌گیری بازده و عدد کاپا در جدول ۱ نشان داده شده است.

هنگام پخت، مقادیر لازم برای درون‌چوب و برون‌چوب جدا گردید.

عملیات خمیرسازی

شرایط پخت برای کلیه تکرارها یکسان بود. ابتدا خرده‌چوبهای تهیه شده بطور منظم درون دیگ پخت آزمایشگاهی چیده شدند حجم هر دیگ پخت آزمایشگاهی حدود ۵۰۰ سی‌سی بود. سپس مایع پخت به نسبت مشخص شده مربوط به هر کدام به طور همزمان به آنها اضافه شد و ۱۰ دقیقه زمان داده شد تا مایع پخت اندکی در خرده‌چوبها نفوذ کند تا کمی فرونشست کنند. بعد در داخل اتو با دمای ۱۸۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت.

آنالیز خمیر

بلافاصله پس از اتمام زمان پخت، کلیه محتویات دیگ پخت بر روی الک ریخته شد و خرده‌چوب‌ها با آب به‌خوبی شستشو داده شدند و بعد توسط یک مخلوط‌کن آزمایشگاهی عمل جداسازی انجام شد. درصد بازده خمیر براساس رابطه زیر محاسبه شد:

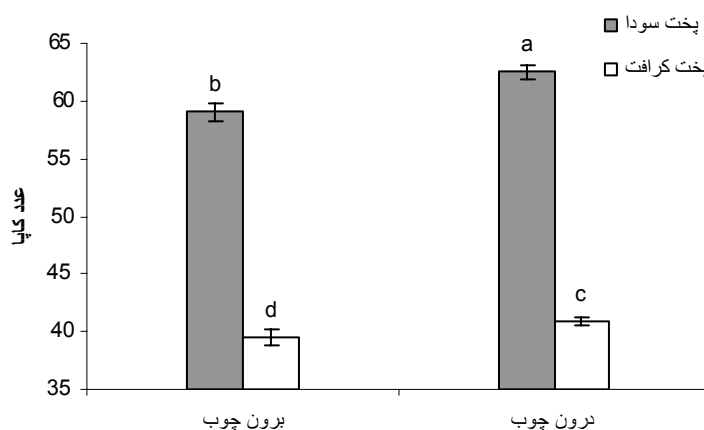
جدول ۱- مقایسه بازده و عدد کاپای خمیر کاغذ درون‌چوب و برون‌چوب صنوبر دلتوئیدس

فرایند پخت	نوع چوب	بازده خمیر کاغذ (%)	عدد کاپا	لیگنین باقیمانده (%)
سودا	برون چوب	۵۱/۹	۵۹/۰۲	۹/۷۳
	درون چوب	۵۰/۵	۶۲/۵۲	۱۰/۳۱
کرافت	برون چوب	۵۰	۳۹/۵۳	۶/۵۲
	درون چوب	۴۸/۳	۴۰/۸۹	۶/۷۴

عدد کاپا

همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود آزمون مقایسه میانگین دانکن، اثر متقابل نوع چوب و روش پخت روی عدد کاپا خمیر کاغذ در سطح اعتماد آماری

۹۵٪ را، در ۴ گروه شناسایی کرد. بیشترین عدد کاپا مربوط به درون چوب با روش پخت سودا و کمترین عدد کاپا را برون چوب با روش پخت کرافت دارد.

