

Skrypnyk Vyacheslav, Candidate of Sciences, Associate Professor, Department of Processes, Apparatuses and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovska str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. E-mail: skrypnyk_v_a@ukr.net.

Фарісеєв Андрій Геннадійович, канд. техн. наук, асист., кафедра технологічного обладнання харчових виробництв і торгівлі, Полтавський університет економіки і торгівлі. Адреса: вул. Ковалю, 3, м. Полтава, Україна, 36014. E-mail: Fara589@mail.ru.

Фарісеєв Андрей Геннадьевич, канд. техн. наук, ассист., кафедра технологического оборудования пищевых производств и торговли, Полтавский университет экономики и торговли. Адрес: ул. Ковалю, 3, г. Полтава, Украина, 36014. E-mail: Fara589@mail.ru.

Fariseev Andrey, Candidate of Sciences, Department of Technological Equipment of Food Productions and Trade, Poltava University of Economics and Trade. Address: Kovalya str., 3, Poltava, Ukraine, 36014. E-mail: Fara589@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК 542.816

АНАЛІТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕМБРАННОЇ ОБРОБКИ РІДКИХ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СИСТЕМ

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

Висвітлено питання щодо використання мембранних процесів під час обробки рідких харчових високомолекулярних полідисперсних систем різного походження. Подано аналіз досліджень технологічних параметрів процесу ультрафільтрації за дистильованою водою та рослинним екстрактом, а також робочих характеристик ультрафільтраційних мембран. Визначено перспективні шляхи для проведення процесів ультрафільтраційного концентрування білково-вуглеводної молочної сировини.

Ключові слова: сировина, молоко, процес, мембрана, обробка, ультрафільтрація, концентрування, вода.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕМБРАННОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СИСТЕМ

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

Освещен вопрос использования мембранных процессов при обработке жидких пищевых высокомолекулярных систем различного происхождения.

Представлен анализ исследований технологических параметров процесса ультрафильтрации по дистиллированной воде и растительным экстрактам, а также рабочих характеристик ультрафильтрационных мембран. Определены перспективные пути для проведения процессов ультрафильтрационного концентрирования белково-углеводного молочного сырья.

***Ключевые слова:** сырье, молоко, процесс, мембрана, обработка, ультрафильтрация, концентрирование, вода.*

ANALYTICAL CHARACTERISTICS OF MEMBRANE TREATMENT OF LIQUID HIGH MOLECULAR SYSTEMS

G. Deynichenko, Z. Mazniak, V. Guzenko

The article is devoted to the analysis of the processes of membrane processing of liquid high molecular polydisperse systems of different origin, and to the possibility of introducing the membrane processes while skimmed milk raw material (buttermilk, skimmed milk, curd whey) processing for securing high quality production. Also the resource and energy effectiveness of manufacture. The theoretical studies of the importance of applying the processes of membrane processing (ultrafiltration) in the technologies of milk products processing i.e. the concentration of albumen-carbohydrate milk raw material are presented. The characteristics of experimental researches of technological features of the ultrafiltration process of food liquids concentration – distilled water, vegetable extracts – are introduced. The working characteristics of the ultrafiltration semipermeable membranes like PAN for further usage during ultrafiltration concentration of albumen-carbohydrate milkraw material are defined.

***Keywords:** raw material, milk, process, membrane, treatment, ultrafiltration, concentration, water.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Важливою задачею ряду галузей переробної промисловості є забезпечення високої якості виробів та безвідходного виробництва. Із цією метою намагання спеціалістів та наукових співробітників всіх ланок народного господарства спрямовані на створення нових енерго- та ресурсозберігаючих технологій, безвідходне перероблення всіх складових частин сировини та розширення асортименту виробничої продукції. У повній мірі це відноситься до харчової промисловості агропромислового комплексу країни, особливо до молочної галузі. Вирішення поставленого задання базується на технологіях, заснованих на особливо безпечних технологічних умовах. Для цього в останні роки широко застосовуються баромембранні процеси – мікрофільтрація, ультрафільтрація, зворотній осмос тощо. Головною особливістю цих методів мембранної обробки є наявність напівпроникної мембрани, яка володіє проникністю за визначеними розмірами сполук сировини, що розділяється [1].

