

تأثیر استفاده از مواد افزاینده حجیمی بر ویژگی‌های فیزیکی و مقاومتی مقوای تهیه شده از ترکیب خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) و خمیر کاغذ بازیافتی (OCC)

سید عاطفه نصیری مری^{۱*}، احمدرضا سرائیان^۲، علی قاسمیان^۲ و قاسم اسدپور اتوئی^۳

- ۱- نویسنده مسئول، دانشجوی دکترای صنایع خمیر و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران، پست الکترونیک: Nasiri_atefe@yahoo.com
۲- دانشیار، گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
۳- دانشیار، گروه صنایع چوب و فراورده‌های سلولزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

ویژگی‌های مقاومتی مقوای تولید شده از خمیر کاغذهای بازیافتی دارای اهمیت فراوانی هستند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر افزودن مواد افزاینده حجیمی و نشاسته استیل به مقاومت‌های مقوای ساخته شده از ترکیب دو خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی و مقوای کهنه کنگره‌ای انجام شد. برای این منظور به این خمیر کاغذ دو ماده افزاینده حجیمی شامل تری پروپیلین گلیکول بوتیل اتر (Tripropylene glycol butyl ether) و دی پروپیلین گلیکول بوتیل اتر (Dipropylene glycol butyl ether) هر یک به‌طور مجزا و در سطح ۰/۹ درصد وزن خشک خمیر کاغذ افزوده شد، علاوه بر این هر یک از این مواد همراه با نشاسته استیل شده (در سطح ۴ درصد بر اساس وزن خشک خمیر کاغذ) به خمیر کاغذ مقوا افزوده شدند و مقاومت‌های مقوای تولید شده آزمایش گردید. نتایج آماری نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر مقوای تولید شده معنی‌دار بود. مقوای تیمار شده با مواد افزاینده حجیمی تری پروپیلین گلیکول بوتیل اتر و دی پروپیلین گلیکول بوتیل اتر، حجم ویژه و ضخامت بیشتری نسبت به نمونه شاهد داشتند، اما با افزودن مواد افزاینده حجیمی، مقاومت‌ها افت کرد. برای بهبود مقاومت‌ها از ترکیب نشاسته استیل شده با مواد افزاینده حجیمی استفاده شد. با افزودن نشاسته استیل به همراه مواد افزاینده حجیمی، بهبود مقاومت‌ها در نمونه‌ها مشاهده شد. همچنین مقوای تیمار شده با تری پروپیلین گلیکول بوتیل اتر به همراه نشاسته استیل شده دارای بیشترین مقاومت در برابر کشش، ترکیدن، پارگی، سفتی خمشی، مقاومت به لهیدگی در حالت حلقوی و لایه کنگره‌ای نمونه بود.

واژه‌های کلیدی: مواد افزاینده حجیمی، مقوای کنگره‌ای، خمیر کاغذ بازیافتی، خمیر NSSC.

مقدمه

مقوای کنگره‌ای، مقوای سبکی است که برای تهیه کارتن‌های دارای لایه میانی کنگره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. این لایه، سفتی مورد نیاز برای کارتن‌سازی را به آن می‌دهد. مهمترین خواص این نوع مقواها، سفتی خمشی و مقاومت در برابر خرد شدن مانند مقاومت به لهیدگی لایه کنگره‌ای (CMT)

و مقاومت به لهیدگی لایه حلقه‌ای (RCT) است (Afra, 2002; Roy et al., 2009). خمیرهای کاغذ نیمه شیمیایی به دلایلی مانند داشتن لیگنین، درصد بالای همی سلولز، ایجاد سفتی و مقاومت در برابر خرد شدن، گزینه مناسبی برای تولید لایه میانی کنگره‌ای هستند (Mirshokraee, 2008). سفتی مقوا با افزایش ضرایب الاستیسیته افزایش خواهد یافت (Swerin et al.,

حجمی باعث می‌شود که الیاف موجود در ساختار کاغذ، جدای از یکدیگر قرار بگیرند و فضای خالی بین الیاف اجازه نفوذ نشاسته را در ساختار کاغذ افزایش دهد. نشاسته سبب افزایش مقاومت‌های کاغذ می‌شود (Elyasi & Jalali, 2017). نشاسته اصلاح شده مانند نشاسته استیله دارای دو ویژگی گرانروی کم و مقاومت بالا در برابر سفت شدن می‌باشد، همچنین دمای ژل نشاسته استیله ۶۷ درجه و دمای پخت آن ۷۵ درجه سانتی‌گراد است. دمای ژل پایین باعث پخت نشاسته در مرحله خشک‌کن شده و عملکرد بهتری در افزایش مقاومت‌های مقوا دارد. بهترین مکان برای افزودن نشاسته در قسمت آبگیری از خمیرکاغذ می‌باشد تا فرایند پخت نشاسته در خشک‌کن کامل شود و سبب بهبود مقاومت‌ها گردد (Yoshida & Akita, 1995).

هدف از این تحقیق، کاهش مصرف مواد اولیه دست اول لیگنوسولوزی، جلوگیری از افت مقاومت و کیفیت مقوای تولیدی و استفاده از مواد بازیافتی در صنایع می‌باشد. تولید مقوای کنگره‌ای با استفاده از مخلوط خمیرکاغذ NSSC و OCC با اضافه کردن مواد افزایش دهنده حجمی و نشاسته استیله است تا ضمن بیشتر شدن حجم ویژه و ضخامت مقوای کنگره ای، مقاومت خمشی زیاد شود. به همین منظور، در این پروژه بهبود مقاومت‌های این نوع کاغذ با استفاده از مواد افزایش حجمی بر پایه گلاکول اتر (ترکیبات فرار) برای افزایش حجم ویژه و ضخامت کاغذ و استفاده از نشاسته استیله برای بهبود مقاومت مطرح شد.

