

УДК 544.725.7:637.247

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ СКОЛОТИН

Дейниченко Г.В., д.т.н.,

Гузенко В.В., к.т.н.,

Мазняк З.О., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-56

Мельник О.Е., к.т.н.,

Скриль А.В., магістр\*

*Донецький національний університет економіки і торгівлі ім.*

*М.Туган-Барановського, м. Кривий Ріг*

**Анотація** – у роботі висвітлено питання щодо використання методів інтенсифікації мембранних процесів під час обробки сколотин. Наведено результати експериментальних досліджень щодо впливу способів інтенсифікації мембранної обробки сколотин на продуктивність ультрафільтраційних мембран.

**Ключові слова** – сколотини, процес, мембрана, ультрафільтрація, концентрування.

*Постановка проблеми.* Сколотини – цінна харчова та дієтична сировина, що обумовлює необхідність її повного збору та використання виключно для виробництва продуктів харчування. Сколотини відрізняються від знежиреного молока за вмістом жиру (в сколотинах його приблизно в 10 разів більше) і змістом БАР (наприклад, в сколотинах фосфатидів в 11 разів більше, ніж у знежиреному молоці) [1, 2].

У той же час її специфічні властивості відображаються на технології. Ці властивості обумовлені хімічним складом сколотин, її структурно-механічними характеристиками, агрегатним станом компонентів в системі і міжфазною взаємодією, що необхідно враховувати під час організації промислової переробки. У практичному плані становлять інтерес процеси виділення жиру сепаруванням, коагуляції білків, згущення, сушки і поділ компонентів молекулярно-ситовою фільтрацією (ультрафільтрацією) [3, 4].

*Аналіз останніх досліджень.* Молочна промисловість, як галузь, що характеризується високим рівнем відходоутворення, є об'єктом широкого застосування ультрафільтраційних (УФ) процесів.

---

© Дейниченко Г.В., д.т.н., Гузенко В.В., к.т.н., Мазняк З.О., к.т.н., Мельник О.Е., к.т.н., Скриль А.В., магістр

\*Науковий керівник - Мельник О.Е., к.т.н.

Традиційно УФ використовується для виділення білків з білково-вуглеводної молочної сировини – знежиреного молока, сколотин, молочної сироватки, а також концентрування молока з метою підвищення виходу сирних згустків і скорочення виробничих витрат [5, 6].

Поряд з цим, розвиток нанотехнологій дозволив створити цілий ряд мембран нового покоління, які мають широку сферу застосування. Це в свою чергу сприяло створенню нових технологій, в тому числі і в умовах переробки сколотин [7, 8].

Проте, явну стримуючу роль в подальшому розвитку ультрафільтраційних методів переробки молочної сировини відіграє недостатня кількість наукових досліджень процесів його УФ-переробки, невисока питома продуктивність мембран, зумовлена специфічними властивостями високомолекулярних речовин молочної сировини, практична відсутність вітчизняних ультрафільтраційних установок малої продуктивності, що пояснюється недостатньою кількістю експериментальних даних, необхідних для розрахунку процесу і устаткування УФ-переробки.

*Постановка завдання.* Метою статті є дослідження продуктивності напівпроникних ультрафільтраційних мембран в процесі УФ-концентрування сколотин з використанням методів інтенсифікації.

*Основна частина.* З метою удосконалення процесу мембранної обробки сколотин нами обиралися методи усунення поляризаційного шару, де використовуються різні фізичні явища і механічні процеси [9, 10].

В якості першого методу інтенсифікації було запропоновано використання в процесі концентрування пульсуючої подачі вихідної сировини. З цією метою був розроблений мембранний модуль для обробки біологічних рідин в режимі пульсації [11].

Другим методом інтенсифікації процесу ультрафільтрації молочної сировини було запропоновано спосіб барботування систем, що обробляються бульбашками повітря або інертного газу в безпосередній близькості від поверхні напівпроникних мембран [12].

На початку досліджень визначався важливий фактор, що істотно впливає на процес УФ-концентрування сколотин в режимі з пульсуючою подачею вихідної сировини – частота пульсуючої подачі сировини. З цього приводу нами було досліджено вплив частоти пульсуючої подачі вихідної сировини на продуктивність УФ-мембран типу ГР. Результати досліджень наведені на рис. 1.

