



Дейниченко Г. В.

Гузенко В. В.

Мазняк З. О.

*Харківський державний
університет
харчування та торгівлі*

Deinychenko G. V.

Guzenko V. V.

Maznyak Z. O.

*Kharkiv State University
of Food Technology and
Trade*

УДК 621.929.7:542.623

ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО ВПЛИВУ В ПРОЦЕСІ МЕМБРАННОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ ХАРЧОВИХ РІДИН

Стаття присвячена питанню щодо використання методу вібраційного впливу з метою інтенсифікації процесу ультрафільтраційного концентрування харчових рідин рослинного та тваринного походження. Наведено результати експериментальних досліджень щодо впливу пристрою для вібраційного перемішування пектинових концентратів та сколотин на продуктивність ультрафільтраційних мембран. Визначено раціональні робочі параметри проведення процесу ультрафільтраційного концентрування харчових рідин з використанням вібраційного впливу на вихідну сировину та напівпроникну мембрану. Запропоновано мембранну установку для ультрафільтраційного концентрування харчових рідин різної в'язкості.

Ключові слова: мембрани технології, ультрафільтраційне концентрування, вібрація, харчові рідини, пектиновий екстракт, сколотини.

Постановка проблеми. Мембранне розділення харчових біологічних рідин успішно використовується вже понад 30 років. Але й зараз даний спосіб розділення високомолекулярних рідин є ефективним завдяки науковим розробкам, які сприяли вдосконаленню мембранної технології з метою інтенсифікації процесу.

Значення мембранної технології в усьому світі за останні роки значно зросло, перш за все, як технології, яка має можливість навести мости через прірву, яка розділяє промисловість та екологію. Мембранна технологія отримала статус критичної технології національного рівня так, само як каталіз, молекулярний дизайн, нові матеріали, генна інженерія та інші світові пріоритети [1].

Висока ефективність використання мембранних процесів в різноманітних промислових технологіях, а також їх екологічність сприяли стрімкому росту мембранної технології, а також зв'язаного з цим підвищення фінансування в усіх розвинутих країнах. Мембранні методи розділення рідинних сумішей знаходять все більше

застосування у світі. Використання напівпроникних мембран відкриває великі можливості у харчовій промисловості. Зневоднювання молочної сировини, фруктових та овочевих соків, сиропів, екстрактів білків, різноманітних есенцій, пива та інших харчових продуктів може здійснюватись ультрафільтрацією набагато дешевше, ніж, наприклад, випарюванням або виморожуванням, без втрати летких компонентів чи погіршення смаку, що часто супроводжує концентрування випарюванням [2].

Таким чином, мембранні процеси в харчовій промисловості сприяють покращенню якості продуктів, підвищенню їх біологічної цінності та більш повній переробці і використанню.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Висока харчова та дієтична цінність деяких високомолекулярних рідин, зокрема ті, що являють собою вторинну сировину тваринного та рослинного походження, зумовлює необхідність виробництва з них нових продуктів харчування. У той же час специфічні властивості цих рідин



(зокрема сколотин та пектинових екстрактів) відображаються на технології виробництва продуктів харчування. Ці властивості обумовлені хімічним складом, їх структурно-механічними характеристиками, агрегатним станом компонентів в системі і міжфазним взаємодією, що необхідно враховувати під час організації промислової переробки. У практичному плані становлять інтерес процеси концентрування високомолекулярних сполук сепаруванням, згущенням, сушінням і поділ компонентів молекулярно-ситової фільтрацією (ультрафільтрацією) [3].

