

بررسی ساختار و خواص آبدوستی غشای PSF/PEG با افزودن نانو ذرات SiO₂

فتانه سعیدی* | رامین ظفر مهربان

گروه شیمی، واحد گرگان، دانشگاه آزاد اسلامی، گرگان

چکیده

در این تحقیق، غشاهای نانوکامپوزیت پلی سولفونی به روش جدایی فاز تهیه شدند. درصد های وزنی متفاوتی از نانو ذرات SiO₂ به عنوان افزودنی های معدنی برای بهبود خواص آبدوستی غشای PSF/PEG افزوده شدند. ترکیب غشاهای بهبود یافته با نانو ذرات SiO₂، توسط اسپکتروسکوپی مادون قرمز تبدیل فوریه تأیید شدند. تصاویر سطح و سطح مقطع نمونه های تهیه شده با میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی شدند. خواص آبدوستی نانوکامپوزیت های تهیه شده، با آزمون های اندازه گیری زاویه تماس قطره آب و میزان جذب آب در pH های مختلف بررسی شدند. نتایج نشان داند که افزودن نانو ذرات SiO₂ تا ۵٪ وزنی، خواص آبدوستی را به طرز چشمگیری افزایش می دهد.

واژگان کلیدی: آبدوستی، پلی اتیلن گلیکول، پلی سولفون، غشای نانوکامپوزیتی، نانوذرات SiO₂.

۱ مقدمه

در حال حاضر غشاها جایگاه ویژه ای در صنایع مختلف پیدا کرده اند و کاربردهای وسیعی در زمینه های گوناگون جداسازی، اعم از محلول های مایع و گازهای مختلف دارند که از آن جمله می توان به کاربرد آنها در صنایع غذایی و لبنی، صنایع شیمیایی برای جداسازی گازها، صنعت تصفیه آب و پساب برای حذف آلاینده های گوناگون نام برد [۱]. به طور کل، غشای مانعی گفته می شود که دو فاز را جدا نموده و انتقال انواع مواد شیمیایی را به نحو خاصی کنترل می نماید. امروزه کاربرد انواع مختلفی از غشاهای پلیمری با پایه پلی سولفون، در صنایع مختلف بسیار مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. پلی سولفون یکی از پرکاربردترین موادی است که در تولید انواع مختلف غشاها استفاده می شود.

این پلیمر دارای حلقه های فنیلی تکرار شونده می باشد که پایداری شیمیایی و ساختاری خوبی را به وجود می آورند و در نتیجه پایداری ابعاد و استحکام غشاء را افزایش می دهد. از این رو به طور گسترده در کاربردهای انواع غشاء استفاده می شود [۲]. پلی سولفون ذاتاً خاصیت آبگریزی دارد و استفاده از آن در صنایع تصفیه آب با محدودیت هایی به دلیل گرفتگی منافذ غشاء همراه شده است. رفع عیوب پلی سولفون را می توان با تهیه کامپوزیت آن با مواد دیگر برطرف نمود [۳]. کامپوزیت، ماده همگنی می باشد که از ترکیب دو یا چند جزء، جهت دستیابی به خواص مطلوب به وجود می آید. کامپوزیت های پلیمری همانند دیگر کامپوزیت ها از دو فاز پیوسته (بستر) و غیر پیوسته (تقویت کننده) تشکیل می شوند. نانو کامپوزیت های پلیمری، نسل جدیدی از مواد هستند که شامل یک ماتریس پلیمری و کمتر از ۱۰ درصد وزن ی از تقویت کننده نانومتری می باشند [۴]. یکی از روش های تهیه غشاهای کامپوزیتی، روش جدایی فاز می باشد که شامل تبادل حلال و ورود ضدحلال و ته نشینی غشاء در حمام ضد حلال می باشد. با خروج حلال و حل شدن آن در ضد حلال، منافذ غشاء تشکیل می شود و با رسوب و ته نشینی پلیمر در مایع ضدحلال بدنه غشاء تشکیل می شود [۵].

عوامل زیادی از جمله افزودنی های پلیمری و معدنی بر تشکیل بدنه و منافذ غشاء تاثیر می گذارند. از آن جمله می توان به استفاده از افزودنی پلیمری پلی اتیلن گلیکول به منظور تشکیل منافذ مناسب در غشاء و ایجاد خاصیت آبدوستی آن اشاره نمود. در تحقیقی که توسط ژو و همکارانش انجام شد، مشاهده شد که با اضافه کردن افزودنی پلیمری پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ به ماتریس پلیمری پلی اتر ایمید، دمای انتقال شیشه ای آن کاهش می یابد و این نشان دهنده ی افزایش خواص آبدوستی غشای

کامپوزیتی PEG/PEI بوده است [۶].

