

**Висновки.** Запропонована схема роторного плівкового апарата з використанням кожухотрубчастого теплообмінника для попереднього підігрівання продукту, що подається на концентрування дозволить:

- зменшити зону нагрівання роторного випарника, як наслідок – габаритно-вагові характеристики;
- знизити енерговитрати апарата за рахунок використання для нагрівання продукту енергії вторинної сокової пари.

*Список літератури*

1. Василюк, И. М. Роторные пленочные аппараты в пищевой промышленности [Текст] / И. М. Василюк, А. Т. Сабуров. – М. : Агропромиздат, 1989. – 136 с.

2. Черевко, О. І. Теоретичні передумови інтенсифікації процесу концентрування фруктових паст у роторному плівковому апараті [Текст] / О. І. Черевко, Л. В. Кіпгела, О. С. Загорюлько // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі : зб. наук. пр. / ХДУХТ. – Харків, 2004. – Ч. 1. – С. 207–212. Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

© О.І. Черевко, Л.В. Кіпгела, О.С. Загорюлько, 2009.

УДК 66.081.6:664.29

**Г.В. Дейниченко**, д-р техн. наук

**З.О. Мазняк**, канд. техн. наук

**В.В. Гузенко**, магістр

## **АНАЛІЗ УПРОВАДЖЕННЯ МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПІД ЧАС ОБРОБКИ ПЕКТИНОВОГО ЕКСТРАКТУ**

*Розглянуто питання щодо удосконалення процесів концентрування та очищення за допомогою мембранних технологій та впровадження їх у галузь пектинового виробництва. Надано аналіз теоретичних та експериментальних досліджень мембранної обробки пектинового екстракту.*

*Рассмотрены вопросы относительно усовершенствования процессов концентрирования и очистки с помощью мембранных технологий и внедрения их в отрасль пектинового производства. Предоставлен анализ теоретических и экспериментальных исследований мембранной обработки пектинового экстракта.*

*They are considered questions for improvements of the processes of concentration and treatment by means of membrane technology and introduction them in*

*pectin production industry. The analyses of theoretical and experimental studies are given by membrane of the processing the pectin extract.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Несприятлива екологічна ситуація, соціальні проблеми, стреси, уповільнений спосіб життя, шкідливі звички тощо, призводять до зменшення опору організму від впливу навколишнього середовища й зростання кількості хронічних захворювань. Одним із способів вирішення цих проблем є введення в раціон населення пектинових речовин, що отримуються з різноманітної пектиновмісної плодовоовочевої сировини (яблучного, буяркового, цитрусового жому, соняшникових корзиночок тощо) [5].

Велику зацікавленість, розглядаючи процес отримання пектину, являє спосіб розділення рідкої та твердої фаз за допомогою напівпроникних мембран. Адже мембранні методи дозволяють в більшості випадків по-новому вирішувати питання, що пов'язані з технологією виробництва пектину, зменшуються витрати загальних та допоміжних матеріалів, підвищується продуктивність обладнання і зменшуються енерговитрати, поліпшується якість кінцевих продуктів, які випускаються. Відповідно, використання мембранних процесів дозволяє створити високоефективні та енергозберігаючі економічні технології з обробки високомолекулярних органічних речовин, у тому числі й харчових продуктів [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед основних технологічних процесів отримання пектину велику увагу приділяють концентруванню та очищенню пектиновмісного розчину. Серед перспективних, що можуть вплинути в першу чергу, на якість пектинового екстракту є мембранні технології.

Не дивлячись на безперечну перспективність й переваги мембранних методів обробки сировини, впровадження її в харчову промисловість, в тому числі й пектинове виробництво, на даний момент недостатнє. Це пояснюється низкою причин, що пов'язані з недостатнім асортиментом та якістю мембран, що випускаються промисловістю, апаратів та установок для мембранних процесів. Не менш важливим питанням, що гальмує широке впровадження мембранних технологій в пектинове виробництво, є недосконале виконання та підвищена вартість існуючих мембранних установок закордонного виробництва, що використовуються в окремих галузях харчової промисловості [2].