Аналіз даних рисунка свідчить, що збільшення частоти пульсуючої подачі вихідної сировини призводить до підвищення продуктивності УФ-мембран. Інтенсивне підвищення продуктивності обох мембран відбувається зі збільшенням частоти пульсуючої подачі

до значень 90...100 хв<sup>-1</sup>, після чого показники продуктивності стабілізуються.

Збільшення продуктивності УФ-мембран у випадку використання пульсуючої подачі вихідної сировини можна пояснити періодичним розрядженням тиску в робочій камері і гідравлічним ударом рідини об поверхню мембрани, що призводить до часткового усунення поляризаційного шару з поверхні мембрани і, як наслідок, до підвищення її продуктивності.

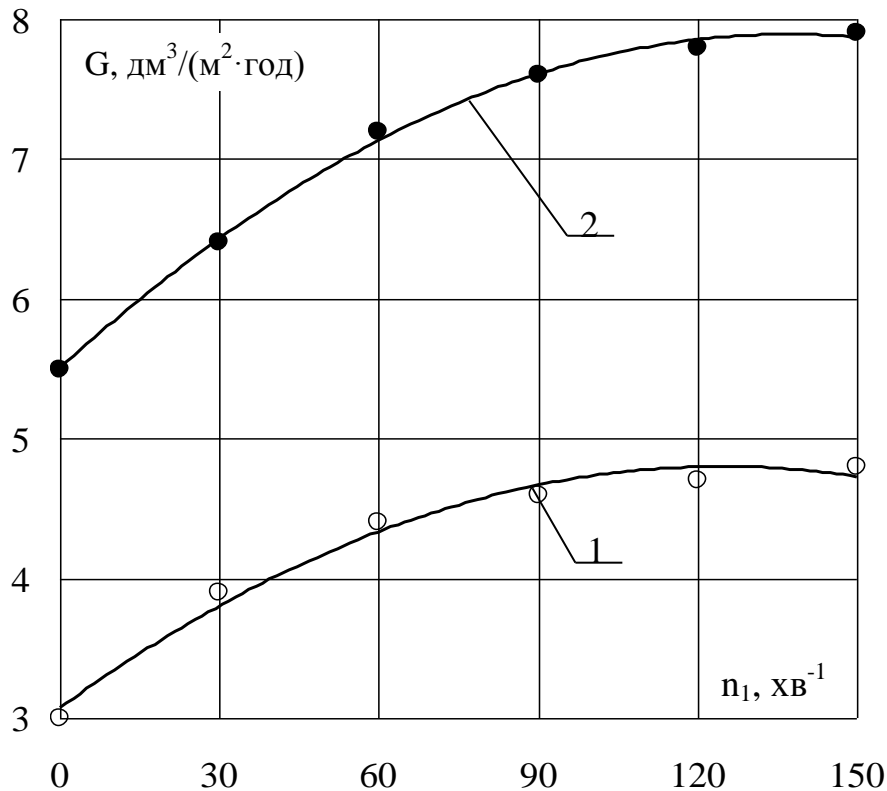


Рис. 1. Залежність продуктивності мембран від частоти пульсуючої подачі вихідної сировини при ультрафільтраційному розділенні склотин за температури 20 °С і тиску 0,5 МПа: 1 – мембрана ГР81ПП; 2 – мембрана ГР61ПП.

Далі проводили дослідження залежності продуктивності досліджуваних УФ-мембран від частоти барботування склотин, що розділяються за температури 20 °С і тиску фільтрації 0,4 МПа, що представлено на рис. 2.

З рисунка видно, що інтенсивне підвищення продуктивності обох мембран відбувається під час збільшення частоти барботування до значень 0,10...0,15 хв<sup>-1</sup>, після чого показники продуктивності за УФ-розділення склотин стабілізуються.

