

# بررسی خواص فیزیکی - شیمیایی منسوج کربن فعال تهیه شده از پارچه پنبه‌ای و پلی پروپیلن بی بافت

## Investigation of Physico-Chemical Properties of Activated Carbon Fabrics Prepared from Cotton Fabric and Nonwoven Polypropylene

راضیه صالحی<sup>۱</sup>، فاطمه داداشیان<sup>۲\*</sup>، محمد عابدی<sup>۳</sup>

۱- تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۱۵۸۷۵۴۴۱۳

۲- تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مهندسی نساجی و پژوهشکده محیط زیست، صندوق پستی ۱۵۸۷۵۴۴۱۳

۳- تهران، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده فناوری‌های شیمیایی، صندوق پستی ۳۳۱۳۱۹۳۶۸۵

### چکیده

بازیافت ضایعات صنایع نساجی شامل فرآیندهای تبدیل ضایعات به محصولات با ارزش، یکی از رویکردهای مهم جهت حفظ منابع می‌باشد. کربن فعال یکی از مهم‌ترین مواد جاذب برای حذف گازها و بخارات شیمیایی آلاینده است و مصرف آن در سال‌های اخیر افزایش یافته است. نوع ماده اولیه یکی از عوامل مهم است که ویژگی‌های کربن فعال تولیدی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این تحقیق از ضایعات پارچه پنبه‌ای به عنوان ماده اولیه ساخت منسوج کربن فعال با عامل فعال ساز اسید فسفریک استفاده شد. ضخامت، سختی خمشی، استحکام کششی و نفوذپذیری هوای نمونه‌های منسوج کربن فعال بصورت مجزا و همراه با لایه‌های پلی پروپیلن بی بافت اندازه‌گیری و ویژگی‌های شیمیایی منسوج کربن فعال توسط اندازه‌گیری عدد یدی، سطح ویژه BET و حجم حفره‌ها، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف نگاری فوتوالکترون پرتو ایکس (XPS) بررسی شد. منسوج کربن فعال تحت دمای فعال سازی ۵۵۰ درجه سانتی گراد، نسبت آغشته‌سازی ۱/۷۵، زمان فعال ساز ۶۰ دقیقه و نرخ افزایش دمای ۶ درجه سانتی گراد دارای بیشترین عدد یدی و کمترین سختی خمشی می‌باشد، بازده ابعادی نمونه حاصل شده در محدوده ۵۲/۵ و بازده وزنی ۲۹/۹ درصد بود. استفاده از لایه پلی پروپیلن بی بافت سبب افزایش استحکام منسوج کربن فعال شد. نتایج نشان داد، اسید فسفریک واکنش گر مناسبی برای فعال سازی پارچه پنبه‌ای بوده و قرار دادن منسوج کربن فعال تولید شده بین دو لایه پلی پروپیلن بی بافت، باعث بهبود خواص فیزیکی می‌گردد. بنابراین منسوج کربن فعال-پلی پروپیلن بی بافت تهیه شده برای کاربردهای مختلفی مانند ماسک‌های شیمیایی پیشنهاد می‌گردد.

### مقدمه

سه رویکرد کاهش ضایعات، استفاده مجدد و بازیافت آن‌ها مطرح است. بازیافت ضایعات نساجی شامل فرآیندهای تبدیل ضایعات به محصولات با ارزش، یکی از رویکردهای مهم جهت حفظ منابع می‌باشد [۱، ۲]. پژوهش‌های زیادی در مورد تهیه کربن فعال از منابع ضایعاتی بر پایه کربن انجام گرفته است که در بخش عمده‌ای از این تحقیقات، ضایعات کشاورزی [۷-۳] و به میزان کمتری الیاف و پارچه‌های نساجی به عنوان ماده اولیه برای تهیه کربن فعال استفاده شده است [۸-۱۱]. از بین الیاف نساجی برای تولید کربن فعال می‌توان به پیش‌ماده‌هایی همچون پلی آمیدنومکس، اکریلیک، پنبه، ویسکوز ریون، همپ، سیسال، بامبو و غیره اشاره کرد [۱۹-۱۲]. کربن فعال یکی از مهم‌ترین

امروزه با توجه به کاهش ذخایر انرژی از قبیل نفت، گاز و زغال سنگ و محدودیت این منابع و همچنین ضرورت حفظ محیط زیست که از مهم‌ترین نگرانی‌های جامعه امروز است، بشر به دنبال راه‌کارهایی جهت استفاده بهتر از منابع تجدیدناپذیر می‌باشد. یکی از این راهکارها بازیافت ضایعات است که موجب کاهش انرژی مصرفی و ارزان تر شدن کالای تولیدی می‌شود. متداول‌ترین روش‌های دفع ضایعات نساجی و منسوجات مستعمل دور ریختن، مدفون نمودن و سوزاندن است. این در حالی است که این ضایعات در حقیقت منبع بالقوه انرژی و ماده بوده و با مدیریت صحیح می‌توان آن‌ها را به چرخه تولید باز گرداند. امروزه در مدیریت ضایعات

