مقاله پژوهشی

نشریه علمی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۳۷ شماره ۱، صفحه ۳۷-۲۸ (۱۴۰۱)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/IJWPR.2021.354138.1673
شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.17350913.1400.37.1.4.5

تأثیر فاکتور کاپا در توالی رنگ‌بری با دی‌اکسید کلر بر خواص خمیر حل شونده حاصل از الیاف بازیافتی OCC

نگین قهرانی[۱]، نورالدین نظرنژاد[۲*]، امید رمضانی[۳] و قاسم اسدپور[۴]

۱- دانشجوی دکترای صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه صنایع چوب و فراورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران،
پست‌الکترونیک: nazarnezhad91@gmail.com
۳- استادیار، گروه صنایع چوب و فراورده‌های سلولزی، دانشکده فناوری‌های نوین و مهندسی هوا و فضای دانشگاه شهید بهشتی، ایران
۴- دانشیار، گروه صنایع چوب و فراورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۰

چکیده

یکی از کاربردهای متداول سلولز، تولید خمیر حل‌شونده است که به‌میزان خلوص بالا نیاز دارد. برای تولید خمیر حل‌شونده، منابع سلولزی متفاوتی استفاده می‌شود. اخیراً به دلیل جنگل‌زدایی و کمبود زمین کشاورزی و مشکلات مربوط به کشت و زرع، استفاده از منابع سلولزی چوبی و غیرچوبی (پنبه) کاهش یافته است. درنتیجه الیاف بازیافتی، به‌عنوان یکی از منابع سلولزی مورد توجه قرار گرفته است. دی‌اکسید کلر به‌عنوان ماده رنگ‌بر کاملاً گزینشی عمل می‌کند و افزایش فاکتور کاپا در حذف مقادیر لیگنین بسیار کارآمد است. در این پژوهش، خمیر حل‌شونده حاصل از الیاف بازیافتی طی پخت سودا و رنگ‌بری با دی‌اکسید کلر به‌دست آمد. سپس تأثیر تغییرات در فاکتور کاپای مرحله دوم رنگ‌بری با دی‌اکسیدکلر (D_2) بر ترکیبات شیمیایی (هولوسلولز و لیگنین)، دسترس‌پذیری (ماندگاری آب)، درجه بسپارش، آلفاسلولز و درجه روشنی مورد بررسی قرار می‌گیرند. نتایج نشان داد که تخریب هولوسلولز شدید نبوده و دی‌اکسیدکلر منجر به آسیب سلولز و کاهش آلفاسلولز و همچنین کاهش درجه بسپارش نشد. حذف لیگنین به‌عنوان بخش آبگریز و باقی ماندن همی‌سلولزها به‌عنوان بخش آبدوست، افزایش دسترس‌پذیری و ماندگاری آب و کاهش درجه روشنی را به همراه داشت.

واژه‌های کلیدی: خمیر حل‌شونده، فاکتور کاپا، دی‌اکسیدکلر، خلوص، الیاف بازیافتی.

مقدمه

سلولز فراوان‌ترین ماده زیستی، پلیمر طبیعی تجدیدپذیر و در دسترس در جهان هست که متداول‌ترین کاربردهای آن در کاغذسازی است. یکی دیگر از کاربردهای رایج سلولز، تولید خمیر حل‌شونده می‌باشد (Hinck *et al.*, 1985). این خمیر دارای میزان خلوص بالا، مقدار آلفاسلولز زیاد (۹۰ تا۹۹ درصد) و مقادیر کمی از همی‌سلولزها (۲ تا ۴ درصد)، لیگنین، مواد استخراجی و معدنی است (Kopcke *et al.*, 2010) . برای رسیدن به میزان قابل قبولی از درجه روشنی، باید لیگنین باقی-مانده را از خمیر خارج کرد یا گروه‌های رنگ‌ساز آن را تا جایی که ممکن است از بین برد. در مورد خمیرهای حل‌شونده هدف از رنگ‌بری علاوه بر خارج کردن لیگنین، خارج کردن همی

سلولزها نیز هست که در واقع با هدف خالص‌سازی خمیرکاغذ و تولید آلفاسلولز با درجه خلوص بالاتر انجام می‌شود، درحالی‌که در خمیرهای مورد استفاده برای کاغذسازی، باید از انحلال و از بین رفتن همی‌سلولزها جلوگیری شود. برخی از توالی‌های رنگ‌بری که برای تولید خمیر حل‌شونده در گذشته مورد استفاده قرار می‌گرفت، عبارت است از: C-E-H-D و C/D-EO-H-D ولی با گذشت زمان، رنگ‌بری به‌سوی استفاده از توالی‌هایی مانند D-EOP-D-D و O-D-EOP-D-P روی آورده است (Flickinger *et al.*, 2011). به‌طورکلی خمیرکاغذهای رنگ‌بری شده موجود در بازار با توالی‌های مختلف ازجمله کلر، هیپوکلریت و دی‌اکسید کلر رنگ‌بری شدند. در رنگ‌بری با هیپوکلریت، پس از یک واکنش مقدماتی سریع، به‌شدت بر روی لیگنین اثر می‌کند. متأسفانه، با توجه به میزان دسترسی به لیگنین، سلولز نیز تا حدی مورد حمله این عامل رنگ‌بر قرار می‌گیرد. درحالی‌که دی‌اکسید کلر یک ماده اکسیدکننده قوی است و یک گیرنده الکترون دارد. این بدان معنی است که مولکول دی‌اکسید کلر در جستجوی مداوم یک الکترون اضافی است. از مزایای رنگ‌بری با دی‌اکسید کلر درجه روشنی بالا، از بین برنده لک و آلودگی است، همچنین رنگ‌بری گزینشی آن منجر به تخریب کمتر خمیر می‌گردد، زیرا دی‌اکسید کلر عمدتاً به حلقه‌های آروماتیکی با گروه‌های هیدروکسیل آزاد حمله می کند که در لیگنین فراوان است.