З усіх процесів мембранної обробки рідких харчових високомолекулярних полідисперсних систем (зокрема, рослинних екстрактів, молочної сировини) більшою мірою підходить ультрафільтрація (УФ). Процес УФ має такі переваги, як висока економічність, низька енергоємність, відсутність фазових перетворень компонентів сировини. На відміну від зворотного осмосу і нанофільтрації процес УФ протікає за набагато більш низького тиску і в той же час забезпечує набагато більш високу селективність, ніж мікрофільтрація. Одночасно з концентрацією харчових розчинів УФ здійснює їх очищення від низькомолекулярних речовин, бактерій, зберігаючи постійне значення рН. Все вищевикладене обумовлює необхідність використання процесу ультрафільтрації під час переробки білково-вуглеводної молочної сировини (сколотин, знежиреного молока, сироватки з-під кислого сиру), що може бути підтверджено аналізом сучасних досліджень УФ-концентрування з метою використання їх у технологіях молочних продуктів [3, 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні у харчовій промисловості мембранні методи обробки застосовують для очищення та концентрування фруктових і овочевих соків в консервному виробництві, дифузійного соку в цукровому виробництві, для концентрування молока та молочних продуктів, стабілізації безалкогольних напоїв і виноградних вин, рослинних екстрактів, холодної пастеризації пива, для підготовки технологічної води, очищення рослинних олій, отримання білка з картопляного соку, розділення крові забійних тварин, виділення ферментів, очищення промислових стоків, поділу газів тощо [4, 5].

Для харчової промисловості використання мембранних технологій є особливо актуальним, оскільки вони дозволяють здійснювати концентрування та очищення харчових біологічних рідин без впливу температури, зберігати нативні властивості харчових нутрієнтів, здійснювати низькотемпературну стерилізацію розчинів, проводити очищення питної води тощо. Серед факторів, що стримують впровадження мембранних методів, зокрема ультрафільтрації, в харчовій промисловості, слід відзначити недостатній розвиток теоретичних положень про процеси, що протікають за УФ-обробки харчової сировини, відсутність об'єктивних експериментальних даних про характеристики, властивості й умови експлуатації сучасних УФ-мембран, недосконалість існуючих вітчизняних промислових УФ-установок [6].

Мета статті – надати характеристику досліджень технологічних параметрів процесу ультрафільтраційного концентрування харчових рідин із визначенням робочих характеристик ультрафільтраційних мембран для подальшого

використання під час концентрування білково-вуглеводної молочної сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Однією з головних характеристик УФ-мембран є продуктивність. Розрізняють початкову продуктивність УФ-мембран, тобто продуктивність нових мембран у початковий період їх експлуатації, і дійсну продуктивність, яка характеризує роботу мембран за умови постійної експлуатації [7].

Із метою проведення та подальшого удосконалення процесу УФ-концентрування білково-вуглеводної молочної сировини із застосуванням напівпроникних мембран ПАН-50 та ПАН-100 необхідно провести аналіз попередніх досліджень мембранної обробки харчових рідин різного походження.

На першому етапі авторами було досліджено характеристики напівпроникних мембран ПАН-50 та ПАН-100, які є мембранами другого покоління на основі співполімерів акрилонітрилу. Як контроль використовували дані щодо аналогічних характеристик напівпроникних мембран типів ГР61ПП (контроль 1), ГР81ПП (контроль 2) та Рипор 3 (контроль 3). Дослідження початкової та дійсної продуктивності (рис. 1) мембран типу ПАН показали, що лише через $(1,5 \dots 2,0) \cdot 60^2$ с значення продуктивності стабілізується, що свідчить про ущільнення макропористої структури мембран [7].

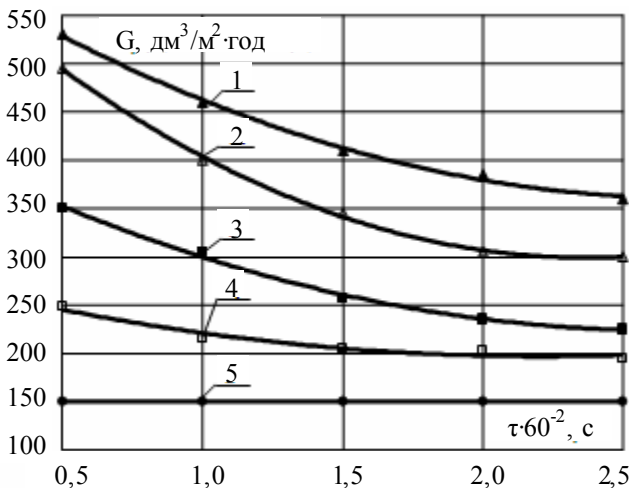


Рис. 1. Залежність продуктивності УФ-мембран від тривалості процесу ультрафільтрації ($t = 20^{\circ} \text{C}$; $P = 0,25 \text{ МПа}$): 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100; 3 – ГР61ПП; 4 – ГР81ПП; 5 – Рипор 3

