# اثر تیمارسطحی نشاسته و لیگنوسلولزنانوفیبریله در مقاومت به خمش مقوای لاینر بازیافتی

**غزل حسن‌پور[۱]، امیر خسروانی*[۲]، مهدی تجویدی[۳]**
۱-دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران.
۲- نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، مازندران، ایران.
۳- دانشیار موسسه محصولات زیستی جنگل، دانشگاه مین، ایالات متحده آمریکا.
مسئول مکاتبات: khosravani@modares.ac.ir

**چکیده**
تیمار سطحی کاغذ و مقوا سابقه طولانی دارد. از طرفی با گسترش بهره‌گیری از نانو مواد و استفاده از مواد اولیه تجدیدپذیر زیستی جهت تولید و استفاده از محصولات با ارزش افزوده بالا، روند استفاده از نانوالیاف لیگنوسلولزی تولیدشده از کاغذهای بازیافتی کنگره‌ای رو به رشد می‌باشد. لذا این تحقیق به بررسی اثر استفاده از نانوالیاف لیگنوسلولزی به همراه نشاسته در سطح مقوای لاینر بازیافتی بر بهبود مقاومت به خمش کاغذ تست لاینر پرداخته است. به همین منظور، مقادیر مختلف نشاسته (۱-۸ درصد) و همچنین در اختلاط با نانوالیاف لیگنوسلولزی بر روی سطح مقوای لاینر بازیافتی صنعتی فاقد هرگونه افزودنی اعمال شد. یکی از متغیرهای مهم و محدودکننده، گرانروی اختلاط ماده لیگنوسلولزی با نشاسته بود. هر چند، نتایج نشان داد که با تغییر مقادیر مختلف نشاسته و نانوالیاف لیگنوسلولزی، مقاومت به خمش کاغذ نسبت به نمونه شاهد قابل افزایش می‌باشد.
**واژه‌های کلیدی:** تیمارسطحی، نانوالیاف لیگنوسلولزی، مقاومت به خمش، مقوای بازیافتی، نشاسته.

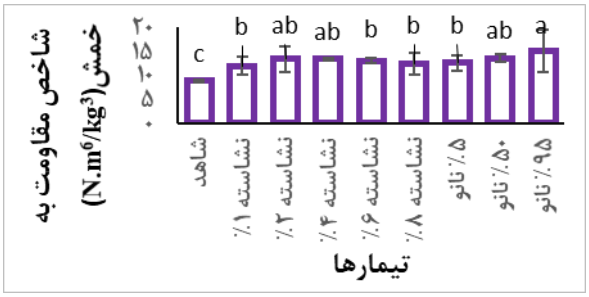
## مقدمه
اخیراً برای بالا بردن ارزش افزوده موادی مانند نانوسلولزها به جای تولید سوخت‌های زیستی و غیره تحقیقات توجه زیادی به استفاده از زیست توده لیگنوسلولزی شده‌است [۱ و ۲]. به منظور بهبود اثربخشی هزینه تولید، الیاف حاوی لیگنین برای تولید نانوالیاف لیگنوسلولزی (لیگنوسلولز نانوفیبریله) با مزایای بازده بالا، هزینه تولید پایین و اثرات زیست محیطی کم استفاده شده است [۳]. از طرفی با توجه به مشکل عمده نشاسته‌های پلاستی سایزشده بصورت لایه منعطف، نفوذپذیری آنها در برابر بخار آب/ اکسیژن زیاد و مقاومت آن کم می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیقات Yang و همکاران (۲۰۱۴) بر خواص مکانیکی شامل شاخص مقاومت به کشش، مقاومت به پارگی، مقاومت به خم شدن و ترکیدگی با آهاردهی سطحی کاغذ، توسط نشاسته کاتیونی و نانوکریستال‌های سلولزی افزایش پیدا می‌کند [۴]. لذا در این تحقیق اثر استفاده از تیمارسطحی نشاسته کاتیونی و نانوالیاف لیگنوسلولزی بر مقاومت به خمش کاغذ تست لاینر مورد ارزیابی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها
برای انجام تیمار سطحی مقوا و آماده‌سازی و اختلاط نشاسته با نانوالیاف لیگنوسلولزی، سوسپانسیون با غلظت ۴٪ (درصد وزنی مواد جامد نسبت به آب)، تهیه شد که مواد جامد آن شامل نشاسته و نانوالیاف با درصد وزنی ۹۵٪، ۵۰٪، ۵٪ بوده است. سپس توسط کاردک سیلیکونی روی کاغذ پخش و یکدست شد و تحت فشار ثابت بین دو سطح فلزی یک‌بار رول کاغذسازی با وزن ۱۰ کیلوگرم روی مقوا