مواد و روش‌ها

مواد

خمیرکاغذ سولفیت خنثی نیمه شیمیایی (NSSC)، خمیرکاغذ بازیافتی مقوای کنگره‌ای کهنه (OCC) و نشاسته استیله از چوب و کاغذ مازندران تهیه شد. تری پروپیلین گلیکول بوتیل اتر (TPnB) با وزن مولکولی ۲۴۸/۴ گرم بر مول و دی پروپیلین گلیکول بوتیل اتر (DPnB) با وزن مولکولی ۱۹۰/۳ گرم بر مول از شرکت Yidachem چین تهیه شد. ویژگی‌های نشاسته استیله در جدول ۱ آورده شده است.

(2014). زیرا سفتی مقوا تابعی از مدول الاستیسیته و توان سوم ضخامت است. ضخامت یکی از ویژگی‌های مهم فیزیکی کاغذ و مقوا می‌باشد. میزان پیوند بین الیاف و ضخامت نهایی کاغذ به عواملی از قبیل پالایش خمیرکاغذ، نوع الیاف، دمای خشک‌کن، فشار پرس و اتوزنی، درصد رطوبت و پرکننده بستگی دارد (Afra, 2002). برخی کارخانه‌های تولید کاغذ و مقوا، برای تولید کاغذی ضخیم همراه با سفتی مناسب، از مواد افزودنی پرکننده با دانسیته کم استفاده کرده تا کاغذ را حجیم‌تر و هزینه تولید را کاهش دهند. در راستای تولید محصولات مربوط به صنایع بسته‌بندی، انتخاب فرمولاسیون، نوع و محل افزودن ماده حجیم کننده بسیار حائز اهمیت می‌باشد، در این رابطه مواد بر پایه ترکیبات فرار به دلیل عدم تأثیرپذیری بر ویژگی‌های مقاومتی در اولویت هستند (Jogikalmath et al., 2015). استفاده از عوامل افزایش دهنده حجم ویژه روشی برای تولید مقوای کنگره‌ای حجیم‌تر می‌باشد. استفاده از تیمارهایی مانند عوامل افزایش حجمی سبب می‌شود تا الیاف موجود در ساختار کاغذ، با فاصله از یکدیگر قرار گرفته و فضای خالی بین الیاف ایجاد شود. یکی از انواع مواد افزایش دهنده حجمی، مواد بر پایه گلاکول اتر هستند که شاخه جانبی آلیفاتیک و یا آروماتیک دارند. این مواد مخلوط آزئوتروپ (مخلوطی است که با تقطیر ساده قابل جداسازی نباشد) با آب تشکیل می‌دهند که نقطه جوش یکسانی دارند (Joseph Mauk et al., 2001) و همزمان در مرحله خشک کردن کاغذ خارج می‌شوند، بنابراین بر مقاومت‌های پیوندی الیاف تأثیر کمتری دارند. این مواد همانند توده‌ای فضاگیر، الیاف را از کنار هم نگه داشته و موجب افزایش حجمی می‌شوند. این مواد افزایش دهنده حجمی فرار، در مراحل ابتدایی خشک کردن که الیاف سلولزی هیچگونه پیوندی با یکدیگر ندارند، الیاف سلولزی را جدا از یکدیگر نگه می‌دارند (Jogikalmath et al., 2015). در طی خشک کردن کاغذ، زمانی که دمای فرایند افزایش می‌یابد، از ساختار کاغذ تبخیر شده تا جایی که کمترین مقدار از مواد افزایش دهنده حجمی در ساختار نهایی کاغذ باقی می‌ماند، در نتیجه حجم ویژه کاغذ افزایش می‌یابد. استفاده از عوامل افزایش دهنده

جدول ۱- مشخصات نشاسته استیله

Table 1. Characterization of acetylated starch

درصد رطوبت	pH محلول	درجه استخلاف	درصد خاکستر
Moisture (%)	pH	degree of succession	Ash (%)
10	7.1	0.3	0.5

روش‌ها

آماده‌سازی مقوا کنگره‌ای

آماده‌سازی مقوا کنگره‌ای با گراماژ 5 ± 130 (گرم بر متر مربع)، با استفاده از ترکیب خمیر کاغذ نیمه شیمیایی سولفیت خنثی (NSSC) با نسبت ۸۰ درصد و خمیر کاغذ بازیافتی (OCC) با نسبت ۲۰ درصد با درجه روانی 20 ± 350 میلی لیتر انجام شد. ورقه مقوای دست‌ساز مطابق با آیین‌نامه T 205 sp-02 استاندارد TAPPI تهیه گردید.

افزودن مواد افزاینده حجیمی و نشاسته استیله

مواد افزاینده حجیمی شامل TPnB و DPnB هر یک به طور مجزا و در سطح ۰/۹ درصد وزن خشک خمیر کاغذ افزوده شد. علاوه بر این، در حالتی دیگر به خمیر کاغذ حاوی این مواد نشاسته استیله نیز اضافه شد. به این منظور نشاسته استیله شده خام (۴ درصد بر مبنای خمیر کاغذ) در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به سوسپانسیون اضافه گردید. مقوای تهیه شده از تیمارهای مختلف شامل خمیر اولیه بدون افزودن مواد حجیم کننده به‌عنوان شاهد و خمیر حاوی TPnB، DPnB، نشاسته استیله و TPnB، نشاسته استیله و DPnB در آون با دمای 2 ± 103 درجه سانتی‌گراد خشک شد.

