

Г.В. Дейниченко, д-р техн. наук

З.О. Мазняк, канд. техн. наук

О.В. Гафуров, здобувач

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНИХ МЕМБРАН ТИПУ ПАН

Главным элементом всех мембранных установок является напівпроникна мембрана. Досліджено фізико-хімічні властивості ультрафільтраційних мембран типу ПАН виробництва торговельної марки МІФІЛ, Білорусь.

Главным элементом всех мембранных установок являются полупроницаемые мембраны. Исследованы физико-химические свойства ультрафильтрационных мембран типа ПАН производства торговой марки МИФИЛ, Беларусь.

The main element of all membranes modules is semi permeable membrane. The working parameters of ultrafiltration membranes type PAN MIFIL trade mark manufactured are viewed.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Мембранні технології, як різновид сучасних нанотехнологій, набувають все більш широкого розповсюдження в харчовій промисловості розвинених країн світу. На жаль, в Україні їх впровадження відбувається дуже повільно. Стримуючим чинником цього є відсутність виробництва вітчизняних мембран, а також науково обґрунтованих технологій мембранного розділення харчових мікробіологічних рідин. Головним елементом всіх мембранных установок є напівпроникна мембрана. Тому основні особливості мембранных процесів, режими їх проведення визначаються характеристиками та властивостями напівпроникних мембран, які використовуються. У зв'язку з цим визначення технічних характеристик сучасних напівпроникних мембран з метою їх подальшого застосування в харчовій промисловості є завданням актуальним та своєчасним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню комплексних технологічних характеристик мембран, які відображають ступінь незмінності їх характеристик, таких як проникність та затримуюча здатність, присвячено низку робіт [1]. Відомо, що стабільність функціональних властивостей полімерних мембран залежить від багатьох чинників, а саме: стійкості в робочому середовищі (набрякання, розчинення, хімічна та біологічна деструкції),

температури, рН, старіння, механічних навантажень (стискування, видовження), релаксації внутрішніх напружень тощо.

Мета та завдання статті. У статті наведено результати досліджень фізико-хімічних властивостей ультрафільтраційних мембран типу ПАН виробництва торговельної марки МІФІЛ (Білорусь) за дистильованою водою з метою визначення оптимальних режимів їх роботи і подальшого використання під час концентрування нежирної молочної сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Нами було досліджено помірно гідрофільні мембрани ПАН-50 і ПАН-100, які виготовлені на основі сополімерів акрилонітрилу, що визначає їх стійкість до забруднення розчиненими або колоїдними сполуками.

На першому етапі досліджень було визначено проникність мембран типу ПАН за дистильованою водою за тиску 0,1 МПа і температури 20 °С.

За результатами досліджень було визначено, що початкова проникність ультрафільтраційних мембран ПАН-50 і ПАН-100 за дистильованою водою дорівнює 120...125 л/м²·год і 160...165 л/м²·год відповідно.

Наступним етапом експериментальних досліджень було визначення залежності проникності ультрафільтраційних мембран від тривалості процесу ультрафільтрації за тиску 0,1 МПа і температури 20 °С. Результати досліджень наведено на рис. 1. Як свідчать дані рисунку, проникність ультрафільтраційних мембран типу ПАН з часом майже не змінюється. Це пояснюється тим, що усадка мембран є незначною, а отже суттєвого зменшення проникності мембран не відбувається. Уповільнене, але безперервне зниження проникності мембран типу ПАН внаслідок усадки (чи холодотекучості) під тиском відбувається впродовж тривалого періоду їх експлуатації.

Іншим дослідженням було визначення залежності проникності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від тиску (рис. 2). Відомо, що ультрафільтраційні полімерні мембрани належать до мембран, які здатні ущільнюватись, і їм характерна наявність максимально допустимих та критичних величин тисків фільтрації, під час перевищення яких відбуваються безповоротні зміни у структурі селективного шару, а саме його ущільнення, що, у свою чергу, призводить до значного зменшення проникності.

Тому, вивчення залежності проникності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від тиску фільтрації (рідина, що фільтрується – дистильована вода) є завданням вельми необхідним. Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 2.