В той же час, сьогодні у харчовій та інших галузях у великій кількості використовуються легкі одномасні вібраційні машини: вібраційні сита, різноманітні сепаратори і гранулятори, дозатори, класифікатори, калібрувальні машини, подрібнювачі, невеликі за довжиною конвеєри тощо. При цьому з усіх типів віброприводів для цих вібромашин електромагнітні вібратори є найбільш дешевими, надійними, довговічними й економічними, мають найменші габарити, масу й енергоємність. На деяких ділянках переробки молочної сировини та пектинвмісної сировини такі машини використовуються досить вдало. До того ж вони майже не потребують періодичного обслуговування, на відміну від інших типів віброприводів, що робить їх актуальними до впровадження у процеси мембранного концентрування харчових рідин. [4-6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Одна з причин інтенсивного розвитку мембранної технології – відносно низькі енергетичні витрати на процеси розділення (приблизно в 3 рази менше, ніж виморожуванням або випарюванням). Використання мембранних процесів дозволяє створити економічно високоефективні та маловідходні технології переробки розчинів неорганічних та органічних з'єднань, в тому числі і рідинних харчових продуктів. Так, при виробництві сиру з використанням концентрату молока вихід готового продукту збільшується на 25 % [7].

Використання ультрафільтрації може економити енергію, зменшити відходи молокопереробних заводів та підвищувати, якість готового продукту завдяки унікальним властивостям зберігати нативний стан вихідної сировини. Забруднення навколишнього середовища високомолекулярними речовинами не перестає бути однією з головних проблем всіх підприємств з переробки харчових рідин

рослинного і тваринного походження. Тому безвідходне виробництво ефективно не тільки з точки зору економіки, але й з точки зору екології [8].

Проте, в процесі ультрафільтраційного концентрування харчових рідин на поверхні мембрани внаслідок явища «концентраційної поляризації» та деяких інших причин виникає поляризаційний шар, який негативно впливає на продуктивність мембран. При підвищенні тиску процесу ультрафільтрації відбувається ущільнення гель-шару. Тому актуальним є використання окремих засобів інтенсифікації процесу (зокрема вібрації), які спроможні розбивати поляризаційний шар високомолекулярних речовин на поверхні мембрани, що в свою чергу призведе до значного підвищення продуктивності ультрафільтраційної установки [9].

Мета дослідження. Визначення доцільності використання вібраційного впливу на процес концентрування харчових рідин шляхом експериментальних досліджень ультрафільтраційної обробки сколотин та пектинового екстракту і розробки його технічного оснащення з використанням засобу інтенсифікації.

Основні результати дослідження. Авторами було запропоновано спосіб концентрування високомолекулярних речовин під час обробки харчових рідин тваринного (сколотин) та рослинного (пектинових екстрактів) походження, який вирішує як економічну, і екологічну проблеми.

Недоліком відомих на сьогодні способів концентрування високомолекулярних харчових рідин є підвищені втрати високомолекулярних речовин. Концентрація їх у пермеаті досягає 0,1...0,2 %. Також відомі способи не дають тієї продуктивності, яку можна б було отримати на тому ж ультрафільтраційному модулі [10].

Метою запропонованого методу є зниження втрат білка та підвищення продуктивності ультрафільтраційних модулів. Поставлене завдання досягається тим, що відповідно до способу концентрування високомолекулярних харчових рідин із молочної та рослинної сировини шляхом безперервної фільтрації крізь напівпроникну мембрану у три ступені (рис. 1) з отриманням концентрату та пермеату з наступною регенерацією фільтрувальних елементів. Для інтенсифікації процесу концентрування харчових рідин кожен ультрафільтраційний модуль триступеневої установки оснащено перфорованою віброуючою пластиною.

