

تصفیه پسابهای رنگرزی خامه فرش دستباف با استفاده از نانو غشاها

احمد اکبری*

*استادیار و عضو هیات علمی گروه فرش دانشکده معماری و هنر، دانشگاه کاشان

چکیده

غشاهای جدید نانوفیلتراسیون به شکل الیاف توخالی به وسیله روش فتوپلیمریزاسیون تهیه گردید. پاراستایرن سولفونات سدیم به عنوان مونومر وینیلی برای اصلاح غشاهای اولترافیلتراسیون از جنس پلی سولفون مورد استفاده قرار گرفت. غشاهای اصلاح شده جهت فیلتراسیون محلولهای رنگین سه رنگینه مختلف اسیدی، راکتیو و مستقیم (مناسب جهت رنگرزی خامه فرش دستباف و نخ چله قالی) به منظور بازیابی و استفاده مجدد از رنگینه ها و آب به کار گرفته شد. اثر پارامترهای مختلف چون فشار، الکترولیت، زمان و نوع رنگینه روی میزان احتباس رنگینه و دبی جریان خروجی از غشا نیز ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که علاوه بر کارکرد مؤثر رنگبری، مشکل مسدود شدن روزنه های غشاهای جدید بر خلاف اکثر غشاهای تجاری که از جنس پلی آمید هستند، به مقدار زیادی محدود گردیده است.

کلید واژه

نانوغشا، رنگینه نساجی، پساب رنگرزی خامه فرش دستباف، رنگبری

مقدمه

یکی از منابع آلوده کننده آبهای سطحی و همچنین آبهای زیرزمینی، پسابهای رنگین حاصل از کارگاههای نساجی اعم از رنگرزی پارچه، نخ و خامه فرش دستباف است. الیافی که برای خامه فرش دستباف استفاده می شود، از گروه الیاف پروتئینی چون پشم و ابریشم است که در حال حاضر برای رنگرزی آنها عموماً از دسته رنگینه های شیمیایی چون رنگینه های اسیدی، متال کمپلکس،



و استفاده مجدد از رنگینه، مواد کمکی مصرفی هنگام رنگریزی و آب را میسر می سازد؛ بنابراین جداسازی غشایی با دیگر روشهای تصفیه از این دیدگاه کاملاً متفاوت است.^{۶۵}

فرایندهای غشایی مهم مورد استفاده در تصفیه پسابهای نساجی عبارت است از: میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس.

میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون برای حذف ذرات معلق و کاهش COD استفاده می شود. این دو فرایند در ترکیب با روشهای تصفیه پیشرفته ای چون جذب، اکسیداسیون، انعقاد و لخته سازی بسیار مؤثر است و باعث کاهش میزان رنگینه در پساب می گردد. میکروفیلتراسیون برای رنگبری پسابهای رنگین حاصل از رنگریزی با رنگینه هایی که در آب نامحلول هستند (رنگینه های دیسپرس، خمی و گوگردی) بسیار خوب عمل می کند.^۷

نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس دو فرایندی هستند که هم برای حذف رنگینه ها (مخصوصاً رنگینه های مورد استفاده جهت رنگریزی خامه فرش دستباف) از پساب، و هم برای استفاده مجدد از آب تصفیه شده بسیار مناسب است به طوری که فرایند اسمز معکوس به تنهایی می تواند بیش از ۹۵ درصد حذف رنگینه و املاح فلزات یک ظرفیتی چون سدیم کلراید را انجام دهد. با این حال، اختلاف فشار اسمزی فراوانی که از احتباس کامل آلاینده ها در هنگام عملکرد اسمز معکوس حاصل می شود، کاربرد این فرایند را محدود می کند. فرایند نانوفیلتراسیون به دلیل دارا بودن بار یونی (مثبت یا منفی) در سطح غشا، اهمیت خاصی دارد و می تواند رنگینه های آنیونی (محلول در آب) را به راحتی از پساب جدا کند. با استفاده از این فرایند، یونهای چند ظرفیتی بیشتر از یونهای یک ظرفیتی از پساب جدا می شود. از طرف دیگر با توجه به قطر روزه های غشاهای نوع نانو، فرایند نانوفیلتراسیون همچنین می تواند رنگینه هایی را که از نظر بار یونی خنثی هستند، از پساب حذف کند.^۸

