

تأثیر مورفولوژی غشاء پلی‌اتر سولفون بر تصفیه پساب تولید پودر شیر

سید محمود موسوی^{۱*}، احسان سلجوقی^۲، هومن چمنی^۳، نسرين مهرجو^۳، سید ابوالحسن حسینی^۳، فهیمه دهقان^۴

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۲/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۹

^۱ استاد گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۲ استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۳ دانشجوی کارشناسی گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

^۴ عضو غیردائم هسته پژوهشی غشاء و فرآیندهای غشایی، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

* مسئول مکاتبه: Email: mmousavi@um.ac.ir

چکیده

در این مقاله، پس از ساخت غشاء پلی‌اتر سولفون از روش ترسیب به وسیله غوطه‌وری به بررسی تصفیه پساب تولید پودر شیر با استفاده از این غشاء پرداخته شده است. بررسی تأثیر مورفولوژی غشاء بر شار غشاهای حاصله و حذف COD و TDS این پساب هدف اصلی تحقیق حاضر می‌باشد. برای بررسی ساختار غشاهای حاصله از میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شده است. به منظور ارزیابی عملکرد غشاهای ساخته شده در تصفیه پساب، میزان های شار و دفع COD و TDS تعیین شده‌اند. یک افزودنی فعال سطحی برای بهبود آب‌دوستی و تراوش از غشاء استفاده شده است، اثر غلظت این افزودنی بر ساختار و عملکرد غشاهای در تصفیه پساب مذکور مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش غلظت افزودنی، تخلخل، ضخامت و شار ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابند. همچنین این روند برای عملکرد غشاء در حذف شاخص‌های آلودگی از پساب معکوس می‌باشد.

واژگان کلیدی: پلی‌اتر سولفون، تصفیه پساب، غشاء، مورفولوژی، COD، TDS

مقدمه

در دسترس ثابت می‌باشد و بیشتر کشورهای در حال توسعه با چنین روندی روبرو می‌باشند. در شرایط موجود و با روند نرخ بالای تقاضای آب، هم اکنون برای بعضی از کشورها این دو مقدار با یکدیگر تلاقی نموده و در بسیاری از دیگر کشورها نیز، دیر یا زود مقدار تقاضا با مقدار منابع در دسترس برابر می‌گردد و پس از آن میزان تقاضا بیش از منابع آب در دسترس می‌گردد که این افزایش تقاضا بایستی از طریق روش‌های دیگر از

به جز تعداد انگشت‌شماری از کشورهای جهان که به منابع کافی از آب دسترسی دارند، مشکل کمبود آب برای بسیاری از کشورها به عنوان چالشی اساسی در مسیر توسعه و پیشرفت محسوب می‌شود و دستیابی به راهکارهای عملی در حل این مشکل اولویت ویژه‌ای در میان این کشورها پیدا نموده است. نرخ نیاز آب مصرفی همواره در حال افزایش است در حالی که حجم منابع آب

گرفته است که این امر نیز نشان‌دهنده اهمیت این مقوله می‌باشد. تصفیه زیستی از روش‌های موثر و کارآمد در این زمینه می‌باشد (ویدال و همکاران ۲۰۰۰؛ پرل و همکاران ۱۹۹۵؛ فاریزوگلو و همکاران ۲۰۱۱). همچنین روش‌های شیمیایی-فیزیکی نیز برای تصفیه این پساب مورد مطالعه قرار گرفته اند که به دلیل هزینه بالای این روش‌ها ناشی از قیمت مواد واکنشگر مورد استفاده و همچنین راندمان پایین تصفیه چندان مورد توجه قرار نگرفته اند (ویدال و همکاران ۲۰۰۰). فرآیندهای غشایی از جمله فرآیندهای کارآمد جهت تصفیه این پساب می‌باشد. از آنجا که درصد حذف مواد توسط آن‌ها مناسب می‌باشد مطالعاتی در این زمینه با استفاده از فرآیندهای UF، NF و RO صورت گرفته است (جیانکوان و همکاران ۲۰۱۱؛ چلنگی و حسین ۲۰۰۷؛ بالانک و همکاران ۲۰۰۵).