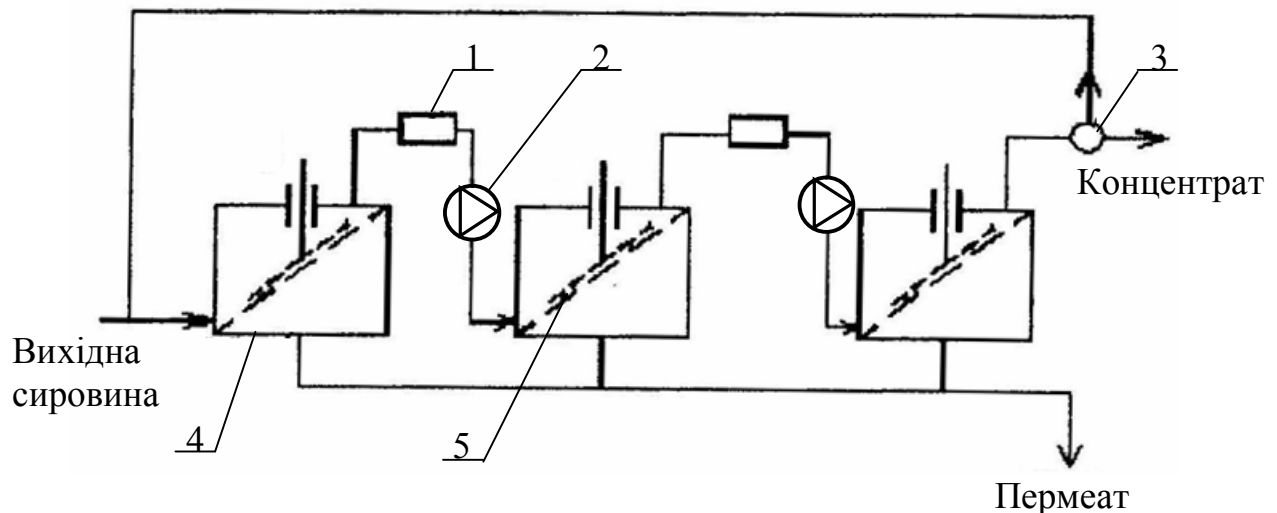
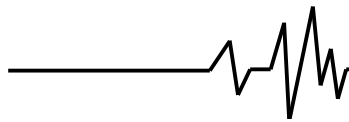


Рис. 1. Схема ультрафільтраційної установки за запропонованим способом:
1 – теплообмінник; 2 – рефрактометр; 3 – перистальтичний насос;
4 – ультрафільтраційний модуль; 5 – перфорована віброюча пластина

В процесі експериментальних досліджень параметрів температури та тиску в процесі ультрафільтраційного концентрування пектинового екстракту та сколотин були встановлені деякі технічні параметри напівпроникних мембран. При цьому було встановлено, що за постійного тиску 0,4 МПа у всіх трьох модулях, можна отримати найменший вміст високомолекулярних речовин у пермеаті, а ступеневе підвищення температури від 40 до 60 °С дає можливість отримати більшу продуктивність [11, 12].

Таким чином, підвищення проникнення (продуктивності) відбувається за рахунок двох факторів: збільшення тиску та зменшення концентраційної поляризації. З урахуванням цього процес ультрафільтрації харчових рідин інтенсифікується.

Далі було експериментально досліджено вплив віброючої пластини на продуктивність ультрафільтраційних мембран під час ультрафільтраційного концентрування харчових рідин тваринного (сколотин) та рослинного (пектиновий екстракт) походження. На рис. 2-3 наведено результати досліджень впливу швидкості пульсуючих потоків вібраційного перемішування харчових рідин (сколотин та пектинового екстракту) під час їх ультрафільтраційного концентрування на продуктивність напівпроникних мембран типу ГР та ПАН.

Із графічних залежностей видно, що зміна продуктивності для всіх типів мембран має однаковий характер. Зі збільшенням швидкості пульсуючих потоків до значень $U = 1,5 \dots 1,7$ м/с спостерігається підвищення продуктивності мембран в 1,5...1,7 рази. У разі подальшого підвищення швидкості пульсуючих потоків

вібраційного перемішування відбувається стабілізація процесу, при цьому продуктивність напівпроникних мембран збільшується, але незначно. Це пояснюється тим, що в цьому проміжку швидкостей під дією тиску пульсуючих потоків виникає ущільнення як шару осаду, так і матеріалу мембрани, а вплив перфорованої віброючої пластини набуває свого максимального значення, при якому щільність гель-шару стає постійною.

У зв'язку з таким становищем, можна зробити висновок, що процес роботи будь-якої ультрафільтраційної установки супроводжується зниженням продуктивності мембран за рахунок часткової або повної закупорки пор мембран – утворенням поляризаційного шару.

Сьогодні для мембранної обробки біологічних рідин у світі використовуються установки, що мають велику потужність (від 2000 л/г). Промислове значення також мають ультрафільтраційні установки, які використовуються для ультрафільтрації в'язких рідин [13, 14].

