استفاده از نانو الیاف سلولز در کاهش مواد مضر حاصل از دود سیگار

هاشم رهامین[۱]
مهدی جنوبی[۲*]
محمدمهدی فائزی پور[۳]

[۱] دانش‌آموخته دکتری تخصصی، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

[۲] دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

[۳] استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:
Mehdi.jonoobi@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۲۶

چکیده

سلولز استات به‌عنوان فیلتر در سیگار استفاده می‌شود که وظیفه اصلی آن، خنک کردن و تمیز کردن دود سیگار می‌باشد. نانو سلولزها دارای پتانسیل زیادی هستند، چراکه سلولز جزو فراوان‌ترین مواد خام بیولوژیک موجود در طبیعت بوده و به‌راحتی می‌تواند در مقیاس‌های میکرومتر تا نانومتر قابل‌دسترس باشد. در این تحقیق فیلترهایی با استفاده از نانو الیاف سلولز با درصد خلوص ۱/۵، ۲ و ۳ درصد و اختلاط هرکدام از درصدهای مذکور با ۵ درصد کربن فعال ساخته شد و میزان کارایی آن بر تصفیه مواد مضر قابل‌جذب در بدن انسان موردبررسی قرار گرفت. برای این منظور از روش انجماد سوسپانسیون نانو سلولز در نیتروژن مایع استفاده شد. پس از جایگذاری فیلترهای ساخته‌شده در سیگار، نمونه‌ها توسط دستگاه استعمال سیگار مورد آزمون قرار گرفتند و میزان مونوکسید کربن حاصل از سوختن سیگارها مستقیماً توسط دستگاه مذکور اندازه‌گیری شد و برای محاسبه میزان نیکوتین و قطران از آزمون کروماتوگرافی گازی بهره گرفته شد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون مونوکسید کربن و قطران نشان داد که استفاده از فیلترهای ساخته‌شده با نانوالیاف سلولز و کربن فعال در مقایسه با فیلترهای سلولز استات توانسته است به‌طور معنی‌داری سبب کاهش این عناصر سمی و مضر قابل‌جذب در ریه انسان گردد (به ترتیب ۵۹ و ۷۷ درصد). درحالی‌که نیکوتین در بین تیمارهای مختلف نسبت به نمونه شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

واژگان کلیدی: نانوالیاف سلولز، کربن فعال، سیگار، مونوکسید کربن، قطران.

مقدمه

مصرف سیگار به‌طورجدی سلامت انسان را تهدید می‌کند. سیگار کشیدن سالانه در ایالات‌متحده بیش از ۴۸۰ هزار مرگ را ایجاد می‌کند که ۲۰٪ از کل مرگ‌ومیر در این کشور است [۱]. آمارها نشان می‌دهد که مرگ‌ومیر ناشی از سیگار کشیدن هرساله بیش از مرگ‌ومیر حاصل از تصادفات جاده‌ای، مصرف الکل، ویروس‌های نقص ایمنی بدن انسان، حوادث مرتبط با وسایل نقلیه سنگین و مصرف مواد مخدر غیرقانونی است [۲]. مواد دخانی حاوی مواد شیمیایی فراوانی است که هرکدام از این مواد می‌توانند اثرات مضر و مخرب متفاوتی بر روی سیستم دفاعی بدن انسان داشته باشند؛ بنابراین هرگونه اقدام عملی دریافتن راه مناسب (ازنظر هزینه و فنّاوری) جهت کاهش خطرات و آسیب‌های مذکور می‌تواند علاوه بر خدمت شایسته به افرادی که به هر نحوی با مواد دخانی سروکار دارند، سبب معرفی زمینه تحقیقاتی جدید در این زمینه باشد و محققان بتوانند در تحقیقات آتی خود با الهام از این تحقیق، شیوه‌ها و راهکارهای کارآمدتری را

ارائه دهند. از طرفی نیز به دلیل ارزان بودن نسبی نانوالیاف سلولز در مقایسه با سایر نانو ذرات [۳]، می‌توان با بهره‌گیری از ابعاد بسیار ریز ذرات آن، دریچه جدیدی در علم تصفیه دود ناشی از احتراق مواد دخانی بالأخص سیگار گشود و با به دام انداختن این گازها و بخارهای مضر مانند قطران و ... توسط فیلترهای ساخته‌شده از نانوالیاف سلولز، خدمت شایانی به افرادی که به هر نحو با مواد دخانی سروکار دارند نمود. دود سیگار را ازنظر ماهیت فیزیکی آن می‌توان به دو بخش تقسیم نمود:

۱) بخش گازی: تقریباً ۹۲ تا ۹۵ درصد از کل وزن دود سیگار در پایه گازی آن وجود دارد .نیتروژن، اکسیژن، مونواکسید کربن و دی‌اکسید کربن ۸۵ درصد از وزن دود سیگار را تشکیل می‌دهند.

۲) بخش ذره‌ای: بخش ذره‌ای دود سیگار ۵ درصد از کل وزن دود سیگار را تشکیل می‌دهد .این بخش حاوی موادی نظیر قطران است؛ که مهم‌ترین ماده سرطان‌زای شناخته‌شده در طبیعت است و نیکوتین و بسیاری مواد دیگر می‌باشد.