تهیه شده به منظور بررسی خواص آبدوستی، از طریق آزمون‌های زاویه تماس قطره آب و جذب آب در محیط‌هایی با pH مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین، ساختار غشاهای تهیه شده توسط آزمون‌های SEM، FTIR، XRD و اندازه منافذ غشاهای مختلف تهیه شده، با درصد متفاوت نانو ذرات سیلیکون دی‌اکسید مشخص شدند.

۲ بخش تجربی

مواد و تجهیزات

از پلیمر پلی‌سولفون (PSF, $M_w = 22,000 \text{ g/mol}$) به عنوان پلیمر پایه و از پلیمر پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG, $M_w = 6,000 \text{ g/mol}$) به عنوان افزودنی پلیمری از شرکت سیگما آلد ریچ آمریکا خریداری شد. نانو ذرات SiO_2 (با اندازه ۲۰-۱۵ نانومتر) به عنوان افزودنی معدنی از شرکت تحقیقات نانو مواد آمریکا خریداری شد. N,N-دی‌متیل استامید، به عنوان حلال از شرکت مرک آلمان با خلوص ۹۹/۸٪ خریداری شد.

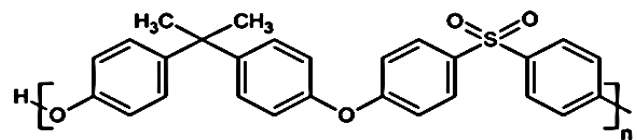
ترکیب شیمیایی سطح غشاهای نانوکامپوزیتی با استفاده از بازتاب امواج مادون قرمز دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز (FT-IR) (WQF-510, Rayleigh ساخت کشور چین)، ثبت شد. اندازه‌گیری‌ها در دمای اتاق انجام شد. محدوده اندازه‌گیری طول موج $4200\text{--}600 \text{ cm}^{-1}$ با دقت 1 cm^{-1} بود.

جدول ۱ | ترکیب مواد محلول‌های قالب‌ریزی غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده.

شماره غشاء	PSF (wt%)	DMAc (wt%)	۶۰۰۰ (wt%)	SiO_2 (wt%)
PSF-۰	۲۳	۷۲	۵	-
PSF-۱	۲۳	۷۲	۵	۱
PSF-۳	۲۳	۷۲	۵	۳
PSF-۵	۲۳	۷۲	۵	۵

ریخت‌شناسی سطح و سطح مقطع غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده، با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) با ۱۵ KV بررسی شد. برای مشاهده سطح مقطع نمونه‌های نانوکامپوزیت غشایی تهیه شده، ابتدا نمونه‌ها در مخزن نیتروژن مایع برای به‌دست آمدن سطحی صاف و بدون عیب شکسته و در دمای اتاق خشک و با لایه نازکی از طلا پوشیده شدند. از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی LEO مدل 1430VP ساخت کشور

نانوکامپوزیت‌هایی با افزودنی پلیمری و یا غیر پلیمری (مانند افزودنی‌های معدنی سیلیکا، خاک رس...) با ایجاد منافذ در حد نانو نسبت به منافذ میکرو، بهبود خواص بهتری را به وجود آوردند [۷ و ۸]. از جمله نانوذراتی که برای بهبود غشاهای پلی‌سولفونی به کار برده شده است می‌توان به نانوذرات زیرکونیم اکسید، نانوذرات سیلیکا [۹]، نانوذرات کلسیم کربنات [۱۰] و همچنین اضافه کردن نانوتیوب‌های تیتانیوم دی‌اکسید به کامپوزیت پلی‌سولفون / کیتوزان و بهبود خواص آبدوستی و اندازه منافذ غشایی آن نیز اشاره نمود [۱۱].



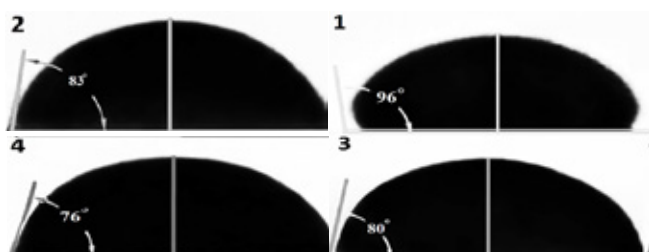
شکل ۱ | ساختار پلیمر پلی‌سولفون.