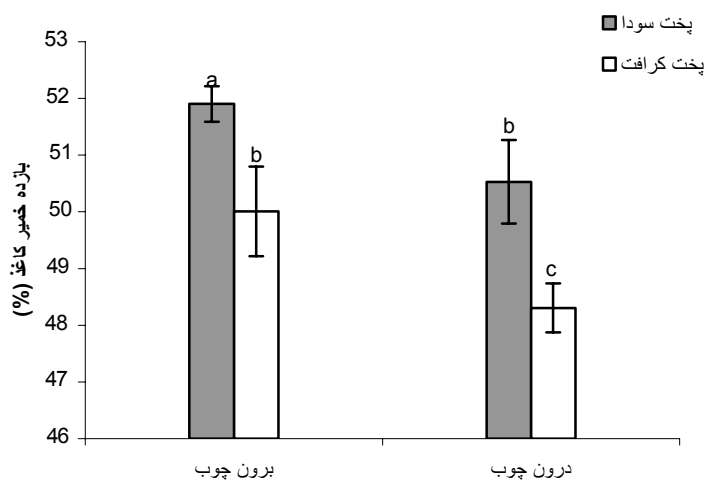


نمودار ۱- مقایسه عدد کاپای خمیر کاغذ درون چوب و برون چوب صنوبر دلتوئیدیس در پخت کرافت و سودا

بازده خمیر کاغذ

شکل ۲ تاثیر متقابل روش پخت و نوع چوب روی بازده خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدیس را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود کمترین میزان بازده را روش پخت کرافت

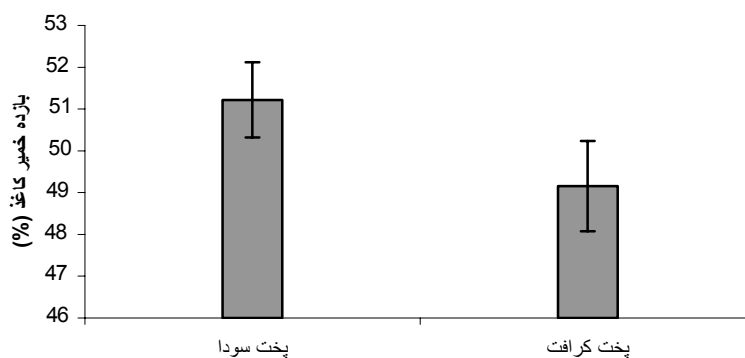
درون چوب صنوبر داشته و بیشترین میزان بازده مربوط به برون چوب با روش پخت سودا بوده است. همچنین از نظر آماری تفاوت معنی داری در بازده برون چوب پخت کرافت و درون چوب پخت سودا وجود ندارد.



نمودار ۲- مقایسه بازده خمیر کاغذ درون چوب و برون چوب صنوبر دلتوئیدیس در پخت کرافت و سودا

اثر مستقل نوع روش پخت روی بازده و عدد کاپا خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس
تأثیر روش پخت بر بازده خمیر کاغذ بدست آمده از

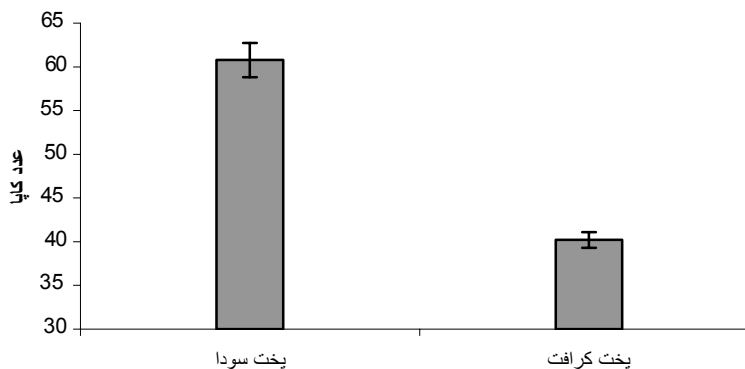
صنوبر دلتوئیدس در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ معنی دار بود. همچنین در پخت سودا نسبت به پخت کرافت بازده خمیر کاغذ در حدود ۴ درصد بیشتر بوده است (نمودار ۳).