هرچند آمار و ارقام متعدد و مختلفی در خصوص مواد مضر موجود در دود حاصل از احتراق سیگار وجود دارد اما آخرین یافته‌ها حاکی از این واقعیت است که بیش از ۶۰۰۰ ماده شیمیایی قابل‌احتراق در دود سیگار وجود دارند که حدود ۱۵۰ نوع از این مواد سمی بوده و نسبت به سایر ترکیبات از خواص سرطان‌زایی بالاتری برخوردار می‌باشند [۴] که در زیر مهم‌ترین و عمده‌ترین آن‌ها به‌اختصار بیان‌شده‌اند:

- **منواکسید کربن**: گاز بی‌بو و بی‌رنگی است که بسیار کشنده و سمی هست. باعث سرگیجه، سردرد، بیهوشی، نارسایی تنفسی و مرگ می‌شود. منواکسید کربن اکسیژن‌رسانی به عضلات، مغز و نسوج بدن را کاهش داده و سبب می‌گردد قلب و بدن سخت‌تر کار کنند.
- **تار و یا قطران**[1]: تار ترکیبی صمغ مانند، قهوه‌ای و چسبناک است و از صدها ماده شیمیایی مختلف (هیدروکربن‌های پلی آروماتیک، آمین‌های آروماتیک و ترکیبات غیر ارگانیک) که بسیاری از آن‌ها سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا می‌باشند، تشکیل یافته است. تار از سوختن تنباکو و سایر مواد گیاهی حاصل می‌شود. تار دارای ذرات ریزی هست که هنگام پک زدن به سیگار وارد ریه‌ها شده و در آنجا تجمع می‌یابد. در حدود ۷۰ درصد تار موجود در دود سیگار درون ریه‌ها رسوب می‌کند. تار مانند دوده موجود در دودکش، درون ریه‌ها را به‌صورت یک‌لایه چسبناک می‌پوشاند. فردی که روزانه ۲۰ نخ سیگار دود می‌کند سالانه ۲۱۰ گرم (یک فنجان پر) تار وارد ریه‌های خود می‌کند. بو و رنگ سیگار مربوط به تار است. تار همچنین بروی پرزهای (سیلیا و یا مژک‌ها) ریه‌ها چسبیده و عملکرد طبیعی آن‌ها را مختل می‌کند. این پرزها با حرکت روبه بالا باعث خارج شدن مواد زائد، میکروب‌ها، گردوغبار و آلودگی‌ها از ریه‌ها می‌شوند. تار می‌تواند بروی لباس و یا پوست بدن نیز بچسبد.
- **نیکوتین**: نیکوتین بسیار اعتیادآور بوده و در اصل دلیل اصلی اعتیاد فرد سیگاری به آن می‌باشد.

زیان‌آورترین ذرات معلق که ممکن است در دود سیگار یا هوای آلوده اطراف ما وجود داشته باشند، دارای ابعادی بیش از ۰/۰۳ میکرون هستند، بنابراین استفاده از فیلترهای فیزیکی مناسب می‌تواند سبب جذب مؤثر این مواد گردد. امروزه استفاده از روش‌های مختلف جهت کاهش این مواد سمی معرفی‌شده‌اند که استفاده از کاغذهای تیمار شده جهت رقیق‌سازی مواد سمی، استفاده از توتون تیمارشده با مواد کاهنده اثرات مواد سمی و پلی‌فنول‌ها ازجمله این روش‌ها هستند. همچنین بحث استفاده از فیلترهای تیمار شده با مواد کاهنده فاز گاز (بخار) نیز امروزه درحال‌توسعه است [۴].

بیشترین تحقیقات برای کاهش اثر مواد سمی سیگار بر روی اصلاح ترکیبات توتون سیگار و یا فیلتر سیگار متمرکزشده‌اند. هدف اصلی از این اصلاحات، کاهش آمینواسید و پروتئین‌های موجود در سیگار می‌باشد، چراکه پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه از عناصر اصلی در پیش‌سازهای سموم موجود در دود سیگار هستند. بخصوص آمین‌های آروماتیک و هتروسیلیک از عمده‌ترین این عناصر به شمار می‌آیند. استفاده از روش‌های BTT[2] و

[1] Tar

[2] Blend Treated Tobacco (BTT)

TSS[1] از روش‌های مؤثر و جدید در کاهش اثرات مواد سمی در دود سیگار هستند. درروش BTT توتون به‌طور متوالی و توسط آب مورد استخراج قرار می‌گیرد و پس‌ازآن از تیمار پروتئار و مواد جاذب جهت جذب ترکیبات سمی توتون استفاده می‌شود این روش توسط Li و همکارانش در سال ۲۰۱۱ ارائه شد [۵]. درروش TSS که توسط Branton و همکارانش در سال ۲۰۱۱ ارائه شد، از مقدار زیادی گلیسیرول و کربنات کلسیم به‌عنوان ترکیبات توتون استفاده می‌شود که این امر منجر به کاهش مقدار مواد آلی در توتون می‌شود. گلیسیریل سبب رقیق‌تر شدن قطران موجود در توتون، کاهش دود سیگار و همچنین مواد سمی موجود در ترکیبات توتون می‌شود [۴].

کربن فعال که معمولاً از پوسته نارگیل ساخته می‌شود، اغلب در فیلترهای سیگار معمولی برای حذف ترکیبات آلی فرار مورداستفاده قرار می‌گیرد و تا حدود ۶۰٪ وزنی خود می‌تواند بخارهای و گازهای ناشی از احتراق سیگار را جذب کند [۶]. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از فیلتر در مواد دخانی، بیش از ۸۰٪ از هیدروژن سیانید، ۹۲٪ از فرمالدهید و بیش از ۹۵٪ از اکرولئین و استالدهیدها را مهار می‌کند [۷]. مطالعات مهروموم‌های ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ نشان داد که خطر ابتلا به سرطان ریه در استفاده از سیگارهای فیلتردار نسبت به سیگارهای بدون فیلتر حدود ۲۰ تا ۵۰ کمتر است [۸]. همچنین نتایج تحقیقات Polzin و همکاران (۲۰۰۸) نشان می‌دهد که استفاده از فیلتر با کربن فعال سبب حذف چشمگیر (تا ۹۳٪) ترکیبات آلی فرار از جمله اکرولین، استالدهید، بنزن و استایرن حاصل از احتراق توتون شده است [۹]. همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که استفاده از فیلترهای حاوی کربن فعال در مقایسه با فیلترهای معمولی (سلولز استات) سبب حذف بیشتر مواد سمی از دود سیگار می‌شود [۱۰].

