

УДК 544.725.7

Г. В. Дейниченко, О. В. Гафуров

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНИХ МЕМБРАН ТИПУ ПАН

Досліджено фізико-хімічні властивості ультрафільтраційних мембран типу ПАН виробництва торгівельної марки МІФІЛ, Білорусь.

Постановка проблеми. Для забезпечення діяльності військових частин використовуються безліч біологічних рідин, від молочнокислих напоїв до нафтопродуктів. Часто перед застосуванням їх необхідно фільтрувати. Мембранні технології фільтрації як різновид сучасних нанотехнологій набувають дедалі більшого поширення в харчовій промисловості розвинених країн світу. На жаль, в Україні їх впроваджують дуже повільно. Стримуючим чинником є відсутність виробництва вітчизняних мембран та науково обґрунтованих технологій мембранного розділення харчових мікробіологічних рідин. Головним елементом всіх мембранних установок є напівпроникна мембрана. Тому основні особливості мембранних процесів, їх режими 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 і затримуюча здатність, присвячено низку робіт [1; 2]. 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.

Метою статті є наведення результатів досліджень фізико-хімічних властивостей ультрафільтраційних мембран типу ПАН виробництва торгівельної марки МІФІЛ (Білорусь) з використанням дистильованої води для визначення оптимальних режимів їх роботи і подальшого застосування під час концентрування нежирної молочної сировини.

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

На першому етапі досліджень визначена початкова проникність мембран для дистильованої води за умов тиску 0,1 МПа і температури 20 °С, яка для ультрафільтраційних мембран ПАН-50 і ПАН-100 дорівнювала 120...125 і 160...165 л/м²·год відповідно.

Наступним етапом експериментальних досліджень було визначення залежності проникності ультрафільтраційних мембран від тривалості процесу ультрафільтрації за умов тиску 0,1 МПа і температури 20 °С. Результати досліджень наведено на рис. 1.

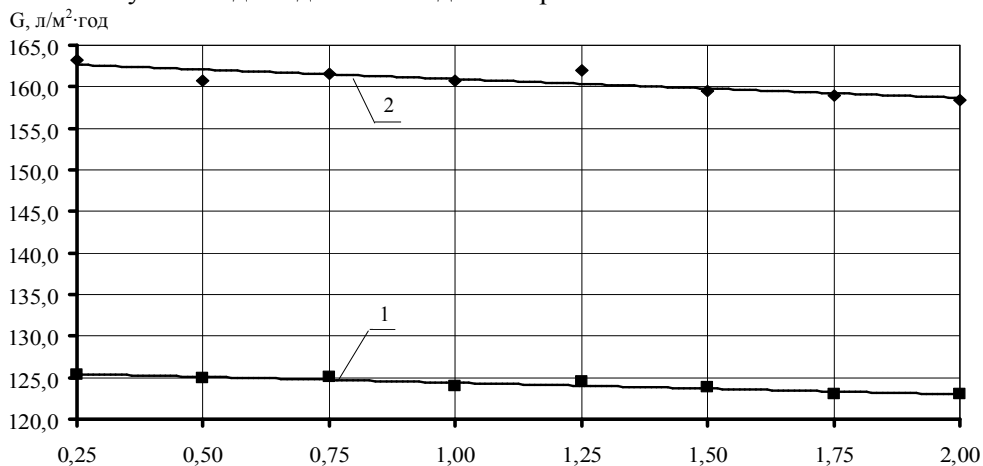


Рис. 1. Залежність проникності ультрафільтраційних мембран від тривалості процесу ультрафільтрації:
1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

Як видно з графіка, проникність ультрафільтраційних мембран типу ПАН з часом майже не змінюється. Це пояснюється тим, що усадка мембран є незначною. Уповільнене безперервне зниження проникності мембран типу ПАН внаслідок усадки (чи холодотекучості) під тиском відбувається впродовж

тривалого періоду їх експлуатації.

Під час іншого дослідження визначено залежності проникності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від тиску. Відомо, що ультрафільтраційні полімерні мембрани здатні ущільнюватись. Для них характерна наявність максимально припустимих та критичних величин тисків фільтрації, у разі перевищення яких відбуваються незворотні зміни у структурі селективного шару – його ущільнення, що призводить до значного зменшення проникності. Тому вивчення залежності проникності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від тиску фільтрації (рідина, що фільтрується – дистильована вода) є задачею вельми необхідною. Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 2.

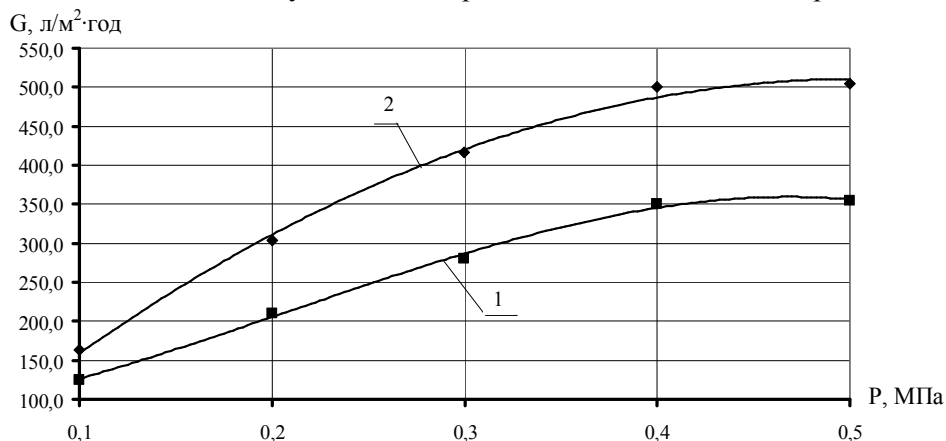


Рис. 2. Залежність проникності ультрафільтраційних мембран від тиску фільтрації: 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

Збільшення тиску в напірному каналі мембранного модуля призводить до збільшення проникності напівпроникних мембран. З графіка видно, що граничним значенням тиску для мембран ПАН-50 і ПАН-100 є 0,3...0,4 МПа. У випадку подальшого збільшення тиску значного зростання проникності мембран не відбувається. Крім того під тиском 0,6 МПа відбувається механічна руйнація всієї структури мембрани: її селективного шару і пористої підкладки.

