جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

اثر كاتيون‌ها روي خواص لجن فعال و گرفتگي غشا در تصفيه پساب به وسيله بيورآكتورهاي غشايي

حامد اعظمي[١]، محمد رضا مهرنيا[*٢] ،محمدحسين صراف‌زاده[٢]، سارا مافي‌راد[١]، مهسا كاظم‌زاده[١] و سيد سياوش مدائني[٣]

[١] دانش آموخته كارشناسي ارشد دانشكده مهندسي شيمي- پرديس دانشكده‌هاى فني- دانشگاه تهران

[٢] استاديار گروه بيوتكنولوژي دانشكده مهندسي شيمي- پرديس دانشكده‌هاى فني- دانشگاه تهران

[٣] استاد دانشكده مهندسى شيمى- دانشگاه رازي كرمانشاه

(تاريخ دريافت ٨٨/٤/٢٢ ، تاريخ دريافت روايت اصلاح شده ٨٩/٥/١٣ ، تاريخ تصويب ٨٩/٧/١٠)

چكيده

در اين مقاله اثر حضور كاتيون‌هاي فلزي روي خواص لجن فعال و گرفتگي غشا در تصفيه پساب به وسيله بيورآكتور غشايي غوطه‌ور بررسي شده است. سامانه مورد استفاده شامل غشاي مسطح از جنس سلولز استات در يک بيورآكتور غشايي با حجم كاري دو ليتر بود. آزمايش‌هاي تعيين مشخصات لخته‌سازي و آبگيري لجن فعال در غلظت‌هاي مختلف از كاتيون‌هاي سديم، پتاسيم، منيزيم و كلسيم در تصفيه پساب‌هاي سنتزي حاوي برش‌هاي نفتي انجام شده است. نتايج نشان داد كه كاتيون‌ها با تشكيل پيوند با مواد خارج سلولي باعث تشديد فرآيند لخته‌سازي لجن فعال مي‌شوند. اين پديده به ويژه در مورد كاتيون‌هاي دو ظرفيتي منيزيم و كلسيم، به دليل ايجاد پل بين مواد خارج سلولي شديدتر است، به طوري كه كاتيون‌هاي دو ظرفيتي، قدرت لخته‌سازي را تا ميزان دو برابر افزايش مي‌دهند. از طرفي كاتيون‌ها باعث بهبود خواص ته‌نشيني و آب‌گيري لجن فعال مي‌شوند و به ويژه كاتيون‌هاي دوظرفيتي ميزان گرفتگي غشا را تا ٢٥ درصد لجن فعال كاهش مي‌دهند.

واژه‌هاي كليدي: بيورآكتور غشايي غوطه‌ور، گرفتگي، كاتيون‌هاي فلزي، آب‌گيري لجن و ته‌نشيني لجن فعال

مقدمه

هدف اصلي فرآيند تصفيه بيولوژيک پساب، حذف مواد آلي معلق و محلول است كه به ترتيب به صورت ميزان ذرات معلق[١] و ميزان اكسيژن مورد نياز واكنش شيميايي[٢] (COD) محاسبه مي‌شود. در اين فرآيند براي داشتن كارآيي بالا بايد توده‌هاي بيولوژيک و ذرات معلق از پساب تصفيه شده جدا شوند. اين هدف در فرآيند لجن فعال در تانک ته‌نشيني ثانويه به روش ته‌نشيني و در فرآيند بيورآكتور غشايي به وسيله غشا انجام مي‌شود [١].

براي بهبود فرآيند جداسازي در فرآيند لجن فعال و بيورآكتور غشايي نياز است كه لخته‌ها تا حد امكان بزرگ و چگال باشند. لخته‌هاي بزرگ‌تر به راحتي ته‌نشين مي شوند و از طرفي در فرآيند بيورآكتور غشايي كيک تشكيل شده توسط لخته‌هاي بزرگ‌تر مقاومت هيدروليكي كمتري ايجاد مي‌كنند. بنابراين فرآيند لخته‌سازي[٣] در فرآيندهاي تصفيه بيولوژيک نقش عمده‌اي را بازي مي‌كند و باعث تغيير ميزان شفافيت مخلوط لجن فعال و همچنين خواص بيولوژيک آن مي‌شود [٢].