کاربرد سلولز در ساخت فیلترها

امروزه شرکت‌های تولیدکننده سیگار در جهان، از سلولز (به‌صورت سلولز استات) به‌عنوان فیلتر در ساخت سیگار استفاده می‌کنند و وظیفه اصلی سلولز استات در سیگار، خنک کردن و تمیز کردن دود سیگار عنوان‌شده است [۱۱]. در طی سال‌های اخیر، فناوری نانو با سرعت چشمگیری به یک زمینه بین‌رشته‌ای تبدیل‌شده و در بسیاری از زمینه‌های تحقیقاتی موردمطالعه قرار می‌گیرد. نانو سلولزها دارای پتانسیل زیادی هستند، چراکه سلولز فراوان‌ترین ماده خام بیولوژیک موجود در طبیعت بوده و به‌راحتی می‌تواند در مقیاس‌های میکرومتر تا نانومتر قابل‌دسترس باشد و ساختار شبکه‌ای تشکیل دهد. علاوه بر این‌که سلولز یک ماده تجدیدپذیر است، یک ماده خام چندمنظوره نیز می‌باشد و به‌راحتی می‌تواند جایگزین بسیاری از مواد تجزیه‌ناپذیر نیز گردد [۱۲ و ۱۳].

اهمیت استفاده از نانوذرات سلولز در فیلتراسیون دود سیگار

ارائه هر شیوه جدید و مناسب جهت کاهش مضرات ناشی از احتراق دود مواد دخانی می‌تواند یک امر مهم بهداشتی، علمی و بین‌المللی محسوب گردد. در برخی از تحقیقات مشخص‌شده است که نانوالیاف را می‌توان به‌تنهایی یا در ترکیب با سایر مواد مورداستفاده در فیلترها، مانند الیاف درشت، کاغذ، کربن فعال و ... مورداستفاده قرارداد[۱۴ و ۱۵]. همچنین نتایج برخی از تحقیقات نشان می‌دهد که در یک غشای نانو فیبر، مواد غیر بافته (بافته نشده)[2]باضخامت‌های مختلف غشای نانوالیاف (با قطر ۲۵ تا ۳۰ نانومتر) در مقایسه با فیلترهای فاقد غشای نانوفیبری، نفوذپذیری کمتری در برابر هوادارند، بنابراین، مواد بافته نشده با یک غشا می‌تواند فیلتر مناسب‌تری برای تصفیه هوا باشند [۱۵]، همچنین تحقیقات نشان داده است که غشاء نانوفیبری دارای ساختار بسیار متخلخل با سطح بالا است. وزن اولیه کم و قطر کوچک رشته‌های آن، سبب ایده آل شدن آن برای فیلتراسیون ذرات با ابعاد میکرون و کوچک‌تر از میکرون موجود در گاز، دود و آب می‌شود [۱۶].

مواد و روش‌ها

نانوالیاف سلولز مورداستفاده در این پژوهش با درصد ماده خشک ۲/۲ تهیه شد. فرایند تولید نانو فیبر تهیه‌شده

[1]Tobacco Sheet Substitute

[2]nonwoven materials

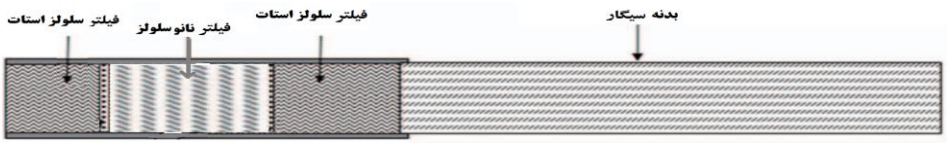
از شرکت نانو نوین پلیمر از نوع مکانیکی همراه با هموژناسیون فشار بالا و از چوب پهن برگان می‌باشد. کربن فعال نیز با دانسیته ۵۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و اندازه ذرات کمتر از ۰/۸ میلی‌متر از شرکت وزین کربن اصفهان تهیه شد. در این تحقیق از سیگار رویال[1] استفاده شد.

روش‌ها

برای استفاده از فیلترهای ساخته‌شده در تحقیق، فیلتر سیگارهای مذکور از بافت آن خارج‌شده و پس از جایگذاری فیلترهای ساخته‌شده به‌طور دستی در آن‌ها، مجدداً فیلترهای خود سیگار در آن قرار گرفتند. روش کار به این‌گونه بود که ابتدا فیلتر سیگار از آن جدا گردید و فیلترهای ساخته‌شده که قطری همسان با فیلترهای خود سیگار داشتند با طولی معادل یک‌سوم طول کل فیلتر در میان فیلترهای خود سیگار قرار داده شدند (شکل ۱).

ساخت فیلتر جهت آزمون تصفیه دود سیگار و آزمون نفوذپذیری هوا:

با توجه به اینکه نانوالیاف تهیه‌شده از نوع سوسپانسیون مخلوط در آب بود، جهت ساخت فیلتر سیگار و نمونه‌های آزمونی نفوذپذیری هوا که مستلزم دارا بودن شکل فیزیکی جامد می‌باشند، از روش خشک‌کن انجمادی[2] استفاده شد و برای این منظور از روش پیش انجماد در ازت مایع (نیتروژن مایع) بهره گرفته شد؛ نمونه‌های مربوط به فیلتر سیگار با توجه به قابلیت دستگاه استعمال سیگار[3] شرکت دخانیات ایران با ابعاد متعارف فیلتر سیگارهای نازک[4] ساخته شد. اطلاعات کلی نمونه‌های ساخته‌شده و کد اختصاص داده‌شده به هرکدام از آن‌ها مربوطه در جدول ۱ ارائه‌شده است.



