

اثر استیله کردن بر ویژگی‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذهای بسته‌بندی

رحیم ابراهیمی بریسا^{۱*}، حسین رسالتی^۲

تاریخ دریافت مقاله: بهمن ماه ۱۳۹۲

تاریخ پذیرش مقاله: اردیبهشت ماه ۱۳۹۳

چکیده

افزایش و سپس کاهش می‌یابند. مقاومت به سفتی که برای مقوا و کاغذهای بسته‌بندی، شاخص بسیار مهمی است با استیلاسیون به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد. استیله کردن کاغذهای بسته‌بندی با گروه‌های حجیم و روشن استیلی، باعث افزایش ماتی و سفیدی خواهد شد و زردی حاصل از کهنگی کاغذ را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی

استیله کردن، کاغذهای بسته‌بندی، مقاومت به پارگی، پایداری ابعاد، سفتی و ویژگی‌های نوری.

۱- مقدمه

کاغذ، فراورده‌ای مهم و راهبردی در زندگی بشر می‌باشد و نقشی مهم و چشمگیری در توسعه فرهنگی جوامع دارد. اگرچه ثبت و انتقال اطلاعات، همواره مهم‌ترین و برجسته‌ترین نقش کاغذ بوده است؛ اما امروزه هزاران کاربرد مهم دیگر برای کاغذ می‌توان برشمرد که از آن جمله می‌توان به کاربرد بسیار وسیع کاغذ و مقوا در صنایع بسته‌بندی اشاره کرد [۳]. بدین ترتیب افزایش مصرف سرانه کاغذ، نشان‌دهنده غنای نظام ارتباطی و تنوع تولیدات ناشی از نظام‌های مختلف بسته‌بندی جامعه است که در مجموع، بیانگر رشد و تحول فناوری در جامعه به حساب می‌آید [۱ و ۱۲].

در مطالعه حاضر اثر استیله کردن بر ویژگی‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذهای بسته‌بندی مورد مطالعه قرار گرفته است. در ابتدا به نحوه مکانیسم استیله کردن^۳ کاغذ و دیگر مواد لیگنوسلولزی^۴ پرداخته شده است. در مورد ویژگی‌های فیزیکی، تأثیر استیله کردن برای پایداری ابعاد، ناهمواری سطح و ضخامت کاغذهای بسته‌بندی مورد مطالعه قرار گرفته است. برای ویژگی‌های مکانیکی نیز مقاومت به پاره شدن، کششی، به تا شدن و سفتی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین برای تأثیر استیلاسیون^۵ بر ویژگی‌های نوری کاغذ، سفیدی، زردی و ماتی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. نتایج بررسی‌های محققین، نشان داده است در اثر استیله کردن پایداری کاغذ و مقواهای بسته‌بندی افزایش می‌یابد و کاغذ نسبت به رطوبت، تغییرات کمتری از خود نشان می‌دهد. استیله کردن کاغذ، باعث صافی سطح بیشتر و افزایش ضخامت کاغذهای مورد نیاز در صنعت بسته‌بندی خواهد شد. مقاومت به پارگی در اثر استیلاسیون به دلیل کاهش طول الیاف افت می‌کند. مقاومت به کشش و تا شدن با استیله کردن ابتدا

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم

کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*) نویسنده مسئول: Ebrahimirahim56@gmail.com

۲- استاد گروه صنایع خمیر و کاغذ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع

طبیعی گرگان

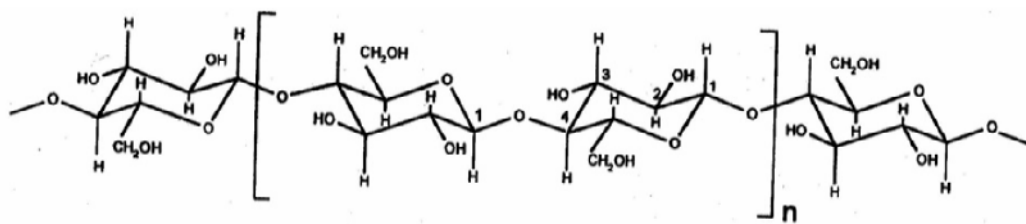
3- Acetylated

4- Lignocellulose

5- Acetylation

و مواردی دیگر از اهمیت خاصی برخوردارند. کارتن و مقواهای بسته‌بندی فرآورده‌ای متشکل از الیاف سلولزی هستند. ساختار سلولز در (شکل ۱) نشان داده شده است. خواص کاربردی این محصولات بستگی شدیدی با الیاف تشکیل‌دهنده آن‌ها دارد [۳، ۴ و ۶]. سلولز یک هوموپلی ساکارید^۱ تشکیل شده از واحدهای $D-\beta$ -گلوکوپیرانوز^۲ است و مولکول‌های آن کاملاً خطی هستند و تمایل شدیدی به تشکیل پیوندهای هیدروژنی^۳ بین مولکولی دارند. از اجتماع مولکول‌های سلولز با همدیگر، ریز لیفچه‌ها^۴ به وجود می‌آیند که در آن‌ها نواحی بسیار منظم (بلورین) و نواحی نسبتاً نامنظم (بی‌شکل) به طور متناوب در مجاورت یکدیگر قرار دارند. هر واحد - $D-\beta$ گلوکوپیرانوز در زنجیره سلولزی سه گروه هیدرواکسیل فعال^۵ دارد که دو تا از آن‌ها هیدرواکسیل نوع دوم ($HO-2$ و $HO-3$) و دیگری ($HO-6$) نوع اول هستند [۷]. این واحدها نقش بسیار مهمی در ویژگی‌های مکانیکی، فیزیکی، خواص نوری و مقاومت زیستی ایفا می‌کنند [۲۱]. با محدود کردن یا حذف این گروه‌ها عملاً ویژگی‌های مذکور تحت تأثیر قرار می‌گیرند. استری کردن بسپارهای دیواره‌های سلولی با استفاده از انیدرید استیک، یکی از گزینه‌های مطلوب درباره چوب و برخی از فرآورده‌های لیگنوسلولزی انجام شده و تأثیر مثبت آن‌ها نیز گزارش گردیده است [۲۰، ۲۵ و ۲۷].