Методом зниження концентраційної поляризації таких установок є турбулізація розчину за допомогою підвищення швидкості у надмембранному просторі до 3...5 м/с та застосуванням турбулізуючої вставки, що призводить до різкого підвищення втрат енергії. Для зниження концентраційної поляризації в потік вводять тверді частки з густиною матеріалу (наприклад, полімери, скло), з якого вони виготовлені, близькою до густини розчину. Проте такий спосіб не є ефективним. Недоліком всіх установок є зменшення швидкості процесу з часом внаслідок утворення поляризаційного шару на поверхні мембрани [15].

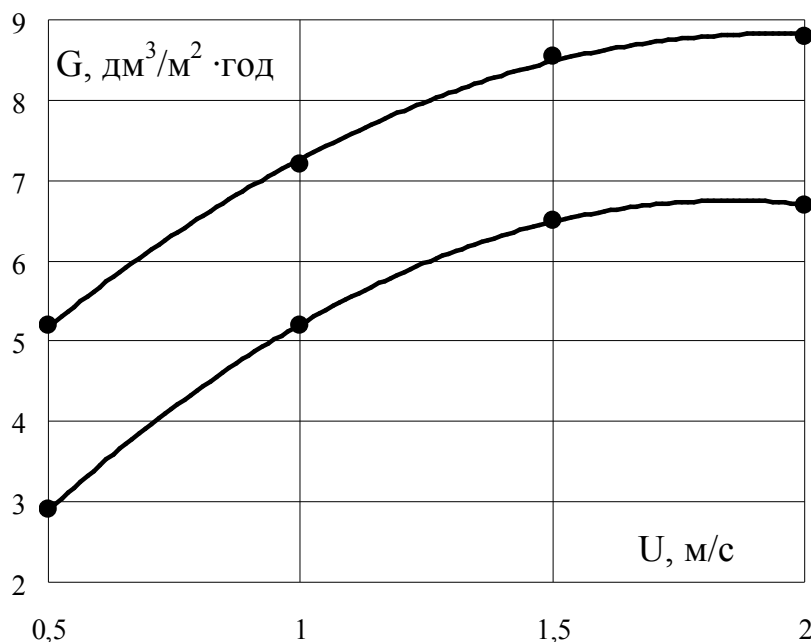
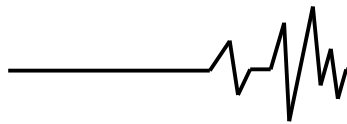


Рис. 2. Залежність продуктивності мембран від швидкості вібраційної перемішування при ультрафільтраційному розділенні сиротин за температури 20 °С і тиску 0,4 МПа: 1 – мембрана ГР81ПП; 2 – мембрана ГР61ПП

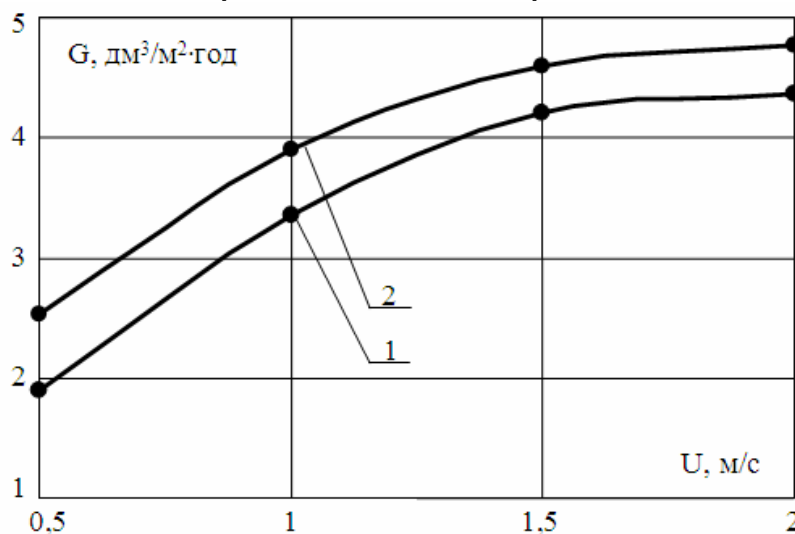


Рис. 3. Залежність продуктивності УФ-мембран типу ПАН від швидкості вібраційного перемішування процесу мембранного розділення пектинових екстрактів за температури 20 °С і тиску 0,4 МПа: 1 – мембрана ПАН-50; 2 – мембрана ПАН-100

