

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ



**МЕМБРАННІ ПРОЦЕСИ  
ТА ОБЛАДНАННЯ  
В ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**

*Всеукраїнська  
науково-практична конференція  
молодих вчених і студентів*

*27 — 28 листопада 2012 р.*

**Київ НУХТ 2012**

**Мембранні** процеси та обладнання в інноваційних технологіях харчових виробництв: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчен. і студ., 27 — 28 листопада 2012 р. — К.: НУХТ, 2012. — 47 с.

Розглянуто проблеми застосування мембранних технологій у переробній і харчовій промисловості: теоретичні засади застосування мембранних технологій у харчовій промисловості; розроблення і застосування полімерних і керамічних мембран у харчовій промисловості; сучасне обладнання для реалізації мембранних процесів; застосування мембранних технологій у підготовці питної води та очищенні промислових стічних вод.

Розраховано на науковців, дослідників та інженерно-технічних працівників, які займаються означеними проблемами в переробній і харчовій промисловості.

**Редакційна колегія:** С.В. Іванов, Т.Л. Мостенська, В.Г. МIRONЧУК, В.М. Таран, В.Б. Захарович, Н.В. Акутіна, Ю.Г. Змієвський, А.В. Тимчук, Д.Д. Кучерук, Г.В. Дейниченко, Г.Л. Рябцев, Г.Г. Каграманов, О.В. Грек, А.Ф. Бурбан, Л. Левіч, С.І. Лазарєв, Н.Д. Писменська, В.М. Логвин, В.В. Угрозов.

***Матеріали конференції видано в авторській редакції***

Рекомендовано вченою радою НУХТ  
Протокол № 3 від 25 жовтня 2012 р

***Організаційний комітет***

**Голова комітету** — Іванов С.В., д-р хім. наук, проф., ректор Національного університету харчових технологій;

**Заступник голови** — Мостенська Т.Л., д-р екон. наук, проф., проректор НУХТ;

**Заступник голови** — МIRONЧУК В.Г., д-р техн. наук, проф., зав. кафедри ТОКТП НУХТ;

Таран В.М. — д-р техн. наук, проф., зав. кафедри МАХФВ НУХТ;

Захаревич В.Б. — канд. техн. наук, зав. ПНДЛ НУХТ;

Акутіна Н.В. — пров. інж. відділу Інтелектуальної власності НУХТ;

**Відповідальні секретарі:**

Змієвський Ю.Г., канд. техн. наук, доцент кафедри ТОКТП НУХТ,

Тимчук А.В. асист. кафедри ТММП НУХТ.

***Міжнародний науковий оргкомітет:***

**Іванов С.В.** — д-р хім. наук, проф., ректор (Київ, Україна);

**Бурбан А.Ф.** — д-р техн. наук, проф. (Київ, Україна);

**Дейниченко Г.В.** — д-р техн. наук, проф. (Харків, Україна);

**Кучерук Д.Д.** — д-р хім. наук, с.н.с. (Київ, Україна);

**Левіч Любінко** — доктор, проф. (Нові Сад, Сербія)

**Лазарєв С.І.** — д-р техн. наук, проф. (Тамбов, Росія);

**МIRONЧУК В.Г.** — д-р техн. наук, проф. (Київ, Україна);

**Рябцев Г.Л.** — канд. техн. наук, доц. (Київ, Україна);

**Таран В.М.** — д-р техн. наук, проф. (Київ, Україна);

**Писменська Н.Д.** — д-р хім. наук, проф. (Краснодар, Росія);

**Угрозов В.В.** — д.ф.-м.н., проф. (Москва, Росія).

## ЗМІСТ

1. <i>В.Г. Мирончук, Ю.Г. Змієвський, О.В. Грек, Д.Д.Кучерук</i> Мембранні процеси в природі і техніці .....	6
2. <i>О.А. Абоносимов, А.М. Акулиничев, Ю.Г. Змиевский</i> К вопросу конструирования электробаромембранных аппаратов рулонного типа .....	8
3. <i>М.М. Балакіна, Ю.С. Білик, Д.Д. Кучерук</i> Очищення природних вод від фосфатів .....	9
4. <i>В.Л. Головашин, Ю.А. Ворожейкин, Ю.Г. Змиевский</i> Электроосмотическая проницаемость ультрафильтрационной мембраны УАМ-150 .....	10
5. <i>Н.В. Голованева, В.В. Тютюгина, Е.Н. Фарносова, Г. Г. Каграманов</i> Нанофильтрационная очистка воды от солей жесткости .....	11
6. <i>Т.Е. Гончарова</i> Очищення сульфатовмісних вод зворотним осмосом низького тиску .....	12
7. <i>О.В. Грек, Ю.Г. Змієвський, О.О. Красуля</i> Застосування білкового концентрату в технології сироваткових напоїв .....	13
8. <i>І.О. Грушевська, В.Г. Мирончук</i> Дослідження залежності питомої продуктивності від температури процесу концентрування розчинів лактози нанофільтрацією .....	14
9. <i>І.А. Гудзовська, Ю.Г. Змієвський</i> Модульні мембранні біореактори для очищення стічних вод .....	15
10. <i>В.В. Гузенко</i> Дослідження діафільтраційної очистки пектинових концентратів .....	16
11. <i>К.С. Гузикевич, В.В. Коновалова, А.Ф. Бурбан</i> Біокаталітичні мембрани для гідролізу рослинних олій у двофазному мембранному реакторі діалізного типу .....	17
12. <i>Г.В. Дейниченко, І.В. Золотухіна, В.І. Федак</i> Обґрунтування доцільності використання УФ-концентратів нежирної молочної сировини у десертній продукції .....	18
13. <i>Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк</i> Визначення раціональних параметрів експлуатації ядерних мікрофільтраційних мембран .....	19
14. <i>Г.В. Дейниченко, З.А. Мазняк, О.В. Гафуров</i> Исследование начальной производительности ультрафильтрационных мембран .....	20

15. Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко, О.В. Лихо баба Визначення раціональних параметрів УФ концентрування пектинових екстрактів .....	21
16. Г.В. Дейниченко, Т.І. Юдіна, О.В. Старостеле Дослідження піноутворюючих характеристик ультрафільтраційного концентрату зі сколотин .....	22
17. І.В. Житнецький, О.В. Журавков, О.І. Кравчук Застосування мембранних технологій в ефіроолійній промисловості .....	23
18. О. Закалов, В. Федів Особливості очищення води мембранним методом .....	24
19. Н.М. Зварич, В.Я. Федів Дослідження процесу зворотно-осмотичного пом'якшення вод Тернопілля .....	25
20. Ю.Г. Змієвський, І.О. Грушевська, Р.В. Усач, В.Г. Мирончик Визначення степені забруднення нанофільтраційних мембран в процесі розділення молочної сироватки .....	26
21. Ю.Г. Змієвський, І.О. Грушевська, В.Г. Мирончук Концентрування молочної сироватки мембранними методами .....	27
22. Ю.Г. Змієвський, С.В. Кукоба, Г.Л. Рябцев Мембранна дистиляція як спосіб очищення стічних вод .....	28
23. Ю.Г. Змієвський, С.В. Кукоба, Г.Л. Рябцев Концентрування розчину хлориду амонію на мембранах МФФК і ПВХ .....	29
24. Ю.Г. Змієвський, С.В. Кукоба, Г.Л. Рябцев Вплив параметрів мембранної ячейки на продуктивність контактної мембранної дистиляції .....	30
25. Ю.Г. Змієвський, С.В. Кукоба, Г.Л. Рябцев Концентрування водного розчину хлориду амонію контактною мембранною дистиляцією .....	31
26. Ю.Г. Змієвський, В.Г. Мирончук, Е.О. Торколат, В.П. Данілевич, Д.Д. Кучерук Дослідження процесу мембранної дистиляції при концентруванні мінеральних речовин .....	32
27. Ю.Г. Змієвський, О.В. Оліферчук, В.Г. Мирончук, Д.Д. Кучерук Дослідження процесу регенерації іонообмінних мембран після електродіалізу молочної сироватки .....	33
28. І.В. Золотухіна Використання ультрафільтраційного концентрату сколотин в технологіях молочної продукції .....	33
29. В.П. Каленський, П.Г. Черниш Осмос в рослинництві .....	34
30. С.В. Ковалев, Ю.Г. Змієвський Разработка конструкции баромембранного аппарата рулонного типа .....	35
31. Л.В. Корнієнко, В.Г. Мирончук Процес мембранної дистиляції як складова комплексної утилізації післяспиртової зернової барди .....	36
32. О.І.Кравець, М.М.Шинкарик Підготовка молочної сироватки до мембранних методів обробки .....	37
33. Н.Л. Крушельницька, А.В. Мінорова Амінокислотний склад концентрату сироваткових білків із казеїнової сироватки .....	38

34. <i>Д.Д. Кучерук, Т.Ю. Дульнева В.І. Редькович</i> Очищення води від іонів $\text{Ca}^{2+}$ нанофільтраційними керамічними мембранами .....	39
35. <i>В.М. Логвін, О.В. Адаменко</i> Мембранна та адсорбційна теорії будови клітини. Роль та функції білків у клітині .....	40
36. <i>В.О. Осипенко</i> Видалення та глибоке концентрування нітратів з розчинів методом електродіалізу .....	41
37. <i>О.В. Старостеле</i> Дослідження показників термостійкості ультрафільтраційного концентрату зі сколотин .....	42
38. <i>В.В. Угрозов, А.Н. Филиппов</i> О механизме асимметрии диффузионного переноса через модифицированную мембрану .....	43
39. <i>Е.Н. Фарносова, Г.Г. Каграманов</i> Исследование свойств нанофильтрационных и обратноосмотических мембран и разработка технологии очистки сточных вод .....	45
40. <i>М.А. Черняева, Н.А. Кононенко</i> Оценка селективности ионообменных мембран из их структурных характеристик .....	46
41. <i>Т.І. Юдіна, О.В. Старостеле</i> Дослідження хімічного складу ультрафільтраційного концентрату зі сколотин .....	47

## **1. МЕМБРАННІ ПРОЦЕСИ В ПРИРОДІ І ТЕХНІЦІ**

**В.Г. Мирончук,  
Ю.Г. Змієвський,  
О.В. Грек**

*Національний університет харчових технологій*

**Д.Д. Кучерук**

*Інститут колоїдної хімії і хімії води*

*ім. А.В.Думанського НАН України*

Явище осмосу присутнє в природному середовищі флори, фауни і відіграє одну із вирішальних ролей їх існування. Живі клітини рослин, тварин, людського організму являють собою мікроскопічну осмотичну систему завдяки тому, що оболонка клітини та прилегла до неї плазмолема мають властивості напівпроникних мембран.

Живлення рослини відбувається завдяки тому, що осмотичний тиск розчину у ґрунті має менші значення ніж осмотичний тиск клітинного соку рослини.

В організмі людини нараховується приблизно 100 трильйонів клітин різної будови і призначення, які формують цілий ряд специфічних тканин, органів і систем. Загальна площа всіх біологічних мембран в організмі людини досягає декількох десятків тисяч квадратних метрів. Нормальне функціонування біологічних мембран клітин є найважливішою умовою існування клітини людини, а, отже, і життя.

Клітини організму тварин, людей мають сталі значення осмотичного тиску. Під час хвороб людини спостерігаються локальні зміни осмотичного тиску. Наприклад, спрага обумовлена потребою людського організму відновити нормальний осмотичний тиск.

Мембранні процеси знаходять все більше застосування в техніці. В харчовій промисловості мембранні процеси використовують для очищення рідких харчових продуктів, очищення стічної води, концентрування розчинів, підготовки питної води, холодної стерилізації, тощо.

На відміну від осмотичних явищ в біологічних системах, які відбуваються в природних умовах, осмотичні процеси в техніці, як правило, спонукаються штучно створеними умовами, для здійснення яких існують різноманітні конструкції

мембранних установок. В залежності від кінцевої мети застосування осмотичного процесу, створюються відповідні мембранні апарати.

На кафедрі технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування Національного університету харчових технологій наукові дослідження промислового застосування мембранних технологій розпочалися у 80-ті роки минулого століття проф. Гуцалюком В.М. Сьогодні такі роботи ведуться в напрямку застосування мембранних методів для комплексної переробки молочної сироватки, концентрування спиртової барди та отримання чистої води із виробничих стоків підприємств харчової промисловості, створення ефективних мембранних апаратів.

За останні роки нами виконано ряд наукових досліджень по вивченню закономірностей процесів зворотного осмосу, нанофільтрації, ультрафільтрації, електродіалізу та мембранної дистиляції при комплексній переробці молочної сировини мембранними методами.

До результатів виконаних нами науково-дослідних робіт слід віднести нові методи отримання лактози, машинно-апаратні схеми комплексної переробки молочної сироватки, нову конструкцію електродіалізатора, новий спосіб регенерації іонообмінних мембран.

Запропонований нами електродіалізатор унеможливорює утворення важкорозчинних відкладень (солей) на поверхні мембран. Відпадає потреба регенерації мембрани, зменшуються питомі енерговитрати на процес, та суттєво подовжується термін експлуатації мембран електродіалізатора. Такого позитивного ефекту досягається шляхом встановлення між двома ділюватними камерами, через які циркулює робочий розчин, наприклад, молочна сироватка, — розміщені дві непроточні розсольні камери і одна ділюватна проточна, через яку циркулює розчин. В нашому випадку цим розчином є хлорид натрію  $\text{NaCl}$ . Завдяки цьому в розсольних непроточних камерах утворюються легкорозчинні сполуки, наприклад сульфат натрію  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , хлорид кальцію  $\text{CaCl}_2$ .

На основі результатів виконаних досліджень, нами розроблено три машинно-апаратні схеми комплексної маловідходної переробки молочної сироватки, які дозволили вилучити концентрат сироватковий білковий для використання в якості білкового збагачувача у виробництві молочних та інших продуктів, наприклад, замороженої основи для напівфабрикатів із сиру кисломолочного; напоїв сироваткових: білкових зі смаком лимону та структурованих білкових.

Проведені нами дослідження дозволили удосконалити існуючі технології отримання якісної питної води для лікеро-горілчаних, пиво-безалкогольних та збагачених корисними мікроелементами харчових напоїв, а також переробки післяспиртової барди.

**Висновок.** Мембранні процеси мають перспективу широкого застосування в техніці, особливо, в харчовій і переробній промисловості:

- для отримання нативних компонентів, корисних для раціону харчування людини;
- для отримання питної води та води заданої якості для потреб харчових, фармацевтичних та мікробіологічних виробництв;
- для безвідходних технологій переробки рідких харчових продуктів;
- для очищення промислових стоків підприємств харчової промисловості.

## 2. К ВОПРОСУ КОНСТРУИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОБАРОМЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ РУЛОННОГО ТИПА

**О.А. Абоносимов,**

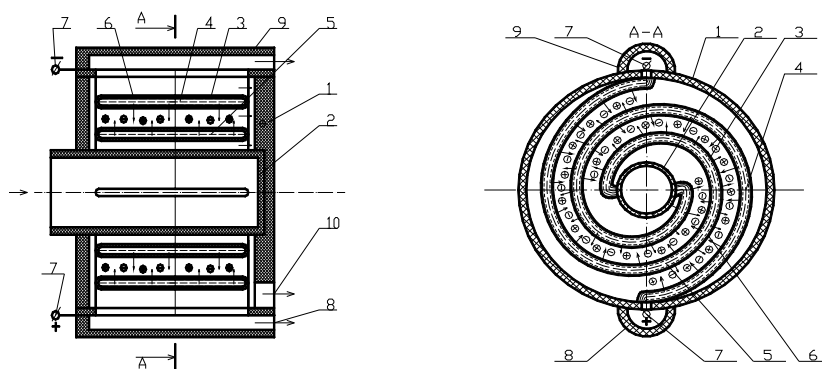
**А.М. Акулиничев**

*ГОУ ВПО Тамбовский государственный  
технический университет*

**Ю. Г. Змиевский**

*Национальный университет пищевых технологий*

В работе рассмотрено конструирование электробаромембранных аппаратов рулонного типа с возможностью дифференцированного отвода прикатодного и прианодного ретентата. На рисунке 1 представлена конструкция электробаромембранного аппарата рулонного типа.