برای تولید خمیر حل‌شونده، منابع سلولزی متفاوتی استفاده می‌شود. حدود ۸۵ درصد از حجم کلی این مواد، سلولز حاصل از منابع چوبی و حدود ۱۵ درصد آن، از لینتر پنبه به دست می‌آید (Sixta, 2006)؛ اما اخیراً بدلیل جنگل-زدایی و کمبود زمین کشاورزی و مشکلات مربوط به کشت و زرع، استفاده از این دو منبع سلولزی (چوبی و پنبه) رو به کاهش است و از سوی دیگر وجود آفات در مزارع پنبه موجب افت شدید بازده تولید این محصول شده است. درنتیجه، این منابع نیز باید با انواع دیگر الیاف طبیعی جایگزین شود (Hammerle *et al*,.2007). الیاف بازیافتی، به‌عنوان یکی از منابع سلولزی که امروزه مورد توجه قرار گرفته است، تفاوت‌های مختلفی با خمیر بکر دارد. فراوری الیاف بازیافتی، مصرف انرژی کمتری به نسبت الیاف بکر داشته، ازاین‌رو کاهش مصرف انرژی نیز به نوبه خود، به کاهش آلایندگی محیط‌زیست نسبت داده خواهدشد؛ بنابراین به روشنی دیده می‌شود که در آینده، نقش الیاف بازیافتی به‌عنوان مهمترین ماده اولیه برای صنایع مصرف‌کننده الیاف مانند کاغذسازی، فراورده‌های بهداشتی و نیز مشتقات سلولزی، نسبت به امروز بسیار مهمتر خواهد بود (Faezipour *et al*., 2006). یکی از مواد فیبری قابل دسترس به‌صورت کاغذهای مصرف‌شده، کارتن‌های مورد استفاده در بخش‌های بسته‌بندی یا به‌عبارتی کارتن‌های کهنه هستند که میزان تولید و مصرف این نوع مقوا در جهان با توجه به انعطاف‌پذیری مناسب آن در کاربردهای روزمره مانند ساخت جعبه‌های حمل مواد غذایی به‌سرعت افزایش یافته است. هر یک از بخش‌های مقوای کنگره‌ای کهنه (OCC) از نظر فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر متفاوت هستند و به‌همین دلیل ویژگی مخلوط این نوع الیاف در خمیرهای بازیافتی نسبت به ویژگی‌های هریک از آنها به‌طور مجزا کاملاً متفاوت است. خمیر بازیافتی ممکن است سخت‌تر و از تمایل کمتری به واکشیدگی به آب و از ثبات ابعادی بالاتری برخوردار باشد. البته کاغذ حاصل از خمیرهای بازیافتی مقاومت مطلوبی ندارد (Hubbe *et al*., 2007)، ازاین‌رو با افزایش تعداد دفعات بازیافت، درصد قابل توجهی از خمیرکاغذ را نرمه‌ها تشکیل خواهند داد. این مقادیر بسیار زیاد نرمه از یکسو با کاهش درهم‌رفتگی شبکه‌های کاغذ، تأثیر منفی بر ساختار فیزیکی کاغذ می‌گذارند و از سوی دیگر در صورت راهیابی به پساب کارخانه باعث افزایش مقدار مواد جامد معلق در پساب می‌شوند (Min *et al*., 2015). به‌طورکلی به دلیل کوتاه شدن تدریجی الیاف و از دست دادن ویژگی پیوندیابی، تعداد چرخه‌های متوالی بازیافت برای تولید کاغذ با کیفیت محدود می‌باشد. الیاف بسیار کوتاه نمی‌تواند دوباره در تولید کاغذ مورد استفاده قرار بگیرد. در مقابل، تولید الیاف بازیابی شده و مشتقات سلولزی نسبت به طول الیاف خمیرکاغذ اصلی حساس نیست و تنها به درجه بسپارش بستگی دارد که مقدار آن در

کاغذهای باطله هنوز بیشتر از مقدار مورد نیاز برای تولید محصول است؛ بنابراین علاوه بر تولید کاغذ بازیافتی، امکان تولید محصولاتی با ارزش افزوده بیشتر از کاغذهای باطله با کیفیت پایین وجود دارد. نکته شایان توجه، نیاز این محصول به خمیر آلفا و درجه بسپارش پایین‌تر نسبت به دیگر مواد سلولزی است (Kajforush *et al*., 2015). به‌همین‌دلیل امکان تولید آنها از منابع کم کیفیت و کم ارزش‌تر وجود دارد. ازاین‌رو، در این پژوهش تأثیر تغییر فاکتور کاپا در رنگ‌بری با دی‌اکسید کلر بر ویژگی‌های خمیر حل‌شونده از الیاف بازیافتی OCC بررسی شد.