Для прискорення швидкості процесу ультрафільтраційного концентрування нами запропонована промислова ультрафільтраційна установка (модуль) для мембранної обробки харчових рідин різної в'язкості. Конструкцію цієї установки, наведено на рисунку 4.

Ультрафільтраційний модуль представляє собою вертикально розташований корпус 2, що закріплений на станині 1. На кришці установки 7 встановлено манометр 8, який призначений для контролю тиску в

середині модуля в процесі концентрування та патрубок 12 для подачі харчової рідини крізь вхідний канал 14 та отвори 15. Також на кришці 7 жорстко закріплено ексцентриковий вібратор 9 з електроприводом 10. Вібраційні коливання за допомогою полого штока 16 передаються перфорованим дискам 5, число яких змінюється відносно числа робочих камер модуля. Герметичність модуля у місці встановлення вібратора забезпечується за допомогою гнучкої гумової прокладки 11. В корпусі модуля розміщено мембрана комірка з мембраною 4,

яка щільно встановлена кріпильним кільцем 3. В нижній частині модуля встановлено фланець з чотирма отворами для щільного з'єднання верхньої ємності з основою 1, за допомогою шпильок. Відвід концентрату здійснюється через отвори полого штоку 16, а відвід фільтрату – через отвори 6.

Принцип дії ультрафільтраційного модуля наступний. Через отвір 14 харчова рідина подається до корпусу модуля 2. Далі через отвір 15 рідина потрапляє в робочу камеру, де під дією тиску та вібраційного

перемішування перфорованим диском 5 відбувається її концентрування крізь мембрану комірку та мембрану 4. Мембрана затримуючи високомолекулярні речовини, пропускає з фільтратом речовини, які утворюють «істиний» розчин. Далі в процесі ультрафільтраційного концентрування фільтрат потрапляє до камери збору фільтрату та виводиться через патрубок 6, а концентрат залишається в робочій камері і, зі збільшенням його кількості, виводиться через отвори полого штоку 16.

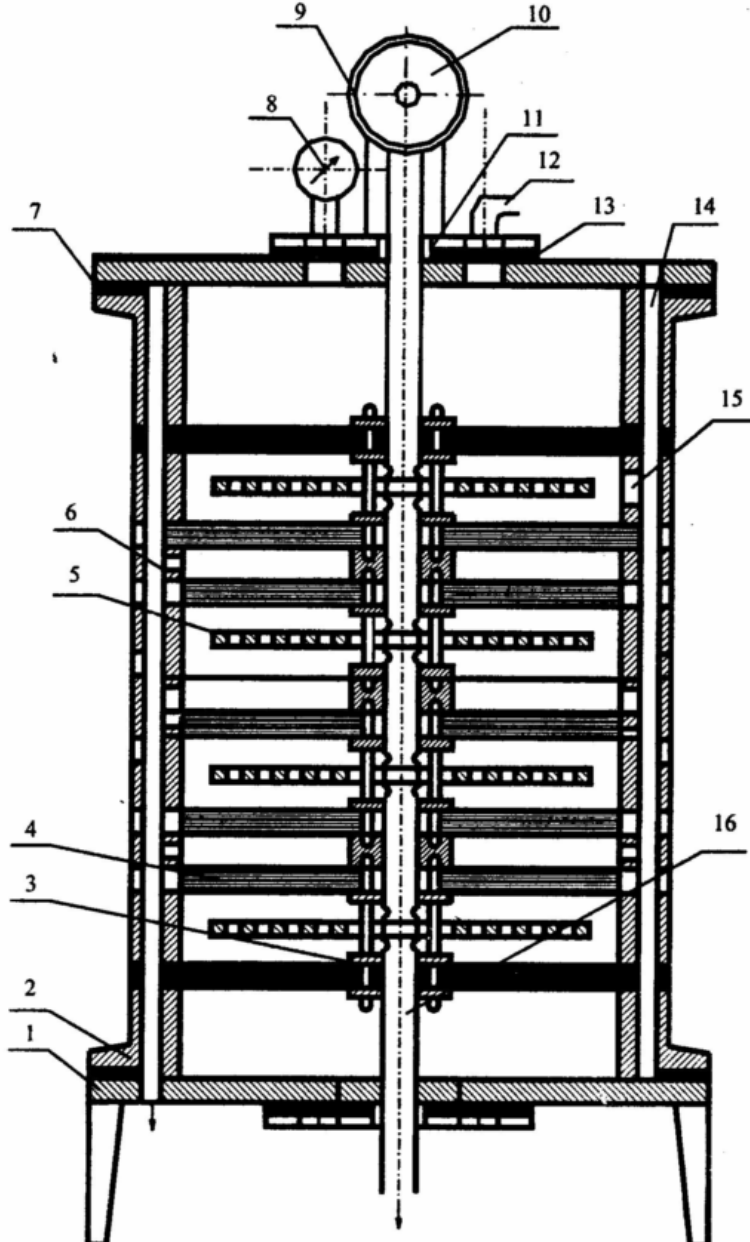
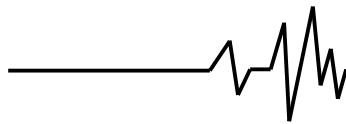


