

راهبردهای نوین در شستشوی غشاهای UF

مورد استفاده در صنایع شیر ایران

منصور کاظمی مقدم^{۱*}، تورج محمدی^۱، سید سیاوش مدائنی^۲

۱- تهران، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی شیمی

۲- تهران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، دانشکده مهندسی شیمی

۳- کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی شیمی

پیام‌نگار: mzkazemi@gmail.com

چکیده

فراصاف کردن یکی از فرایندهای غشایی است که بیشترین کاربرد را در صنایع لبنی همچون آبدایی از شیر و تغلیظ آب پنیر دارد. انسداد غشاهای فراصاف کردن در صنایع شیر به‌طور عمده ناشی از ترسیب ریزسازواره‌ها، پروتئینها، چربیها و مواد معدنی بر سطح غشاء می‌باشد. به این دلیل، تمیز کردن شیمیایی غشاهای ضروری است. در این مقاله نتایج به‌دست آمده از تحقیقات در مورد انسداد غشاهای فراصاف کردن توسط ترسیب اجزای شیر بر روی غشاء ارائه شده است. اثر عوامل مختلف تمیزکننده درباره بازایی غشاهای مسدود شده مطالعه شد. نتایج نشان داد که ترکیبی از دودسیل سولفات سدیم، اتیلن‌دی‌آمین‌تترا استیک اسید (EDTA) و هیدروکسید سدیم می‌تواند به عنوان ترکیب تمیزکننده برای دستیابی به یک بازایی بهینه غشاهای استفاده شده در آبدایی از شیر استفاده شود. به نظر می‌رسد که نتایج تجربی به‌دست آمده می‌تواند در مقیاس صنعتی مورد استفاده قرار گیرد و این روش می‌تواند بر مشکل انسداد در هر مقیاسی غلبه کند.

کلمات کلیدی: فراصاف کردن، انسداد، شستشوی شیمیایی، بازایی غشاء، حذف مقاومت

۱- مقدمه

فناوری جداسازی توسط غشاء در دهه‌های اخیر رشد چشمگیری داشته است و از بین فرایندهای این فناوری، روش (UF) بیشترین کاربرد را در صنایع لبنی و بخصوص در تغلیظ شیر و آب پنیر دارد. اما این فناوری با همه موفقیت‌های خود در این صنعت به‌طور محدود مورد استفاده قرار می‌گیرد. بیشترین محدودیت این فناوری، ناشی از پدیده انسداد غشاء است. انسداد، عبارتست از حضور و رشد ریزسازواره‌ها بر سطح غشاء که منجر به کاهش شار می‌گردد.

شستشوی شیمیایی غشاء یکی از مهمترین روشهای کاهش آثار انسداد در غشاهای (UF) و بازیافت خواص آنها به شمار می‌آید و از اینرو حجم قابل توجهی از تحقیقات صورت گرفته در این زمینه را در دنیا به خود اختصاص داده است. در عملیات شستشوی شیمیایی، غشاء با مواد شیمیایی مناسب به صورت جداگانه و یا مخلوط شستشو داده می‌شود. عملیات شستشو عموماً با عبور جریان مواد شوینده با فشار، دما و سرعت خطی مشخص از روی سطح غشاء صورت می‌گیرد.

به کار گرفته شده در پایلوت آزمایشگاهی در سایر مقالات ارائه شده است [۵۶].

طراحی این سیستم به گونه‌ای انجام شده است که با احتراز از پیچیدگی‌های غیرضروری در آن بتوان به راحتی کلیه پارامترهای عملیاتی مهم در فرایند (UF) و همچنین شستشوی شیمیایی غشاء، نظیر دمای محلول، فشار عملیاتی و سرعت خطی جریان را تنظیم و کنترل کرد [۹۱۰].

در همه آزمایش‌ها از غشاء پلی‌سولفون با $(MWC0)=30KD$ محصول کمپانی DOW دانمارک استفاده شده است. خوراک مورد استفاده در این آزمایش‌ها شیر است که روزانه از کارخانه شیر پاستوریزه تهران تهیه می‌شود. از مواد شیمیایی زیر به‌عنوان تمیزکننده استفاده شده است: هیدروکسید سدیم، هیپوکلریت سدیم، اسید کلریدریک، اسید نیتریک، (Na-EDTA)، دودسیل سولفات سدیم (DBS)، مایع ظرف‌شویی (گلی)، پودر رخت‌شویی (یکتا) و همچنین مواد شیمیایی‌ای که فعلاً از آنها در صنایع شیر برای شستشوی غشاها استفاده می‌شود از جمله رودان بازی و اسیدی.