تشخيص تركيبات لخته‌ها و تعيين ساختار آنها مي‌تواند به كنترل خواص لجن فعال و همچنين بهبود فرآيند لخته‌سازي كمک كند. لخته‌هاي موجود در لجن فعال شامل تجمعات سلولي، ميكروارگانيسم‌هاي رشته‌اي، ذرات آلي و معدني و مواد خارج سلولي[٤] (بيوپليمرها) هستند. باكتري‌هاي رشته‌اي و غلظت آنها بر فرآيند لخته‌سازي مؤثر هستند، ولي آنها را نمي‌توان مهمترين عامل مؤثر بر فرآيند لخته‌سازي دانست [٣]. مواد خارج سلولي مهم‌ترين عامل مؤثر بر پديده لخته‌سازي هستند. اين مواد نتيجه واكنش‌هاي سوخت و ساز سلول‌ها و همچنين تجزيه سلول‌هاي داخل لجن فعال هستند. تجزيه سلول‌ها به توليد بيوپليمرهاي با پايه پلي ساكاريدي و پروتئيني و اسيدهاي نوكلوئيک مي‌انجامد،

* نويسنده مسئول : تلفن : ٦٦٩٦٧٧٩٠ ، فاكس : ٦٦٩٥٧٧٨٤ ، Email: mmehrnia@ut.ac.ir

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

ولي سوخت و ساز سلولي باعث توليد مواد خارج سلولي از جنس پلي ساكاريدي و گاهي به صورت پروتئيني مي‌شود [۴].

بروس و همكاران [۵] نشان دادند كه لخته‌ها به واسطه حركت‌هاي براووني سلول‌ها و با مرور زمان در داخل لجن فعال تشكيل و به دليل تنش‌هاي هيدروليكي شكسته مي‌شوند. سرعت شكست لخته‌ها با ميزان مواد پلي ساكاريدي داخل لخته نسبت عكس دارد و مواد پلي ساكاريدي باعث استحكام ساختار لخته مي‌شوند. بنابراين با افزايش درصد بيوپليمرهاي پلي ساكاريدي شفافيت بالا مي‌رود [۵]. بيوپليمرهاي پلي ساكاريدي در حالت كمبود مواد مغذي مي‌توانند به عنوان منبع كربني ميكروارگانسيم‌ها استفاده شوند. اين موضوع باعث تجزيه و مصرف بيوپليمرهاي پلي‌ساكاريدي داخل لخته‌ها و در نتيجه كاهش خواص آب‌گيري لجن فعال مي‌شود [۶].

سلول‌ها و لخته‌هاي لجن فعال به وسيله ذرات خارج سلولي و كاتيون‌ها در كنار يكديگر قرار مي‌گيرند و پيوند بر قرار مي‌كنند. تحقيقات اخير نشان مي‌دهد كه تغييرات غلظت كاتيون‌هاي موجود در لجن فعال، باعث تغيير تمايل به لخته‌سازي و در نتيجه تغيير خواص ته‌نشيني و آب‌گيري لجن فعال مي‌شود [۲]. اين رفتار به ويژه براي كاتيون‌هاي چند ظرفيتي موجود در لجن فعال به واسطه توانايي برقراري پيوند بين آنيون‌هاي موجود بر لخته‌ها و همچنين ذرات خارج سلولي در عمل لخته‌سازي مشهودتر است [۷]. تشكيل پيوند بين مواد خارج سلولي و سلول‌ها، باعث افزايش اندازه لخته‌هاي داخل لجن فعال مي‌شود[۸]. كيك تشكيل شده روي غشا توسط لخته‌هاي بزرگ‌تر تخلخل بالاتري دارد.

عربي و نخلا تحقيقات گسترده‌اي را بر تأثير افزايش كاتيون‌هاي تك‌ظرفيتي و دوظرفيتي انجام داده‌اند. مطالعات آنها بر تأثير غلظت كلسيم روي گرفتگي نشان داد كه اگر چه غلظت مواد بيوپليمري تأثير زيادي بر گرفتگي دارد، ولي افزايش غظت يون كلسيم تا مقدار بهينه ۲۸۰ mg/L باعث كاهش گرفتگي و افزايش آن تا مقدار ۸۳۰ mg/L باعث افزايش گرفتگي معدني غشا مي‌شود[۹]. مطالعات آنها روي برهمكنش يون منيزم و كلسيم نشان داد كه با افزايش نسبت يون منيزيم به كلسيم از ۰/۲ به ۵، ميزان فلاكس خروجي از $LM^{-2}h^{-}$ $^{1}bar^{-1}$۳۰ به مقدار $LM^{-2}h^{-1}bar^{-1}$ ۳۷ افزايش مي‌يابد[۱۰]. آنها در مطالعه ديگر نشان دادند كه افزايش كلسيم و سديم گرفتگي غشا را افزايش مي‌دهد، ولي كاتيون منيزيم در حضور كلسيم و سديم باعث كاهش گرفتگي غشا مي‌شود[۱۱].