**Рис. 1. Электробаромембранный аппарат рулонного типа**

1 — цилиндрический корпус, 2 — перфорированная трубка, 3 — обратно-осмотическая мембрана, 4 — электрод-турбулизатор анод, 5 — электрод-турбулизатор катод, 6 — подложка мембраны, 7 — устройство подвода электрического тока, 8 — коллектор отвода прианодного ретентата, 9 — коллектор отвода прикатодного ретентата, 10 — коллектор отвода пермеата.

Электробаромембранный аппарат работает следующим образом.

Исходный раствор под давлением поступает в межмембранное пространство — камеры разделения, в которой находится электрод-турбулизатор, с помощью которого подводится электрический ток и обеспечивается необходимая турбулизация раствора. В камере разделения растворенное вещество диссоциирует на ионы, и под действием электрического тока анионы стремятся к аноду через мембрану, а катионы — через мембрану к катоду. Пермеат протекает через мембраны и выдавливает анионы, катионы из электробаромембранного элемента в коллектор отвода пермеата. Прикатодный и прианодный ретентаты отдельно отводятся из электробаромембранного элемента в коллекторы отвода вместе с газом, образующимся в результате электролиза на электродах.



### 3. ОЧИЩЕННЯ ПРИРОДНИХ ВОД ВІД ФОСФАТІВ

М.М. Балакіна,

Ю.С. Білик,

Д.Д. Кучерук

*Інститут колоїдної хімії та хімії води*

*ім. А.В. Думанського НАН України*

Фосфор — біологічно необхідний мікроелемент. Проте недавні дослідження показали, що надлишок сполук фосфору в організмі людини має високу гігієнічну небезпеку. Враховуючи це, світове співтовариство встановило дуже жорсткі вимоги до вмісту фосфатів у питній воді. Так, наприклад, норматив на вміст фосфатів у питній воді за ДержСанПіН України становить  $\leq 3,5$  мг/дм<sup>3</sup>.

У представлений роботі наведені результати порівняльних досліджень дефосфатування води зворотним осмосом низького тиску із застосуванням трьох композитних мембран із поліамідним селективним шаром: ESPA-1 (Hydранautics), TFC-75 (GE Osmonics Desal) і RE-1812-80 (SAEHAN).

Дані таблиці 1 показують, що найкраща затримувальна здатність відносно іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  притаманна мембрані ESPA-1; для неї характерна також значно вища питома продуктивність. З таблиці 2 випливає, що мембрана ESPA-1 дозволяє знижувати вміст іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  до регламентуємої норми до 90%-ного відбору пермеату.

**Таблиця 1. Залежність затримуючої здатності мембран за іонами  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $\text{RPO}_4^{3-}$ ) і питомої продуктивності ( $J_W$ ) від робочого тиску ( $\Delta P$ )**

$\Delta P$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
мембрана ESPA-1					
$\text{RPO}_4^{3-}$ , %	99,6	99,5	99,3	99,1	99,0
$J_W$ , м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·год)	0,0224	0,0442	0,0615	0,0709	0,0883
мембрана TFC-75					
$\text{RPO}_4^{3-}$ , %	90,77	97,1	97,7	97,8	97,8
$J_W$ , м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·год)	0,0026	0,077	0,0120	0,0182	0,0227
мембрана RE-1812-80					
$\text{RPO}_4^{3-}$ , %	78,4	85,6	85,9	86,0	86,0
$J_W$ , м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·год)	0,0049	0,0292	0,0295	0,0310	0,0287

**Таблиця 2. Залежність залишкового вмісту іонів  $\text{PO}_4^{3-}$  від їх вмісту в вихідній воді та від відбору пермеату**

Відбір пермеату (%) при вихідному вмісті іонів $\text{PO}_4^{3-}$ (мг/дм <sup>3</sup> )	20	30	40	50	60	70	80	90
19,2	0,81	0,76	0,71	0,69	0,67	0,71	0,77	0,84
31,4	0,47	0,51	0,55	0,58	0,59	0,67	0,79	0,89
60,0	0,36	0,37	0,37	0,39	0,42	0,46	0,50	0,52
125,7	0,49	0,56	0,62	0,68	0,72	0,95	1,35	1,65

#### 4. ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЙ МЕМБРАНЫ УАМ-150

В.Л. Головашин,  
Ю.А. Ворожейкин,  
Ю.Г. Змиевский  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия

При электробаромембранном разделении наряду с конвективным и диффузионным переносом растворителя через полупроницаемую мембрану существенный вклад в массоперенос может оказывать электроосмотическая составляющая. Данные по электроосмотическому переносу необходимы при расчете и проектировании электроультрафильтрационных аппаратов и установок, а так же для выбора оптимальных технологических режимов работы оборудования. В данной работе исследована электроосмотическая проницаемость водного раствора крахмально-паточных производств через ультрафильтрационную мембрану УАМ-150. Экспериментальные исследования проводились на экспериментальной установке плоскокамерного типа, с перемешивающими устройствами, камеры которой были оснащены измерительными капиллярами. Время эксперимента определялось пределом определения перенесенного растворителя в капиллярах ячейки.

По количеству перенесенного растворителя рассчитывался коэффициент электроосмотической проницаемости по формуле (1):

$$P_{\text{эо}} = \frac{V}{F_{\text{м}} \cdot i \cdot \tau} \quad (1)$$

где  $P_{\text{эо}}$  — коэффициент электроосмотической проницаемости мембраны;  $V$  — объем воды, прошедшей через мембрану,  $\text{м}^3$ ;  $F_{\text{м}}$  — рабочая площадь мембраны,  $\text{м}^2$ ;  $i$  — плотность тока,  $\text{А/м}^2$ ;

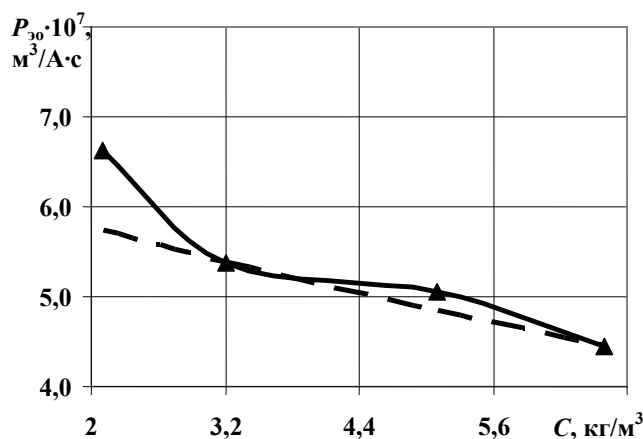
На рис. 1 показаны экспериментальные и расчетные зависимости коэффициента электроосмотической проницаемости мембраны УАМ-150 от концентраций водного раствора крахмально-паточных производств. В результате статистической обработки экспериментальных данных был определен коэффициент корреляции коэффициента электроосмотической проницаемости от концентрации раствора и плотности тока. Полученные значения коэффициентов корреляции свидетельствуют о значительной обратной зависимости коэффициента электроосмотической проницаемости от концентрации исходного раствора ( $-0,7 \div -0,9$ ) и отсутствия зависимости от плотности тока ( $0,02$ ).

Для математического описания коэффициента электроосмотической проницаемости мембран от концентрации и температуры раствора, на основании литературных рекомендаций нами предложена формула (2):

$$P_{\text{эо}} = B \cdot \exp(n \cdot C) \cdot \exp\left(\frac{A}{T}\right) \quad (2)$$

где  $C$  — концентрация исходного раствора,  $\text{кг/м}^3$ ;  $B = 6,74$ ,  $n = -0,056$ ,  $A = -12,972$  эмпирические коэффициенты;  $i$  — плотность тока,  $\text{А/м}^2$ ;  $T$  — абсолют-

ная температура раствора, К. Эмпирические коэффициенты формулы 2 были получены статистической обработкой экспериментальных данных, в результате решения системы нелинейных уравнений методом простых итерации, с использованием для улучшения сходимости решения поправки Эйткена. Расхождения результатов эксперимента и посчитанных по формуле (2) значений составляют не более 10%.



**Рис. 1** Зависимость электроосмотической проницаемости мембраны УАМ-150 от концентрации и плотности тока для раствора крахмально-паточных производств; температура — 313К; плотность тока  $I = 2,73 \text{ А/м}^2$ , сплошная линия — эксперимент, штриховая расчёт по формуле (2).

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013гг.

## 5. НАНОФИЛЬТРАЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ СОЛЕЙ ЖЁСТКОСТИ

**Н.В. Голованева,**

**В.В. Тютюгина,**

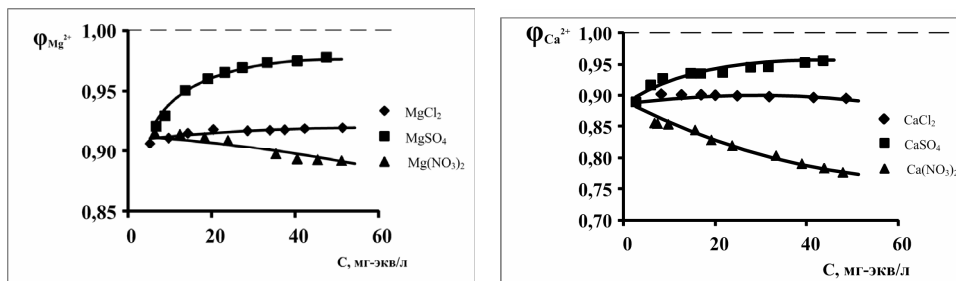
**Е.Н. Фарносова,**

**Г.Г. Каграманов**

*ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва*

Высокие требования к качеству питьевой воды обусловлены ее особой ролью одного из основных элементов жизнеобеспечения. Одним из показателей качества воды, регламентируемых нормативными документами, при использовании для хозяйственно-питьевых или технических нужд, является показатель общей жесткости воды. Присутствие в воде значительного количества солей кальция и магния делает воду непригодной для многих как технических, так и хозяйственно-бытовых целей; кроме того, известковые отложения выводят из строя оборудование. Поэтому задача по удалению из воды солей жесткости весьма актуальна.

По нашему мнению, нанофильтрация (НФ) является перспективным способом умягчения природных вод с целью получения воды питьевого качества. Изучено влияние основных технологических параметров на селективность и удельную производительность НФ мембран: температура, величины рН, природы соли и её концентрации. Отмечено, что едва ли не самая главная особенность НФ мембран — возможность эксплуатации на водах с высоким значением жесткости — 15 мг-экв/л и выше при сохранении высокой эффективности очистки от солей жесткости (рис.1).



**Рис.1.** Влияние природы соли и её концентрации на селективность НФ мембраны. Рабочее давление 3,6 бар; температура 20 °С.

Это позволит, сохраняя щадящий режим периодичности химических промывок мембранных элементов, значительно сократить капитальные и эксплуатационные затраты на стадию предварительной подготовки воды.

## 6. ОЧИЩЕННЯ СУЛЬФАТОВМІСНИХ ВОД ЗВОРОТНИМ ОСМОСОМ НИЗЬКОГО ТИСКУ

**Т.Е. Гончарова**

*Інститут колоїдної хімії та хімії води*

*ім. А.В. Думанського НАН України*

Значні кількості сульфатів надходять у водойми в процесі відмирання організмів, окислення наземних і водних речовин рослинного і тваринного походження, а також з підземним стоком. У великих кількостях сульфати містяться в шахтних водах, у промислових стоках виробництв, а також виносяться зі стічними водами комунального господарства та сільськогосподарського виробництва.

Надлишок сульфатів в організмі людини гальмує дію шлункової секреції, викликає захворювання серцево-судинної системи, жовчно-та сечокам'яної хвороби, а нестача — викликає рак шлунку. В Україні ДСанПіН 2.2.4-171-10 встановив норму вмісту сульфатів у питній воді на рівні 500 мг/дм<sup>3</sup>.

У даній роботі представлені експериментальні результати (табл.1 і 2) очистки сульфатовмісних вод зворотним осмосом низького тиску (2,0 МПа), використовуючи зворотноосмотичну мембрану ESPA-1 виробництва фірми Hydranautics, США.

**Таблиця 1. Вміст сульфат-іонів у пермеаті в залежності від їх концентрації у вихідних водах.**

Вміст сульфатів у вихідних водах, мг/дм <sup>3</sup>	498	1728	2880	3840	4608
Вміст сульфатів у пермеаті, мг/дм <sup>3</sup>	4,8	62,4	96,0	124,8	153,6
Коефіцієнт затримування сульфат-іонів, %	99,1	97,3	96,7	96,8	96,7
Питома продуктивність мембрани, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·год)	0,056	0,05	0,046	0,043	0,038

**Таблиця 2. Вміст сульфат-іонів у пермеаті в залежності від відбору пермеату (вихідний розчин містить 4000 мг/дм<sup>3</sup> сульфат-іонів)**

Відбір пермеату, %	30	50	60	70	80
Вміст сульфатів у пермеаті, мг/дм <sup>3</sup>	115,2	163,2	163,2	216,0	273,6
Коефіцієнт затримування сульфат-іонів, %	97,0	95,8	95,8	94,4	92,8
Питома продуктивність мембрани, м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·год)	0,037	0,037	0,036	0,032	0,03

Як показують дані табл. 1 і 2, при використанні зворотньоосмотичної мембрани ESPA-1 у вивченому діапазоні концентрацій і при високих значеннях відбору пермеату, отримуємо воду, якість якої відповідає вимогам, які встановлені ДСанПіН 2.2.4-171-10.

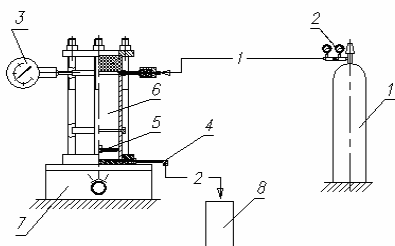
## 7. ЗАСТОСУВАННЯ БІЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТУ В ТЕХНОЛОГІЇ СИРОВАТКОВИХ НАПОЇВ

**О.В. Грек,  
Ю.Г. Змієвський,  
О.О. Красуля**

*Національний університет харчових технологій*

Проблема повного використання молочної сироватки не вирішена практично в жодній країні. За прогнозом спеціалістів, ресурси цієї побічної сировини і надалі будуть збільшуватись. Можна виділити такі основні напрямки переробки молочної сироватки: застосування без обробки, біотехнологічна переробка, у вигляді концентратів, виділення і використання окремих компонентів. Останнє направлення є найбільш перспективним та потребує інноваційних рішень. Існують технології, що передбачають додавання концентрату нативних сироваткових білків, як «збагачувача» в різноманітні молочні напої, кисломолочні продукти, дитяче та дієтичне харчування, кондитерські та хлібопекарські вироби та ін. Включення до рецептур класичних продуктів білкової складової молочної сироватки обробленої з використанням мембранних технологій потребує наукового обґрунтування та експериментальних досліджень. В роботі було використано сироватковий білковий концентрат отриманий на лабораторній установці непроточного типу (рис. 1) з ультрафільтраційною мембраною середньопористою марки УПМ-50 з діаметром пор 15–50 нм. Робочий тиск процесу становив 0,5 МПа, температура (50–55) °С. Масова частка сухих речовин вхідної молочної сироватки (%): 6,4...6,8, з яких лактози 4,2...4,5, білків 0,15...0,25, мінеральних речовин 0,52...0,58. Отримана високомолекулярна фракція (концентрат) має наступні по-

казники: вміст сухих речовин ( $16 \pm 2$ ) %, масова частка загального білка 10 %, титрована кислотність 110 °Т.