۳- روش کار آزمایشگاهی

الگوی بررسی در تمامی آزمایشات انجام شده یکسان بوده است. در ابتدا برای نمونه در غشاء نو میزان شار تراوش آب خالص (J_{wi}) تعیین می‌گردد. در بررسی عوامل گرفتگی و فرایند تمیز کردن غشاء میزان انسداد عمدتاً با مقدار مقاومت حاصل از صاف شدن مشخص می‌گردد و طبقاً جهت سنجش اثر تمیزکننده، میزان حذف مقاومت حاصل از صاف شدن معیار مناسبی است. مقاومت بوجود آمده ناشی از تشکیل لایه کیک یا زل بر روی سطح غشاء و یا درون شبکه آن می‌باشد که موجب انسداد و یا تنگ شدن حفرات موجود می‌گردد. میزان شار تراوشی از میان لایه کیک و غشاء بر طبق قانون دارسی بیان می‌شود. بر اساس این رابطه هر غشاء دارای یک مقاومت مخصوص به خود است که صرفاً به اندازه حفرات بستگی دارد و با اندازه‌گیری شار اولیه آب مقطر قابل محاسبه است. این مقاومت اغلب با R_m نشان داده می‌شود. سپس نمونه خوراک در دمای 20 ± 0.5 با سرعت خطی 0.45 (m/s) و فشار عملیاتی 3 bar به مدت 30 دقیقه توسط غشاء مورد فراروش قرار می‌گیرد. میزان شار تراوش سیال در این مرحله با نماد (J_{uf}) نشان داده می‌شود. شرایط

در این آزمایش‌ها، هدف، یافتن ماده‌ای جهت تمیز کردن غشائی است که به علت انسداد، کارایی خود را به مقدار قابل توجهی از دست داده است. موادی که به این منظور انتخاب شده و مورد بررسی قرار گرفته‌اند، عموماً ترکیباتی هستند که در مطالعات سایر محققین بر روی غشاهای مسدود شده بازدهی مناسبی از خود نشان داده‌اند [۱۰۲].

ماده انتخاب شده به‌منظور شستشوی شیمیایی غشاء باید از ویژگی‌هایی چون پایداری شیمیایی، ایمنی، قیمت ارزان و قابلیت شستشو با آب برخوردار باشد. همچنین این ماده باید قادر باشد که عمده مواد رسوب کرده بر روی سطح و در درون حفرات غشاء را در خود حل کند و از سطح دور نماید و علاوه بر این هیچگونه آسیبی هم به غشاء نرساند. برخی از این عوامل تمیزکننده عبارتند از: بازها، اسیدها، آنزیمها، مواد فعال در سطح، ضد عفونی‌کننده‌ها و مواد تمیزکننده ترکیبی. در استفاده از این مواد به‌عنوان تمیزکننده باید تأثیر عواملی چون pH، غلظت و مدت شستشو و شرایط عملیاتی همانند سرعت جریان، فشار و دما در مد نظر قرار گیرد [۳۰۴].

۲- سیستم آزمایشگاهی و مواد مورد استفاده در بررسی‌های تجربی

برای انجام بررسی‌های تجربی پیرامون تمیز کردن شیمیایی غشاء و به‌منظور نشان دادن شرایطی از یک واحد صنعتی، یک واحد پایلوت آزمایشگاهی به همراه یک مدول آزمایشگاهی مناسب که اصطلاحاً "سل سلول" نامیده می‌شود، طراحی و ساخته شده است. سلول آزمایشگاهی از دو قطعه مجزا از جنس پلکسی‌گلاس تشکیل شده است که با پیچ و مهره به یکدیگر متصل می‌شوند و فضای بین آنها توسط یک اورینگ (O-رینگ)، کاملاً آببندی می‌گردد. صفحه غشاء بین این دو قطعه قرار می‌گیرد. در این شرایط، سطحی از غشاء که در معرض سیال خوراک قرار می‌گیرد $29/24$ سانتیمتر مربع است. قطعه بالایی سلول محل عبور سیال خوراک و یا یک محلول شوینده می‌باشد. قطعه پایینی سلول، دارای محلی جهت قرارگیری صفحه نگهدارنده غشاء است. این صفحه بسپاری، متخلخل است و غشاء را در برابر فشار اعمال شده از سوی سیال فرایند محافظت می‌کند. در پایین این صفحه متخلخل، یک کانال شیبدار جهت جمع‌آوری و خروج اجزای تراوش شده طراحی شده است. نمای سلول (UF)

