

تهیه غشاء‌های نانوفیلتراسیون بفرم الیاف توخالی بوسیله روش فتوپلیمریزاسیون و کاربرد آنها جهت تصفیه پس‌آبهای رنگین مدل شده

احمد اکبری

استادیار و عضو هیات علمی دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان

E-mail: akbari@kashanu.ac.ir

چکیده:

غشاء‌های جدید نانوفیلتراسیون بفرم الیاف توخالی بوسیله روش فتوپلیمریزاسیون تهیه گردید. پاراستایرن سولفونات سدیم بعنوان مونومر وینیلی برای اصلاح غشاء‌های اولترافیلتراسیون از جنس پلی سولفون مورد استفاده قرار گرفت. اثر عوامل مختلف چون میزان انرژی دریافتی توسط غشاء و وجود آغازگر نوری روی میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشاء در حین فرآیند فتوپلیمریزاسیون بررسی شد. غشاء‌های اصلاح شده جهت رنگینه سه رنگینه مختلف اسیدی، راکتیو و مستقیم به منظور بازیابی و استفاده مجدد از رنگینه ها و آب پکار گرفته شد. اثر پارامترهای مختلف چون فشار، الکتروولیت، زمان و نوع رنگینه روی میزان احتباس رنگینه و دبی جریان خروجی از غشاء نیز ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که مشکل مسدود شدن روزنه های غشاء‌های جدید برخلاف اکثر غشاء‌های تجاری که از جنس پلی آمید هستند، به مقدار زیادی محدود گردیده است.

واژگان کلیدی: غشاء، نانوفیلتراسیون، فتوپلیمریزاسیون، رنگینه نساجی

مقدمه :

پس‌آبهای نساجی در مراحل مختلف فرآیندهای تبدیل الیاف خام طبیعی و مصنوعی به کالای تکمیل شده ایجاد می‌شوند. این فرآیندها شامل آماده سازی الیاف (بخت و شستشو)، آهارگیری، مرسریزاسیون، سفیدگری، رنگرزی یا چاپ و سایر فرآیندهای تکمیل و آبکشیهای بین مراحل مختلف می‌باشند که منابع اصلی پس‌آب صنایع نساجی را تشکیل می‌دهند. در بین تمامی فرآیندهای مذکور، پس‌آبهای حاصل از فرآیند رنگرزی و چاپ بعلت وجود رنگینه ها از ماهیت پیچیده ای برخوردارند. رنگینه های نساجی ترکیبات آلی هستند که معمولاً علاوه بر سمی بودن و غیر قابل تجزیه بیولوژیکی بودن، با رنگین نمودن آبهای سطحی (رودخانه ها) ضمن کاهش زیبائی با کاهش انتقال نور و اکسیژن محلول در آب با جلوگیری از عمل فتوستنتز مانع جهت رشد ارگانیزمها می‌شوند [۱]. بنابراین فرآیندهای تصفیه پس‌آب باید قادر باشند رنگینه ها را بیشتر از ۹۰٪ از پس‌آب جدا کنند.

رنگینه های نساجی با توجه به حلالیت و باریونی در محلول به سه گروه عمده تقسیم می‌شوند: گروه N، رنگینه های خنثی مثل رنگینه های دیسپرس، خمی و گوگردی که در آب نامحلول هستند. گروه C، رنگینه های کاتیونیک چون رنگینه های بازیک و گروه A، رنگینه های آنیونیک. در این گروه می‌توان به رنگینه های اسیدی، مستقیم و راکتیو اشاره نمود که در آب محلول هستند. از روش‌های تصفیه که عمدتاً جهت رنگبری پس‌آبهای رنگین مورد استفاده قرار می‌گیرند میتوان به فرآیند انعقاد، بیولوژیکی، جذب، اکسیداسیون، تعویض یون، الکتروشیمیائی و جداسازی غشائی (فیلتراسیون) اشاره نمود [۲]. برای هر یک از این روشها مزایا و معایب وجود دارد و هیچیک از آنها برای تمامی گروههای رنگی به تنها مناسب نمی‌باشد.