Досліджено вплив параметрів температури на початкову та дійсну продуктивність УФ-мембран (рис. 2). Встановлено, що з метою запобігання температурної усадки структури мембран процес УФ необхідно проводити за температури не більше 70°C , проте, враховуючи значення температур коагуляції деяких фракцій білків, найбільш раціональною температурою для УФ-концентрування білково-вуглеводної молочної сировини слід вважати 50°C .

Визначали вплив параметру тиску дисперсійного середовища на властивості дослідних УФ мембран (рис. 3).

Із залежності видно, що в дослідному діапазоні тисків (до 0,5 МПа) для мембран типу ПАН характерна наявність максимально допустимого значення тиску фільтрації – 0,45...0,5 МПа, перевищення яких призводить до механічної деструкції їх селективного шару, при цьому продуктивність майже не збільшується.

На підставі аналізу одержаних експериментальних даних попередньо встановлено, що найбільш раціональними режимами експлуатації мембран за ультрафільтрації рідких високомолекулярних полімерних систем є: тиск фільтрації – 0,2...0,4 МПа; температура системи, що розділяється – $50...60^{\circ}\text{C}$.

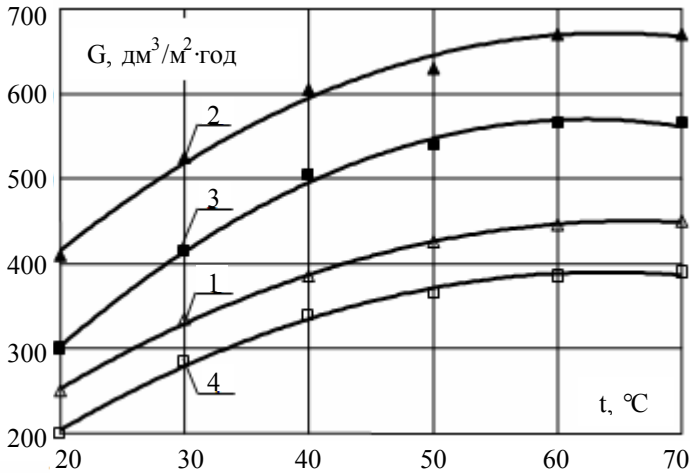


Рис. 2. Залежність продуктивності УФ-мембран від температури фільтрації ($t = 20^{\circ}\text{C}$; $P = 0,25\text{ МПа}$): 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100; 3 – ГР61ПШ; 4 – ГР81ПШ

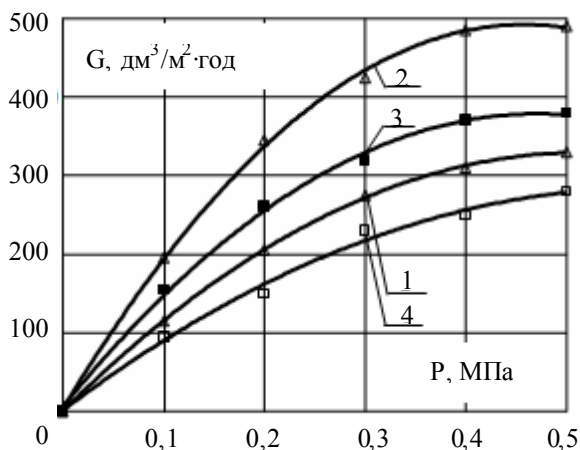


Рис. 3. Залежність продуктивності УФ-мембран від тиску фільтрації рідини, що фільтрується (дистильована вода) за температури 20° С: 1 – ПАН-50; 2 – ПАН-100; 3 – ГР61ПП; 4 – ГР81ПП

Другим етапом досліджень, проведених авторами, є визначення характеристик процесу УФ-концентрування рідких високомолекулярних полімерних систем рослинного походження (пектинового екстракту) в тупиковому режимі та режимі інтенсифікації процесу (вібраційним перемішуванням) [8].

Визначали вплив тиску фільтрації, температури ПЕ й тривалості процесу його ультрафільтраційного концентрування в тупиковому режимі та режимі з вібраційним перемішуванням на продуктивність мембран типу ПАН (рис. 4-6).