در میان محصولات تولید شده از کاغذ، بسته‌های مقوایی و کاغذی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند [۳]. در نیمه اول قرن نوزدهم قیمت کاغذ و محصولات کاغذی آنچنان بالا بود که کسی از آن برای بسته‌بندی استفاده نمی‌کرد؛ اما در سال ۱۸۵۰ قیمت کاغذ سقوط کرد و کاربرد آن در بسته‌بندی از نظر اقتصادی توجیه شد و اولین بسته‌های کاغذ و پوشش کالا با کاغذ معمول شد [۹]. امروزه تولید کاغذ و مقوا برای بسته‌بندی آنچنان رایج شده که بسیاری از اجناس با این گونه بسته‌بندی به بازار عرضه می‌شوند. زیبایی، ارزانی، سبکی، سهولت استفاده، فابلیت چاپ و دیگر خصوصیات ممتاز کاغذ و مقوا باعث گردیده که بسیاری از کارخانجات برای بسته‌بندی به این کالا وابسته باشند. بسته‌های مقوایی و کاغذی با طرح‌ها و رنگ‌های مختلف یکی از عوامل جلب مشتری و فروش بیشتر کارخانه‌ها هستند. استفاده از مقوا و کاغذ به تولیدکنندگان انواع کالا این امکان را می‌دهد تا بدون نگرانی از خرابی و آسیب دیدگی، تولیدات خود را داخل آن قرار داده و به نقاط دور ارسال نمایند [۹]. مقوا و کارتن‌های بسته‌بندی همانند بسیاری از فرآورده‌های لیگنوسلولزی تحت تأثیر شرایط آب و هوایی، عوامل مخرب زیستی و محیطی قرار می‌گیرند؛ لذا برای کاربردهای خاص، ضرورت ایجاد می‌کند که دوام و ویژگی‌های کاربردی آن افزایش یابند. برای مثال بالا بردن مقاومت در برابر جذب رطوبت و عوامل مخرب زیستی (قارچ‌ها، باکتری‌ها و حشرات)، عوامل مخرب نوری

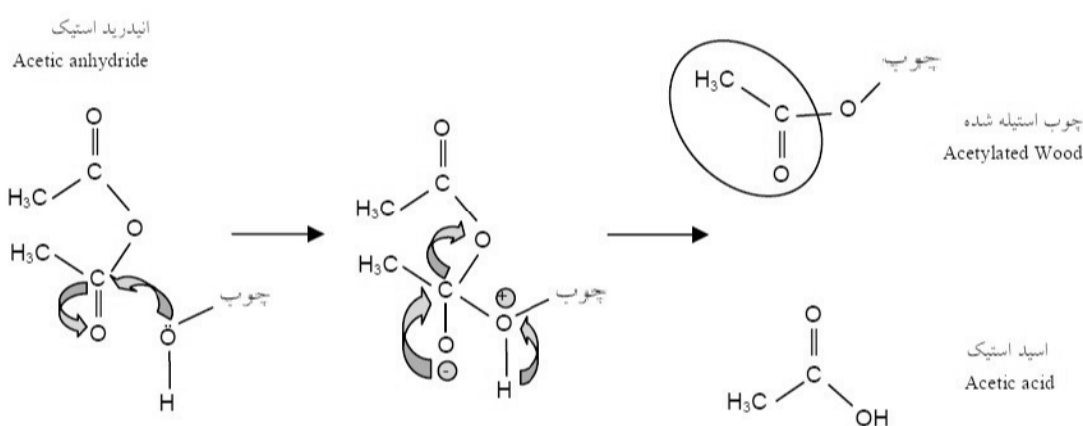


شکل ۱- ساختار سلولز [۱۷]

- 1- Homopolysaccharide
- 2- Glucopyranose
- 3- Hydrogen
- 4- These micro - Lyfchh
- 5- Functional groups

محققان^۴ [۲۶ و ۲۷] در پژوهشی اثر استیله کردن روی آرد چوب و خمیر کاغذ^۵ TMP را بررسی نمودند. نتایج در مورد آرد چوب نشان داد که ذرات کوچک تر نسبت به ذرات بزرگ تر واکنش بیشتری نشان می دهند. خمیر کاغذ TMP لیگنین زدایی شده، ۱۰ درصد بیشتر تر و ۵۷ درصد سریع تر نسبت به خمیر کاغذ TMP تغییر نیافته دچار واکنش شد. این امر می تواند به این علت باشد که لیگنین در دمای بالای مرحله پالایش تهیه خمیر کاغذ TMP به

واکنش استری کردن را استیله کردن یا استیلاسیون می نامند. در طی واکنش استیلاسیون، گروه های هیدرواکسیل نوع اول بیشترین نقش را درند. در واکنش استیلاسیون، گروه های هیدرواکسیل با گروه های آگریز استیل جایگزین می شوند. شکل (۲) مکانیسم واکنش انیدرید استیک^۱ را با بسپارهای دیواره سلولی چوب نشان می دهد. این واکنش یک طرفه است، بدان معنا که به ازای هر گروه هیدرواکسیل، یک گروه استیل جایگزین می شود و بسپارش^۲ صورت نمی گیرد.



۲- مکانیسم واکنش انیدرید استیک با چوب [۲۳]

صورت پلاستیکی در می آید و روی سطوح ایاف را می پوشاند و مانع نفوذ ماده شیمیایی می شود [۲۴]. محققان [۸] کاغذهای ساخته شده از خمیر CMP باگاس^۶ را با استیله کردن تیمار کردند. نتایج نشان داد که فرایند استیلاسیون به طور مؤثری از زرد شدن کاغذهای ساخته شده CMP در اثر نور جلوگیری می کند [۱۴].

۲- مکانیسم استیله کردن مواد لیگنوسلولزی

استیله کردن یکی از روش های پرترفدار در زمینه اصلاح شیمیایی می باشد. این فناوری نسبتاً نوین، برای اصلاح مواد لیگنوسلولزی مورد توجه قرار گرفته و

محققین متعددی سعی در بررسی اثر استیله کردن بر روی مواد مختلف لیگنوسلولزی نمودند. بیشترین پژوهش ها درباره چوب بوده است. پژوهش های محققان^۳ (۱۹۹۸) [۲۷] نشان داد که استیله کردن مواد لیگنوسلولزی مانند، کنف، کتان و بامبو باعث کاهش خاصیت رطوبت پذیری و رطوبت تعادل آنها می شود و در نتیجه مقدار و سرعت واکنشیدگی ضخامت و انبساط خطی به مقدار زیادی کاهش می یابد. نتایج نشان داد که استیله کردن باعث افزایش مقاومت در برابر عوامل مخرب خواهد شد [۲۶ و ۲۷].