مواد و روش

آماده‌سازی خمیر حل‌شونده

پراکنده‌سازی الیاف

برای جداسازی الیاف مقوای کنگره‌ای، ابتدا قطعات مقوا در آب خیس شد و بعد به‌وسیله کوبنده آزمایشگاهی (vallybeater) طبق استاندارد T 200 SP-01 آیین‌نامه TAPPI عمل جداسازی انجام گردید.

همگن‌سازی خمیر حاصل از الیاف بازیافتی

عمل لیگنین‌زدایی برای همگن‌سازی خمیر طبق مطالعات پیشین، پخت سودا با مصرف سود ۱۲٪، زمان پخت ۱۲۰ دقیقه و دمای پخت ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد انتخاب شد (Ghahramani *et al*., 2018).

خالص‌سازی خمیر حاصل از الیاف بازیافتی

رنگ‌بری با دی‌اکسید کلر و استخراج قلیایی با سدیم هیدروکسید در نظر گرفته شد و توالی مورد استفاده بر اساس گزارش رسالتی و همکاران در سال ۲۰۱۲ با تغییر در مقادیر فاکتور کاپا انتخاب شد (Kajforush *et al*., 2016).

جدول۱-شرایط رنگبری با دی‌اکسید کلر

Table 1. Conditions for bleaching with chlorine dioxide

شرایط Conditions	D_1	E	D_2		
فاکتور کاپا Kappa factor	0.4	0.6	0.3	0.2	0.1
زمان(ساعت) Time (hour)	1	1		2	
دما(سانتی گراد) Tempetue (ºC)	70	70		70	

همان‌طور که در جدول نشان داده شده است، سه توالی با فاکتور کاپا برای دی‌اکسید کلر مرحله آخر به ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ که با نام اختصاری DE25D، DE50D و DE75D نشان داده خواهد شد، اعداد مشخص شده در نام‌های اختصاری، مقدار کلر مصرف شده (براساس فاکتور کاپا) برحسب درصد در مرحله آخر دی‌اکسیدکلر می‌باشد، برای نمونه فاکتور کاپای ۰/۳ در واقع مصرف ۷۵ درصد کلر در مرحله آخر کلرزنی نسبت به مقدار کلر مصرفی در مرحله اول است.

تعیین خواص خمیر حل‌شونده حاصل از الیاف بازیافتی

تعیین ترکیبات شیمیایی

تعیین مقادیر هولوسلولز

این آزمون برای اندازه‌گیری مقادیر نسبی همی سلولزها و سلولز به هولوسلولز مورد بررسی قرار می‌گیرد. روش کار آن بر

اساس استاندارد NREL TP-510 42619 انجام شد.

تعیین مقدار لیگنین

برای تعیین عدد کاپا و مقدار لیگنین از استاندارد ISO 302:2012(E) استفاده شد.

تعیین خواص ساختاری

اندازه‌گیری درجه بسپارش

این آزمون بر اساس استاندارد TAPPI T230 om-08 در یک حمام ویسکوزیته با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. پس از دستیابی به مقادیر ویسکوزیته، درجه بسپارش نیز از رابطه زیر محاسبه شد.

$$DP0.925 = 0.75 * [\eta]$$

اندازه‌گیری مقدار آلفاسلولز

برای اندازه‌گیری میزان آلفاسلولز، از دستورالعمل شرکت صنایع شیمیایی پارچین که برگرفته از روش انجمن ملی مواد منفجره فرانسه (SNPE) است، استفاده شد.

تعیین درجه روشنی

درجه روشنی بر اساس استاندارد TAPPI T 452 om-02 با توجه به میزان بازتاب نور آبی (طول موج ۴۵۷ نانومتر و عرض ۴۴ نانومتر) تعیین می‌شود.

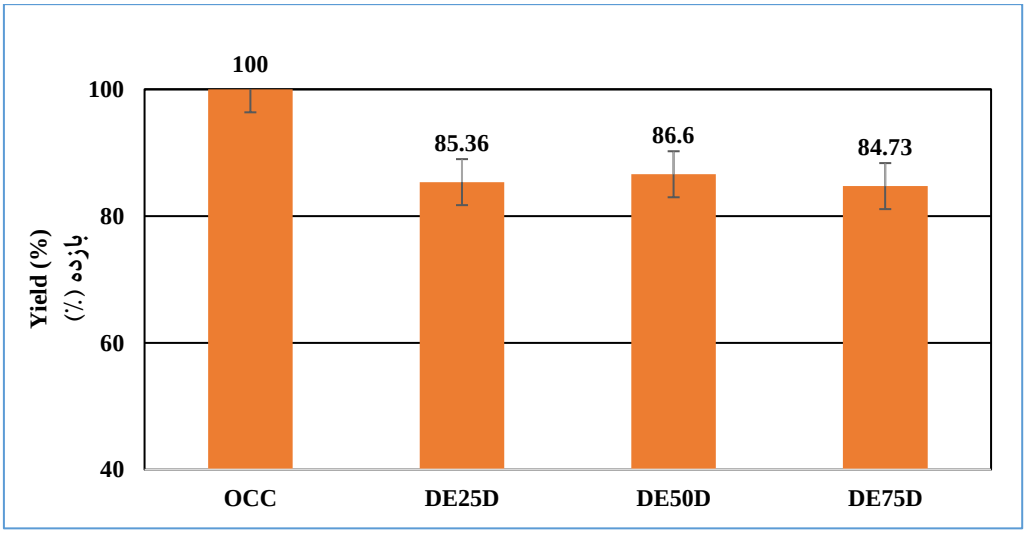
ارزیابی ماندگاری آب (WRV)