آزمون‌ها

بررسی ویژگی‌های مقاومتی و فیزیکی مقوای تهیه شده طبق آیین‌نامه TAPPI و ISO انجام شد. ضخامت و حجم ویژه (بالک) بر اساس استاندارد تاپی T411 om-97، مقاومت به کشش بر اساس استاندارد T494 om-96، مقاومت به پاره شدن بر اساس استاندارد T414 om-98، مقاومت به ترکیدن بر اساس استاندارد T403 om-97، مقاومت به لهیدگی در

حالت حلقوی (RCT) بر اساس استاندارد ایزو ISO12192، مقاومت به لهیدگی لایه کنگره‌ای (CMT) مطابق استاندارد ISO12192 و سفتی خمشی کاغذ مطابق با استاندارد ISO2493-2 انجام شد. در این پژوهش، داده‌های مربوط به ۵ تیمار شاهد، مقوا با دو ماده افزاینده حجیمی DPnB و TPnB و مقوا با ترکیب نشاسته استیله و دو ماده افزاینده حجیمی DPnB و TPnB با استفاده از آزمون تجزیه واریانس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

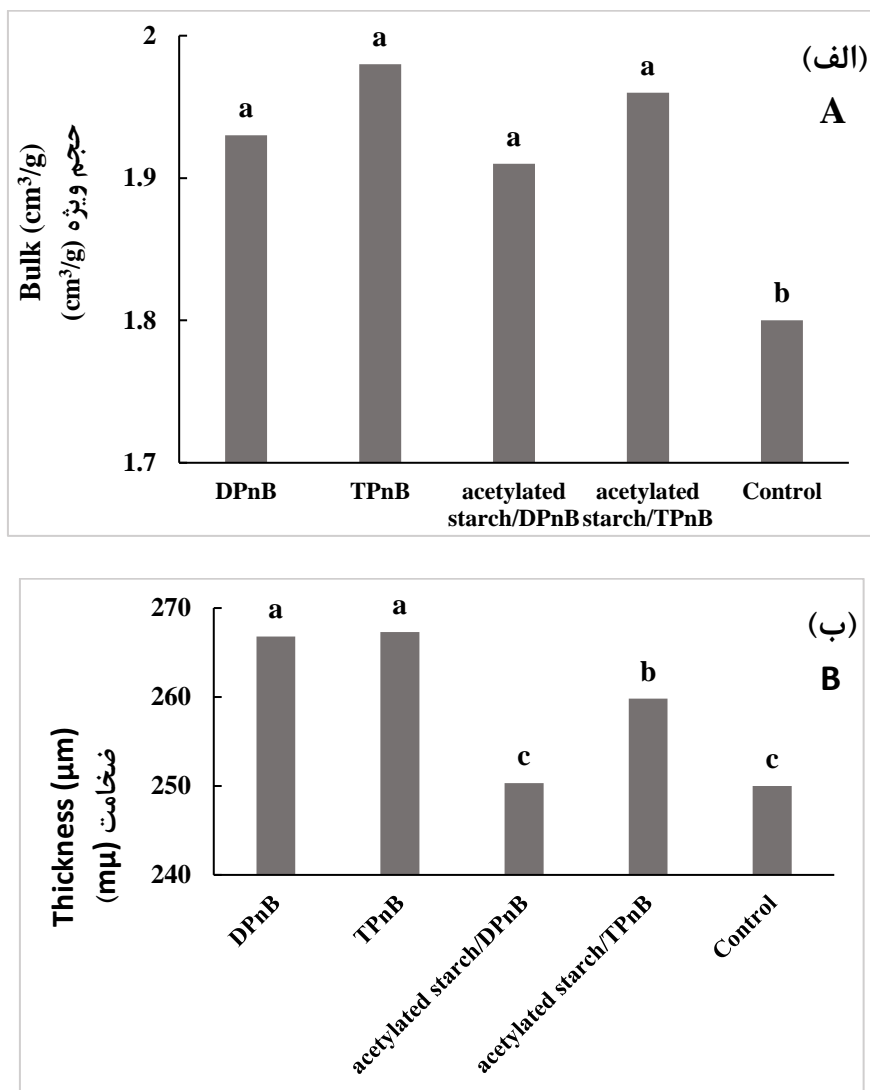
ضخامت و حجم ویژه (بالک)

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس نمونه‌ها برای دو آزمون حجم ویژه و ضخامت را در سطح ۰/۰۵ نشان می‌دهد. اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بین نمونه‌ها وجود دارد. ضخامت و حجم ویژه نمونه‌های شاهد و تیمار شده با دو ماده افزاینده حجیمی و نشاسته استیله به ترتیب در شکل ۱ (الف و ب) نشان داده شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضخامت نشان داد که نمونه‌های تیمار شده با دو ماده افزاینده حجیمی DPnB و TPnB دارای ضخامت بیشتری نسبت به نمونه‌های ترکیب شده با نشاسته استیله و شاهد هستند. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. همچنین بررسی میانگین داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که داده‌ها در ۳ گروه قرار دارند. همچنین نتایج حاصل از آزمون حجم ویژه روند مشابهی با ضخامت نشان داد. آزمون دانکن نشان داد که نمونه‌ها در ۲ گروه قرار دارند.