4- Nawshadul

5- Thermo mechanical pulp

6- Bagasse

فصلنامه علمی-ترویجی علوم و فنون

1- Anhydride acetic

2- Polymerization

3- Rowell

پژوهشگران متعددی را به سوی خود جلب کرده است. استیله کردن از نوع واکنش‌های استری کردن می‌باشد و مبنای آن جایگزینی گروه‌های استیل با گروه‌های هیدروکسیلی بسپارهای سازنده دیواره سلولی می‌باشد [۱۰].

برای استیله کردن کاغذ و مقواهای بسته‌بندی از اسیدهای کربوکسیلی و یا اسیدهای انیدریدی استفاده می‌شود، از جمله این اسیدها می‌توان به اسید استیک^۱، اسید مالونیک^۲، اسید ساکسینیک^۳، اسید گلو تاریک^۴، اسید آدیپیک^۵، اسید سباتیک^۶، ایدتری فلورو استیک^۷ و اسیدهای کربوکسیلی هالوژن دار^۸ اشاره نمود (۲۳).

در جریان فرایند استیله کردن، ساختار شیمیایی الیاف تغییر می‌کند و با توجه به شدت تیمار استیلاسیون، میزان جذب رطوبت به شدت کاهش می‌یابد. در نتیجه کاهش و یا حتی توقف جذب رطوبت، سبب ثبات ابعادی کاغذ مورد نظر خواهد شد و این در حالی است که رطوبت در محیط اطراف آن وجود دارد [۲۵ و ۲۸].

هر واحد گلوکوزی در زنجیره سلولزی، سه گروه هیدرواکسیل فعال دارد که دوتا از آن‌ها هیدرواکسیل نوع دوم (۲- HO و ۳- HO) و دیگری (۶- HO) نوع اول هستند [۷].

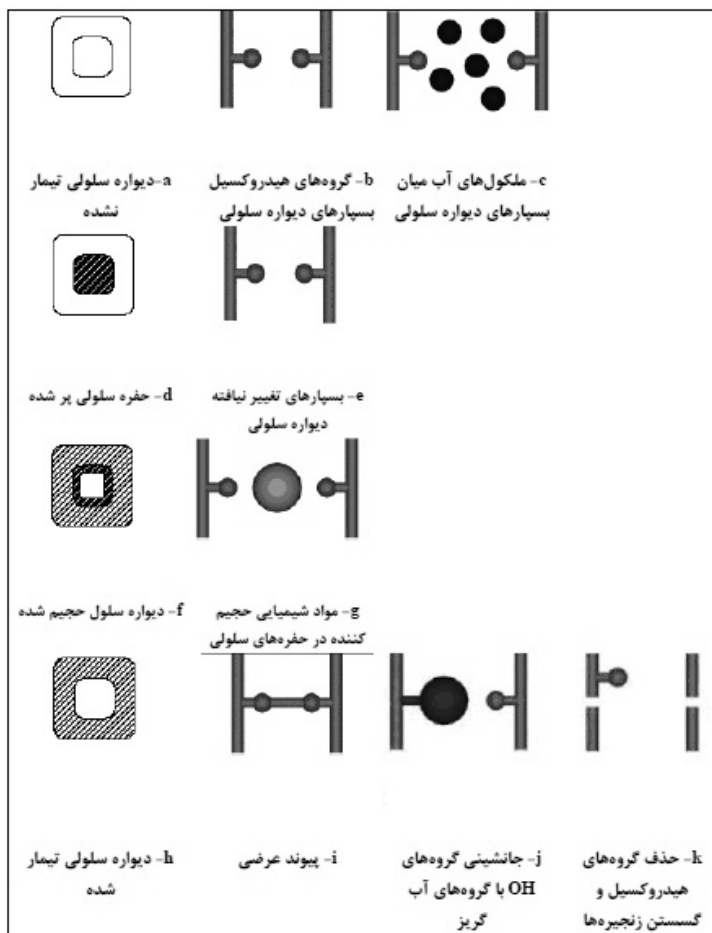
این واحدها نقش بسیار مهمی در ویژگی‌های ممانعتی، فیزیکی و مکانیکی، خواص نوری و مقاومت زیستی ایفا می‌کنند [۲۱]. با جایگزین گروه‌های عاملی سلولز با گروه‌های اسید استیک خواص کاغذ و مقوای بسته‌بندی بهبود می‌یابد و باعث ثبات ابعادی خواهد شد. شکل (۳) روش‌های مختلفی را نشان می‌دهد که در کنترل واحدهای هیدرواکسیل به کار می‌روند. حذف، جایگزینی یا بلوکه کردن گروه‌های هیدرواکسیل و یا حتی پر کردن فضاهای

داخلی موجود در سلول شیوه‌هایی هستند که هم‌اکنون مورد توجه قرار گرفته‌اند.

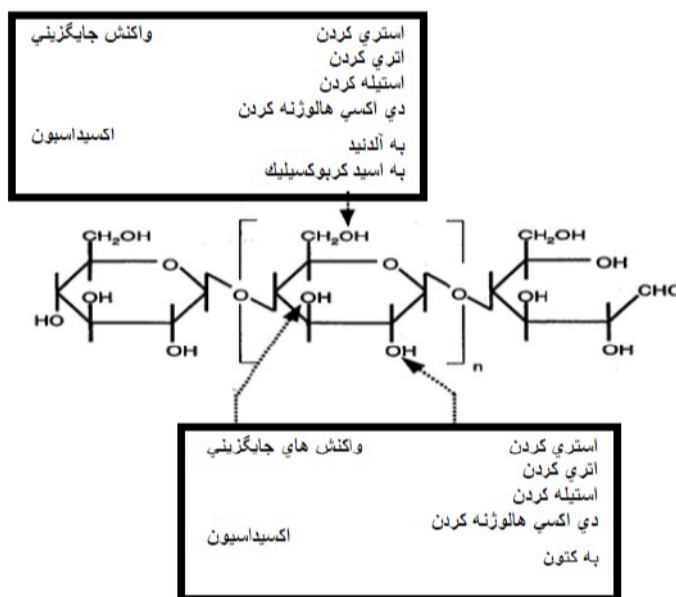
در شکل (۳) قسمت‌های a, b, c قرار گرفتن مولکول‌های آب در دیواره سلولی تیمار نشده را نشان می‌دهد. در قسمت‌های d و e برای جلوگیری از ورود مولکول‌های آب از طریق سد کردن راه آن‌ها به وسیله پر شدن حفره سلولی بدون تغییر دیواره سلولی، نشان داده شده است. در قسمت‌های f و g به وسیله حجیم شدن دیواره سلولی با مواد شیمیایی حجیم کننده جایی برای مولکول‌های آب باقی نمی‌ماند. در قسمت‌های h, i, j و k به وسیله سه نوع تیمار در ساختار دیواره سلولی تغییر ایجاد شده و جذب آب کاهش می‌یابد که تیمار اول؛ باعث ایجاد پیوندهای عرضی بین گروه‌های هیدرواکسیل با دیواره سلولی می‌شود. تیمار دوم؛ باعث جایگزینی گروه‌های هیدرواکسیل با گروه‌های آبگریز شده که استیلاسیون هم نوعی از آن است. و در نهایت تیمار سوم؛ از طریق بلوکه یا حذف گروه‌های هیدرواکسیل که مسئول جذب مولکول‌های آب هستند، خواهد شد. در نتیجه جذب آب کاهش خواهد یافت.