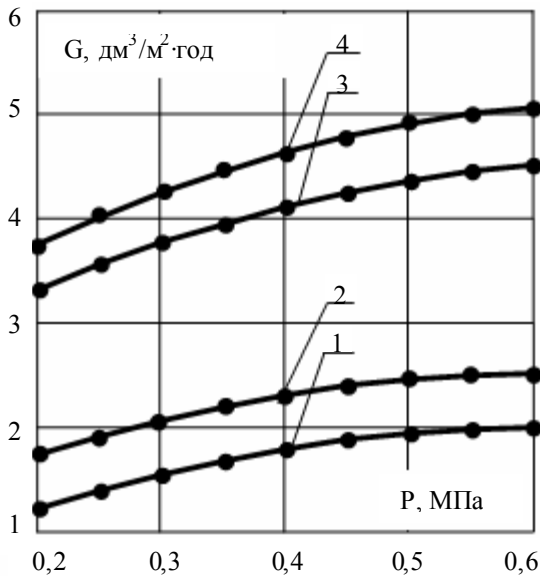


Рис. 4. Залежність продуктивності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від тиску під час УФ-концентрування пектинових екстрактів за температури 50° С: 1, 3 – мембрана ПАН-50 у тупиковому режимі та в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно; 2, 4 – мембрана ПАН-100 у тупиковому режимі та в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно

Було встановлено, що під час УФ-концентрування ПЕ підвищення тиску більше 0,4...0,5 МПа недоцільне, оскільки це не призводить до значного збільшення продуктивності обох типів мембран (рис. 4). Доведено також, що вібраційне перемішування дозволяє не тільки значно підвищити продуктивність УФ-мембран за рахунок запобігання утворення гелю-шару на їх поверхні, але й знизити робочий тиск у напірному каналі УФ-модуля.

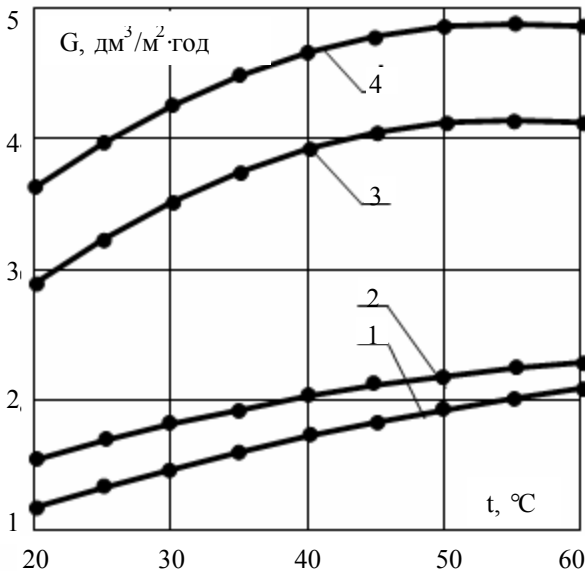


Рис. 5. Залежність продуктивності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від температури під час УФ-концентрування пектинових екстрактів за тиску 0,4 МПа: 1, 3 – мембрана ПАН-50 у тупиковому режимі та в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно; 2, 4 – мембрана ПАН-100 у тупиковому режимі та в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно

Підвищення температури ПЕ під час їх УФ-концентрування (рис. 5) понад 45...55° С також є недоцільним, оскільки значного зростання продуктивності напівпроникних мембран при цьому не відбувається. Крім того слід врахувати, що надто високі температури призводять до небажаних біохімічних перетворень ПР та зниження їх функціональних властивостей.

Зниження продуктивності напівпроникних мембран зі збільшенням тривалості процесу (рис. 6) можна пояснити інтенсивним утворенням гелю-шару високомолекулярних речовин на їх поверхні, що значно уповільнює процес УФ-концентрування ПЕ. У режимі з вібраційним перемішуванням більш повільний характер зменшення продуктивності УФ-мембран обумовлений впливом вібраційної турбулізації на товщину поляризаційного осаду, що утворюється на їх селективній поверхні.

