

УДК 664.081.6-935.4:664.8-027.332

БОНДАР С.М., канд. техн. наук, доцент, ЧАБАНОВА О.Б., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій

ЧАБАНОВА А.А. викладач спеціальних технологічних дисциплін

Механіко-технологічний технікум Одеської національної академії харчових технологій, м. Одеса

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ МЕМБРАН
У ТЕХНОЛОГІЯХ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ**

Ультрафільтраційна установка, що забруднена пектиновим розчином використовувалася як модельна система. Продуктивність мембран повністю відновлювалася при циркуляції 0,5 % розчину NaOH за 1 годину. Час очищення, що потрібний для повного відновлення продуктивності забрудненої мембрани, скоротився до 3 хв. при додаванні у 0,5 % розчин NaOH 0,05 % поліетиленоксиду. Механізм поліпшення ефективності очищення не може повністю бути пояснений ефектом полімеру на мембранну поверхню. Результати очищення і промивання пояснюються тим, що полімери розчинні для очищення перетворюють пектинові забруднення в комплекс «забруднювач-полімер» який краще змивається водою з поверхні мембрани.

Ключові слова: мембрани, рослинні відходи, регенерація мембран.

An ultrafiltration unit fouled by pectin solution was used as a model system. The membrane flux was fully restored by circulation 0,5 % NaOH solution for 1 hr. By adding 0,005 % polyethyleneoxid in 0,5 % NaOH solution, the cleaning time required to fully recover flux of the fouled membrane was reduced to 3 min. The mechanism of improving cleaning efficiency may not be wholly attributed to the scouring effect of the polymer on the membrane surface. The cleaning and rinsing results suggest that polymers in cleaning solutions convert the pectin foulant into a foulant – polymer complex which could be readily rinsed from the membrane surface by water.

Keywords: membrane, vegetable waste, regeneration membranes.

Мембранні методи розділення все більше знаходять застосування у харчовій та інших галузях завдяки низьким енерговитратам і простоті апаратурного оформлення процесів. Понад 50 років з моменту винаходу асиметричних мембран мембранні технології бурхливо розвиваються і широко впроваджуються у технологіях концентрування, очищення, фракціонування різних рідин і газів, у тому числі для обробки рідких екстрактів з рослинних відходів, наприклад пектинових. Однак і зараз питання регенерації продуктивності мембран залишаються одними з головних практичних аспектів цих технологій. Ще у 70-х роках минулого століття вчені прийшли до висновку, що незадовільна регенерація мембран призводить до зростання часу процесу мембранної обробки, і зниженню ефективності і обмеженню можливостей мембранних установок і систем. Це визначає підвищену увагу дослідників щодо інтенсифікації і зменшення витрат на мембранні процеси [2,3].

Регенерація мембран – технологічний процес очищення мембранної поверхні від забруднень і відновлення їхніх функціональних характеристик (проникності, селективності). Регенерацію проводять механічним, фізико-хімічним, фізичним і хімічним методами або їх комбінацією. Всі ці методи досить детально охарактеризовано професором Н.Т. Бриком, мабуть, найавторитетнішим фахівцем мембранної галузі в Україні [1]. Особливе місце займають суспензії, що

застосовуються як регенеративні системи у разі, коли відкладення на мембранній поверхні мають невелику адгезію, становлять пухкі або драгледоподібні осади. Наприклад, для регенерації використовують пластикові, скляні і навіть металеві порошки, додавання рідкого скла тощо.

Системи суспензій при регенерації досить ефективно очищують мембранні системи. Однак цей підхід має недоліки. Зокрема це можливість ураження тонкого селективного шару мембран частками суспензій, що мають високі швидкості руху у турбулентному режимі.

Крім того, необхідне відокремлення частинок з потоку задля запобігання ускладненню роботи насосів, а це значно ускладнює апаратурне оснащення і збільшує гідравлічний опір мембранних установок.

Метою було вивчення потенційних можливостей використання полімерних систем для підвищення механічної регенерації мембран.

Об'єктом ультрафільтраційної мембранної обробки слугував пектиновий екстракт з відходів сокового виробництва. Концентрація пектину у екстракті становила 0,5 %, загальна концентрація сухих речовин 1,2 % за рефрактометром.

Дослідження проводилися на пілотній установці з порожнино-волоконним мембранним модулем AP-2,0 (виробництва Росії). Матеріал поліамід. Молекулярна маса розділення мембран 50 000 Да. Розчини для регенерації готували на пом'якшеній воді. Продуктивність мембран визначали за допомогою мірного циліндра та секундоміра.

