مروری بر انواع روش های ساخت نانو سلولز در آزمایشگاه

مرضیه خدادادی آرا*[۱]، پژمان رضایتی چرانی[۲]
۱- دانشجو کارشناسی ارشد صنایع سلولزی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان دانشکده منابع طبیعی
۲- عضو هیات علمی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، دانشکده منابع طبیعی
مسئول مکاتبات: m.khodadadiara@gmail.com

چکیده
در زندگی امروزه استفاده از مواد تجدیدپذیر جایگزین مواد غیر قابل تجدید شده است. از این رو مواد لیگنوسلولزی که به راحتی توانایی استفاده چند باره را دارند در بین مواد دیگر محبوبیت بیشتری پیدا کرده‌اند. از طرف دیگر با پیشرفت تکنولوژی استفاده از نانوالیاف سلولزی تنوع بیشتری نسبت به میکروالیاف سلولزی پیدا کرده است. ساخت فیلم‌های نازک از نانوالیاف به راحتی ساخت کاغذ از میکروالیاف سلولزی نیست و احتیاج به توری با مش بالا برای ممانعت از عبور ذرات نانوالیاف است. البته روش‌های جایگزین نیز موجود بوده که بسته به کاربرد نهایی انتخاب و مورد مصرف قرار می‌گیرند. با توجه به چالش‌های تهیه فیلم نانوالیاف سلولز در روش‌های مختلف، در این مطالعه انواع روش‌های ساخت فیلم نانوالیاف همراه مزایا و معایب آنها مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: نانوالیاف سلولز، ساخت فیلم، روش‌ها

مقدمه

امروزه توسعه مواد از منابع پایدار و دوست‌دار محیط زیست به صورت چشمگیری در حال افزایش است. مواد و نانومواد لیگنوسلولزی به طور خاص اخیراً به دلیل پتانسیل زیاد خود برای جایگزینی مواد ایجاد شده از منابع ناپایدار توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند. ابتدایی‌ترین نانو مواد طبیعی زیست تخریب‌پذیر مثل نانوالیاف سلولز (CNF) در سال ۱۹۸۰ میلادی معرفی شدند [۱]. CNF ها معمولاً با استفاده از فیبریله کردن مکانیکی با شدت بالا از الیاف لیگنوسلولزی درشت و معمولاً در ترکیب با پیش‌تیمار شیمیایی یا آنزیمی جدا می‌شوند [۲ و ۳]. این نانومواد به‌طور یکنواخت در سوسپانسیون آبی در غلظت‌های مختلف به‌صورت ژل‌های پایدار تهیه می‌شوند [۴]. نوع دیگر از انواع نانومواد سلولزی، نانوفیلم‌های سلولزی از جمله فیلم‌های نانوسلولز باکتری هستند که توانایی کنترل چگالی و گراماژ کل فیلم را در حین تولید دارند و در نهایت بصورت یک فیلم یکدست آماده مصرف خواهند شد [۵]. از نوع دیگر نانومواد طبیعی زیست تخریب‌پذیر می‌توان به نانوفیبر کتین (کیتوسان) اشاره کرد. این نوع نانومواد معمولا از منابع دارای پروتین کتین بدست آمده و مورد مصرف قرار می‌گیرند. یکی از روش‌های بکارگیری نانومواد سلولزی، تبدیل آنها به صورت نانوفیلم است که بعضا از آنها به‌عنوان نانوکاغذ نیز یاد می‌شود. بر حسب اینکه ساخت فیلم از این نانومواد همواره با چالش‌هایی همراه بوده است و گزارش‌هایی مبنی بر روش‌های ابتکاری ساخت نانوفیلم سلولزی گزارش شده است در تحقیق حاضر به بررسی چالش‌های مختلف هنگام ساخت فیلم از نانوالیاف سلولزی پرداخته می‌شود [۶].

مواد و روش‌ها

خلاصه روش‌های مختلف ساخت فیلم نانوالیاف سلولز در شش دسته معرفی می‌شود: ۱. صاف کردن سپس خشک کردن در خشک کن داغ تحت فشار، ۲. صاف کردن سپس خشک کردن در هوای آزاد، ۳. صاف کردن، انجماد و خشک کردن در خشک‌کن داغ تحت فشار، ۴. صاف کردن سپس انجماد سریع، ۵. ریخته‌گری[۷]؛ و ۶ . اسپری نانو [۸]

نتایج و بحث

برای ساخت یک فیلم مناسب در مرحله نخست ضرورت دارد نانوالیاف سلولز مورد نظر به‌طور کامل در آب باز شده و اصطلاحا یک سوسپانسیون همگن تهیه شود. برای این منظور از دستگاه‌های همگن‌ساز مقیاس نانو مثل میکروفلوسیال کننده می‌توان استفاده کرد. در ایران متاسفانه این دستگاه‌ها همه جا موجود نیست، پس لازم است به دنبال روش‌های جایگزین بود. از جمله این روش‌ها استفاده از همزن مکانیکی با سرعت بیش از ۵۰۰۰ دور در دقیقه است. البته در این مورد، بافت اصلی نانوالیاف ممکن است تحت آسیب قرار گیرد. روش دیگر تهیه سوسپانسیون در حجم و غلظت محدود است. در این روش، مقدار مناسب از ژل نانوالیاف سلولز را در حجم مشخص (به‌عنوان