بهر حال چون غشاء می‌تواند بصورت یک فیلتر (سد) فیزیکی ساده در مقابل یک ترکیب خاص عمل کند و انجام فرآیند تصفیه بدون تخریب رنگینه و یا افزودن ماده کمکی خاص به پس‌آب، خروج و استفاده مجدد از رنگینه، مواد تعاونی مصرف و آب را میسر می‌سازد، بنابراین جداسازی غشائی با دیگر روش‌های تصفیه کاملاً متفاوت می‌باشد.

در بین انواع فرآیندهای غشاء‌ای (میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس) نانوفیلتراسیون بخاطر وجود بارهای یونی در سطح غشاء (دافعه یونی – پدیده دونان) و اندازه حفره‌های بین ۲–۱۰ نانومتر، امکان تغییض پساب و حذف رنگینه‌های یونی و محلول را از پساب فراهم می‌سازد. میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون برای حذف رنگینه‌های نامحلول (دیسپرس، خمی و گوگردی) و پلیمرها (پلی وینیل الکل) از پساب مناسب می‌باشند. جهت حذف یونهای فلزی یک ظرفیتی از اسمز معکوس استفاده می‌شود^[۳].

اما اکثر غشاء‌های نانوفیلتراسیون تجاری از جنس پلی آمیدها می‌باشند که با توجه به pH دارای بار منفی (NH_3^+) و یا بار مثبت (COO^-) هستند، بنابراین تنظیم pH پساب مورد تصفیه با توجه به بار یونی رنگینه موجود در پساب ضروری می‌باشد. از طرف دیگر پلی آمید لیفی است که قابلیت رنگرزی و لکه گذاری با اکثربت رنگینه‌های نساجی (اسیدی، مستقیم، راکتیو، دیسپرس) را دارا می‌باشد. بنابراین استفاده از این نوع غشاء‌های نانوفیلتراسیون برای تصفیه پسابهای رنگرزی، مسدود شدن ناخواسته حفره‌های غشاء را می‌تواند بسرعت باعث شود که نتیجتاً کاهش دبی جریان آب خروجی از پساب را در حین فرآیند فیلتراسیون بهمراه دارد و بدنبال آن شستشوها متعددی را ایجاد می‌کند^[۴].

واندربروگن و همکارانش^[۵] عملکرد چندین غشاء‌های نانو را به منظور تصفیه پسابهای رنگین مورد بررسی قرار دادند. آنها مشاهده کردند که بعد از حتی ۱۵ دقیقه عمل فیلتراسیون، جریان خروجی از غشاء‌های پلی آمید بشدت کاهش یافت که این کاهش به جذب رنگینه توسط غشاء (بخاطر وجود پلی آمید در سطح خارجی غشاء) و مسدود شدن حفره‌ها نسبت داده شد. بنابراین با توجه به محدودیت مسدود شدن سریع غشاء‌های پلی آمیدی و لزوم تنظیم pH پساب قبل از تصفیه، مزیتهای قابل توجه ای در جهت اصلاح سطح غشاء‌ها توسط پلیمرهایی که حساسیت کمتری به جذب رنگینه‌ها دارند انتظار خواهد رفت. موضوع این مقاله تولید غشاء‌های جدید نانوفیلتراسیون از غشاء‌های اولترافیلتراسیون بوسیله روش فتوپلیمریزاسیون یک مونومر وینیلی می‌باشد. غشاء جدید از پلیمریزاسیون یک مونومر خاص و پیوند پلیمر تشکیل شده روی سطح غشاء اولترافیلتراسیون از جنس پلی سولفون تحت تابش نور ماوراء بنشش بست می‌آید. تحت تابش اشعه ماوراء بنشش یکسری پیوندهای شیمیائی در غشاء پلی سولفون که فناوتکیو می‌باشد، شکسته شده و تولید رادیکال آزاد می‌کند. فرآیند پلیمریزاسیون رادیکالی در حضور مونومرهای وینیلی شروع شده و بدین ترتیب زنجیره پلیمری توسط پیوند کووالانت به سطح غشاء پیوند می‌خورد. در این تحقیق از غشاء‌های پلی سولفون بفرم الیاف توخالی استفاده شده که در سطح بیرونی این الیاف عمل پلیمریزاسیون صورت می‌گیرد. پارا استایرین سولفونات سدیم (NaSS) بعلت دارا بودن گروههای سولفونات مشابه اکثر رنگینه‌های آنیونیک، بعنوان مونومر وینیلی انتخاب گردید. بنابراین وجود گروههای یونی سولفونات در سطح غشاء انتظار می‌رود که دفع هر چه بیشتر ملکول رنگینه، احتباس بیشتر و نهایتاً مسدود نشدن زودرس روزنه‌های غشاء را بهمراه داشته باشد. علاوه بر این پلی پاراستایرین سولفونیک اسید، یک اسید نسبتاً قوی است و در pH بالاتر از ۱ دارای بار منفی می‌باشد و جهت تصفیه پسابهای رنگین حاصل از رنگینه‌های آنیونیک نیازی به تنظیم pH نمی‌باشد.