که در این رابطه J_{wi} شار اولیه آب مقطر است. مقاومتی که بعد از عملیات صاف کردن خوراک مشاهده می‌شود با اندازه‌گیری شار آب مقطر پس از انسداد و آبکشی توسط آب مقطر محاسبه می‌گردد. این مقاومت با R_f مشخص و با استفاده از رابطه ذیل محاسبه می‌شود:

$$R_f = \left(\frac{\Delta P}{\mu J_{ww}} \right) - R_m \quad (3)$$

که در این رابطه J_{ww} شار تراوشی آب مقطر بعد از مرحله آبکشی است. پس از مرحله شستشوی شیمیائی مقداری از مقاومت ایجاد شده در مرحله صاف شدن خوراک باقی می‌ماند. این مقاومت با اندازه‌گیری شار آب مقطر بعد از شستشوی شیمیائی به‌دست می‌آید. مشخصه این مقاومت R_c است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R_c = \left(\frac{\Delta P}{\mu J_{wc}} \right) - R_m \quad (4)$$

که در این رابطه J_{wc} شار آب مقطر پس از شستشوی شیمیائی است.

اما به‌منظور برآورد میزان مؤثر بودن مراحل تمیز کردن از شاخص حذف مقاومت (RR) که ابزاری مناسب به‌منظور تخمین می‌باشد استفاده می‌گردد.

$$\%RR = \left[\frac{(R_f - R_c)}{R_f} \right] \times 100 \quad (5)$$

علاوه بر RR روش دیگری برای محاسبه بازدهی کیفیت تمیز کردن وجود دارد که در آن از دو کمیت J_{wc} و J_{wi} جهت این محاسبه استفاده می‌گردد. به این شیوه، باز یافت شار (FR) گفته می‌شود:

$$\%FR = \frac{(J_{wc} - J_{ww})}{(J_{wi} - J_{ww})} \times 100 \quad (6)$$

با استفاده از دو کمیت حذف مقاومت (RR) و باز یافت شار (FR) میزان سودمندی مواد شیمیائی مختلف با غلظت‌های متفاوت و

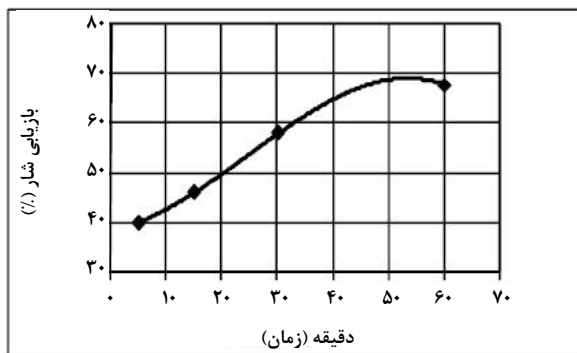
برای تمامی آزمایش‌ها، یکسان می‌باشد تا شرایط انسداد و رسوب ذرات بر روی غشاء در همه نمونه‌ها ثابت باشد. مرحله بعد شامل آبکشی غشاء توسط آب مقطر در دمای $25 \pm 1^\circ C$ بدون اعمال فشار برای مدت ۲۰ دقیقه است. سپس شار تراوش آب خالص برای نمونه غشاء مسدود شده (J_{ww}) اندازه‌گیری می‌شود. با استفاده از مقدار شار تراوش آب خالص برای غشای مسدود شده، میزان مقاومت ناشی از لایه انسداد (R_f) محاسبه می‌شود. سپس عملیات شستشوی شیمیائی اجرا می‌شود. در این مرحله محلول شوینده مورد بررسی، جایگزین آب مقطر در مخزن می‌شود و پس از تنظیم دمای آن در $25 \pm 1^\circ C$ به مدت ۳۰ دقیقه بدون اعمال فشار و با سرعت خطی 0.45 (m/s) از روی سطح غشاء عبور داده می‌شود و در سیستم گردش می‌کند. پس از تکمیل عملیات شستشو، مرحله نهایی هر آزمایش، اندازه‌گیری مجدد شار تراوش آب خالص جهت به‌دست آوردن میزان تأثیر فرایند شستشو است. شار تراوش به‌دست آمده در این مرحله (J_{wc}) معرف میزان مقاومت ناشی از بقایای لایه انسداد (R_c) است.