در شکل (۴) انواع واکنش‌های شیمیایی که گروه‌های هیدرواکسیل در آن نقش دارند نشان داده شده است. یکی از روش‌های مناسب برای جلوگیری از وارد شدن گروه‌های هیدرواکسیل در واکنش‌های گوناگون حذف آن‌ها است (شکل ۴). استری کردن و جایگزینی آن‌ها با گروه‌های آب گریز یکی از روش‌هایی است که از استقبال بیشتری برخوردار بوده است.

- 1- Acetic acid
- 2- Malonic acid
- 3- Succinic acid
- 4- Glutaric acid
- 5- Adipic acid
- 6- Batyk acid
- 7- Fluoro acid
- 8- Carboxylic acids



شکل ۳- (a, b, c) قرار گرفتن مولکول های آب در سلول تیمار نشده و (d, e, f, g, h, i, j, k) سه نوع تیمار دیواره سلولی [۱۸]



شکل ۴- جایگزینی گروه های هیدروکسیلی سلولز [۱۹]

همان گونه که در بالا اشاره شد، مقوا و کاغذهای بسته‌بندی نیز همانند سایر محصولات چوبی، پایه و اساس لیگنوسلولزی دارند و همانند آن‌ها متأثر از شرایط محیطی و پیرامونی هستند. در کاغذ تغییر ابعادی در نتیجه تغییر مقدار رطوبت روی می‌دهد و می‌تواند کارایی آن را محدود کند. عدم ثبات ابعاد کاغذهای بسته‌بندی ناشی از حساسیت آن‌ها نسبت به رطوبت و واکنشیدگی دیواره سلول می‌باشد. واکنشیدگی ورقه کاغذ به واکنشیدگی هر یک از الیاف به صورت منفرد برمی‌گردد، زیرا کاغذ از الیافی که روی هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است. بنابراین واکنشیدگی ورقه کاغذ بیشتر در ضخامت آن (جهت Z) صورت می‌گیرد؛ اما در کل، مقدار تغییر ابعاد به علت ضخامت کم ورقه کاغذ، بسیار ناچیز می‌باشد. مشکل اصلی و دردسرساز تغییر ابعاد از نقطه نظر کارایی، تغییراتی است که در سطح کاغذ ایجاد می‌شود. عدم ثبات ابعاد، کارایی کاغذ را در چاپ و بسته بندی کاهش می‌دهد [۱۵].

۳- تأثیر تیمار استیله کردن بر روی ویژگی‌های

فیزیکی کاغذ و مقوای بسته‌بندی

۱-۳- جذب آب و ثبات ابعادی

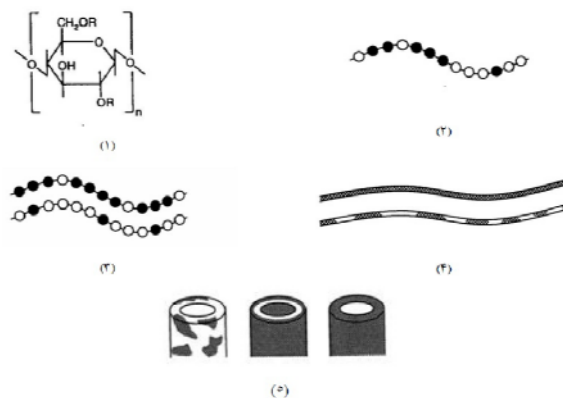
استیله کردن کاغذ و اصلاح گروه‌های هیدروکسیل باعث کاهش تغییرات رطوبت در کاغذ خواهد شد [۱۴]. استیلاسیون باعث افزایش ثبات ابعاد انواع کاغذها و مقواها خواهد شد [۵].

۲-۳- ضخامت کاغذ و ناهمواری سطح کاغذ

بررسی‌های حاصل از تیمار استیلاسیون بر روی کاغذ نشان می‌دهد که استیله کردن کاغذ، باعث افزایش ضخامت آن خواهد شد (شکل ۵). افزایش ضخامت کاغذ استیله شده را می‌توان به جایگزینی گروه‌های حجیم استیل به جای گروه‌های کوچک‌تر هیدروکسیل مربوط دانست (۴). در زمان واکنش استیلاسیون، بر اثر ورود این گروه‌ها به دیواره‌های سلولی، دیواره‌ها حجیم‌تر می‌شوند و

اندرید استیک در مقایسه با سایر مواد شیمیایی که در بحث استیله کردن از آن‌ها استفاده می‌شود به علت خاصیت غیر سمی و اقتصادی بودن، مناسب‌تر می‌باشد [۲۴]. به تناسب شدت استیله کردن و جایگزینی گروه‌های آب‌گریز استیل به جای گروه‌های هیدروکسیل میزان جذب آب نیز کم‌تر می‌شود. نحوه نفوذ و انتشار گروه‌های استخلافی در بین الیاف در (شکل ۵) نشان داده شده است.

نکته مهمی که در واکنش‌های سلولز مورد توجه قرار می‌گیرد، دسترس پذیری مولکول‌های آن است که به معنای سهولت نسبی دسترسی واکنش‌گرها به گروه‌های هیدروکسیل می‌باشد. به عنوان مثال گروه OH-۶ کم‌ترین مزاحمت فضایی را دارد و از نظر پذیرفتن استخلاف‌های حجیم، فعال‌تر از سایر گروه‌های هیدرواکسیل است. گروه‌های هیدرواکسیل واقع در نواحی بی‌شکل سلولز، بسیار دسترس‌پذیرتر می‌باشد و به آسانی وارد واکنش می‌شوند، در حالی که، آن‌هایی که در نواحی بلورین با تراکم زیاد و پیوندهای بین زنجیری محکم قرار دارند، ممکن است کاملاً دسترس ناپذیر باشند [۷ و ۲۲].