مواد و روشها:

۱) پایلوت فتوپلیمریزاسیون: الیاف توخالی پلی سولفون بوسیله دو لامپ پلی کروماتیک ماوراء بنشش (طول ۲۵ سانتی متر، مدل UV France, UVAPRINT LE, F, S/CM, HOENIE) قرار می‌گیرد. سرعت خطی الیاف (U) بین ۲۰ تا ۲۰۰ متر بر دقیقه قابل تنظیم می‌باشد. انرژی کل دریافت شده توسط لیف (E, J/m^2) با حاصلضرب شدت نور (I, J.s/m^2) در زمان اقامت لیف (s) در راکتور برابر است. این انرژی همچنین بطول مؤثر دو لامپ، سرعت خطی لیف، قدرت الکتریکی لامپ و نوع لامپ بستگی دارد.

۲) پایلوت فیلتراسیون: جهت انجام عمل فیلتراسیون، محلول خوارک موازی سطح غشاء بطور پیوسته از یک تانک اصلی به حجم ۵ لیتر توسط پمپ به مدول الیاف توخالی هدایت می‌شود. مدول شامل ۱۰ لیف بطول هر یک ۲۰ سانتی متر می‌باشد. در بین مسیر، جهت تنظیم سرعت خطی محلول (u, m/s)، یک عدد دبی متر تعییه شده است. فشار مطلوب توسط یک شیر مخصوص در محدوده بین ۵۰–۴۰ Kpa (۰/۵–۰/۰ bar) قابل تنظیم می‌باشد. دمای محلول توسط یک ترمومترات در ۲۰°C تنظیم می‌گردد.

۳) غشاء‌های بکار رفته در این تحقیق از جنس پلی سولفون و بفرم الیاف توخالی به روش تر ریسی، ریسیده شده‌اند. دارای قطر داخلی ۰/۶۵ و ۰/۶۰ میلیمتر، قطر خارجی ۱/۲۰ و ۱/۱۵ میلیمتر، نفوذپذیری آب خالص (Lp) ۳۱ و ۳۰ لیتر بر ساعت بر متر مربع در ۱۰۰ کیلو پاسکال و احتباس (R) پلی اتیلن گلیکول به وزن ملکولی ۱۰ کیلو دالتون برابر با ۸۷ و ۶۵ درصد به ترتیب می‌باشند.

۴) رنگینه‌های آنیونیک از گروه مستقیم، اسیدی و راکتیو جهت تهیه محلولهای رنگی به غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر استفاده شد که در جدول ۱ مشخصات آنها داده شده است.

جدول ۱: مشخصات عمومی رنگینه‌های مورد استفاده

نام رنگینه C.I...	علامت	ساختار شیمیابی	فرمول شیمیابی	طول موج ماکزیمم (نانومتر)	وزن ملکولی (گرم بر مول)
Acid orange 10	AO10	Monoazo	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ Na ₂ S ₂ O ₇	475	452
Direct red 80	DR80	Polyazo	C ₄₅ H ₂₆ N ₁₀ Na ₆ S ₆ O ₂₁	528	1373
Reactive orange 16	RO16	Monoazo	C ₂₀ H ₁₇ N ₃ Na ₂ S ₃ O ₁₁	494	617

۵) پلی اتیلن گلیکول (PEG) : به منظور محاسبه MWCO و احتباس غشاء در شرایط ثابت از یکسری محلولهای پلیمری پلی اتیلن گلیکول بوزن ملکولیهای بین ۱۰۰۰ - ۱۰۰۰۰ گرم بر مول به غلظت ۱ گرم بر لیتر استفاده گردید. به منظور آنالیز محلولهای پلی اتیلن گلیکول از روش محاسبه میزان کل کربن در نمونه با استفاده از دستگاه آنالیز کربن Shimadzu مدل TOC 5050A استفاده گردید.