**Мета та завдання статті.** Метою статті є дослідження процесу інтенсифікації процесів очистки та концентрування пектинових екстрактів за допомогою мембранних методів. Завданням статті є висвіт-

лення переваг мембранної обробки та аналіз перспектив використання мембранної технології для обробки пектинового екстракту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нами було розроблено концепцію проведення досліджень в галузі одержання пектинового екстракту з використанням ядерних мембран із гранульованого бурякового жому.

Головною ланкою в безспиртовій технології виробництва пектину є застосування селективно проникних мембран у процесі концентрування й очищення пектинових екстрактів [3].

Мембранні процеси розділення рідинних систем полягають у фільтруванні розчинів під тиском через напівпроникну мембрану, яка пропускає розчинник і затримує молекули розчинених речовин.

На процес розділення рідких систем основний вплив має взаємодія біологічної рідини, що розділяється, з матеріалом мембрани. Селективність мембран значною мірою залежить від термодинамічних характеристик розчину (наприклад, теплоти гідратації іонів у розчині, заряду часток тощо). Крім того, вона визначається співвідношенням розмірів пор мембрани і гідратованих іонів (молекул) розчинних речовин чи часток суспензії. Сили взаємодії речовин, що розділяються полімерними мембранами, можуть змінюватися в широких межах.

Ультрафільтраційним концентруванням можна підвищити концентрацію пектину до певного граничного рівня, обумовленого розчинністю цієї високомолекулярної сполуки й продуктивністю відповідної мембрани. При цьому, якщо селективність мембрани за низькомолекулярними сполуками невисока, концентрація низькомолекулярного баласту (мінеральні й органічні солі, барвники, мінеральні кислоти, залишкова кількість цукру) залишається практично незмінною [4].

Перевагою концентрування через напівпроникну мембрану є те, що цей процес не потребує використання теплової енергії, як наприклад, під час концентрування випарюванням.

Для підвищення якості пектинових концентратів доцільно використовувати діафільтрацію, яка широко використовується в технологіях білків, ферментів та ін. Діафільтрація дозволяє очищувати пектинові речовини від низькомолекулярних сполук і вибрати оптимальні технологічні схеми ведення процесу ультрафільтрації. Подальший процес ультрафільтрації дозволяє отримувати концентрати, не використовуючи вакуумного випарювання. Пермеат, що утворився в процесі ультрафільтраційного концентрування, може містити в собі деяку частину пектинових речовин через не стовідсоткову селективність мембрани. Тому, подальшим етапом переробки пектинового концентрату є використання зворотньоосмотичної установки, в якій проводиться кінцеве

концентрування пектинового концентрату. Крім того, пермеат, що утворився під час зворотньоосмотичного концентрування, можна використовувати як екстрагент для нової порції гранульованого жому, який потрапляє на переробку.

За діяфільтрації, під час якої очищається пектиновмісний розчин, вводиться чистий розчинник (вода) і при наступному концентруванні знижується концентрація низькомолекулярних речовин за рахунок їх видалення через мембрану разом з розчинником. Діафільтрація дозволяє високоефективно розділяти високо- і низькомолекулярні сполуки. Цей процес також широко застосовується в різних галузях промисловості (наприклад, молочній). Діафільтрацію зазвичай проводять в періодичному режимі з разовим додаванням води в ультрафільтраційний концентрат до необхідної концентрації низькомолекулярних сполук. Цей технологічний прийом призводить до значної перевитрати води й втрати пектинових речовин з фільтратом за більших витрат часу.

Найпростішим варіантом діяфільтрації є періодичний процес. Без додаткових витрат його можна здійснити з використанням ультрафільтраційного модуля періодичної дії.

Розчинником у цьому випадку є вода, яка додається безпосередньо в ємність із продуктом. При разовому розведенні в концентрат варто додати таку кількість води, щоб досягти необхідної концентрації низькомолекулярних речовин. Далі розчин концентрується до початкового об'єму. Якщо застосовувати циклічний спосіб, то концентрат розбавляється декілька разів і стільки ж піддається концентруванню ультрафільтрацією.

Факторами, що впливають на процес діяфільтрації, є:

- ступінь попереднього концентрування;
- ступінь розведення;
- число циклів (при циклічному способі).

За зворотнього осмосу залежно від типу систем, що розділяються (розчини електролітів або органічних речовин), механізми процесу суттєво відрізняються. Перш за все, це обумовлено різницею у взаємодії розчинів з матеріалом мембрани.

