

## پلیمرها برای فیلتراسیون غشایی در تصفیه آب

### چکیده

پلیمرها بعضی مواقع برای فیلتراسیون غشایی ترجیح داده می‌شوند زیرا انعطاف‌پذیرتر، دارای حمل و نقل آسان‌تر و ارزان‌تر از غشاهاي معدنی ساخته شده از اکسیدها، فلزات و سرامیک‌ها می‌باشند. پلیمرها به عنوان لایه فعال غشا و پشتیبانی متخلخل در فرآیندهای اسمز معکوس<sup>۱</sup> (RO)، نانوفیلتراسیون<sup>۲</sup> (NF)، اولترافیلتراسیون<sup>۳</sup> (UF)، میکروفیلتراسیون<sup>۴</sup> (MF) استفاده می‌گردند. با این حال، استفاده از پلیمرها برای فیلتراسیون دارای اشکالات مهمی از جمله حمله شیمیایی<sup>۵</sup> پلیمرها، گرفتگی غشا<sup>۶</sup> و آبگریزی اکثر پلیمرها می‌باشد. در این بررسی، پلیمرهای مورد استفاده برای فیلتراسیون غشایی و روش‌های ساخت آنها ارائه و مورد بحث قرار گرفته است. پلیمرهای مورد استفاده در کاربردهای اخیر شامل استات سلولز<sup>۷</sup> (CA)، پلی‌آمید<sup>۸</sup> (PA)، پلی‌وینیلیدین فلوراید<sup>۹</sup> (PVDF)، استفاده در کاربردهای اخیر شامل استات سلولز<sup>۱۰</sup> (CA)، پلی‌آمید<sup>۱۱</sup> (PA)، پلی‌وینیل کلراید<sup>۱۲</sup> (PVC)، پلی‌اوکسی‌کربونات<sup>۱۳</sup> (PSF)، پلی‌سولفون<sup>۱۴</sup> (PES)، پلی‌اترسولفون<sup>۱۵</sup> (PES)

1 Reverse osmosis (RO)

2 Nanofiltration (NF)

3 Ultrafiltration (UF)

4 Microfiltration (MF)

5 Chemical attack

6 Membrane fouling

7 Cellulose acetate

8 Polyamide (PA)

9 Polyvinylidene fluoride (PVDF)

10 Polysulfone (PSF)

11 Polyethersulfone (PES)

12 Polyvinyl chloride (PVC)

13 Polyimide (PI)

پلیاکریلونیتریل<sup>۱۴</sup>(PAN)، پلیاتیلن گلیکول<sup>۱۵</sup>(PEG)، پلی(متاکریلیک(PVA)، پلیوینیل الکل<sup>۱۶</sup>(PVA)، پلی(اتریمید) (PEI)<sup>۱۹</sup> و نانوذرات پلیآنیلین<sup>۲۰</sup>(PANI)، پلی(آریلن اترکتون) PAEK<sup>۱۸</sup>، پلی(اریلن اترکتون) PMAA<sup>۱۷</sup> اسید<sup>۲۱</sup> (PESA) نیز اخیراً رایه گردیده است. بیشتر می‌باشد. یک ماده پلیمری جدید به نام پلیاترسولفون آمید<sup>۲۲</sup> (SPAES) از طریق روش‌های اختلاط و اصلاح سطح مرکز گردیده است. این تکنیک‌ها شامل پلیمری و نانوکامپوزیت‌ها از طریق پوشش‌های یون‌دوقطبی<sup>۲۳</sup>، پلی‌سولفونه (آریلن‌اترسولفون)<sup>۲۴</sup> (SPAES)، پرفلوروفنیل‌آزید<sup>۲۵</sup> (PFPA)، نانولوله‌های کربنی<sup>۲۶</sup> (CNTs) و اکسید‌گرافن<sup>۲۷</sup> (GO) به عنوان نانوپرکننده، پلی‌اترکتون (PEEK)<sup>۲۸</sup> و نانوذراتی مانند دی‌اکسید‌تیتانیوم<sup>۲۹</sup> (TiO<sub>2</sub>)، و سیلیکا مزوپور<sup>۳۰</sup> می‌باشد. استفاده از پلیمرها برای فیلتراسیون هر روز توجه زیادی را به خود جلب می‌نماید و در سال‌های آینده بهبودهای بیشتری در ویژگی‌های پلیمری برای بهبود عملکرد غشا انتظار می‌رود.

## نتیجه‌گیری

- 
- 14 Polyacrylonitrile (PAN)
  - 15 Polyethylene glycol (PEG)
  - 16 Polyvinyl alcohol (PVA)
  - 17 Poly (methacrylic acid) (PMMA)
  - 18 Poly (arylene ether ketone) (PAEK)
  - 19 Poly(etherimide) (PEI)
  - 20 Polyaniline (PANI)
  - 21 Polyethersulfone amide (PESA)
  - 22 Zwitterionic
  - 23 Sulfonated poly(arylene ether sulfone) (SPAES)
  - 24 Perfluorophenyl azide (PFPA)
  - 25 Carbon nanotubes (CNT)
  - 26 Graphene oxide (GO)
  - 27 Polyether ether ketone (PEEK)
  - 28 Titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>)
  - 29 Mesoporous silica

