

УДК 663.44

АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ МЕМБРАННИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВО ПИВА

Дейниченко Г. В., д.т.н.,

Гузенко В. В., к.т.н.,

Кузнецов В. М., студент*

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Тел. (057) 349-45-56

Омельченко О. В., к.т.н.,

Дейнега Л. Г., магістрант**

*Донецький національний університет економіки і торгівлі ім.**М.Туган-Барановського, м. Кривий Ріг*

Анотація – в роботі висвітлені питання щодо застосування мембранних технологій з метою удосконалення процесів фільтрування технологічних рідин для застосування на виробництвах пивоварної галузі. Представлений аналіз існуючих мембранних елементів для проведення процесів фільтрування технологічних рідин при виробництві пива. Приведена інформація про мембранне обладнання для обробки технологічних рідин в процесі виготовлення пива.

Ключові слова – пивоваріння, процес, мембранні технології, ультрафільтраційна обробка, мембранний апарат.

Постановка проблеми. Мембранні технології в теперішній час є сучасним інструментом реалізації ряду пріоритетних напрямків розвитку науки, техніки і технологій. До таких питань слід віднести створення високих технологій, забезпечення безпеки проживання, виробництво екологічно чистих продуктів харчування, високоякісної питної води тощо [1].

Сьогодні для пивоварної галузі харчової промисловості актуальним питанням є її розвиток в напрямку ресурсо-енергозбереження, зниження собівартості пива та покращення якісних показників кінцевого продукту. Одним з питань розвитку пивоварної індустрії є застосування мембранної технології при фільтруванні суслу і пива [2].

Аналіз останніх досліджень. Для концентрування рідких харчових продуктів поряд з основними вимогами існують додаткові вимоги до обладнання, яке застосовується, а саме: забезпечення

© Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Кузнецов В. М., Омельченко О. В., Дейнега Л. Г.

*Науковий керівник – д.т.н. Дейниченко Г. В.

** Науковий керівник – к.т.н. Дейнега Л. Г.

DOI: 10.31388/2078-0877-19-1-3-10

«м'яких» умов оброблення, не допускання теплових пошкоджень, які характеризуються втратою аромату, зумовлюють забарвлення продукту внаслідок взаємодії цукрі та кислот; ретельно добирати матеріал мембрани ; підтримувати стерильність виробництва. Як найкраще цим вимогам відповідає мембранне обладнання [3].

Основним напрямом технічного переоснащення пивоварного виробництва є інтенсифікація технологічних процесів на основі нових розробок і впровадження прогресивних технологій, зокрема вискоєфективного мембранного устаткування з використанням ультрафільтраційних мембран. Все це дасть змогу скоротити тривалість циклу, перейти на безвідходність і комплексне використання сировини та енергії, знизити питомі витрати тепла, електроенергії, води і сировини [4].

Постановка завдання. Метою статті є аналіз сучасних ультрафільтраційних мембран та мембранного обладнання для подальшого використання в технологіях виробництва пива.

Основна частина. В даний час розрізняють УФ-мембрани трьох поколінь – першого, другого і третього. УФ-мембрани першого покоління виготовляють з полімерних матеріалів на основі ацетатцеллюлози. Вони складаються з мікропористого шару і макропористої підкладки [5].

Недоліками цих мембран є низька механічна міцність і хімічна стійкість, мікробіальні розщеплення мембран, низька верхня межа температур (+30 °C), зниження пропускної здатності по мірі експлуатації, що зумовило вдосконалення мембранної техніки.

Розробки щодо вдосконалення структури і властивостей УФ-мембран першого покоління тривають і в даний час. Так, в роботі розроблені полімерні пористі мембрани для розділення білково-вуглеводного молочної сировини.

Аналогічні розробки відомі і за кордоном. Так, R. Barbor з співавторами створив модифіковані ацетілцеллюлозні мембрани для розділення емульсій типу «масло у воді». В результаті модифікації варіюється гідрофобність мембран, що дозволяє оптимізувати процес поділу внаслідок специфічної взаємодії між мембраною і компонентами емульсії [6].