При теоретичному описі процесу розділення розчинів електролітів необхідно враховувати термодинамічні характеристики розчинів, їх будову, стеритичні фактори та інші параметри.

Створення мембранного апарата, який би відповідав, вимогам, що висуваються до баромембранних апаратів є складною задачею. Тому, для кожного конкретного процесу розподілу потрібно здійснювати підбір такої конструкції, яка б забезпечувала найбільш вигідні умови ведення процесу [6].

Для здійснення процесу ультрафільтрації можна використовувати апарати з плоскими і трубчастими мембранними елементами, або апарати, що працюють за принципом «глухого кута». Схему такого апарата показано на рис. 1.

Для проведення баромембранних процесів в апаратах, які складають частину технологічної лінії з виробництва пектину, ми рекомендуємо використовувати апарати з плоскими мембранними елементами. Це пов'язано з проведенням процесів: мікрофільтрації, ультрафільтрації, діалізації та деякими конструктивними особливостями такого типу апаратів.

Відомі дослідження з обробки пектиновмісної сировини за допомогою баромембранних способів. Метою експериментальної частини роботи є застосування процесів ультрафільтрації та діалізації для концентрування та очищення пектинового екстракту від низькомолекулярних сполук і вибір оптимальної технологічної схеми проведення процесу діалізації, яка забезпечувала б мінімальний час обробки пектинового екстракту й максимальну продуктивність мембранної установки.

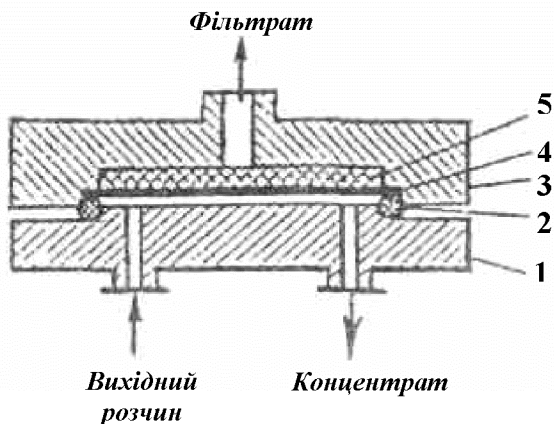


Рисунок – Схема установки для мембранного розділення рідинних систем з плоским розташуванням мембрани: 1 – нижня основа; 2 – герметична прокладка; 3 – верхня основа; 4 – напівпроникна мембрана; 5 – підкладка

Результати досліджень з визначення залежності продуктивності мембранного модуля від часу та температури наведено в табл. 1.

**Таблиця 1 – Залежність продуктивності мембранного модуля від температури та тривалості процесу ультрафільтраційного концентрування пектинового екстракту**

Час, хв	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год			
	Температура, °С			
	20	30	40	50
60	15	19	23	27
120	11	13	16	18
180	10	12	12,5	13,5
300	9	10	11	12

З вищенаведених даних таблиці 1 видно, що найкращою температурою для концентрування пектинового екстракту є значення 50° С. При цьому продуктивність мембранного модуля на початку і в кінці залишалася найбільшою з усіх, бо відбувалося різке зниження в'язкості пектинового екстракту.

У табл. 2 наведено якісні показники бурякового пектинового концентрату після діалізаційної очистки.

**Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники пектинового концентрату з бурякового жому**

Показник	До очищення		Після очищення	
	Свіжий жом	Сухий жом	Свіжий жом	Сухий жом
Сухі речовини, %	8,3	8,1	5,2	5,1
Пектин, %	4,8	4,8	4,8	4,8
Зольність, %	1,9	2,1	0,02	0,02
Вільні карбоксильні групи, %	12,6	12,8	12,6	12,9
Метоксильні групи, %	6,4	4,0	6,4	4,0
Ацетиленові групи, %	1,12	1,40	1,1	1,36
Поліуронідний вміст, %	81,1	56,0	82,5	56,5
Желююча здатність, мг Рb <sup>2+</sup> /г пектину	350	80	380	95

З таблиці 2 видно, що після застосування процесу очистки пектинового екстракту діалізацією спостерігається підвищення

желеючої здатності отриманого пектинового концентрату, при цьому кількість пектину не зменшується.