جدول ۲- تجزیه و تحلیل واریانس حجم ویژه و ضخامت نمونه‌ها

Table 2. Variance analysis of paper bulk and thickness in samples

حجم ویژه Bulk					
نوع تیمار Treatment	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین متوسط Mean Square	مقدار F F	سطح معنی داری Sig.
	0.136	4	0.034	6.072	0.010
ضخامت Thickness					
نوع تیمار Treatment	867.595	4	216.899	598.854	0.000



شکل ۱- نمودار مقایسه حجم ویژه (الف) و ضخامت (ب) حاصل از خمیر تیمار شده با مواد افزایش دهنده حجیمی و نشاسته استیلته

Figure 1. Comparison graph among of paper bulk (a) and thickness (b) in treated pulp with bulking agents and acetylated starch

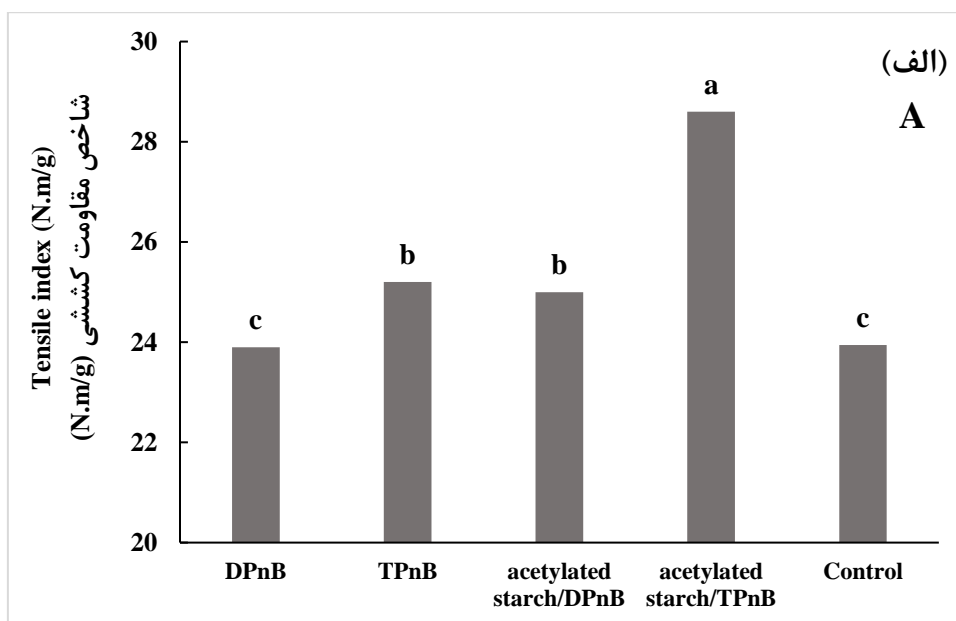
TPnB به همراه نشاسته استیلته مقاومت بیشتری نسبت به نمونه‌های دیگر نشان داد. جدول ۳ نتایج تجزیه واریانس را در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار بین نمونه‌ها نشان می‌دهد. همچنین بررسی داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که داده‌ها در ۳ گروه قرار دارند.

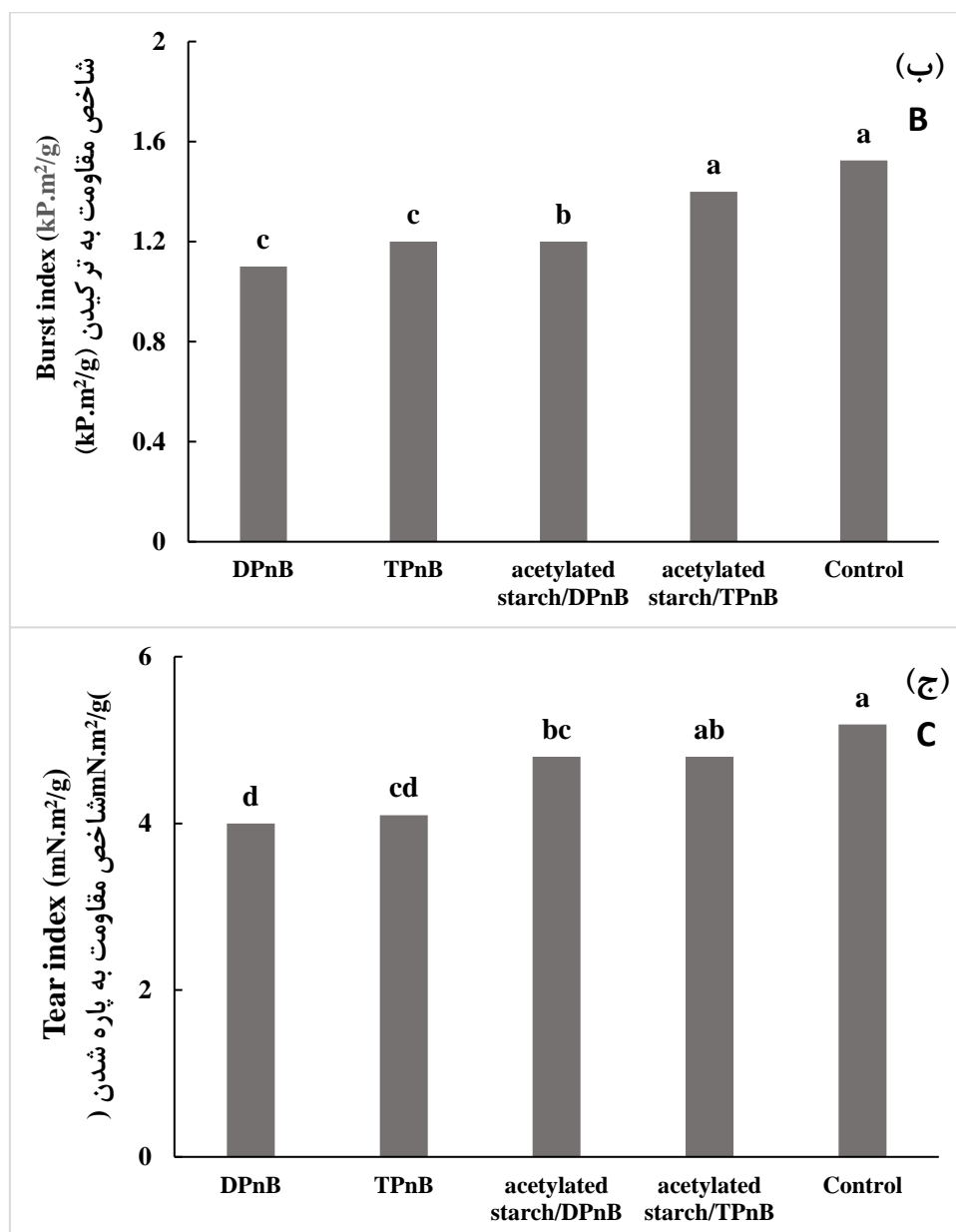
شاخص مقاومت به کشش، ترکیدن و پاره شدن در نمونه های مقوای تولید شده شاخص مقاومت به کشش نمونه‌های شاهد و تیمار شده با دو ماده افزاینده حجیمی و نشاسته استیلته در شکل ۳ (الف) نشان داده شده است. نمونه تیمار شده با ماده افزاینده حجیمی

