

تهیه غشاهای اولترافیلتراسیون با منافذ کوچک با تخلخل سطحی بالا به روش BNIPS درجا به کمک نانوحباب CO_2

چکیده

ساخت غشاهای اولترافیلتراسیون^۱ (UF) با اندازه حفرات کوچک (کمتر از ۲۰ نانومتر) و تخلخل سطح بالا هنوز یک چالش بزرگ است. در این مقاله، یک تکنیک جداسازی فاز غیرحلال ناشی از نانوحباب^۲ (BNIPS) برای تهیه غشاهای UF با کارایی بالا با افزودن مقدار کمی از نانوذرات CaCO_3 به محلول ریخته‌گری توسعه داده شد. وارونگی فاز در یک حمام انعقادی اسید رقیق برای تولید همزمان نانوحباب‌های CO_2 رخ داد که ساختار غشا را تنظیم می‌کرد. اثرات محتوای نانوذرات CaCO_3 در محلول ریخته‌گری بر ساختار و عملکرد غشاهای UF پلی (اتر سولفون)/پلی‌سولفون سولفون‌شده^۳ (PES/SPSf) مورد مطالعه قرار گرفت. غشای UF تهیه‌شده از محلول ریخته‌گری با ۰/۳٪ نانوذرات CaCO_3 به تخلخل سطحی ۱۲٪، قطر حفرات ۱۰/۲ نانومتر و ضخامت لایه ۸۰/۳ نانومتر دست یافت. ساختار عالی غشا UF عمدتاً به تولید درجا نانوحباب‌های CO_2 نسبت داده می‌شود، زیرا نانوحباب‌های CO_2 نسبت به آب و حلال‌ها سبب به تأخیر انداختن زمان وارونگی فاز دوگانه شده و به‌عنوان مواد متخلخل در اندازه نانو عمل می‌کردند. غشای تولید شده عملکرد جداسازی بی‌سابقه‌ای را نشان داده و به نفوذ آب خالص تا $1128 \text{ L/m}^2 \cdot \text{h}^1 \cdot \text{bar}^1$ ، ۲/۵ برابر غشای کنترل‌شده دست یافت. به‌طور مشابه، دفع آلبومین سرم گاوی^۴ بالای ۹۹ درصد به دست آمد. نفوذپذیری و گزینش‌پذیری کلی، بهتر از غشاهای تجاری و سایر غشاهای UF گزارش شده قبلی بود. این مقاله بینشی نسبت به یک تکنیک ساده و مقرون به صرفه برای پرداختن به ارتباط بین نفوذ آب خالص و دفع املاح غشاهای UF ارائه می‌دهد.

کلمات کلیدی: غشاهای UF، جداسازی فاز غیرحلال ناشی از نانوحباب، نانوحباب‌های CO_2 ، اثر مبادله.

Keywords: UF membranes, BNIPS, CO_2 nanobubbles, trade-off effect.

¹ Ultrafiltration

² Nanobubble-Assisted Nonsolvent Induced Phase Separation

³ Poly (Ether sulfone)/Sulfonated Polysulfone

⁴ Bovine Serum Albumin

نتیجه گیری

در مقاله فعلی، BNIPS با موفقیت برای تهیه غشاهای UF با تخلخل سطح بالا، اندازه منافذ کوچک با توزیع اندازه باریک و ضخامت لایه نازک غشا توسعه داده شد. وارونگی فاز یک محلول ریخته‌گری با مقدار کمی از نانوذرات CaCO_3 در یک حمام انعقادی اسیدی رقیق رخ داد تا به طور همزمان نانوحباب‌های CO_2 تولید شود که ریزساختار غشا را تنظیم کند. غشای UF از محلول ریخته‌گری با 0.3% درصد نانوذرات CaCO_3 دارای تخلخل سطحی 12% ، اندازه منافذ $10/2$ نانومتر و ضخامت لایه پوست $80/3$ نانومتر بود. ساختار برتر غشا UF عمدتاً به تولید درجا نانوحباب‌های CO_2 نسبت داده می‌شود، زیرا نانوحباب‌های CO_2 نسبت به آب و حلال‌ها سبب به تأخیر انداختن زمان وارونگی فاز دوگانه شده و به‌عنوان مواد متخلخل در اندازه نانو عمل می‌کردند. غشای تولید شده عملکرد جداسازی بی‌سابقه‌ای با نفوذ آب خالص بالای $1128 \text{ L/m}^2\text{h}^1\text{bar}^1$ ، $2/5$ برابر غشای کنترل‌شده نشان داد در حالیکه دفع BSA بالای 99% را حفظ کرد. نفوذپذیری کلی (نفوذ آب خالص) و گزینش‌پذیری (دفع املاح) نسبت به سایر غشاهای UF که قبلاً گزارش شده بودند بهتر بود. استراتژی آماده‌سازی ساده و مقرون به صرفه برای ارائه مسیر جدیدی برای تولید غشاهای UF با کارایی بالا در نظر گرفته شده است.

با توجه به این نکات، برخی محدودیت‌ها در روش BNIPS باید در کارهای آینده در نظر گرفته شود. برای مثال، پراکندگی نانوذرات در محلول ریخته‌گری باید تضمین شود. محلول رقیق HCl به‌عنوان یک حمام انعقادی باعث خوردگی تجهیزات، به ویژه ستون‌های تقطیر برای بازیافت حلال مایع انعقادی می‌شود که به‌طور گسترده در کارخانه‌های آماده‌سازی غشا در چین استفاده می‌شود. تأثیر اندازه نانوذرات بر ساختار و خواص غشا ارزش مطالعه بیشتر را دارد. یکی دیگر از راه‌حل‌های ممکن، انتخاب برخی مواد محلول و کف آب به‌عنوان افزودنی در محلول ریخته‌گری برای تولید نانوحباب در حین وارونگی فاز در روش BNIPS است.

Reference

Wang S, Li Q, He B, Gao M, Ji Y, Cui Z, Yan F, Ma X, Younas M, Li J. Preparation of small-pore ultrafiltration membranes with high surface porosity by in situ CO_2 nanobubble-assisted NIPS. ACS Applied Materials & Interfaces. 2022 Feb 2;14(6):8633-43.

DOI: <https://doi.org/10.1021/acsami.1c23760>

مترجم: علیرضا کرفی