راکتیو و بندرت از رنگینه های کرومی استفاده می شود که همگی در آب محلول اند و در حمام رنگریزی به صورت آنیونیک (دارای بار منفی) هستند. قابل ذکر است که در قدیم، یعنی تا اواخر قرن نوزدهم، عموماً برای رنگریزی این الیاف، از مواد رنگزای طبیعی استفاده می شد که پسابهای حاصل از این رنگریزی با توجه به طبیعی بودن مواد رنگزا و سازگاری آنها با محیط زیست، مشکلات کمتری به وجود می آورد. رنگینه های شیمیایی همگی از ترکیبات آلی و گاه پیچیده ای تهیه می شوند که معمولاً علاوه بر سمی بودن و غیر قابل تجزیه بیولوژیکی بودن، با رنگین نمودن آبهای سطحی (رودخانه ها) ضمن کاهش زیبایی با کاهش انتقال نور و اکسیژن محلول در آب و جلوگیری از عمل فتوسنتز، مانع رشد میکروارگانیسم ها می شوند.^{۹۱} بنابراین روش تصفیه بیولوژیکی به تنهایی برای رسیدن به محدوده قابل قبول دفع پساب به آبهای سطحی، کافی نیست. روشهای تصفیه پیشرفته، به دلیل حذف کامل مواد رنگزای موجود در پساب، می توانند بعنوان روش مکمل تصفیه بیولوژیکی، مورد استفاده قرار گیرند.^۳

از روشهای تصفیه که عمده تاً جهت رنگبری پسابهای رنگین استفاده می شود، می توان به فرایند انعقاد، جذب توسط کربن فعال، اکسیداسیون، تعویض یون، الکتروشیمیایی و جداسازی غشایی اشاره کرد.^۴ هر یک از این روشها مزایا و معایبی دارند و تحقیقات نشان می دهد که هیچ یک از آنها به تنهایی قادر به حذف کامل تمامی گروههای رنگی از پساب نیستند، بنابراین باید ترکیبی از حداقل دو روش انتخاب شود تا آب حاصل از پساب تصفیه شده، دوباره در مراحل بعدی رنگریزی استفاده شود.

به هر حال غشا می تواند به صورت یک سد (فیلتر) فیزیکی ساده در مقابل جداسازی یک حل شده از یک محلول (پساب) عمل کند و اجرای فرایند جداسازی توسط غشا بدون تخریب رنگینه و بدون افزایش یک ماده کمکی خاص به پساب صورت می گیرد و نهایتاً خروج



این مقاله کاربرد غشاهای جدید نانوفیلتراسیون را که از غشاهای اولترافیلتراسیون به وسیله روش فتوپلیمریزاسیون یک مونومر وینیلی تولید شده است، جهت رنگبری محلولهای رنگین توضیح می دهد. غشاهای جدید از پلیمریزاسیون یک مونومر خاص و پیوند پلیمر تشکیل شده روی سطح غشا اولترافیلتراسیون از جنس پلی سولفون تحت تابش نور ماوراء بنفش به دست می آید. تابش اشعه ماوراء بنفش تعدادی پیوندهای شیمیایی در غشا پلی سولفون را که فتواکتیون می شکنند، و رادیکال آزاد تولید می کند.^۱ فرایند پلیمریزاسیون رادیکالی در حضور مونومرهای وینیلی شروع می شود و بدین ترتیب زنجیره پلیمری به وسیله پیوند کووالانت به سطح غشا پیوند می خورد. در این تحقیق از غشاهای پلی سولفون به شکل الیاف توخالی استفاده می شود که عمل پلیمریزاسیون در سطح بیرونی این الیاف صورت می گیرد. پارا استایرن سولفونات سدیم (NaSS) به علت دارا بودن گروههای سولفونات مشابه اکثر رنگینه های آنیونیک، به عنوان مونومر وینیلی انتخاب گردید. بنابراین وجود گروههای یونی سولفونات در سطح غشا، موجب دفع هر چه بیشتر ملکول رنگینه، احتباس بیشتر و نهایتاً مسدود نشدن زودرس روزنه های غشا می شود. علاوه بر این، پلی پاراستایرن سولفونیک اسید، یک اسید نسبتاً قوی است و در pH بالاتر از ۱ دارای بار منفی است و جهت تصفیه پسابهای رنگین حاصل از رنگینه های آنیونیک نیازی به تنظیم pH قبل از تصفیه نیست.