شکل ۱- تصویر شماتیک از نحوه جایگذاری فیلترهای نانو سلولز در سیگارها

جدول ۱- کد مربوط به تیمارهای تعریف‌شده در تحقیق

کد فیلتر خام	کد تیمار (نام سیگار)	مقدار ماده خشک نانوالیاف (٪)	مقدار کربن فعال (نسبت به وزن خشک نانوالیاف) (٪)
-------	رویال	۰	۰
A1	R1	۱	۰
A2	R2	۲	۰
A3	R3	۳	۰
A11	R11	۱	۵
A21	R21	۲	۵
A31	R31	۳	۵

[1] Royal

[2] Freeze drying
[3] Smoking machine
[4] Slim cigarette

آزمون‌ها و اندازه‌گیری‌ها

برای بررسی ابعاد حفرات فیلترهای ساخته‌شده از دستگاه BET مدل Belsopr mini ll استفاده شد و از دستگاه DSC موجود در آزمایشگاه نانومواد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران جهت مطالعه رفتار حرارتی فیلترهای ساخته‌شده بهره گرفته شد. برای انجام آزمون نفوذپذیری هوا در فیلترها از دستگاه تعیین نفوذپذیری هوا موجود در آزمایشگاه دانشکده نساجی دانشگاه امیرکبیر استفاده شد و بر اساس استاندارد EN ISO 9237 از رابطه ۱ زیر جهت بررسی میزان نفوذپذیری هوا در نمونه‌های ساخته‌شده استفاده گردید.

$$R= (qv/A)\times 167 \qquad (۱)$$

که qv بیانگر میانگین ریاضی مقدار جریان هوا در لوله (دسی‌متر مکعب بر دقیقه) و A بیانگر مساحت نمونه بررسی‌شده و ۱۶۷ ضریب تغییر دسی‌متر به سانتی‌متر در برابر میلی‌متر بر ثانیه است.

بررسی کارایی فیلترهای ساخته‌شده در تصفیه دود سیگار، نمونه‌ها

پس از آماده‌سازی (جایگذاری فیلترها) به شرکت دخانیات ایران منتقل‌شده و پس از متعادل‌سازی حرارتی و رطوبتی بر اساس استاندارد شماره ۸۲۵۰ ایران توسط دستگاه استعمال سیگار مدل *Borg Waldt-KC* ساخت آلمان (شکل ۲) مورد استعمال قرار گرفتند. فرایند کار بدین گونه بود که در هر نوبت یک تیمار شامل ۱ بسته سیگار (۲۰ نخ) توسط دستگاه مذکور موردبررسی قرار می‌گرفت. برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد و ۱ بسته به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد و مجموعاً ۱۹ بسته سیگار (۳۸۰ نخ) مورد آزمون قرار گرفت.

شکل ۲- دستگاه استعمال سیگار مورداستفاده در تحقیق

محاسبه مونوکسید کربن، نیکوتین و قطران

پس از استعمال سیگارها توسط دستگاه، بر اساس استاندارد بین‌المللی ISO 3400، متانول حاوی ترکیبات شیمیایی جهت شناسایی و بررسی نیکوتین و قطران موجود در نمونه‌ها موردبررسی قرار گرفتند. همچنین برای بررسی میزان قطران جذب شده در کمبریدج (که نوعی فیلتر جاذب بوده و میزان مواد شیمیایی قابل‌جذب در ریه انسان را نشان می دهد) از رابطه ۲ استفاده شد:

(۲) (نیکوتین + رطوبت کمبریدج)-کندانزات[1] = قطران (میلی گرم)

و برای محاسبه میزان کندانزات (مواد شیمیایی قابل‌جذب در ریه انسان) از رابطه ۳ استفاده شد:

[1]Condensate

(۳) ۱۰۰۰×((تعداد سیگار سوزانده شده)/ (وزن کمبریدج بعد از استعمال- وزن کمبریدج قبل از استعمال))= کندانزات (میلی گرم)

و نتایج به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار *SPSS* موردبررسی قرار گرفتند و برای بررسی میزان تأثیر مستقل مقدار نانوالیاف سلولز و کربن فعال از روش Oneway Anova استفاده شد و تأثیر متقابل مقدار نانوالیاف سلولز و کربن فعال نیز توسط روش *Multivariate* بررسی گردید و گروه‌بندی‌ها نیز توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به آزمون BET در جدول ۲ ارائه‌شده است. همان‌طور که از جدول مذکور مشخص است میانگین قطر حفرات نمونه‌های ساخته‌شده ۹/۱۲ نانومتر و میانگین حجم کل حفرات ۰/۰۲۸ سانتی‌متر مکعب بر گرم بوده است.

جدول ۲- نتایج مربوط به آزمون BET

کد نمونه	فشار بخار اشباع (نیتروژن) (KPa)	میانگین قطر حفرات (نانومتر)	حجم کل حفرات ($cm^3\ g^{-1}$)
A1	۸۷/۸۸	۱۳/۳۲	۰/۰۲۷
A2	۸۷/۸۶	۸/۵۸	۰/۰۲۱
A3	۸۷/۹	۶/۳۷	۰/۰۴
A11	۸۷/۸۳	۷/۱۱	۰/۰۳۲
A21	۸۷/۹	۱۱/۰۳	۰/۰۲۵
A31	۸۷/۸۳	۸/۳۲	۰/۰۲۷

نتایج مربوط به آزمون DSC در جدول ۳ ارائه‌شده است. همان‌طور که از جدول مذکور مشخص است میانگین دمای انتقال شیشه‌ای نمونه فیلترهای ساخته‌شده با نانوالیاف سلولز و با اختلاط نانوالیاف سلولز و کربن فعال ۸۷/۸۳ درجه سلسیوس است که ۳۱/۸۳ درجه سلسیوس نیز بیشتر از دمای انتقال شیشه‌ای فیلتر متعارف سیگارهای موجود در بازار (سلولز استات) می‌باشد.