بررسی پژوهش‌های تاکنون صورت گرفته در زمینه تصفیه پساب لبنی نشان می‌دهد که عمده آن‌ها بر روی یک پساب ساختگی لبنی و نه یک پساب کارخانه تولید پودر شیر بوده است. لذا در این مطالعه به بررسی تصفیه پساب کارخانه تولید پودر شیر با استفاده از فرآیند فیلتراسیون غشایی پرداخته شده است. بدین منظور از پلیمر پلی‌اتر سولفون برای تهیه غشاء استفاده شده است. برای ارتقای خاصیت آب‌دوستی غشاء از ماده فعال سطحی ایگپال به عنوان افزودنی استفاده شده است و اثر غلظت این افزودنی بر مورفولوژی و شار غشاء و همچنین میزان حذف COD (نیاز اکسیژن شیمیایی) و TDS (جامدات حل شده کل) پساب، بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

مواد

پلی‌اتر سولفون (Ultrason E6020P) با نام اختصاری PES که محصول شرکت BASF آلمان می‌باشد، به

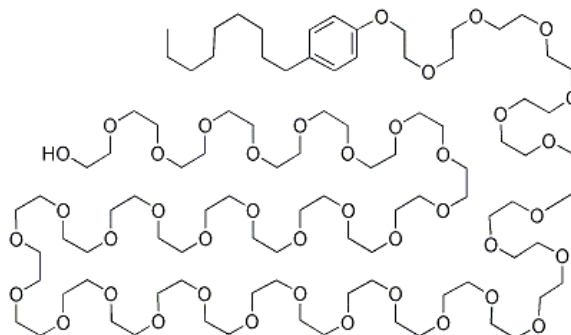
جمله بازیابی فاضلاب‌ها تامین گردد (روکارو و همکاران ۲۰۰۵ و جوسی ۱۹۹۰).

فرآیندهای غشایی از جمله فرآیندهایی است که جهت تصفیه پساب استفاده می‌شود. انتخاب غشاء مناسب به منظور انجام جداسازی و تصفیه با کیفیت مورد نظر امری حائز اهمیت می‌باشد. خصوصیات پساب مورد نظر، ماهیت مواد موجود در آن، دما و pH از جمله پارامترهایی هستند که در امر انتخاب غشاء دخیل می‌باشند (مدائنی و منصورپناه ۲۰۰۳؛ رن و همکاران ۲۰۰۷). استفاده از فرآیندهای غشایی به منظور حذف مواد آلاینده موجود در پساب اخیرا مورد توجه قرار گرفته است. همچنین ترکیب فرآیندهای غشایی با فرآیندهای سنتی جداسازی از قبیل اکسیداسیون، تصفیه زیستی، جذب سطحی و ... نیز امری معمول می‌باشد و با این روش می‌توان تصفیه و تغلیظ پساب مورد نظر را به نحو مطلوبی انجام داد به طوری که حجم پساب بعضا ۲۰ تا ۵۰ برابر کاهش یابد (مدائنی و منصورپناه ۲۰۰۳). استفاده از غشاهای میکروفیلتراسیون (MF) و اولترافیلتراسیون (UF) برای تصفیه آب و پساب امری معمول می‌باشد (هن و همکاران ۲۰۰۵) و مزیت فرآیندهای MF و UF نسبت به نانوفیلتراسیون (NF) و اسمز معکوس (RO)، فشارهای عملیاتی نسبتا پایین آن‌ها می‌باشد. همچنین استفاده از فرآیندهای ترکیبی شامل ترکیب این دو فرآیند با جذب سطحی، اکسیداسیون و سایر روش‌های فیزیکی و شیمیایی امری است که جهت تصفیه آب و پساب مورد توجه قرار داشته و موجب بهبود تصفیه صورت گرفته می‌شود (براگتا و همکاران ۱۹۹۷؛ موری و همکاران ۱۹۹۸؛ ساوادا و همکاران ۲۰۰۰).

پساب صنایع لبنی از جمله پساب کارخانجات پودر شیر یکی از منابع آلاینده آب می‌باشد. این پساب حاوی غلظت نسبتا بالایی از مواد آلی می‌باشد. لذا تصفیه آن از اهمیت بالایی برخوردار است. مطالعات زیادی در جهت رسیدن به راهکاری مناسب برای تصفیه این پساب صورت

ماده فعال سطحی آب دوست و محصول شرکت آلدریچی باشد، به عنوان افزودنی مورد استفاده قرار گرفت. ساختار شیمیایی این افزودنی در شکل ۱ ارائه شده است.

عنوان پلیمر انتخاب گردید. ۱- متیل ۲- پیرولیدن (NMP) با خلوص ۹۹/۵ درصد که محصول شرکت مرک می باشد به عنوان حلال و آب مقطر نیز به عنوان ضد حلال مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین ایگپال که یک



شکل ۱- ساختار شیمیایی ایگپال (بی نام ۲۰۰۸)

رسوب کرده و ساختار اولیه غشاء شکل گرفت. به منظور اطمینان از خروج کامل حلال، غشاء حاصله به مدت ۲۴ ساعت درون حمام حاوی آب مقطر تازه نگهداری شد. در نهایت عملیات خشک کردن غشاء با قرار دادن آن در بین کاغذهای صافی به انجام رسید.