یکی از نانوذرات معدنی که به دلیل ایجاد تغییرات فیزیکی و شیمیایی مناسب در کامپوزیت‌ها، به طور متداول برای بهبود خواص آنها به ماتریس پلیمر افزوده می‌شود، نانوذرات سیلیکون دی‌اکسید می‌باشد [۱۲]. سیلیکون دی‌اکسید یا سیلیکا فراوان‌ترین ماده سازنده پوسته زمین می‌باشد. این ترکیب با فرمول شیمیایی SiO_2 ساختاری شبیه الماس دارد و ماده‌ای بلوری و سفیدرنگ است. دمای ذوب و جوش آن نسبتاً زیاد است و در طبیعت به دو شکل بلوری و آمورف (بی‌شکل) یافت می‌شود. در میان نانو ذرات معدنی معروف پرکاربرد، سیلیکا (SiO_2) اغلب به دلیل عملکرد مناسب، واکنش‌پذیری کم و خواص شیمیایی خوب، به کار برده شده است [۱۳]. نانوذرات سیلیس بدون منفذ، خواص انتقال پلیمرها به‌ویژه پلی‌سولفون (PSF) را به خوبی بهبود می‌دهند [۱۴]. افزودن نانوذرات سیلیکا به ماتریس پلیمری غشاهای پلیمری، به منظور کاربرد در مصارف تصفیه آب، افزایش خواص آبدوستی غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده را به دنبال داشته است که با انجام تست‌های مختلف در تحقیقات بسیاری تایید شده است [۱۵ و ۱۶].

در این تحقیق، نانو ذرات SiO_2 با درصد مقادیر متفاوت، به ماتریس پلیمری با پایه پلی‌سولفون افزوده شد. غشاهای نانوکامپوزیتی به روش جدایی فاز تهیه شدند. عملکرد غشاهای

بررسی خواص آبدوستی

تست‌های اندازه‌گیری زاویه تماس قطره آب براساس استاندارد ASTM D5946 و میزان جذب آب با pH متفاوت با استناد به روش کومر و همکارانش به منظور بررسی تاثیر مقادیر مختلف نانو ذرات SiO₂ در میزان آبدوستی پوسته غشاهای PSF/PEG انجام شدند. برای بررسی میزان جذب آب، نمونه‌های تهیه شده با ابعاد ۱ cm^۲ قبل از انجام آزمایش در آون به خوبی خشک شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد [۱۸]. غشاها به مدت ۲۴ ساعت برای بررسی میزان جذب آب در محلول‌های بافری ۴، ۷ و ۱۱ غوطه‌ور شدند، سپس وزن مرطوب آنها اندازه‌گیری شدند.



شکل ۲ | تصاویر زاویه تماس قطره آب با سطح نانوکامپوزیت‌های تهیه شده: (۱) PSF-۰، (۲) PSF-۱، (۳) PSF-۳، (۴) PSF-۵.

وزن غشاهای متورم شده در محلول‌های آبی با استفاده از رابطه جذب آب ذکر شده در زیر اندازه‌گیری شدند:

$$\% \text{ جذب آب} = \frac{Ww - Wd}{Wd} \times 100$$

در معادله جذب آب، Ww وزن غشاهای متورم شده در آب و Wd وزن خشک غشاهای تهیه شده می باشد.

۳ نتایج و بحث

بررسی نتایج FT-IR

طیف‌های FTIR همه ی نمونه های غشایی تهیه شده با درصد‌های وزنی ۱، ۳، ۵ و درصد وزنی از نانو ذرات SiO₂ در شکل ۳ نشان داده شده است. وجود گروه سولفون پلیمر پلی سولفون در تمام پیک های ۱۱۰۵ cm⁻¹ و ۱۱۵۰ cm⁻¹ طیف های FTIR شناسایی و تایید شدند.

آلمان برای تصویربرداری از نمونه‌های تهیه شده استفاده شد.

تاثیر نانو ذرات بر میزان بلورینگی غشاهای تهیه شده با پراکنش پرتو (Bruker D8 Advance, X)، ساخت آلمان، بررسی شدند.