### کلمات کلیدی

ضایعات پارچه پنبه‌ای، منسوج کربن فعال، خواص فیزیکی - شیمیایی، لایه پلی پروپیلن بی بافت، ساختار مزوحفره

\* مسئول مکاتبات، پیام نگار: dadashia@aut.ac.ir

جدول ۱- شرایط آزمایش تجربی در فرآیند تولید منسوج کربن فعال از پارچه پنبه‌ای.

نمونه	نسبت آغشته‌سازی	دمای فعال‌سازی (درجه سانتی‌گراد)	زمان فعال‌سازی (دقیقه)
A	۱/۷۵	۵۵۰	۶۰
B	۳/۰۰	۵۵۰	۴۵
C	۱/۷۵	۴۵۰	۴۵
D	۰/۵۰	۵۵۰	۴۵

## تجربیات

### شرح دستگاه

در انجام آزمایشات فیزیکی، سختی خمشی نمونه‌ها با دستگاه Shirley و استحکام آن‌ها با دستگاه‌های نسترون مدل ۵۵۶۶ اندازه‌گیری شد. برای تعیین ضخامت نمونه‌ها، از دستگاه ضخامت سنج پارچه با نیروی متغیر شرلی مدل SDOL34 استفاده شد. میزان عبور هوا از منسوج کربن فعال توسط دستگاه گذردهی هوا، مدل شرلی تعیین شد. برای اندازه‌گیری مساحت سطح و حجم تخلخل نمونه‌های منسوج کربن فعال تولید شده از روش BET و برای بررسی ساختار منسوج کربن فعال از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل Philips XL30 استفاده شد.

به منظور مطالعه شیمی سطح منسوج کربن فعال از طیف‌نگار فوتو الکترون پرتو ایکس (XPS)، مدل Thermofisher Scientific K-Al-pha و برای تعیین عدد یدی از استاندارد ASTM D4607-94 استفاده شد.

### روش آزمایش

در این تحقیق از پارچه صدرصد پنبه‌ای خام با تراکم تار ۱۹ برسانتی‌متر، تراکم پودی ۱۳ بر سانتی‌متر با بافت تافته و نمره نخ تار و پود ۶۴ تکس به عنوان ماده اولیه استفاده شد. لایه‌های منسوج بی‌بافت از جنس الیاف پلی‌پروپیلن با وزن مترمربع ۱۷، ۲۰ و ۲۵ گرم جهت افزایش استحکام منسوج کربن فعال استفاده شد. اسید فسفریک ۸۵ درصد به عنوان ماده فعال‌ساز مورد استفاده قرار گرفت.

برای آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا پارچه با استفاده از شوینده غیریونی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت شستشو و پس از آن خشک شد. سپس پارچه با ابعاد ۱۵×۱۰ سانتی‌متر با وزن متوسط ۷±۰/۲ گرم برش داده شد و با نسبت آغشته‌سازی متفاوت در اسید فسفریک به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفته و پس از گذشت این مدت در آن به مدت ۱ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. نمونه در کوره الکتریکی قابل برنامه‌ریزی در اتمسفر نیتروژن با دبی جریان ۵۰ میلی‌لیتر بر دقیقه ضمن تنظیم نرخ افزایش دما و مدت زمان ماند، فعال گردید. منسوج کربن فعال تولید شده پس از سرد شدن تا رسیدن به pH خنثی با آب مقطر در دمای جوش شستشو و خشک شد. آزمایشات سختی خمشی، استحکام کششی، نفوذپذیری هوا و ضخامت پارچه برای پی بردن به تاثیر کربونیزاسیون بر خواص فیزیکی پارچه انجام شد. نمونه‌ها در ابعاد ۱۵ در ۲/۵ سانتی‌متر برای اندازه‌گیری طول خمش استفاده شد. اندازه‌گیری طول خمش برای پارچه‌های پنبه‌ای در جهت تار، برای لایه‌های بی‌بافت در جهت طول و برای پارچه کربن فعال در یک جهت انجام شد. نمونه‌های مورد آزمایش در استحکام کششی شامل منسوج کربن فعال به تنهایی و به همراه نمونه‌های پلی‌پروپیلن بی‌بافت با وزن مترمربع‌های مختلف بدون جهت در نظر گرفته شد. نمونه‌هایی که در آزمایش‌های مربوط به گذردهی هوا استفاده شدند شامل پارچه پنبه‌ای، پارچه‌های کربن