ساخت غشاء

برای ساخت غشاء، از روش "ترسیب به وسیله غوطه-وری" استفاده شد. سه ترکیب متفاوت از محلول های پلیمری مطابق جدول ۱ تهیه شدند. برای ساخت غشاء ابتدا عمل توزین پلیمر، حلال و افزودنی به دقت صورت پذیرفت. سپس پلی اترسولفون و ایگپال به تدریج و طی چند مرحله به بشر حاوی حلال NMP اضافه شدند. سپس همزدن محلول به مدت ۱۵ ساعت و توسط همزن مغناطیسی به انجام رسید که در نتیجه آن، محلولی کاملاً شفاف و همگن ایجاد گردید. به منظور حباب زدایی، محلول پلیمری حاصله به مدت ۵ ساعت در شرایط سکون نگهداری شد. سپس به کمک وسیله ای به نام فیلم-کش، تبدیل محلول مذکور به فیلمی کاملاً یکنواخت -که از ضخامتی در حدود ۳۰۰ میکرون برخوردار بود- به انجام رسید. به دنبال این امر، صفحه شیشه ای حامل فیلم به آرامی به درون حمام حاوی ضدحلال فرو برده شد. پس از چند لحظه، نفوذ ضد حلال به درون فیلم و همزمان، خروج حلال از فیلم (تبادل و جابه جایی حلال با ضدحلال) به انجام رسید که در نتیجه آن، فیلم پلیمری

جدول ۱- ترکیب محلول‌های پلیمری

غشاء	درصد وزنی PES	درصد وزنی ایگپال	درصد وزنی NMP
M-1	۱۳/۵	۰	۸۶/۵
M-2	۱۳/۵	۳	۸۳/۵
M-3	۱۳/۵	۶	۸۰/۵

خوراک

خوراک مورد استفاده، پساب تولید شده در یک کارخانه پودر شیر می‌باشد. COD و TDS این پساب به ترتیب ۱۳۰۰-۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر (ppm) و ۲۲۰۰-۲۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (ppm) می‌باشد.

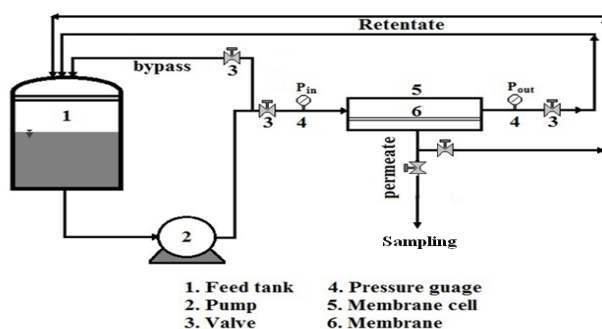
میکروسکوپ الکترونی روبشی

ساختار عرضی غشاهای تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، مدل KYKY-EM3200 مورد ارزیابی قرار گرفت. برای جلوگیری از اعمال تنش برشی ناشی از به کار بردن قیچی که موجب تخریب ساختار غشاء می‌شود، نیتروژن مایع برای برش غشاهای

حاصله مورد استفاده قرار گرفت. همچنین سطح غشاها با فیلم نازکی از طلا پوشش داده شد.

پایلوت غشایی

پایلوت غشایی مورد استفاده شامل یک مخزن از جنس استیل جهت نگهداری خوراک، یک پمپ فشار قوی به منظور تامین نیروی محرکه مورد نیاز و یک مدول غشایی از جنس فولاد زنگ نزن می‌باشد. برای اندازه‌گیری فشار، دو عدد فشارسنج یکی بر روی جریان ورودی به مدول غشایی و دیگری بر روی جریان ناتراوه نصب گردید. نمای شماتیک پایلوت غشایی مورد استفاده در شکل ۲ ارائه شده است. این پایلوت به منظور اندازه‌گیری شار و نیز بررسی توانایی غشاها در تصفیه پساب مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۲- نمای شماتیک از پایلوت غشایی

نتایج و بحث

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی

بزرگنمایی ۳۰۰ و ۱۵۰۰ برابر به ترتیب در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه گردیده‌اند. همچنین نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضخامت غشاها نیز در شکل ۵ آورده شده‌اند. با توجه

تصاویر حاصل از برش عرضی غشاها که در ۳ سطح ،، ۳ و ۶ درصد وزنی از افزودنی ایگپال تهیه شده‌اند در ۲

درون حمام انعقاد که با کاهش پیوسته ضخامت آن به دلیل ترسیب ناشی از عدم امتزاج پذیری پلی اترسولفون با آب همراه می باشد، به نفوذ و جایگزینی ضد حلال (آب) کمتری برای توقف ترسیب و به عبارت دیگر جداسدن فازهای موجود در فیلم و شکل گیری فاز غنی از پلیمر (که همان غشاء نهایی می باشد) مورد نیاز خواهد بود. در این حالت چنانچه نفوذ و جابه جایی حلال (در اینجا NMP) و ضد حلال (در اینجا آب مقطر) با یکدیگر با مانع جدی مواجه نگردد بدیهی است که توقف فرایند ترسیب فیلم سریعتر رخ داده و غشایی با ضخامت و تخلخل بیشتر حاصل خواهد شد.