روش آزمایش

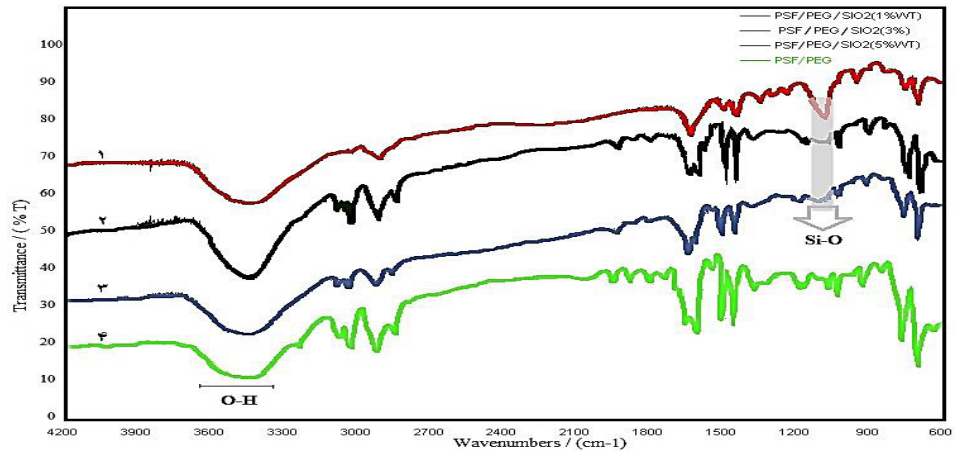
تهیه غشاهای نانوکامپوزیتی PSF/PEG/SiO₂

قبل از انجام آزمایش، پلی سولفون به مدت ۱۲ ساعت در دمای ۴۰°C خشک شد. غشاهای نانوکامپوزیتی با روش تغییر فاز محلول‌های نانوکامپوزیتی تهیه شدند. محلول‌های قالب‌ریزی با افزودن درصد‌های مختلفی از نانو ذرات SiO₂ (۰٪ و ۱٪، ۳٪، ۵٪ وزنی) برای بررسی تاثیر افزایش درصد نانو ذرات سیلیکا در نانوکامپوزیت، به همراه ۵٪ وزنی پلی اتیلن گلیکول (PEG) و ۲۳٪ وزنی پلی سولفون (PSF) در ۷۲٪ وزنی حلال دی متیل استامید (DMAc) تهیه شدند [۱۷].

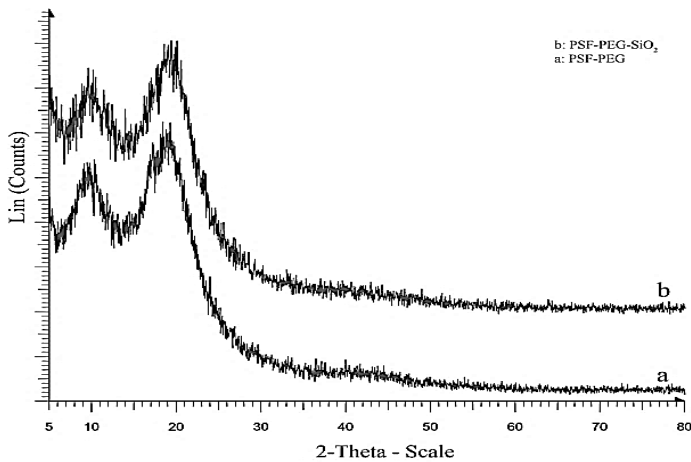
غشاها توسط فیلم‌کش با ضخامت ۱۵۰ میکرومتر بر روی شیشه قالب‌ریزی شدند. محلول‌های قالب‌ریزی شده برای تشکیل غشاء به روش وارونگی فاز در حمام ضدحلال (آب با دمای ۰°C (۲۳ غوطه‌ور شدند. غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده چندین بار با آب مقطر شسته شدند و برای اطمینان تشکیل شدن غشاء به مدت ۲۴ ساعت قبل از استفاده در حمام آب قرار داده شدند. قبل از استفاده در آون با دمای ۳۰°C خشک شدند.

تهیه محلول‌های قالب‌ریزی PSF/PEG/SiO₂

درصد‌های وزنی نانو ذرات SiO₂ در حلال دی متیل استامید بر روی همزن مغناطیسی همراه با حرارتی حدود ۶۰°C حل شد، سپس افزودنی پلیمری PEG به محلول نانو ذرات با حفظ دما اضافه شد. پس از ۵ ساعت هم‌زدن محلول و حل شدن PEG در محلول، برای پراکنندگی بیشتر نانو ذرات در محلول به مدت ۳۰ دقیقه تحت امواج فراصوت قرار گرفت. پلیمر پایه پلی سولفون به محلول PEG/SiO₂ با کاهش دما (تا حدود ۳۰°C) اضافه شد، به مدت ۱۲ ساعت هم‌زدن ادامه یافت، پس از حل شدن پلیمر در محلول و به دست آمدن محلولی شفاف، محلول نانوکامپوزیتی به دست آمده برای توزیع بیشتر نانو ذرات در ماتریس کامپوزیت پلیمری و حباب‌گیری محلول، به مدت ۱ ساعت تحت امواج فراصوت قرار داده شد. در این مرحله، محلول یکنواخت قالب‌ریزی نانوکامپوزیت برای تهیه غشاء تهیه شد.