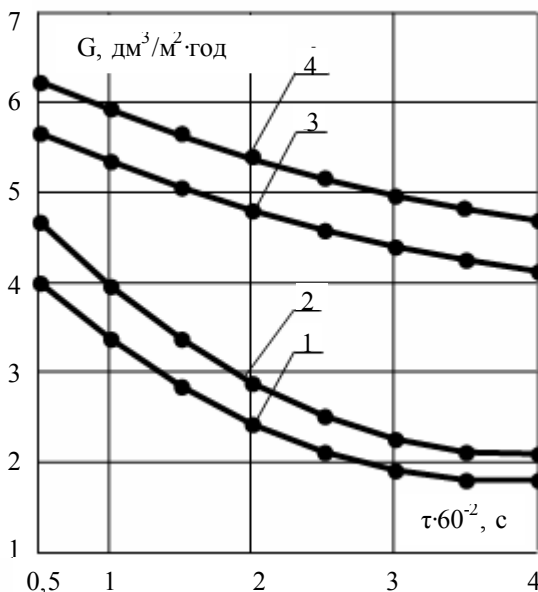


Рис. 6. Залежність продуктивності ультрафільтраційних мембран типу ПАН від тривалості процесу УФ-концентрування пектинових екстрактів за температури 50° С і тиску 0,4 МПа: 1, 3 – мембрана ПАН-50 у тупиковому режимі та в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно; 2, 4 – мембрана ПАН-100 у тупиковому режимі та в режимі з вібраційним перемішуванням відповідно

На підставі комплексних досліджень технічних характеристик напівпроникних УФ-мембран типу ПАН, аналізу одержаних результатів були визначені загальні межі раціональних технологічних параметрів для подальших досліджень процесу УФ-концентрування рідких харчових високомолекулярних полідисперсних систем: тиск $P = 0,2 \dots 0,5$, температура $t = 40 \dots 60^\circ \text{C}$, тривалість $\tau = (1,5 \dots 2,0) \cdot 60^2 \text{ с}$.

Висновки. Таким чином, за результатами досліджень були отримані відомості про робочі характеристики УФ-мембран типу ПАН. Встановлено, що найбільш раціональними режимами експлуатації УФ-мембран є: тиск фільтрації – 0,2...0,5 МПа; температура системи, що розділяється – 40...60° С, тривалість процесу УФ – (1,5...2,0)·60² с. Визначені вище режими експлуатації УФ-мембран можуть бути застосовані для подальшого УФ-концентрування білково-вуглеводної молочної сировини (сколотин, знежиреного молока, сироватки з-під кислого сиру).

Отримані результати можуть бути використані в разі дослідження інших параметрів процесу ультрафільтрації рідких високомолекулярних полідисперсних систем, що дозволить запровадити одержані результати у виробництво харчових продуктів на об'єктах із обробки молочної сировини харчової промисловості України.

Список джерел інформації / References

1. Вплив жирності молока на процес його ультрафільтраційної обробки / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, О. В. Гафуров, О. М. Приходько // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2008. – № 2 (120). – С. 99–101.

Dejnichenko, G.V., Maznyak Z.O., Gafurov O.V., Prykhodko, O.M. (2008), "Effect of milk fat in the process of ultrafiltration treatment" [*"Vplyv zhyrnosti moloka na protses yoho ul'trafil'tratsiyanoi obrobky"*], *Journal of East Ukrainian National University Volodymyr Dahl name*, No. 2 (120), pp. 99-101.

2. Мазняк З. О. Дослідження процесу ультрафільтраційного концентрування скотопин та його апаратурне оформлення : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Мазняк Захар Олександрович. – Х., 2003. – 660 с.

Maznyak, Z.O. (2003), Research of process of ultrafiltration concentration of whey and its equipment decision: dissertation [*Doslidzhennya protsesu ul'trafil'tratsiyoho kontsentruvannya skototy ta yoho aparaturne oformlennya*], Kharkiv, 660 p.

3. Дейниченко Г. В. Дослідження фізико-хімічних властивостей ультрафільтраційних мембран типу ПАН / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, О. В. Гафуров // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2009. – Вип. 2 (10). – С. 163–168.

Dejnichenko, G.V., Maznyak, Z.O., Gafurov, O.V. (2009), "The study of physical and chemical properties of ultrafiltration membranes PAN type", *Advanced equipment and technology of food production and trade of restaurants* [*"Doslidzhennya fizyko-khimichnykh vlastyovostey ul'trafil'tratsiynykh membran typu PAN"*], Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Vol. 2 (10), pp. 163-168.

4. Брык М. Т. Мембранная технология в пищевой промышленности / М. Т. Брык, В. Н. Голубев, А. П. Чагаровский. – К. : Урожай, 1991. – 224 с.