У харчових виробництвах найбільше поширення знайшли полімерні мембрани другого покоління. Вони мають ряд переваг – достатню механічну міцність, високу хімічну стійкість, яка може бути прогнозованою, розмірами пор. Фільтруюча перегородка апарату з полімерних мембран може мати будь-яку форму – у вигляді плоскої плівки або стрічки, у вигляді порожнистих волокон [7].

В інституті кристалографії РАН розроблені асиметричні трекові УФ-мембрани з поліетилентерефталату і полікарбонату з ефективним діаметром пор в селективному шарі 15 ... 20 нм. Отримані

трекові мембрани володіють вищою (в десятки разів) продуктивністю в УФ-розділенні, ніж трекові мембрани звичайного типу.

В інституті фізико-органічної хімії НАН Республіки Білорусь розроблені помірно гідрофільні мембрани другого покоління торгової марки МІФІЛ – типу ПА – на основі ароматичного поліаміду і типу ПС – на основі ароматичного полісульфону. Мембрани призначені для УФ харчових продуктів.

Фірмою DDS (Данія) розроблені листові полімерні мембрани на основі ацетату целюлози (типу СА, UF), полісульфону (типу GR, UF), регенованої целюлози (RC 70 PP), які рекомендовані для використання в біотехнології та харчовій промисловості.

Японська фірма «Tatabanya Banyak Vallalat» розробила капілярні мембрани на основі полісульфону марок PSF I PSA. Мембрани відрізняються компактністю, поділяють рідини будь-якої кислотності, мають широкий діапазон (5 ... 80 °C) робочих температур.

У Великобританії отримали композитні мембрани на основі поліамідів 66, 69, 610, і 612 шляхом кристалізації і морфології. Мембрани відрізняються підвищеною продуктивністю і селективністю.

Німецькими вченими розроблена фільтруюча мембрана, що має субмікропористу структуру. Мембрана містить пористий шар, який має пори різного розміру. Для виготовлення мембрани використовують пористий матеріал, оброблений дисперсією. Мембрана має високу механічну міцність і використовується для процесу УФ.

Фізико-хімічні характеристики деяких УФ-мембран другого покоління виробництва промислово розвинених країн світу наведені в табл. 1 [8].

З даних таблиці видно, що сучасні УФ-мембрани мають широкий діапазон проникності, затримують речовини з молекулярною масою від декількох сотень до трьох мільйонів і мають селективність, що наближається до 100%.

Ще одним різновидом з використанням УФ-мембран другого покоління є динамічні мембрани. Динамічними називаються композиційні мембрани, селективний шар яких утворений частинками, що містяться в рідині що розділяється і формують шар осаду на пористій підкладці. Поділ суміші відбувається на цьому шарі, чиста рідина фільтрується через нього, а частинки дисперсної фази затримуються на ньому. Різновидом цих мембран є рідинні мембрани.

Таблиця 1 – Характеристики деяких видів УФ-мембран

Найменування показника	Фирма – изготовитель (страна)		
	“Амікон” (США)	“Мілліпор” (США)	“Дайцел” (Японія)
Марка мембрани	UM, DM, PM, XM	PSAC, PTGC, PSED, РТНК, PSVP	DUY
Матеріал мембрани	поліелектролітний комплекс		сополімери акрилонітрила
Робочий тиск, МПа	0,07...0,38	0,18	0,7
Проникність, $\text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$	12...3000	60...900	-
Молекулярна маса речовин, що затримуються	594...960000	10000...3000000	1000...50000
Селективність, %	90...98	100	100

Найбільш сучасні УФ-мембрани третього покоління отримують шляхом спікання металевих порошків – оксидів алюмінію, титану, магнію та їх комбінацій, а також вилуговуванням будь-якої частини сплаву. На такі пористі підкладки часто проводять напилення Ni, Zn, Cu, Co і інших металів для формування селективних шарів.