З експериментальних даних можна зробити деякі висновки:

– за ультрафільтраційного концентрування пектинового екстракту утворюється значний густий гелевий прошарок – так звана другорядна мембрана з високою адгезією до матеріалу мембрани, що здійснює значний вплив на продуктивність мембран у результаті розчинення;

– у випадках, коли необхідно скоротити час очищення, рекомендується застосовувати попереднє розчинення та проводити процес концентрації пектинового екстракту, що отримано в результаті розчинення;

– попередній ступінь концентрування ультрафільтрацією здійснює вплив на діафільтрацію;

– найбільш вигідне використання процесів діафільтрації за схемою періодичної фільтрації з безперервним розчиненням, безперервної фільтрації з перехресним потоком рідини та безперервної фільтрації з поверненням фільтрату. Найбільш економічним є останній варіант.

**Висновки.** Таким чином, з вищенаведеного можна зробити висновок. Проведені експерименти показали, що оптимальною температурою для мембранного концентрування є 50° С. За експериментальними даними видно, що процес впровадження мембранних технологій у виробництво пектину дозволяє спростити процеси концентрування та очистки пектинового екстракту. До того ж мембранна обробка пектинового екстракту (зокрема, процес діафільтрації) дає можливість отримати чистий та якісний пектиновий концентрат, при чому проведення процесів не складають великих витрат.

#### *Список літератури*

1. Брик, М. Т. Питна вода і мембранні технології (Огляд) [Текст] / М. Т. Брик // Наукові записки. – К, 2000. – Т.18. – С. 4–24.
2. Голубев, В. Н. Пектин : химия, технология, применение [Текст] / В. Н. Голубев, Н. П. Шелухина. – Москва, 1995. – 387 с.
3. Дейниченко, Г. В. Використання мембранних методів під час виробництва пектинових концентратів [Текст] / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. – 2004. – № 2. – С.43–44.
4. Дейниченко, Г. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини [Текст] / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухина. – Х : Факт, 2008. – 208 с.
5. Донченко, Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение [Текст] / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – М. : ДеЛи, 2007.– 276 с.

6. Черевко, О. І. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] / О. І. Черевко, А. М. Поперечний. – Харків: ХДАТОХ, 2002. – 420 с.

Отримано 15.03.2009. ХДУХТ, Харків.

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

УДК 664.834.2

**М.І. Погожих**, д-р техн. наук, проф.

**М.М. Цуркан**, канд. техн. наук, доц.

## **ПРОЦЕС СУШІННЯ ЯК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ПЕРЕХІД ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ У СТАН РІВНОВАГИ**

*Розглянуто питання визначення енергоефективності процесу сушіння в рамках концептуального представлення процесу як еволюції термодинамічної системи до стану рівноваги.*

*Рассмотрен вопрос определения энергоэффективности процесса сушки в рамках концептуального представления процесса как эволюции термодинамической системы к состоянию равновесия.*

*The question of determination of energy efficiency of process of drying is considered within the framework of conceptual presentation of process as evolution of the thermodynamics system to the state of equilibrium.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Пошук шляхів підвищення енергоефективності технологічних процесів у харчовій промисловості, зокрема процесів сушіння різної харчової сировини є пріоритетною проблемою для галузевої науки.

**Мета та завдання статті.** Ця робота має за мету аналітичне дослідження процесу сушіння як еволюцію термодинамічної системи до стану рівноваги, з подальшим визначенням енергоефективного шляху реалізації процесу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В рамках даної наукової концепції процес сушіння різних матеріалів, у тому числі харчової сировини, є переходом термодинамічної системи з початкового нерівноважного стану до кінцевого рівноважного стану, який відповідає закінченню процесу сушіння. При цьому вибір варіанта термодинамічної системи може бути довільним. Якщо як така обирається зневоднювана сировина, то відповідно розглядається поведінка відкритої термодинамічної системи, яка переходить у стан рівноваги з навколишнім середовищем (сушильним агентом). Якщо ж термодинамічна система є такою, що складається з двох частин – матеріалу і сушильного агента, то вона, відповідно, описується як замкнута, поведінка якої за певних умов поблизу стану рівноваги аналогічна поведінці ізольованої