با وجود اهميت اين موضوع در تصفيه پساب در بيورآكتور غشايي، تحقيقات كمي درباره مكانيسم و اثر نوع و غلظت كاتيون‌ها بر عملكرد اين سامانه‌ها انجام گرفته است و تنها به بيان نتايج پرداخته شده است. علاوه بر آن نتايج تحقيقات متفاوت و در بعضي موارد متناقض است. در اين تحقيق تأثير نوع و غلظت كاتيون‌هاي Na, K, Ca, Mg در حضور پساب آلاينده‌هاي نفتي بر فرآيند لخته‌سازي و گرفتگي غشا در بيورآكتور غشايي بررسي شده است.

۱. مواد و روش‌ها

۲-۱. مواد و دستگاه آزمايشگاهي

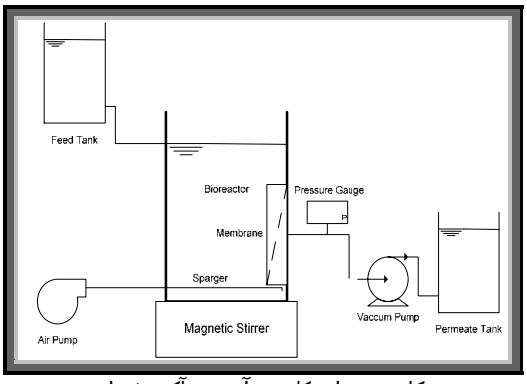
بيورآكتور غشايي مورد استفاده در اين تحقيق، داراي حجم ۲ ليتر بود. فرآيند تصفيه پساب به طور مداوم انجام شد. سطح لجن فعال داخل راكتور به وسيله كنترل‌كننده سطح ثابت نگاه داشته و ميزان دبي خروجي از غشا اندازه‌گيري شد. فرآيند با اعمال اختلاف فشار ثابت ۰/۵ اتمسفر انجام مي‌شود و ميزان فلاكس متوسط خروجي از غشا به طور روزانه محاسبه مي‌شود. غشاي استفاده شده در اين تحقيق به شكل مسطح و از جنس سلولز استات (Albet-AC-0.45-47-Germany) است. شمايي از سامانه بيورآكتور غشايي استفاده شده در اين مطالعه در شكل (۱) ارائه شده است. براي ايجاد اختلاط و هوادهي در اين بيورآكتور از همزن مغناطيسي با دور ۷۰۰ دور بر دقيقه (Heidolph, MR3001K) استفاده شده است. نمك‌هاي كلرينه كاتيون‌ها، به منظور بررسي اثر كاتيون‌هاي مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. از مخلوط برش نفتي C_{13},C_{16},C_{22} به نسبت مساوي به عنوان خوراك هيدروكربني و با غلظت ۱۰۰۰ppm استفاده شد. از سولفات آمونيوم به غلظت ۶۷۰ppm و از فسفات آمونيوم با غلظت ۵۰ppm به عنوان منابع نيتروژن و فسفر استفاده شده است.

۲-۲. روش آناليز مواد خارج سلولي

جهت تهیه فایل WORD این مقاله به سایت DaneshResan.com مراجعه نمایید و عنوان مقاله را جستجو کنید
بیش از ۲ میلیون مقاله فارسی در این سایت موجود میباشد

ليو و همکاران[۱۲] نشان دادند که روش استخراج به وسيله فرمآلدئيد و سود، بازده بالاتري در استخراج بيوپليمرهاي پلي ساکاريدي نسبت به ديگر روش‌هاي استخراج دارد.

در اين تحقيق براي استخراج بيوپليمرها از روش استخراج به روش فرمآلدئيد و سود استفاده شده است[۱۲]. براي بررسي ميزان مواد خارج سلولي پلي-ساکاريدي محلول‌ها از روش آنترون[۵] استفاده شد[۱۳]. از گلوکز به عنوان ماده استاندارد استفاده شده است. براي محاسبه ميزان پروتئين موجود در محلول نيز از روش برادفورد استفاده شد[۱۴]. همچنين از محلول سرم آلبومينی[۶] به عنوان استاندارد استفاده شد. مقادير اعلام شده ميانگين سه نمونه مورد آزمايش است و ميزان دقت اين روش در حدود ۶%± است.



شکل ۱: شماي کلي ستآپ بيورآکتورغشايي

۲-۳. قدرت تشکيل لخته

براي اندازه‌گيري ميزان تأثير لخته‌کننده‌هاي کاتيوني بر قدرت لخته‌سازي لجن فعال، از روش جين و همکاران استفاده شده است [۱۵].