**Рис.1. Лабораторна мембранна установка непроточного типу:**

1 — балон високого тиску; 2 — редуктор; 3 — манометр; 4 — патрубок для відводу фільтрату; 5 — мішалка; 6 — мембранна комірка; 7 — магнітна мішалка; 8 — місткість для збору фільтрату; —1— інертний газ; —2— фільтрат.

Пропонується використовувати концентрат не тільки в якості збагачувача для безпосереднього внесення в молочну сироватку, а й для підготовки рослинних інгредієнтів, що забезпечують підвищення в'язкості напоїв.

Передбачається змішування концентрату, який складається з фракцій сироваткових білків: лактоальбумінової ( $\beta$ -лактоглобулін і  $\alpha$ -лактоальбумін), альбумінової, імуноглобулінової, протеозопептонної з яблучним пектином в клітковині в співвідношенні 3,5:1, витримування при температурі ( $42 \pm 2$ ) °С протягом 5–10 хв для набухання рослинних складових. Далі проводять змішування з попередньо обробленою молочною сироваткою (очищеною від казеїнового пилу і жиру) в кількості передбаченій рецептурою і направляють на пастеризацію за температури ( $76 \pm 2$ ) °С з витримкою 20 с та охолоджують до ( $6 \pm 2$ ) °С. Дані температурні режими забезпечують нормовані мікробіологічні показники сироваткових напоїв.

Отриманий сироватковий напій характеризується в'язкою, однорідною консистенцією з присмаком молочної сироватки та має підвищену біологічну цінність за рахунок внесення сироваткового білкового концентрату та рослинної складової.

Отримані результати використані при розробці проекту нормативної документації ТУ У 15.5-02070938111:2011 «Напої сироваткові». Перевірку технології сироваткових напоїв у виробничих умовах проведено на ПАТ «Канівський маслосирзавод».

## **8. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПІТОМОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ РОЗЧИНІВ ЛАКТОЗИ НАНОФІЛЬТРАЦІЄЮ**

**І.О. Грушевська,  
В.Г. Мирончук**

*Національний університет харчових технологій*

Питома продуктивність нанофільтраційних мембран є однією з найважливіших їх характеристик. Вона залежить від багатьох факторів: складу рідини, тиску, рН середовища, температури і т.п.

Метою роботи було вивчення залежності питомої продуктивності від температури процесу концентрування розчинів лактози нанофільтрацією. Для визначення цієї залежності використовували нанофільтраційну мембрану ОПМН-П (НТВ «Владіпор» (Росія)). Згідно технічних умов рулонні нанофільтраційні елементи з мембраною ОПМН — П експлуатуються при тиску від 1,6 МПа до 3,0 МПа і температурі від 20°C до 45°C. Досліди проводили на модельних розчинах лактози. Модельні розчини готувались з однаковим вмістом лактози (5 % концентрації) перед проведенням кожного експерименту. Визначення залежності питомої продуктивності ( $G$ ,  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$ ) від температури ( $t$ , °C) здійснювали при температурах 17, 20, 30, 40 та 45°C. Отримані результати показали, що при підвищенні температури від 17°C до 30°C початкові значення питомої продуктивності майже не змінюються та знаходяться в межах від 90  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  до 83  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  ( $P = 3,0$  МПа) і від 47  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  до 45  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  ( $P = 1,6$  МПа). При подальшому підвищенні температури від 30°C до 45°C початкові значення питомої продуктивності знижуються від 83  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  до 50  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  ( $P = 3,0$  МПа) і від 47  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  до 39  $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{год}$  ( $P = 1,6$  МПа). Визначення залежності коефіцієнту концентрування ( $\phi$ ) від температури ( $t$ , °C) показало, що він знижується відповідно від 5 до 3,5 ( $P=3,0$  МПа) і від 3,5 до 2,5 ( $P = 1,6$  МПа) при підвищенні температури від 17°C до 45°C.

Таким чином, концентрування розчинів лактози нанофільтрацією при тисках від 1,6 МПа до 3,0 МПа необхідно проводити при температурах від 17°C до 30°C.

## **9. МОДУЛЬНІ МЕМБРАННІ БІОРЕАКТОРИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД**

**І.А. Гудзовська**

*ДП «Альфа Лаваль Україна»*

**Ю.Г. Змієвський**

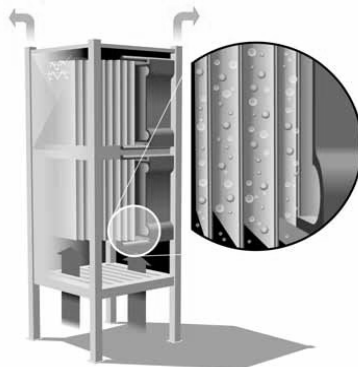
*Національний університет харчових технологій*

Фільтруючі мембрани, що використовуються в мембранних біореакторах (МБР), є лише одним з елементів установки, однак, вони вкрай важливі для отримання необхідних результатів. Забезпечення високоефективними мембранами стабільно високої якості має вирішальне значення для комерційного успіху рішень на базі технології мембранної фільтрації. На сьогодні в МБР, призначених для водоочисних споруд, використовуються два основні типи модулів — на базі половолоконних та плоских мембран, переваги і недоліки яких добре відомі. Новаторське рішення компанії Альфа Лаваль в області мембранної фільтрації об'єднує все найкраще, що є в цих технологіях.

Модуль (рис.1) мембранної фільтрації компанії Альфа Лаваль складається із стандартних плоско-рамних мембранних пакетів Hollow Sheet, встановлених в раму з нержавіючої сталі з усіма необхідними з'єднаннями. Фільтруючі мембранні елементи Hollow Sheet мають більші габаритні розміри, в порівнянні з подібними елементами інших виробників, що дозволяє забезпечити велику площу розділення в установці і полегшити процес її збирання.

Принцип її дії полягає в наступному. Потік стічних вод проходить вгору між мембранними елементами, у той час як фільтрат проходить через листи мембран. В нижню частину установки через асратор подається повітря, яке інтенсифікує

процес розкладання органічних сполук та забезпечує ефективне перемішування розчину у робочих каналах. За рахунок великої площі поперечного перерізу пазів для відведення фільтрату, практично відсутній гідравлічний опір у дренажній системі установки, що зменшує нерівномірність розподілу трансмембранного тиску в напірних каналах. Завдяки невеликій рушійній силі процесу та повітряному перемішуванню розчину, мембрани менше забруднюються, що збільшує час між їх регенерацією і, відповідно, збільшує термін їх експлуатації.



**Рис 1. Мембранный модуль**

Промислова апробація описаної мембранної установки у складі біореактора, призначеного для очищення стічних вод, підтвердила її ефективність, надійність та енергоощадність.

## **10. ДОСЛІДЖЕННЯ ДІАФІЛЬТРАЦІЙНОЇ ОЧИСТКИ ПЕКТИНОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ**

**В.В. Гузенко**

*Харківський державний університет харчування  
та торгівлі*

Після обробки пектинвмісної рослинної сировини в екстракторі кінцевим продуктом є пектинвий екстракт яскраво-сірого кольору, яка потребує подальшого концентрування та очищення від низькомолекулярних сполук — баластних та інших непектинових речовин.

Головною ланкою в безспиртовій технології виробництва пектину є застосування напівпроникних мембран. При цьому, на відміну від традиційних методів обробки, застосування напівпроникних мембран не змінює основних властивостей пектинових концентратів, до яких відносяться комплексоутворююча та драгелютворюча здатність.

Для підвищення якості очистки пектинових концентратів доцільно використовувати діафільтрацію (ДФ), яка широко використовується в технологіях білків, ферментів та інших галузях харчової промисловості.

Діафільтрація — це спосіб проведення процесу очистки багатокомпонентних систем від низькомолекулярних сполук із застосуванням, переважно, ультрафільтраційних (УФ) мембран.



Для проведення ДФ-очистки одержаного пектинового концентрату нами було обрано періодичний процес з безперервним (циклічним) розчиненням концентрату. В цьому випадку пектиновий концентрат розчиняється декілька разів і стільки ж разів піддається процесу ультрафільтраційної ДФ.

Одержані результати показали, що продуктивність УФ мембрани підвищується перемінно до визначеного значення. Далі, при подальшому концентруванні — знижується. При цьому, тривалість кожного фільтраційного циклу концентрування і продуктивність УФ мембрани суттєво не змінюється. Після першого фільтраційного циклу не спостерігається суттєвого підвищення продуктивності УФ мембран. Це відбувається за рахунок виходу значної кількості низькомолекулярного баласту з УФ концентрату, що призводить до зниження осмотичного тиску. Така зміна пояснюється тим, що за високої концентрації пектинових речовин в концентраті низькомолекулярні сполуки не мають значного впливу на процес ДФ-очистки.

Після застосування процесу ДФ-очистки концентрація пектинових речовин у пектинових концентратах залишається незмінною, при цьому спостерігається підвищення показників комплексоутворюючої здатності (від 27,8 до 28,5 мгРb<sup>2+</sup>/г) та драглеутворюючої здатності отриманого концентрату (від 210 до 240 °ТБ), а вміст сухих речовин у ньому зменшується з 17,0 до 12,0 %.

Таким чином, застосування процесу ДФ-очистки для одержання очищених пектинових концентратів дозволяє підвищити якість кінцевого продукту. При цьому, для скорочення тривалості процесу ДФ-очистки пектинових концентратів доцільно застосовувати їх попереднє розчинення.

## **11. БІОКАТАЛІТИЧНІ МЕМБРАНИ ДЛЯ ГІДРОЛІЗУ РОСЛИННИХ ОЛІЙ У ДВОФАЗНОМУ МЕМБРАННОМУ РЕАКТОРІ ДІАЛІЗНОГО ТИПУ**

**К.Є. Гузикевич,**

**В.В. Коновалова,**

**А.Ф. Бурбан**

*Національний університет*

*«Києво-Могилянська академія»*

Створення мембран з біокаталітичними властивостями на основі синтетичних полімерних мембран з іммобілізованими ферментами є новим напрямком розвитку мембранних технологій. Велике різноманіття реакцій, а також висока хемо-, регіо-, та енантіоспецифічність ліпаз робить їх одним з найбільш важливих класів ферментів, які широко застосовують у багатьох галузях промисловості. Іммобілізація ліпази на мембрані дає можливість забезпечити велику питому площу поверхні, розділення продуктів реакції, можливість повторного використання ферменту і неперервність процесу.

Нами розроблено методику іммобілізації ліпази на целюлозних мембранах через прищеплені тіольні групи (Рис.1).

Досліджено транспортні властивості мембран на різних стадіях процесу модифікування. Встановлено, що максимальний вплив на водопроникність мембран

справляє іммобілізація PEI, яка призводить до зниження водопроникності приблизно в 10 разів. Досліджено вплив молекулярної маси PEI на кількість іммобілізованих тіольних груп. Визначено, що найбільше тіольних груп іммобілізується на PEI з молекулярною масою 750 кДа. Встановлені оптимальні параметри іммобілізації ферменту: оптимальна концентрація модифікуючого розчину ферменту 1 мг/мл, при якій кількість іммобілізованого ферменту становить 0,307 мг/см<sup>2</sup>; оптимальне значення pH — 7,5. Регенерація отриманих біокаталітичних мембран проходить дуже ефективно: після 10-ти циклів регенерації на мембрані іммобілізується не менше 100% ферменту від початкової кількості.

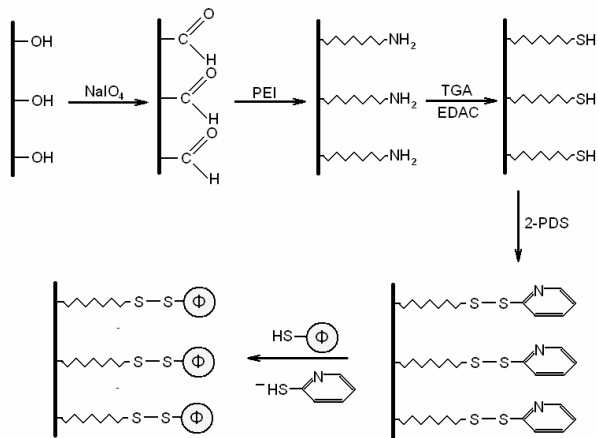


Рис.1. Схема модифікування мембран.

Одержані біокаталітичні мембрани було застосовано для гідролізу соняшникової олії у двофазному мембранному реакторі діалізного типу. З використанням розробленої нами мембрани, двофазний мембранний реактор демонструє більш високу швидкість виділення жирних кислот (0,24 ммоль/л·год) при нижчій температурі, ніж реактори, описані в літературі, а також, обраний нами метод іммобілізації ферменту дозволяє проводити його регенерацію після втрати активності, що значно подовжує термін експлуатації мембран.

## 12. ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ УФ-КОНЦЕНТРАТИВ НЕЖИРНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ У ДЕСЕРТНІЙ ПРОДУКЦІЇ

Г.В. Дейниченко,

І.В. Золотухіна,

В.І. Федак

*Харківський державний університет  
харчування та торгівлі*

Структура харчування сучасної людини має суттєві відхилення від формули збалансованого харчування як в кількісному, так і в якісному відношенні. Якісний аспект проблеми пов'язаний з нестачею в раціоні повноцінного білка.

До теперішнього часу в світі накопичений значний теоретичний і практичний досвід залучення білкових ресурсів тваринного походження за рахунок використання молочної білково-вуглеводної сировини і, зокрема, сколотин. Білки молока, особливо сироваткові, за своїм амінокислотним складом відносяться до найбільш цінних білків тваринного походження і є джерелом незамінних амінокислот.

Враховуючи високу харчову та біологічну цінність концентратів сироваткових білків, доцільно їх використовувати у виробництві продуктів масового споживання, наприклад, у десертній продукції.

Широку перспективу відкриває отримання із сколотин білкових концентратів в нативному стані. Застосування ультрафільтрації дозволяє одержати з молочної сироватки концентрати сироваткових білків, які за своїми функціональними і біологічними показниками перевищують казеїн.

Розробка ресурсозберігаючої технології структурованої десертної продукції з використанням ультрафільтраційних похідних білково-вуглеводної молочної сировини дозволить підвищити ефективність використання молочних ресурсів, розширити асортимент десертної продукції з новими споживчими властивостями, підвищити її харчову та біологічну цінність, знизити собівартість.

У ході досліджень нами було обґрунтовано технологію структурованої десертної продукції на основі ультрафільтраційних похідних білково-вуглеводної молочної сировини. Розроблено і оптимізовано рецептурний склад готової структурованої десертної продукції на основі ультрафільтраційних похідних сколотин, що має високу харчову та біологічну цінність. Проведено дослідження, метою яких було визначення виду структуроутворювача для використання його в модельних системах цільового продукту.