Мембрана установка попередньо працювала протягом 1 години на питній воді при параметрах, що були прийняті як умови експерименту (транс-мембранний тиск 1,5 атм, температура 40 °С), потім визначали початкову продуктивність мембран за фільтратом (далі продуктивність) у режимі рециркуляції пом'якшеної H₂O.

Пектиновий екстракт у кількості 15 л попередньо фільтрувався через тканинний фільтр з порами у 100 мкм. Протягом 1 години екстракт оброблявся на мембранах при 25 °С, тиск 1,5 атм у режимі повернення фільтрату у концентрат. Потім екстракт вивільнявся з мембранної системи, яку промивали водою при 40 °С 5 хвилин. За цим виміряли продуктивність мембран. Це значення було первинним для процесу регенерації.

Промивна вода видалялася, а система заповнювалася розчином об'ємом 20 л. Концентрація розчину

становила 0,5 % NaOH з додаванням 0,005 % за масою полімерів (поліетиленоксиду, поліакриламід, карбоксиметилцелюлози). Продуктивність вимірювали через 2 хв. протягом 30 перших хвилин, а потім кожні 10 хв. Очищення складало 1 годину. Після очищення установку промивали і вимірювали продуктивність за пом'якшеною водою, що використовувалась для оцінки приросту продуктивності у % до первинної. За цим показником оцінювали ефективність регенерації.

Додавання полімерів впливає на продуктивність мембран за весь час регенерації. У порівнянні з розчином NaOH продуктивність у присутності полімерів зменшувалася. Цей факт пояснюється частковим осаджуванням полімерів на мембранну поверхню. У по-

рівнянні з іншими полімерами карбоксиметилцелюлоза у меншій мірі зменшує продуктивність. Очевидно, що у цьому разі виявляється електростатичне відштовхування молекул пектину і карбоксиметилцелюлози, які мають однаковий негативний заряд у лужному розчині. Таким чином гальмується утворення осаду на мембранній поверхні.

Під час промивання для розчинів з поліетилепоксидом і гуаровою камідю досліджувалось ступінчасте зростання продуктивності більш того, для цих полімерів продуктивність під час очищення зростала більше, ніж під час промивання. Це означає, що осад з поверхні мембрани видаляється безперервно і під час очищення і під час промивання.

Таблиця 1

Вплив полімерів на відновлення продуктивності мембран (% від початкової) протягом фази очищення та промивання*

Час, хв	Фаза очищення												Фаза промивання			
	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	40	50	60	10	20	30
Розчин																
NaOH 0,5%	89	89	93	95	95	95	94	94	96	96	96	98	98	100	100	100
NaOH 0,5% + гуарова камідь	68	65	62	62	63	63	62	63	63	64	66	66	68	79	84	84
NaOH 0,5% + поліетиленоксид 1	69	65	62	62	61	60	60	60	60	60	61	61	61	102	103	104
NaOH 0,5% + карбоксиметилцелюлоза	83	83	84	85	85	86	86	87	87	87	88	88	88	96	96	98
NaOH 0,5% + поліетиленоксид 2	68	59	57	55	53	53	50	50	49	49	48	48	48	99	100	100

* У всіх експериментах початкова продуктивність мембран перед очищенням складала 62 % від вихідної

Коли для промивання використовувався тільки розчин NaOH зростання продуктивності на початку промивання було найбільшим. Подальше зменшення продуктивності під час промивання свідчить про можливе повторне осадження виділених забруднень. У разі застосування карбоксиметилцелюлози продуктивність після очищення залишалась практично постійною весь час.

Вище вказані факти свідчать, що полімери, очевидно, не тільки осаджуються на поверхню мембрани, але й взаємодіють з пектином, що утворює макромолекулярний комплекс. Останній краще видаляється потоком води.

Використання поліетиленоксиду особливо цікаве тим, що продуктивність мембрани зростала при промиванні найбільше і ефективність навіть перевищувала 100 %.

Таблиця 2

Відновлення продуктивності мембран після очищення та промивання

Розчин	Відновлення продуктивності (%)			
	3 хв. очищення	20 хв. очищення	40 хв. очищення	60 хв. очищення
NaOH 0,5 %	-	88	90	104
NaOH 0,5 % + 0,05 % поліетиленоксид	102	85	82	106

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Брик М.Т. Енциклопедія мембран: У 2 т. – К.: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2006.
 2. Boer R.D., Zomerman J.J., Hiddink J. Fluidized beds as turbulense promoters in the concentration of food liquids by reverse osmosis. J.Food Sci. 45(6): 1523, 1980.
 3. Zall R.R., 1985. Membranes are often overcleaned. Dairy Field 168 (2): 36. Ms received 8/29/89; revised 11/21/89; accepted 1/27/90

Отримано редакцією 11.2013 р.