شایان ذکر است که با توجه به موضوع اصلی مقاله، نتایج حاصل از فرایند فتوپلیمریزاسیون و اصلاح غشاهای مذکور را بطور کامل نیاوردیم و خواننده در صورت تمایل می تواند به مقاله هایی که قبلاً در این زمینه چاپ شده، مراجعه نماید.^۱

مواد و روشها

۱. پیلوت فیلتراسیون: برای اجرای عمل فیلتراسیون،

اکثر غشاهای نانوفیلتراسیون تجاری از جنس پلی آمیدها هستند که با توجه به pH دارای بار مثبت (NH_3^+) و یا بار منفی (COO) هستند؛ بنابراین تنظیم pH پساب مورد تصفیه با توجه به بار یونی رنگینه موجود در پساب ضروری است. از طرف دیگر پلی آمید لیفی است که قابلیت رنگرزی و لکه گذاری را با اکثر رنگینه های نساجی (اسیدی، متال کمپلکس، مستقیم، راکتیو، دیسپرس) داراست؛ بنابراین استفاده از این نوع غشاهای نانوفیلتراسیون برای تصفیه پسابهای رنگرزی خامه فرش دستباف، علی رغم داشتن نتیجه مؤثر رنگبری، می تواند سرعت باعث مسدود شدن ناخواسته حفره های غشا شود که به کاهش دبی جریان آب خروجی از پساب در حین فرایند فیلتراسیون منجر می شود و به دنبال آن شست و شوهای متعددی را ایجاب می کند.^۲

واندربروگن و همکارانش^۳ عملکرد غشاهای نانو را به منظور تصفیه پسابهای رنگین حاصل از رنگرزی پشم بررسی کرده اند. نانو غشاهای استفاده شده در این تحقیق عبارت بودند از NF70، UTC 20 و NTR 7450. پسابهایی که آنها آزمایش کرده اند از یک کارگاه رنگرزی پشم که عمل رنگرزی با رنگینه های اسیدی و متال کمپلکس انجام شده بود، نمونه گیری شده است. آنها مشاهده کردند که برای تمامی نانو غشاهای مورد آزمایش، درصد حذف رنگینه ها از پساب بیشتر از ۹۵ درصد بود. آنها همچنین متوجه شدند که بعد از ۱۵ دقیقه عمل نانوفیلتراسیون، دبی جریان خروجی از غشاهای پلی آمیدی (NF 70 و UTC 20) بشدت (۵۷-۲۵٪) کاهش یافت. آنها این کاهش را به جذب سطحی رنگینه ها توسط غشا (به دلیل وجود پلی آمید در سطح خارجی غشا) و مسدود شدن زودرس حفره های غشا نسبت دادند؛ بنابراین با توجه به محدودیت انسداد سریع غشاهای پلی آمیدی و لزوم تنظیم pH پساب قبل از تصفیه، انتظار می رود که مزیت فراوانی برای اصلاح سطح نانو غشاها توسط پلیمرهایی که حساسیت کمتری به جذب رنگینه ها دارند، وجود داشته باشد.



فصلنامه

علمی پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره دو
بهار ۱۳۸۵

۳۹

Anthelie ساخت فرانسه اندازه گیری شده است که دقت عمل آن در اندازه گیری مقدار جذب محلولها در حدود ۰/۰۰۱ واحد است.

۵. پلی اتیلن گلیکول (PEG): به منظور محاسبه MWCO و احتباس غشا در حالت ثابت، از تعدادی محلولهای پلیمری پلی اتیلن گلیکول به وزن ملکولیهای بین ۱۰۰۰۰ - ۱۰۰۰ 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 شده است.