شکل ۵- نحوه انتشار گروه‌های استخلافی در الیاف: (۱) مرحله اول، جانشینی به جای سه گروه هیدرواکسیل (۲) مرحله دوم انتشار در یک زنجیره سلولز (۳) مرحله سوم انتشار زنجیرهای سلولز (۴) مرحله چهارم و پنجم انتشار در یک میکروفیبریل و سپس در بین میکروفیبریل‌ها (۵) مرحله آخر انتشار در یک فیبر و در نهایت در بین الیاف [۱۹].

به تعبیری پدیده حجیم شدگی^۱ دیواره‌ها اتفاق می‌افتد. با توجه به گروه‌های حجیم استیل نسبت به گروه‌های هیدروکسیل می‌توان گفت که در ساخت کاغذ استیله شده از ایاف حجیم‌تری استفاده می‌شود و این نظریه توسط محققین اثبات شده است [۱۴، ۱۶، ۲۹ و ۳۱].

با استیله کردن کاغذ و افزایش شدت استیلاسیون در کاغذهای بسته‌بندی ناهمواری سطح کاغذ کاهش می‌یابد که این هم یکی از شاخص‌های بسیار خوب استیله کردن در مورد چاپ‌پذیری کاغذهای استیله شده می‌باشد.

۴- تأثیر تیمار استیله کردن بر روی ویژگی‌های مکانیکی کاغذ و مقوای بسته‌بندی

۴-۱- مقدار سفتی^۲ یا شقی

مقاومت کاغذ در برابر خم شدن را سفتی کاغذ می‌نامند. به طور کلی، اهمیت این شاخص مربوط به کاربرد نهایی محصول است چرا که در خصوص پاره‌ای از کاربردها از جمله انباشتن بسته‌ها روی هم و حرکت‌پذیری مقوا در دستگاه چاپ این شاخص می‌بایست در بازه مشخصی باشد. به عنوان مثال حرکت روان کارتن‌ها روی دستگاه هنگام عملیاتی چون ساختن جعبه، پرکردن و بستن آن، بستگی به این مشخصه‌ی مقوا دارد. در واقع سفتی عامل استحکام کارتن است که از خم شدن (شکم دادن) کارتن هنگام انباشتن آن‌ها روی هم جلوگیری می‌کند. افزایش تعداد بسته‌های روی هم، موجب وارد شدن فشار مضاعف به بسته‌های زیرین و افت کیفیت می‌گردد. این امر به خصوص در مورد کارتن‌های حاوی موادی از قبیل پودر، غلات، چای که محتویات آن‌ها نسبتاً سنگین است و درون جعبه تکان می‌خورند بیشتر اهمیت دارد. با فرض رعایت حداکثر تعداد مجاز چیدن بسته‌ها (بسته به وزن محصولات) بر روی یکدیگر، هرچه سفتی مقوا بالاتر باشد احتمال تغییر شکل دادن بسته‌ها و حتی آسیب محتویات بسته کاهش می‌یابد. با

توجه به بررسی انجام شده بر روی کاغذ استیله شده، مشاهده شده است که با افزایش درصد استیلاسیون در کاغذهای بسته‌بندی و دیگر مقواها و کاغذها مقدار سفتی کاغذ نیز افزایش می‌یابد. سفتی کاغذ و مقوا با توان سه ضخامت کاغذ رابطه مستقیم دارد یعنی اگر ضخامت یک درصد افزایش یابد سفتی متناسب با آن سه درصد افزایش می‌یابد. با توجه به این موضوع و (شکل ۶) می‌توان نتیجه گرفت با افزایش درصد استیلاسیون کاغذ، ضخامت افزایش می‌یابد و با افزایش ضخامت سفتی کاغذ نیز افزایش می‌یابد.

۴-۲- مقاومت به پارگی

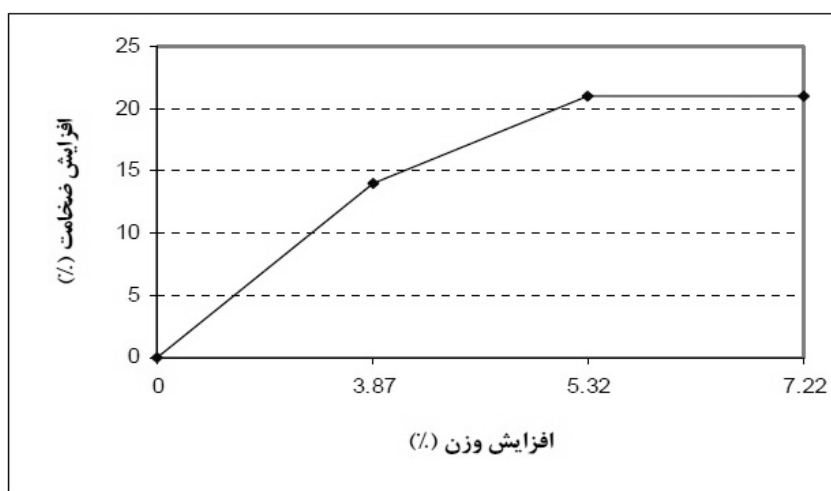
بررسی‌های محققان [۴] نشان داد که با افزایش درصد استیلاسیون، مقاومت به پارگی افت کمی پیدا خواهد کرد. مقاومت به پارگی رابطه مستقیم با طول ایاف دارد. در استیله کردن کاغذ میانگین طول ایاف کاهش می‌یابد که می‌تواند دلیل افت مقاومت به پارگی در کاغذهای استیله شده باشد [۴].

۴-۳- مقاومت به کشش

مقاومت کششی در کاغذهای استیله شده بیشتر از کاغذهای معمولی است. به طور کلی، بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش شدت استیلاسیون، مقاومت در برابر کشش افزایش و سپس کاهش می‌یابد (نمودار ۱) [۴ و ۱۴]. دلیل افت مقاومت کششی کاغذ و مقوای استیله شده در بالاترین شدت استیلاسیون را می‌توان کاهش درصد طول ایاف دانست ولی بالا رفتن نسبی این مقاومت در شدت‌های پایین‌تر به تشکیل احتمالی پیوندهای موقت عرضی ایجاد شده در طی واکنش بین بسپارهای لیگنین و همی‌سلولزها مربوط می‌باشد. این پیوندها با افزایش شدت تیمار از هم گسسته می‌شوند و افت نسبی در مقاومت بروز می‌کند [۴ و ۱۴].