جدول ۳- تجزیه و تحلیل واریانس مقاومت کششی، ترکیدن و پاره شدن نمونه‌ها

Table 3. Variance Analysis of paper tensile, burst and tearing strengths in samples

مقاومت کششی Tensile strength					
نوع تیمار Treatment	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین متوسط Mean Square	مقدار F F	سطح معنی‌داری Sig.
نوع تیمار Treatment	50.289	4	12.572	413.926	0.000
مقاومت به ترکیدن Burst strength					
نوع تیمار Treatment	2.717	4	0.108	25.656	0.000
مقاومت به پاره شدن Tear strength					
نوع تیمار Treatment	0.431	4	0.679	10.443	0.001





شکل ۲- نمودار مقایسه شاخص مقاومت به کشش (الف)، مقاومت به ترکیدن (ب) و پاره شدن (ج) حاصل از خمیر کاغذ تیمار شده با مواد افزاینده حجیمی و نشاسته استیله

Figure 2. Comparison graph among of paper tensile (a), burst (b) and tearing (c) in treated pulp with bulking agents and acetylated starch

داده‌ها در ۳ گروه قرار دارند. شاخص مقاومت به پاره شدن نمونه‌های شاهد و تیمار شده با دو ماده افزاینده حجیمی و نشاسته استیله در شکل ۳ (ج) نشان داده شده است. همانطور که در نمودار مشاهده می‌شود، نمونه‌های تیمار شده با ماده افزاینده حجیمی TPnB به همراه نشاسته استیله مقاومت

شاخص مقاومت به ترکیدن نمونه‌های شاهد و تیمار شده با دو ماده افزاینده حجیمی و نشاسته استیله در شکل ۳ (ب) نشان داده شده است. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. همچنین بررسی داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که

و تیمار شده در شکل ۳ آورده شده است. نتایج نشان داد که نمونه‌های تیمار شده با ماده افزاینده حجیمی TPnB به همراه نشاسته استیله مقاومت بیشتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. همچنین بررسی داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که داده‌ها در ۴ گروه قرار دارند.

بیشتری نسبت به سایر نمونه‌های تیمار شده با مواد افزاینده حجیمی دارند. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. همچنین بررسی داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که داده‌ها در ۴ گروه قرار دارند.

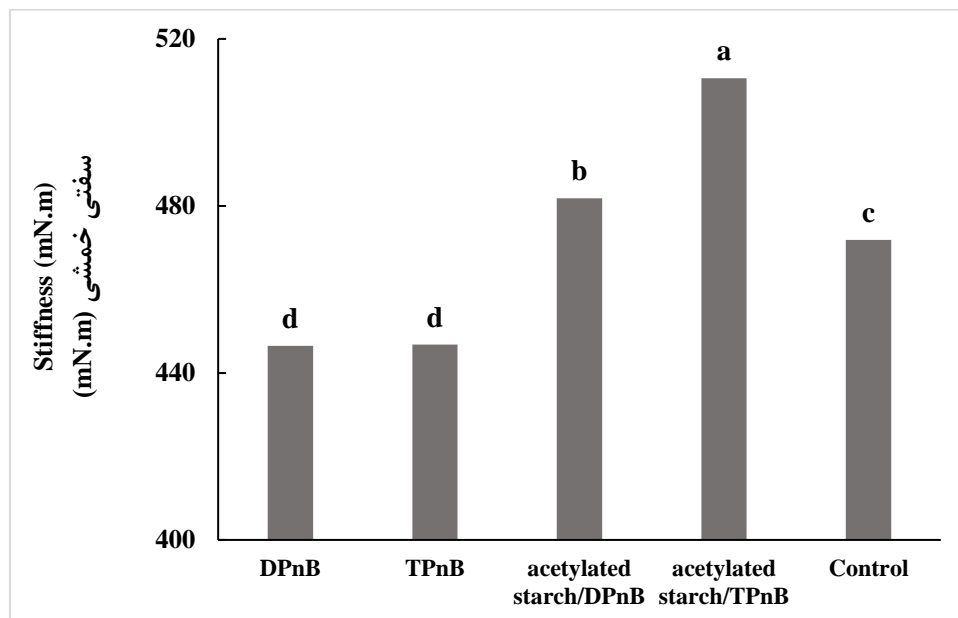
سفتی خمشی

نتایج مربوط به آزمون سفتی خمشی در نمونه‌های شاهد

جدول ۴- تجزیه و تحلیل واریانس سفتی خمشی

Table 4. Variance analysis of paper stiffness in samples

سفتی خمشی				
Stiffness				
سطح معنی‌داری	مقدار F	میانگین متوسط	درجه آزادی	مجموع مربعات
Sig.	F	Mean Square	df	Sum of Squares
0.000	5633.800	2205.362	4	8821.447
				نوع تیمار
				Treatment