۶. اندازه گیری میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشا: میزان مونومر یا پلیمر پیوند خورده به سطح غشا (DG) با توجه به ظرفیت قابلیت تعویض یونی پلیمر محاسبه شد. بدین منظور نمونه های یک متری از الیاف توخالی، بعد از شستشو با آب مقطر، در محلول اسید کلریدریک به مدت ۲۰ ساعت قرار گرفت. نمونه ها دوباره تحت عمل فیلتراسیون با آب مقطر به منظور خروج مواد باقیمانده در بین روزنه های غشا شسته می شوند. سپس الیاف در فرم اسیدی در محلول سدیم کلراید به مدت ۱۰ ساعت در

محلول خوراک موازی سطح غشا به طور پیوسته از یک تانک اصلی به حجم ۵ لیتر توسط پمپ به مدول الیاف توخالی هدایت می شود. مدول شامل ۱۰ لیف به طول هر یک ۲۰ سانتی متر است. در بین مسیر، جهت تنظیم سرعت خطی محلول (u, m/s)، یک عدد دبی متر تعبیه شده است. فشارمطلوب توسط یک شیر مخصوص در محدوده بین ۵۰-۴۰۰ kPa (۰/۵-۴ bar) قابل تنظیم است. دمای محلول توسط یک ترمواستات در ۲۰C تنظیم می گردد.

۲. **غشاهای:** همانطور که قبلاً اشاره شد، دو غشای به کار رفته در این تحقیق از جنس پلی سولفون و به شکل الیاف توخالی به روش تر ریزی، ریسیده شده اند و دارای قطر داخلی ۱/۶۵، و ۱/۶۰ میلی متر، قطر خارجی ۱/۱۵-۱/۲۰ میلی متر، نفوذپذیری آب مقطر (Lp) ۳۱ و ۳۰ لیتر بر ساعت بر متر مربع در ۱۰۰ کیلو پاسکال و احتباس (R) پلی اتیلین گلیکول به وزن ملکولی ۱۰ کیلو دالتون برابر با ۸۷ و ۶۵ درصد هستند.

۳. **رنگینه ها:** رنگینه های آنیونیک از گروه مستقیم، اسیدی و راکتیو جهت تهیه محلول های رنگین به غلظت ۰/۱ گرم بر لیتر استفاده شد که در جدول ۱ مشخصات آنها داده شده است.

نام رنگینه ... C.i.	علامت	فرمول شیمیایی	طول موج ماکزیمم (نانومتر)	وزن ملکولی (گرم بر مول)
Acid orange 10	AO10	C16H10N2Na2S2O7	475	452
Direct red 80	DR80	C45H26N10Na6S6O21	528	1373
Reactive orange 16	RO16	C20H17N3Na2S3O11	494	617

جدول ۱: مشخصات عمومی رنگینه های مورد استفاده

دمای ۲۰C جهت تبدیل به فرم نمکی غوطه ور می گردند. مقدار پروتون آزاد شده در محلول نمک توسط pH متر اندازه گیری می شود. از اختلاف pH محلول سدیم کلراید قبل و بعد از تعادل نمکی، میزان پلیمر

۴. **اندازه گیری غلظت محلولهای رنگین:** غلظت مواد رنگزا در پساب قبل و بعد از عمل نانوفیلتراسیون در محدوده طیف مرئی در طول موج ماکزیمم جذب رنگینه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Secoman



این مطالعه (جدول ۱) است. بنابراین در این صورت مکانیزم غالب جهت احتباس رنگینه، اثر دافعه یونی خواهد بود و احتمال جدایی ملکول رنگینه از پساب توسط مکانیزم اندازه ملکولی، کمتر خواهد بود.

اثر سرعت خطی محلول رنگین روی سطح غشا بر دبی

جریان خروجی (Flux) و احتباس R شکل (۱) احتباس رنگینه AO10 (یک رنگینه اسیدی که جهت رنگرزی خامه فرش دستباف استفاده می شود)، را در دو فشار ۲ و ۳ بار بر حسب تغییرات سرعت خطی محلول (u) در مدول توسط غشا BG نشان می دهد. این منحنی ها نشان می دهند که افزایش سرعت خطی محلول، باعث افزایش دبی جریان خروجی از غشا و احتباس رنگینه می شود. افزایش سرعت خطی، باعث کاهش غلظت در سطح غشا می شود که آن نیز منجر به کاهش غلظت محلول خروجی از مدول می گردد. کاهش غلظت در سطح غشا فشار اسمزی را کاهش و فشار مؤثر را افزایش می دهد و در نهایت جریان خروجی افزایش می یابد.