۲-۴. خواص توده اي لجن فعال

شاخص حجم لجن[۷] (SVI) نشان‌دهنده ميزان تمايل به ته‌نشيني ذرات و لخته‌هاي موجود در لجن است و بنا به تعريف، ميزان حجم اشغال شده توسط يک گرم از لجن بعد از ته‌نشيني به مدت ۳۰ دقيقه است. براي به دست آوردن SVI از روش‌هاي استاندارد استفاده شده است [۱۶]. سرعت ته‌نشيني ناحيه‌اي[۸] (ZSV) شاخص ديگري از ميزان و تمايل به ته‌نشيني است که به خواص تشکيل لخته‌ها مربوط مي‌شود.

مقدار ZSV مشابه روش‌هاي استاندارد [۱۶] و به روش زير به دست آمده است:

مقدار يک ليتر از لجن را در داخل استوانه مدرج ۲۵۰ ميلي ليتر ريخته و مقدار ته‌نشيني را نسبت به زمان محاسبه مي‌شود. سرعت ته‌نشيني با گذشت زمان زياد مي‌شود و به حالت خطي در مي‌آيد. ميزان ZSV برابر مقدار شيب نمودار ته‌نشيني نسبت به زمان در ناحيه خطي است، به عبارتي در ناحيه‌اي است که تمام لجن با يک سرعت در حال ته‌نشيني است.

۲-۵. آب‌گريزي نسبي سلول‌هاي داخل لجن

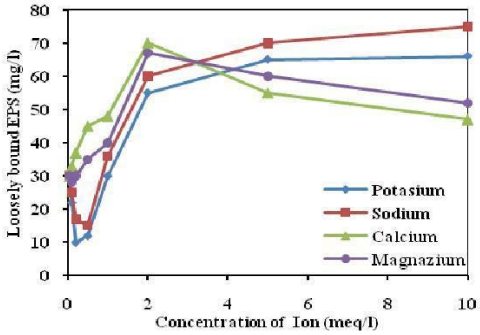
براي اندازه‌گيري ميزان آب‌گريزي نسبي لخته‌هاي تشکيل شده در نمونه لجن از روش جي و همکاران [۱۷] استفاده شده است.

۲. نتايج و بحث

۳-۱. اثر اضافه کردن کاتيون‌ها بر خواص لجن فعال

در شکل (۲) اثر غلظت کاتيون‌ها بر ميزان تغييرات غلظت بيوپليمرهاي سست نشان داده شده است. شکل(۲) نشان مي‌دهد که با افزايش ميزان غلظت کاتيون‌هاي تک-ظرفيتي، غلظت بيوپليمرهاي سست داخل لجن فعال کاهش مي‌يابد. با ادامه روند افزايش غلظت اين کاتيون‌ها تا مقدار حدود ۰/۳ meq/L مقدار بيوپليمرهاي سست به حد کمينه خود مي‌رسد و سپس با افزايش غلظت کاتيون-هاي تک‌ظرفيتي، روند کاهش غلظت بيوپليمرهاي سست بر عکس شده و غلظت آنها افزايش مي‌يابد. اين روند در مورد کاتيون‌هاي دوظرفيتي برعکس است، به عبارتي با افزايش غلظت کاتيون‌هاي دوظرفيتي Ca و Mg، غلظت بيوپليمرهاي سست داخل لجن فعال در غلظت‌هاي پايين افزايش مي‌يابد، ولي در غلظت‌هاي بالاتر اين روند کاهشي است. اين شکل نشان مي‌دهد که با افزايش چگالي بار کاتيون‌ها ميزان تأثير آنها بر غلظت بيوپليمرهاي سست افزايش مي‌يابد و يا به عبارتي نرخ افزايشي و به دنبال آن کاهشي تشديد مي‌شود. با افزايش غلظت کاتيون‌ها داخل مخلوط لجن فعال تنش روي سلول‌ها زياد شده و غلظت بيوپليمرهاي سست افزايش مي‌يابد. همچنين افزايش کاتيون‌ها به شکل نمک محلول، افزايش فشار اسمزي را به

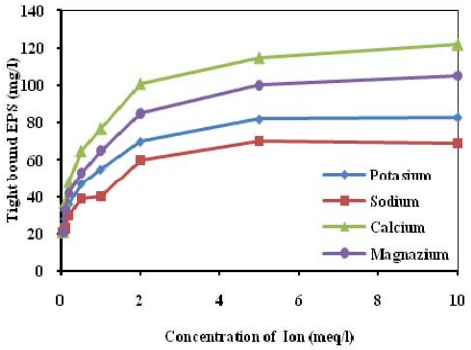
دنبال دارد که باعث خروج بیوپلیمرها از داخل سلول به مخلوط لجن فعال مي‌شود[١٨].