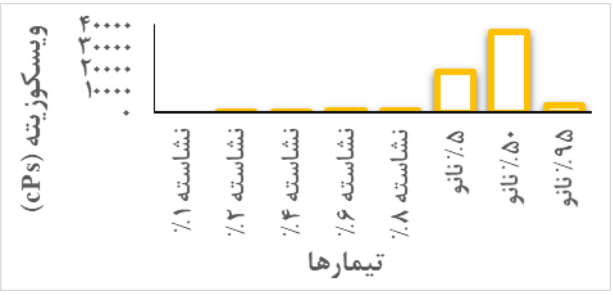
اعمال گردید. سپس مقوای مزبور به منظور خشک شدن در داخل رینگ و پلیت مخصوص خشک کردن مقوا به مدت ۲۴ ساعت با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و تثبیت شد. به منظور ارزیابی اثر تیمار، پس از خشک شدن کاغذهای تیمارشده، مقاومت به خمش کاغذ بر اساس دستورالعمل SCAN-P 29:95 ارزیابی گردید.

## نتایج و بحث

با توجه به شکل ۱ با افزایش میزان نانوالیاف لیگنوسلولزی در تیمار سطحی، مقاومت به خمش افزایش ۲/۵ برابری را داشته است و همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار ماده جامد نشاسته و با افزودن نانوالیاف لیگنوسلولزی روند افزایشی داشته است که با یافته‌های حسن پور و همکاران (۱۴۰۱) مطابقت داشته است [۵]. اما در تیمار ۹۵٪ به دلیل کاهش مقدار نشاسته و افزایش مقدار آب و الیاف، ویسکوزیته نسبت به دیگر تیمارهای نشاسته و نانوالیاف کاهش یافت.




**شکل ۱. تاثیر تیمار سطحی مواد افزودنی بر شاخص مقاومت به خمش**




**شکل ۲. ویسکوزیته تیمارها**

## نتیجه‌گیری

در مجموع می‌توان اثر تیمار سطحی مقادیر مختلف نشاسته و نانوالیاف لیگنوسلولزی بر مقاومت به خمش مقوای لاینر را موثر دانست، هرچند تحقیقات بیشتر و تنظیم شرایط کاربرد لازم خواهد بود. در این زمینه، استفاده از نانومواد لیگنوسلولزی به عنوان یک عامل کمک کننده می‌تواند مطرح گردد. هرچند افزایش گرانروی مخلوط نشاسته و لیگنوسلولز نانوفیبریله را به لحاظ کاربردی باید مورد توجه قرار داد.

## مراجع

[1] Li, C., Boban, M., Snyder, SA., Kobaku, SPR., Kwon, G., Mehta, G. and Tuteja, A., 2016. Paper-based surfaces with extreme wettabilities for novel. open-channel microfluidic devices. Adv Fun Mater, 26(33): 6121–6131.

[2] Wu, QL., Mei, CT., Han, JQ., Yue, YY., Xu, XW., 2018. Preparation technology and industrialization status of nanocellulose. J For Eng, 3(1): 1–9.

[3] Nair, S., Yan, N., 2015. Effect of high residual lignin on the thermal stability of nanofibrils and its enhanced mechanical performance in aqueous environments. Cellulose, 22(5): 3137–3150.

[4] Yang, Sh., Shujie, Tang, Y., Wang, J., Kong, F. and Zhang, J., 2014. Surface Treatment of Cellulosic Paper with Starch-Based Composites Reinforced with Nanocrystalline Cellulose. Industrial & Engineering Chemistry Research, 53(36): 13980–13988.

[5] G. Hasanpour, A. Khosravani, M. Tajvidi., 2022. Enhancement of recycled board strength by surface treatment and additives on size-press. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 13(1):1-12. (In Persian).