اما با این حال افزودنی ایگپال به دو دلیل زیر می تواند در برابر نفوذ و جابه جایی حلال با ضد حلال ممانعت به عمل آورد:

۱- با توجه به جدول ۱ با افزایش غلظت ایگپال، نسبت پلیمر به حلال (PES/NMP) افزایش می یابد که نتیجه بدیهی این امر، افزایش غلظت و گرانشی محلول حاصله می باشد.

۲- خاصیت ضد حلالی ناشی از افزودنی ایگپال که پیش از این به آن اشاره شد، باعث می گردد که زنجیره های پلیمر موجود در همسایگی این افزودنی از آن فاصله گرفته و فشرده شوند. نتیجه بدیهی این امر، افزایش در گرانشی محلول حاصله می باشد.

به این شکلها مشاهده می گردد که با افزایش اولیه در غلظت ایگپال و رسیدن آن از ۰ به ۳ درصد وزنی:

۱- ضخامت غشاء حاصله از حدود $190 \mu\text{m}$ به چیزی در حدود $235 \mu\text{m}$ افزایش یافته است. مشاهده کیفی و کمی این امر به ترتیب با دقت در شکل های ۳ و ۵ میسر می باشد.

۲- اندازه حفرات موجود در غشاء حاصله به میزان قابل توجهی افزایش یافته و به عبارت دیگر،

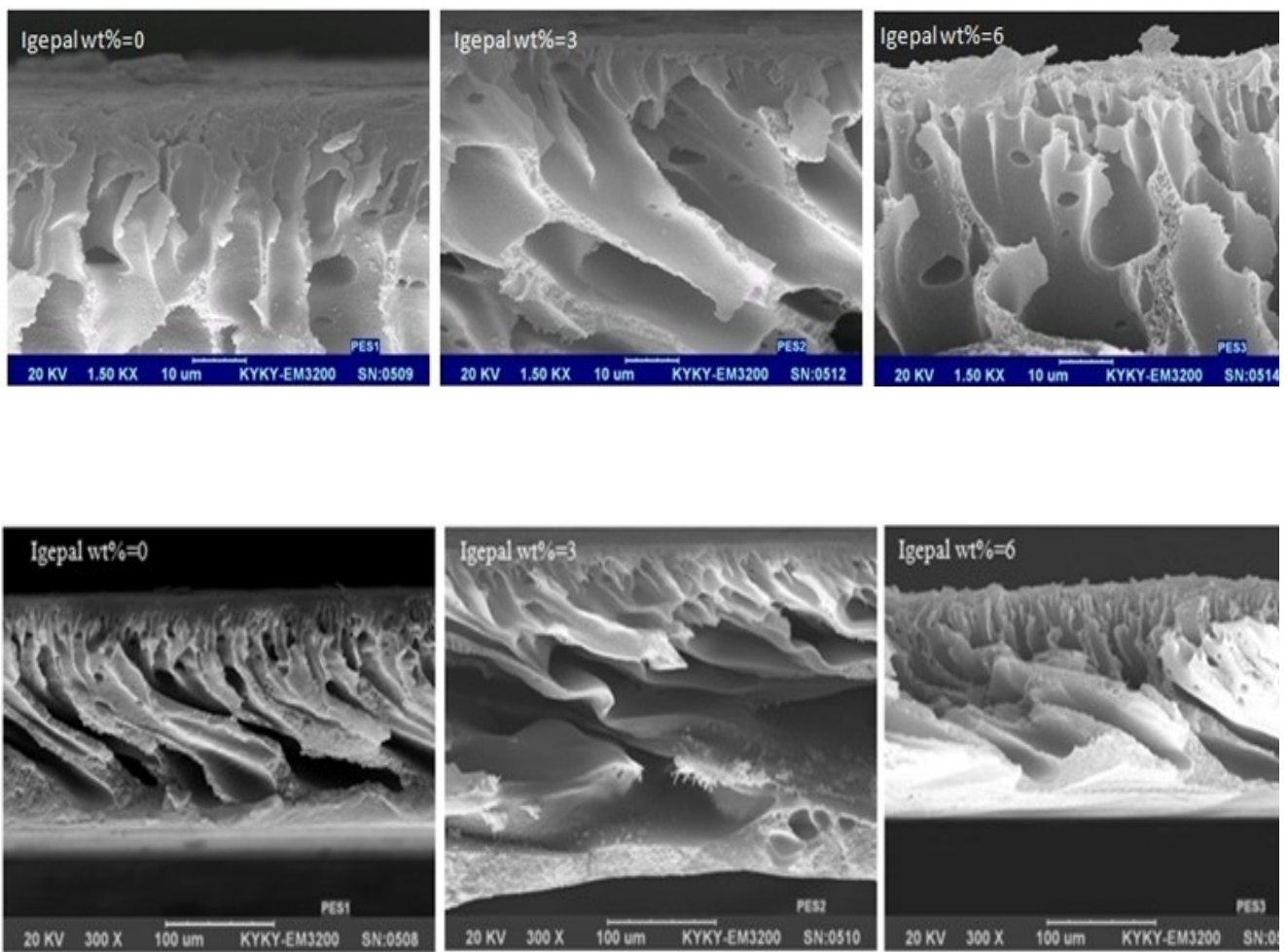
۳- غشایی با تخلخل بیشتر حاصل گردیده است.