شكل ٢: غلظت بيوپليمرهاي معلق در بيورآكتور غشايي در غلظت‌هاي مختلف كاتيون‌هاي فلزي

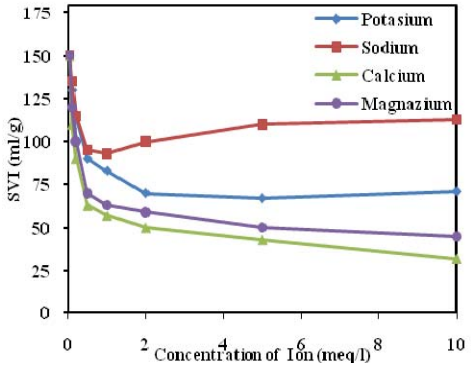
از طرفي مواد خارج سلولي اغلب بار منفي دارند كه باعث تشكيل پيوند با كاتيون‌ها شده و جذب سطحي آنها توسط سلول‌ها را افزايش مي‌دهند[٧]. اين پديده باعث كاهش غلظت بيوپليمرها در غلظت‌هاي پايين كاتيون‌هاي تك ظرفيتي مي‌شود، ولي در ادامه با افزايش غلظت اين كاتيون‌ها اثر آزاد شدن بيوپليمرها به دليل فشار اسمزي و همچنين تنش‌هاي موجود، اثر جذب بيوپليمرهاي خنثي شده توسط سلول‌ها را از بين برده و غلظت بيوپليمرهاي سست داخل لجن بالا مي‌رود. از طرفي كاتيون‌هاي تك-ظرفيتي با ايجاد پيوند با بيوپليمرها و خنثي كردن بار آنها باعث كاهش پيوند سلول‌ها به وسيله بيوپليمرها مي‌شوند. در مقابل كاتيون‌هاي دوظرفيتي با بر قراري پيوند بين دو بيوپليمر، بين آنها پلي برقرار مي‌كنند و فرآيند پيوند بين بيوپليمرها با يكديگر و همچنين سلول‌ها را تشديد مي-كنند. اين موضوع به تشكيل لخته‌هاي بزرگ‌تر كمك مي‌كند[١٩]. به دليل چگالي بالاي بار يوني در اين كاتيون‌ها و از طرفي برقراري پل يوني بين بيوپليمرها توسط آنها، پيوند بر قرار شده بين كاتيون‌ها و سلول‌ها ساختاري پايدار ايجاد مي‌كند كه مقاومت بالايي در برابر تنش‌هاي هيدروديناميكي دارد. بنابراين با افزايش غلظت كاتيون‌ها، به دليل تشديد جذب سطحي مواد خارج سلولي معلق به وسيله ذرات معلق داخل لجن فعال و كاهش شكست لخته‌ها، غلظت مواد خارج سلولي معلق كاهش مي‌يابد. به علاوه با افزايش چگالي بار يوني كاتيون‌ها اين پيوندها محكم‌تر برقرار مي‌شوند.

جذب سطحي مواد خارج سلولي توسط سلول‌ها و تشكيل لخته‌هاي بزرگ‌تر باعث افزايش غلظت مواد خارج سلولي چسبيده مي‌شود[٢٠]. اين پديده در شكل (٣) نيز مشاهده مي‌شود كه با افزايش غلظت كاتيون‌ها غلظت مواد خارج سلولي چسبيده افزايش مي‌يابد. همچنين شكل (٣) نشان مي‌دهد كه با افزايش چگالي بار يوني كاتيون‌ها، غلظت مواد خارج سلولي چسبيده افزايش مي‌يابد.



شكل ٣: غلظت بيوپليمرهاي چسبيده در بيورآكتور غشايي در غلظت‌هاي مختلف كاتيون‌هاي فلزي

در شكل (۴) ميزان SVI لجن فعال در غلظت‌هاي مختلف كاتيون‌ها نشان داده شده است. بنابراين شكل با افزايش غلظت كاتيون‌ها و همچنين چگالي آنها، ميزان ته‌نشيني لجن فعال افزايش مي‌يابد.



شكل ٤: اثر غلظت كاتيون‌ها بر روي تغييرات **SVI** در بيورآكتور غشايي

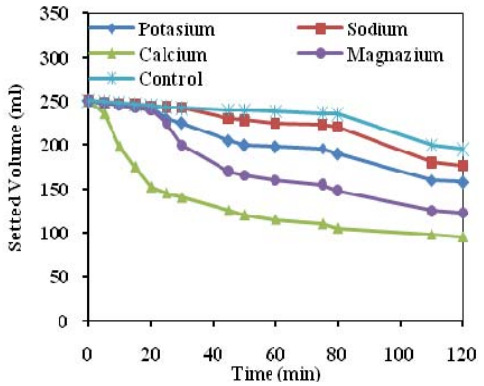
همان طور كه اشاره شد، با افزايش غلظت كاتيون‌ها ميزان جذب بيوپليمرها افزايش مي‌يابد. جذب سطحي بيوپليمرها و پيوند سلول‌ها توسط بيوپليمرها فرآيند لخته‌سازي را تشديد مي‌كند. اين موضوع باعث افزايش خواص ته‌نشيني لجن فعال مي‌شود. كاتيون‌هاي دوظرفيتي به دليل ايجاد پل يوني لخته‌هاي بزرگ‌تر و با چگالي بالاتري توليد مي‌كنند [٢١]. كلسيم به دليل چگالي بالاتر نسبت به منيزيم لخته‌هاي چگال‌تري را توليد مي‌كند و خواص ته‌نشيني بالاتر و قدرت لخته‌سازي