شکل ۳- نمودار مقایسه مقاومت خمشی حاصل از خمیر تیمار شده با مواد افزاینده حجیمی و نشاسته استیله

Figure 3- Comparison graph among of paper stiffness in treated pulp with bulking agents and acetylated starch

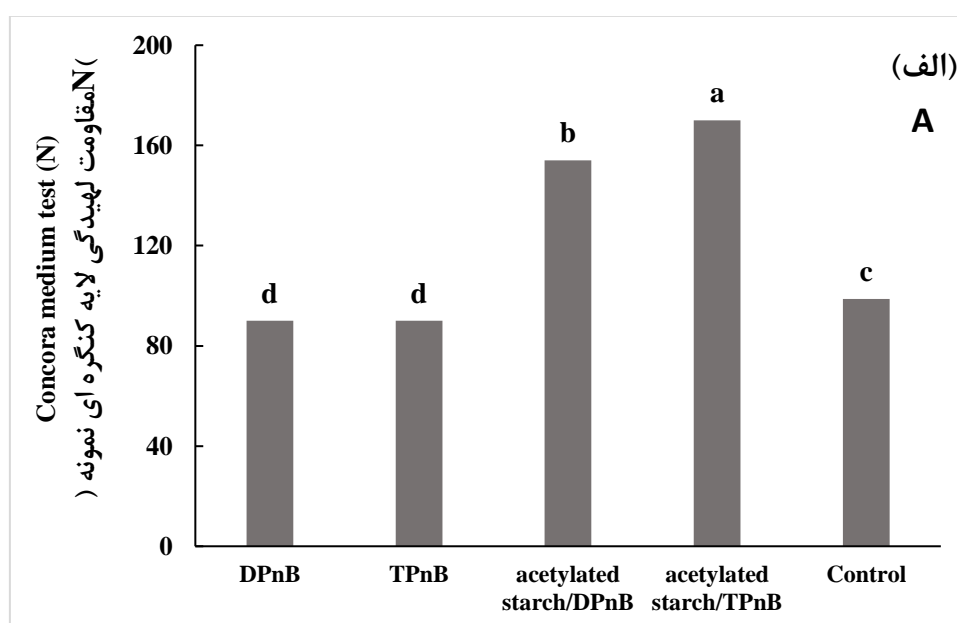
شده با ماده افزایش دهنده حجیمی TPnB به همراه نشاسته استیلده مقاومت بیشتری نشان داد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. همچنین بررسی داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که داده‌ها در ۴ گروه قرار دارند.

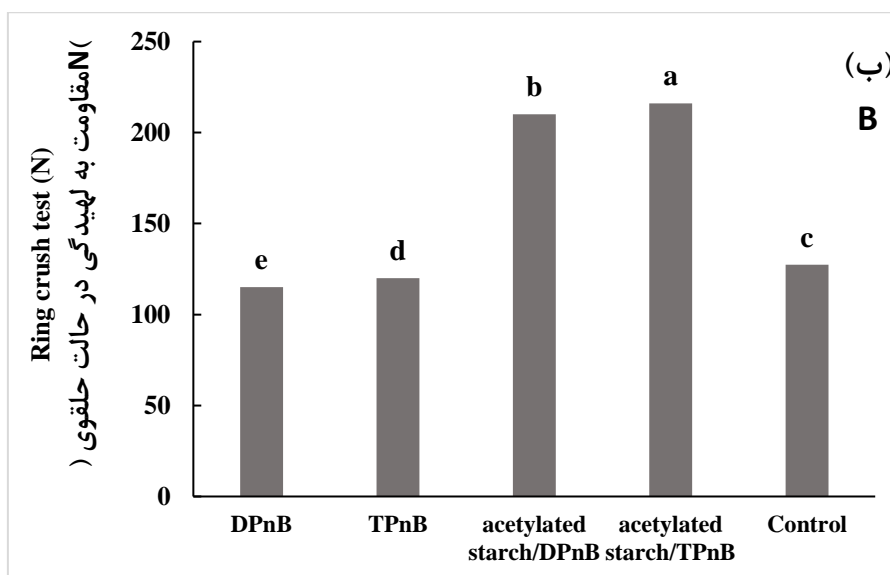
مقاومت به لهیدگی در حالت حلقوی (RCT) و مقاومت به لهیدگی لایه کنگره‌ای (CMT) نتایج مربوط به آزمون مقاومت به لهیدگی در حالت حلقوی در نمونه‌های شاهد و تیمار شده در شکل ۴ (الف) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نمونه تیمار

جدول ۵- تجزیه و تحلیل واریانس مقاومت به لهیدگی در حالت حلقوی و لایه کنگره‌ای نمونه

Table 5. Variance analysis of paper RCT and CMT strengths in samples

مقاومت به لهیدگی در حالت حلقوی (RCT)					
Ring Crush Test					
	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین متوسط	مقدار F	سطح معنی‌داری
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
نوع تیمار Treatment	17743.674	4	4435.1997	5207.383	0.010
مقاومت به لهیدگی لایه کنگره‌ای نمونه (CMT)					
Concora Medium Test					
نوع تیمار Treatment	31025.099	4	7756.275	12109.719	0.000