До мембран третього покоління відносяться також металокерамічні мембрани, які представляють собою плоскі або трубчасті елементи, що складаються з пористої металевої підкладки (нержавіюча сталь, титан, різні сплави) і селективного керамічного шару (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3). Керамічний шар наноситься на кожен аркуш металевої підкладки, потім шар пресується і обпалюється в печах за температури $1000\text{ }^\circ\text{C}$ [9].

На підставі викладених матеріалів можна зробити висновок, що першочергові завдання подальшого розвитку мембранної науки пов'язані насамперед з пошуком нових мембранних матеріалів, що забезпечують підвищену ефективність мембранного розділення. Створенням нових типів мембран інтенсивно займаються вчені в усьому світі. На жаль, даних про розробку сучасних типів УФ-мембран в Україні обмаль.

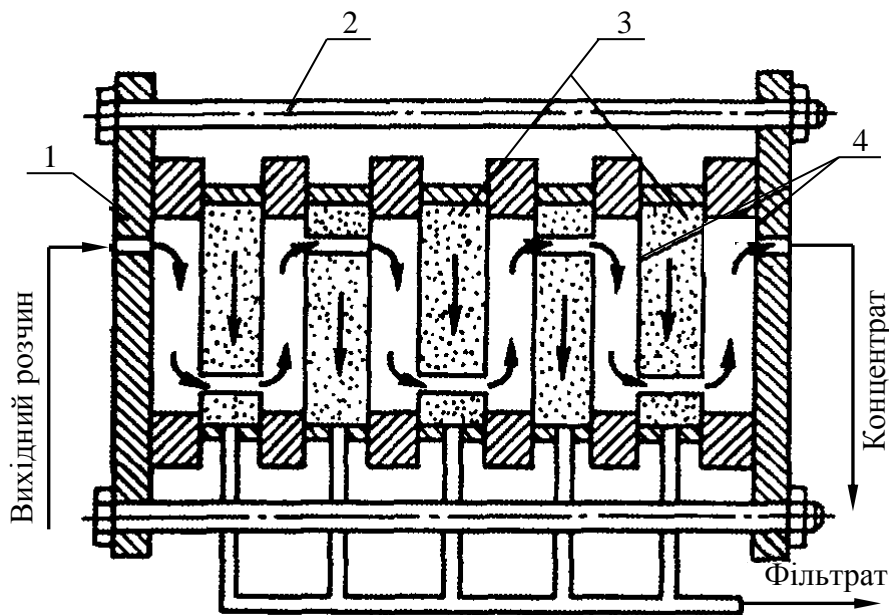
Однак, такі розробки є в Білорусії. Інститутом фізико-органічної хімії НАН Білорусі випускаються напівпроникні помірно гідрофільні УФ-мембрани типу ПАН, які з успіхом можуть бути використані в мембранних технологіях харчових виробництв нашої країни. На жаль, відомості про їх характеристики вельми обмежені, а

рекомендації щодо їх використання в харчових технологіях відсутні взагалі, що обумовлює необхідність проведення додаткових досліджень.

В даний час з усіх видів мембранних апаратів (з плоскими, з трубчастими, з рулонними мембранними елементами і з мембранами у вигляді порожніх волокон) в промисловості багатьох країн широко поширені апарати з плоскими елементами [10].

Основою апаратів цього типу є фільтруючий елемент, що складається з двох мембран, які покладені на дренажну основу. Дренажна основа складається з пористого матеріалу у вигляді однієї або двох опорних пластин, в яких виконані канали для відведення пермеата, і дрібнопористої підкладки, яка зберігає форму і структуру мембрани, що працює під тиском. Опорні пластини можуть бути виготовлені з пластмаси, а дренажні канали – з полімерних сіток, тканини.