۶) اندازه گیری غلظت محلولهای رنگین: غلظت مواد رنگزا در پساب قبل و بعد از عمل فیلتراسیون در محدوده مرئی در طول موج ماکزیمم رنگینه توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Anthelie Secoman ساخت فرانسه اندازه گیری شده است که دقت عمل آن در اندازه گیری مقدار جذب محلولها در حدود ۰/۰۰۱ واحد است.

۷) اندازه گیری میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشاء: میزان مونومر با پلیمر بیوند خورده به سطح غشاء (DG) با توجه به ظرفیت قابلیت تعویض یونی پلیمر محاسبه گردید. بدین منظور نمونه‌های یک متری از الیاف توخالی، بعد از شستشو با آب خالص، در محلول اسید کلریدریک بمدت ۲۰ ساعت قرار گرفت. نمونه‌ها دوباره تحت عمل فیلتراسیون با آب خالص به منظور خروج مواد باقیمانده در بین روزنه های غشاء شسته می‌شوند. سپس الیاف در محلول سدیم کلراید برای مدت ۱۰ ساعت در دمای ۲۰°C جهت تبدیل به فرم نمکی غوطه ور می‌گردد. مقدار پروتون آزاد شده در محلول نمک توسط pH متر اندازه گیری می‌شود. از اختلاف pH محلول سدیم کلراید قبل و بعد از تعادل نمکی، میزان پلیمر تشکیل شده در سطح الیاف توخالی بصورت میلی مول مونومر در متر مربع لیف محاسبه می‌گردد.

۸) محاسبات: درصد احتباس (R)، دبی جریان خروجی از غشاء (Flux) و نفوذپذیری (Lp) مطابق معادلات زیر به ترتیب محاسبه می‌گردد:

$$R (\%) = [1 - Cp(t)/Cr(t)] \times 100 \quad (1)$$

که در آن Cr و Cp به ترتیب غلظتهاهای نمونه خروجی از غشاء و محلول احتباس شده در زمان مشخص t می‌باشند.

$$Flux (l/h.m^2) = m/pAt \quad (2)$$

که در آن m جرم نمونه خروجی از غشاء بر حسب کیلوگرم، t مدت زمان اندازه گیری بر حسب ساعت، A سطح مفید غشاء بر حسب متر مربع و p دانسیته محلول میباشد.

$$Lp (l/h.m^2.bar) = Flux / P_e \quad (3)$$

با

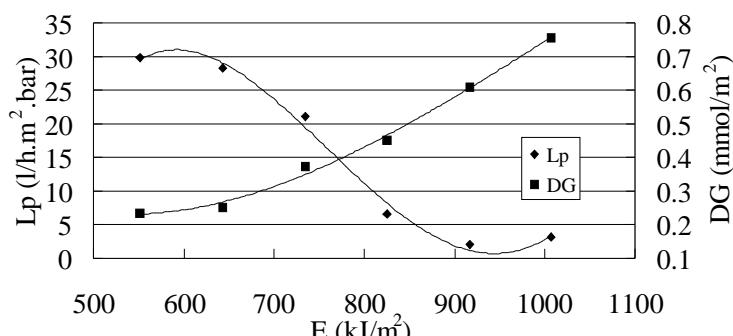
$$P_e = P - \Delta \Pi \quad \text{و} \quad \Delta \Pi = \Pi(Cr) - \Pi(Cp)$$

که در آن P فشار موثر بر حسب بار، P فشار وارد شده به غشاء بر حسب بار و \prod فشار اسمزی بر حسب بار میباشد.
نتایج:

۱) فرآیند فتوپلیمریزاسیون

۱-۱) اثر توان الکتریکی لامپ روی نفوذپذیری و میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشاء:

الیاف تو خالی اصلاح شده مختلفی در غلظت های برابر از مونومر و در سرعت خطی برابر با ۳ متر بر دقیقه ولی در توانهای الکتریکی متغیر از لامپ UV تهیه شدند. شکل ۱ تغییرات نفوذپذیری (Lp) و میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشاء (DG) (این الیاف اصلاح شده را بصورت تابعی از میزان انرژی دریافتی نشان می دهد. نتایج نشان می دهند که با افزایش میزان انرژی دریافت شده توسط غشاء که در اثر تغییر توان الکتریکی لامپ ناشی می شود، DG افزایش می یابد در حالیکه Lp کاهش می یابد که این نتیجه ای از کاهش تدریجی اندازه حفره های غشاء بوسیله تشکیل لایه پلیمری در سطح غشاء می باشد.