شکل ۴- نمودار مقایسه مقاومت به لهیدگی لایه کنگره‌ای (الف) و مقاومت به لهیدگی در حالت حلقوی (ب) حاصل از خمیر تیمار شده با مواد افزایش‌دهنده حجیمی و نشاسته استیله

Figure 4. Comparison graph of paper CMT (a) and RCT (b) in treated pulp with bulking agents and acetylated starch

نتایج مربوط به آزمون مقاومت به لهیدگی لایه کنگره‌ای مقوا در نمونه‌های شاهد و تیمار شده در شکل ۴ (ب) آورده شده است. نمونه تیمار شده با ماده افزایش‌دهنده حجیمی TPnB و نشاسته استیله مقاومت بیشتری نشان داد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در سطح $0/05$ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. همچنین بررسی داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که داده‌ها در ۴ گروه قرار دارند.

نتایج مربوط به آزمون مقاومت به لهیدگی لایه کنگره‌ای مقوا در نمونه‌های شاهد و تیمار شده در شکل ۴ (ب) آورده شده است. نمونه تیمار شده با ماده افزایش‌دهنده حجیمی TPnB و نشاسته استیله مقاومت بیشتری نشان داد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که در سطح $0/05$ اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها وجود دارد. همچنین بررسی داده‌ها با آزمون دانکن نشان داد که داده‌ها در ۴ گروه قرار دارند.

بخش

با توجه به رشد چشمگیر استفاده از کاغذ در تمامی جنبه‌های زندگی از جمله بسته‌بندی مواد، تقاضا برای تولید کاغذ حجیم و سبک رو به افزایش است. در فرایند تولید کاغذهای حجیم، حجم منافذ با افزودن ترکیباتی که سطح الیاف را پوشش می‌دهد افزایش یافته و از تشکیل پیوند هیدروژنی بین الیاف جلوگیری می‌شود. این مواد بر ویژگی‌هایی از قبیل ماتی، نرمی، بافت و چاپ‌پذیری کاغذ تأثیر مثبتی دارند. همان‌طور که در نمودار حجم ویژه مشاهده شد، نمونه‌های تیمار شده با مواد افزایش‌دهنده حجیمی، حجم ویژه بیشتری نسبت به نمونه شاهد نشان داده و نمونه تیمار شده با ماده TPnB در سطح $0/9$ درصد وزن خشک

خمیر بالاترین حجم ویژه را نشان داد. مواد افزایش‌دهنده حجیمی دارای اندازه ذرات بیشتر، تأثیر بیشتری در افزایش حجم ویژه دارد (Lee et al., 2014). ماده TPnB دارای وزن مولکولی بیشتر می‌باشد که می‌توان عملکرد بهتر در ایجاد حجم ویژه بیشتر نسبت به ماده افزایش‌دهنده حجیمی DPnB را به این موضوع نسبت داد. افزایش حجم ویژه در کاغذ و مقوا سبب افزایش ضخامت در آن می‌شود. نمودار مربوط به ضخامت نمونه‌های مقوای تهیه شده روند مشابهی نسبت به نمودار حجم ویژه نشان داد.

مواد افزایش‌دهنده حجیمی مانع اتصال الیاف شده، در نتیجه سبب کاهش مقاومت مقوای تولید شده خواهد شد. برخی پژوهشگران گزارش کردند موادی که حجم ویژه و ضخامت کاغذ را افزایش می‌دهند، سبب کاهش پیوند الیاف و در نتیجه مقاومت کاغذ می‌شوند (Park et al., 2015). در نتیجه از نشاسته استیله برای جلوگیری از کاهش مقاومت شدید در مقوا استفاده شد. همچنین نشاسته استیله دارای دمای ژلاتینی کمتر از نشاسته معمولی می‌باشد که سبب ایجاد پیوند بین الیاف در مرحله خشک‌کن خواهد شد. مصرف مواد افزایش‌دهنده حجیمی سبب ایجاد فضا بین الیاف شده، در نتیجه مقدار بیشتر نشاسته استیله به داخل الیاف نفوذ کرده و سبب افزایش و بهبود