مثال ۱ گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر) آب وارد کرده روی همزن آزمایشگاهی با دور حدود۴۰۰ بار در دقیقه به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت قرار داده می‌شود. در روش اخیر، برای جلوگیری از تغییر غلظت سوسپانسیون درب ظرف اصلی پوشیده شود. پس از همگن‌سازی سوسپانسیون نانوالیاف، ساخت فیلم نانوالیاف سلولزی به روش‌های مختلفی در تحقیقات گزارش شده است که هر یک همراه با چالش‌های خود است. با ارزیابی مزایا و معایب روش‌های مختلف می‌توان گفت در صورت وجود محدودیت در تجهیزات آماده‌سازی و نیز نداشتن محدودیت برای تهیه سریع فیلم نانوالیاف سلولزی، استفاده از روش ریخته‌گری می‌تواند منتهی به ساخت مناسب‌تری شود. البته در این روش هم مدت زمان خشک شدن فیلم ارتباط مستقیم با گراماژ فیلم نهایی دارد و در کمترین حالت، برای خشک شدن یک فیلم نانوالیاف سلولزی با گراماژ ۱۶ گرم بر متر مربع در محیطی با دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی۵۰ درصد حدود ۴ شبانه روز طول می‌کشد. نوع نانوالیاف مورد استفاده در ساخت فیلم (سلولز، کتین و ..) از نظر اختلاف در شدت جذب و دفع رطوبت محیط در نگه‌داری فیلم خشک شده تاثیرگذار است که می‌تواند موجب چین و چروک فیلم نهایی شود.

نتیجه‌گیری

ساخت فیلم نانوالیاف سلولزی آزمایشگاهی به روش مختلفی انجام می‌شود که معمولا در دو مرحله آماده‌سازی سوسپانسیون و بعد روش خشک کردن تقسیم می‌شود. در صورتی که محدودیت‌های تجهیزاتی برای ساخت وجود داشته باشد، پیشنهاد می‌شود از طریق همزن آزمایشگاهی با دور حدود ۴۰۰ بار در دقیقه به مدت حدود بیش از ۴۸ ساعت و بعد ریخته‌گری در ظروف مناسب برای خشک شدن به مدت حداقل ۴ روز تحت شرایط کنترل شده با دما حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی حدود ۵۰ درصد بکار گرفته شود تا بتوان به فیلم‌های نهایی صاف دست یافت.

مراجع

[1] Turbak, A., Snyder, F.W., Sandberg, K.R., 1983. Microfibrillated cellulose, a new cellulose product: properties, uses, and commercial potential. J Appl Polym Sci Appl Polym Symp 37(9): 815–827.

[2] Pirayesh, H., Azadfallah, M., Doosthoseini, K., Belsi, P., and Yosefi, H. 2015. The effect of different drying methods on cellulosic nanofibers and resulting composites. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 6(2): 285-298.

[3] Saito, T., Hirota, M., Tamura, N., Kimura, S., Fukuzumi, H., Heux, L., Isogai, A., 2009. Individualization of nano-sized plant cellulose fibrils by direct surface carboxylation using TEMPO catalyst under neutral conditions. Biomacromecules, 10(7): 1992–1996.

[4] Pääkkö, M., Ankerfors, M., Kosonen, H., Nykänen, A., Ahola, S., Österberg, M., Ruokolaineb, J., Laine, J., Larsson, P.T., lkkala, O., & Lindström, T., 2007. Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing and high-pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels. Biomacromolecules, *8*(6): 1934-1941.

[5] Sehaqui, H., Liu, A., Zhou, Q., & Berglund, L. A. 2010. Fast preparation procedure for large, flat cellulose and cellulose/inorganic nanopaper structures. Biomacromolecules, 11(9): 2195-2198.

[6] Shanmugam, K., Varanasi, S., Garnier, G., and Batchelor, W. 2017. Rapid preparation of smooth nanocellulose films using spray coating. Cellulose, 24(7). https://doi.org/10.1007/s10570-017-1328-4.

[7] Qing, Y., Sabo, R., Wu, Y., Zhu, J. Y., & Cai, Z. 2015. Self-assembled optically transparent cellulose nanofibril films: effect of nanofibril morphology and drying procedure. Cellulose, 22(2): 1091-1102.

[8] Shanmugam, K., Doosthosseini, H., Varanasi, S., Garnier, G., & Batchelor, W. 2018. Flexible spray coating process for smooth nanocellulose film production. Cellulose, 25(3): 1725-1741.