این در حالی است که با افزایش بیشتر در غلظت ایگپال و رسیدن آن از ۳ به ۶ درصد وزنی، عکس روند فوق حاصل گردیده است به طوری که:

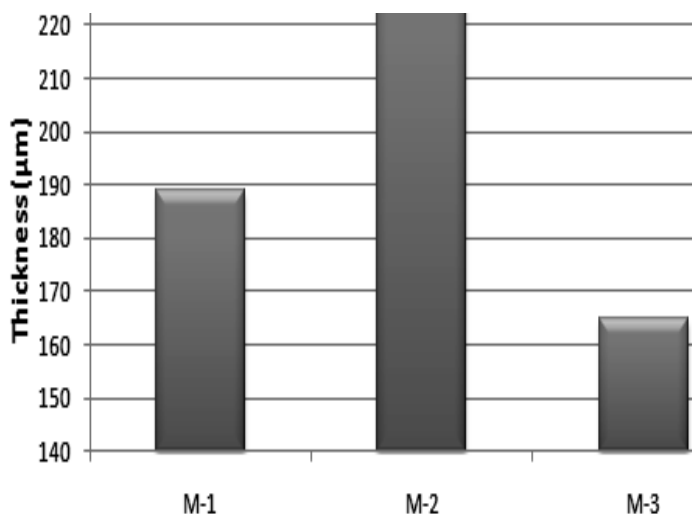
۱- ضخامت غشاء حاصله از $235 \mu\text{m}$ به چیزی در حدود $165 \mu\text{m}$ کاهش یافته است. مشاهده کیفی و کمی این امر به ترتیب با دقت در شکل های ۳ و ۵ میسر می باشد.

۲- اندازه حفرات موجود در غشاء حاصله به میزان قابل توجهی کاهش یافته و به عبارت دیگر، غشایی با تخلخل کمتر حاصل گردیده است.

این خاصیت بدان معناست که امتزاج پذیری این افزودنی نسبت به حلال NMP و پلیمر PES به ترتیب زیاد و کم می باشد. همین امتزاج پذیری اندک میان پلی اترسولفون و ایگپال باعث می شود که ناپایداری ترمودینامیکی فیلم غوطه ور شده به درون حمام انعقاد و به عبارت دیگر، تمایل آن به خارج شدن از حالت تک فازی افزایش یابد. در این حالت بدیهی است که پس از غوطه وری فیلم به



شکل ۳- تصاویر SEM حاصل از برش عرضی غشاهای حاصله با بزرگنمایی ۳۰۰ برابر



شکل ۴- تصاویر SEM حاصل از برش عرضی

از "حد معین" مذکور، ناپایداری ترمودینامیکی و در غلظت‌های بیشتر از آن، مانع سینتیکی غالب می‌باشد" (امیرلرگانی و همکاران ۲۰۱۰؛ سلجوقی و محمدی ۲۰۰۹؛ سلجوقی و همکاران ۲۰۰۹؛ امیرلرگانی و همکاران ۲۰۱۰؛ اسمولدر و همکاران ۱۹۹۲).

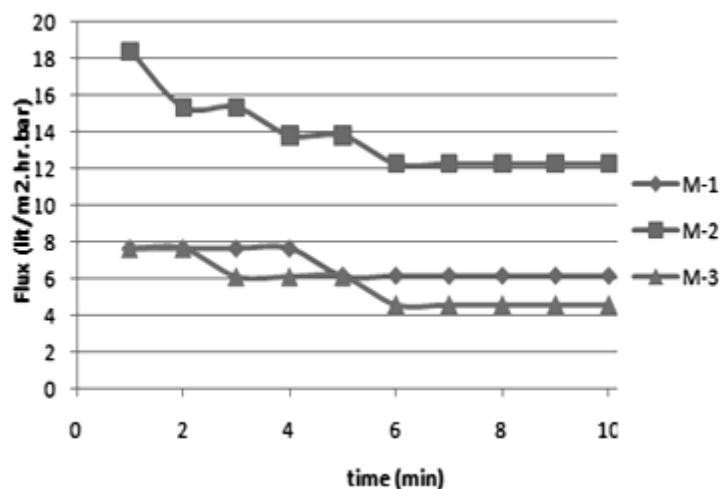
در این تحقیق و با توجه به تصاویر SEM به نظر می‌رسد که حد معین مذکور چیزی در حدود ۳ درصد وزنی از افزودنی ایگپال می‌باشد.