Розроблена десертна продукція (низка кремів «Насолода») містить ультрафільтраційний молочно-білковий концентрат із сколотин, вершки (30 % жирності), цукор, модифікований желатин BLOOM 240, рідинний та смакові рецептурні компоненти.

### **13. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЯДЕРНИХ МІКРОФІЛЬТРАЦІЙНИХ МЕМБРАН**

**Г.В. Дейниченко,**

**З.О. Мазняк**

*Харківський державний університет  
харчування та торгівлі*

Нами було досліджено нові трекові мікрофільтраційні мембрани, що виготовлені з полімерного матеріалу полісульфону. Однією з головних характеристик мікрофільтраційних мембран є їх продуктивність. Розрізняють початкову продуктивність мембран, тобто продуктивність нових мембран в початковий період їх експлуатації, і дійсну продуктивність, яка характеризує роботу мембран за постійної експлуатації.

Початкову продуктивність мембран, що досліджувались, визначали за дистильованою водою за тиску 0,003 МПа і температури 18°C. Як показали результати досліджень, значення початкової продуктивності мембран відрізняються одне від одного. Так, початкова продуктивність мембрани з діаметром пор 4 мкм складає

2800...3300 дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год), діаметром пор 2 мкм — 2200...2600 дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год). На наступному етапі досліджень визначали залежність продуктивності мікрофільтраційних мембран від тривалості процесу мікрофільтрації. Як свідчать експериментальні дані, протягом часу продуктивність мембран знижується і лише через (1,5...2,0)·60<sup>-2</sup> с значення продуктивності стабілізуються. Це відбувається внаслідок ущільнення макропористої структури мембран, що узгоджується з даними інших дослідників трекових мембран.

Результати досліджень дозволили отримати відомості про характеристики і властивості ядерних мембран. Було встановлено, що найбільш прийнятними режимами експлуатації цих мембран при мікрофільтрації біологічних рідин є:

- тиск фільтрації  $P = 0,002...0,005$  МПа;
- температура фільтрації  $t = 50...60^{\circ}\text{C}$ ;
- використання миючих, регенеруючих та дезінфікуючих засобів для мембран із рН не менше 1.

Нижче представлена таблиця, в якій наведено технічні характеристики мікрофільтраційних ядерних мембран, що досліджувались.

**Таблиця. Технічні характеристики мікрофільтраційних ядерних мембран**

Діаметр пор мембрани	Продуктивність, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·год)	Кислотність, рН	Робоча температура, °С	Тиск, бар	Тиск, МПа
4 мкм	2800...3200	1...7	0...80	0...10	0...1,0
2 мкм	2200...2600	1...7	0...80	0...10	0...1,0

## 14. ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН

**Г.В. Дейниченко,**

**З.А. Мазняк,**

**О.В. Гафуров**

*Харьковский государственный*

*университет питания и торговли*

Известно, что основной характеристикой полупроницаемых мембран является их производительность. При этом различают начальную производительность мембран, то есть производительность мембран в начальный период их эксплуатации и действительную производительность, которая характерна для работы мембран при их постоянной эксплуатации. Как правило, действительная производительность имеет меньшие абсолютные значения, что является следствием уменьшения пористости полупроницаемых мембран как вследствие физической усадки, так и в результате закупоривания пор мембран частицами разделяемой ЖВПС.

Нами исследовались новые ультрафильтрационные мембраны типа ПАН: ПАН-50 и ПАН-100. Мембраны типа ПАН являются ультрафильтрационными мембранами второго поколения, они изготавливаются на основе сополимеров априлометрила и относятся к умеренно гидрофильным мембранам. Исследования

проводили по дистиллированной воде при температуре 20 °С и различных значениях давления ультрафильтрации. Результаты исследований приведены в таблице 3.1

**Таблица. Начальная производительность УФ мембран**

Величина давления УФ, МПа	Начальная производительность УФ мембран, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$				
	ПАН-50	ПАН-100	ГР61ПП	ГР81ПП	РипорЗ
0,1	120...125	160...165	Не исследовались		
0,25	350...355	535...540	480...500	240...250	150...155

Как следует из данных таблицы 3, начальная производительность ультрафильтрационных мембран зависит от величины давления ультрафильтрации.

Так, при давлении ультрафильтрации 0,1 МПа начальная производительность УФ мембран ПАН-50 составляет 120...125  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ , у УФ мембран ПАН-100 несколько выше и составляет 160...165  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . При увеличении давления ультрафильтрации до 0,25 МПа начальная производительность исследуемых мембран увеличивается более чем в 3 раза и составляет соответственно 350...355  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  и 535...540  $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ .

## 15. ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ УФ КОНЦЕНТРУВАННЯ ПЕКТИНОВИХ ЕКСТРАКТІВ

**Г.В. Дейниченко,**

**З.О. Мазняк,**

**В.В. Гузенко,**

**О.В. Лихобаба**

*Харківський державний університет  
харчування та торгівлі*

Одним з головних напрямків підвищення ефективності сучасного виробництва є створення маловідходних і безвідходних технологій, а також залучення вторинних сировинних ресурсів. Виробництво пектину й пектинопродуктів відповідає цьому завданню в повному обсязі, тому що дозволяє виробляти й, головне, реалізовувати на ринку різноманітний асортимент пектинопродуктів.

Концентрування пектинового екстракту (ПЕ) — найважливіший етап пектинової технології, від якого залежить споживча якість продукту — рідкого пектинового концентрату. Концентрування екстрактів на випарних установках пов'язано із значною витратою електроенергії та частковим розщепленням пектину в наслідок термічної дії.

Пектинові речовини є термолабільними продуктами, тому у випадку термообробки відбувається термічна деструкція пектинових макромолекул. Таким чином процес концентрування ПЕ потрібно проводити за рахунок низькотемпературних умов.

Застосування баромембранних методів концентрування є особливо перспективним, оскільки вони дозволяють здійснювати концентрування біологічних рідин без впливу високих чи низьких температур.

Концентрування ПЕ за допомогою процесу ультрафільтрації (УФ) є на сьогодні одним з найефективніших методів, тому що дозволяє одержувати пектинові концентрати з високими яскраво вираженими харчовими та біологічними якостями за мінімальних витрат на проведення процесу. Ультрафільтрація базується на застосуванні напівпроникних полімерних мембран, здатних за певних умов розділяти розчин харчового продукту на його окремі компоненти.

Проведені нами дослідження показали значні переваги мембранних методів обробки поряд з іншими способами. При цьому нами експериментально доведено, що найбільш ефективними раціональними режимами процесу УФ концентрування ПЕ з використанням напівпроникних мембран є значення тиску 0,4...0,5 МПа, температури 40...50 °С, тривалість процесу УФ — 1...1,5 годин.

На підставі розгляду існуючих методів обробки ПЕ можна зробити висновок про значні переваги мембранних методів обробки поряд з іншими способами. Тому дослідження процесу концентрування ПЕ за допомогою УФ є актуальною задачею, тому що дозволяє одержувати пектинові концентрати з високими яскраво вираженими харчовими та поживними властивостями.

## **16. ДОСЛІДЖЕННЯ ПІНОУТВОРЮЮЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРАТУ ЗІ СКОЛОТИН**

**Г.В. Дейниченко,**

**Т.І. Юдіна,**

**О.В. Старостелє**

*Донецький національний університет економіки  
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*

У широкому асортименті продукції, що виробляється закладами ресторанного господарства окрему групу складають молочні прохолоджуючі напої — коктейлі, які представляють собою піно-емульсійні системи.

Для виробництва молочних коктейлів може бути використана різна білково-вуглеводна молочна сировина (БВМС), зокрема сколотини, які утворюються на стадії збивання або сепарування вершків при виробництві вершкового масла. За умови отримання сколотин, до їх складу переходить 80...90% білків молока, 0,4...0,7% молочного жиру, значна частина мінеральних речовин і водорозчинних вітамінів.

Дослідження фізико-механічних характеристик піноутворення сколотин показали, що показник їх піноутворюючої здатності (ПЗ) становить 112...114%. Разом з тим, доведено, що показник стійкості пін для сколотин складає лише 1,9...2,1%, тому що вміст макромолекул білків у сколотах не є достатнім для утворення стійкої піни.

Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є збільшення вмісту білків у дисперсному середовищі за рахунок додавання до системи молочно-білкових концентратів, зокрема одержаних мембранним методом розділення — ультрафільтраційним концентруванням, що дозволяє здійснювати концентрування сировини без втрати нативних властивостей харчових нутрієнтів.

Результати досліджень піноутворюючих та піностабілізуючих властивостей УФ концентратів зі сколотин з різним фактором концентрування свідчать, що

показник піноутворюючої здатності (ПЗ) для УФ концентрату сколотин із підвищенням фактора концентрування до 1,5; 2,0; 2,5 зростає та становить 131...133 %; 135...138 %; 142...146 % відповідно. Показник стійкості піни для зразків УФ концентрату з підвищенням фактора концентрування зростає до 88...92 %.

Таким чином, проведені дослідження фізико-хімічних характеристик піноутворення УФ концентратів сколотин з різним фактором концентрування показали, що продукти УФ концентрування сколотин мають вищу піноутворюючу здатність, а піни, на їх основі є більш стійкими, в порівнянні зі сколотинами.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є вивчення структурно-механічних властивостей модельних молочних систем на основі зазначеної білково-вуглеводної молочної сировини.

## **17. ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕФІРООЛІЙНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ**

**І.В. Житнецький,**

**О.В. Журавков,**

**О.І. Кравчук**

*Національний університет харчових технологій*

Ефірні олії отримують в основному з зернової та квітково-травянистої рослинної сировини. Технологічний процес вилучення ефірної олії поділяється на кілька стадій: відгонка парою; конденсація отриманої суміші; декантація.

В результаті декантації отримують первинну ефірну олію та дистилат, який містить вторинну ефірну олію на межі розчинності. Отримання вторинної ефірної олії характеризується значними енергетичними витратами пов'язаними з використанням когобаційних установок. Для отримання 1 кг вторинної ефірної олії із дистилату необхідно 90 кг пари.

Оскільки ефірні олії розчинні у воді, зокрема найбільшу розчинність має ефірна олія троянди 80 %, а ефірна олія укропу розчиняється на 0,07 %. Слід зазначити, що у воді розчиняються цінні основні компоненти, наприклад ментол, карвон, які входять в склад ефірних олій м'яти та укропу.

Мембранні технології дозволяють здійснювати очищення рідин з одночасним концентруванням корисних компонентів або сумішей без зміни їх нативних властивостей. Тому використання таких процесів, як мікрофільтрація та ультрафільтрація дозволяє значно зменшити енергетичні витрати на отримання вторинної ефірної олії, яка є суттєвим резервом і додається до первинної олії.

Аналіз характеристик, властивостей та матеріалу мембран дозволили визначити, що для вилучення ефірної олії укропу доцільно використовувати полімерні мембрани типу МФФК, які мають низьку вартість в порівнянні з металевими та керамічними. Вибір такого типу мембран обумовлений можливістю змінювати гідрофобні властивості на гідрофільні при обробленні їх аліфатичними спиртами. Таким чином вищезгадані мембрани можна використовувати, як для вилучення ефірних олій з водних розчинів так і для відокремлення ефірної олії від залишків води.

Для вилучення ефірної олії укропу з дистилату використовували установку непроточного типу. Дослідження проводили з використанням мікрофільтраційних мембран типу МФФК з розміром пор від 0,15 до 0,45 мкм. при зміні тиску від 0,05 до 0,4 МПа., концентрація розчину становила 0,07 % мас.

В результаті проведених досліджень встановлено, що мікрофільтраційні мембрани типу МФФК мають проникність в межах від 420 до 1540 л/(м<sup>2</sup> год), селективність 98–82 % при тиску 0,05 МПа, яка залежить від розміру пор мембрани.

## 18. ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МЕМБРАНИМ МЕТОДОМ

**О. Закалов,**

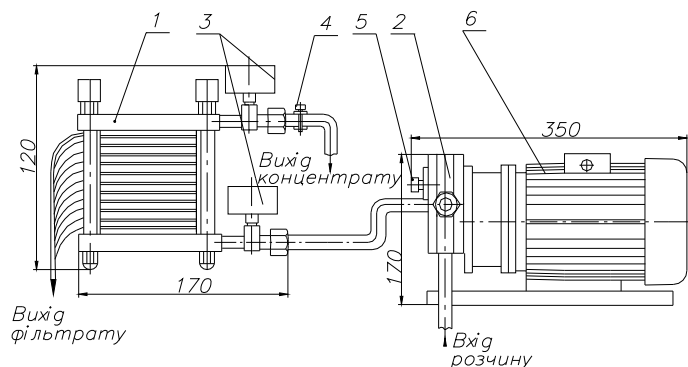
**В. Федів**

*Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя*

До промислових апаратів ставиться ряд вимог, обумовлених умовами їхнього виготовлення та експлуатації. Насамперед промислові апарати для здійснення мембранних процесів, у тому числі і для зворотного осмосу та ультрафільтрації, повинні мати велику робочу поверхню мембран в одиниці об'єму апарата. Вони повинні бути простими в монтажі через необхідність періодичної заміни мембран.

Метою дослідження є очищення води і порівняння традиційного методу очищення води (пісочним і вугільним фільтром) з мембранним методом очищення на лабораторній установці малої продуктивності для підготовки води, схема якої представлена на рисунку 1. Відомо, що жорсткість води, що використовується без очищення, знаходиться в межах приблизно 8–8,5 мг×екв/л, при цьому традиційні методи очищення не забезпечують зменшення загальної жорсткості води до нижче вказаного показника.

Отже, задачею даного експериментального дослідження було зменшення загальної жорсткості води до нормативної за ГОСТ 2874-54 загальна жорсткість питної води 7 мг×екв/л.



**Рис. 1 — Апарат мембранний:**

1 — мембранний модуль; 2 — насос; 3 — манометр; 4 — затискач; 5 — регулятор продуктивності насосу; 6 — електродвигун

При збиранні пакету, пластини укладаються так, щоб перетічні отвори не співпадали. Таким чином в середині пакета утворюється тонкий надмембранний канал, в якому безперервно циркулює фільтруюча рідина. Об'ємна подача розчину забез-



печується насосом. Завдяки тангенціальному рухові фільтруючого продукту над мембраною вдається попередити засмічення останньої і осідання на ній шару, що перешкоджає проходженню рідини. При багаторазовій циркуляції фільтруючого розчину фільтрат безперервно відділяється через мембрану і відводиться через штуцери на торцях опорних пластин. В фільтруючому продукті таким чином, збільшується вміст високомолекулярної суміші і утворюється концентрат.

## **19. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗВОРОТНО-ОСМОТИЧНОГО ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОД ТЕРНОПІЛЛЯ**

**Н.М. Зварич,**

**В.Я. Федів**

*Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя*

Вода, яка використовується для пиття і для виробництва продуктів харчування, повинна мати твердість 7 мг-екв/л. Природні води Тернопілля мають більшу твердість, підвищений вміст хлоридів та сполук заліза. Таку воду без підготовки використовувати у харчових виробництвах не можна.