جدول ۳: نتایج مربوط به آزمون DSC فیلترهای ساخته‌شده در تحقیق

کد نمونه	دمای انتقال شیشه‌ای (درجه سلسیوس)
A1	۶۵
A2	۹۳
A3	۱۱۲
A11	۸۵
A21	۹۲
A31	۸۰
سلولز استات	۵۶

نتایج مربوط به آزمون نفوذپذیری هوا در جدول شماره ۴ ارائه‌شده است. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول مذکور مشخص است که میانگین نفوذپذیری هوا برای فیلترهای ساخته‌شده در این تحقیق ۳۲۴۰/۶ (دسی‌متر مکعب بر دقیقه) است که در مقایسه با سلولز استات ۱۲٪ کمتر می‌باشد و همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد کاهش نفوذپذیری فیلتر می‌تواند بیانگر افزایش جذب مواد عبوری از آن باشد.

جدول ۴- میزان نفوذپذیری هوا در فیلترهای ساخته‌شده

کد نمونه	نفوذپذیری هوا (دسی‌متر مکعب بر دقیقه)
A1	۳۲۴۴/۵۷
A2	۳۲۴۴/۵۷
A3	۳۱۹۶/۸۵
A11	۳۲۹۲/۲۸
A21	۳۲۲۰/۷۱
A31	۳۲۴۴/۵۷
سلولز استات	۳۷۱۱

نتایج مربوط به میزان رطوبت کمبریدج، مونوکسید کربن، نیکوتین و قطران در جدول ۵ ارائه‌شده است. همان‌طور که مشخص است مونوکسید کربن در نمونه‌های ساخته‌شده در این تحقیق نسبت به نمونه شاهد ۴۷٪ کاهش نشان داده است که بیانگر کارایی قابل‌توجه فیلترهای مذکور در کاهش این گاز سمی و خطرناک قابل‌جذب در ریه انسان می‌باشد. نتایج مربوط به قطران نیز نشان می‌دهد که مقدار قطران نسبت به نمونه شاهد ۶۱٪ کاهش نشان داده است و همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شد قطران مضرترین ماده شیمیایی موجود در دود سیگار است که می‌تواند با رسوب بر سطوح ریه مانع از بازسازی مژک‌های دفع عفونت در آن گردد. همچنین نیکوتین در سیگارهایی که از فیلترهای ساخته‌شده در این تحقیق در بافت آن‌ها استفاده‌شده است نسبت به نمونه شاهد حدود ۴٪ کاهش نشان داده است که البته رقم قابل‌توجهی نیست و از آنجائی که نیکوتین مهم‌ترین عنصر موجود در سیگار جهت کسب رضایت فرد سیگاری از سیگار استعمال شده می‌باشد و نباید به‌طور محسوس افت نشان داده، می‌توان گفت که استفاده از نانوالیاف سلولز و کربن فعال می‌تواند علاوه بر کاهش مواد مضری چون مونوکسید کربن و قطران، رضایت فرد سیگاری در استعمال سیگار تهیه‌شده را به همراه داشته باشد.

جدول ۵- نتایج به‌دست‌آمده از آزمون استعمال سیگار توسط دستگاه

کد نمونه	کندانزات (mg)	رطوبت کمبریدج (٪)	میانگین پوک (عدد)	مونوکسید کربن قابل‌جذب در بدن (mg)	نیکوتین قابل‌جذب در بدن (mg)	قطران قابل‌جذب در بدن (mg)	کاهش مونوکسید کربن نسبت به شاهد (٪)	کاهش نیکوتین نسبت به شاهد (٪)	کاهش قطران نسبت به شاهد (٪)
R1	۴/۹۹	۰/۲۱	۶/۵۱	۳/۹۵	۰/۴۰۴	۳/۴۱	۳۶	۶	۴۶
R2	۵/۰۹	۰/۳۷	۵/۹۱	۴/۱۲	۰/۴۲۳	۳/۴	۳۳	۱/۶	۴۷
R3	۵/۲۶	۰/۱۷	۶/۲۶	۴/۰۴	۰/۴۱۶	۳/۶۴	۳۴/۸	۱/۶	۴۲/۸
R11	۲/۲۹	۰/۳۸	۶/۶۸	۲/۶	۰/۳۹۶	۱/۵۵	۵۸	۷/۴	۷۷
R21	۱/۸۳	۰/۶۲	۶/۰۵	۲/۴	۰/۴۲۱	۰/۷۸۹	۶۱	۱	۸۷
R31	۲/۶۱	۰/۱۳	۶/۶۱	۲/۵	۰/۴۵۴	۲/۰۲۶	۶۰	۶	۶۸
شاهد	۷/۱۹	۰/۳۹	۵/۸	۶/۲	۰/۴۲۸	۶/۳۷۲	------	------	-------

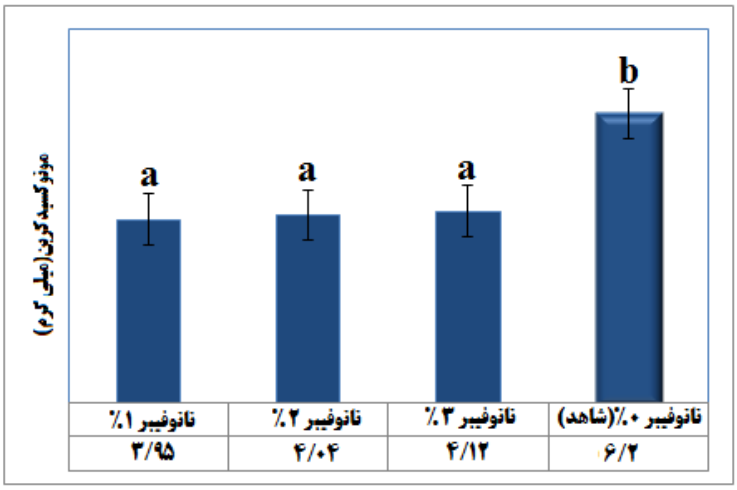
بررسی اثر مستقل مقدار نانوالیاف سلولز در کاهش مواد مضر موجود در دود سیگار

در بررسی اثر مستقل مقدار نانوالیاف سلولز (۱٪، ۲٪ و ۳٪) در مقایسه با نمونه شاهد مشخص گردید که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مونوکسید کربن و قطران به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داده‌اند و کاهش میزان نیکوتین در فیلترهای ساخته‌شده نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار نبوده است (جدول ۶). بر اساس گروه‌بندی دانکن مشخص گردید که بیشترین کاهش مونوکسید کربن و قطران در نمونه‌های ساخته‌شده با ۱٪ نانوالیاف سلولز اتفاق افتاده است (شکل‌های ۳ و ۴).