شار تراوه غشاهای

برای ارزیابی میزان تراوش از غشاهای، شار تراوه بر حسب زمان مورد اندازه‌گیری قرار گرفت که نتایج حاصله در شکل ۶ ارائه شده‌اند. با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که با افزایش غلظت ایگپال از ۰ به ۳ درصد وزنی، شار تراوه در حالت پایدار از $6.1 \text{ lit/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$ به $12.2 \text{ lit/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{bar}$ افزایش می‌یابد.

با توجه به مطالب فوق می‌توان گفت که حضور افزودنی ایگپال، همزمان از دو اثر متضاد بر روی ساختار غشاء برخوردار می‌باشد. از سویی با توجه به تشدید ناپایداری ترمودینامیکی می‌تواند به ایجاد ساختاری متخلخل و دارای حفرات درشت منجر شود و از سوی دیگر می‌تواند به افزایش گرانروی و در نتیجه، ایجاد ساختاری متراکم بینجامد. در واقع ساختار غشاء ایجاد شده به این بستگی دارد که سرانجام کدام یک از دو اثر فوق بر دیگری فائق آید. نهایتاً به عنوان چکیده‌ای از تحقیقات متعددی که در این زمینه انجام شده است می‌توان به نظر اسمولدر و همکارانش (۱۹۹۲) اشاره کرد که البته برخی دیگر از محققان نیز آن را تایید کرده‌اند:

"حضور افزودنی با خاصیت ضدحلالی، به ایجاد ساختاری با تخلخل بیشتر و تشکیل حفرات درشت در بدنه غشاء منجر می‌شود به جز زمانی که میزان این افزودنی از "حد معینی" تجاوز کند. در غلظت‌های کمتر



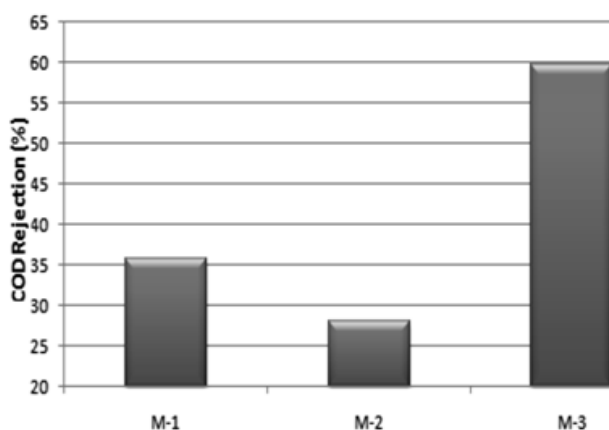
شکل ۵- ضخامت غشاهای حاصله

شده‌اند. با توجه به این شکل‌ها مشخص می‌گردد که با افزایش غلظت افزودنی ایگپال از ۰ به ۳ و سپس ۶ درصد وزنی، میزان حذف COD و TDS ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابند. این روند، عکس روند مشهود در خصوص تخلخل می‌باشد. به عبارت دیگر رابطه معکوسی میان تخلخل و حذف حل شونده‌های مذکور (انتخاب‌پذیری غشاء) مشاهده می‌گردد که این امر کاملاً منطقی می‌باشد چرا که با بزرگتر شدن حفرات غشاء انتظار می‌رود که توانایی آن در حذف ذراتی با اندازه بزرگتر در قیاس با اندازه مولکول‌های آب (نظیر COD و TDS در اینجا) کاهش یابد که نتیجه این امر، تضعیف در میزان انتخاب‌پذیری غشاء می‌باشد.

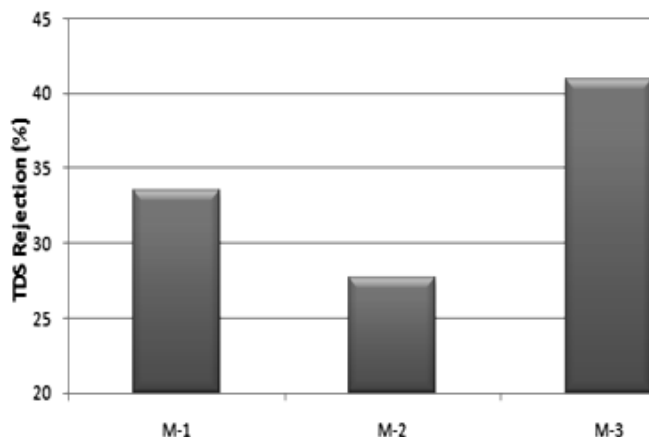
این در حالی است که با افزایش بیشتر در غلظت ایگپال و رسیدن آن از ۳ به ۶ درصد وزنی، شار تراوه به چیزی در حدود $4/5 \text{ lit/m}^2.\text{h.bar}$ کاهش می‌یابد. این روند منطبق بر روند تغییر تخلخل و اندازه حفرات می‌باشد که پیش از این با دقت در تصاویر SEM موجود در شکل-های ۳ و ۴ مورد بحث و بررسی قرار گرفت. بدیهی است که عبور پساب از میان غشایی با تخلخل بیشتر، سهل‌تر بوده و با شدت بیشتری صورت می‌پذیرد.