اثر نوع رنگینه

احتباس ۳ رنگینه آنیونی با غشا AG در سرعت خطی ۰/۸ 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 (۱۳۷۳ g/mol) و تعداد

تشکیل شده در سطح الیاف توخالی به صورت میلی مول مونومر در متر مربع لیف محاسبه می گردد.

۷. محاسبات: درصد احتباس (R) دبی جریان خروجی از غشا (Flux) و نفوذپذیری (Lp) مطابق معادلات زیر به ترتیب محاسبه می گردد:

$$R (\%) = [1 - Cp(t)/Cr(t)] \times 100 \quad (۱)$$

که در آن Cr و Cp به ترتیب غلظت‌های نمونه خروجی از غشا و محلول احتباس شده در زمان مشخص t است.

$$Flux (1/h.m^2) = m/p At \quad (۲)$$

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

$$Lp (l/h.m^2.bar) = Flux / Pe \quad (۳)$$

$$Pe = P - \Delta \Pi \quad (۴)$$

که در آن Pe فشار مؤثر بر حسب بار، p فشار وارد شده به غشا بر حسب بار، $\Delta \Pi$ فشار اسمزی بر حسب بار است.

نتایج

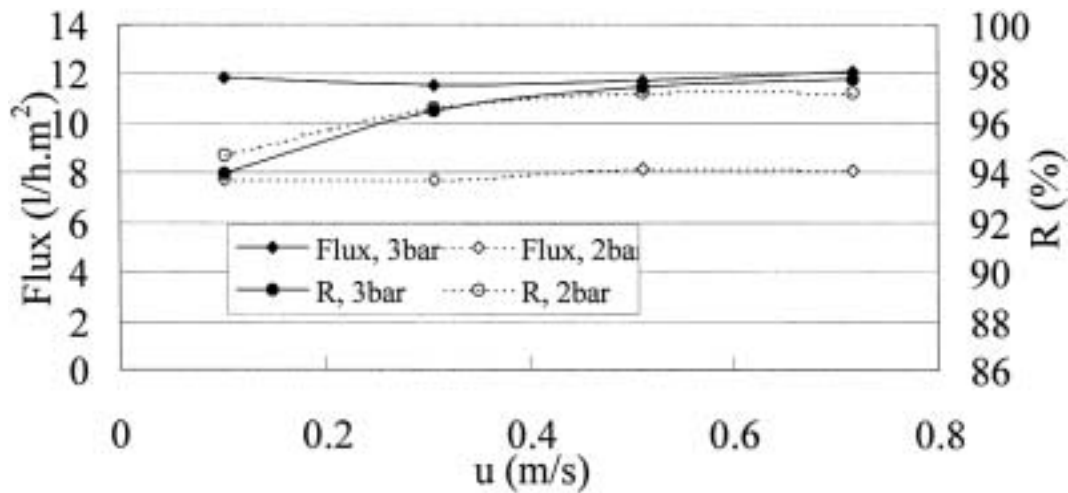
نانوفیلتراسیون محلولهای رنگین

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

نام لیف		مشخصات
AG	BG	
۰/۰۸۹	۰/۴۹۴	میزان پلیمر تشکیل شده در سطح لیف (گرم مونومر بر متر مربع لیف) نفوذپذیری لیف (لیتر بر ساعت بر متر مربع بر بار) MWCO (گرم بر مول)
۱۵	۴	
۴۵۰۰	۲۰۰۰	

جدول ۲: مشخصات الیاف توخالی اصلاح شده





شکل ۱: تغییرات دبی جریان خروجی (Flux) و میزان احتباس رنگینه AO10 بر حسب تغییرات سرعت خطی محلول (u) در دو فشار مختلف توسط غشا BG.

صورت گرفت که نتایج حاصل از آن روی رنگینه DR80 در غلظتهای مختلف از سدیم کلراید بر حسب دبی جریان خروجی از غشا AG در شکل (۲) نشان داده شده است. ملاحظه می گردد که با افزایش غلظت نمک، جریان خروجی از غشا به علت پایین بودن احتباس نمک (حدوداً ۳-۱٪) در یک فشار داده شده، ثابت باقی می ماند. احتباس رنگینه با افزایش جریان خروجی به علت افزایش غلظت رنگینه در سطح غشا و همچنین با افزایش غلظت نمک به میزان بسیار ناچیز کاهش می یابد، که این کاهش اندک به سبب خنثی شدن بارهای سطحی غشا توسط کاتیونهای موجود در محلول است.