مواد جاذب برای حذف گازها و بخارات شیمیایی آلاینده‌ها است و مصرف آن در سال‌های اخیر افزایش یافته است [۲۳-۲۰]. نوع ماده اولیه یکی از عوامل مهم است که ویژگی‌های کربن فعال تولیدی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. براساس نتایج تحقیقات انجام شده، بطور کلی مواد اولیه با مقدار سلولز بیشتر و لیگنین کمتر برای تولید کربن فعال مناسب‌ترند. مساحت سطحی کربن فعال لیفی حاصل شده از الیاف نساجی عمدتاً در محدوده ۷۰۰ تا ۱۲۰۰ مترمربع بر گرم گزارش شده است. در سال‌های اخیر میزان تولید الیاف نساجی در جهان به بیش از ۸۲ میلیون تن در سال رسیده است، که چیزی در حدود ۴۰ درصد این مقدار را الیاف سلولزی تشکیل می‌دهند [۲]. با توجه به بالا بودن درصد سلولز در پنبه و انجام نگرفتن تحقیقات جامع در زمینه تولید کربن فعال از پنبه، تهیه آن از الیاف پنبه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی استفاده از کربن فعال به صورت پودر و گرانول رایج بوده اما استفاده از پارچه‌های کربن فعال بدون استفاده از پودر و گرانول هنوز در مرحله تحقیقاتی قرار دارد.

استفاده از پارچه کربن فعال در مقابل پودر و گرانول دارای مزیت‌هایی است که از جمله می‌توان به نگهداری و بکارگیری آسان پارچه در ابعاد و وزن‌های متناسب با کاربرد اشاره نمود. به عنوان مثال پارچه کربن فعال به راحتی در تهیه فیلتر در ماسک‌های جاذب قابل استفاده است، در حالی که پودر و گرانول باید روی سطح پوشش داده شود و مسائلی مانند انتخاب سطح مناسب و مراحل پوشش مورد نیاز است که موجب هزینه بیشتر تولید می‌شود. در تهیه کربن فعال، مواد شیمیایی متفاوتی تا به امروز جهت فعال‌سازی استفاده شده است، از جمله اسید فسفریک، کلریدروی، هیدروکسیدپتاسیم، دیدپتاسیم و غیره. اسید فسفریک با توجه به تولید ساختار متخلخل کربن فعال و بازده مناسب، موثرترین عامل فعال‌ساز است، این ماده دارای اثرات مخرب زیست‌محیطی کمی است.

در این تحقیق، هدف تهیه منسوج کربن فعال از ضایعات پارچه پنبه‌ای با استفاده از عامل فعال‌ساز اسید فسفریک و افزایش خواص فیزیکی و مکانیکی آن با استفاده از لایه‌های پلی‌پروپیلن بی‌بافت است. خواص فیزیکی منسوج کربن فعال-پلی‌پروپیلن از قبیل سختی خمشی، استحکام کششی، نفوذپذیری هوا و ضخامت اندازه‌گیری و ویژگی‌های شیمیایی منسوج کربن فعال از جمله مساحت سطح ویژه BET و حجم حفره‌ها، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌نگاری فوتو الکترون پرتو ایکس (XPS) بررسی می‌شود.

نمونه B به دلیل نسبت آغشته‌سازی بالا با اسید فسفریک تحت تاثیر دما، تخریب برخی از الیاف مشاهده می‌شود و لذا قابلیت اندازه‌گیری بیشتر آزمون‌های فیزیکی را نداشت. صرف نظر از نمونه B، با توجه به اینکه نمونه A هم از نظر نسبت آغشته‌سازی، دمای فعال‌سازی و زمان فعال‌سازی در مقایسه با نمونه C و D، شرایط شدیدتری داشت، فعال‌سازی بهتر انجام شده و بنابراین عدد یدی آن نیز بیشتر بود، اما بطور کلی بازده وزنی و ابعادی به میزان کمی تحت تاثیر عوامل فعال‌سازی بالاتر قرار گرفته و کاهش یافته است.

### تاثیر کربونیزاسیون بر طول خمش

نتایج آزمایش‌ها در جدول ۳ نشان می‌دهد که منسوج کربن فعال تولیدی دارای سختی خمشی کمتری نسبت به پارچه پنبه‌ای است، در واقع عملیات کربونیزاسیون سبب انعطاف‌پذیری بیشتر نمونه‌ها شده است و نمونه A که دارای شرایط فعال‌سازی حادتری (نسبت آغشته‌سازی، زمان و دمای فعال‌سازی بالاتر) نسبت به دو نمونه C و D بوده است، سختی خمشی کمتری نیز دارد. سختی خمشی لایه پلی‌پروپیلن بی‌بافت نسبت به پارچه پنبه‌ای و منسوج کربن فعال، مقدار بالاتری می‌باشد و نمونه‌های پلی‌پروپیلن بی‌بافت با وزن مترمربع بالاتر سختی خمشی بیشتر و در واقع انعطاف‌پذیری کمتری دارد.