Не менш важливим параметром процесу ультрафільтраційного оброблення 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 густини просторової сітки. Ці процеси зазвичай відбуваються паралельно, але характер хімічних перетворень визначає той 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 процесу ультрафільтрації дозволяє забезпечити температурні режими, які негативно не впливають на структуру напівпроникних мембран, отже, на їх продуктивність.

Результати дослідження впливу температури на проникність ультрафільтраційних мембран наведені на рис. 3.

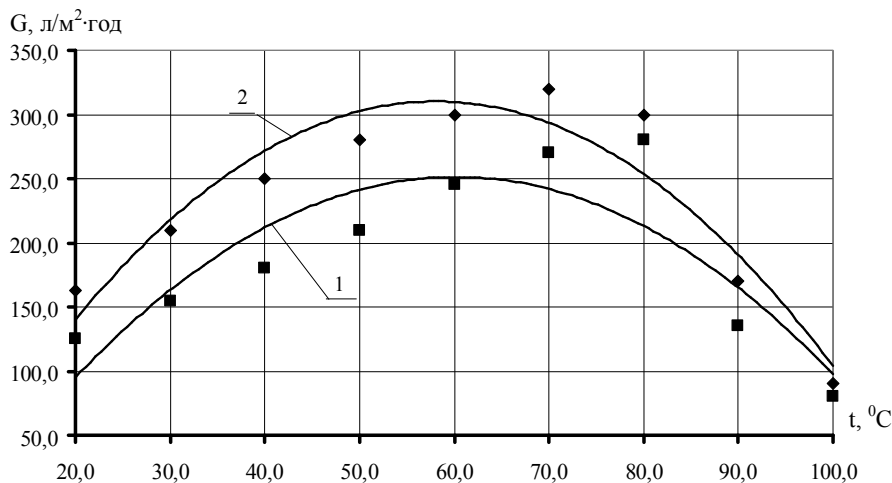


Рис. 3. Залежність проникності ультрафільтраційних мембран від температури фільтрації: 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

З графіків видно, що підвищення температури спричинює 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, що зворотно пропорційна в'язкості рідини, яку фільтрують. Підвищення температури призводить до зниження в'язкості рідини, отже, 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.

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. Однак для кожного типу таких мембран є свої граничні показники рН, за яких відбувається хімічна деструкція геометричної форми їх селективного шару (рис. 4).

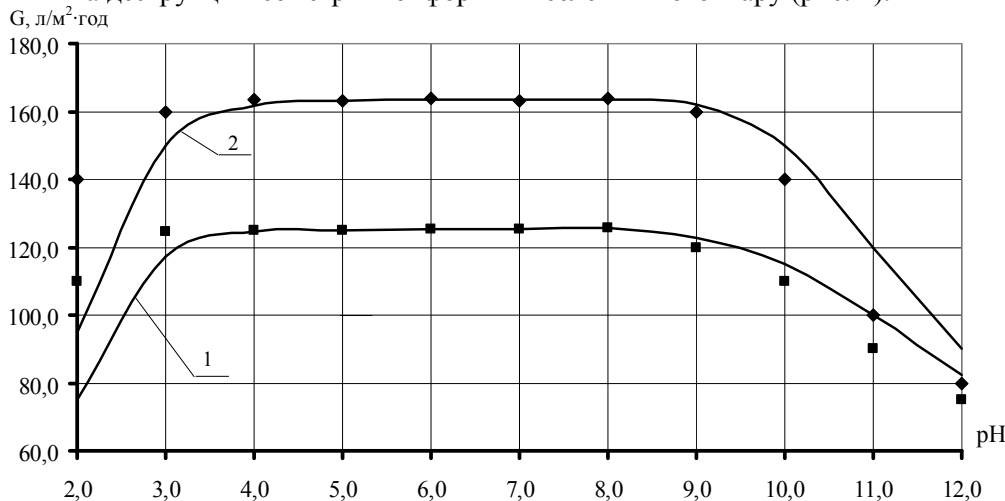


Рис. 4. Залежність проникності ультрафільтраційних мембран від рН рідини, що фільтрується:
1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100

З графіків видно, що хімічна деструкція мембран типу ПАН відбувається за $\text{pH} \leq 3$ і $\text{pH} \geq 9$. Таким чином, можна зробити висновок, що для регенерації мембран типу ПАН необхідно використовувати помірно лужні і помірно кислі рідини.

Висновки

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

Т а б л и ц я

Фізико-хімічні характеристики ультрафільтраційних мембран типу ПАН

Тип мембрани	Проникність, л/м ² ·год	Рекомендовані умови експлуатації		
		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

Примітка. t = 20 °С; P = 0,1 МПа.

Список використаних джерел

1. Брик М. Т. Питна вода і мембранні технології : огляд / 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 / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухіна. – Х. : // Факт. – 2008. – 208 с.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2011 р.