اثر زمان روی دبی جریان خروجی و احتباس

شکل (۳) رابطه بین دبی جریان خروجی و احتباس رنگینه DR80 در حضور نمک را با زمان فیلتراسیون به طور پیوسته در فشار ۲ بار توسط غشا AG نشان می دهد. مشاهده می شود که دبی جریان خروجی در زمانهای اولیه فیلتراسیون به طور 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٪ است.

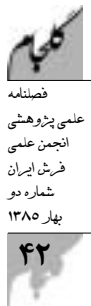
گروههای سولفونه (۶ گروه) می تواند نسبت داده شود. احتباس برای ۲ رنگینه AO10 و RO16 در مقایسه با رنگینه DR80 کمتر است که این به دلیل کوچک بودن اندازه ملکولی رنگینه و کم بودن تعداد گروههای سولفونه در این رنگینه هاست؛ بنابراین ملاحظه می گردد با توجه به MWCO غشا AG (۴۵۰۰ Da) احتباس رنگینه ها بیشتر از ۹۶٪ است و مهمتر اینکه احتباس از طریق مکانیزم دافعه یونی کنترل می شود.

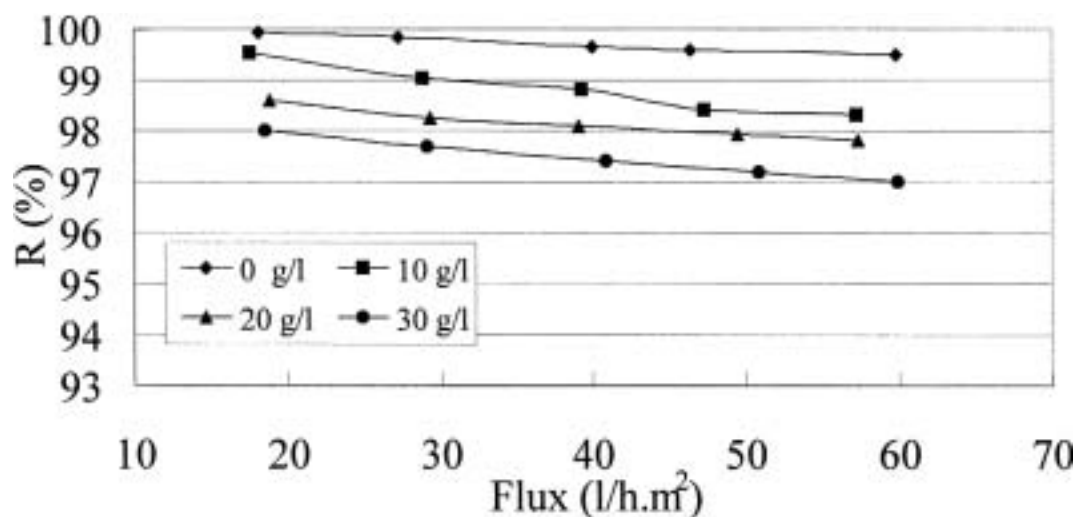
نام رنگینه	RO16	DR80	AO10
درصد احتباس	۹۹/۶	۹۶/۴	۹۷