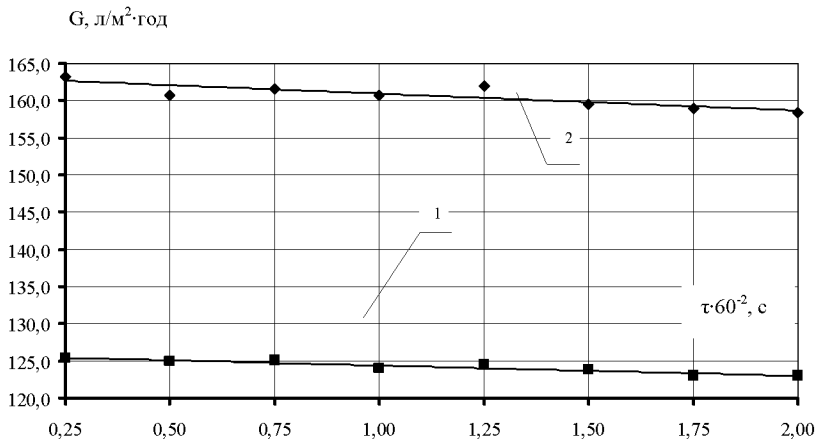


Рисунок 1 – Залежність проникності УФ мембран від тривалості процесу ультрафільтрації*: 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

* дослідження проводили за $t = 20^0 \text{ C}$ і $P = 0,1 \text{ МПа}$

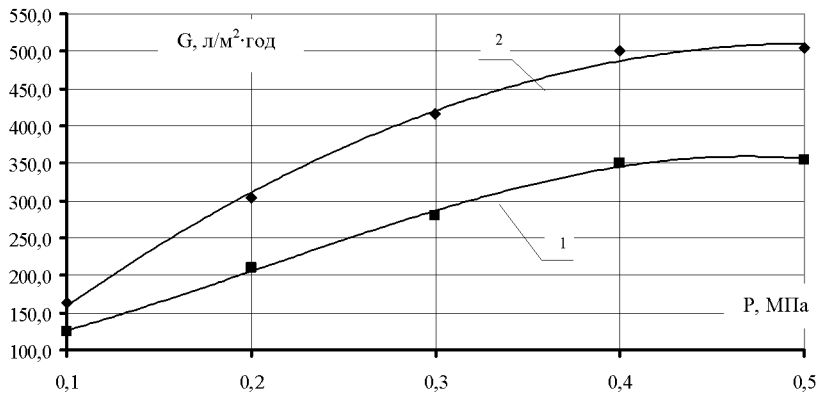


Рисунок 2 – Залежність проникності ультрафільтраційних мембран від тиску фільтрації (рідина, що фільтрується – дистильована вода, температура фільтрації 20^0 C): 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

Як свідчать дані рис. 2, збільшення тиску в напірному каналі мембранного модуля призводить до збільшення проникності напівпроникних мембран. Проте, спостерігаються конкретні значення

максимально припустимих тисків ведення процесу. З графіка видно, що граничним значенням тиску як для мембрани ПАН-50, так і мембрани ПАН-100 є 0,3...0,4 МПа. У разі перевищення цих граничних даних значного зростання проникності мембран не відбувається. Крім того, під час застосування тиску 0,6 МПа відбувається механічна руйнація всієї структури мембрани: і селективного шару, і пористої підложки.

Не менш важливим параметром ведення процесу ультрафільтраційної обробки біологічної рідини є її температура. Зміна хімічної будови під час нагрівання може бути пов'язана як із термічною, так і термоокисною деструкцією полімерних матеріалів, а також їх структуруванням – утворенням тривимірних полімерів або підвищенням густоти просторової сітки. Ці процеси зазвичай відбуваються паралельно, але характер хімічних перетворень визначає процес, який за даних умов має найбільшу швидкість. Кількісною характеристикою термічної стійкості полімерних матеріалів і мембран на їх основі є температура, за якої зразок полімеру починає інтенсивно змінювати свої механічні властивості. Таким чином, правильний вибір температури проведення процесу ультрафільтрації дозволяє забезпечити температурні режими, які не роблять негативного впливу на структуру напівпроникних мембран, отже і на їх продуктивність.

Дослідження впливу температури на проникність ультрафільтраційних мембран наведені на рис. 3.

Графічні дані свідчать про те, що підвищення температури викликає прямо пропорційне збільшення питомої проникності ультрафільтраційних мембран. Зростання проникності ультрафільтраційних мембран з підвищенням температури рідини, що фільтрується, можна пояснити тим, що інтенсивність ультрафільтраційного процесу залежить від константи дифузії молекул рідини – величини, зворотно пропорційній в'язкості рідини, що фільтрується. Підвищення температури призводить до зниження в'язкості рідини, отже і до підвищення питомої проникності мембран. Проте, спостерігається і значне зменшення проникності мембран типу ПАН під час використання відносно високих температур – більше 70...80 °С. Таке зменшення проникності пояснюється тим, що за таких температур відбувається термічна усадка мембран, яка призводить до зменшення пор мембрани, а в деяких випадках і до їх руйнації.