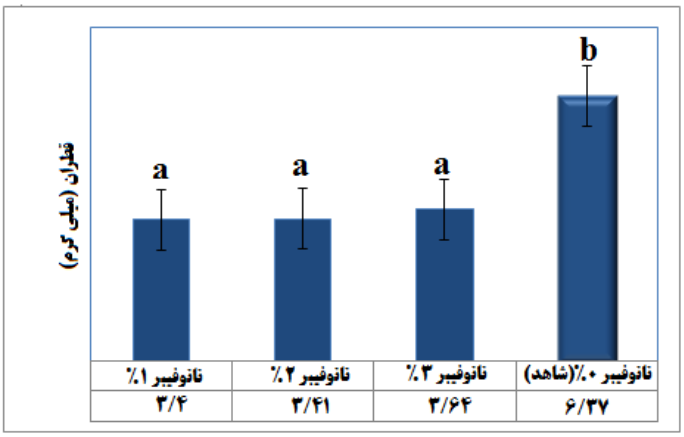
جدول ۶- بررسی اثر مستقل نانوالیاف سلولز بر مونوکسید کربن، نیکوتین و قطران

نوع ماده	درجه آزادی	مقدار F	سطح معنی‌داری
مونوکسید کربن	۳	۴/۳۵۹	*۰/۰۴۳
نیکوتین	۳	۱/۲۲۴	ns۰/۳۶۲
قطران	۳	۸/۸۸۴	*۰/۰۰۶

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری



شکل ۳- تأثیر مقدار نانوالیاف سلولز بر کاهش مونوکسید کربن



شکل ۴- تأثیر مقدار نانوالیاف سلولز بر کاهش قطران

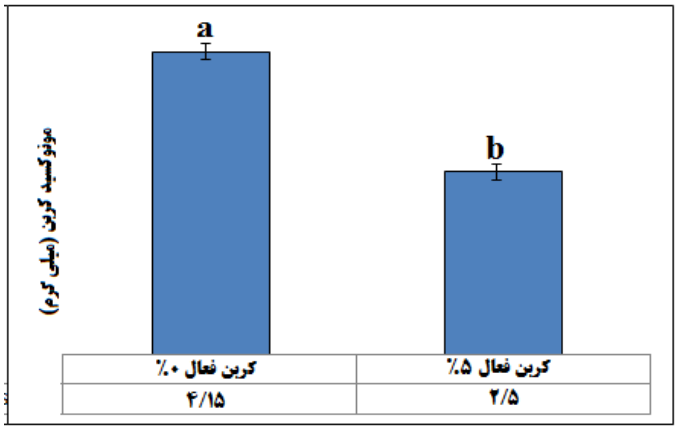
بررسی اثر مستقل مقدار کربن فعال در کاهش مواد مضر موجود در دود سیگار

در بررسی اثر مستقل مقدار کربن فعال (۰٪ و ۵٪) در مقایسه با نمونه شاهد مشخص گردید که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مونوکسید کربن و قطران به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داده‌اند و کاهش میزان نیکوتین در فیلترهای ساخته‌شده نسبت به نمونه شاهد معنی‌دار نبوده است (جدول ۷). بر اساس گروه‌بندی دانکن مشخص گردید که نمونه‌هایی که در ساخت آن‌ها از ۵٪ کربن فعال در اختلاط با نانوالیاف سلولز استفاده‌شده است در مقایسه با نمونه‌هایی که از نانوالیاف خالص ساخته‌شده‌اند سبب کاهش معنی‌دار مونوکسید کربن و قطران شده‌اند (شکل‌های ۵ و ۶).

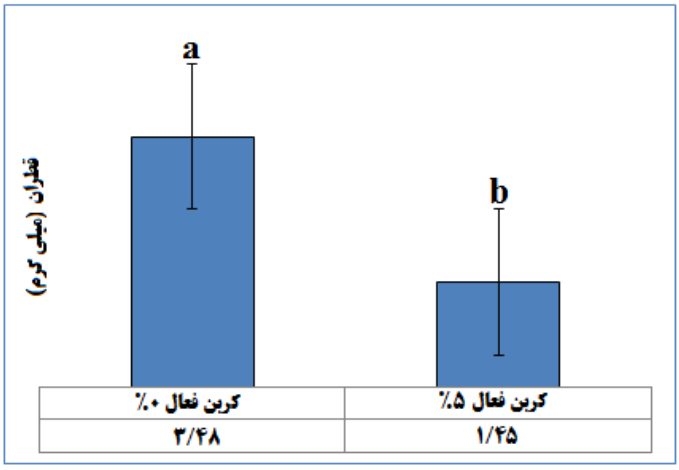
جدول ۶- بررسی اثر مستقل کربن فعال بر مونوکسید کربن، نیکوتین و قطران

نوع ماده	درجه آزادی	مقدار F	سطح معنی‌داری
مونوکسید کربن	۱	۱۵/۹۷	۰/۰۰۱ *
نیکوتین	۱	۰/۰۴۷	۰/۸۳۱ ns
قطران	۱	۲۳/۷۶۱	۰/۰۰۰ *