До найбільш перспективних методів тонкої очистки води можна віднести мембранні методи, такі як: зворотній осмос і ультрафільтрація, які проходять при тиску 10–16 кгс/см<sup>2</sup> і вище залежно від розчину, що розділюється, і типу мембрани. Сучасні мембранні установки для очистки води в основному представлені зворотно-осмотичними установками з мембранними елементами рулонного типу та полими волокнами, які дозволяють знижувати мінералізацію води на 80–99,9 %. Тобто, при підготовці води з початковою твердістю 12 мг-екв/л, отримується кінцева твердість води менше 2,4 мг-екв/л, що не завжди доцільно. Для підготовки води часто необхідно видаляти з води лише 10–20 % солей.

З метою вивчення процесу тонкої підготовки води у харчових виробництвах було проведено дослідження баромембранного процесу демінералізації води на плоскокамерній установці, призначеній для проведення процесів мембранного розділення розчинів в тангенціальному потоці. Для дослідження використовувався 1 фільтрувальний елемент з зворотно-осмотичною мембраною моделі MM-NFF45/75 виробництва Manufactured for Torpmay Global Inc. Особливістю даної мембрани є можливість здійснювати зворотно-осмотичну очистку води при тиску 0,2–0,4 МПа. Під час експерименту проводили визначення загальної твердості та вмісту іонів магнію і кальцію у вихідній рідині та у концентраті та пермеаті за стандартними методиками. Також відмічали час розділення і кількість утворених за цей час пермеату і концентрату. В результаті були отримані:

– залежність проникності мембрани від початкової концентрації іонів твердості:

$$G = 0.001 - 3.9702 \cdot x_1,$$

– середнє значення селективності мембрани по іонах, що зумовлюють твердість води:

$$\phi = 8.75\%,$$

– залежність концентрації іонів твердості у пермеаті від їх початкової концентрації:

$$x_2 = 0.9116 \cdot x_1,$$

– залежність концентрації іонів твердості у концентраті від їх початкової концентрації:

$$x_k = 1.0366 \cdot x_1,$$

де  $x_1$  — початкова концентрація іонів твердості у воді.

Також дослідження показали, що використання зворотно-осмотичного пом'якшення води при невисоких тисках дозволяє проводити зниження її твердості до 7 мг-екв/л.

## **20. ВИЗНАЧЕННЯ СТЕПЕНІ ЗАБРУДНЕННЯ НАНОФІЛЬТРАЦІЙНИХ МЕМБРАН В ПРОЦЕСІ РОЗДІЛЕННЯ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ**

**Ю.Г. Змієвський,**

**І.О. Грушевська,**

**Р.В. Усач,**

**В.Г. Мирончук**

*Національний університет харчових технологій*

**Д.Д. Кучерук**

*Інститут колоїдної хімії та хімії води*

*ім. А.В. Думанського НАН України*

Нанofільтрація — це баромембранний процес, який широко застосовується у різних галузях народного господарства, зокрема і у харчовій промисловості. Він, в порівнянні зі зворотним осмосом, характеризується більш високою продуктивністю, меншими енерговитратами і, до того ж, дозволяє відділяти одновалентні іони від полівалентних та високомолекулярних сполук. Однак, неминучим явищем є забруднення мембран в процесі розділення рідких середовищ, що призводить до зростання опору масопереносу мембрани і, як наслідок, до зниження її питомої продуктивності. Причиною цього, в більшості випадків, є концентраційна поляризація, адсорбція, гелеутворення, закупорювання або перекривання пор. В науково — технічній літературі не приводяться дані, щодо величини опору масопереносу нанofільтраційної мембрани ОПМН-П (ЗАТ НТЦ «Владіпор», Росія) після розділення молочної сироватки, що потребує проведення спеціальних досліджень у цьому напрямку.

Експерименти проводились на лабораторній установці непроточного типу з ефективною площею мембрани  $4,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Температура розчинів становила  $20 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Робочий тиск — 2,5 МПа. В експериментах використовували молочну сироватку, отриману на молочному підприємстві при виробництві сиру кисломолочного. Для відділення залишків молочного жиру та казеїнового пилу її попередньо пропускали через мікрофільтр з розміром пор 5 мкм.

На основі проведених досліджень встановлено, що опір масопереносу нової нанofільтраційної мембрани ОПМН-П (ЗАТ НТЦ «Владіпор, Росія») при тиску

2,5 МПа становить  $R_m = 4,7 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-1}$ , однак цей показник зростає в 6,25 рази після розділення молочної сироватки і загальний опір масопереносу досягає значення  $R_t = 29,4 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-1}$ . Механічне очищення поверхні мембрани, хоч і відновлює в значній мірі питому продуктивність, але призводить до швидкого псування мембрани. Перспективним у цьому напрямленні є вивчення процесу регенерації нанофільтраційних мембран після розділення молочної сироватки за допомогою хімічних реагентів.

## **21. КОНЦЕНТРУВАННЯ МОЛОЧНОЇ СІРОВАТКИ МЕМБРАННИМИ МЕТОДАМИ**

**Ю.Г. Змієвський,**

**І.О. Грушевська,**

**В.Г. Мирончук**

*Національний університет харчових технологій*

**Д.Д. Кучерук**

*Інститут колоїдної хімії та хімії води*

*ім. А.В. Думанського НАН України*

На основі аналізу сучасних технологічних і машино-апаратних схем та проведених експериментальних досліджень, запропоновано машино-апаратну схему для концентрування молочної сироватки.

Послідовність її обробки відбувається наступним чином. Сироватка накопичується в резервуарі, звідки відцентрованим насосом подається на мікрофільтрацію. На цьому етапі відділяються залишки коагульованого казеїну (в науково-технічній літературі його прийнято називати казеїновим пилом) і молочного жиру. Процес характеризується високою ефективністю розділення. Далі знежирена сироватка з температурою 15–25 °С потрапляє до резервуару, з якого подається на стадію нанофільтрації. На цьому етапі отримуємо частково знесолений (видаляється до 35 % від початкового вмісту мінеральних речовин) концентрат молочної сироватки з вмістом сухих речовин 13,5–19 %. Нанофільтраційний пермеат збирається в резервуарі. Далі відцентрованим насосом він подається на зворотний осмос низького тиску, де концентрується, при цьому отримується значна кількість очищеної води.

Для покращення якості сироваткового концентрату за рахунок додаткового знесолення, двічі проводиться нанофільтраційна діафільтрація. На цьому етапі як розчинник використовується зворотний осмотичний пермеат, який подається до резервуару з сироватковим концентратом. Звідти, збільшений в об'ємі сироватковий концентрат знову подається на стадію нанофільтрації. Після такої обробки отримуємо концентрат сироватки зі зменшеним вмістом мінеральних речовин, при цьому загальний вміст сухих речовин може бути в межах 12,5–18 %.

Відділення в такий спосіб значної кількості переважно одновалентних іонів може значно розширити область застосування отриманого концентрату, покращити подальшу переробку молочної сироватки, а саме на стадії кристалізації лактози чи розпилювального висушування, при одночасному зменшенні необхідного об'єму води, що випаровується у вакуум-випарних установках.

## 22. МЕМБРАННА ДИСТИЛЯЦІЯ ЯК СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

**Ю.Г. Змієвський**

*Національний університет харчових технологій*

**С.В. Кукоба,**

**Г.Л. Рябцев**

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут»*

В Україні існує значна кількість підприємств, відходи яких, зокрема високомінералізовані стічні води, скидають у навколишнє середовище без очищення. Існує декілька способів очищення такої води: випарювання, адсорбція, дистиляція тощо. Однак ці методи мають ряд недоліків. Насамперед, це високі енергетичні затрати на випарювання вихідного розчину. Обладнання, що використовують у цих процесах, є достатньо складним в експлуатації та обслуговуванні. Тому для очищення високомінералізованих стічних вод запропоновано спосіб контактної мембранної дистиляції.

Мембранна дистиляція — це процес розділення рідких систем, який полягає у випаровуванні леткого компонента розчину (зазвичай, води) крізь пори полімерної мембрани і конденсації його на протилежному боці цієї мембрани. Термін «контактна мембранна дистиляція» (КМД) застосовують до процесів, що мають такі характеристики:

- мембрана є пористою і не змочуваною;
- у порах мембрани відсутня капілярна конденсація;
- крізь пори мембрани переноситься лише пара;
- обидва боки мембрани безпосередньо контактують із рідиною;
- рушійною силою масоперенесення є градієнт парціального тиску в паровій фазі.

Контактна мембранна дистиляція має переваги, що компенсують недоліки інших процесів очищення. По-перше, процес відбувається за атмосферного тиску і невисоких температур (температура гарячого розчину становить близько 70 °С, холодного — до 30 °С). По-друге, КМД забезпечує вищий ступінь очищення і дозволяє повертати дистилят і концентрат у технологічний процес.

У світі вже існують установки для реалізації процесу КМД, попри те, що він є досить новим (перші спроби впровадження стосуються початку 1980-х). Промислові установки розробляють, головним чином, ФРН, США і Нідерланди. Перші спроби у цьому напрямку відомі і в нашій країні. Так, авторами розроблено проекти мембранних установок УКМД, споряджених мембранами марки МФФК-3, і призначених для очищення високомінералізованих стічних вод.

Поряд із численними перевагами, процес КМД має кілька недоліків. Головний із них — невисока продуктивність процесу, що становить близько 5...15 л/(м<sup>2</sup> · год). З огляду на це, дуже важливим є дослідження мембранної дистиляції з метою розроблення нових ефективних установок і високопродуктивних мембран, оскільки контактна мембранна дистиляція завдяки своїй екологічній чистоті й високій економічності є дуже перспективним способом очищення води та концентрування цінних сполук, що містяться в ній.

## 23. КОНЦЕНТРУВАННЯ РОЗЧИНУ ХЛОРИДУ АМОНІЮ НА МЕМБРАНАХ МФФК І ПВХ

Ю.Г. Змієвський

Національний університет харчових технологій

С.В. Кукоба,

Г.Л. Рябцев

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Для визначення можливості концентрування розчину хлориду амонію за допомогою контактної мембранної дистиляції на мембранах марок МФФК і ПВХ проведено серію експериментів з використанням мембранної установки проточного типу (розташування мембран — вертикальне; лінійні швидкості гарячого й холодного потоків у напірних каналах — 0,015 м/с; температура гарячого розчину — 323 К, дистильованої води — 293 К).

**Таблиця. Залежність питомої продуктивності мембран від ступеня відбору пермеату**

Ступінь відбору пермеату, %	Масова частка хлориду амонію в розчині, %	Питома продуктивність, л/(м <sup>2</sup> · год), мембрани марки				
		МФФК-2	МФФК-3	МФФК-4	ПВХ-0,25	ПВХ-0,5
0,0	15,0	—	—	—	—	—
8,8	16,5	7,9	12,7	11,9	9,5	11,2
17,1	17,8	7,0	11,6	8,2	8,9	10,3
24,0	18,8	6,5	10,5	7,5	8,0	9,7
34,3	21,9	5,2	9,9	6,3	7,8	8,3
43,1	23,5	5,0	9,0	6,0	6,7	8,0
50,1	26,2	—	8,8	—	6,3	—
54,3	28,5	—	8,6	—	6,0	—

Вибір мікрофільтраційних мембран марок МФФК і ПВХ для реалізації процесу контактної мембранної дистиляції пояснюється тим, що вони задовольняють усім вимогам, що висуваються до дистиляційних мембран: мають гідрофобний активний шар, достатньо високі термо- й теплостійкість в агресивних водних середовищах, низьку теплопровідність, вузький розподіл пор за розміром і загальну пористість 30...80 %. Окрім цього, такі мембрани випускають серійно.

Аналіз одержаних даних дозволяє зробити такі висновки:

- для концентрування водного розчину хлориду амонію можна використовувати контактну мембранну дистиляцію на мембранах марок МФФК і ПВХ;
- найбільшу питому продуктивність серед мембран розглянутих марок мають мембрани МФФК-3 (у середньому 10 л/(м<sup>2</sup> · год));
- на першому етапі процес концентрування водного розчину хлориду амонію можна здійснювати з достатньою продуктивністю до масової частки хлориду амонію 25...30 %.

## 24. ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ МЕМБРАННОЇ ЯЧЕЙКИ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОНТАКТНОЇ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ

**Ю.Г. Змієвський**

*Національний університет харчових технологій*

**С.В. Кукоба,**

**Г.Л. Рябцев**

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут»*

Досліджено вплив геометричних параметрів мембранної ячейки на продуктивність контактної мембранної дистиляції (табл. 1 і 2).

**Таблиця 1. Вплив орієнтування мембрани МФФК-3 на продуктивність контактної мембранної дистиляції**

Орієнтування мембрани	Розташування ячейки	Питома продуктивність мембрани, л/(м <sup>2</sup> · год)
Активним шаром до гарячої камери	горизонтальне	19,2
	вертикальне	18,0
Активним шаром до холодної камери	горизонтальне	10,4
	вертикальне	7,4

Досліджувана рідина — дистильована вода; лінійні швидкості потоків у камерах 0,015 м/с; температура в гарячій камері 323 К, у холодній камері 293 К.

**Таблиця 2. Вплив розташування мембранної ячейки на продуктивність мембранної дистиляції при концентруванні водного розчину хлориду амонію**

Ступінь відбору пермеату, %	Масова частка NH <sub>4</sub> Cl, %	Питома продуктивність л/(м <sup>2</sup> · год), мембрани			
		МФФК-3	ПВХ-0,5	МФФК-3	ПВХ-0,5
		вертикальне розташування		гаряча камера знизу	
8,0	16,5	13,9	15,1	13,9	19,5
16,9	17,8	12,5	15,4	13,8	19,1
25,2	19,0	13,2	13,4	13,8	18,5
34,3	21,2	12,5	12,0	13,3	17,7
42,1	23,5	12,2	9,7	12,1	16,0
50,2	25,8	11,7	8,7	9,6	14,0
67,0	34,4	9,2	5,8	8,5	6,8
75,2	42,5	5,9	1,6	7,5	5,2

Умови дослідження — ті самі.

Установлено, що продуктивність мембран МФФК за пермеатом у разі орієнтування мембрани активним шаром до гарячої камери є більшою, ніж у разі зворотного орієнтування. Продуктивність мембран МФФК і ПВХ за пермеатом у цілому вища у разі їх горизонтального орієнтування.

## 25. КОНЦЕНТРУВАННЯ ВОДНОГО РОЗЧИНУ ХЛОРИДУ АМОНІЮ КОНТАКТНОЮ МЕМБРАННОЮ ДИСТИЛЯЦІЄЮ

**Ю.Г. Змієвський**

*Національний університет харчових технологій*

**С.В. Кукоба,**

**Г.Л. Рябцев**

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут»*

Для встановлення можливості концентрування водного розчину хлориду амонію контактною мембранною дистиляцією (КМД), визначення продуктивності мембран марки МФФК і вибору ступеня концентрування проведено експерименти на мембранній установці проточного типу (розташування мембран МФФК-3 — горизонтальне (гарячий напірний канал знизу); швидкості гарячого й холодного потоків у напірних каналах — 0,047 м/с; температура гарячого розчину — 333 К, дистильованої води — 293 К; таблиця).

**Таблиця. Залежність продуктивності мембрани від ступеня відбору пермеату**

Ступінь відбору пермеату, %	Масова частка $\text{NH}_4\text{Cl}$ у водному розчині, %	Питома продуктивність мембрани МФФК-3, л/(м <sup>2</sup> · год)
0,0	25,2	—
4,4	26,1	14,5
8,8	26,9	12,7
12,9	27,9	11,9
17,5	28,7	13,2
26,3	31,5	12,0
30,8	32,3	11,8
35,6	34,2	10,9
40,2	36,0	10,4
44,6	37,3	9,8
48,7	39,5	8,8
52,9	42,0	8,1
57,8	43,9	7,9
62,0	46,7	6,7

Вибір мембрани МФФК-3 для концентрування пояснюється тим, що попередні експерименти показали її найбільшу продуктивність серед мембран марок МФФК і ПВХ.