جدول ۳: درصد احتباس رنگینه های مختلف توسط غشاء AG

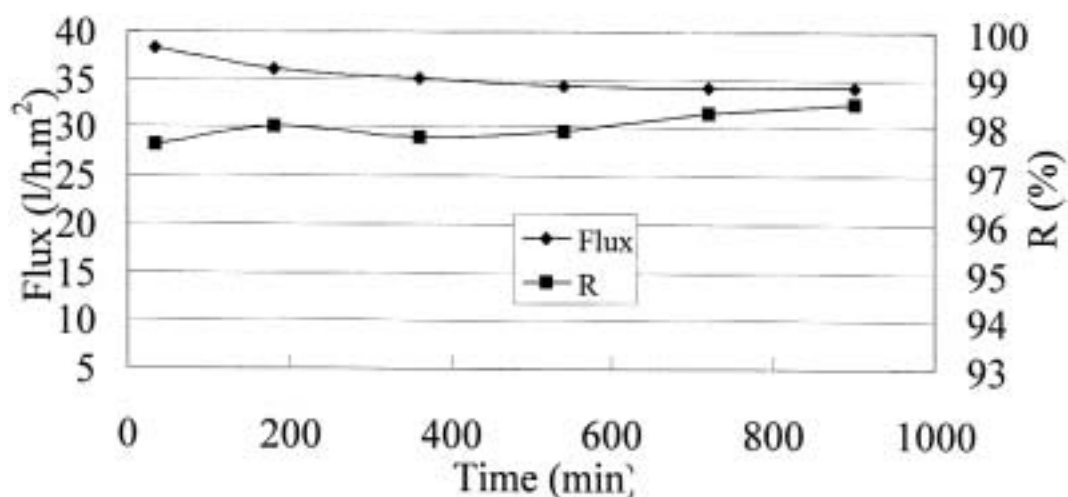
اثر نمک روی دبی جریان خروجی از غشا و احتباس رنگینه

چون پسابهای رنگرزی خامه فرش دستباف معمولاً علاوه بر رنگینه، مقادیر مختلفی الکتروولیت (معمولاً سدیم کلراید) - بسته به نوع رنگینه و تعداد گروههای سولفونه - دارند، آزمایشهایی برای بررسی اثر نمک





شکل ۲: احتباس (R) رنگینه مستقیم ۸۰ بر حسب دبی جریان خروجی (Flux) از غشا AG در غلظتهای مختلف از سدیم کلراید.



شکل ۳: دبی جریان خروجی (Flux) و احتباس (R) رنگینه مستقیم ۸۰ بر حسب زمان فیلتراسیون توسط غشا AG در غلظت ۳۰ گرم بر لیتر از سدیم کلراید.

نتیجه گیری

عواملی چون شرایط هیدرولیکی، مقدار بار الکتریکی تشکیل شده در سطح غشا، وزن ملکولی و بار یونی رنگینه، وجود نمک و فشار بستگی زیادی دارد. نتایج آزمایش‌ها همچنین نشان داد که مشکل مسدود شدن روزنه‌های غشا که قویاً در حالت غشاهای از جنس پلی‌آمید وجود دارد، عملاً محدود می‌شود و جریان خروجی از غشا حتی بعد از گذشت زمان بیشتر از ۱۵ ساعت فیلتراسیون تقریباً ثابت می‌اند. وجود بارهای

این تحقیق نشان می‌دهد که امکان تهیه غشاهای نانوفیلتراسیون از غشاهای اولترافیلتراسیون به شکل الیاف توخالی با استفاده از روش فتوپلیمریزاسیون در حضور مونومرهای وینیلی وجود دارد.

کاربرد غشاهای توخالی تهیه شده به وسیله فتوپلیمریزاسیون برای رنگبری محلول‌های رنگین مدل شده نشان داد که نتیجه فرایند جداسازی غشایی به

پسابها، کارایی رنگبری فرآیند نانوفیلتراسیون را بالا برده و ضمن حذف رنگینه‌های آنیونیکی به بیش از ۹۵٪ دبی جریان خروجی از پساب در فشارهای کم افزایش می‌یابد. بنابراین به نظر می‌رسد که این فرآیند (نانوفیلتراسیون) جهت حذف رنگینه‌ها از پساب این گونه کارگاههای رنگرزی خامه فرش دستیاف، استفاده مجدد از رنگینه‌ها و آب بسیار مناسب و از نظر اقتصادی نسبت به سایر روش‌های پیشرفته تصفیه مقرون به صرفه باشد.

■ فهرست علایم و اصطلاحات:

COD: Chemical Oxygen Demand (میزان اکسیژن شیمیایی مورد نیاز)

Flux (دبی جریان خروجی از غشا)

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 غشا.

PEG: polyethylene glycol (پلی اتیلن گلیکول)

R: Retention (احتباس)

سرعت خطی محلول روی سطح غشا: u

100 kPa=1 bar

■ منابع:

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., 74 (1999) 1009-1018.
2. Correia V. M., T. Stephenson and S. J. Judd, Characterization of textile wastewater's-a review, Envi. Tech., 15 (1994) 917-929.
3. Easton J.R., The dye marker's view, in colour in dye-house effluents, P. Cooper (Ed), Society of dyers and colourists, The Alden press, Oxford (1995) 9-21.
4. Marrot B., Roche N., Wastewater treatment and reuse in textile industries, a review, Res. Adv. In water Research, 3 (2002) 41-53.