Найбільш поширеною модифікацією апаратів з плоскими елементами, що фільтрують є апарати типу фільтр-прес. Основою таких апаратів є фільтруючий елемент, який складається з двох мембран, покладених із двох сторін пористого матеріалу – дренажу (рис. 1).



1 – плита; 2 – болт, що стягує; 3 – пористий матеріал – дренаж; 4 – мембрана.

Рис. 1. Схема мембранного апарату типу фільтр-прес.

Провідні світові виробники також представляють на ринку сучасні мембранні апарати з плоскими елементами, що фільтрують. Фірмою «Universal Oil Products Corporation» розроблений механізований спосіб виробництва плоских фільтруючих елементів

прямокутної форми з нанесенням мембрани на пористу безперервнорухому стрічку, а також апарати на їх основі [11].

Датською фірмою «DDS» випускаються апарати плоскорамного типу з елементами еліптичної конфігурації. На поверхні опорної пластини фільтрувального елемента еліптичної форми виконані поглиблення для відведення пермеата від внутрішньої поверхні мембрани. Вузол перетікання в апараті виконаний у вигляді двох роз'ємних кілець [12].

У США фірмою «Aeroget General Corporation» розроблений апарат круглої форми з плоскими елементами, що фільтрують. Елементи складаються з пористого диска, на якому з обох сторін розташований оброблений смолою фільтрувальний папір Heton і напівпроникна мембрана. Внутрішній вузол перетікання розділяє рідини з одного напірного каналу в інший виконаний в зоні напірного каналу [14].

В Україні розробки УФ-апаратів з плоскими елементами мають обмежений характер. Так, розроблено мембранний модуль, який складається з основи, проміжної пластини, ущільнювачів проміжної і опорної пластин, напівпроникних мембран, розташованих в напірних каналах перфорованих пластин у вигляді дисків. У верхній частині модуля розташована гнучка гумова мембрана, манометр, ексцентриковий вібратор, закріплений жорстко на верхній плиті [15].

Авторами Харківського державного університету харчування та торгівлі запропонована конструкція ультрафільтраційного модуля з пульсуючою подачею вихідної сировини. Модуль має систему поворотних роликів, з'єднаних за допомогою ланцюгової передачі з електродвигуном. Ролики мають здатність обертатися в протилежних напрямках з постійною швидкістю, забезпечуючи пульсуючу подачу вихідної сировини з постійним періодом [15].

Використання мембранних апаратів з плоскими елементами, що фільтрують дещо обмежено. Адже, при проектуванні установок високої продуктивності виникає необхідність ретельної збірки, яка зазвичай здійснюється вручну. До таких апаратів пред'являються підвищені вимоги щодо герметизації напірних каналів. При УФ-розділенні рідин в апаратах розглянутого типу часто виникають проблеми, пов'язані з обмеженою швидкістю рециркуляції рідини над мембраною, нерівномірністю гідродинамічних умов в окремих зонах апарату, утворенням поляризаційного шару високомолекулярних речовин над поверхнею напівпроникною мембраною.

Висновки. Застосування методів мембранного концентрування у виробництві пива відкриває для підприємств пивоварної галузі значні можливості з боку створення нових технологій і збільшення рентабельності виробництва. Сьогодні в Україні та близькому зарубіжжі розробки сучасних видів напівпроникних мембран майже відсутні. На цьому фоні заслуговують на увагу білоруські напівпроникні мембрани

типу ПАН. Аналіз сучасних конструкцій мембранних апаратів показує, що найбільш перспективним для застосування в УФ-установках малої продуктивності є апарати з плоскими елементами, використання яких може бути здійснено шляхом удосконалення існуючих конструкцій або створення принципово нового обладнання.