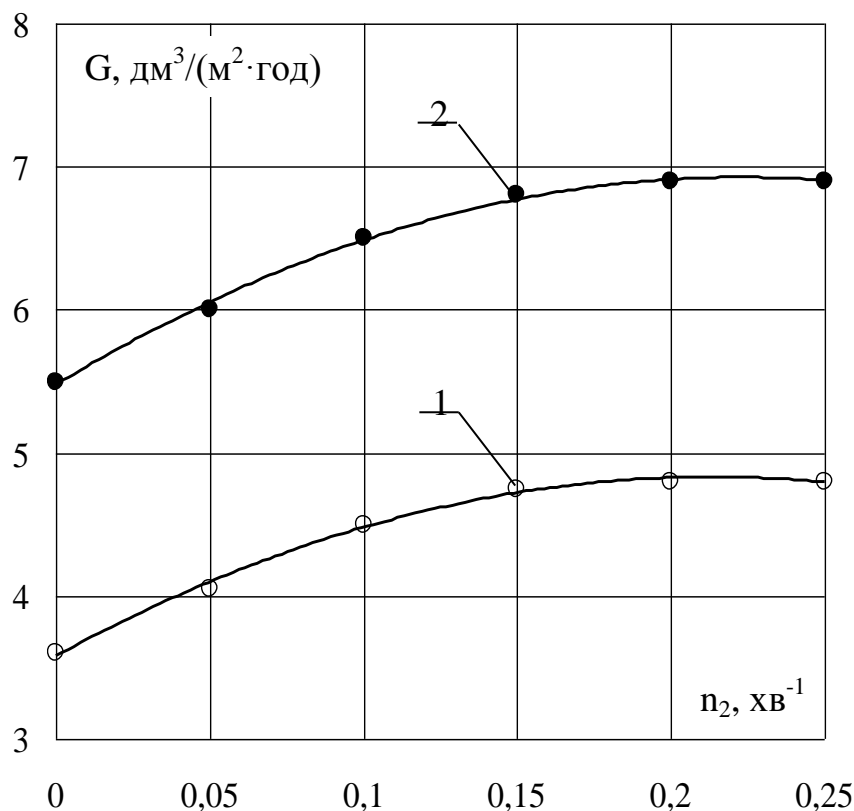


Рис. 2. Залежність продуктивності ( $G$ ) УФ-мембран від частоти барботування ( $n_2$ ) сировини що оброблюється при мембранному поділі скотин (температура  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , тиск фільтрації  $0,4\text{ МПа}$  і тиск барботування  $0,46\text{ МПа}$ ):

1 – мембрана ПАН-50; 2 – мембрана ПАН-100.

Окрім частоти барботування молочної сировини, що розділяється вплив на створення гідродинамічних умов біля поверхні напівпроникних УФ-мембран надає також тиск барботування. Тому наступним етапом було дослідження впливу тиску барботування на продуктивність мембран типу ПАН. Результати досліджень наведені на рис. 3.

Раціональним інтервалом тиску барботування слід вважати значення  $0,56\text{...}0,58\text{ МПа}$ , тому що вони більшою мірою сприяють підвищенню продуктивності УФ-мембран типу ПАН, при цьому критичного значення тиску в УФ-модулі не досягається.

За допомогою створеної нами математичної моделі були визначені умови проведення процесу УФ-концентрування з використанням напівпроникних мембран типу ГР і ПАН для забезпечення раціональних показників продуктивності, а також можливого максимального значення зазначеної характеристики оптимальних параметрів [13, 14].