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری



شکل ۵- تأثیر مقدار کربن فعال بر کاهش مونوکسید کربن



شکل ۶- تأثیر مقدار کربن فعال بر کاهش قطران

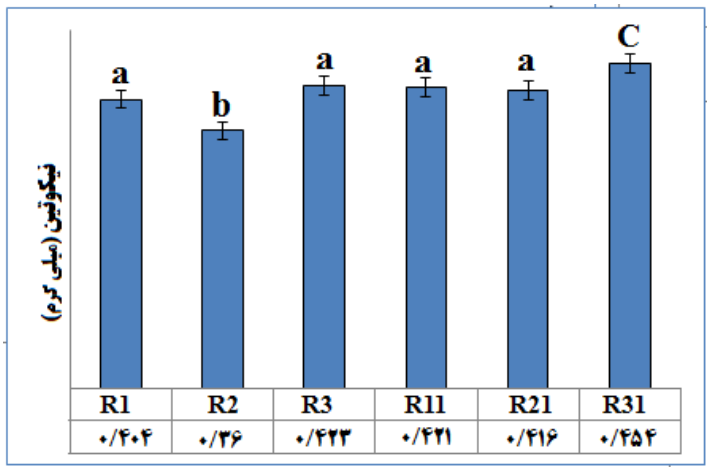
بررسی اثر متقابل نانوالیاف سلولز و کربن فعال در کاهش مواد مضر موجود در دود سیگار

در بررسی اثر متقابل نانوالیاف سلولز و کربن فعال (جدول ۷) مشخص گردید که در سطح اطمینان ۹۵ درصد، مقدار اختلاط نانوالیاف سلولز و کربن فعال تأثیر معنی‌داری بر کاهش مونوکسید کربن و قطران نشان نداده است و این در حالی است که این فاکتور تأثیر معنی‌داری بر کاهش نیکوتین داشته است؛ بطوریکه بیشترین کاهش نیکوتین در نمونه‌های ساخته‌شده با ۲٪ نانوالیاف سلولز بدون اختلاط با کربن فعال اتفاق افتاده است و کمترین کاهش نیز در نمونه‌های ساخته‌شده با ۳٪ کربن فعال در اختلاط با ۵٪ کربن فعال رخداده است (شکل ۷).

جدول ۷- بررسی اثر متقابل نانوالیاف سلولز و کربن فعال بر مونوکسید کربن، نیکوتین و قطران

نوع ماده	درجه آزادی	مقدار F	سطح معنی‌داری
مونوکسید کربن	۳	۰/۱۱۸	ns۰/۸۹۰
نیکوتین	۳	۰/۰۰۲	*۰/۰۰۰
قطران	۳	۰/۴۰۶	ns۰/۶۲۶

*: معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ns: عدم معنی‌داری



شکل ۷-تأثیر متقابل نانوالیاف سلولز و کربن فعال بر کاهش نیکوتین

نتیجه‌گیری

طی سال‌های پیش رو میزان مرگ‌های ناشی از استعمال دخانیات در کشورهای پیشرفته بیش از ۵۰ درصد کاهش‌یافته و در کشورهای درحال‌توسعه به‌عکس افزایش می‌یابد. این مرگ‌ها در کشورهای منطقه خاورمیانه که ایران نیز یکی از آن‌ها است به میزان سه برابر طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ افزایش خواهد یافت. لذا ازاین‌پس کشورهای درحال‌توسعه با مشکلات بیشتری در خصوص استعمال دخانیات و بیماری‌ها و ناتوانی‌ها و مرگ‌های ناشی از آن مواجه خواهند بود[۱۷] و باید تحقیقات بیشتری درزمینهٔ بهبود ترکیبات توتون مصرفی در سیگارها و همچنین افزایش کارایی فیلترها انجام پذیرد؛ بنابراین انجام هرگونه فعالیت و تحقیق درزمینه کاهش مضرات مواد دخانی بالأخص سیگار که درحال‌توسعه حاضر مصرف‌کننده بسیار زیادی در جهان و بخصوص در ایران دارد می‌تواند گام بسیار مؤثر و مرتبط با جامعه بشری باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق می‌توان گفت که استفاده از نانوالیاف سلولز به‌تنهایی و در اختلاط با کربن فعال در ساخت فیلتر سیگار می‌تواند به‌طور معنی‌داری سبب کاهش بسیاری از مواد مضر حاصل از سوختن سیگار نظیر آلکان ها و قطران گردد که می‌تواند مستقیماً بر کاهش جذب این مواد مضر در بدن انسان تأثیرگذار باشد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق مشخص شد که میانگین دمای انتقال شیشه‌ای فیلترهای ساخته‌شده با نانوالیاف سلولز ۸۲/۲۵ درجه سانتی گراد است که در مقایسه با دمای انتقال شیشه‌ای سلولز استات (۵۶ درجه سانتی گراد) که فیلتر متعارف سیگارهای تولیدشده در جهان می‌باشد بیشتر است و بنابراین می‌توان از این ماده در تولید فیلتر سیگار استفاده نمود. همچنین نتایج حاصل از آزمون نفوذپذیری فیلترهای ساخته‌شده با نانوالیاف سلولز نیز نشان داد که میانگین نفوذپذیری هوا برای نمونه‌ها معادل ۳۲۷۰ دسی‌متر مکعب بر دقیقه است و در مقایسه با سلولز استات که به‌عنوان فیلتر متعارف در تمامی سیگارها استفاده می‌شود حدود ۱۱٪ نفوذپذیری کمتری دارد که دلیل این امر می‌تواند به تخلخل کمتر آن در مقایسه با سلولز استات و درنتیجه جذب بیشتر مواد مضر سیگار بینجامد. نتایج به‌دست‌آمده از آزمون مونوکسید کربن نشان داد که استفاده از فیلترهای ساخته‌شده با نانوالیاف سلولز و کربن فعال در مقایسه با