ارزیابی این آزمون برای بررسی توانایی الیاف بازسازی‌شده در جذب آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش روش آزمون Scan-c 62 مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج

بررسی بازده خمیر

شکل ۱ تغییرات بازده پس از رنگ‌بری با فاکتور کاپاهای مختلف را نشان داده است. بازده خمیرهای رنگ‌بری شده با فاکتور کاپای ۰/۳، ۰/۲ و ۰/۱ به‌ترتیب ۸۴/۷۳، ۸۶/۶۰ و ۸۴/۷۳ درصد شده است. این نمودار نشان می‌دهد که دی‌اکسید کلر لیگنین را به‌صورت گزینشی حذف کرده و تخریب پلی‌ساکاریدها هم کم بوده است. به‌نحوی‌که با تغییر در مقادیر فاکتور کاپا تغییر چندانی بر میزان بازده اعمال نشده است.

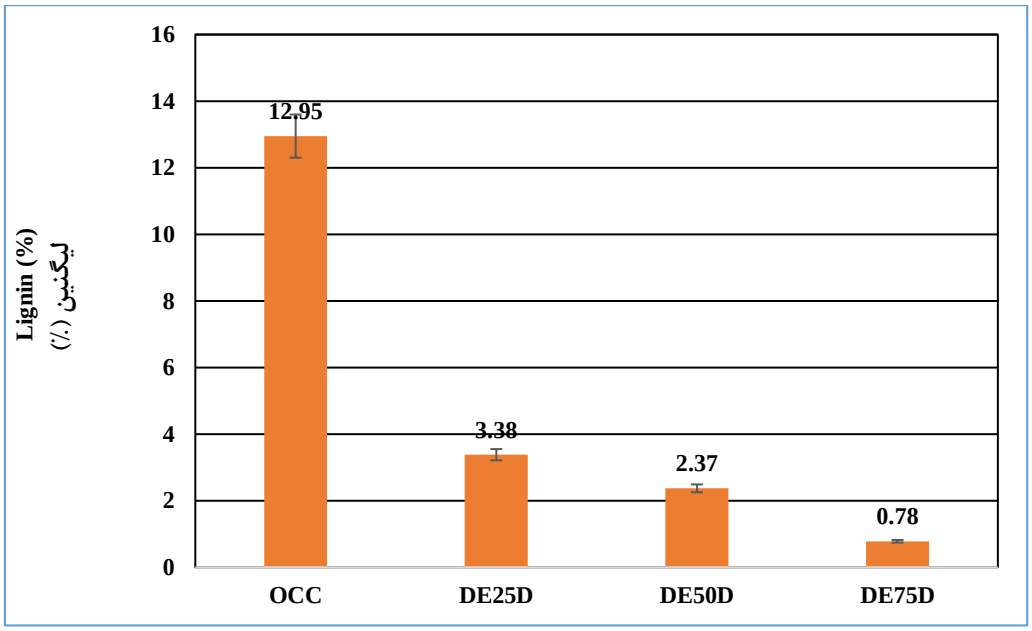


شکل ۱-تغییرات بازده پس از رنگبری با فاکتور کاپاهای مختلف

Figure 1. Yield changes after bleaching with different kappa factors

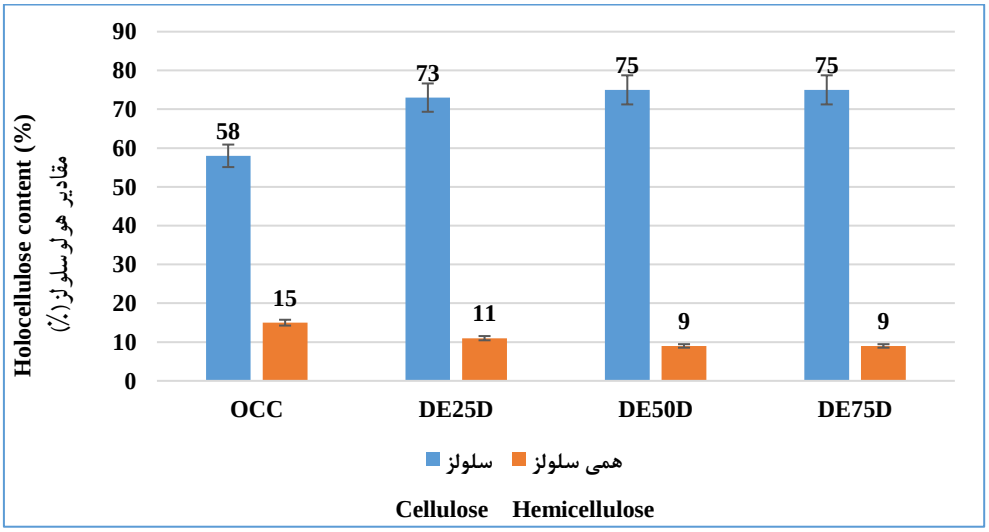
بررسی مقادیر ترکیب شیمیایی

شکل ۲ تغییرات مقادیر لیگنین را پس از رنگبری با فاکتور کاپاهای مختلف نشان میدهد. پس از رنگبری با فاکتور کاپای ۰/۱، میزان لیگنین حدود ۷۴ درصد (از ۱۲/۹۵ درصد به ۳/۳۸ درصد) کاهش یافته است. افزایش فاکتور کاپا به ۰/۲، مقدار لیگنین را حدود ۳۰ درصد نسبت به مقدار فاکتور کاپای ۰/۱ کاهش داد، درحالیکه افزایش فاکتور کاپا به ۰/۳، منجر به حذف حدود ۹۴ درصد لیگنین شده است. درنتیجه افت بازده گزارش شده در شکل ۱ با حذف ۷۴ درصد لیگنین طبیعی است.