روش‌های ساخت، ویژگی‌ها و عملکرد پلیمرهای مورد استفاده در فرآیندهای فیلتراسیون اخیر در این بررسی مورد بحث قرار گرفته است. این فرآیندها عبارتند از RO، NF، UF و MF. پلیمرهایی که اخیراً در سیستم‌هایی مانند MBR<sup>۳۰</sup> و MD<sup>۳۱</sup> استفاده می‌شوند و همچنین در فیلتراسیون غشایی استفاده می‌گردد، مورد بحث قرار می‌گیرد. کارایی فرآیند فیلتراسیون غشایی بهنوع پلیمر، خصوصیات فیزیکی غشای پلیمری و گروه‌های عاملی روی سطح و داخل غشای پلیمری بستگی دارد. از طریق اصلاح پلیمرهای تشكیل دهنده غشا می‌توان غشایی با خواص مطلوب ساخته شود. این اصلاح را می‌توان از طریق ادغام موادی مانند کوپلیمرها و نانوذرات در ماتریس غشا به دست آورد. برای RO، اخیراً ترجیح کلی برای غشاهای PA TFC<sup>۳۲</sup> وجود دارد، اما کاربرد این غشاهای به دلیل حمله شیمیایی گروه آمید در PA (به دلیل کلر و سایر ترکیبات اکسیدکننده) محدود شده است. در همین حال، اصلاح سطح توسط پلیمر یون‌دوقطبی می‌تواند برای دستیابی به نفوذپذیری و شار آب بالاتر استفاده شود. علاوه‌بر این، SPAES<sup>۳۳</sup> ها قادر به حفظ آمیدی هستند؛ بنابراین غشاهای TFC مبتنی بر SPAES مقاومت بالایی در برابر حملات کلر<sup>۳۴</sup> دارند. این پوشش‌های یون‌دوقطبی و گروه‌های واکنشی که می‌توانند پیوندهای شیمیایی مانند PFPA<sup>۳۵</sup> تشكیل دهند، پتانسیل ضدگرفتگی را به غشاهای RO می‌دهند. نانوپرکننده‌هایی مثل CNT<sup>۳۶</sup> ها می‌توانند برای بهبود خواص دفع نمک غشاهای RO استفاده شوند. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بهبود یکپارچگی مکانیکی نانوپرکننده‌های CNT برای فرآیندهای طولانی مدت مورد نیاز است. برای PEEK، NF و PTFE<sup>۳۷</sup> حاوی سطح اندکی سولفوناسیون<sup>۳۸</sup> می‌باشد و می‌تواند با غشاهای پلیمری برای دستیابی به مقاومت دوباره در حلال‌ها، اسیدها و بازها استفاده گردد. پیوند PA فلوئوردار<sup>۳۹</sup> بر روی سطح غشاهای نانوفیلتراسیون PA می‌تواند برای بهبود

<sup>30</sup> Membrane bioreactors

<sup>31</sup> Membrane distillation

<sup>32</sup> Thin film composite

<sup>33</sup> Chlorine attacks

<sup>34</sup> Sulfonation

<sup>35</sup> Fluorinated PA

مقاومت غشاهای PA TFC در برابر گرفتگی استفاده گردیده شود. PA فلوئوردار، این پتانسیل را دارد که سبب کاهش انرژی سطحی غشاهای TFC گردد و در نتیجه کاهش جذب گرفتگی برروی غشاها را به همراه داشته باشد. علاوه بر این، پیوندهای متقابل و گروه اسید سولفونیک قادر به افزایش آب دوستی غشاهای NF هستند.

بسیاری از کارهای اخیر در مورد پلیمرهای مورد استفاده برای UF بر ادغام ذرات معدنی در مخلوط ریخته گری<sup>۳۶</sup> پلیمری قبل از وارونگی فاز متترکز گردیده است. استفاده از ذرات سیلیکا مزو متخلخل با قالب سورفکتانت، GO و ZnO<sup>۳۷</sup> در ساخت غشاهای UF قادر به بهبود آب دوستی نانوکامپوزیت‌های تشکیل شده می‌باشد. بهبود آب دوستی غشا ممکن است منجر به افزایش شار آب خالص در سراسر غشا و کاهش گرفتگی غشا گردد. خواص جداسازی نانوکامپوزیت‌ها مانند مورفولوژی، تخلخل و توزیع اندازه حفره‌ها را می‌توان به طور قابل توجهی از طریق چنین اصلاحاتی تنظیم نمود. فروبردن غشای PVDF در محلول دوپامین<sup>۳۸</sup> نیز به عنوان روشی برای انتقال آب دوستی به غشای اولترافیلتراسیون PVDF در تحقیقات اخیر نشان داده شده است. پیشرفت‌های اخیر در اصلاح ویژگی‌های عملکردی و ساختاری پلیمرها برای فیلتراسیون در حال انجام است و انتظار می‌رود که بهبودهای بیشتر در آینده فرآیندهای فیلتراسیون کارآمدتر و کم‌هزینه‌تر را تضمین نماید.

## Reference

Giwa A, Ahmed M, Hasan SW. Polymers for membrane filtration in water purification. In: Polymeric Materials for Clean Water 2019 (pp. 167-190). Springer, Cham.

<sup>36</sup> Casting mixture

<sup>37</sup> Zinc oxide

<sup>38</sup> Dopamine solution