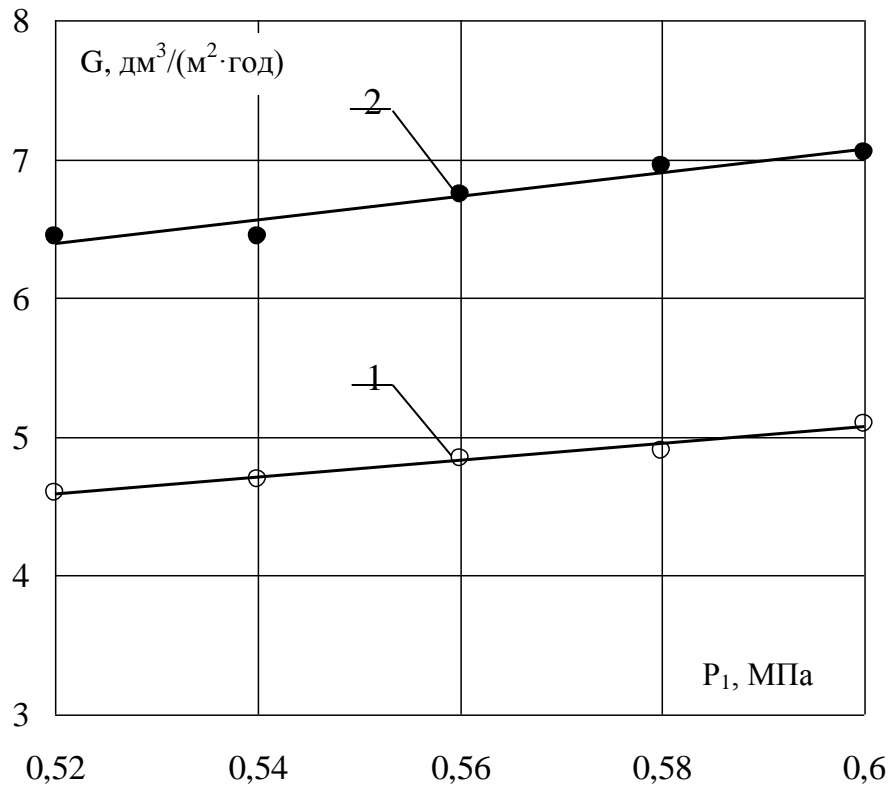


Рис. 3. Залежність продуктивності ( $G$ ) УФ-мембран від тиску барботування ( $P_1$ ) під час мембранного розділення склотин за температури  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , тиску фільтрації  $0,4\text{ МПа}$  і частоти барботування  $0,15\text{ хв}^{-1}$ : 1 – мембрана ПАН-50; 2 – мембрана ПАН-100.

Оптимізація технологічних режимів процесу УФ дослідної молочної сировини в тупиковому режимі і з використанням методів інтенсифікації дозволила отримати об'ємні графічні залежності, що характеризують зазначені процеси (рис. 4-5). Найбільш раціональні режими проведення процесів УФ-концентрування позначені на графічних залежностях відповідним штрихуванням.

Експериментальні дослідження технологічних режимів із застосуванням математичної моделі дозволили визначити раціональні технологічні параметри проведення УФ-концентрування склотин в тупиковому режимі і в режимах інтенсифікації з використанням УФ-мембран типу ГР і ПАН. Максимальна ефективність процесу УФ склотин в тупиковому режимі, а також із застосуванням пульсації і барботування вихідної сировини досягається при значеннях тиску фільтрації –  $0,4\text{...}0,5\text{ МПа}$ , температури мембранної обробки молочної сировини –  $40\text{...}50\text{ }^\circ\text{C}$ .

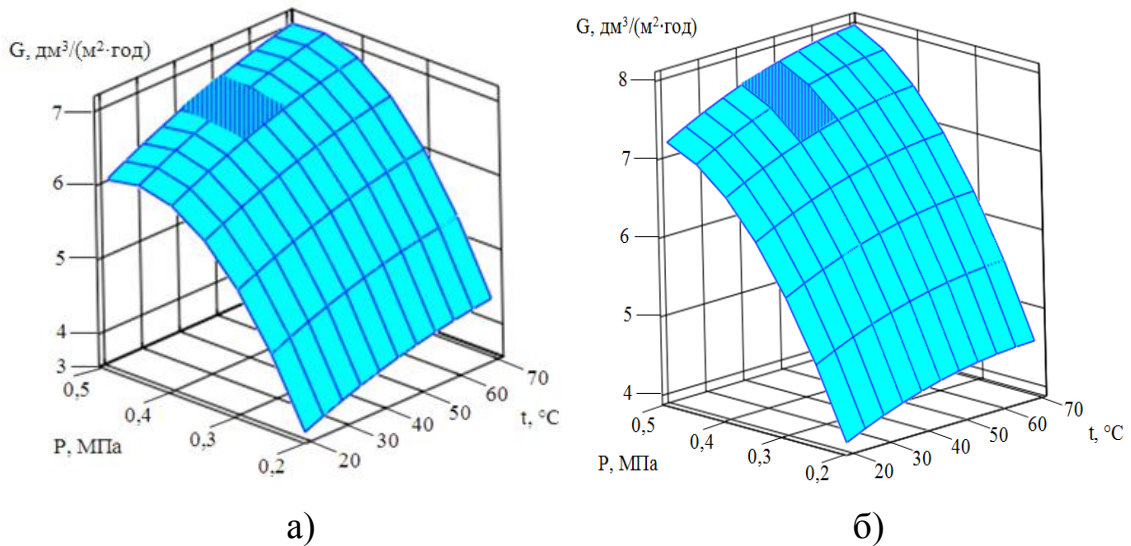


Рис. 4. Оптимізація технологічних параметрів напівпроникних мембран типу ГР при УФ-концентруванні пахтою в тупиковому режимі (а) і в режимі з пульсуючим подачею вихідної сировини при частоті пульсуючої подачі  $n_1 = 90 \text{ хв}^{-1}$  (б).