بالاتر دارند. جدول (۱) میزان قدرت تشکیل لخته لجن فعال را در غلظت‌هاي يوني مساوي از هر یک از کاتیون‌ها نشان مي‌دهد. این جدول نیز تائید مي‌کند که با افزایش چگالي بار يوني کاتیون‌ها فرآیند تشکیل لخته تشدید مي‌شود.

جدول ۱: قدرت لخته‌سازي و آب‌گیري نمونه‌هاي لجن فعال در غلظت **meq/l** ۲۰ از کاتیون‌هاي مختلف

یون	کنترل	سدیم	پتاسیم	منیزیم	کلسیم
قدرت تشکیل لخته (%)	۲۷	۱۴	۲۸	۳۶	۴۳
سرعت ته‌نشیني (ZSV) (cm/s)	۳/۶	۴/۱	۸/۶	۱۲/۲	۱۶/۰
فلاکس خروجي ($l/(h\times m^2)$)	۲/۵	۲/۰	۶/۰	۶/۷	۱۰/۲

شکل (۵) میزان حجم لجن ته‌نشین شده را در حضور کاتیون‌هاي مختلف بر حسب زمان را نشان مي‌دهد. در این شکل، نشان داده شده است سرعت ته‌نشیني کاتیون‌هاي با چگالي بالاتر بیشتر است. این رفتار مي‌تواند به دلیل بزرگ‌تر بودن لخته‌هاي موجود در لجن فعال حاوي کاتیون‌هاي با چگالي بار يوني بالاتر باشد. همان طور که در این شکل مشاهده مي‌شود، سرعت ته‌نشیني لجن فعال حاوي کاتیون‌هاي دوظرفیتي در زمان کمتري به حداکثر مقدار خود مي‌رسد که این موضوع نشان‌دهنده تمایل بیشتر کاتیون‌هاي دوظرفیتي به تشکیل پیوند با سلول‌ها و لخته‌هااست.



شکل ۵: اثر حضور کاتیون‌هاي مختلف بر سرعت ته‌نشیني لجن در بیورآکتورغشایي

با توجه به شکل (۵) میزان سرعت ته‌نشیني ناحیه‌اي که میزان قدرت لخته‌سازي را نشان مي‌دهد، محاسبه مي‌شود.

۳-۲. اثر کاتیون‌ها بر گرفتگي غشا

جدول (۱) میزان فلاکس خروجي از غشا را در حضور کاتیون‌هاي مختلف نشان مي‌دهد. این شکل نشان مي‌دهد که با وجود اینکه غلظت يوني در مخلوط‌ها یکسان است، ولي میزان تأثیر کلسیم بر کاهش مقاومت هیدرولیکي بیشتر است. به طوري که میزان دبي خروجي تا ۴ برابر افزایش یافته است.

لخته‌ها، سازنده اصلي کیک تشکیل شده بر غشا در بیورآکتورهاي غشایي هستند که به وسیله بیوپلیمرها به یکدیگر متصل شده و بر روي غشا لایه کیک را تشکیل مي‌دهند[۲۲]. کیک تشکیل شده توسط لخته‌هاي بزرگ‌تر تخلخل بیشتري خواهد داشت و مقاومت هیدرولیکي کمتري ایجاد مي‌کند. با افزایش غلظت بیوپلیمرهاي چسبیده داخل لجن، غلظت لخته‌ها بالا مي‌رود. همان طور که در جدول (۱) اشاره شد، مخلوط حاوي کاتیون کلسیم بالاترین قدرت لخته‌سازي را داشته و همچنین غلظت بالاتر لخته‌ها را دارد.