بررسی قابلیت غشاهای حاصله در حذف شاخص‌های آلودگی پساب

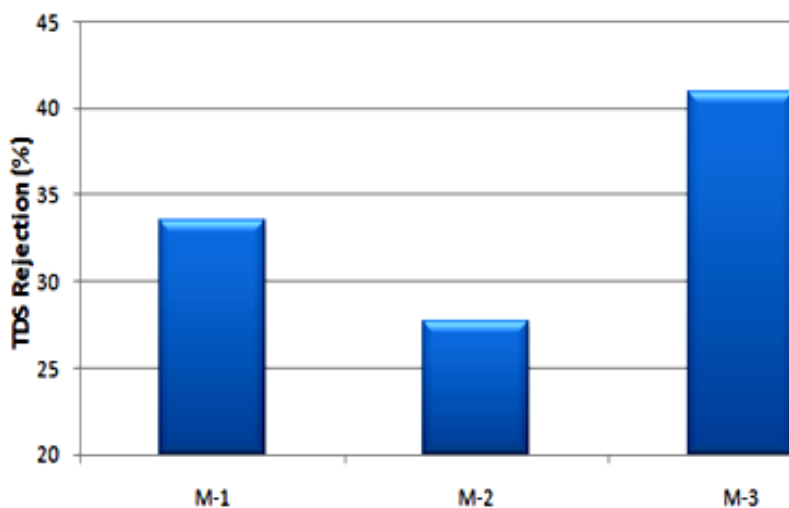
نتایج حاصل از حذف COD و TDS از پساب مورد استفاده در این تحقیق به ترتیب در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه



شکل ۶- شار تراوه ناشی از فیلتراسیون پساب بر حسب زمان



شکل ۷- درصد حذف COD پساب توسط غشاهای ساخته شده



شکل ۸- درصد حذف TDS پساب توسط غشاهای ساخته شده

نتیجه‌گیری

- حضور افزودنی ایگپال تا میزان معینی، به ایجاد ساختاری با تخلخل بیشتر و تشکیل حفرات درشت در بدنه غشاء منجر می‌شود.
- زمانی که میزان این افزودنی از حد معینی تجاوز کند، این افزودنی به دلیل غالب شدن مانع سینتیکی اثری عکس نشان داده و باعث می‌شود غشایی با ساختاری متراکم ایجاد شود.
- با افزایش غلظت افزودنی ایگپال در محلول ریخته‌گری می‌توان اثری دوگانه بر شار غشاهای

اثر غلظت افزودنی فعال سطحی ایگپال در محلول ریخته‌گری مورد استفاده جهت ساخت غشاء حاوی پلی-اترسولفون و NMP به عنوان ماده‌ای جهت ارتقاء خاصیت آب‌دوستی بر خصوصیات غشاء از قبیل مورفولوژی، شار تراوه و قابلیت غشاء در حذف COD و TDS پساب مورد بررسی قرار گرفت و نتایج ذیل حاصل آمد:

تشکر و قدردانی

این تحقیق از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد طبق قرارداد با کد ۲/۱۶۸۳۸ مورخ ۱۳۸۹/۱۲/۳ برخوردار بوده است.

حاصل را ملاحظه کرد و این روند ابتدا افزایشی و سپس کاهشی می‌باشد.

• افزایش غلظت افزودنی ایگپال در محلول ریخته‌گری باعث می‌شود میزان حذف COD و TDS ابتدا کاهش و سپس افزایش یابد.