در بررسی عوامل انسداد و فرایند تمیز کردن غشاء، میزان انسداد عمدتاً با مقدار مقاومت حاصل از صاف کردن مشخص می‌گردد و طبقاً جهت سنجش اثر تمیزکننده، میزان حذف مقاومت حاصل از صاف کردن معیار مناسبی است. مقاومت بوجود آمده ناشی از تشکیل لایه کیک یا ژل بر روی سطح غشاء و یا درون شبکه آن می‌باشد که موجب انسداد و یا تنگ شدن حفرات موجود می‌گردد. میزان شار تراوشی از میان لایه کیک و غشاء بر طبق قانون دارسی به صورت زیر بیان می‌شود:

$$J = \frac{\Delta P}{\mu \Sigma R} \quad (1)$$

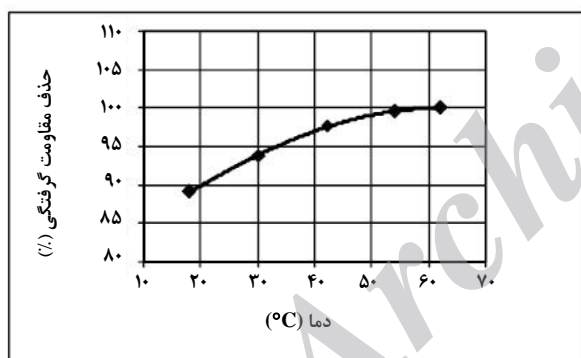
در این رابطه ΔP فشار وارد شده بر سیستم غشایی به‌عنوان نیروی محرکه، μ گرانیوی سیال و ΣR مجموع مقاومت‌های موجود در مسیر تراوش است. هر غشاء دارای یک مقاومت مخصوص به خود می‌باشد که صرفاً به اندازه حفرات بستگی دارد و با اندازه‌گیری شار اولیه آب مقطر قابل محاسبه است. این مقاومت اغلب با R_m نشان داده می‌شود:

$$R_m = \frac{\Delta P}{\mu J_{wi}} \quad (2)$$

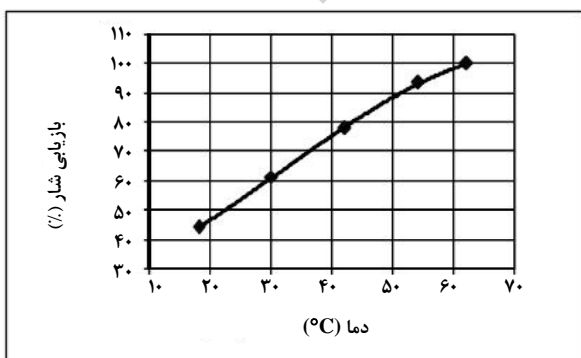


شکل ۲- اثر زمان بر بازیابی غشای مسدود شده

همانگونه که این نمودارها نشان می‌دهند تا زمان ۳۰ دقیقه، با افزایش زمان عملیات شستشو افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در میزان کمیت‌های RR و FR مشاهده می‌شود اما پس از آن از شدت آن کاسته می‌شود. با توجه با اینکه زمان طولانی عملیات شستشو به معنای هزینه بیشتر پمپاژ و همچنین کاسته شدن از زمان مفید کارکرد غشاء می‌باشد، لذا ۳۰ دقیقه به‌عنوان زمان مناسب برای اجرای عملیات شستشوی غشاء توصیه می‌شود. اثرات دمایی عملیاتی بر روی تمیزکردن غشاء در شکل‌های (۳) و (۴) نشان داده شده است.