1- Bulking

2- Stiffness



نمودار ۱- درصد افزایش ضخامت کاغذ بر اثر استیلاسیون [۴]

۴-۴- مقاومت به تا شدن

مقاومت به تا شدن نیز یکی از مقاومت‌های مهم برای کارتن‌های بسته‌بندی می‌باشد. مقاومت به تا شدن نیز متعلق به دسته ای از ویژگی‌های مقاومتی است که متأثر از طول الیاف می‌باشد [۲]. مقاومت به تا شدن با استیلاسیون ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. با افزایش استیله کردن، کاغذها شق‌تر و تردتر می‌شوند در نتیجه مقاومت به تا شدن آن‌ها کاهش می‌یابد [۴].

۵- تأثیر تیمار استیله کردن بر روی ویژگی‌های

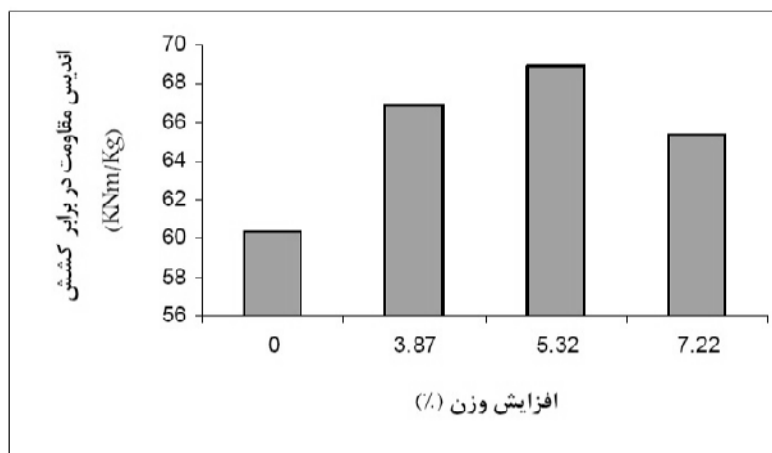
نوری کاغذ و مقوای بسته‌بندی

امروزه بهره‌گیری از خمیرهای مکانیکی و پر پازده مورد توجه قرار گرفته است. خمیرهای مکانیکی دارای لیگنین می‌باشند و با تابش نور، افت سفیدی یا پدیده زرد شدن در آن‌ها به وجود می‌آید. چندین عامل در زرد شدن خمیرهای پربازده و مکانیکی دخالت دارند. از بین آن‌ها می‌توان به اکسیژن، ساختارهای α -کربونیل^۱ و β -O-4 در لیگنین^۲، رادیکال‌های آزاد^۳، ساختارهای فنولی^۴ (مانند کتکول)،

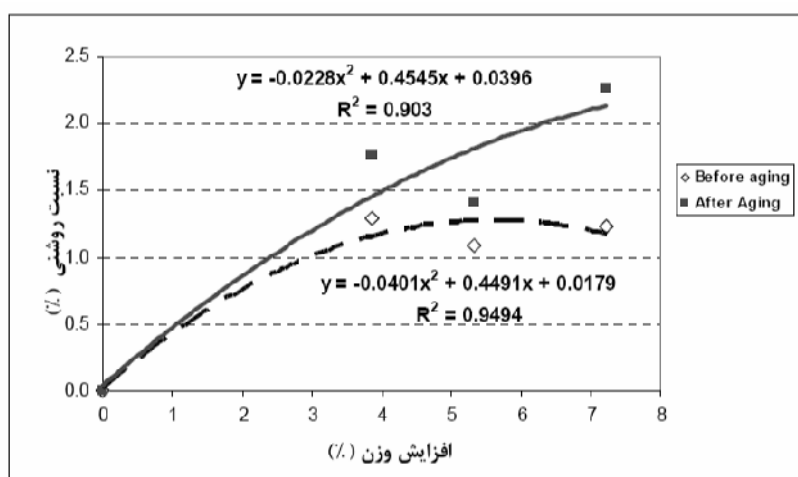
ارتو کینون‌ها^۵، پارکینون‌ها^۶، هیدروکینون‌ها^۷ و استیلین‌های^۸ ایجاد شده از فنیل کوماران^۹ اشاره [۸ و ۱۳]. در سلولز^{۱۰} نیز این پدیده بر اثر اکسایش^{۱۱} و تشکیل رادیکال‌هایی بر روی کربن‌های دارنده گروه‌های هیدروکسیل (عمدتاً کربن‌های ۲ و ۳) و بعضاً کربن ۵ روی می‌دهد. این پدیده با حذف هیدروژن گروه عاملی هیدروکسیل و تشکیل رادیکال همراه است که منجر به بی‌ثباتی سلولز و تشکیل گروه‌های کربونیل می‌گردد. با جایگزینی گروه‌های استیل که درشت‌تر و با ثبات‌تر از گروه‌های هیدروکسیل هستند، تشکیل رادیکال‌های مذکور با مشکل مواجه می‌شود و عملاً سلولز و یا حتی لیگنین از نظر شیمیایی به ثبات بهتری می‌رسند [۴، ۱۴ و ۳۰]. بررسی‌های صورت گرفته بر روی کاغذهای استیله شده، نشان داده است که ویژگی‌های نوری کاغذ و مقوای

- 4- Phenol
- 5- Ortho-Chinon
- 6- Parkinson
- 7- Hydroquinone
- 8- The acetylene
- 9- Phenyl Kumarnn
- 10- Cellulose
- 11- Oxidation

- 1- Carbonyl
- 2- Lignin
- 3- Free radical



نمودار ۲- تأثیر شدت استیلاسیون بر روی مقاومت در برابر کشش کاغذ [۴]



نمودار ۳- تأثیر شدت استیلاسیون بر روی روشنی کاغذ قبل و بعد از کهنگی [۴]

دلیل افزایش نسبی ماتی کاغذ نیز به افزایش میزان نرمه‌ها باز می‌گردد. بر اثر تیمار استیلاسیون نیاز به پالایش بیشتر می‌شود، لذا افزایش میزان پالایش سبب تخریب و شکستن بیش‌تر الیاف می‌شود. در نتیجه حضور نرمه‌های بیشتر، می‌تواند در افزایش ماتی اثر گزار باشد [۴ و ۱۳]. همچنین جایگزین گروه‌های استیل به جای گروه‌های هیدروکسیل موجب حجیم شدن الیاف خواهد شد. ماتی با حجیم شدن کاغ رابطه مستقیم دارد. در نتیجه حجیم شدن کاغذ به وسیله استیلاسیون باعث افزایش ماتی کاغذ خواهد شد.