Bryk, M.T., Golubev, V.N., Chagarovskij, A.P. (1991), *Membrane technology in the food industry* [*Membrannaja tehnologija v pishhevoj promyshlennosti*], Urozhaj, Kiev, 224 p.

5. Гранев И. Н. Мембранные технологии в молочной промышленности / И. Н. Гранев, С. В. Зверев // Молочное дело. – 2005. – № 2. – С. 78–80.

Granev, I.N., Zverev, S.V. "Membrane technology in the dairy industry" [*"Membrannye tehnologii v molochnoj promyshlennosti"*], *Dairy business*, No. 2, pp. 78-80.

6. Дейниченко Г. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини /

Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухина. – Х. : Факт, 2008. – 208 с.

Dejnichenko, G.V., Maznyak, Z.O., Gafurov, O.V. (2008), *Multifiltering processes and technology rational processing of Ultrafiltration Protein-Carbohydrate Raw Milk [Ul'trafil'tratsiyni protsesy ta tekhnolohiyi ratsional'noyi pererobky bilkovy-vuhlevodnoyi molochnoyi syrovyny]*, Fakt, Kharkiv, 208 p.

7. Дейниченко Г. В. Дослідження робочих параметрів напівпроникних ультрафільтраційних мембран / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, О. В. Гафуров // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Х. : ХДУХТ, 2014. – Вип. 2 (18). – С. 58–64.

Dejnichenko, G.V., Maznyak, Z.O., Gafurov, O.V. (2014), “Research of parameters semipermeable membrane ultrafiltration”, *Advanced equipment and technology of food production and trade of restaurants [“Doslidzhennya robochykh parametriv napivpronyknykh ul'trafil'tratsiynykh membran”]*, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkiv, Vol. 2 (18), pp. 58-64.

8. Гузенко В. В. Удосконалення процесу виробництва пектинового концентрата та його апаратурне оформлення : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Гузенко. – Х., 2013. – 18 с.

Guzenko, V.V. (2013), *Improvement of the Process of Manufacturing Pectic Concentrate and its Instrumentation: Author's thesis [Udoskonalennya protsesu vyrobnytstva pektynovoho kontsentrata ta yoho aparaturne oformlennya: avtofef. dis. ... kand. polit. nauk]*, Kharkiv, 21 p.

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkov@rambler.ru.

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., кафедра обладнання харчової та готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkov@rambler.ru.

Deynichenko Gregory, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kharkov State University of Food Technology and Trade, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva. Address: Klochkovska str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkov@rambler.ru

Мазняк Захар Олександрович, канд. техн. наук, доц., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: m.zakhar@mail.ru.

Мазняк Захар Олександрович, канд. техн. наук, доц., кафедра обладнання харчової та готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: m.zakhar@mail.ru.

Mazniak Zakhar, Cand. Sci. (Tech.), docent, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovska str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: mzakhar@mail.ru.

Гузенко Василь Володимирович, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключівська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56, e-mail: Peresada_7@mail.ru.

Гузенко Василий Владимирович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: Peresada_7@mail.ru.

Guzenko Vasiliiy, Cand. Sci. (Tech.), senior researcher of Scientific and research sector HSUFTT, Department equipment for food and hotel industry after M.I. Belyaeva, Kharkov State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkovska str., 333, Kharkov, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: Peresada_7@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.03.2015. ХДУХТ, Харків.*

УДК 641.514.3:635.62

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КОМБІНОВАНОГО СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ПЛОДІВ ГАРБУЗА

Г.В. Дейниченко, О.Г. Терешкін, Д.В. Горелков, І.В. Шевченко

Проаналізовано основні поширені способи очищення гарбуза від насіння та шкірки, виявлено низку недоліків та запропоновано шляхи вирішення проблемних питань. Запропоновано використання комбінації процесів теплової та механічної обробки для очищення гарбуза, наведено основні результати попередніх досліджень, подано геометричну форму робочих органів.

***Ключові слова:** процес очищення, гарбуз, пропарювання, якість очищення, ріжуча крайка.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА ОЧИСТКИ ПЛОДОВ ТЫКВЫ

Г.В. Дейниченко, О.Г. Терешкин, Д.В. Горелков, И.В. Шевченко

Проанализированы основные распространенные способы очистки тыквы от семян и кожуцы, обнаружен ряд недостатков и предложены пути

© Дейниченко Г.В., Терешкін О.Г., Горелков Д.В., Шевченко І.В., 2015