Рис. 4. Промислова ультрафільтраційна установка з вібраційним премішуванням:
1 – основа; 2 – корпус; 3 – робоча камера; 4 – мембрана; 5 – перфорований віброуючий диск;
отвори відведення фільтрату; 7 – кришка; 8 – манометр; 9 – ексценриковий вібратор; 10 –
електропривід; 11 – підшипник; 12 – патрубок подачі тиску; 13 – ущільнююча прокладка;
14 – канал подачі вихідної сировини; 15 – отвір подачі вихідної сировини; 16 – полий шток



Таким чином, сутність роботи запропонованого ультрафільтраційної установки полягає в тому, що завдяки взаємодії перемішувачих вібраційних дисків та зворотно-поступального руху продукту поблизу мембрани з однієї сторони знижується концентраційна поляризація, а з іншої – збільшується рушійна сила процесу ультрафільтраційного концентрування (різниця тисків) внаслідок гідравлічних ударів – пульсуючого тиску, що впливає на продуктивність мембрани.

Висновки. Сьогодні в усьому світі використання мембранних технологій для обробки харчових рідин сприяє покращенню якості готових харчових продуктів, підвищенню їх біологічної цінності та більш повній переробці харчової сировини на підприємствах харчової промисловості. При цьому одним з основних недоліків мембранних технологій за обробки харчових рідин є невисока продуктивність процесу, що може бути вирішено запропонованим в роботі способом ступінчатого ультрафільтраційного концентрування харчових рідин та визначенням чітких параметрів процесу, зокрема режимів швидкості пульсуючих потоків, значення яких лежать в межах 1,5...1,7 м/с.

За результатами експериментальних досліджень було встановлено, що в процесі мембранного концентрування харчових рідин тваринного (сколотин) та рослинного (пектинового екстракту) на поверхні мембрани утворюється поляризаційний шар, який значно знижує продуктивність мембрани, а також її довговічність. Тому для часткового видалення поляризаційного шару було запропоновано використання перфорованих віброуючих пластин, які в процесі вібрації розбивають цей шар і тим самим підвищують ефективність процесу згущення сколотин.

Список використаних джерел

1. Мирончук В.Г. Мембрани процесу в технології комплексної переробки сироватки / В. Г. Мирончук, Ю.Г. Змієвський. – К.: НУХТ, 2013. – 153 с.
2. Conventional and Advanced Food Processing Technologies / Bhattacharya S., Aganovic R., Ahrne L., Bedane T. F. and etc. for editor S. Bhattacharya – UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. – 712 p.
3. Крусь Г.Н. Технология молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А. Г. Храмцов, З. В. Волокитина, С. В. Карпычев. – М.: Колосс, 2003. – 315 с.
4. Заплетников И.Н. Виброакустика оборудования пищевых производств / И. Н. Заплетников. – Х.: Видавництво «НТМТ», 2015. – 542 с.