نمودار ۳- مقایسه بازده خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس در پخت کرافت و سودا

همانطور که در نمودار ۴ مشاهده می‌شود میزان عدد کاپا در پخت سودا بیشتر از کرافت می‌باشد و همچنین

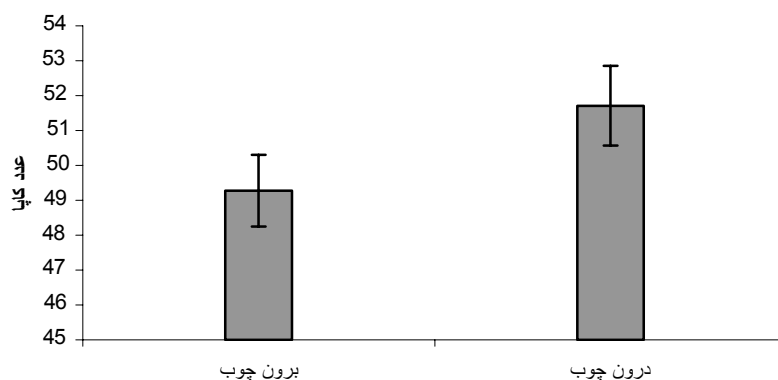
تأثیر روش پخت بر عدد کاپا خمیر کاغذ بدست آمده در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ معنی دار بود.



نمودار ۴- مقایسه عدد کاپا خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس در پخت کرافت و سودا

اثر مستقل نوع چوب روی بازده و عدد کاپا خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس با دو روش پخت سودا و کرافت
تأثیر نوع چوب روی عدد کاپا خمیر کاغذ بدست آمده

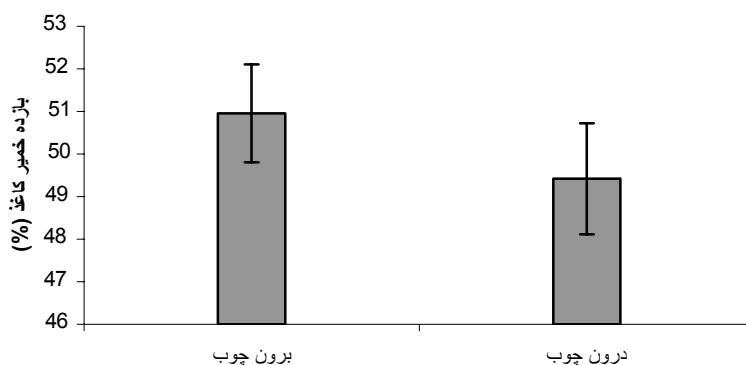
از صنوبر دلتوئیدس در سطح اعتماد آماری ۹۵٪ معنی دار بوده و درون چوب این گونه در مقایسه با برون چوب آن دارای عدد کاپا بیشتری است (نمودار ۵).



نمودار ۵- مقایسه عدد کاپا درون چوب و برون چوب خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس

صنوبر دلتوئیدس معنی دار بوده است و برون چوب دارای بازده خمیر کاغذ بالاتری نسبت به درون چوب است.

همانگونه که در نمودار ۶ مشاهده می شود، تاثیر برون و درون چوب به تنهایی بر روی بازده خمیر کاغذ حاصل از



نمودار ۶- مقایسه بازده درون چوب و برون چوب خمیر کاغذ صنوبر دلتوئیدس

خمیر کاغذ درون چوب نسبت به برون چوب این گونه افزایش یافته است. در هر دو نوع خمیر کاغذ، عدد کاپای خمیر کاغذهای درون چوب نسبت به برون چوب افزایش داشت که علت آن را می توان در بیشتر بودن مقدار لیگنین درون چوب نسبت به برون چوب دانست (کرد و سرائیان، ۱۳۸۶؛ مشعلچیان، ۱۳۸۲). با توجه به زمان پخت مساوی، مقدار لیگنین باقی مانده در درون چوب بیشتر از برون چوب

بحث

این پژوهش با هدف مقایسه بازده و میزان عدد کاپا در فرایند پخت کرافت و سودای برون و درون چوب صنوبر دلتوئیدس انجام شد و نتایج زیر بدست آمد:

عدد کاپا

عدد کاپا و در واقع مقدار لیگنین باقی مانده در

که علت آن را می‌توان به بیشتر بودن ترکیبات استخراجی قابل حل در الکل - استن، آب گرم و سود سوزآور یک درصد درون‌چوب در مقایسه با برون‌چوب این گونه نسبت داد (کرد و سرائیان، ۱۳۸۴) همچنین طبق تحقیقات به عمل آمده روی درختان صنوبر دلتوئیدس ضخامت دیواره سلولی الیاف چوبی دوایر سالانه نزدیک مغز در مقایسه با دوایر سالانه نزدیک پوست بیشتر می‌باشد. که سبب افزایش درصد سلولز و وزن مخصوص می‌شود (Zobel، ۱۹۹۸؛ Panshin، ۱۹۸۰) بنابراین یکی از دلایل افزایش درصد بازده خمیر کاغذ برون‌چوب صنوبر دلتوئیدس، می‌تواند افزایش وزن مخصوص باشد.

از آنجائیکه نشست مواد رزینی و استخراجی در درون چوب بیشتر بوده (اسموک، ۱۳۷۴)، در طی خمیرسازی مواد قلیایی نظیر یون‌های هیدروکسیلی سبب حل شدن و خروج آنها از حفرات سلولی شده و منجر به افت بازده خمیر حاصله از این بخش می‌گردند. بهر حال بازده خمیر کاغذهای برون‌چوب و درون‌چوب در پخت سودا نسبت به پخت کرافت در حدود چهار درصد بیشتر بوده است. با افزایش سن درخت و در اثر چوب‌درونی شدن، مواد استخراجی بیشتری در نواحی مغز و قسمت درون-چوب رسوب کرده است (اسموک، ۱۳۷۴). افزایش درصد مواد استخراجی سبب کاهش بازده خمیر کاغذ می‌گردد لذا کمتر بودن درصد این مواد سبب صرفه‌جویی در مواد شیمیایی پخت و زمان پخت می‌گردد (Casey، ۱۹۸۰).

براساس نتایج بدست آمده در خمیرکاغذسازی، برون-چوب صنوبر دلتوئیدس نسبت به درون‌چوب آن به دلیل بازده بیشتر و مقدار لیگنین باقیمانده کمتر، که می‌تواند منجر به مصرف کمتر مواد شیمیایی خمیرسازی، رنگبری آسانتر آن و احتمالاً برخورداری از کاغذهای با

بوده است. افزایش عدد کاپا را می‌توان به بالا بودن درصد چوب جوان ایجاد شده در اطراف مغز نسبت داد زیرا براساس بررسی انجام شده درصد لیگنین چوب جوان که دارای الیاف با دیواره سلولزی نازک‌تری می‌باشد، در مقایسه با چوب بالغ بیشتر است (Zobel، ۱۹۹۸؛ افهامی و سرائیان، ۱۳۸۸؛ Panshin، ۱۹۸۰) بالا بودن درصد چوب جوان در بخش درون‌چوب نسبت به بخش بیرونی چوب مورد بررسی و بیشتر بودن درصد لیگنین چوب این قسمت نسبت به چوب برون که الیاف آن به دلیل دلشتن سن بیشتر و ضخامت دیواره بیشتر حاوی درصد سلولز بالاتری می‌باشند و بعکس از لیگنین و همی-سلولز کمتری برخوردار است. البته هر چه مقدار لیگنین ماده اولیه کمتر باشد فراوری خمیرکاغذ و رنگبری الیاف آن ساده‌تر و با استفاده از مواد شیمیایی، انرژی حرارتی و زمان کمتری انجام می‌گیرد (Casey، ۱۹۸۰؛ Gominho و Figueira، ۱۹۸۹).

همچنین میزان عدد کاپا در پخت کرافت نسبت به پخت سودا در حدود ۳۴٪ کاهش داشته است. در روش پخت سودا، تنها عامل فعال واکنش یون‌های هیدروکسیل هستند. در فرایند کرافت علاوه بر یون‌های هیدروکسیل یون‌های هیدروژن سولفید نیز حضور دارد که در لیگنین‌زدایی فعال بوده و سبب افزایش سرعت لیگنین‌زدایی می‌شود به همین دلیل درصد انحلال لیگنین در فرایند کرافت در زمان پخت مساوی نسبت به فرایند سودا بیشتر می‌باشد (اسموک، ۱۳۷۴).