فیلترهای سلولز استات توانسته است به‌طور معنی‌داری سبب کاهش این گاز سمی و مضر قابل‌جذب در ریه انسان گردد (۵۹٪). در رابطه با نیکوتین موجود در دود ناشی از احتراق سیگارها نیز نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که نمونه‌های ساخته‌شده با اختلاط نانوالیاف سلولز و کربن فعال تنها حدود ۵٪ از نیکوتین را نسبت به نمونه شاهد کاهش داده است که با توجه به‌ضرورت عدم‌تغییر محسوس نیکوتین در فرآوری سیگار جهت رضایت فرد سیگاری ازنظر تأمین کافی نیکوتین رضایت‌بخش می‌باشد. نتایج مربوط به تحلیل قطران سیگارهایی که از اختلاط نانوالیاف سلولز و ۵٪ کربن فعال در فیلتر آن‌ها استفاده‌شده است نشان داد که قطران که مضرترین ماده شیمیایی موجود در دود سیگار است در این نمونه‌ها در قیاس با نمونه شاهد تا ۷۷٪ کاهش نشان داده است.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم عامل شرکت دخانیات ایران و مجتمع دخانیات تهران، حراست محترم شرکت دخانیات ایران، مدیریت، ریاست و کارکنان محترم آزمایشگاه و کنترل کیفیت مجتمع دخانیات تهران و تمامی عزیزانی که در به سرانجام رساندن این تحقیق همکاری نمودند، سپاسگزاریم.

منابع

[1] CDC, U.S, C.D.C. Prevention (Ed.), QuickStats: Number of Deaths from 10 Leading Causes, 2013, National Vital Statistics System, Morbidity and Mortality Weekly Report, United States, p. 155.

[2] Mokdad, A.H. et al., 2018, The state of US health, 1990–2016: burden of diseases, injuries, and risk factors among US States, 319 (14): 1444–1472.

[3] Thomas, D. and Cebe, P., 2017. Self-nucleation and crystallization of polyvinyl alcohol. Journal of Thermal Analysis Calorimetry, 127(1): 885–894.

[4] Crooks, I. Scott, K. Dalrymple, A. Dillon, D. Meredith, D. 2015. The combination of two novel tobacco blends and filter technologies to reduce the in vitro genotoxicity and cytotoxicity of prototype cigarettes, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 71: 507–514.

[5] Li, Y., & Ragauskas, A. (2011). Cellulose nano-whiskers as a reinforcing filler in polyurethanes. Advances in diverse industrial applications of nanocomposites, 3, 17-36.

[6] Branton, P., Bradley, R.H., 2011. Effects of active carbon pore size distributions on adsorption of toxic organic compounds. Adsorption, 17: 293–301.

[7] Aufderheide, M., Scheffler, S., Ito, S., Ishikawa, S., & Emura, M. (2015). Ciliatoxicity in human primary bronchiolar epithelial cells after repeated exposure at the air–liquid interface with native mainstream smoke of K3R4F cigarettes with and without charcoal filter. Experimental and Toxicologic Pathology, 67(7-8), 407-411.

[8] Rothwell, K. (1999). Health effects of interactions between tobacco use and exposure to other agents. Environmental Health Criteria, (211).

[9] Polzin, G. M., Zhang, L., Hearn, B. A., Tavakoli, A. D., Vaughan, C., Ding, Y. S., ... & Watson, C. H. (2008). Effect of charcoal-containing cigarette filters on gas phase volatile organic compounds in mainstream cigarette smoke. Tobacco Control, 17(Suppl 1), 10-16.

[10] Scherer G, Urban M, Engl J, and Hagedorn HW. 2006. Influence of smoking charcoal fil-ter tipped cigarettes on various biomarkers of exposure. Inhalation Toxicol, 18:821–9.

[11] Wang, B., Sain M., Oksman, K., 2007. Study of structural morphology of hemp fiber from the micro to the nanoscale. Applied Composite Materials, 14(2): 89-103.

[12] Alemdar, A., Sain, M., 2008. Biocomposites from wheat straw nanofibers: morphology, thermal and mechanical properties. Composites Science and Technology, 68(2): 557-565.

[13] Market projections of cellulose nanomaterial-enabled products -Part 1: Applications. May 2014. Tappi. ournal 13(5):9-16.

[14] Squires S.B. Gardiner M. J.; 2005. Cigarette filter incorporating nanofibres, US Patent Application No. 0139223.

[15] Daneleviciute-Vaisnienee, A., Katunskis, J., & Buika, G. (2009). Electrospun PVA nanofibres for gas filtration applications. Fibres & Textiles In Eastern Europe, (6 (77)), 40-43.

[16] Raghavendra, R. Atul Dahiya, M.G. Kamath.”Nanofibre nonwovens”. Update June 1, 2005.

[17] Nazmara, S. (2017). Evaluation of the concentration and time of exposure to the cigarette smoke particles in a car by different ventilation conditions. Journal of Research in Environmental Health, 2(4), 267-275.

The use of cellulose nano fibers to reduce harmful substances from cigarette smoke

Abstract

Acetate cellulose was used as cigarette filter, whose main function is to cool and purify the cigarette smoke. Nano cellulose as a sustainable bio material seems to have high potential as it is most common bio polymer in nature and is already available in micrometers to nanometers. In this research, cigarette filters were made of cellulose nano fibers with a concentration of 1%, 2% and 3% as well as mixture of each with 5% activated carbon. For this aim, the freezing of nano cellulose suspension in liquid nitrogen was used. After placing the filters in cigarettes, the samples were tested by the smoking machine and the carbon monoxide produced by burning cigarettes was directly measured by the machine and the amount of nicotine and tar were determined by gas chromatography test. The results of carbon monoxide and tar test showed that the use of filters made with cellulose nanofibers and activated carbon in comparison with acetate cellulose filters could significantly reduce these toxic and harmful substances (59.6% and 77% respectively) however, nicotine of tested samples did not show a significant difference by control sample.

Keywords: Cellulose Nano Fiber, Activated Carbon, Cigarette, Carbon Monoxide, Tar.

H. Rahamin[1]
M. Jonoobi[2*]
M. Faezipour[3]

[1] Ph.D., Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[2] Associate Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

[3] Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
Mehdi.jonoobi@ut.ac.ir

Received: 2019/05/15
Accepted: 2019/06/16