شکل۲-تغییرات مقادیر لیگنین در رنگبری با فاکتور کاپاهای مختلف

Figure 2. Changes in lignin content in bleaching with different kappa factors



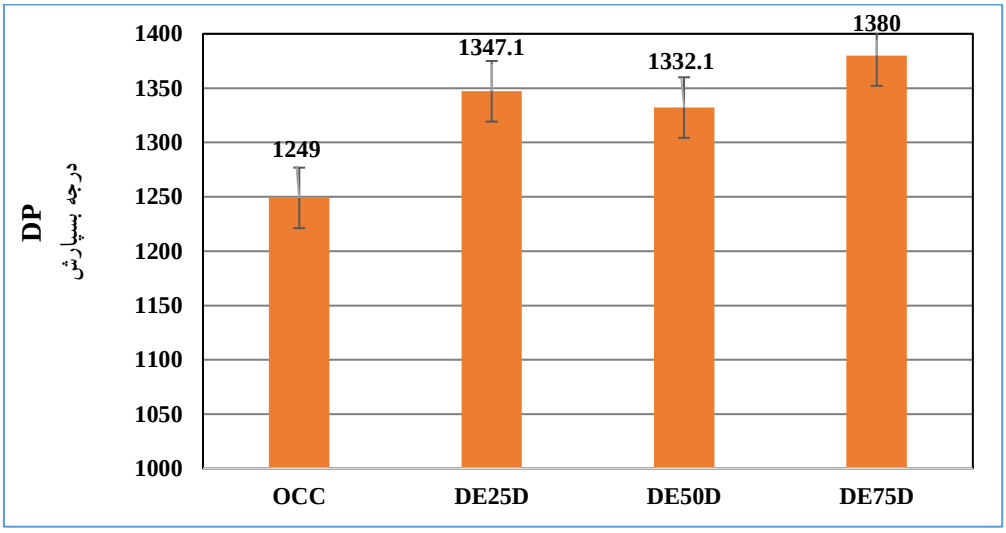
شکل۳-تغییرات هولوسلولز در رنگبری با فاکتور کاپاهای مختلف

Figure 3. Changes in holocellulose in bleaching with different kappa factor

شکل ۳ رنگ‌بری گزینشی دی‌اکسیدکلر را توجیه می‌کند، زیرا با اعمال رنگ‌بری تغییرات چندانی بر مقادیر هولوسلولز مشاهده نمی‌شود، به‌طوری که با افزایش فاکتور کاپا از ۰/۱ به ۰/۳ حدود ۱۸ درصد همی‌سلولزها کاهش یافته‌اند، البته نسبت به خمیر اولیه این کاهش حدود ۴۰ درصد است. یادآوری می‌شود که مقادیر سلولز و همی‌سلولزها در شکل ۳ به‌صورت نسبی (نسبت سلولز و همی‌سلولز به هولوسلولز) هستند و با حذف لیگنین به‌عنوان ناخالصی، هولوسلولز در دسترس قرار گرفته و مقادیر گزارش‌شده سیر صعودی خواهند داشت.

بررسی مقادیر درجه بسپارش

شکل ۴ تغییرات درجه بسپارش را پس از رنگ‌بری با فاکتور کاپاهای مختلف نشان می‌دهد. درجه بسپارش ماده اولیه OCC تنها به‌عنوان نمونه شاهد آورده شده است.



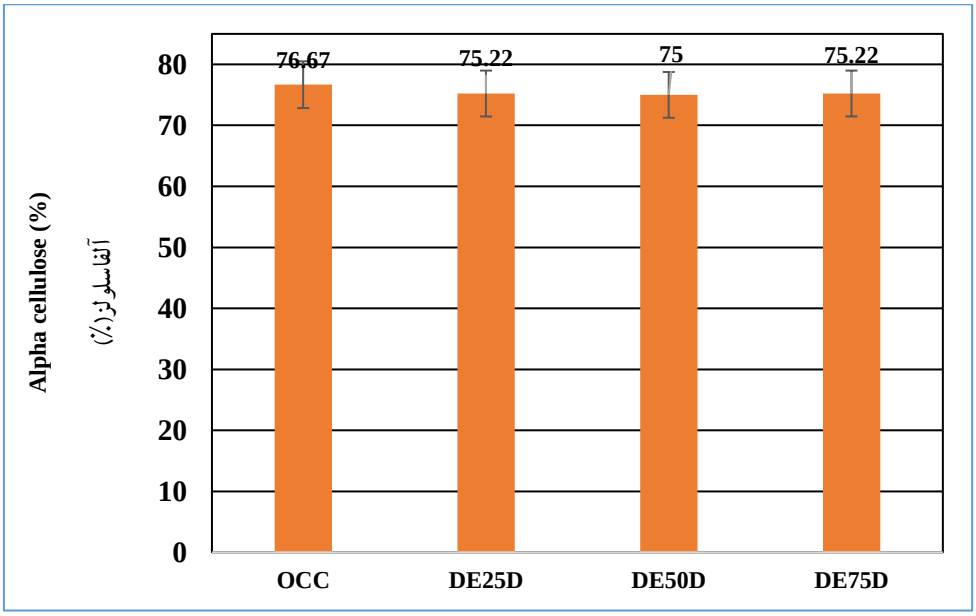
شکل ۴- تغییرات درجه بسپارش پس از رنگ‌بری با فاکتورکاپاهای مختلف

Figure 4. Changes in the degree of polymerization after decolorization with different kappa factors

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود تغییر مشهودی در مقادیر درجه بسپارش مشاهده نمی‌شود. این موضوع بیانگر عدم آسیب و یا آسیب اندک دی‌اکسید کلر به زنجیره های سلولز می‌باشد.