از طرفي بیوپلیمرها مي‌توانند عامل اصلي به وجود آمدن لایه مانع در مقابل فلاکس عبوري از غشاها باشند. اضافه کردن کاتیون‌ها باعث کاهش غلظت بیوپلیمرهاي معلق مي‌شود. بیوپلیمرهاي معلق، عامل اصلي گرفتگي غشا در بیورآکتورهاي غشایي هستند. مشاهده‌هاي وانگ و همکاران [۲۳] هم نشان داد که رابطه‌اي خطي بین غلظت بیوپلیمرهاي معلق و گرفتگي غشا وجود دارد. همان طور که در شکل(۱) نشان داده شد، در غلظت ۲۰ meq/l از کاتیون‌هاي مختلف، لجن حاوي کاتیون سدیم بالاترین غلظت بیوپلیمر معلق را داخل مخلوط لجن فعال دارد، به طوري که با اضافه کردن سدیم به مخلوط لجن، میزان گرفتگي افزایش یافته است. افزایش غلظت سدیم داخل لجن فعال باعث افزایش تنش بر لخته و همچنین فشار اسمزي مي‌شود که باعث شکست لخته‌ها و گسترش بیوپلیمرهاي سست داخل لجن مي‌شود و فرآیند لخته‌سازي را کاهش مي‌دهد. بنابراین لجن فعال حاوي کاتیون سدیم توزیع اندازه لخته پایيني داشته و گرفتگي غشا در آن تشدید مي‌شود.

نتایج نشان مي‌دهد که یکي از عوامل مؤثر بر خواص لجن فعال در غلظت‌هاي برابر کاتیون‌ها، میزان چگالي بار يوني کاتیون موجود در لجن فعال است. از طرفي کاتیون‌هاي تک‌ظرفیتي، تأثیر کمي بر بهبود گرفتگي غشا

دارند و حتي سبب كاهش دبي خروجي از غشا مي‌شوند. اين رفتار نشان مي‌دهد كه فرآيند لخته‌سازي در لجن فعال از تئوري دو لايه‌اي تبعيت مي‌كند. سوبک و همكاران [٢٤] نيز با بررسي تئوري‌هاي مختلف در مورد فرآيند لخته‌سازي در لجن فعال نشان دادند كه لخته‌سازي در لجن فعال از تئوري دو لايه‌اي پيروي مي‌كند. البته با توجه به ميزان تأثير كاتيون كلسيم در بهبود ميزان گرفتگي، مي‌توان به اين نتيجه رسيد كه در حضور پساب آلي، تئوري و فرآيند آلژنيک[9] نيز در فرآيند لخته‌سازي مؤثر است. اين پديده مي‌تواند به دليل افزايش توليد بيوپليمرهاي پلي ساكاريدي ناشي از هضم بيولوژيک آلاينده‌هاي آلي باشد كه به عنوان مهم‌ترين عامل گرفتگي در بيورآكتورهاي غشايي مي‌شود.

۴. نتيجه‌گيري

يكي از روش‌هاي نوين براي تصفيه پساب‌هاي نفتي، استفاده از بيورآكتور غشايي است. مهم‌ترين مانع بر گسترش اين فرآيند، گرفتگي غشا است. يكي از راه‌هاي كنترل گرفتگي غشا، استفاده از كاتيون‌هاي دوظرفيتي است كه با برهمكنش با بيوپليمرها، گرفتگي غشا را كاهش مي‌دهند. همچنين اين مواد به دليل تشديد فرآيند لخته‌سازي، خواص ته‌نشيني و آب‌گيري لجن فعال را افزايش مي‌دهند. بنابر نتايج اين تحقيق، استفاده از كاتيون‌هاي با چگالي بار يوني بالاتر در بهبود خواص ته‌نشيني و آب‌گيري لجن فعال و كاهش گرفتگي غشا در بيورآكتور غشايي مؤثرتر است. فرآيند لخته‌سازي در بيورآكتور غشايي از تئوري دولايه‌اي پيروي مي‌كند. اگر چه در حضور كاتيون كلسيم و همچنين آلاينده‌هاي آلي نمي‌توان تأثير فرآيند آلژنيک را ناديده گرفت.

در اين تحقيق سعي بر بيان تأثير حضور كاتيون‌هاي مختلف بر فرآيند لخته‌سازي و همچنين گرفتي غشا بوده است. اگر چه تحقيقات گسترده‌اي براي مشخص كردن مكانيسم لخته‌سازي و همچنين گرفتگي غشا لازم است.

۵. تقدير و تشكر

اين پژوهش با استفاده از اعتبارها شوراي پژوهشي دانشگاه تهران انجام شده است.

مراجع

1- In-Soung, Ch. and Su-Na., K. (2004). “Wastewater treatment using membrane filtration—effect of biosolids concentration on cake resistance.” *Process Biochemistry*, Vol. 40, PP. 1307–1314.

2-Sanin, D. and Vsilind, P.A. (2000). “Bioflocculation of activated sludge: The role of calcium ions and extracellular polymers.” *Environmental Technology*, Vol.21, PP. 1405-1412.