شکل ۳- اثر دما بر حذف مقاومت ناشی از گرفتگی غشاء



شکل ۴- اثر دما بر شستشوی غشاء مسدود شده

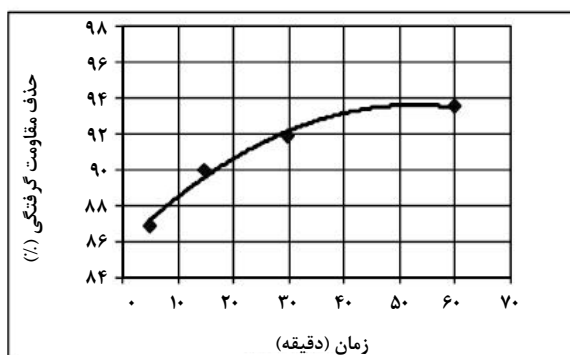
شرایط عملیاتی گوناگون قابل مقایسه است [۶ و ۷]. اثر مواد و ترکیبات مختلف بر روی بازیابی غشاء و حذف مقاومت در جدول (۱) نشان داده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند ترکیب سود و دودسیل سولفات سدیم و (Na-EDTA) کارآیی قابل توجهی در برطرف کردن انسداد غشاء دارند.

جدول ۱- اثر ترکیبات مختلف روی بازیابی غشاء

ماده شوینده	%FR	%RR	ماده شوینده	%FR	%RR
هیدروکسید سدیم	۱۰	۳۰	مایع ظرف‌شویی (گلی)	۷۶	۹۴
هیپوکلریت سدیم	۴۰	۵۸	پودر رخت‌شویی (یکتا)	۷۱	۹۳
اسید کلریدریک	۹	۱۴	سود + (Na-EDTA)	۵۲	۸۹
اسید نیتریک	۲	۵	سود + DBS	۱۰۰	۱۰۰
(Na-EDTA)	۸	۱۳	سود + DBS + (Na-EDTA)	۱۰۰	۱۰۰
DBS	۲۷	۳۵			

۴- اثر پارامترهای عملیاتی بر شستشوی شیمیایی غشاء

پس از مشخص شدن ترکیب مطلوب برای شستشو، اثر پارامترهای دما، زمان و میزان pH محلول بررسی شده و نتایج در شکل‌های (۱) تا (۶) ترسیم شده‌اند. با توجه به شکل‌های (۱) و (۲) مدت شستشوی غشاء با محلول شوینده مورد استفاده (سود + دودسیل سولفات سدیم) با ترکیب ۰/۰۵٪ و $pH = 11/2$ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس تعیین می‌شود.