Література:

1. Застосування мембранних процесів у технології одержання пектинових концентратів: монографія / Г. В. Дейниченко та ін. Харків: Факт, 2016. 176 с.
2. Домарецький В. А., Мельник І. В. Стан і перспективи розвитку пивоварної промисловості України // Харчова наука і технологія. 2010. № 3(12). С. 7–9.
3. Мембранні процеси в технології переробки післяспиртової барди: монографія / В. Г. Мирончук та ін. Київ: НУХТ, 2016. 152 с.
4. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию. Москва: Дели принт, 2007. 208 с.
5. Энциклопедия мембран: в 2 т. / М. Т. Брик та ін. Київ, 2005. Т. 1. 658 с.
6. Physicochemical characterization of modified cellulose acetate membrane for the desing of oil-in-water emulsion devices / R. Barbor end et. // Journal of Membrane Science. 2008. Vol. 310, № 1-2. P. 446–454. DOI:10.1016/j.memsci.2007.11.031.
7. Высокопроизводительные трековые ультрафильтрационные мембраны / А. Н. Нечаев и др. // Критические технологии. Мембраны. 2003. № 4. С. 18-22.
8. Al-Rawaifeh A. E. Polyamid-based composite membranes: Part 1. Preparation and characterization // Desalination. 2005. Vol. 179, № 1. P. 265–272. DOI: 10.1016/j.desal.2004.12.024
9. Polydimethylsiloxane (PDMS) ceramic composite membrane with high flux for pervaporation of ethanol water mixtures / X. Fenjuan end et. // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2007. Vol. 46, № 7. P. 2224–2230. DOI: 10.1021/ie0610290.
10. Плаксин Ю. М., Малахов Н. Н., Ларин В. А. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник. Москва: КолосС, 2007. 760 с.
11. Рекламні проспекти фірми “Universal oil products Corporation”.
12. Рекламні проспекти фірми “DDS”.
13. Рекламні проспекти фірми “Aeroget General Corporation”.
14. Дейниченко Г. В., Мазняк З. А., Гузенко В. В. Разработка оборудования для мембранного концентрирования жидких высокомолекулярных полидисперсных систем // Первый независимый научный вестник. 2015. № 1. С. 32-36.

АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВО ПИВА

Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Кузьменко А. В., Омельченко А. В.,
Дейнега Л. Г.

Аннотация – в работе освещены вопросы относительно применения мембранных технологий с целью усовершенствования процессов фильтрования технологических жидкостей для применения на производствах пивоваренной отрасли. Представлен анализ существующих мембранных элементов для проведения процессов фильтрования технологических жидкостей при производстве пива. Приведена информация о мембранном оборудовании для обработки технологических жидкостей в процессе изготовления пива.

ANALYSIS OF IMPLEMENTATION OF MEMBRANE TECHNOLOGIES IN PRODUCTION OF BEVERAGE

G. Deynichenko, V. Guzenko, A. Kuzmenko, O. Omelchenko, L. Deynega

Summary

This work is devoted to the application of membrane technologies are being discussed in order to improve the processes of filtration of process liquids for use in the brewing industry. Application of methods of membrane concentration in the production of beer opens for the enterprises of the brewing industry significant opportunities on the part of both the creation of new technologies and increased profitability of production, as well as the provision of environmental safety. The main direction of technical re-equipment of brewing production is the intensification of technological processes on the basis of new developments and the introduction of advanced resource and energy saving technologies, in particular, barometric and high-performance membrane equipment using ultrafiltration membranes. The analysis of existing membrane elements for conducting process of filtration of process liquids in the production of beer is presented. Today, the development of modern types of semi-permeable membranes is almost absent. Against this backdrop, the Belarusian semipermeable membranes of the type PAN are noteworthy. Information on membrane equipment for treatment of process liquids in the process of beer production is given. The most promising for use in UV-units of low productivity are devices with flat elements, the use of which can be done by creating fundamentally new equipment. Disadvantages of the devices taken into account for the development of new equipment are the limited speed of fluid recirculation over the membrane, the unevenness of the hydrodynamic conditions in separate zones, the formation of a polarization layer.