منابع مورد استفاده

- Amirilargani M, Saljoughi E and Mohammadi T, 2010. Improvement of permeation performance of Polyethersulfone (PES) ultrafiltration membranes via addition of tween-20. *Journal of Applied Polymer Science* 115: 504–513.
- Amirilargani M, Saljoughi E, Moghbeli MR and Mohammadi T, 2010. Effects of coagulation bath temperature and Polyvinylpyrrolidone content on flat sheet asymmetric polyethersulfone membranes. *Journal of Polymer Engineering and Science* 50: 885–893.
- Anonymous, 2008. http://www.chemicalbook.com/ProductChemicalPropertiesCB5383991_EN.htm.
- Balanec B, Vourch M, Rabiller-Baudry M and Chaufer B, 2005. Comparative study of different nanofiltration and reverse osmosis membranes for dairy effluent treatment by dead-end filtration. *Separation and Purification Technology* 42: 195–200.
- Braghetta A, Jacangelo JG, Chellam S, Hotaling ML and Utne BA, 1997. DAF pretreatment: its effect on MF performance. *American Water Works Association* 89(10): 90–101.
- Chollangi A and Hossain MM, 2007. Separation of proteins and lactose from dairy wastewater. *Chemical Engineering Processing* 46: 398–404.
- Farizoglu B and Uzuner S, 2011. The investigation of dairy industry wastewater treatment in a biological high performance membrane system. *Biochemical Engineering Journal* 57: 46–54.
- Han SK, Hiroyuki K, Satoshi T and Shinichiro O, 2005. Development of a microfilter separation system coupled with a high dose of powdered activated carbon for advanced water treatment. *Desalination* 186: 215–226.
- Jianquan L, Luhui D, Benkun Q, Michel YJ and Yinhua W, 2011. A two-stage ultrafiltration and nanofiltration process for recycling dairy wastewater. *Bioresource Technology* 102(16): 7437-7442.
- Jusi W, 1990. Water shortage and wastewater reuse. *Journal of Environmental Science (China)* 2(3): 67-78.
- Madaeni SS and Mansourpanah Y, 2003. COD removal from concentrated wastewater using membranes. *Filtration & Separation* 40(6): 40-46.
- Mori Y, Oota T, Hashino M, Takamura M and Fujii Y, 1998. Ozone-microfiltration system. *Desalination* 117: 211–218.
- Perle M, Kimchie S and Shelef G, 1995. Some biochemical aspects of the anaerobic degradation of dairy wastewater. *Water Research* 29(6): 1549–1554.
- Ren NQ, Yan XF, Chen ZB, Hu DX, Gong ML and Guo WQ, 2007. Feasibility and simulation model of a pilot scale membrane bioreactor for wastewater treatment and reuse from Chinese traditional medicine. *Journal of Environmental Sciences* 19: 129-134.
- Roccaro P, Mancini G, Vagliasindi FGA, 2005. Water intended for human consumption -Part I: Compliance with European water quality standards. *Desalination*: 176: 1-11.
- Sawada S, Sumida I and Matsumoto K, 2000. Effects of pre-ozonation of synthetic raw water on membrane fouling in filtration water treatment with UF membrane. *Japan Water Works Association* 69(6): 12–21.
- Saljoughi E, Amirilargani M and Mohammadi T, 2009. Effect of Poly (vinyl pyrrolidone) concentration and coagulation bath temperature on the morphology, permeability and thermal stability of asymmetric Cellulose acetate membranes. *Journal of Applied Polymer Science* 111: 2537–2544.

- Saljoughi E and Mohammadi T, 2009. Cellulose acetate (CA)/Polyvinylpyrrolidone (PVP) blend asymmetric membranes: Preparation, morphology and performance. *Desalination* 249: 850–854.
- Smolders CA, Reuvers AJ, Boom RM and Wienk IM, 1992. Microstructure in phase-inversion membranes. Part 1. Formation of macrovoids. *Journal of Membrane Science* 73: 259-275.
- Vidal G, Carvalho A, Mendez R and Lema JM, 2000. Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters. *Bio-resource Technology* 74: 231–239.

Influence of polyethersulfone (PES) membrane morphology on treatment of milk powder production wastewater

S M Mousavi^{1,*}, E Saljoughi², H Chamani^{3,4}, N Mehrjoo^{3,4}, S A Hosseini^{3,4}, F Dehghan⁴

Received: March 17, 2014

Accepted: November 30, 2014

¹Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

²Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³BSc Student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

⁴Non-permanent member of Membrane Processes and Membrane Research Center, Faculty of Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding author: E-mail: mmousavi@um.ac.ir

Abstract

In this paper after the preparation of polyethersulfone (PES) membrane by immersion precipitation method, the treatment of wastewater of milk powder production has been investigated by using this membrane. The investigation of influence of membrane morphology on the flux of obtained membranes and removal of COD and TDS of this wastewater is main purpose of present research. Scanning electron microscope has been used to study the structure of obtained membranes. In order to evaluate the performance of prepared membranes in the wastewater treatment, the values of flux and rejection of COD and TDS have been determined. A surfactant as additive has been used to improve the hydrophilicity and permeation of membrane. The effect of concentration of this additive on the structure and performance of membranes in the treatment of mentioned wastewater has been investigated. The results indicate that by increasing additive concentration, the porosity, thickness and flux are first increased and then decreased. Also this trend for the performance of membrane in pollution indices removal from the wastewater is reverse.

Keywords: Polyethersulfone, Wastewater treatment, Membrane, Morphology, COD, TDS