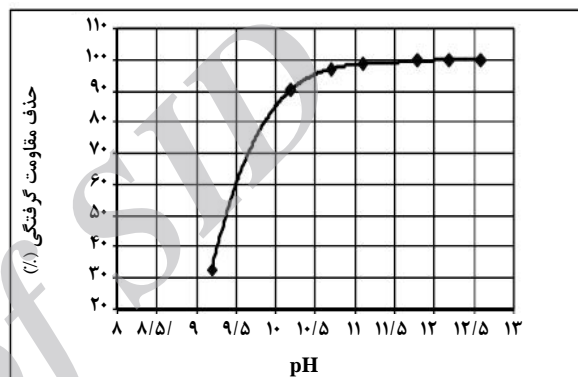


شکل ۱- اثر زمان بر حذف مقاومت ناشی از انسداد غشاء

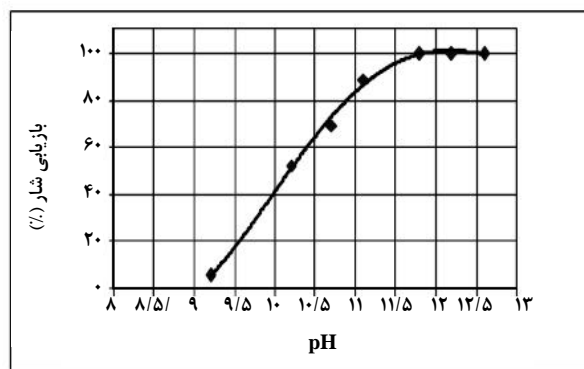
انتخاب ماده شیمیایی مناسب است. این ماده باید ضمن داشتن پایداری کافی، توانایی جدا ساختن اجزای باقیمانده در سطح یا داخل غشاء را داشته باشد. همچنین با جنس غشاء سازگار باشد و حتی‌الامکان با هزینه کم در دسترس قرار گیرد. در یک دستورالعمل مناسب برای شستشو صرف‌نظر از نوع ماده شوینده باید پارامترهایی نظیر pH محلول شوینده، غلظت شوینده، مدت شستشو، سرعت سیال شوینده از روی سطح غشاء، فشار، دما و ترتیب انجام شستشو مشخص شده باشند. ترکیب سود و دودسیل سولفات سدیم و اتیلن دی آمین استیک اسید که ترکیب مطلوب به دست آمده می‌باشد به اینگونه عمل می‌کند که ماده دودسیل سولفات سدیم که یک ماده فعال در سطح آنیونی می‌باشد کشش سطحی بین مواد رسوب شده و سطح غشاء را کاهش می‌دهد و باعث جدا شدن این مواد از سطح غشاء می‌شود. وجود جریان آشفته به این امر کمک می‌کند و برای جلوگیری از رسوب مجدد این مواد ماده اتیلن دی آمین استیک اسید که یک کمپلکس‌دهنده می‌باشد این مواد را جذب کرده و آنها را به صورت دانه‌ها و ذرات درشت درمی‌آورد که با جریان آب دور می‌شوند و سود نیز محیط مناسبی برای عملکرد این دو ماده ایجاد می‌کند.

بعد از انجام آزمایشات طولانی و مشخص شدن یک ترکیب کارآمد که توانایی بازیابی غشاء مورد استفاده در صنایع شیر را به طور کامل داشته باشد برای اطمینان از عملکرد آن در مقیاس کارخانه آزمایش‌ها در ۵ کارخانه تابع سازمان صنایع شیر ایران به ترتیب: کارخانجات شیر همدان، مشهد، شیراز، تبریز و اصفهان انجام شد. نتایج به دست آمده از این آزمایش‌ها نشان می‌دهند که ترکیب پیشنهادی عملکرد بسیار بالایی در بازیابی غشاهای مسدود شده دارد و در مقایسه با مواد شوینده متداول شامل رودان پلاس بازی و اسیدی در صنایع شیر، برتری قابل ملاحظه‌ای را نشان می‌دهد. در این آزمایش‌ها سعی شده است که علاوه بر کارآمدی ترکیب، صرفه اقتصادی آن نیز در نظر گرفته شود. به این ترتیب میزان مصرف مواد شوینده در طی حدود ۱۰ مرحله آزمایش در کارخانجات فوق به حداقل میزان مورد نظر بدون تأثیر منفی بر عملکرد آن تقلیل یافته است. روش شستشوی روزانه با مواد پیشنهادی به این ترتیب است که در وسط روز یک مرحله و در پایان روز دو مرحله انجام می‌شود.

نتایج نشان می‌دهند که دمای محلول شوینده اثر بسیار قابل ملاحظه‌ای بر کارایی عملیات تمیزکردن غشاء دارد و برای دستیابی به بازدهی بالا باید دمای ۶۰ درجه سلسیوس را برای محلول شوینده در نظر گرفت. شکل‌های (۵) و (۶) اثر pH بر تمیزکردن غشاء را نشان می‌دهند. نتایج نشان می‌دهند که جهت دستیابی به بازدهی ۱۰۰٪ عملیات شستشوی غشاء، pH عامل شوینده باید حداقل ۱۱/۸ باشد که این امر با افزودن NaOH به محلول شوینده تا رسیدن به pH مطلوب امکان‌پذیر است.