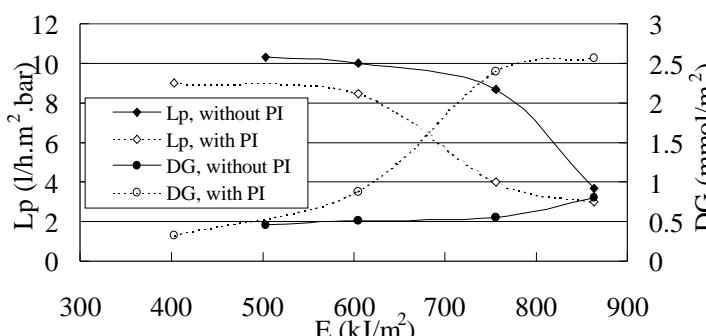


شکل ۱: تغییرات نفوذپذیری (Lp) و میزان پلیمر تشکیل شده (DG) بر حسب میزان انرژی دریافتی (E).

۱-۲) فتوپلیمریزاسیون در حضور یک آغازگر نوری:

به منظور کاهش هر چه بیشتر اندازه حفره های غشاء بدون تخریب جدی آن، به محلول مونومر یک آغازگر نوری (PI) اضافه گردید. افزایش آغازگر به محلول امکان تولید هر چه بیشتر رادیکالها را فراهم آورده و نهایتاً سرعت انجام واکنش پلیمریزاسیون را افزایش می دهد. بنابراین در حضور آغازگر، در اثر تابش نور UV دو منبع تولید رادیکال بطور همزمان وجود دارد: ۱ - روی سطح غشاء پلی سولفون که خود فتواکتیو میباشد. ۲ - در داخل محلول مونومر بعلت وجود آغازگر وجود کراس لینکر (Cross linker) در محلول امکان برقراری پیوند شیمیائی بین زنجیره های پلیمری ایجاد شده در محلول و آنهایی که در سطح غشاء تشکیل شده اند را فراهم می آورد.

شکل ۲ نتایج بدست آمده از تغییرات Lp و DG الیاف تو خالی اصلاح شده در دو حالت حضور و عدم حضور آغازگر نسبت به تغییرات انرژی دریافتی توسط غشاء را نشان می دهد. این نتایج نشان می دهد که در حضور آغازگر DG خیلی بیشتر از حالتی است که آغازگر در محلول نباشد و سیر کاهشی Lp متقابلاً شدیدتر خواهد بود.



شکل ۲: تغییرات نفوذپذیری (Lp) و میزان پلیمر تشکیل شده (DG) بر حسب میزان انرژی دریافتی (E) بر حسب حضور و یا عدم حضور آغازگر نوری (PI).

۲) فیلتراسیون محلولهای رنگین:

به منظور فیلتراسیون محلولهای مدل شده رنگین، از بین تمامی الیاف تو خالی اصلاح شده دو لیف انتخاب گردید که مشخصات آنها در جدول ۲ آمده است. با توجه به جدول مشاهده می گردد که MWCO این غشاءها خیلی بزرگتر از وزن ملکولی رنگینه های استفاده شده