بسته‌بندی بهبود می‌یابد [۴، ۱۳، ۱۴]. نمودار (۲) نشان می‌دهد که با افزایش شدت تیمار استیلاسیون، میزان روشنی کاغذ افزایش می‌یابد. همچنین با استیله کردن کاغذ میزان زردی کاغذ به شدت افت می‌کند. با افزایش شدت تیمار استیلاسیون، زردی کاغذ نیز بیش‌تر کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر استیلاسیون مانع از زرد شدن دوباره کاغذ در اثر کهنگی می‌شود (نمودار ۳).

اثر استیلاسیون برای ماتی کاغذ نیز مورد بررسی قرار داده شده است و با توجه به نتایج به دست آمده از بررسی‌های صورت گرفته با افزایش شدت تیمار میزان ماتی کاغذ قبل و پس از آزمون کهنگی روند افزایشی داشته است (جدول ۱).

جدول ۱- نتایج میانگین آزمون‌های انجام شده بر روی کاغذ استیله شده و تیمار نشده [۴]

شدت تیمار استیلاسیون (%)				آزمون
۷/۳۲	۵/۳۲	۳/۸۷	۰	
۶۵/۱۴۹	۱۹/۱۹۳	۷۶/۳۰۰	۳۵۷/۷۷	طول الیاف (μm)
۵۱/۸۰	۲۹/۹۴	۸۸/۷۸	۷۷/۷	جذب آب (%)
۲۵/۸۶	۲۵/۸۶	۲۵/۸۱	۷۱/۲۵	بالک (μm)
۱۴	۴۵/۱۴	۷۵/۱۳	۱۴/۹۵	زردی قبل از کهنه شدن (%)
۸۵/۱۵	۵/۱۶	۷۵/۱۵	۱۷/۵۵	زردی پس از کهنه شدن (%)
۲۵/۶۶	۲۵/۶۷	۸۵/۶۵	۶۵/۵	ماتی قبل از کهنه شدن (%)
۶۵/۶۷	۲۵/۶۸	۸/۶۶	۶۵/۵	ماتی پس از کهنه شدن (%)
۲۵/۷۴	۱۵/۷۴	۳/۷۴	۷۳/۳۵	روشنی قبل از کهنه شدن (%)
۳/۷۲	۷/۷۱	۹۵/۷۱	۷۰/۷	روشنی پس از کهنه شدن (%)
۱/۹	۱۴/۰ ± ۱/۹	۲۱/۰ ± ۸۵/۹	۹/۹	ناهمواری سطح (μm)
۱۴۱/۰ ± ۲/۷	۰۷/۰ ± ۸۵/۶	۰۷/۰ ± ۶۵/۶	۰۷/۰ ± ۸۵/۶	سفتی (kN/m)
۱۱۴/۰ ± ۵۶/۱۳	۹۶۲/۰ ± ۰۹/۱۷	۶۳۹/۰ ± ۲/۱۷	۸۱۷/۰ ± ۲۷/۱۹	مقاومت به پارگی ($\text{mN.m}^2/\text{g}$)
۴۴/۰ ± ۵۸/۵	۶۳/۰ ± ۹۰/۵	۳۷/۰ ± ۳۴/۷	۱۹/۰ ± ۵۸/۵	مقاومت به ترکیدن ($\text{KPa.m}^2/\text{g}$)
۶۵۷/۵ ± ۷۱	۸۹۹/۹ ± ۲۰۷	۵۹۸/۳۹ ± ۲۷۷	۸۲۸/۲ ± ۱۹۰	مقاومت به تا شدن
۱۴۱/۰ ± ۴/۶۵	۱۴۱/۰ ± ۹/۶۸	۰۷/۰ ± ۸۵/۶۶	۰۷/۰ ± ۳۵/۶۰	مقاومت به کشش (KNm/Kg)
۰۷/۰ ± ۶۵/۶	۰۷/۰ ± ۰۵/۷	۰ ± ۱/۶	۰ ± ۱/۶	طول پاره شدن (Km)

اثر استیله کردن بر ویژگی‌های نوری، فیزیکی و مکانیکی کاغذهای بسته بندی

دلیل دیگری که می‌توان برای کاهش مقاومت به پارگی به آن اشاره کرد کاهش پیوندهای هیدروژنی بین الیاف در اثر جایگزینی گروه‌های آب دوست هیدروکسیل با گروه‌های استیل است؛ اما در مورد مقاومت کششی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد. مقاومت به سفتی که یکی از مهم ترین شاخص‌ها برای مقوا و کارتن‌های بسته بندی است با استیلاسیون بهبود چشمگیری داشته است.

نتایج نشان داده است که با افزایش شدت استیلاسیون، جذب آب کاغذ بدون تغییر معنی داری باقی می‌ماند. دلیل این موضوع را می‌توان به تداخل بیشتر کاغذهای استیله شده نسبت به نمونه‌های تیمار نشده در نظر گرفت. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که استیلاسیون اثر مثبتی بر کهنگی کاغذ داشته است و مانع از کاهش ویژگی‌های نوری کاغذ خواهد شد.

۶- نتیجه گیری

بررسی‌های انجام شده مبنی بر استیله کردن کاغذ، نشان می‌دهد که استیله کردن باعث کاهش تغییر ابعاد خواهد شد. واکنشیدگی ضخامت در کاغذهای استیله شده نیز کاهش می‌یابد. همچنین مشاهده شده است که دلیل جایگزینی گروه‌های استیلی حجیم و روشن تر نسبت به گروه‌های هیدروکسیل، ویژگی‌های نوری مانند ماتی و درجه روشنی در کاغذهای استیله شده بهبود می‌یابد.

استیلاسیون کاغذ باعث همواری و صافی سطح کاغذ خواهد شد و در نتیجه خواص چاپ پذیری و جذب جوهر بهبود می‌یابد. نتایج محققان نشان می‌دهد که با افزایش شدت استیلاسیون، میزان طول الیاف کاهش می‌یابد و مقاومت به پارگی که رابطه مستقیمی با طول الیاف دارد، افت می‌کند؛