- Elyasi, SH. and Jalali, H., 2017. Effect of anionic starch solution concentration on paper surface calibration on physical and resistance properties of recycled paper. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 7(3):487-497.
- Jogikalmath, G., Soane, D. and Schneider, A., 2015. Bulk and stiffness enhancement in papermaking. *Nano paper*, L1C. US Patent, 8926796 B2.
- Joseph Mauk, S. and Vanness, H.C., 2001. *Thermodynamics introduction to chemical engineering*. McGraw-Hill, New York, ISBN:07-240296-2.
- Lee, J., Lee, E. K., Seo, D. J., Lim, G. B. Kim, S. Y., Park, J. H. and Kim, E. H., 2014. Fundamental study on developing wood powder as an additive of paperboard. *TAPPI journal*, 13(11):17-22.
- Mirshokraee, A., 2008. *Pulp and paper production technology*. Aeezh publication, Tehran, 501 p.
- Park, J. H., Lee, J. Y. Kim, C. H. and Kim, E. H., 2015. Effects of lignocellulosic bulking agents made from agricultural byproducts on physical properties and drying consumption of duplex board. *BioResources*, 10(4): 7889-7897.
- Rahmani, S. F. and Talaripoor, M., 2011. Study on production of fluting paper from wheat straw soda-AQ pulp and OCC pulp blends. *Iranian journal of wood and paper science research*, 26(2):387-397.
- Rezayati, P., Kalantari, S. and Azizi, A., 2020. Influence of using native through modification with α -amylase enzyme for surface paper sizing as an alternative to oxidized starch. *Iranian journal of wood and paper industries*, 11(3): 433-443.
- Roy, D., Semsarilar, M., Guthrie, J. T. and Perrier, S., 2009. Cellulose modification by polymer grafting. *Preview of Chemical Society Review*, 38(7):1825-2148.
- Swerin, A., Song, J.C., Bednarik, L., Lee, P.F., Herman, M.C. and Yang, S., 2014. Paper with Improved Stiffness and Bulk and Method for Making same, *Justia patent*, 0335333.
- Tudarvari, Z., Farsi, M. and Asadpur, GH., 2016. Effect of fiber length variation of different OCC pulp recycled papers on strength properties of fluting paper. *Journal of wood and forest science and technology*, 23(4): 255-267.
- Tahmasbi, F., Ghassemian, A., Mahdavi, S. and Saraeyan, A., 2015. NSSC pulping of grain sorghum stalk to produce fluting paper. *Iranian journal of wood and paper science research*, 23(3): 91-108.
- Yoshida, S. and Akita, T., 1995. Method of making paper. *European Patent*, EP0415385B1.
- مقاومت شده است (Rezayati *et al.*, 2020). نمونه تیمار شده با ماده افزایش دهنده حجیمی TPnB به همراه نشاسته استیلته مقاومت به کشش، ترکیدن و پارگی بیشتری نسبت به نمونه های دیگر نشان داد. شاخص کشش به طول الیاف و میزان پیوند بین الیاف بستگی دارد (Tudarvari *et al.*, 2016).
- سفتی خمشی مقوا تابعی از توان سوم ضخامت است و با افزایش ضخامت کاغذ، مقاومت به لهیدگی مقوا بهبود می یابد (Jogikalmath *et al.*, 2015). نتایج حاصل از ضخامت نیز در سازگاری با این استدلال است. مقاومت به لهیدگی در حالت حلقوی نقش مهمی در قابلیت های کارتن کنگره ای دارد. این ویژگی با ضخامت کاغذ و مقاومت اتصال داخلی در ارتباط است (Tahmasbi *et al.*, 2015). همان طور که در شکل ۴ مشاهده شد نمونه تیمار شده با ماده افزایش دهنده حجیمی TPnB به همراه نشاسته استیلته مقاومت بیشتری نشان داد. همچنین نمونه تیمار شده با ماده افزایش دهنده حجیمی TPnB به همراه نشاسته استیلته مقاومت به لهیدگی لایه کنگره ای بیشتری نسبت به دیگر نمونه ها داشت. این مقاومت با سطح نسبی اتصالات داخلی مقوا رابطه مستقیم دارد. میزان سفتی یک شاخص مهم در بررسی مقوای کنگره ای قبل از اتصال به لاینرها می باشد (Rahmani *et al.*, 2011).
- در این تحقیق با استفاده از مواد افزایش دهنده حجیمی بر پایه گلایکول اتر مقوای حجیم تولید شد. همچنین برای جلوگیری از افت مقاومت ها پس از افزودن مواد افزایش دهنده حجیمی، از نشاسته استیلته استفاده شد. استفاده از مواد افزایش دهنده حجیمی سبب افزایش حجیمی (بالک) در تمامی نمونه ها نسبت به نمونه شاهد شد. همچنین مقوای تیمار شده با تری پروپیلین گلیکول بوتیل اتر دارای بیشترین مقاومت در برابر کشش، ترکیدن، پارگی، سفتی خمشی و همچنین مقاومت های لهیدگی لایه کنگره ای و حالت حلقوی بود.

منابع مورد استفاده

- Afra, A., 2002. *Properties of paper: An introduction*. Aeezh publication, Tehran, 392 p.

The effect of using bulking agents on the physical and strength properties of the medium corrugated board made using NSSC and OCC

S.A. Nasiri Mary^{1*}, A.R. Saraeian², A. Ghasemian² and GH. Asadpour Atoi³

1- Corresponding Author, PhD student, Pulp and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, Email: Nasiri_atefe@yahoo.com

2- Associate Professor, Department of Wood and Paper Industries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

3- Associate Professor, Department of Wood Industries and Cellulose Products, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

Received: Jan., 2022

Accepted: May, 2022

Abstract

The strength properties of medium corrugated board which is made using recycled pulp are always important. The aim of this study was to investigate the effect of bulking agent's addition and acetylated starch on the strength properties of corrugated board from neutral sulfite semi-chemical and old corrugated container pulp. For this purpose, the pulp was treated with two materials separately including tri (propylene glycol) butyl ether and di (propylene glycol) butyl ether bulking agents in the 0.9% dry weight of the pulp level. In addition, each of these bulking agents was added with acetylated starch (at the level of 4% of dry weight of the pulp) to the pulp suspension. The strengths properties of corrugated board were measured. The results showed that the corrugated board treated by tri (propylene glycol) butyl ether and di (propylene glycol) butyl ether bulking agents had the highest bulk and thickness in comparison to other samples. Also, the strength properties of samples decreased by adding bulking agents. Acetylated starch was used to improve the strengths of samples. Addition of acetylated starch with bulking agents improved the strengths of samples. Corrugated board with tri (propylene glycol) butyl ether and acetylated starch showed highest tensile, burst, tear strengths, stiffness, CMT and RCT. Results showed that the effect of different treatments is statistically significant in all trials.

Keywords: Bulking agents, corrugated container, recycle paper, NSSC pulp.