شکل ۳ طیف های FTIR (۱): PSF -
 - PSF - ۳ (۲ - ۵)
 .PSF - ۰ (۴ PSF - ۱ (۳)



شکل ۴ الگوهای پراش پرتو X غشاهای (a): PSF / PEG (b).
 PSF / PEG / SiO₂

پیک ارتعاشی کششی مربوط به تشکیل پیوند هیدروژنی بین مواد غشاهای تهیه شده در $3000-3400 \text{ cm}^{-1}$ و پیک جذبی ارتعاشی کششی مربوط به Si-O نانو ذرات SiO₂ در ناحیه $1000-1100 \text{ cm}^{-1}$ نیز شناسایی و تایید شدند. همچنین نتایج آنالیز FT-IR نمونه های تهیه شده نشان داد که با افزایش میزان درصد نانو ذرات SiO₂، شدت پیک جذبی Si-O با افزایش میزان درصد نانو ذرات SiO₂ تا میزان ۵٪ وزنی، بیشتر شده است (شکل ۳).

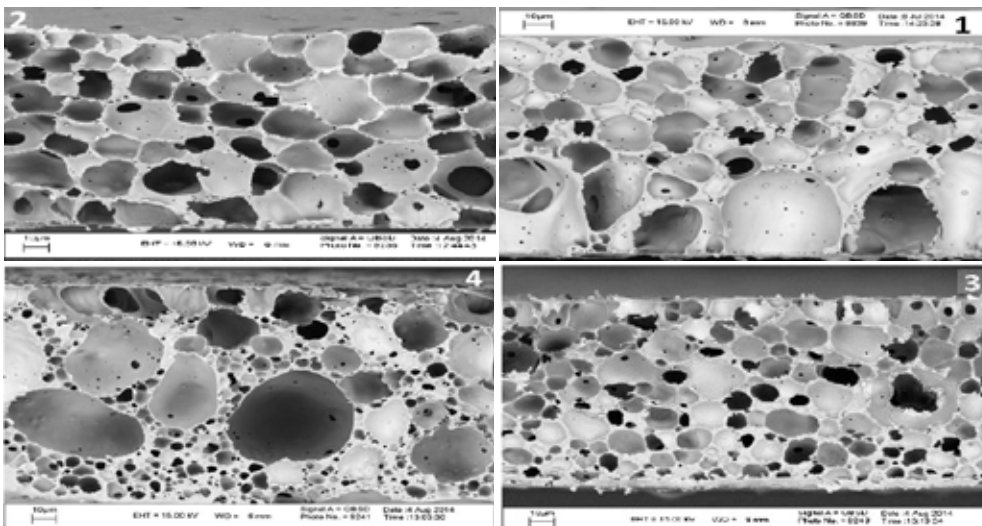
بررسی آنالیز XRD

غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده توسط آنالیز XRD مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج XRD به دست آمده (شکل ۴) نشان می دهند دو پیک موجود در زوایای ۱۰ و ۲۰ نشان دهنده نیمه

کریستالی شدن غشاهای تهیه شده در این منطقه به علت تاثیر پلیمر های پلی اتیلن گلیکول و پلی سولفون برهم بوده است. پیکی مبنی بر تاثیر نانو ذرات SiO₂ بر روی ساختار غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده دیده نشد و با استفاده از این آنالیز، آمورف بودن نانو ذرات SiO₂ نیز اثبات شدند.

آنالیز تصاویر SEM

تصاویر گرفته شده از سطح مقطع نمونه ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، ساختاری اسفنجی شکل و نامتقارن را برای تمام نمونه ها نشان داد.



شکل ۵ تصاویر SEM گرفته شده از سطح مقطع غشاهای نانوکامپوزیتی: (۱) PSF - ۰ (۲) PSF - ۱ (۳) PSF - ۳ (۴) PSF - ۵.

بررسی تصاویر SEM نمونه‌ها و محاسبه اندازه منافذ پوسته غشاء نانوکامپوزیت های تهیه شده نشان دهنده افزایش اندازه منافذ پوسته غشاء با اضافه کردن درصد وزنی بیشتری از نانو ذرات SiO_2 بوده است. تمام نمونه‌های تهیه شده سطحی صاف بدون ترک خوردگی و بدون تجمع مواد را نشان دادند که دلالت بر امتزاج پذیری و برهمکنش خوب مواد استفاده شده در نانوکامپوزیت های تهیه شده بوده است.