بازده خمیر کاغذ

در هر دو روش پخت کرافت و سودا، بازده خمیر کاغذهای درون‌چوب نسبت به برون‌چوب، کمتر بوده است

مقاومت‌های بالاتر گردد، توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

- اسموک گ.، ۱۳۷۴. تکنولوژی خمیر و کاغذ. ترجمه میرشکرایی، س.، انتشارات پیام نور، جلد ۱، تهران، صفحه ۲۹۰.
- افهامی، د.، سرائیان، ا.، ۱۳۸۸. ارزیابی خواص آناتومیکی و فیزیکی جوان‌چوب و بالغ‌چوب دو گونه *Populus Alba* و *Populus Euramicana*، مجله علوم و تحقیقات چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۴(۱): ۱۳۴-۱۴۷.
- رسالتی، حسین، سعید مهدوی، حسین فامیلیان، مهدی فائزی‌پور، ۱۳۸۲، بررسی اثر سن و رویشگاه بر روی خواص چوب صنوبر دلتوئیدیس از جنبه کاغذسازی. مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۶(۳): ۲۸۱-۲۹۳.
- کرد، ب.، سرائیان، ا.، ۱۳۸۶. بررسی تاثیر سن و ارتفاع درخت صنوبر بر خواص شیمیایی چوب آن. مجله علوم کشاورزی و

منابع طبیعی گرگان، جلد ۱۴(۴): ۱۳۴-۱۳۹.

- مشعلچیان م.، ۱۳۸۳. بررسی مقایسه‌ای خواص کاغذ حاصل از چوب صنوبر دلتوئیدیس و پالونیا به روش شیمیایی مکانیکی (CMP). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- نقدی ر.، حسینی س.ض.، رسالتی ح.، ۱۳۸۶. بررسی ویژگی‌های خمیرکاغذ کرافت از جوان چوب افراپلت. نشریه دانشکده منابع طبیعی، دوره ۶۰(۴): ۱۴۶۵-۱۴۷۲.
- Casey P.J., 1980. Chemistry and chemical technology, volume 3, third edition, 820pp.
- Fangel D., Wegner G., 1989. Wood chemistry ultrastructure reaction, University of Monich, Institute for wood research, Germany, 611pp.
- Gominho J., Figueira J., 1999. Whithin- tree variation of heart wood extractive and wood density in the populus deltoids hybrid, Wood and Fiber science, 33(1):3-8.
- Panshin A. J., C.De Zeew, 1980. Textbook of wood technology 4th Ed, Mc graw hill inc, New york, PP.722.
- Zobel B.J., 1998. Juvenile wood in forest trees, Springer series in wood science, 485pp.

Comparative study of delignification efficiency and pulp yield of heart wood and sap wood of *Populus deltoides* by kraft and soda processes

Ghasemi, S.^{1*}, Saraeyan, A.²

^{1*}- Corresponding author, M.Sc., Wood and Paper Science, Tarbiat Modares University, Iran. E-mail: s_ghasemi@modares.ac.ir

²- Assistant Prof. Dept. of Wood and Paper Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Iran

Received: Jan. 2009

Accepted: May, 2010

Abstract

Comparative study of pulp yield of sap wood and heart wood of *Populus deltoides* under both Kraft and soda cooking process have been showed that the heart wood pulp has a lower yield than that of sap wood pulp. Yield of heart wood and sap wood soda pulps was 4 percentages higher than Kraft pulp. Contrary to yield, residual lignin content (Kappa number) is more in heart wood pulp than sap wood pulp in both processes. Kappa numbers of heart wood and sap wood Kraft pulps were about 34% lower than soda pulps. The results showed that in spite of lower yield of heart wood than sap wood, the residual lignin of heart wood pulp was more than sap wood pulp. The higher delignification efficiency of Kraft cooking is related to cooking liquor compositions, especially Na₂S.

Key words : *Populous deltoides*, Heart wood , Sap wood , Pulp yield , Kraft cooking , Soda cooking, Kappa number