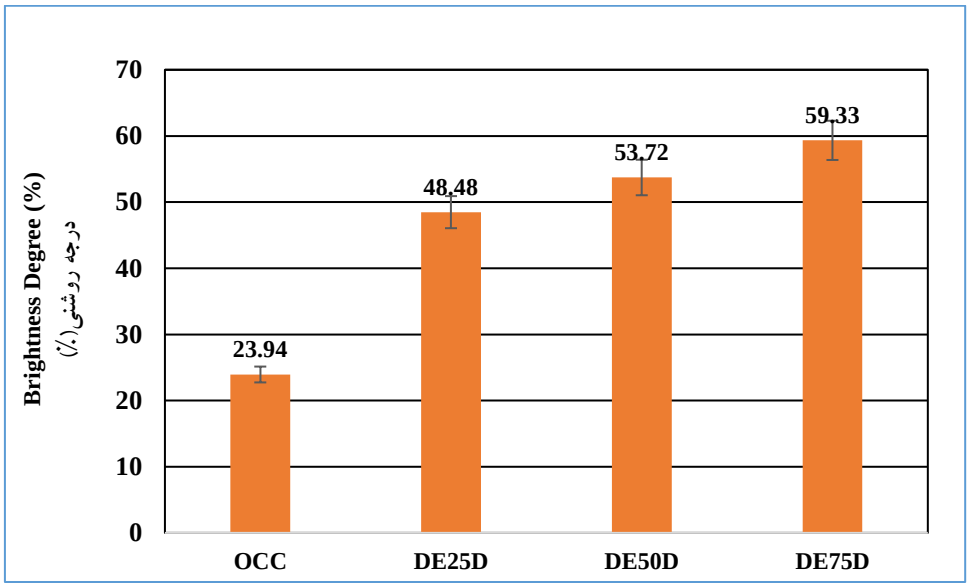
بررسی مقادیر آلفاسلولز

در شکل ۵ تغییرات مقادیر آلفاسلولز گزارش شده است، همان‌طور که شواهد موجود در بررسی نسبت سلولز به هولوسلولز و درجه بسپارش به‌ترتیب در شکل ۳ و ۴ نشان می‌دهد دی‌اکسید کلر به سلولز آسیب چندانی وارد نکرده است و در مقادیر آلفاسلولز پس از رنگ‌بری با فاکتور کاپاهای مختلف تغییراتی انجام نشده است. به‌طوری‌که پایین بودن مقادیر آلفاسلولز به‌دلیل نوع ماده اولیه (الیاف بازیافتی) می باشد.



شکل۵-تغییرات آلفاسلولز پس از رنگبری با فاکتورکاپاهای مختلف

Figure 5. Changes in alphacellulose after bleaching with different kappa factors



شکل۶-تغییرات درجه روشنی پس از رنگبری با فاکتور کاپاهای مختلف

Figure 6. Changes in the brightness degree after bleaching with different kappa factors

یادآوری می‌شود که مقادیر آلفاسلولز گزارش شده در شکل ۵، نسبت آلفاسلولز موجود به کل خمیر (سلولز+ همی-سلولز+ لیگنین+ سایر ناخالصی‌ها) است، درحالی‌که مقادیر سلولز گزارش‌شده در شکل ۳، نسبت سلولز به هولوسلولز (سلولز+همی‌سلولز) است.

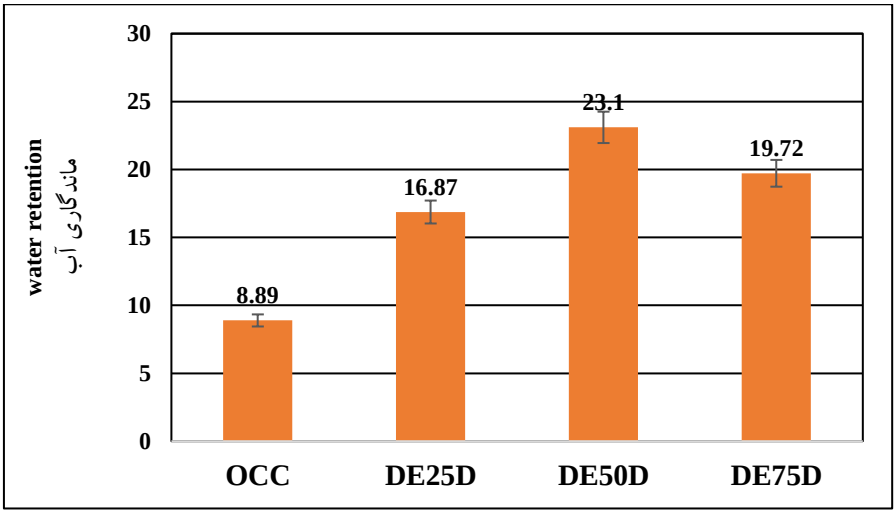
بررسی مقادیر درجه روشنی

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، اعمال رنگ‌بری با دی‌اکسید کلر با فاکتور کاپای ۰/۱ میزان درجه روشنی را

حدود ۵۰ درصد افزایش داد و با افزایش فاکتور کاپا به ۰/۲ و ۰/۳ به‌ترتیب حدود ۵۵ درصد و ۶۰ درصد نسبت به قبل از رنگ‌بری افزایش درجه روشنی داشت.