5. Севастьянов І.В. Високоэффективные технологические комплексы для зневоднення та фільтрування дисперсних харчових відходів / І.В. Севастьянов // Технологический аудит и резервы производства. – 2013. – № 3(2). – С. 14-19.

6. Яцун С.Ф. Извлечение пектина из растительного сырья с использованием вибрационного воздействия / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, М.Б. Коновалов, А.В. Сухачев // Известие вузов. Пищевая технология. – 2006. – № 1. – С. 101–103.

7. Энциклопедия питания. Том 3. Характеристика продуктов питания / А.А. Дубинина, Л.З. Шильман, Г.В. Дейниченко и др.; под общ. ред. Л.З. Шильмана. – Х.: Мир Книг, 2014. – 744 с.

8. Zeki Berk. Food process Engineering and Technology / Zeki Berk. – USA: Elsevier, 2009. – 605 p.

9. Энциклопедия мембран: в 2 т. / [упоряд. М. Т. Брик]. К.: Вид. дім «Києво-Могилянська академія», 2005. – Т.1. – 658 с.

10. Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию / А.А. Свитцов. – М.: Дели принт, 2007. – 208 с.

11. Deinychenko, G. Determination of ultrafiltration membranes shrinkage factor / G. Deinychenko, Z. Mazniak, D. Kramarenko, V. Guzenko // Ukrainian Food Journal. – 2015. – Vol. 4. – Iss. 2. – P. 328–334.

12. Дейниченко Г.В. Аналітична характеристика мембранної обробки рідких високо-молекулярних систем / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк., В.В. Гузенко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х.: ХДУХТ, 2015. – Вип. 1 (21). – С.120-131.

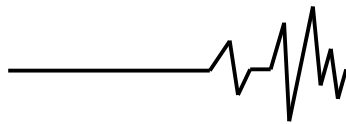
13. Wang L.K. Membrane and Desalination Technologies / L.K. Wang, J.P. Chen, Y.-T. Hung, N.K. Shammam. – New York: Springer science + Business media LLC, 2011. – 699 p.

14. Машины и аппараты пищевых производств в 3 кн. : Кн. 2. : в 2 т. Т.1 / [С.Т. Антипов, В.Я. Груданов, И.Т. Кретов и др.]; под ред. В.А. Панфилова, В.Я. Груданова. – Минск : БГАТУ, 2008. – 591 с.

15. Иванец В.Н. Методы интенсификации гидромеханических процессов / В.Н. Иванец, Б.А. Лобасенко. – Кемерово : КТИПП, 2003. – 84 с.

Список джерел в транслітерації

1. Myronchuk V.H. Membrani protsesy v tekhnolohiyi kompleksnoyi pererobky syrovatky / V.H. Myronchuk, Yu.H. Zmiyevs'kyu. – К. : NUKhT, 153 s.
2. Conventional and Advanced Food Processing Technologies / Bhattacharya S., Aganovic R., Ahrne L., Bedane T. F. and etc. for



editor S. Bhattacharya – UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. – 712 p.

3. Krus G.N. Tehnologija moloka i molochnyh produktov / G.N. Krus, A.G. Hramcov, Z.V. Volokitina, S.V. Karpychev. – M.: Koloss, 2003. – 315 s.

4. Zapletnikov I.N. Vibroakustika oborudovaniya pishhevyh proizvodstv / I.N. Zapletnikov. – H.: Vidavnistvo «NTMT», 2015. – 542 s.

5. Sevastyanov I.V. Vysokoeffektivni tehnologichni kompleksi dlya znevodnennya ta fil'truvannya dyspersnykh xarchovykh vidxodiv / I.V. Sevastyanov // Tehnologicheskyy audyt y rezervu proyzvodstva. – 2013. – № 3(2). – S. 14-19.