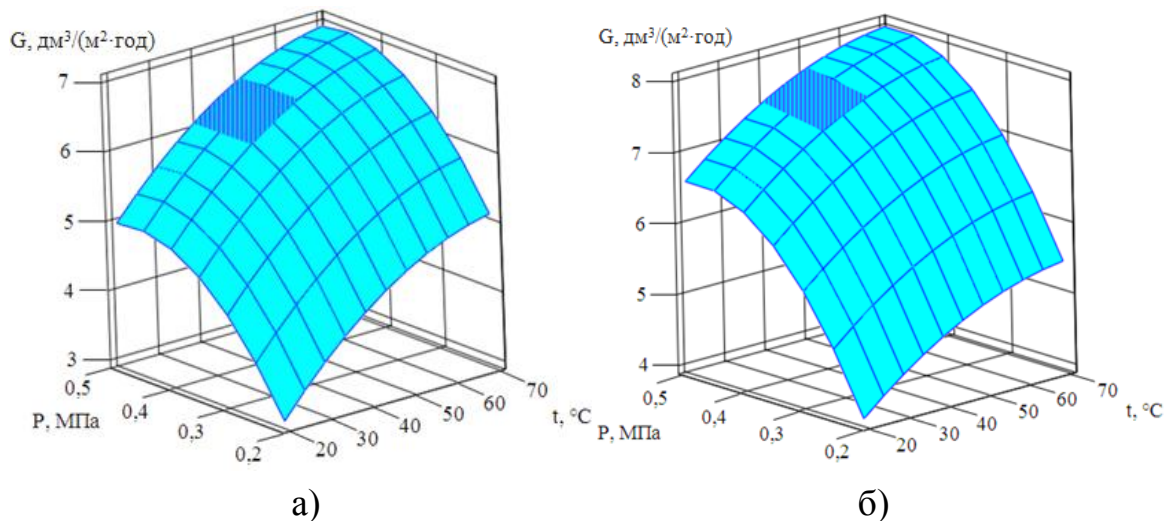


Рис. 5. Оптимізація технологічних параметрів напівпроникних мембран типу ПАН за УФ-концентрування сколотин в тупиковому режимі (а) і в режимі барботування за частоти барботування  $n_2 = 0,15 \text{ хв}^{-1}$ ; тиску барботування  $P_1 = 0,58 \text{ МПа}$  (б).

Дослідження продуктивності УФ-мембран типу ГР показали, що застосування пульсуючої подачі та барботування вихідної сировини призводить до підвищення продуктивності напівпроникних мембран і дозволяє підвищити тривалість процесу УФ-концентрування сколотин.

Аналіз одержаних даних математичного моделювання свідчить про те, що з підвищенням температури до  $40\text{...}50 \text{ }^\circ\text{C}$  відбувається збільшення швидкості руху пермеата за УФ-концентрування сколотин за рахунок зменшення їх в'язкості. За подальшого підвищення

температури швидкість УФ майже не змінюється, що можна пояснити прихованою коагуляцією білка, внаслідок чого він осідає на поверхню напівпроникних мембран, ущільнюючи поляризаційний шар.

У випадку збільшення тиску УФ можна спостерігати, що продуктивність УФ-мембран ГР інтенсивно збільшується до значень тиску 0,3...0,4 МПа для тупикового режиму і до 0,4...0,5 МПа для режиму з пульсуючою подачею вихідної сировини, після чого швидкість її зростання уповільнюється. На наш погляд, це пояснюється зростанням гідравлічного опору осаду, який утворився на поверхні УФ-мембрани. Аналогічні результати отримані для УФ-мембран типу ПАН в режимі барботування.

*Висновки.* Таким чином, в статті були визначені перспективи використання процесів мембранної обробки при переробці білково-вуглеводної молочної сировини, що зумовило необхідність проведення досліджень процесу УФ-концентрування сколотин із застосуванням методів їх інтенсифікації.