بررسی میزان ماندگاری آب

شکل ۷ میزان ماندگاری آب را در خمیر پس از رنگ‌بری نشان می‌دهد که تعریفی بر میزان دسترسی‌پذیری خمیر است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، جذب آب الیاف بازیافتی پس از رنگ‌بری افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که پس از رنگ‌بری با فاکتور کاپای ۰/۱ درصد میزان ماندگاری آب حدود ۴۷ درصد افزایش یافت و با افزایش فاکتور کاپا به ۰/۲ و ۰/۳ به‌ترتیب حدود ۶۲ و ۵۵ درصد افزایش یافت.



شکل۷-تغییرات ماندگاری آب پس از رنگبری با فاکتور کاپاهای مختلف

Figure 7. Changes in water retention after bleaching with different kappa factors

بحث

در مورد تولید خمیر حل‌شونده از منابع سلولزی چوبی و غیرچوبی مطالعات گسترده‌ای به‌عمل‌آمده است اما استفاده از OCC به‌عنوان الیاف بازیافتی در تولید خمیر حل‌شونده، کمتر بررسی شده است. در یکی از این مطالعات، اثر مثبت لیگنین-زدایی با فرمیک اسید بر روی OCC گزارش شده است. در این مطالعه عدد کاپا از ۴۱/۴ به ۱۸ کاهش داشته و پس از استخراج قلیایی و توالی رنگ‌بری $D_0EpD_1EpD_2$ درجه روشنی و محتوای آلفاسلولز به‌ترتیب به ۸۵ درصد و ۹۴/۷ درصد رسید و بازده کلی خمیر پس از تیمار فرمیک‌اسید و استخراج قلیایی به ۴۸ درصد رسید. درواقع لیگنین‌زدایی با فرمیک اسید و استخراج قلیایی بیشتر همی‌سلولز و لیگنین را حل کردند (Jahan *et al.*, 2016).

پیش‌تر تحقیقاتی توسط Ghahramani و همکاران (۲۰۱۸) در مورد تولید خمیر حل‌شونده از الیاف بازیافتی با رنگ‌بری هیپوکلریت انجام شده‌است. دی‌اکسید کلر به‌عنوان ماده رنگ‌بر کاملاً گزینشی عمل می‌کند و افزایش فاکتور کاپا در حذف مقادیر لیگنین بسیار کارآمد بوده است. تخریب مقادیر هولوسلولز شدید نبوده و منجر به آسیب سلولز و کاهش مقادیر آلفاسلولز و همچنین کاهش مقادیر درجه بسپارش نشده‌است. این در حالی است که با استفاده از هیپوکلریت، مقدار همی‌سلولز و درجه بسپارش به‌شدت کاهش یافته‌است.

حذف لیگنین به‌عنوان بخش آبگریز و باقی ماندن همی-سلولز به‌عنوان بخش آبدوست، افزایش دسترسی‌پذیری و ماندگاری آب را به همراه دارد.

افزایش درجه روشنی پس از رنگ‌بری با دی‌اکسیدکلر

نشان‌دهنده مقدار لیگنین باقیمانده کمتر در خمیر رنگ‌بری شده است که منجر به کاهش گروه‌های رنگی جذب نور و درنتیجه داشتن ضریب جذب نور کمتر و ضریب پراکندگی بالاتر می‌گردد(Hu *et al.*, 2013)؛ اما این افزایش نسبت به گزارش‌های حاصل از رنگ‌بری با هیپوکلریت که به مقادیر بالای هفتاد درصد هم رسیده کم است (Ghahramani, *et al.*, 2018). علت آن وجود مقادیر ۹ تا۱۱ درصد همی‌سلولز است، زیرا همی‌سلولزها حامل گروه‌های رنگ‌ساز مانند هگزنورونیک اسید در خمیر هستند که وجود آنها درجه روشنی را کاهش می‌دهد (Hu *et al.*, 2013).

افزایش ابتدایی دسترس‌پذیری احتمالاً به علت حذف لیگنین به‌عنوان بخش آبگریز باشد، زیرا شکستن یا حذف دیواره اولیه الیاف، باز کردن یا بزرگ کردن حفره‌ها و منافذ مویین، لایه‌لایه کردن توده الیاف برای افزایش سطح در دسترس الیاف و گسستن ساختار فشرده سلولز، عواملی هستند که می‌توانند سبب افزایش دسترس‌پذیری الیاف سلولز شوند (Tian *et al.*, 2013). اما با افزایش فاکتور کاپا و افزایش لیگنین‌زدایی، دسترس‌پذیری اندکی کاهش می‌یابد. پیوندهای هیدروژنی بین و درون مولکولی، به‌دلیل خروج لیگنین و همی-سلولز در طول خمیرسازی و رنگ‌بری افزایش می‌یابد. سلولز باقیمانده در خمیر معمولاً ساختار متراکمی را ایجاد می‌کند که منجر به محدودیت واکنش‌پذیری و دسترس‌پذیری به‌ویژه در بخش کریستالی می‌شود (Kopcke *et al.*, 2010).