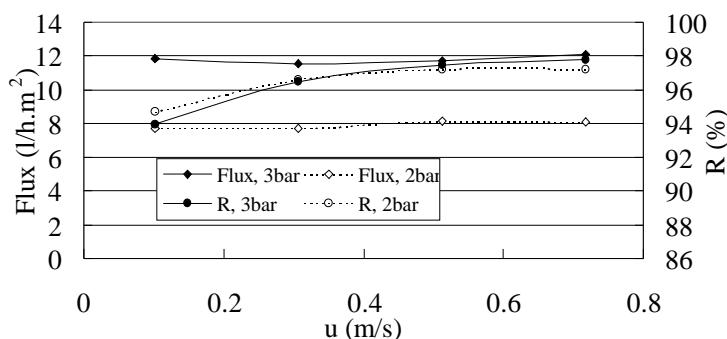
در این مطالعه (جدول ۱) می باشد. بنابراین در این صورت مکانیزم غالب جهت احتباس رنگینه اثر دافعه یونی خواهد بود و احتمال جدائی ملکلول رنگینه از پساب توسط مکانیزم اندازه ملکولی کمتر خواهد بود.

جدول ۲: شرایط فتوپلیمریزاسیون و مشخصات الیاف توالی اصلاح شده

نام لیف	AG	BG	
۵			سرعت خطی (متر بر دقیقه)
۷/			مدت زمان تابش اشعه (ثانیه)
۴	۷/۵		انرژی دریافتی توسط لیف (کیلوژول بر مترمربع)
۳۶۷			غلاظت مونومر (درصد)
۱۵	۱۵		غلاظت آغازگر (درصد)
-	۲		
۰/۰۸۹	۰/۴۹۴		میزان پلیمر تشکیل شده در سطح لیف (گرم مونومر بر متر مربع لیف)
۱۵	۴		نفوذپذیری لیف (لیتربرساعت بر مترمربع برابر)
۴۵۰۰	۲۰۰۰		MWCO (گرم بر مول)
			مشخصات لیف بعد از اصلاح

۲-۱) اثر سرعت خطی محلول رنگین روی سطح غشاء بر دبی جریان خروجی و احتباس

شکل ۳ احتباس رنگینه AO10 را در دو فشار ۲ و ۳ بار بر حسب تغییرات سرعت خطی محلول (u) در مدول توسط غشاء BG نشان می دهد. این منحنی ها نشان می دهند که افزایش سرعت خطی محلول باعث افزایش دبی جریان خروجی (Flux) از غشاء و احتباس (R) رنگینه می شود. افزایش سرعت خطی کاهش غلظت را در سطح غشاء که منجر به کاهش غلظت محلول خروجی از مدول می گردد را باعث می شود. کاهش غلظت در سطح غشاء فشار اسمزی را نیز کاهش و فشار موثر را افزایش داده و در نهایت جریان خروجی افزایش می یابد (معادله ۳).



شکل ۳: تغییرات دبی جریان خروجی (Flux) و میزان احتباس رنگینه AO10 بر حسب تغییرات سرعت خطی محلول (u) در دو فشار مختلف توسط غشاء BG

۲-۲) اثر نوع رنگینه:

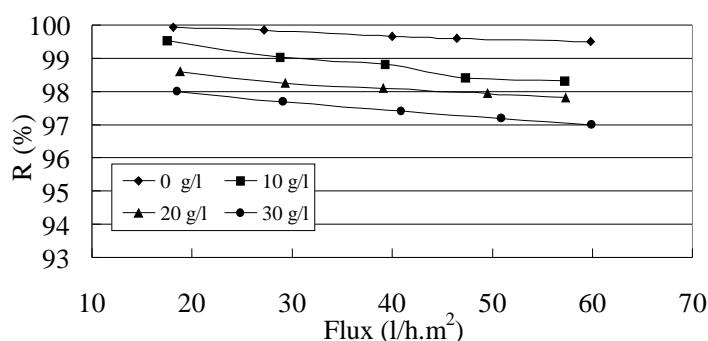
احتباس ۳ رنگینه آئیونی با غشاء AG در سرعت خطی AG در 0.8 m/s و فشار ۳ بار در جدول ۳ آورده شده است. احتباس تقریباً ۱۰۰٪ رنگینه مستقیم قرمز ۸۰ به وزن ملکولی بالای این رنگینه (1373 g/mol) و تعداد گروههای سولفونه (۶ گروه) می تواند نسبت داده شود. احتباس برای ۲ رنگینه RO16 و AO10 در مقایسه با رنگینه DR80 کمتر می باشد که این بخاطر کوچک بودن اندازه ملکولی رنگینه و کم بودن تعداد گروههای سولفونه در این رنگینه ها می باشد. بنابراین ملاحظه می گردد با توجه به MWCO (Da)AG احتباس رنگینه ها بیشتر از طریق مکانیزم دافعه یونی کنترل می شود.