На підставі комплексу проведених експериментальних досліджень можна зробити висновок, що пульсуюча подача вихідної сировини і барботування системи, що обробляється істотно інтенсифікують процес ультрафільтрації сколотин. Найбільш раціональними режимами процесу УФ-концентрування сколотин з використанням напівпроникних мембран типу ГР і ПАН та застосуванням методів інтенсифікації є тиск – 0,4...0,5 МПа, температура сколотин – 40...50 °С, частота пульсуючої подачі – 90...100 хв<sup>-1</sup>, частота барботування сколотин – 0,10...0,15 хв<sup>-1</sup>, тиск барботування має дорівнювати 0,56...0,58 МПа. Отримані результати можуть бути використані при дослідженні інших параметрів процесу ультрафільтрації сколотин, що дозволить ввести отримані результати на об'єктах переробки молочної сировини.

Література:

1. *Золотухіна І.В.* Технологія напівфабрикатів на основі сколотин для виробництва збитої дисертної продукції [Текст] : дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.16 / І.В. Золотухіна. – Х., 2006. – 642 с.

2. *Sodini I.* Compositional and Functional Properties of Buttermilk: A Comparison Between Sweet, Sour, and Whey Buttermilk [Text] / I. Sodini, P. Morin, A. Olabi, R. Jimenez-Flores // Journal of Dairy Science. 2006. – Vol. 89. – № 2. — P. 525–536.

3. *Юдіна Т.І.* Дослідження якості молочно-рослинних фаршів на основі концентрату зі сколотин [Текст] / Т.І. Юдіна, І.А. Назаренко, Р.П. Никифоров // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – № 10 (75). – Т. 3. – 2015. – С. 10–14.

4. *Энциклопедия питания [Текст].* 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.

5. *Konrad G.* Ultrafiltration of whey buttermilk to obtain a phospholipid concentrate [Text] // G. Konrad, T. Kleinschmidt, C. Lorenz // *International Dairy Journal*. 2013. Vol. 30. – Iss. 1. – P. 39–44.

6. *Дейниченко Г.В.* Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, І.В. Золотухіна. – Х. : Факт, 2008. – 208 с.

7. *Мирончук В.Г.* Мембранні процеси в технології комплексної переробки сироватки [Текст] / В.Г. Мирончук, Ю.Г. Змієвський. – К. : НУХТ, 2013. – 153 с.

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

9. *Свитцов А.А.* Введение в мембранную технологию [Текст] / А.А. Свитцов. – М. : Дели принт, 2007. – 208 с.

10. *Иванец В.Н.* Методы интенсификации гидромеханических процессов [Текст] / В.Н. Иванец, Б.А. Лобасенко. – Кемерово : КТИПП, 2003. – 84 с.

11. *Дейниченко Г.В.* Разработка оборудования для мембранного концентрирования жидких высокомолекулярных полидисперсных систем [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко // *Первый независимый сборник*. – 2015. – № 1. – Ч. 1. – С. 32–36.

12. *Дейниченко Г.В.* Розробка пристрою для інтенсифікації процесу ультрафільтраційного концентрування рідких високомолекулярних полідисперсних систем [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко, О.О. Удовенко, О.В. Омельченко // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. – 2016. – Вип. 16. – Т.1. – С. 70–75.

13. *Дьяконов В.П.* Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO [Текст] / В.П. Дьяконов. – М. : СК Пресс, 1997. – 336 с.

14. *Дейниченко Г.В.* Раціональні параметри мембранної обробки білково-вуглеводної молочної сировини [Текст] / Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, О.В. Гафуров, О.О. Підкорчевний // *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць*. – Х. : ХДУХТ, 2013. – Вип. 1 (17). – С. 141–147.

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ПАХТЫ**

Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Мазняк З.А.,  
Мельник О.Е., Скриль А.В.

**Аннотация – в работе освещены вопросы относительно использования методов интенсификации мембранных процессов**



**при обработке пахты. Приведены результаты экспериментальных исследований относительно влияния способов интенсификации мембранной обработки пахты на производительность ультрафильтрационных мембран.**

## **INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF ULTRAFILTRATION CONCENTRATION BUTTERMILK**

G. Deynichenko, V. Guzenko, Z. Maznyak, O. Melnik, A. Skryl

### *Summary*

**This work is devoted to the question about use of methods of an intensification of the membrane processes in the processing of buttermilk. The results of experimental researches of the influence of ways intensification of the membrane processing of buttermilk on the performance ultrafiltration membranes are presents.**