Аналіз одержаних даних дозволяє зробити такі висновки: мембрани марки МФФК придатні для концентрування водного розчину хлориду амонію контактною мембранною дистиляцією; середня питома продуктивність КМД на мембрані МФФК-3 становить 10,6 л/(м<sup>2</sup> · год); концентрування можна здійснювати з достатньою продуктивністю до масової частки хлориду амонію 46...50 %.

## **26. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ ПРИ КОНЦЕНТРУВАННІ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН**

**Ю.Г. Змієвський,**

**В.Г. Мирончук,**

**Е.О. Торколат,**

**В.П. Данилевич**

*Національний університет харчових технологій*

**Д.Д. Кучерук**

*Інститут колоїдної хімії та хімії води*

*ім. А.В. Думанського НАН України*

На сьогодні активно розвиваються прикладні аспекти умовно нових мембранних процесів, таких як мембранна дистиляція. Цей процес може бути альтернативою випаровуванню рідкої фази у випарних установках. Мембранна дистиляція має п'ять основних конфігурацій: контактна; через газовий прошарок з конденсацією пари в середині камери; мембранна дистиляція з газовим потоком і конденсацією пари за межами камери; вакуумна мембранна дистиляція; осмотична мембранна дистиляція.

Метою представленої роботи було дослідження процесу контактної мембранної дистиляції при концентруванні мінеральних речовин, а саме встановлення залежностей питомої продуктивності від концентрації та температури проведення процесу.

Експерименти проведені на лабораторній установці з ефективною площею мембрани  $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Установка складалась з двох циркуляційних контурів до складу яких входили: перистальтичний насос, теплообмінник та ємність для рідини. У «гарячу» камеру подавали розчин мінеральних речовин, який складався з хлоридів натрію, калію та кальцію. В «холодну» камеру подавали дистильовану воду. Температури, при яких проводились експерименти, були наступними:  $T_{\text{гар}} = 55$  та  $45^\circ\text{C}$  в той час, як в «холодній» камері постійно підтримували температуру в межах  $T_{\text{хол}} = 30^\circ\text{C}$ . Концентрація мінеральних речовин змінювалась в діапазоні від 4 до  $450 \text{ г/дм}^3$ . Використовували гідрофобну пористу мембрану МФФК-3 (ЗАТ НВЦ «Владіпор», Росія) з середнім розміром пор  $0,45 \text{ мкм}$ .

В результаті проведених досліджень отримано пряmolінійні залежності питомої продуктивності від концентрації сухих речовин. При зменшенні різниці температур від  $25$  до  $15^\circ\text{C}$  питома продуктивність зменшилась вдвічі. За таких умов вдалось сконцентрувати розчин лише до  $300 \text{ г/дм}^3$ . Отримані результати можуть бути використані для аналізу економічної доцільності застосування мембранної дистиляції для концентрування мінеральних речовин.



## **27. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕГЕНЕРАЦІЇ ІОНООБМІННИХ МЕМБРАН ПІСЛЯ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗУ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ**

**Ю.Г. Змієвський,**

**О.В. Оліферчук,**

**В.Г. Мирончук**

*Національний університет харчових технологій*

**Д.Д. Кучерук**

*Інститут колоїдної хімії та хімії води*

*ім. А.В. Думанського НАН України*

Область застосування електродіалізу в харчовій промисловості досить широка: знесолення молочної сироватки, стабілізація виноматеріалів, водопідготовка тощо. Власні дослідження та огляд науково-технічної літератури дозволяє стверджувати, що цей процес є самим ефективним для видалення з молочної сироватки мінеральних речовин, якщо рівень демінералізації знаходиться в межах 50–90 %. Проте, його слабким місцем є утворення важкорозчинних сполук на поверхні іонообмінних мембран, що є наслідком підвищеного вмісту в розчині солей жорсткості ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) та концентраційної поляризації. В результаті знижується коефіцієнт масо переносу, збільшуються питомі витрати енергії, збільшується гідравлічний опір робочих камер тощо.

Метою представленої роботи було дослідження процесу регенерації іонообмінних мембран після електродіалізу молочної сироватки.

Експерименти були проведені на лабораторній установці проточного типу, ефективна площа кожної із мембран складала  $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Суху сироватку заданої концентрації розчиняли у дистильованій воді, попередньо нагрітій до 40–45 °С. Після її демінералізації електродіалізом, проводили регенерацію шляхом промивання установки в наступній послідовності. Спочатку вимивали залишки продукту і незв'язаних забруднень дистильованою водою, потім азотною кислотою з концентрацією в межах 0,5–6 %, далі кислоту вимивали дистильованою водою і після цього в камери подавали розчин хлориду натрію з концентрацією в межах 0,5–6 %. Перед наступним експериментом установку гарно промивали дистильованою водою.

В результаті проведених досліджень встановлено раціональні значення концентрацій регенеруючих розчинів, а також тривалість регенерації, яка дозволяє досягнути найкращого ефекту щодо відновлення властивостей іонообмінних мембран.

## **28. ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРАТУ СКОЛОТИН В ТЕХНОЛОГІЯХ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**І.В. Золотухіна**

*Харківський державний університет*

*харчування та торгівлі*

В більшості країн світу із сколотин виробляють згущені та сухі концентрати. Однак, ці методи концентрування призводять до зменшення вмісту фосфоліпідів,

вільних амінокислот, кальцію. Доцільним є концентрування сколотин мембранними методами, зокрема ультрафільтрацією, що дозволить виключити втрату нативних властивостей її термолабільних компонентів. Співробітниками Харківського державного університету харчування та торгівлі розроблено конструкцію нового ультрафільтраційного модуля, досліджені закономірності та установлені оптимальні режими ультрафільтрації сколотин.

Метою нашої роботи було отримання комплексу показників якості ультрафільтраційного концентрату сколотин та дослідження його функціональних властивостей з метою подальшого використання у виробництві молочної продукції. Досліджували ультрафільтраційний концентрат сколотин з вмістом сухих речовин 9,5; 11,9; 15,3 % та сколотини у якості контролю.

Визначення показників проводили за наступними методиками: піноутворюючу здатність оцінювали за методом Лур'є; стійкість пінної структури систем визначали після 15-хвилинної вистойки збитої суміші; емульгуючу здатність сколотин оцінювали за методикою Гурова А.М., визначаючи точку інверсії фаз, тобто переходу емульсії «масло/вода» в емульсію «вода/масло» (тип емульсії визначали методом розбавлення). Стійкість емульсії визначали за стандартною методикою, виражаючи кількість жиру, що виділився після центрифугування, у відсотках від загального вмісту в зразках.

Отримані результати свідчать, що підвищення вмісту сухих речовин в ультрафільтраційному концентраті сколотин, сприяє кращому поглинанню повітря, піноутворююча здатність зростає на 32 %, це, видимо, пояснюється одночасовим зростанням в'язкості сумішей та збільшенням концентрації білків, які являються поверхнево-активними речовинами та сприяють піноутворенню. Також, за рахунок зростання в'язкості розчину знижується швидкість витікання рідини по каналам піни, отже, така піна має більшу стійкість (до 98 %).

Результати дослідження емульгуючої здатності підтверджують, що білок має високі емульгуючі властивості: при підвищенні вмісту білку у концентраті на 6,6 %, емульгуюча здатність підвищується на 28 %. Емульсії з УФ-концентратом мають більшу стійкість, ніж емульсії зі сколотинами. При підвищенні сухих речовин концентрату на 1,5 %; 3,3 %; 4,4 %, стійкість зростає на 58 %; 66 %; 80 %, відповідно. Подібні результати пояснюються тим, що білки утворюють на поверхні дисперсних часток міцний адсорбційний прошарок, що перешкоджає їх злипанню.

## **29. ОСМОС В РОСЛИННИЦТВІ**

**В.П. Каленський**

*Національний університет біоресурсів  
та природокористування*

**П.Г. Черниш**

*Національний університет харчових технологій*

В техніці осмос знайшов широке використання, вдосконалюються конструкції мембранних установок. Значно раніше було відкрито і використано осмотичні явища в біології. Адже кожна клітина рослинна чи тваринна є складною осмотичною системою в мініатюрі. Оболонки живих рослинних клітин мають багат шарову структуру, яка відповідає за зв'язок клітин з сусідніми клітинами і зовнішнім середовищем, а для цього мають властивість мембран, які пропускають

воду і живильні розчини всередину чи назовні і при цьому ці процеси відповідають таким же законам, що використовуються в технічних системах. Біологічні мембрани набагато складніші технічних мембран. Вони тришарові, де центральний ліпідний шар розташований між двома шарами білка. Рослинні мембрани клітин багатофункціональні, виконують бар'єрну, транспортну, осмотичну, електричну та інші функції, мають вибірккову проникність. Їх ділянки постійно руйнуються і відновлюються. Осмотичний тиск рослинних клітин складає 0,5–2 МПа, кров людини — 0,78 МПа.

На кафедрі рослинництва Національного університету біоресурсів та природокористування (НУБіП) вивчають осмотичні процеси в рослинах з позицій практичних потреб рослинництва.

Задоволення потреб рослин у живленні можливе тільки тоді, коли осмотичний тиск ґрунтового розчину, тобто розчину добрив і інших поживних речовин буде нижчим за осмотичний тиск рослинного (клітинного) соку. Пророщуючи насіння в розчинах солей різної концентрації знаходимо ізотонічну концентрацію, що дозволяє визначити осмотичний тиск, а отже всмоктувальні можливості насіння різних культур. Методи вивчення фізіології рослин дозволяють вивчати вплив посухо- і жаростійкості рослин лабораторними методами. Досліди показують стійкість до стресу насіння різних рослин, які значно відрізняються по цьому показнику, визначають межі цих стресів, їх вплив на продуктивність. Результати дослідів можуть дозволити вибирати зони посіву культур на території України.

Як видно з цієї короткої інформації, біологічний осмос набагато складніший технічного, дозволяє разом з іншими факторами піднімати живильні розчини на велику висоту всмоктуванням, що неможливо в технічних системах (в них це виконується нагнітанням).

**Висновки.** Глибше вивчення біологічного осмосу може сприяти вдосконаленню мембранних процесів в техніці, зробити їх більш економічними. На нашу думку для технічних систем може мати інтерес багатошаровість біологічних мембран з різним складом і структурою окремих шарів. Природа вирішила проблему відновлення функції мембран на протязі всього росту рослин, що і проблемою для технічних мембран.

### **30. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ БАРОМЕМБРАННОГО АППАРАТА РУЛОННОГО ТИПА**

**С.В. Ковалев**

*Тамбовский государственный  
технический университет*

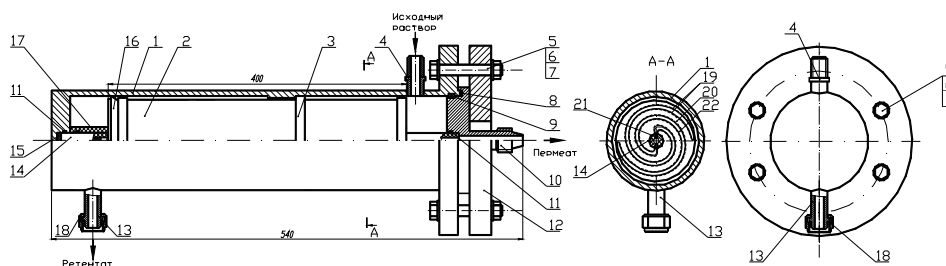
**Ю.Г. Змиевский**

*Национальный университет пищевых технологий*

Для исследований процессов очистки промышленных сточных вод была разработана конструкция баромембранного аппарата рулонного типа рис. 1.

Аппарат, показанный на рис. 1 состоит из: корпуса 1, рулонного элемента 2, пермеатоотводящей трубки 14, мембран 19, дренажного слоя 22, сетка-сепаратор 20, резиновое кольцо 9, 11, крышка 10, заглушка 15, прокладки 8, ответного

фланца 12, болтов 5, гаек 6 и шайб 7, антителескопическая решетка 16, втулка 17, резиновая манжета 3.



**Рис. 1** Схема баромембранного аппарата рулонного типа

Исходный раствор подается через штуцер 4 и движется по межмембранным напорным каналам рулонного элемента в продольном направлении, под действием избыточного давления часть раствора продавливается через мембраны 19 и образует пермеат, а обогащенный растворенными веществами ретентат проходит по всему рулонному элементу и отводится через штуцер вывода ретентата 13 с гайкой 18. Пермеат по спирально расположенному дренажному слою поступает через отверстия отвода пермеата 21 в отводящую трубку 14 и выводится из аппарата через крышку 10.

### **31. ПРОЦЕС МЕМБРАННОЇ ДИСТИЛЯЦІЇ ЯК СКЛАДОВА КОМПЛЕКСНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ПІСЛЯСПИРТОВОЇ ЗЕРНОВОЇ БАРДИ**

**Л.В. Корнієнко,**

**В.Г. Мирончук**

*Національний університет харчових технологій*

До сьогодні, не зважаючи на існуючі технології переробки післяспиртової барди, питання комплексної її утилізації залишається актуальним як з позиції охорони навколишнього середовища, так і з точки зору забезпечення високих техніко-економічних показників роботи спиртових заводів.

Низький вміст сухих речовин в післяспиртовій барді 2,0–3,8 % передбачає в більшості технологій її утилізації використання громіздких і енергоємних вакуум-випарних установок.

Разом з тим, за останні роки в спиртовій промисловості набувають все більше розповсюдження мембранні технології, і зокрема, мембранної дистиляції.

Мембранна дистиляція — це термічний мембранний процес, в якому рідка і парова фаза розділені гідрофобною пористою мембраною, що не змочується рідкою фазою, і через яку переносяться тільки молекули пари. Процес мембранної дистиляції відбувається при атмосферному тиску й температурах, які можуть бути значно нижчими ніж температура кипіння розчинника.

Рушійною силою мембранної дистиляції є різниця тиску пари розчинника по обидва боки мембрани, яка виникає за рахунок різниці температур вихідного розчину з віддаючої сторони і пермеату на її приймаючому боці. В порівнянні з баромембранними методами, мембранна дистиляція має переваги, які полягають у відсутності значного надлишкового тиску у робочих камерах та можливості концентрування розчинів багатьох нелетких органічних та неорганічних речовин до концентрацій, практично, близьких до межі їх розчинності.

Для проведення експериментальних досліджень було використано лабораторну установку, принцип роботи якої полягає в наявності градієнта температур між сировиною (післяспиртова барда) і пермеатом (дистилятом).

В даній роботі зроблено огляд науково-технічної літератури по застосуванню мембранної дистиляції у харчовій та переробній промисловості, а також наведені результати власних експериментальних досліджень по концентруванню післяспиртової зернової барди цим методом.

Вміст сухих речовин у зерновій післяспиртовій барді в процесі мембранної дистиляції за умов експерименту, зростає в декілька разів.

## **32. ПІДГОТОВКА МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ ДО МЕМБРАННИХ МЕТОДІВ ОБРОБКИ**

**О.І. Кравець,  
М.М. Шинкарик**

*Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя*

На сьогодні важливим завданням, що стоїть перед молокопереробною галуззю є забезпечення повного використання такого цінного вторинного продукту як молочна сироватка.