جدول ۳: درصد احتباس رنگینه های مختلف توسط غشاء AG

نام رنگینه	DR80	AO10
درصد احتباس	۹۹/۶	۹۶/۴

۲-۳) اثر نمک روی دبی جریان خروجی از غشاء و احتباس رنگینه:

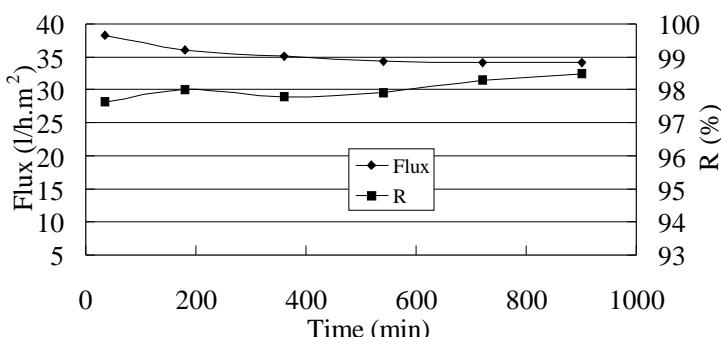
از آنجائیکه پسابهای رنگرزی معمولاً علاوه بر رنگینه حاوی مقادیر مختلفی الکتروولیت (معمولًاً سدیم کلراید) - بسته به نوع رنگینه و تعداد گروههای سولفونه - می باشند آزمایشاتی جهت بررسی اثر نمک صورت گرفت که نتایج حاصل از آن روی رنگینه DR80 در غلظت های مختلف از سدیم کلراید بر حسب دبی جریان خروجی از غشاء AG در شکل ۴ نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که با افزایش غلظت نمک، جریان خروجی از غشاء بعلت پائین بودن احتباس نمک (حدوداً ۱-۳٪) در یک فشار داده شده ثابت باقی می ماند. احتباس رنگینه با افزایش جریان خروجی بعلت افزایش غلظت رنگینه در سطح غشاء و همچنین با افزایش غلظت نمک کاهش می یابد، که این کاهش بخاطر خنثی شدن بارهای سطحی غشاء توسط کاتیونهای موجود در محلول میباشد.



شکل ۴: احتباس (R) رنگینه مستقیم ۸۰ بر حسب دبی جریان خروجی (Flux) از غشاء AG در غلظت‌های مختلف از سدیم کلراید.

۴-۴) اثر زمان روی دبی جریان خروجی و احتباس:

شکل ۵ رابطه بین دبی جریان خروجی و احتباس رنگینه DR80 در حضور نمک را با زمان فیلتراسیون بطور پیوسته در فشار ۲ بار توسط غشاء AG نشان می دهد. مشاهده می شود که دبی جریان خروجی در زمانهای اولیه فیلتراسیون بطور تدریجی کاهش می یابد و سپس ثابت باقی می ماند، در همان زمان احتباس رنگینه در تمام مدت فیلتراسیون تقریباً ثابت و بیشتر از ۹۷٪ می باشد.



شکل ۵: دبی جریان خروجی (Flux) و احتباس (R) رنگینه مستقیم ۸۰ بر حسب زمان فیلتراسیون توسط غشاء AG در غلظت ۳۰ گرم بر لیتر از سدیم کلراید.

نتیجه گیری:

این تحقیق نشان داد که امکان تهیه غشاء های نانوفیلتراسیون از غشاء های اولترافیلتراسیون بفرم الیاف توخالی با استفاده از روش فتوپلیمریزاسیون در حضور مونومرهای وینیلی وجود دارد. اثر عوامل مختلف روی فرآیند فتوپلیمریزاسیون همچون میزان انرژی دریافت شده توسط غشاء و افزایش آغازگر نوری به فرآیند فتوپلیمریزاسیون روی عملکرد و خصوصیات غشاء های اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفت. افزایش میزان انرژی دریافتی توسط غشاء باعث افزایش میزان پلیمر تشکیل شده در سطح آن می گردد. افزایش آغازگر نوری به محلول مونومر بعلت تولید رادیکالهای بیشتر، سرعت انجام واکنش فتوپلیمریزاسیون را تسريع کرده و میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشاء را

افزایش میدهد.