استفاده از رنگ‌بری با دی‌اکسید کلر برای خمیرهایی مانند الیاف بازیافتی occ که مقادیر همی‌سلولز بالایی دارند، برای دستیابی به خلوص و درجه روشنی بیشتر به مراحل پیش‌تیمار یا پس‌تیمار اسیدی یا قلیایی ضعیف نیاز دارد تا به میزان مطلوب در تولید خمیر حل‌شونده برسند (Nikkhah Dafchahi, *et al.*, 2015). به‌طورکلی افزایش فاکتور کاپا بر میزان هولوسلولز، الفاسلولز و درجه بسپارش تأثیر چندانی ندارد اما میزان حذف لیگنین، دسترس‌پذیری و درجه روشنی را افزایش می‌دهد.

منابع مورد استفاده

-Faezipour, M., Khalafi, A., Mirshokraie, S.A., Lohrasebi, A. and Pirjani, A. 2006. A Study of the Possibility of Aquasol Process to Deink ONP and MOW. Iranian J. Natural Res., 59(2): 457-470.

-Flickinger, P., Lammi, L., & Ernerfeld, B. 2011. Dissolving pulp. In TAPPI PEERS Conference. Portland, USA.

-Ghahramani, N., ramezani, O., kermanian, H., vatankhah, E. and kousha, M., 2018. Acidic prehydrolysis role in dissolving pulp production from OCC. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 9(3), 441-457

-Hämmerle, FM., 2011. The cellulose gap (the future of cellulose fibres). Lenzinger Ber 2011; 89: 12–21.

-Hu, G., Fu, S., and Liumaki, H. 2013. Hemicellulose in pulp affects paper properties and printability. Appita: Technology, Innovation, Manufacturing, Environment, 66(2), 139.

-Hubbe, M., Venditti, R. and Rojas, O., 2007. What happens to cellulosic fiber during papermaking and recycling? BioResources, 2(4):739-788.

-Jahan, M.S., Rahman, M.M. and Sarkar, M., 2016. Upgrading old corrugated cardboard (OCC) to dissolving pulp. Cellulose, 23(3), 2039-2047.

-Kajforush, S.A.R.A. and Resalati, H., 2015. The effect of acid pretreatment and peroxide reinforcement in alkaline extraction on optical and strength properties of Eucalpytus Camaldulensis Kraft pulp during DED bleaching sequence. ligncellulose.

-Kopcke, V., Ibarra, D., Larsson. P.T. and Ek, M., 2010. Optimization of treatment sequences for the production of dissolving pulp from birch kraft pulp. Nordic Pulp & Paper Research Journal, Vol. 25, 31-38.

-Min, B.C., Bhayani, B.V., Jampana, V.S. and Ramarao, B.V., 2015. Enhancement of the enzymatic hydrolysis of fines from recycled paper mill waste rejects. Bioresources and Bioprocessing, 2(1), 40.

-Nikkhah Dafchahi, M. and Resalati, H., 2015. The potential of the acidified pre-extraction soda-anthraquinone process in the production of very pure alpha-cellulose. Iranian Wood and Paper Sciences Research, 30 (1), 162-172.

-Sixta H., 2006. Handbook of pulp. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1022–67.

-Tian, C, Zheng, L, Miao, Q, Nash chris, Cao, C. and Ni, Y., 2013. Improvement in the Fock test for determining the reactivity of dissolving pulp.Tappi Journal,volume12,pp22-25

The effect of kappa factor in chlorine dioxide bleaching sequence on the properties of dissolving pulp from recycled fibers (OCC)

N. Ghahrani[1], N. Nazarnezhad[2*], O. Ramezani[3] and Gh. Asadpour[4]

1-Ph.D. Student of pulp and paper Industry, Agricultural Sciences and Natural Resources of Sari University, Sari, Iran
2*-Corresponding Author, Associate Professor, Department of Wood and Cellulose products. Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran, E-mail: nazarnezhad91@gmail.com
3-Assistant Professor, Faculty of New Technologies and Aerospace Engineering of shahid Beheshti University, Sari, Iran
4-Associate Professor, Department of Wood and Cellulose products. Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

Received: Oct., 2021 Accepted: Dec., 2021

Abstract

One of the common applications of cellulosic fibers as dissolving pulp production requires high purity. Different cellulosic fiber sources are used to produce dissolving pulp. Due to deforestation and lack of agricultural land and problems with cultivation, the use of wood and non-wood sources of such fibers is declining. Another source of cellulose is recycled pulp. Chlorine dioxide acts as a completely selective bleaching chemical. Increasing kappa factors is very effective in removing lignin levels. In this research, dissolving pulp from recycled fibers is obtained using soda cooking and bleaching with chlorine dioxide. Then, the effect of changes in kappa factor of the second stage of chlorination on chemical composition (holocellulose and lignin), structural properties (degree of polymerization, alpha-cellulose and degree of brightness) and accessibility (water retention value) are investigated. The results showed that the degradation of holocellulose levels was not severe and did not cause cellulose damage and decreased alpha-cellulose levels as well as the degree of polymerization. The removal of lignin as a hydrophobic component and the presence of hemicellulose as a hydrophilic component increase accessibility (water retention) and decrease brightness degree.

Keywords: Dissolving pulp, Kappa factor, Chlorine dioxide, Purity, Recycled fibers.