3- Sombatsompop, K. (2007). Membrane fouling studies in suspended and attached growth membrane bioreactor systems PhD thesis, Asian Institute of Technology, School of Environment, Resources and Development, Thailand.

4- Flemming, H.C. and Wingender, J. (2001). Relevance of microbial extracellular polymeric substances (EPSs). Part I. Structural and Ecological Aspects, *Water Science Technology*, Vol. 43, PP.1–8.

5- Bruus, J.H., Nielsen, P.H. and Keiding, K., (1992). “On the stability of activated sludge flocs with implications on dewatering.” *Water Research*, Vol. 26 , PP.1597-1604.

6 –Urbain, V., Block, J.C. and Manem, J. (1993). “Bioflocculation in activated sludge: Analytical approach.” *Water Research*, Vol.27 ,PP. 829-838.

7 – Murthy, S. N. (1998). “Bioflocculation: Implications for activated sludge properties and wastewater treatment PhD thesis”. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.

8- Li, X.Y. and Yang, S.F. (2007). “Influence of loosely bound extracellular polymeric substances (EPS) on the Flocculation.” Sedimentation and Dewaterability of Activated Sludge, *Water Research*, Vol. 41, PP. 1022 – 1030.

9- Arabi, S.and Nakhla, G. (2008). "Impact of calcium on the membrane fouling in membrane bioreactors." *Journal of Membrane Science*, Vol.314, PP. 134–142.

10- Arabi, S. and Nakhla, G. (2009). Impact of magnesium on membrane fouling in membrane bioreactors." *Separation and Purification Technology*, Vol.67, PP. 319-325.

11- Arabi, S. and Nakhla, G. (2009). Impact of cation concentrations on fouling in membrane bioreactors." *Journal of Membrane Science*, Vol. 343, PP.110–118.

12- Liu, H., Herbert, H. and Fang, P. (2002), "Extraction of extracellular polymeric substances (EPS) of sludges." *Journal of Biotechnology*, Vol. 95, PP. 249–256.

13- Gaudy, A.F. (1962). "Colorimetric determination of protein and carbohydrate." *Industrial Water Wastes*, Vol. 7, PP. 17–22.

14- Bradford, M.M.A. (1976). "Rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dyebinding." *Analytical Biochemistry*, Vol.72, PP. 248–254.

15- Jin, B., Wilén, B. M. and Lant, P. (2003). "A comprehensive insight into floc characteristics and their impact on compressibility and settleability of activated sludge." *Chemical Engineering Journa,l* Vol. 95, PP. 221–234.

16- APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., American Public Health Association, Baltimore, MD, 1999.

17- Ji, J., Qiu, J., Wai, N., Wong, F. S., and Li, Y. (2010). "Influence of organic and inorganic flocculants on physical–chemical properties of biomass and membrane-fouling rate." *Water Research*, Vol.44, PP. 1627-1635.

18- Ng, H. Y., Ong, S. L. and Ng, W. J. (2005). "Effects of sodium chloride on the performance of a sequencing batch reactor." *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 131, PP. 1557-1564.

19- Higgins, M. J., Sobeck, D. C., Owens, S. J. and Szabo L. M. (2004). "Case study II: Application of the divalent cation bridging theory to improve biofloc properties and industrial activated sludge system performance using alternatives to sodium-based chemicals." *Water Environment Research*, Vol.76, PP. 353-359.

20- Sheng, G. P., Yu, H. Q. and Li, X.Y. Extracellular polymeric substances (EPS) of microbial aggregates in biological wastewater treatment systems: A review, Biotechnology Advances in Press.

21- Kim, I. S. and Jang, N. (2006). "The effect of calcium on the membrane biofouling in the membrane bioreactor (MBR)." *Water Research*, Vol. 40, PP. 2756 – 2764.

22- Flemming, H.C., Schaule, G., Griebe, T., Schmitt, J. and Tamachkiarowa, A. (1997). "Biofouling-the achilles heel of membrane processes." *Desalination* Vol. 113, PP. 215–225.

23- Wang, Z., Wu, Z. and Tang, S. (2009). "Extracellular polymeric substances (EPS) properties and their effects on membrane fouling in a submerged membrane bioreactor." *Water Research*, Vol. 43, PP. 2504-2512.

24- Sobeck, D. C., and Higgins, M. J. (2002). "Examination of three theories for mechanisms of cation-induced bioflocculation." *Water Research*, Vol. 36, PP. 527–538.

واژه‌های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1- Total Suspended Solid
2- Chemical Oxygen Demand
3- Bioflocculating
4- Extracellular Polymeric Substance (EPS)
5- Anthrone
6- Bovin Serume Albomin (BSA)
7- Sludge Volume Index (SVI)
8- Zone Sludge Velocity (ZSV)
9- Algenic