Відомі методи переробки і використання молочної сироватки згруповані в чотири основні напрямки: використання сироватки без обробки (в натуральному вигляді); переробка і використання у вигляді концентратів; виділення і використання найбільш цінних компонентів; переробка сироватки біологічним методом.

В останні роки спостерігається посилена увага до глибокої переробки молочної сироватки, зокрема за рахунок використання мембранних методів. Така переробка дає можливість на більш високому рівні здійснювати виділення цінних компонентів сироватки.

Проте, потрібно враховувати те, що молочна сироватка, що отримується в процесах виробництва молочно-білкових продуктів містить деяку кількість сирного пилу, який являє собою частинки сирної маси, розмір яких значно менший від розмірів сирного зерна. Тому сироватку потрібно спочатку очистити від сирного пилу.

Щодо кількісного вмісту сирного пилу в молочній сироватці, то нами було встановлено, що при виробництві сиру кисломолочного періодичним способом він в середньому становить 3,1 г/л., для казеїнової сироватки (при виробництві казеїну безперервним способом) ця цифра в два рази менша — 1,54 г/л.

Дослідження гранулометричного складу встановили, що понад 80% від загальної маси сирного пилу припадає на фракції середній розмір яких перевищує 0,5 мм.

Враховуючи отримані дані можна зробити висновок, що основну частину сирного пилу з сироватки можна відділити шляхом фільтрування.

З цією метою розроблено конструкцію фільтра патронного типу, з періодичною регенерацією фільтрувального елемента. Фільтр є закритим, тобто контакт з повітрям виключений, що унеможливорює піноутворення. Перевагами даного фільтра є простота конструкції та можливість використання на підприємствах різної потужності.

Використання фільтра дозволить відділити з сироватки значну частину сирного пилу (80 %). Для ефективної очистки молочної сироватки доцільно використовувати фільтрування у дві стадії — на фільтрах грубої і тонкої очистки.

### **33. АМІНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД КОНЦЕНТРАТУ СИРОВАТКОВИХ БІЛКІВ ІЗ КАЗЕЇНОВОЇ СИРОВАТКИ**

**Н.Л. Крушельницька,**

**А.В. Мінорова**

*Інститут продовольчих ресурсів НААН*

Із збільшенням виробництва молочної білкової продукції, об'єми молочної сироватки, в тому числі під час виробництва казеїну, є досить високими. В зв'язку з цим питання переробки казеїнової сироватки є актуальними. Згущення і подальше сушіння казеїнової сироватки недоцільне з огляду на її високу кислотність. У той же час використання мембранної техніки, зокрема, ультрафільтрація, може допомогти вирішити проблему переробки казеїнової сироватки в промислових умовах.

З урахуванням передового закордонного досвіду доцільним є переробка казеїнової сироватки на сухі концентрати сироваткових білків (КСБ-УФ).

На Буцацькому сирзаводі (Тернопільська область) впроваджено технологію концентрату сироваткових білків з вмістом білка 70 % (КСБ-УФ-70). Визначено амінокислотний склад концентрату сироваткових білків. В таблиці наведено дані щодо вмісту незамінних амінокислот КСБ та сироватки сухої у розрахунку на 100 г білка.

**Таблиця. Склад незамінних амінокислот концентрату сироваткових білків**

	Сироватка підсирна суха		КСБ-УФ-70	
	г на 100 г білка	г на 100 г сухої речовини	г на 100 г білка	г на 100 г сухої речовини
Треонін	3,96	0,61	6,67	4,49
Валін	4,74	0,68	5,73	3,85
Метіонін	0	0	2,85	1,92
Изолейцин	4,97	0,63	6,49	4,37
Лейцин	4,38	0,55	10,19	6,86
Фенілаланін	0	0	4,58	3,08
Цистеїн	1,69	0,30	2,25	1,52
Лізин	3,7	0,56	8,8	5,92
Тирозин	0	0	3,53	2,37

Можна зазначити, що за вмістом незамінних амінокислот, концентрат сироваткових білків отриманий в промислових умовах, має показники у 2 — 4 рази вищі у порівнянні з сироваткою. Завдяки високому вмісту сироваткових білків, концентрат можна віднести до продуктів з високою біологічною цінністю.

### **34. ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ІОНІВ $\text{Ca}^{2+}$ НАНОФІЛЬТРАЦІЙНИМИ КЕРАМІЧНИМИ МЕМБРАНАМИ**

**Д.Д. Кучерук,  
Т.Ю. Дульнева**

*Інститут колоїдної хімії і хімії води  
ім. А.В. Думанського НАН України*

**В.І. Редькович**  
*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»*

В останні роки у світовій практиці для очищення води використовують баромембранні методи на основі керамічних трубчастих мембран, зокрема, нанофільтраційних. Такі мембрани є стійкими до хімічного, механічного, біологічного та термічного впливу, а також легко регенеруються, зокрема, зворотним потоком фільтрату [1].

Метою даної роботи є визначення ефективності очищення води від іонів  $\text{Ca}^{2+}$  нанофільтраційними керамічними мембранами. Зокрема, визначено вплив концентрації іонів  $\text{Ca}^{2+}$  у вихідному розчині, робочого тиску, часу та температури розчину на процес очищення розчинів  $\text{CaCl}_2$ .

Досліди проведено у баромембранній установці з використанням трубчастих нанофільтраційних керамічних мембран із середнім діаметром пор 0,9 нм, робочим шаром із  $\text{TiO}_2$  та підкладкою із  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Зовнішній і внутрішній діаметри трубки складали відповідно 10 і 7 мм. Робоча внутрішня поверхня трубки становила  $2,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

Як свідчать дані кінетичних досліджень, максимальний ступінь очищення розчину  $\text{CaCl}_2$  (вихідна концентрація  $\text{Ca}^{2+}$  —  $60,0 \text{ мг/дм}^3$ , рН 5,5–5,8), що становив 94,4 %, було досягнуто після 2,5–3,0 год роботи і практично не змінювався впродовж 6 год експерименту при стаціонарному значенні питомої продуктивності мембрани  $0,03 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Встановлено, що при збільшенні концентрації іонів  $\text{Ca}^{2+}$  у вихідному розчині від  $60,0$  до  $120,0 \text{ мг/дм}^3$  ступінь його очищення дещо зменшувався (до 92,4 %). При підвищенні робочого тиску від  $0,6$  до  $1,2 \text{ МПа}$  спостерігалось зниження вилучення  $\text{Ca}^{2+}$  з розчину до 82,2 % з одночасним підвищенням питомої продуктивності мембрани до  $0,045 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ . Зниження температури вихідного розчину  $\text{CaCl}_2$  від  $32^\circ\text{C}$  до  $10^\circ\text{C}$  призводило до зменшення питомої продуктивності мембрани до  $0,018 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Таким чином, проведені дослідження свідчать про високу ефективність керамічних нанофільтраційних мембран для вилучення іонів  $\text{Ca}^{2+}$  із розчину  $\text{CaCl}_2$ . Такі мембрани доцільно використовувати для очищення жорстких підземних вод до фізіологічно обґрунтованого рівня вмісту кальцію ( $50\text{--}75 \text{ мг/дм}^3$ ) у питній воді [2].

## ЛІТЕРАТУРА

1. Брик М.Т. Енциклопедія мембран: В 2 т. — К.: Вид. Дім «Києво-Могилянська академія», 2005 — 2006. — Т. 1. — 658 с.
2. Кондиционирование опресненной дистилляцией воды / Под ред. А.Т. Пилипенко. — К.: Наукова думка, 1990. — 248 с.

### **35. МЕМБРАННА ТА АДСОРБЦІЙНА ТЕОРІЇ БУДОВИ КЛІТИНИ. РОЛЬ ТА ФУНКЦІЇ БІЛКІВ У КЛІТИНІ**

**В.М. Логвін,**

**О.В. Адаменко**

*Національний університет харчових технологій*

Значна кількість процесів в харчовій промисловості спрямована на вилучення з сировини певного компоненту чи ряду компонентів, з яких в подальшому виробництві буде виділено цільовий продукт. Основні принципи цих процесів ґрунтуються на знаннях про структуру та властивості сировини, а якщо говорити точніше то про структуру та властивості клітини даної сировини. Визначальною тут є проникність для різних речовин та розподіл речовин між клітиною та оточуючим середовищем,

Дослідження проникності клітини розпочалися більше ніж сто років тому Пфедером, Фрізом та Овертоном. На основі отриманих ними наукових даних була сформована класична мембранна теорія. За Сіліним П. М., класиком технології цукру з буряків, який формував свої наукові положення посилаючись на мембранну теорію, клітина має стінку, яка складається з целюлози, геміцелюлози та пектинових речовин. Це є тверда фаза в складі цукрових буряків. У середині клітини біля стінки знаходиться шар протоплазми основу якого складають білкові речовини. В середині протоплазми є простір — вакуоля, заповнена клітинним соком — водним розчином сахарози та не сахарозних речовин. Протоплазма створює мембрану. Ця мембрана не пропускає розчинених у воді вакуолі речовин. Сахароза може бути вилучена лише після денатурації білків протоплазми, які згортаються і відкривають пори для виходу сахарози з клітини. Але відомо, що в твердій фазі цукрових буряків, що складає 5,0 % від маси буряків, знаходиться лише 0,1 % від маси білків, а 0,7–0,8 % білків знаходиться у клітинному соку у вакуолях. Таким чином проникність стінок клітин для сахарози та не сахарозних речовин визначається 0,1 % білків, тобто лише 1/50 маси м'якоті (твердої фази) визначає проникність стінок клітин. Це перший наш сумнів щодо ролі білків твердої фази цукрових буряків у проникності стінок клітин.

У клітинному соку міститься 0,7–0,8 % білків. Яка роль цих білків у клітині? У природі даремно нічого не буває. Аналізуючи склад цукрових буряків за півтора сторіччя добре прослідковується, що з підвищенням вмісту сахарози в ц. б. підвищується і вміст білків, хоча можливо й навпаки з підвищенням вмісту білків зростає і вміст сахарози. Цього явища не може пояснити мембранна теорія.

Є ще одне питання у вирощуванні буряків, на яке не може дати відповідь мембранна теорія. Рушійною силою переміщення речовин в рідинному середовищі є різниця концентрацій. Речовина переміщується з середовища з вищою концентрацією у бік середовища з меншою концентрацією. Коли ж концентрації вирівнюються, рушійна сила дорівнює нулю, а масообмін зупиняється. Як же тоді по-



яснити переміщення сахарози з листків із середовища з концентрацією сахарози до 1 % у коренеплід, де концентрація сахарози досягає 18–20 %. Подібна проблема є й щодо переміщення іонів  $K^+$  з міжклітинного середовища де менша їх концентрація у клітину де вища концентрація цих іонів.

В середині минулого сторіччя у Ленінградському інституті цитології АН СРСР, під керівництвом академіка Насонова Д.Н., була виконана ретельна експериментальна перевірка положень мембранної теорії і запропонована сорбційна теорія клітинної проникності. Ініші, пізніше виявлені, положення сорбційної теорії були викладені в роботах А.С. Трошина.

Якщо мембранна теорія основну роль в проникності клітин надавала поверхневій мембрані і розглядала вміст клітини, як водний розчин речовин, то сорбційна теорія вказує на велике значення внутрішнього вмісту клітини і розглядає протоплазму як фазу (інша назва фазова теорія), що відрізняється від зовнішнього середовища і не змішується з ним. Автори сорбційної теорії вважали, що значна більшість води в клітині є зв'язаною та має меншу розчинну здатність.

Значних успіхів у дослідженні будови і фізіології клітини досяг американський вчений Г.Лінг, який запропонував теорію асоціації-індукції. За Лінгом, елементарною структурною коміркою клітини є іоно-водно-білковий комплекс. В даному випадку білок є ядром (серцевиною) комплексу і він визначає всі основні властивості комплексу. У молекулах білків амінокислоти з'єднані пептидними зв'язками  $-CO-NH-$ . Дипольні заряди всіх пептидних зв'язків взаємодіють з молекулами води, орієнтують їх у просторі і обмежують їх рухливість. Таким чином у відповідності з багатошаровою організацією поляризованої води навколо молекули білку, утворюється багатошарова «водна шуба» і молекула білку знаходиться у водному кокони.

Молекули білків цукрових буряків у своєму складі мають позитивно та негативно заряджені радикали. Позитивно заряджені радикали можуть приєднувати аніони сахарози. Окрім того сахароза зв'язується з від'ємними зарядами білків водневими зв'язками. Водень виступає з'єднувальним містком. Сахароза в клітинах адсорбується білками. Звідси витікають функції та роль білків у кількості 0,7–0,8% від маси буряків у клітинному соку. І можна вважати, що зі збільшенням синтезу сахарози в листовому апараті необхідно більше мати білків у коренеплоді ц.б. щоб відвести сахарозу з листків.

Рушійною силою переміщення сахарози проти градієнта концентрації під час росту цукрових буряків є адсорбція її білками. З цього приводу відомий біолог і селекціонер цукрових буряків А.Л. Курсанов сказав, що адсорбція є основною причиною переміщення сахарози в коренеплід.

### **36. ВИДАЛЕННЯ ТА ГЛИБОКЕ КОНЦЕНТРУВАННЯ НІТРАТІВ З РОЗЧИНІВ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗУ**

**В.О. Осипенко**

*Інститут колоїдної хімії та хімії води  
ім.А.В. Думанського НАН України*

На сучасному етапі розвитку людства проблема чистої води стає дуже актуальною. Це викликано не тільки дефіцитом питної води, але й прогресуючою в усьому світі тенденцією привнесення в водне середовище нових, невластивих для

нього речовин — поллютантів, в тому числі і нітратів, які погіршують якість води. Вилучення нітратів з водного середовища є однією з найважливіших екологічних проблем сьогодення — у зв'язку з інтенсивним застосуванням азотних добрив у сільському господарстві значна частина джерел питної води виявилася непридатною до використання, оскільки нітрати характеризуються широким спектром токсичної дії [1].

Серед мембранних технологій електродіаліз — єдина технологія, при визначених умовах здатна здійснювати як розділення, так і концентрування розчинів. З цієї причини електродіаліз є одним з перспективних напрямків розвитку техніки та технологій для багаточисельних галузей промисловості [2].

Показано, що за допомогою електродіалізатора-концентратора, розробленого в Інституті колоїдної хімії та хімії води ім.А.В.Думанського НАН України [3], можна очистити розчин нітрату натрію з концентрацією 2 г/дм<sup>3</sup> до 0,071 г/дм<sup>3</sup> при густині струму 1,25 А/м<sup>2</sup> протягом 50 хв. та глибоко сконцентрувати розсіл до 130 г/дм<sup>3</sup>. Зі збільшенням густини струму від 0,75 до 1,5 А/м<sup>2</sup> при вихідній концентрації нітрат-іонів 2 г/дм<sup>3</sup> зменшується вміст іонів NO<sub>3</sub><sup>-</sup> у ділюаті і знаходиться в межах 0,760–0,130 г/дм<sup>3</sup>, а в отриманому при цьому розсолі 132,5–161,7 г/дм<sup>3</sup>. Зі збільшенням часу проведення експерименту від 20 до 50 хв. при вихідній концентрації нітрат-іонів 2 г/дм<sup>3</sup> і густині струму 1,25 А/м<sup>2</sup> концентрація іонів NO<sub>3</sub><sup>-</sup> у ділюаті становить 1,640–0,071 г/дм<sup>3</sup>, а в розсолі 115,5–130 г/дм<sup>3</sup>.