۷- منابع

۱. اسموک، گ. «فرهنگ تکنولوژی خمیر و کاغذ»، ترجمه میرشکرایی، تهران: رهام، ۱۳۷۵.
۲. جلالی ترشیز، ح. تعیین مناسب ترین ترکیب مواد افزودنی مقاومت خشک در سیستم بازیافت OCC، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۸۲ ص. ۱۳۸۵
۳. حسینی، ا. بررسی امکان تهیه خمیر کاغذ از کاه گندم به روش سولفیت خشی (NSSC) جهت تهیه کاغذ کنگره‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، چوب‌شناسی و صنایع چوب، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۸۳. ۱۰۰ ص.
۴. درخشنده، د. اثرهای استتله کردن خمیر کاغذ سفید شده سوزنی برگ بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی کاغذ، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۸۶. ۹۲ ص.
۵. درخشنده، د، محبی، ب. و فیض آبادی، م. «اثر استتلاسیون بر جذب آب و ثبات ابعادی کاغذ ساخته شده»، دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۲۲(۲). ۹۹-۱۰۸ ص. ۱۳۸۶.
۶. رفیع نژاد، ز. تأثیر خصوصیات کاغذ لاینر و فلوت بر ویژگی‌های ورق کارتن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۷ ص. ۱۳۸۴.
۷. شوستروم، ا. مبانی و کاربردهای شیمی چوب، ترجمه میرشکرایی، ا. تهران، آبیژ. ص ۲۵۷. ۱۳۷۱.
۸. عبدالحانی، ع. کاهش تغییر رنگ کاغذ لیگنین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران. ۱۳۸ ص. ۱۳۸۳.
۹. کارشناسی بسته‌بندی معاونت و نگه‌داری اداره لجستیک ستاد مشترک سپاه، علم بسته‌بندی کاغذی، انتشارات سپاه. ۱۷۴ صفحه. ۱۳۷۶.
۱۰. محبی، ب. اصلاح چوب و مواد لیگنوسلولزی و فناوری‌هایشان، اولین همایش ملی فرآوری مواد سلولزی، ۱۰-۹ مهر، پردیس ۳ دانشکده فنی دانشگاه تهران، رضوان شهر. ۱۳۸۲.
۱۱. محبی، ب. استتلاسیون چوب و مواد لیگنوسلولزی، دومین همایش دانشگاه و صنعت چوب خراسان، ۲۲-۲۵ اردیبهشت ماه، مشهد. ۱۳۸۳.
۱۲. نوری، ر. بررسی امکان استفاده از خمیر کرافت دو گونه سوزنی برگ دست کاشت کاج بروسیا و نوئل در جنگل‌های مازندران به جای خمیر الیاف بلند وارداتی در مجتمع صنایع چوب و کاغذ مازندران، پایان نامه کارشناسی ارشد چوب‌شناسی و صنایع چوب، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور. ۱۹۱ صفحه. ۱۳۸۷.
۱۳. ویسی، ر، میرشکرایی، ا. «بررسی رفتار نوری خمیر کاغذهای CMP استتله شده و استتله نشده ممرز بر اثر کهنه سازی نوری»، نشریه دانشکده منابع طبیعی، ۶۱ (۳). ۷۵۱-۷۶۱ ص. ۱۳۸۷.

14. Abdulkhani A., Mirshokraie, A., Latibari, A. J. & Enayati, A.A. "Photostabilization of bagasse chemimechanical pulp through acetylation in liquid phase", Iranian polymer Journal, 14(9). 831-841. 2005.

15. Caulfield, D. F. "Dimensional stability of paper" Papermaking methods and stabilization of cell walls; Suchsland, Otto, (Ed.), Wood science seminar 1; Michigan state university, 87-98. 1988.

16. Evans, P. D., Wallis, A. F. A. & Owen, N. L. "Weathering of chemically modified wood surfaces; Natural weathering of scots pine acetylated to different weight gains", Wood science and technology, 34(2). 151-165. 2000.

- from agro-based resources, Boca Raton. FL: CRC Lewis publisher. 83-134. 1997.
27. Rowell, R. M. "Property enhanced natural fiber composite materials based on chemical modification", Science and technology of polymers and advanced materials, 717-732. 1998.
28. Rowell, R. M., Simonson, R., Hess, S., Plackett, D.V., Cronshaw, D. & Dunningham, E. "Acetyl distribution in acetylated whole wood and reactivity of isolated wood cell- wall components to acetic anhydride", Wood and fiber science, 26(1).11- 18. 1994.
29. Sander, C., Beckers, E. P. J., Militz, H. & Van Veenendaal, W. "Analysis of acetylated wood by electron microscopy", Wood science and technology, 37. 39- 46. 2003.
30. Sundell, P., Meijer, M. d., and Militz, H. Preventing light induced degradation of wood by acetylation: A study on lignin and model compounds; Second wood coating conference, challenges and solution in the 21st century, 23-25th October, The Hague, The Netherlands. 2000.
31. Villalón, J., Robles, M. Bulking effect of acetylation compared to water adsorption, MSc thesis silviculture, wageningen university, The netherlands. 1-114. 2001.
17. Han J. S., Rowell J. S. "Chemical composition of fibers. Boca Raton, FL: CRC Lewis publisher, 83-134. 1997.
18. Homan, W., Tjeerdsma, B., Beckers, E., Jorissen, A. "Structural and other properties of modified wood", World conference on timber engineering, whistler resort, British columbia, Canada: 8 pp. 2000.
19. Isogai A. Chemical modification of cellulose. In: Hon, D.N.S. & Shiraishi, N.(Eds); Wood and cellulosic chemistry, second edition; Mercel Dekker: New York, 599-625. 2001.
20. Gomes, B. J., Westin, M., Torgilsson, R., Olesen, P.O. & Simonson, R. "Composites made from acetylated lignocellulosic fibers of different origin", Holz Roh-und Werkstoff. 57. 178-184. 1999.
21. Matsuda, H. Chemical modification of solid wood. In D.N.S. Hon (ed.) Chemical modification of lignocellulosic materials; Marcel dekker, Inc.; New York, Basel, Hong Kong: p. 159- 183. 1996.
22. Militz, H., Beckers, E.P.J. & Homan, W.J. "Modification of wood: research and practical potential". Int. Research group on wood preservation, document. No. IRG/ WP 97-40098. 1997.
23. Mohebbi, B. & Hadjassani, R. "Moisture repellent effect of the acetylation on poplar fibers", Journal of agricultural science & technology, 10. 157-163. 2007.
24. Nawshadul, H. M., AbdulKhalil, H.P.S. & Hill, C.A.S. "Chemical modification of wood flour and thermo mechanical pulp fiber with acetic anhydride", Journal of fibers and composites. Online: <http://www.usm.my/ti/E-JOURNAL/pdf-vol1-journal/Akhalil.pdf>
25. Rowell, R. M., & Keany F. M. "Fiberboards made from acetylated bagasse fiber", Wood and fiber science; 23(1). 15-22. 1991.
26. Rowell, R. M., Young R. A. and Rowell, J. K. Paper and composites

آدرس نویسنده

گرگان- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی
گرگان- دانشکده مهندسی چوب و کاغذ