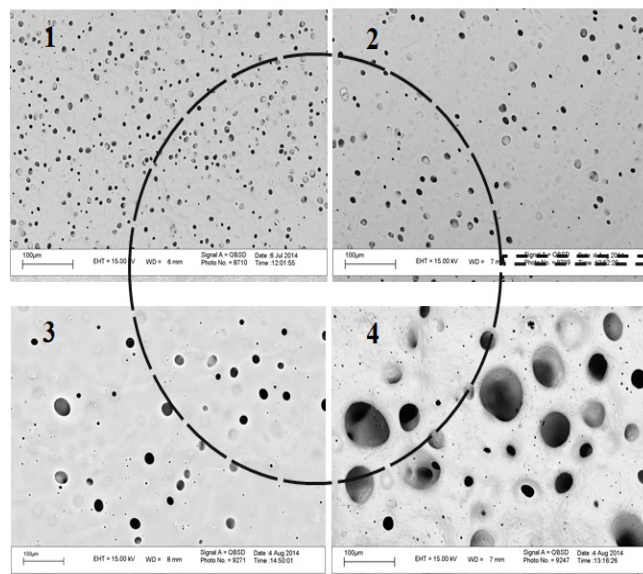
بررسی خواص آبدوستی غشاهای تهیه شده

بررسی خواص آبدوستی پوسته غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده، توسط دو آزمون زاویه تماس قطره آب و میزان جذب آب پوسته غشای نانوکامپوزیت های تهیه شده در محیط هایی با pH مختلف انجام شد. بر اساس معادله یانگ برای بررسی میزان آبدوستی با زاویه تماس قطره آب پوسته غشاها، هر چقدر زاویه تماس قطره آب کمتر باشد، میزان آبدوستی غشاهای تهیه شده افزایش خواهد داشت [۱۹]. بنابراین، غشای بهبود یافته با ۵٪ وزنی نانو ذرات SiO_2 ، کاهش بسیار چشمگیری را از ۹۶° به ۷۶° نشان داد (شکل ۲) که نشان دهنده افزایش آبدوستی غشای نانوکامپوزیتی با میزان ۵٪ وزنی نانو ذرات SiO_2 می باشد. نتایج بررسی زوایای تماس قطره آب با پوسته غشاهای نانوکامپوزیتی PSF/PEG/SiO_2 تهیه شده در شکل ۸ نشان داده شده اند.

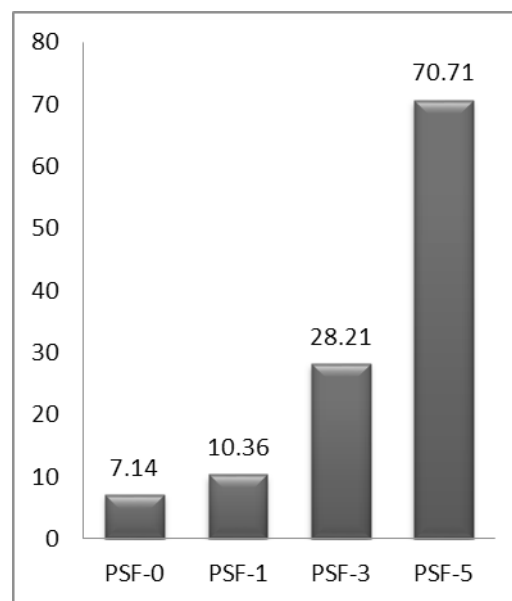
نتایج بررسی میزان جذب آب غشاهای PSF/PEG/SiO_2 در pH های مختلف ۴، ۷ و ۱۱، با درصد های وزنی مختلف نانو ذرات SiO_2 (۰، ۱، ۳، ۵ و درصد وزنی) نشان داد که با افزودن نانو ذرات با درصد وزنی بالاتر (۵ درصد وزنی)، میزان جذب آب پوسته غشای PSF/PEG/SiO_2 افزایش می یابد که این نیز دلیلی بر افزایش آبدوستی غشای PSF/PEG/SiO_2 با افزایش درصد وزنی افزودنی نانو ذرات SiO_2 می باشد.

دلیل کاهش میزان جذب آب غشاهای PSF/PEG/SiO_2 در pH های ۴ و ۱۱ (محیط های اسیدی و بازی) مربوط به تشکیل نمک محلول های بافر با گروه های عاملی غشای نانوکامپوزیتی PSF/PEG/SiO_2 می باشد [۱۱]. با بررسی دو آزمون زاویه تماس قطره آب و میزان جذب آب برای غشاهای تهیه شده، افزایش آبدوستی غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده با افزایش درصد نانوذرات SiO_2 را نشان دادند.

همچنین پراکندگی خوب و بدون تجمع نانو ذرات SiO_2 در تمام تصاویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نمونه های تهیه شده مشاهده شد. همچنین بررسی تصاویر SEM گرفته شده از سطح و سطح مقطع تمام نمونه های نانوکامپوزیتی PSF/PEG/SiO_2 با درصد های وزنی مختلف نانو ذرات SiO_2 نشان دهنده این بود که پلی اتیلن گلیکول باعث تشکیل منافذ ریز و متحدالشکلی در ساختار اسفنجی آن ها شده است.