### تاثیر کربونیزاسیون بر مقاومت کششی پارچه

مقاومت کششی پارچه تعیین‌کننده بسیاری از رفتارهای فیزیکی و مکانیکی پارچه بوده و یکی از عوامل تعیین‌کننده مصرف نهایی پارچه نیز می‌باشد. نتایج آزمایشات مربوط به مقاومت کششی نمونه‌های منسوج کربن فعال به همراه نمونه‌های بی‌بافت با وزن مترمربع‌های مختلف در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد از میان سه عامل فعال‌سازی (نسبت آغشته‌سازی، دمای فعال‌سازی و زمان

جدول ۲- نتایج حاصل شده از اندازه‌گیری بازده وزنی و ابعادی و عدد یدی منسوج کربن فعال.

نمونه	بازده ابعادی (%)	بازده وزنی (%)	عدد یدی
A	۵۲/۵	۲۹/۹	۶۹۷
B	-	۱۸/۶	-
C	۵۰/۰	۳۱/۳	۵۰۱
D	۵۴/۲	۳۳/۴	۵۲۷

فعال به صورت منفرد و بالاییه پلی‌پروپیلن بی‌بافت بود. ضخامت پارچه پنبه‌ای، منسوج کربن فعال حاصل شده از پارچه پنبه‌ای و منسوج پلی‌پروپیلن بی‌بافت در وزن متر مربع‌های مختلف نیز اندازه‌گیری شد. در جدول ۱ شرایط تهیه منسوج کربن فعال از پارچه پنبه‌ای توسط ماده فعال‌ساز اسید فسفریک ارائه شده است، لازم به ذکر است که سرعت افزایش دما در همه آزمایش‌ها ۶ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه بوده است.

### نتایج و بحث

### تاثیر کربونیزاسیون بر بازده ابعادی و وزنی و عدد یدی

پارچه پنبه‌ای با ابعاد ۱۵×۱۰ سانتی‌متر با وزن متوسط  $7 \pm 0.2$  گرم برش داده شد و مطابق شرایط آزمایش جدول ۱ در کوره الکتریکی قرار گرفت، در جدول ۲، بازده وزنی و ابعادی آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در نمونه D بخاطر نسبت آغشته‌سازی کمتر ماده فعال‌ساز، الیاف پنبه مورد آسیب کمتری قرار گرفته‌اند و در نتیجه بازده وزنی و ابعادی بیشتر نسبت به نمونه‌های دیگر دارد. در

جدول ۳- سختی خمشی لایه پلی‌پروپیلن بی‌بافت، پارچه پنبه‌ای و منسوج کربن فعال حاصل شده از پارچه پنبه‌ای.

سختی خمشی	ابعادی	نمونه پلی‌پروپیلن بی‌بافت					
۸/۱۵	۲/۱۹	طول خمش وزن مترمربع ۱۷					
		۲/۳۵	۲/۱۰	۲/۲۰	۲/۲۵	۲/۰۵	
۱۱/۱۴	۲/۳۶	طول خمش وزن مترمربع ۲۰					
		۲/۴۵	۲/۵۰	۲/۴۵	۲/۳۰	۲/۱۰	
۱۴/۰۴	۲/۳۷	طول خمش وزن مترمربع ۲۵					
		۲/۵۰	۲/۲۰	۲/۲۰	۲/۶۵	۲/۳۰	
۲۴۳	۱/۸۵	طول خمشی پارچه پنبه‌ای					
		۱/۷۰	۱/۹۰	۲/۱۰	۱/۷۵	۱/۸	
طول خمشی نمونه‌های کربن فعال							
۳۴/۱	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۹۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	نمونه A
۶۴/۳۲	۱/۲۴	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۰	۱/۲۵	نمونه C
۵۲/۵۳	۱/۰۲	۰/۹۵	۰/۹۵	۱/۱۵	۱/۰۵	۰/۹۵	نمونه D

جدول ۴- مقاومت کششی نمونه‌های منسوج کربن فعال و نمونه‌های پلی‌پروپیلن بی‌بافت با وزن مترمربع‌های مختلف.