همنام روی سطح غشاهای اصلاح شده و همچنین وجود آن‌ها در رنگینه‌های مناسب خامه فرش دستیاف، دافعه یونی ملکول رنگینه را ممکن می‌سازد و ضمن افزایش میزان احتباس، انسداد سریع روزنه‌های غشا را به مقدار زیادی محدود می‌کند.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که یک غشا با MWCO بیشتر از ۱۵۰۰ دالتون (معمولاً بیشتر از نانو غشاهای تجاری موجود) می‌تواند برای تغلیظ‌سازی محلول‌های رنگین و نمک‌گیری از آنها استفاده شود؛ به‌عنوان مثال غشا AG با MWCO برابر با ۴۵۰۰ دالتون می‌تواند محلول رنگینه قرمز مستقیم ۸۰ را با درصد احتباس بالاتر از ۹۷٪ و با نفوذپذیری ۱۵ لیتر بر ساعت بر متر مربع بر بار و درصد احتباس نمک کمتر از ۲٪ تغلیظ کند. برای رنگینه‌های با وزن ملکولی پایین‌تر و تعداد بار یونی کمتر، میزان پلیمر تشکیل شده در سطح غشا به منظور کاهش هر چه بیشتر MWCO غشا و افزایش میزان بار یونی در سطح غشا باید افزایش یابد.

نظر به مطالعات انجام یافته بر روی تعدادی از کارگاههای صنعتی رنگرزی خامه قالی در شهر کاشان، مشاهده شد که اغلب رنگرزان از رنگینه‌های اسیدی و متال کمپلکس (مشابه رنگینه‌های اسیدی) جهت رنگرزی کلاف‌های پشمی و ابریشمی استفاده می‌کنند. پساب‌های حاصل از رنگرزی در این کارگاهها با توجه به نوع کلاس‌های رنگی - که بخش عمده رنگینه توسط کالا جذب می‌گردد (بالای ۹۰٪) میزان بار آلودگی نسبتاً کم (مقدار رنگینه باقیمانده در پساب) دارد و از طرف دیگر، به علت عدم استفاده از نمک هنگام رنگرزی، پساب‌های حاصل، فاقد نمک است. وجود نمک در پساب‌های رنگرزی منجر به محدودیت کاربرد فرایندهای جداسازی توسط غشاها مخصوصاً نانوفیلتراسیون می‌شود و به دلیلی افزایش فشار اسمزی ناشی از وجود نمک انرژی مورد نیاز جهت عمل نانوفیلتراسیون را افزایش می‌دهد؛ بنابراین عدم وجود نمک از یک طرف و غلظت نسبتاً کم رنگینه در این



5. Aptel P., Buckley C.A., Categories of membranes operations. In water treatment: membrane processes, J. Mallevalle, P.E. Odendaal and M.R. Wiesner (Ed), New York: McGraw-Hill, 1996.
6. Diaper C., Correia V.M. and Judd S.J., The use of membranes for the recycling of water and chemicals from dyehouse effluents: an economic assessment, JSDC, 112 (1996) 273-281.
7. Buckley C.A., Membrane technology for the treatment of dye-house effluents, Wat. Sci. Tech., 25 (10) (1992) 203-209.
8. Liu T.H., Simms K.M., Zaidi S.A., Selection of ultrafiltration / nanofiltration membrane for treatment of textile dyeing wastewater, Wat. Treat., 9 (1994) 189-198.
9. Akbari A., Remigy J.C., Aptel P., Treatment of textile dye effluents using a polyamide based nanofiltration membrane, Chem. Eng. Prog., 41 (2002) 601-609.
10. 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., 40 (2001) 3973-3978.
11. Yamagishi H, Crivello J.V and Belfort G., Development of a novel photochemical technique for modifying poly(arylsulfone) ultrafiltration membranes, J. Membr. Sci., 105 (1995) 237-247.
12. Akbari A., Desclaux S., Remigy J.C., Aptel P., Treatment of textile dye effluents using a new photografted nanofiltration membrane, Desalination, 149 (2002) 101-107.