6. Jacun S.F. Izvlechenie pektina iz rastitel'nogo syrja s ispol'zovaniem vibracionnogo vozdeystviya / S.F. Jacun, V.Ja. Mishhenko, M.B. Konovalov, A.V. Suhachev // Izvestie vuzov. Pishhevaya tehnologija. – 2006. – № 1. – S. 101-103.

7. Jenciklopedija pitaniya. P. 3. Harakteristika produktov pitaniya. / A.A. Dubinina, L.Z. Shil'man, G.V. Dejnichenko i dr.; pod obshh. red. L.Z. Shil'mana. – Kh.: Mir Knig, 2014. – 744 s.

8. Zeki Berk. Food process Engineering and Technology / Zeki Berk. –USA : Elsevier, 2009. – 605 p.

9. Encyklopediya membran: v 2 t. / [uporyad. M. T. Bry'k]. K.: Vyd. dim «Kyievo-Mogylyanska akademiya», 2005. – T.1. – 658 s.

10. Svitcov, A. A. (2007). Vvedenie v membrannuju tehnologiju / A.A. Svitcov. M.: Deli print, 2007. – 208 s.

11. Deinychenko, G. Determination of ultrafiltration membranes shrinkage factor / G. Deinychenko, Z. Mazniak, D. Kramarenko, V. Guzenko // Ukrainian Food Journal. – 2015. – Vol. 4. – Iss. 2. – P. 328-334.

12. Deinychenko G.V. Analitichna karakterystyka membrannoyi obrobky`x vysoko-molekulyarnyx system / G.V. Deinychenko, Z.O. Maznyak., V.V. Guzenko // Progresyvni tekhnika ta tehnologiyi xarchovykh vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli: zb. nauk. pracz. – X. : XDUXT, 2015. – Vyp. 1 (21).– S.120-131.

13. Wang L.K. Membrane and Desalination Technologies / L.K. Wang, J.P. Chen, Y.-T. Hung, N.K. Shamas. – New York: Springer science + Business media LLC, 2011. – 699 p.

14. Mashiny i apparaty pishhevyh proizvodstv v 3 kn. : Kn. 2. : v 2 t. T.1 / [S.T. Antipov, V.Ja. Grudanov, I.T. Kretov i dr.]; pod red. V.A. Panfilova, V.Ja. Grudanova. – Minsk : BGATU, 2008. – 591 s.

15. Ivanec V.N. Metody intensivifikacii gidromehanicheskikh processov / V.N. Ivanec, B.A. Lobasenko. – Kemerovo : KTIPP, 2003. – 84 s.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИБРАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПРОЦЕССЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация. Статья посвящена вопросу использования метода вибрационного воздействия с целью интенсификации процесса ультрафильтрационного концентрирования жидкостей растительного и животного происхождения. Приведены результаты экспериментальных исследований относительно влияния устройства вибрационного перемешивания пектиновых экстрактов и пахты на производительность ультрафильтрационных мембран. Определены рациональные рабочие параметры проведения процесса ультрафильтрационного концентрирования жидкостей с использованием вибрационного воздействия на исходное сырье и полупроницаемую мембрану. Предложена мембранная установка для ультрафильтрационного концентрирования пищевых жидкостей различной вязкости.

Ключевые слова: мембранные технологии, пищевые жидкости, вибрация, ультрафильтрационное концентрирование, пектиновый экстракт, пахта.

USE VIBRATION EXPOSURE DURING IN THE PROCESS OF MEMBRANE CONCENTRATION FOOD LIQUIDS

Annotation. The article is devoted to the question use of the method of vibration to intensify the process of ultrafiltration concentrating food liquids of plant and animal origin. The results of experimental studies on the impact of vibration device for mixing pectic extract and buttermilk on performance ultrafiltration membranes are listed. Rational working parameters of ultrafiltration process of concentrating food liquids with using vibration to the original raw materials and semipermeable membrane are defined. A membrane apparatus for ultrafiltration concentrating food liquids of different viscosity is offered.

Key words: membrane technology, food liquids, vibration, ultrafiltration concentration, pectin concentrate, buttermilk.