منسوج کربن فعال	نمونه بی‌بافت (وزن مترمربع)	نیروی ازم‌گسیختگی (نیوتن)
نمونه A	۱۷	۱۶/۶۲
	۲۰	۲۰/۲۷
	۲۵	۲۴/۵۱
نمونه B	۱۷	۱۹/۳۸
	۲۰	۲۳/۰۱
	۲۵	۲۷/۴۱
نمونه C	۱۷	۱۶/۷۱
	۲۰	۲۰/۱۱
	۲۵	۲۴/۵۹

با توجه به اعداد نمودارهای بالا، نمونه D نسبت به دو نمونه A و C میزان گذردهی هوا بالاتری دارد که با بازده ابعادی نمونه رابطه عکس دارد، در واقع جمع‌شدگی پارچه سبب کاهش میزان گذردهی هوا می‌گردد.

میزان گذردهی هوای پارچه پنبه‌ای در مقایسه با نمونه‌های کربن فعال مقدار بیشتری می‌باشد، در واقع کاهش ابعاد منسوج کربن فعال حاصل شده از پارچه پنبه‌ای و جمع‌شدن پارچه دلیلی بر کاهش میزان گذردهی هوا می‌باشد. اعداد گزارش شده برای پارچه پنبه‌ای ۱۳۵/۸ و برای نمونه‌های کربن فعال A، C و D به ترتیب ۴۳، ۴۵ و ۷۲/۴ می‌باشد.

### تأثیر کربونیزاسیون بر ضخامت

ضخامت پارچه یکی از شاخص‌های فیزیکی پارچه است. در جدول ۵ ضخامت پارچه پنبه‌ای، منسوج کربن فعال حاصل شده از پارچه پنبه‌ای و منسوج پلی‌پروپیلن بی‌بافت در وزن مترمربع‌های مختلف آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد اگرچه عملیات کربونیزاسیون بر ضخامت پارچه تولیدی تأثیرگذار می‌باشد و پس از کربونیزاسیون تولید منسوج کربن فعال، میزان ضخامت کاهش یافته است، اما شرایط مختلف فعال‌سازی تأثیری بر اختلاف ضخامت نمونه‌ها نداشته و این اختلاف را می‌توان به نایکنواختی پارچه اولیه نسبت داد.

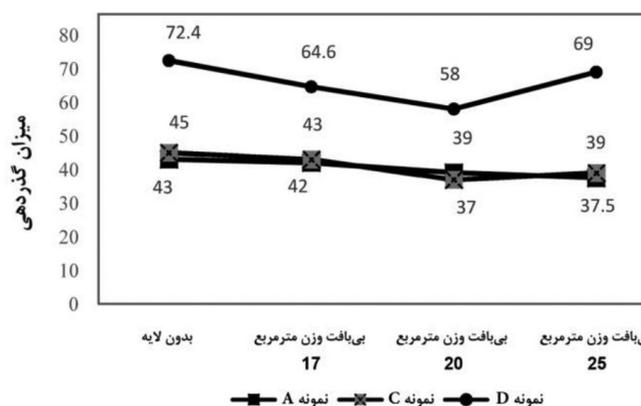
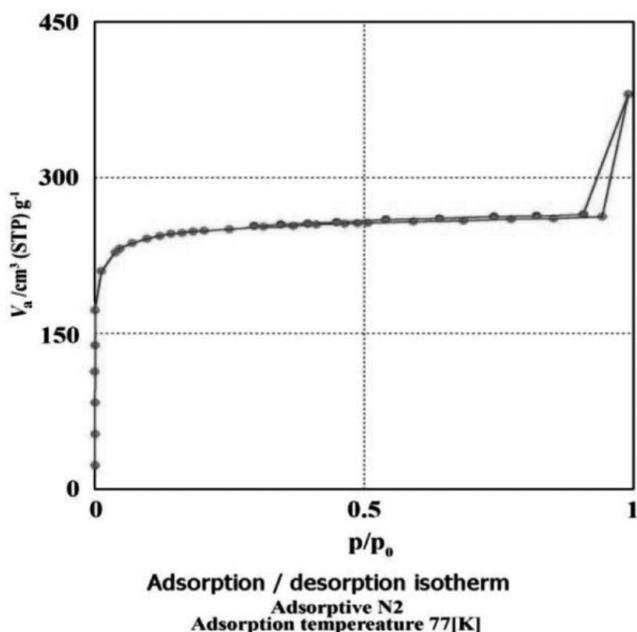
### آزمون BET

آزمون BET بر روی منسوج کربن فعال (نمونه A) انجام شد، نتایج نشان داد سطح ویژه BET نمونه ۹۶۱  $\text{A m}^2/\text{g}$ ، حجم کلی حفرات  $\text{g/cm}^3$  ۰/۵۸۷ و متوسط قطر حفرات ۲/۴ نانومتر به دست آمد. همچنین با توجه