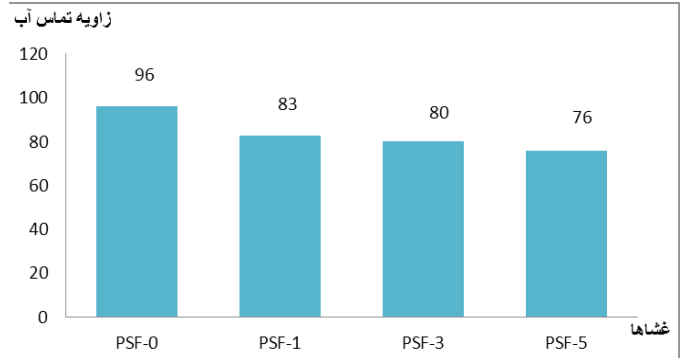
شکل ۶ | اندازه منافذ نمونه های تهیه شده.



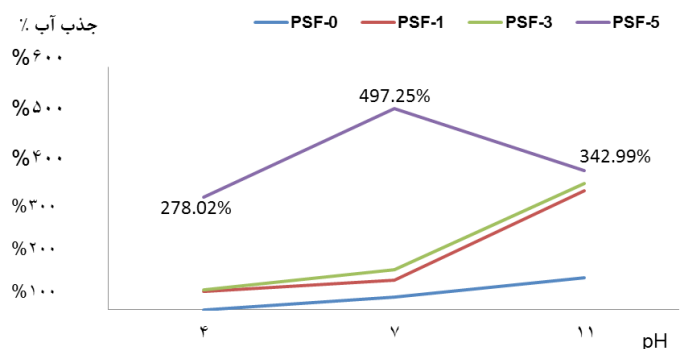
شکل ۷ | تصاویر SEM گرفته شده از سطح غشاهای نانوکامپوزیتی: (۱) PSF-۰، (۲) PSF-۱، (۳) PSF-۳، (۴) PSF-۵.

مراجع

- [1] H.S.M. Suhaimi, C.P. Leo and A.L. Ahmad, "preparation and characterization of polysulfone mixed matrix membrane incorporated with palladium nanoparticles in the inversed microemulsion for hydrogen separation," Chem. Eng. Proc., vol. 77, no. 4, pp. 30-37 1, 2014.
- [2] W.D. Su-Hu and H.Y. Bing-zhi, "Adsorption of bisphenol A by polysulfone membrane," Desal., vol. 253, no. 1-3, pp. 22-29 4, 2010.
- [3] G.J. Summers, M.P. Ndawuni and C.A. Summers, "Chemical modification of polysulfone: anionic synthesis of dipyriddy functionalized polysulfone," Polymer., vol. 42, no. 2, pp. 397-402 12, 2001.
- [4] L. Madaleno, J. Schjrdt-Thomsen and J. Cruz Pinto, "Morphology thermal and mechanical properties of PVC/MMT nanocomposites prepared by solution blending and solution blending: Melt compounding," Compos. Sci. Tech., vol. 70, no. 5, pp. 804-814 16, 2010.
- [5] Y. Ma, F. Shi, J. Ma, M. Wu, J. Zhang and C. Gao, "Effect of PEG additive on the morphology and performance of polysulfone ultrafiltration membranes," Desalination., vol. 272, no. 12, pp. 51-58 23, 2010.
- [6] J.-n. Shen, H.-m Ruan, L.-g. Wu and C.-j. Gao, "Preparation and characterization of PES-SiO₂ organic-inorganic composite ultrafiltration membrane for raw water pretreatment," Chem. Eng. J., vol. 168, no. 3, pp. 1272-78 15, 2011.
- [7] D. Janas, S. Boncel, A.A. Marek and K.K. Koziol, "A facile method to tune electronic properties of carbon nanotube films," Mater. Lett., vol. 106, no. 5, pp. 137-40 16, 2013.
- [8] C.H. Zhou, Z.F. Shen, L.H. Liu and S.M. Liu, "Preparation and functionality of clay-containing films," J. Mater. Chem., vol. 21, no. 14, pp. 15132-53 12, 2011.
- [9] Y. Zhang, X. Shan, Z. Jin and Y. Wang, "Synthesis of sulfated Y-doped zirconia particles and effect on properties of polysulfone membranes for treatment of wastewater containing oil," J. Hazard. Mater., vol. 192, no. 2, pp. 559-67 30, 2011.



شکل ۸ زاویه تماس قطره آب غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده.



شکل ۹ جذب آب نمونه‌های تهیه شده در pH های ۴، ۷ و ۱۱.