شکل ۵- اثر pH بر حذف مقاومت ناشی از انسداد غشاء



شکل ۶- اثر pH بر بازیابی غشای مسدود شده

۵- بحث و نتیجه‌گیری

ظهور پدیده گرفتگی ناشی از حضور و رشد میکروارگانیسم‌ها بر روی سطح غشاء در واحدهای جداسازی توسط غشاء بخصوص واحدهایی که در رابطه با مواد غذایی و موارد زیست فناوری عمل می‌کنند، تمیز کردن منظم و پی در پی واحد را ضروری می‌سازد. تمیزکردن شیمیایی غشاءها مهمترین و متداول‌ترین روش برای کاهش انسداد آنهاست. مهمترین موضوع در تمیزکردن شیمیایی،

مراجع

- [1] Daufin. G, U. Merin, J. Labbe, A. Quemeras, F. Kerhery, "Cleaning of inorganic membranes after whey and milk ultrafiltration", *Biotechnol. Bioeng.*, 38(1), 82-89, (1991).
- [2] Kim. K, P. Sun, V. Chen, D. Wiely, A. Fane, "The cleaning of ultrafiltration membrane fouled by protein". *J. Membr. Sci.*, 80, 241-249, (1993).
- [3] Wiely. D & A. Fane; "Enzymatic detergent cleaning of polysulphone membrane fouled with BSA and whey", *J. Membr. Sci.*, 117(1-2), 175-187, (1996).
- [4] Lindau. J, A. Jonsson, "Cleaning of ultrafiltration membrane after treatment of oily waste water" *J. Membr. Sci.*; 87, 71-78, (1994).
- [5] Moro. M, Y. Yamaday, S. Izumi, J. Soeda, "Chemical cleaning of membrane cartridges", *JP 0952,026*, (1997).
- [6] Heru. S, Mathias Ulbricht, Influence of ultrafiltration membrane characteristics on adsorptive fouling with dextrans, *Journal of Membrane Science* 266, 132-142, (2005).
- [7] Heru. S., Mathias Ulbricht, Insights into polysaccharide fouling of ultrafiltration Membranes, *Desalination* 200, 181-182, (2006).
- [7] Gwynneth R., Sandra Kentish, Andrea O'Connor, Geoff Stevens, Nicole Lawrence, Andrew Barber, Fouling behaviour during the nanofiltration of dairy ultrafiltration permeate, *Desalination* 199, 239-241, (2006).
- [8] Costa. A, Maria Norberta de Pinho, Menachem Elimelech, Mechanisms of colloidal natural organic matter fouling in ultrafiltration, *Journal of Membrane Science* 281, 716-725, (2006).
- [9] Heru. S., Mathias Ulbricht, Influence of ultrafiltration membrane characteristics on adsorptive fouling with dextrans, *Journal of Membrane Science* 266, 132-142, (2005).

مقایسه هزینه مصرف مواد پیشنهادی برای یک روز هر کارخانه با هزینه مواد مصرفی متداول نشان می‌دهد که فرمولبندی پیشنهادی از نظر اقتصادی بسیار سودمند است و اگر این اختلاف هزینه در سال در نظر گرفته شود بسیار قابل توجه می‌باشد. ضمناً با توجه به اینکه در هر مرحله آبکشی میزان ۳۵ مترمکعب آب مصرف می‌شود و روش پیشنهادی دارای مراحل کمتری آبکشی در مقایسه با روش متداول در کارخانجات شیر می‌باشد روزانه میزان زیادی آب صرفه‌جویی می‌شود و در نتیجه میزان کمتری هم فاضلاب تولید می‌گردد.

لازم به ذکر است که بر اساس نتایج آزمایشات پایداری شیمیایی درازمدت انجام شده، این مواد هیچ اثر سویی بر غشاء ندارند و در این رابطه هیچ گونه نگرانی وجود ندارد. یکی دیگر از مزایای این روش این است که مرحله اسیدشویی که در شستشوی فعلی پیش‌بینی شده در این روش حذف شده است. می‌توان گفت با توجه به میزان اندک مواد معدنی نسبت به مواد آلی (پروتئین‌ها و چربی‌ها) و ترتیب رسوب‌گذاری آنها که موجب می‌شود لایه اولیه و اصلی رسوب شامل مواد آلی باشد نیازی به اسیدشویی نیست و مواد معدنی سطحی راسب شده با استفاده از مواد شیمیایی پیشنهاد شده قابل زدودن می‌باشند. نتایج تجربی به‌دست آمده در آزمایشگاه و در کارخانجات این ادعا را تأیید می‌کنند.

۶- تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از زحمات و مساعی بیدریغ پرسنل محترم سازمان صنایع شیر ایران بویژه معاونت محترم تولید و فنی بخاطر همکاری صمیمانه در جهت پیشبرد اهداف پروژه تشکر و قدردانی می‌شود.