فعال‌سازی، تأثیر دما بیشتر از دو عامل دیگر است، همانطور که از نمونه A و C مشاهده می‌شود، افزایش دمای فعال‌سازی به همراه افزایش زمان فعال‌سازی سبب کاهش استحکام می‌شود. نتایج حاصل شده از نمونه A و D بیانگر این مطلب است که استحکام این دو نمونه که نسبت آغشته‌سازی متفاوت ولی دمای فعال‌سازی یکسانی دارند، در یک محدوده می‌باشد، بنابر این نسبت آغشته‌سازی کمترین تأثیر را بر روی استحکام دارد. مقایسه نمونه C و D موید این مطلب است، که نقش دمای فعال‌سازی بر روی کاهش استحکام بسیار موثرتر از نسبت آغشته‌سازی می‌باشد. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد کلیه نمونه‌های منسوج کربن فعال پوشش داده شده با منسوج پلی‌پروپیلن بی‌بافت با وزن مترمربع ۲۵ دارای بیشترین استحکام است.

### تأثیر کربونیزاسیون بر گذردهی هوا

میزان گذردهی هوا از میان نمونه‌های کربن فعال که در شرایط مختلف آماده‌سازی شده‌اند، به همراه لایه‌های پلی‌پروپیلن بی‌بافت با وزن مترمربع‌های مختلف و بدون لایه بی‌بافت در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- میزان گذردهی هوا در نمونه‌های کربن فعال بدون لایه بی‌بافت و به همراه لایه‌های پلی‌پروپیلن بی‌بافت.

شکل ۲- نمودار ایزوترم جذب و واجذب نیتروژن نمونه کربن فعال A.

جدول ۵- ضخامت پارچه پنبه‌ای، منسوج کربن فعال حاصل شده از پارچه پنبه‌ای و منسوج پلی‌پروپیلن بی‌بافت.

نمونه	پارچه پنبه‌ای	نمونه A	نمونه B	نمونه C	نمونه D	بی‌بافت وزن مترمربع ۱۷	بی‌بافت وزن مترمربع ۲۰	بی‌بافت وزن مترمربع ۲۵
	۰/۵۹	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲
	۰/۵۸	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۱۹
	۰/۵۶	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۲
	۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۲۱
ضخامت (میلی‌متر)	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۲۴
	۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۵
	۰/۵۴	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۲۴
	۰/۵۵	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۲	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۲۲
	۰/۵۲	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۲۴
	۰/۵۲	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۲۰	۰/۱۶	۰/۲۵
میانگین	۰/۵۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۲۳

فعال بطور کلی شامل کربن با کسر اتمی ۸۴/۴۶٪ و اکسیژن با کسر اتمی ۱۳/۹۴٪ می‌باشد که نشان می‌دهد نمونه کربونیزه شده حاوی گروه‌های عاملی اکسیژن‌دار است، بنابراین علاوه بر توانایی جذب فیزیکی دارای قابلیت جذب شیمیایی نیز می‌باشد.

به طبقه‌بندی آیوپاک، نمودار جذب و واجدب گاز نیتروژن که در شکل ۲ نشان داده شده است، مشابه ایزوترم نوع اول می‌باشد که با نام لانگمیر خوانده می‌شود و برای ترکیباتی مزوحفره مناسب است [۲۴].

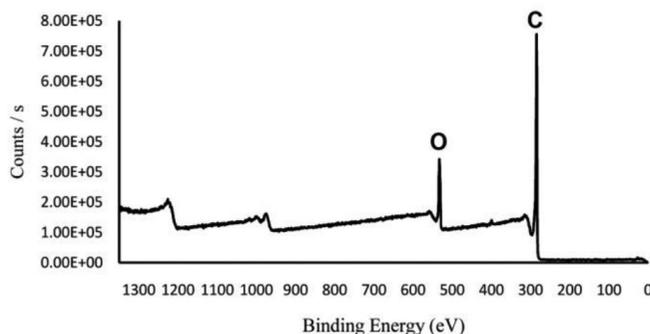
### تصاویر میکروسکوپی SEM

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه کربن فعال تهیه شده با بزرگنمایی‌های مختلف در شکل ۳ آورده شده است. از شکل ۳-الف به خوبی مشاهده می‌شود که تراکم تار و پودی ساختار اولیه پارچه به خوبی حفظ شده است. در شکل ۳-ب چین خوردگی و حفرات در الیاف به خوبی مشاهده می‌شود.