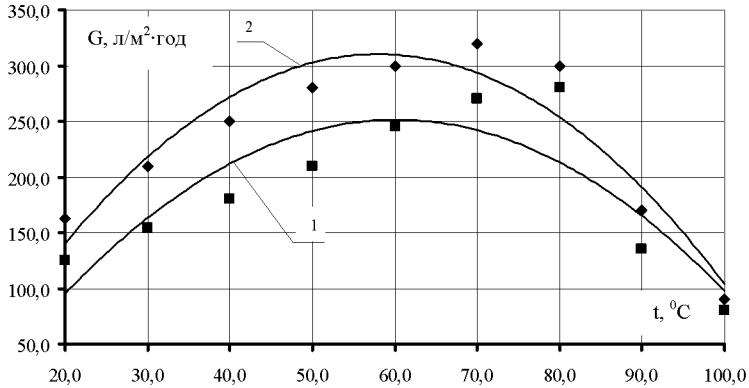


Рисунок 3 – Залежність проникності ультрафільтраційних мембран від температури фільтрації (рідина, що фільтрується – дистильована вода, тиск фільтрації – 0,1 МПа): 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

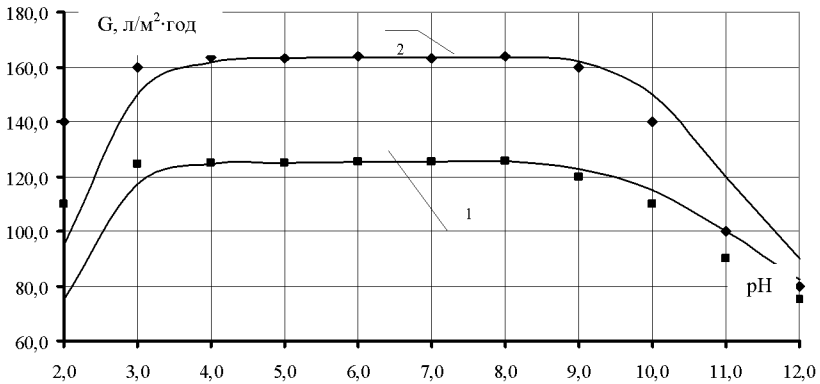


Рисунок 4 – Залежність проникності ультрафільтраційних мембран від рН рідини, що фільтрується (тиск фільтрації 0,1 МПа, температура 20⁰ С): 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

Дослідження впливу рН на властивості напівпроникних мембран типу ПАН є також актуальними. Відомо, що полімерні мембрани другого покоління можуть контактувати з рідиною в широкому інтервалі рН. Проте, для кожного типу цих мембран є свої граничні показники рН, за яких відбувається хімічна деструкція геометричної форми їх селективного шару (рис. 4).

Як свідчать дані, що наведені на рис. 4, хімічна деструкція мембран типу ПАН відбувається за $pH \leq 3$ і $pH \geq 9$. Таким чином, можна зробити висновок про те, що для регенерації мембран типу ПАН необхідно використовувати помірно лужні та помірно кислі рідини.

Таблиця – Фізико-хімічні характеристики ультрафільтраційних мембран типу ПАН

Тип мембрани	Проникність*, л/м ² ·год	Умови експлуатації, що рекомендуються		
		Кислотність, рН	Робоча температура, °С	Тиск, МПа
ПАН-50	160...165	3...9	0...80	0,1...0,4
ПАН-100	120...125	3...9	0...80	0,1...0,4
* за $t=20$ °С і $P=0,1$ МПа.				

Висновки. Аналіз експериментальних даних, наведених вище, показав, що мембрани типу ПАН мають наступні фізико-хімічні характеристики (табл.).

Таким чином, мембрани повинні відповідати наступним загальним вимогам: мати високу розділяючу здатність (селективність); високу питому продуктивність (проникність); хімічну стійкість до дії середовища, що розділяється; механічну міцність, достатню для їх збереження при монтажі, транспортуванні і зберіганні. Крім того, властивості мембрани у процесі експлуатації не повинні суттєво змінюватись.

Список літератури

1. Брик, М. Т. Питна вода і мембранні технології (Огляд) [Текст] / М. Т. Брик // Наукові записки. – 2000. – Т.18. – С. 4– 24.
2. Дейниченко, Г. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини [Текст] / Г.В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухіна // Факт. – 2008. – 208 с.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.

© Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, О.В. Гафуров, 2009.