کاربرد غشاء‌های توالی تهیه شده بوسیله فتوپلیمریزاسیون برای رنگبری محلولهای رنگین مدل شده نشان داد که راندمان فرآیند جداسازی غشائی به عواملی چون شرایط هیدرولیکی، مقدار بار الکتریکی تشکیل شده در سطح غشاء، وزن ملکولی و بار یونی رنگینه، وجود نمک و فشار بستگی زیادی دارد. نتایج آزمایشات همچین نشان داد که مشکل مسدود شدن روزنه‌های غشاء که قویاً در حالت غشاء‌های از جنس پلی آمید وجود دارد، عملاً محدود شده و جریان خروجی از غشاء حتی بعد از گذشت بیشتر از ۱۵ ساعت فیلتراسیون تقریباً ثابت می‌ماند. وجود بارهای همتام روی سطح غشاء‌های اصلاح شده و همچنین وجود آنها در رنگینه دافعه یونی ملکول رنگینه را ممکن ساخته و ضمن افزایش میزان احتباس، انسداد سریع روزنه‌های غشاء را به مقدار زیادی محدود می‌سازد.

نتایج همچنین نشان داد که یک غشاء با MWCO بیشتر از ۱۵۰۰ دالتون (عموماً بیشتر از غشاء‌های نانوفیلتراسیون تجاری موجود) می‌تواند برای تقلیل سازی محلولهای رنگین و نمک گیری از آنها مورد استفاده قرار گیرد. بعنوان مثال غشاء AG با MWCO ۴۵۰۰ باشد و دالتون می‌تواند محلول رنگینه قرمز مستقیم ۸۰ را با درصد احتباس بالاتر از ۹۷٪ و با نفوذپذیری ۱۵ لیتر بر ساعت برمترمربع بر بار و درصد احتباس نمک کمتر از ۲٪ غلیظ کند. برای رنگینه‌های با وزن ملکولی پائین تر و تعداد بار یونی کمتر، میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشاء به منظور کاهش هرچه بیشتر MWCO غشاء و افزایش میزان بار یونی در سطح غشاء می‌بایستی افزایش باید.

فهرست علائم و اصطلاحات:

DG: Degree of grafting (مقدار پلیمر تشکیل شده در سطح لیف)

Flux: (دبی جریان خروجی از غشاء)

Lp: Permeability (نفوذپذیری)

MWCO: Molecular Weight Cut-Off

که طبق تعریف برابر است با وزن ملکولی کوچکترین زنجیره پلیمری احتباس شده به میزان ۹۰٪ توسط غشاء.

PEG: polyethylene glycol (پلی اتیلن گلیکول)

PI: Photoinitiator (آغازگر نوری)

R: Retention (احتباس)

Tirr: Irradiation time (مدت زمان تابش اشعه)

u: سرعت خطی محلول روی سطح غشاء

100 kPa=1 bar

مراجع:

- 1) O'Neil C., Hawkes F. R., Hawkes D. L., Lourenço N. D., Pinheiro H. M. and Delée W., "Colour in textile effluents-sources, measurement, discharge consents and simulation: a review", J. Chem. Tech. Bio., Vol. 74, pp.1009-1018, 1999.
- 2) Marrot B., Roche N., "Wastewater treatment and reuse in textile industries, a review", Res. Adv. In water Research, Vol. 3, pp. 41-53, 2002.
- 3) Aptel P., Buckley C.A., "Categories of membranes operations. In water treatment: membrane processes", J. Mallevialle, P.E. Odendaal and M.R. Wiesner (Ed), New York: McGraw-Hill, 1996.
- 4) Akbari A., Remigy J.C., Aptel P., "Treatment of textile dye effluents using a polyamide based nanofiltration membrane", Chem. Eng. Prog., Vol. 41, pp. 601-609, 2002.

5) Van der Bruggen B., De Vreese I., Vandecasteele C., "Water Reclamation in the Textile Industry: Nanofiltration of Dye Baths for Wool Dyeing", Ind. Eng. Chem. Res., Vol. 40, pp. 3973-3978, 2001.