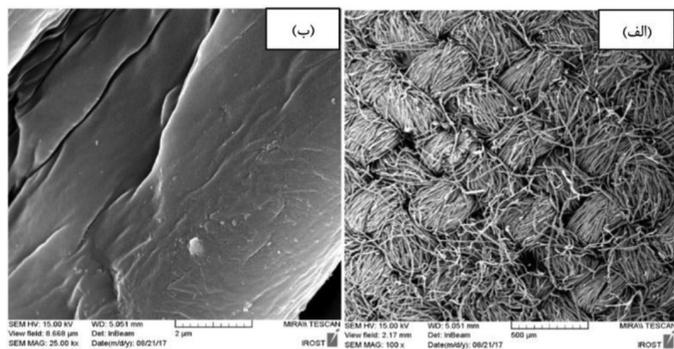
### طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتو ایکس (XPS)

به منظور مطالعه شیمی سطح منسوج کربن فعال، از طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتو ایکس استفاده شد. اسکن کلی منسوج کربن فعال (نمونه A) در شکل ۳، نشان‌دهنده دو پیک قوی C1s و O1s به ترتیب در ۲۸۵ و ۵۳۳ الکترون ولت می‌باشد که نشان‌دهنده حضور مقدار زیادی کربن و اکسیژن بر روی سطح نمونه است. منسوج کربن

هدف از انجام این پژوهش، تهیه منسوج کربن فعال با استفاده از ضایعات پارچه پنبه‌ای به روش شیمیایی با عامل فعال‌ساز اسید فسفریک بود. با توجه به اینکه کربن‌های فعال جاذب‌هایی مناسب می‌باشند، با قرار دادن منسوج کربن فعال تولیدی بین لایه پلی‌پروپیلن بی‌بافت با وزن مترمربع‌های مختلف، خواص فیزیکی آن از جمله سختی خمشی، استحکام کششی، نفوذپذیری هوا و ضخامت بررسی شد. همچنین ویژگی‌های شیمیایی منسوج کربن فعال از جمله مساحت سطح ویژه BET، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌نگاری فوتوالکترون پرتو ایکس (XPS) بررسی شد. بر اساس نتایج بدست



شکل ۴- طیف نگاری فوتوالکترون پرتو ایکس (XPS) نمونه کربن فعال تهیه شده.



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نمونه کربن فعال تهیه شده با بزرگنمایی (الف) ۵۰۰ μm و (ب) ۲ μm.

۲/۴ نانومتر اندازه‌گیری گردید. نتایج آزمون XPS نشان می‌دهد که کربن فعال، محتوی ۸۴/۴۶٪ درصد کربن، ۱۳/۹۴٪ درصد اکسیژن می‌باشد که نشان‌دهنده بازده مناسب فرآیند کربونیزاسیون و نیز حضور گروه‌های اکسیژنه در سطح کربن فعال است. نتایج این کار تحقیقاتی نشان داد، با قرار دادن منسوج کربن فعال بین دولایه پلی‌پروپیلن، خواص فیزیکی آن بهبود می‌یابد و با توجه به مساحت سطحی بالای منسوج کربن فعال، استفاده از آن جهت جذب آلاینده‌های گازی و ترکیبات آلی فرار در ستون‌های جذب یا ماسک‌های شیمیایی مفید می‌باشد.

### تقدیر و تشکر

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه دکتری با عنوان "تبدیل پارچه پنبه‌ای به منسوج کربن فعال و کاربرد آن در جذب آلاینده‌های بنزن/تولون و زایلین از هوا" می‌باشد که مصوب وزارت علوم، تحقیقات و فناوری بوده و با حمایت دانشگاه صنعتی امیرکبیر اجرا شده است. بدینوسیله از همکاری تمامی کسانی که ما را در انجام آن یاری نموده‌اند، سپاسگزاریم.