۴ نتیجه گیری

غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده، با آنالیز FTIR و تصاویر SEM تأیید و شناسایی شدند. بررسی نتایج آبدوستی و تصاویر سطح و سطح مقطع نمونه های تهیه شده نشان دادند که، افزودن نانو ذرات SiO₂ با درصد وزنی بالا (۵٪ وزنی)، علاوه بر اینکه توزیع مناسب و یکنواختی در غشاء ایجاد کرده است، تاثیر بسیاری در بهبود خواص آبدوستی غشاهای نانوکامپوزیتی تهیه شده داشته است. همچنین می تواند به عنوان افزودنی معدنی ارزان و در دسترس برای تشکیل منافذ با اندازه بزرگتر برای غشاهای نانوکامپوزیتی به کار برده شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از کارکنان آزمایشگاه تحقیقات شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان، آزمایشگاه SEM دانشگاه محقق اردبیلی، آزمایشگاه XRD دانشگاه دامغان به منظور کمک ها و راهنمایی های بی دریغ آن ها مراتب تشکر و قدردانی خود را اعلام می نمایند.

- [10] A. K. Nair, A. M. Isloor, R. Kumar and A.F. Ismail, "Antifouling and performance enhancement of polysulfone ultrafiltration membranes using CaCO_3 nanoparticles," *Desalination*, vol. 322, no. 2, pp. 69-75, 11, 2013.
- [11] R. Kumar, A. M. Isloor, A.F. Ismail, S. A. Rashid and A. Al Ahmed, "Permeation, anti-fouling and desalination performance of TiO_2 nanotube incorporated PSf/CS blend membranes," *Desalination*, vol. 316, no. 2, pp. 76-84, 13, 2013.
- [12] H. Zou, S. S. Wu and J. Shen, "Polymer/silica nanocomposites: preparation, characterization, properties, and applications," *Chem Rev.* vol. 108, no. 9, pp. 3893-957, 11, 2008.
- [13] M. R. S. Kebria, M. Jahanshahi and A. Rahimpour, " SiO_2 modified polyethyleneimine-based nanofiltration membranes for dye removal from aqueous and organic solutions," *Desalination*, vol. 367, no. 27, pp. 255-64, 1, 2015.
- [14] H. Wang, B.A. Holmberg and Y. Yan, "Homogeneous polymer-zeolite nanocomposite membranes by incorporating dispersible template-removed zeolite nano crystals," *J. Membr. Sci.*, vol. 12, no. 2, pp. 3640-3643, 24, 2002.
- [15] N. Niksefat, M. Jahanshahi and A. Rahimpour, "The effect of SiO_2 nanoparticles on morphology and performance of thin film composite membranes for forward osmosis application," *Desalination*, vol. 343, no. 31, pp. 140-6, 16, 2014.
- [16] A. Peyki, A. Rahimpour and M. Jahanshahi, "Preparation and characterization of thin film composite reverse osmosis membranes incorporated with hydrophilic SiO_2 nanoparticles," *Desalination*, vol. 368, no. 25, pp. 152-8, 15, 2015.
- [17] Y. Zhang, F. Liu, Y. Lu, L. Zhao, L. Song, "Investigation of phosphorylated TiO_2 - SiO_2 particles/polysulfone composite membrane for wastewater treatment," *Desalination*, vol. 324, no. 2, pp. 118-26, 2, 2013.
- [18] M. Padaki, A.M. Isloor, J. Fernandes and K.N. Prabhu, "New polypropylene supported chitosan NF-membranes for desalination application," *Desalination*. Vol. 280, no. 1-3, pp. 419-23, 5, 2011.
- [19] S.J. Oh, N. Kimb and Y.T. Lee, "Preparation and characterization of PVDF/ TiO_2 organic-inorganic composite membranes for fouling resistance improvement," *J. Memb. Sci.*, vol. 345, no. 1-2, pp. 13-20, 1, 2009.

Study On Structure And Hydrophilic Properties Of PSF/PEG Membrane By Addition Of SiO₂ Nanoparticles

F. Saeidi* | R. Zafarmehrabian

Department of Chemistry, Gorgan Branch, Islamic Azad University, Gorgan, Iran.

Abstract

Polysulfone nanocomposite membranes were prepared by method of phase separation. Different weight percentages of silicon dioxide Nanoparticles as inorganic additives were added to PSF/PEG membrane to improve its hydrophilic properties. The blending of membranes improved by Silicon Dioxide Nanoparticles were confirmed by Fourier Transfer Infrared Spectroscopy. The nanocomposite membranes prepared were characterized by Scanning Electron Microscope images for their surface and the cross-section morphology and their pores size produced. To investigate the hydrophilic properties nanocomposite membranes prepared, were conducted tests of measuring the water droplet contact angle and the water uptake amount in the various PHs. The results showed that the addition of nanoparticles to 5% Wt, hydrophilic properties were increased significantly.

Keywords

Hydrophilicity, Nanocomposite Membrane, Polyethylene glycol, Polysulfone, SiO₂ nanoparticles.