Висновок. Отримані результати свідчать, що розроблений електродіалізаторі доцільно використовувати для видалення із води та глибокого концентрування нітратів з подальшою переробкою останніх на корисні продукти.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Эльпинер Л.И., Васильев В.С. Проблемы питьевого водоснабжения в США. — М.: Наука, 1983. — 168 с.
2. Lessieur P.D. Процессы опреснения: наилучшее технико-экономическое решение // Сантехника, 2007. — № 1. — С. 26–32.
3. Патент 97302, Україна, МПК С 02 F 1/469 В 01 D 61/42/ Електродіалізатор-концентратор / Гончарук В.В., Кучерук Д.Д., Балакіна М.М. — № а 2010 06709; заявл. 31.05.2010; опубл. 25.01.2012. Бюл. №2.

### 37. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТЕРМОСТІЙКОСТІ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРАТУ ЗІ СКОЛОТИН

**О.В. Старостеле**

*Донецький національний університет економіки  
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*

Сучасні технології виробництва молочних коктейлів передбачають рецептурне використання різної білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС): знежирене молоко, сколотини, молочна сироватка.

Перспективним видом БВМС є сколотини. За умови отримання сколотин, до їх складу переходить 80...90 % білків молока, 0,4...0,7 % молочного жиру, значна частина мінеральних речовин і водорозчинних вітамінів.

Одним із методів підвищення харчової цінності БВМС є метод ультрафільтраційного (УФ) концентрування, який дає можливість здійснювати концентрування сировини без втрати нативних властивостей харчових нутрієнтів.

Дослідження хімічного складу, піноутворюючої здатності та стійкості піни УФ концентрату зі сколотин із різним фактором концентрування показали, що у процесі УФ концентрування в концентраті сколотин відбувається підвищення масової частки білка прямопропорційно фактору концентрації. Продукти УФ концентрування сколотин мають вищу піноутворюючу здатність, а піни, на їх основі є більш стійкими, в порівнянні зі сколотинами.

Проте, при збільшенні фактора концентрування збільшується рівень титрованої кислотності, що пояснюється зростанням вмісту сухих речовин у фазі розчину, які приводять до зростання вмісту у водній фазі сумішей речовин кислотного характеру. Оскільки значення титрованої кислотності УФ концентрату зростає, вважали доцільним дослідити їх термостійкість. Дослідження проводили в діапазоні температур 80...95°C, тому що саме такий рівень температури під час пастеризації забезпечує необхідний рівень знищення мікроорганізмів, інактивацію ферментів, часткову денатурацію білків молочної сировини і підвищення їх гідрофільності та є достатнім для активації стабілізаторів.

Аналіз отриманих даних показав, що сколотини мають високу термостійкість: за температури 93...97 °C вони витримують теплову обробку до (9,8...10,2)·60 с. Стійкі до термічної обробки і УФ концентрати сколотин із фактором концентрування 1,5; 2,0. Найнижчу термостійкість має УФ концентрат сколотин із фактором концентрування 2,5: температуру 80...85 °C він витримує протягом (0,98...1,02)·60 с, при подальшому підвищенні температури він не є термостійким.

Враховуючи вищевказане, вважаємо доцільним використання в технологіях молочних коктейлів, з метою покращення біологічної цінності та структурних властивостей напоїв, УФ концентрату сколотин із фактором концентрування 2.

### **38. О МЕХАНИЗМЕ АСИММЕТРИИ ДИФФУЗИОННОГО ПЕРЕНОСА ЧЕРЕЗ МОДИФИЦИРОВАННУЮ МЕМБРАНУ**

**В.В. Угрозов**

*Финансовый университет при Правительстве  
Российской Федерации. Заочный финансово-  
экономический институт*

**А.Н. Филиппов**

*Российский Государственный университет  
нефти и газа имени И.М. Губкина*

Экспериментальные исследования последних лет показали, что интенсивность массопереноса газов или жидкостей [1–2] через композитные или асимметрич-

ные мембраны может зависеть от направления трансмембранного градиента концентрации. Данное явление получило название эффекта асимметрии диффузионной проницаемости мембраны (ЭАДПМ). К настоящему времени предложен ряд возможных механизмов, способных вызвать данный эффект.

В данной работе подробно анализируется, предложенный авторами [3] поверхностно-адсорбционный механизм ЭАДПМ. Разработана модель, описывающая диффузионный перенос растворенного вещества через мембрану с различающимися адсорбционно-кинетическими характеристиками на поверхностях.

При условии независимости от концентрации адсорбционных коэффициентов и коэффициента диффузии, установлено, что равновесные коэффициенты адсорбции —  $K$  и сорбционные емкости —  $c_\infty$  на обеих поверхностях должны быть одинаковы. Однако коэффициент скорости десорбции на поверхности 1 —  $k_{d1}$  может отличаться от коэффициента скорости десорбции на поверхности 2 —  $k_{d2}$ .

Получены выражения для диффузионных потоков в зависимости от направления переноса. Найдено выражение для коэффициента асимметрии вида

$$\eta = \frac{P_1}{P_2} = \frac{[1 + \frac{Ka_0}{c_\infty} + \frac{D}{l}(\frac{1}{k_{d1}} + \frac{1}{k_{d2}} + \frac{Ka_0}{k_{d1}c_\infty})]}{[1 + \frac{Ka_0}{c_\infty} + \frac{D}{l}(\frac{1}{k_{d2}} + \frac{1}{k_{d1}} + \frac{Ka_0}{k_{d2}c_\infty})]} \quad (1)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  — коэффициенты проницаемости мембраны для противоположных направлений переноса;  $D$  — коэффициент диффузии,  $l$  — толщина мембраны,  $a_0$  — концентрация раствора (предполагалось, что концентрация растворенного вещества в пермеате —  $a_p \ll a_0$ ).

Показано, что если лимитирующей стадией мембранного переноса является диффузия ( $\frac{l}{D} \gg \frac{1}{k_{di}}$ ), то эффект АЭДПМ не возникает ( $\eta = 1$ ). Если лимитирующая стадия переноса определяется скоростью кинетики десорбции на поверхностях мембраны ( $\frac{l}{D} \ll \frac{1}{k_{di}}$ ,  $i = 1, 2$ ), то эффект АЭДПМ может возникнуть.

Установлено, что эффект АЭДПМ может возникнуть при заметном влиянии на мембранный перенос скоростей кинетики десорбции на поверхностях мембраны, при условии их заметного различия (т.е.  $k_{d1} \neq k_{d2}$ ).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Roldughin V.I., Zhdanov V.M. Asymmetrical gas mixture transport in composite membranes // *Advances in Colloid and Interface Science*. 2011. V.168. P.223.
2. Волков В.В., Мчедлешвили Б.В., Ролдугин В.И., Иванчев С.С., Ярославцев А.В. // *Нанотехнология* 2008. Т. 3. С. 67.
3. Угрозов В.В., Филиппов А.Н. // *Коллоидный журн.* — 2012. — N6.

### 39. ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НАНОФИЛЬТРАЦИОННЫХ И ОБРАТНООСМОТИЧЕСКИХ МЕМБРАН И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.

Е.Н. Фарносова,

Г.Г. Каграманов,

ФГБОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

Функционирование любого промышленного предприятия связано с потреблением большого объема технической воды и, как следствие, с образованием стоков, различных по своему химическому составу и свойствам. На большинстве производств для очистки стоков используются технологии, основанные на традиционных методах, которые при очевидных высоких капитальных и эксплуатационных затратах, не позволяют довести стоки до норм ПДК для сброса в канализацию или до требований к воде, используемой в технологическом процессе.

Для наиболее эффективной очистки стоков, содержащих ионы тяжелых металлов, перспективным является использование мембранных в комбинации с традиционными методами очистки. Для разработки эффективной схемы очистки подобных сложных систем необходимо глубокое изучение физико-химических основ процессов мембранного разделения.

В РХТУ им. Д.И. Менделеева ведутся исследования подобных процессов. В качестве объектов изучения выступали модельные растворы, содержащие различные ионы тяжелых металлов, и мембраны: обратноосмотические (ОО), нанофильтрационные (НФ). Было изучено влияние основных технологических параметров (температура, величина pH) на селективность и удельную производительность мембран, определен и обоснован ход зависимостей. Также определены оптимальные области применения процессов. Изучено и обосновано влияние состава раствора (присутствие ко- и противоионов) на селективность ОО и НФ мембран, обнаружены и теоретически объяснены экстремумы зависимостей селективности нанофильтрационных мембран от величины pH. Показано, что ОО, и, особенно, НФ мембраны демонстрируют ярко выраженный минимум селективности при очистке от ионов тяжелых металлов при значении величины pH ~ 5,4.

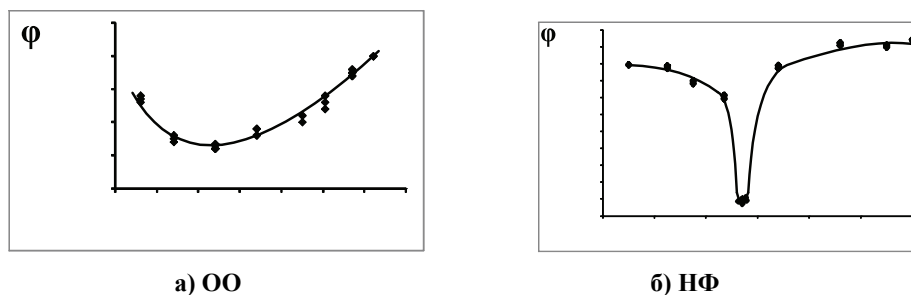


Рис.1. Влияние величины pH на селективность мембран.  
 $\Delta P=3,6$  бар; температура 20 °С; pH=6,5.

## 40. ОЦЕНКА СЕЛЕКТИВНОСТИ ИОНООБМЕННЫХ МЕМБРАН ИЗ ИХ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

**М.А. Черняева,**

**Н.А. Кононенко**

*Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Кубанский  
государственный университет»*

Селективность мембранных материалов играет важную роль при использовании ионообменных мембран для электродиализной подготовки питьевой воды. Целью работы являлась оценка селективности мембран из кривых распределения объема пор по радиусам и сравнение полученных данных с результатами измерения чисел переноса ионов потенциометрическим методом. Объектами исследования были катионо- и анионообменные мембраны МК-40 и МА-40 на полистирольной матрице и перфторированная мембрана МФ-4СК. Из порометрических кривых, полученных методом контактной эталонной порометрии, определено максимальное влагосодержание  $V_0$ , объем воды в макропорах  $V_{\text{макро}}$ , площадь внутренней удельной поверхности  $S$  и расстояние между фиксированными группами  $L$ , рассчитанное с использованием данных по обменной емкости  $Q$  (таблица).

Микро- и мезопоры, эффективный радиус которых составляет от 1 до 100 нм, условно называются гелевыми, так как располагаются в ионообменной смоле. В разбавленных растворах эти поры обладают достаточно высокой селективностью за счет перекрывания двойных электрических слоев, расположенных у противоположных стенок пор. В связи с этим доля этих пор в общем объеме пор мембраны ( $V_{\text{гель}}/V_0$ ) может служить критерием ее селективности. Чем выше параметр  $V_{\text{гель}}/V_0$ , тем выше селективность мембраны. Экспериментальное определение чисел переноса ионов  $t_{\text{app}}$ , проводилось путем измерения мембранного потенциала в растворах 0,1 М и 0,2 М NaCl по обе стороны мембраны (таблица).

**Таблица. Структурные характеристики и числа переноса  
противоионов исследованных мембран**

	$V_0$ , $\Gamma_{\text{H}_2\text{O}}/\Gamma_{\text{с}}$	$Q$ , мг- экв/ $\Gamma_{\text{с}}$	$S = 2 \int_{r=1}^{r_{\text{max}}} \frac{1}{r^2} \left( \frac{dV}{d \ln r} \right) dr = 2 \int_{r=1}^{r_{\text{max}}} \frac{dV}{r}$ , $\text{м}^2/\Gamma$	$L = \sqrt{\frac{S}{QN_A}}$ , нм	$V_{\text{макро}}$ , $\Gamma_{\text{H}_2\text{O}}/\Gamma_{\text{с}}$	$\frac{V_{\text{гель}}}{V_0}$	$t_{\text{app}}$
МК-40	0,54	1,67	421	0,52	0,27	0,78	0,97
МА-40	0,62	2,30	514	0,60	0,29	0,87	0,92
МФ-4СК	0,23	0,93	207	0,51	0,10	0,98	0,97

Как видно из таблицы, параметр  $V_{\text{гель}}/V_0$  для гетерогенных мембран МК-40 и МА-40 ниже, чем для перфторированной мембраны МФ-4СК. Данный способ в первом приближении можно использовать для оценки селективности ионообменных мембран.

#### 41. ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРАТУ ЗІ СКОЛОТИН

Т.І. Юдіна,

О.В. Старостеле

*Донецький національний університет економіки  
і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського*

Одним з напрямів використання білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС), зокрема сколотин, є виробництво різних молочних напоїв. Особливе місце серед них, завдяки привабливому вигляду та смаковим якостям, займають молочні прохолоджуючі напої — коктейлі, які представляють собою піно-емульсійні системи.

Харчовий потенціал сколотин та їх функціональні властивості сприятливі для використання у виробництві молочних напоїв з пінною структурою.

Одним із найперспективніших методів підвищення харчової цінності молочних коктейлів є використання молочно-білкових концентратів, що одержані методом ультрафільтраційного (УФ) концентрування, який дає можливість здійснювати концентрування сировини без втрати нативних властивостей харчових нутрієнтів.

Досліджено хімічний склад ультрафільтраційного концентрату зі сколотин із різним фактором концентрування у порівнянні зі сколотинами. Результати наведено в таблиці.

**Таблиця** Хімічний склад продуктів ультрафільтраційного розділення сколотин

Показники	Сколотини	Білковий концентрат із фактором концентрування			
		1,5	2,0	2,5	3,0
Вміст, %					
Сухі речовини	8,0	9,0	9,5	10,7	11,9
Жир	0,43	0,62	0,8	1,0	1,21
Білок	3,2	4,8	6,4	8,0	9,6
Лактоза	4,84	3,53	2,22	1,6	1,03
Фосфоліпіди, мг%	126,8	185,0	243,0	257,4	271,8

Аналіз таблиці показує, що у складі ультрафільтраційного концентрату сколотин відбувається підвищення масової частки білка прямопропорційно фактору концентрації. З підвищенням фактора концентрації до 3,0 масова частка жиру зростає в 2,7...2,9 раза, фосфоліпідів — у 2,0...2,2 раза, кількість лактози при цьому зменшується в 4,5...4,7 раза за рахунок її переходу до пермеату.

При розробці новітніх технологій продуктів харчування істотне значення має не тільки хімічний склад, але й функціональні властивості вихідної сировини. Тому подальші дослідження передбачають визначення впливу фізико-хімічних характеристик піноутворення УФ концентрату сколотин на якість молочних коктейлів.

Наукове видання

МЕМБРАННІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ  
В ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ  
ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Всеукраїнська науково-практична конференція  
молодих вчених і студентів

*27 — 28 листопада 2012 р.*

Відповідальний за випуск **В.Г. Мирончук**

Комп'ютерна верстка **М.О. Каленкової**

Підп. до друку 21.11.12 р. Формат 70×100/16.  
Обл.-вид. арк. 4,02. Ум. друк. арк. 3,87. Наклад 100 прим.  
Вид. № 43/12. Зам. № 31-12

НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68  
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.