### منابع

- O'Neill. T. J., Life Cycle Assessment and Environmental Impact of Polymeric Products, iSmithers Rapra Publishing., United Kingdom, 2002.
- Ryszard KM., Maria MT., Malgorzata M., Jorge BB., Future of natural fibers, their coexistence and competition with man-made fibers in 21st century, Mol. Cryst. Liq. Cryst., 556, 200–22, 2012.
- Kaghazchi T., Kolur NA., Soleimani M., Licorice residue and Pistachio-nut shell mixture: A promising precursor for activated carbon, J. Ind. Eng. Chem., 16, 368–74, 2010.
- Faramarzi AH., Kaghazchi T., Ebrahim HA., Ebrahimi AA., A Mathematical Model for Prediction of Pore Size Distribution Development during Activated Carbon Preparation, Chem. Eng. Commun., 202, 131–43, 2015.
- Asadi-Kesheh R., Mohtashami SA., Kaghazchi T., Asasian N., Soleimani M., Bagasse-Based Adsorbents for Gold Recovery from Aqueous Solutions, Sep. Sci. Technol., 50, 223–32, 2015.
- Hoseinzadeh Hesas R., Wan Daud WMA., Sahu JN., Arami-Niya, A., The effects of a microwave heating method on the production of activated carbon from agricultural waste: A review, J. Anal. Appl. Pyrolysis., 100, 1–11, 2013.
- Açıkıldız M., Gürses A., Karaca S., Preparation and characterization of activated carbon from plant wastes with chemical activation, Microporous Mesoporous Mater., 198, 45–9, 2014.
- Ramos ME., Bonelli PR., Cukierman AL., Physico-chemical and electrical properties of activated carbon cloths. Effect of inherent nature of the fabric precursor, Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp., 324, 86–92, 2008.
- Cukierman AL., Development and Environmental Applications of Activated Carbon Cloths, ISRN Chem. Eng., 2013, 25–9, 2013.
- Metivier-Pignon H., Faur C., Cloirec P Le., Adsorption of dyes onto activated carbon cloth: Using QSPRs as tools to approach adsorption mechanisms, Chemosphere., 66, 887–93, 2007.
- Ramos ME., Bonelli PR., Blacher S., Ribeiro Carrott MML., Carrott PJM., Cukierman a. L., Effect of the activating agent on physico-chemical and electrical properties of activated carbon cloths developed from a novel cellulosic precursor, Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp., 378, 87–93, 2011.
- Suárez-García F., Martínez-Alonso A., Tascón JMD., Activated carbon fibers from Nomex by chemical activation with phosphoric acid, Carbon., 42, 1419–26, 2004.

13. Chiang YC., Lee CY., Lee HC., Surface chemistry of polyacrylonitrile- and rayon-based activated carbon fibers after post-heat treatment, *Mater. Chem. Phys.*, 101, 199–210, 2007.
14. Ekrami E., Dadashian F., Soleimani M., Waste cotton fibers based activated carbon: Optimization of process and product characterization, *Fibers Polym.*, 15, 1855–64, 2014.
15. Ramos ME., Gonzalez JD., Bonelli PR., Cukierman AL., Effect of process conditions on physicochemical and electrical characteristics of denim-based activated carbon cloths, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 46, 1167–73, 2007.
16. Su C-I., Zeng Z-L., Peng C-C., Lu C-H., Effect of temperature and activators on the characteristics of activated carbon fibers prepared from viscose-rayon knitted fabrics, *Fibers Polym.*, 13, 21-27, 2012.
17. Yang R., Liu G., Xu X., Li M., Zhang J., Hao X., Surface texture, chemistry and adsorption properties of acid blue 9 of hemp (*Cannabis sativa L.*) bast-based activated carbon fibers prepared by phosphoric acid activation., *Biomass and Bioenergy.*, 35, 437–45, 2011.
18. Mestre AS., Bexiga AS., Proença M., Andrade M., Pinto ML., Matos I., et al., Activated carbons from sisal waste by chemical activation with  $K_2CO_3$ : Kinetics of paracetamol and ibuprofen removal from aqueous solution, *Bioresour. Technol.*, 102, 8253–60, 2011.
19. González PG., Hernández-Quiroz T., García-González L., The use of experimental design and response surface methodologies for the synthesis of chemically activated carbons produced from bamboo, *Fuel Process. Technol.*, 127, 133–9, 2014.
20. [20] Klasson KT., Wartelle LH., Lima IM., Marshall WE., Akin DE., Activated carbons from flax shive and cotton gin waste as environmental adsorbents for the chlorinated hydrocarbon trichloroethylene, *Bioresour. Technol.*, 100, 5045–50, 2009.
21. Mohamad Nor N., Lau LC., Lee KT., Mohamed AR., Synthesis of activated carbon from lignocellulosic biomass and its applications in air pollution control—a review, *J. Environ. Chem. Eng.*, 1, 658–66, 2013.
22. Jahangiri M., Shahtaheri SJ., Adl J., Rashidi A., Kakooei H., Forushani AR., et al., The adsorption of benzene, toluene and xylenes (BTX) on the carbon nanostructures: The study of different parameters. *Sciences, Fresen Environ Bull.*, 20, 1036–45, 2011.
23. Vargas D., Giraldo L., Silvestre-Albero J., et al.,  $CO_2$  adsorption on binderless activated carbon monoliths, *Adsorption.*, 17, 497-504, 2011.
24. Nabais JV., Carrott P., Ribeiro Carrott MML., Luz V., Ortiz AL., Influence of preparation conditions in the textural and chemical properties of activated carbons from a novel biomass precursor: The coffee endocarp. *Bioresour. Technol.*, 99, 7224–31, 2008.

