

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

УДК 006.83:[613.3:544.725.7]

**Григорій ДЕЙНИЧЕНКО,
Василь ГУЗЕНКО,
Олег ГАФУРОВ**

ЯКІСТЬ ХАРЧОВИХ РІДИН УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ

Показано роль мембранних процесів у харчовій промисловості для виробництва різної продукції. Досліджено показники якості харчових рідин рослинного (пектинового екстракту) та тваринного (білково-вуглеводної молочної сировини) походження під час їх ультрафільтраційного концентрування залежно від технологічних параметрів процесу.

Ключові слова: ультрафільтрація, пектиновий екстракт, білково-вуглеводна молочна сировина, мембрана, концентрування.

Дейниченко Г., Гузенко В., Гафуров О. Качество пищевых жидкостей ультрафильтрационного концентрирования. Показана роль мембранных процессов в пищевой промышленности для производства различной продукции. Исследованы показатели качества пищевых жидкостей растительного (пектинового экстракта) и животного (белково-углеводного молочного сырья) происхождения в процессе их ультрафильтрационного концентрирования в зависимости от технологических параметров процесса.

Ключевые слова: ультрафильтрация, пектиновый экстракт, белково-углеводное молочное сырье, мембрана, концентрирование.

Постановка проблеми. У харчовій промисловості мембранні методи широко застосовують для обробки харчових рідин: для очищення та концентрування фруктових і овочевих соків у консервному виробництві, дифузійного соку – в цукровому; для концентрування молока й молочних продуктів; стабілізації безалкогольних напоїв і виноградних вин, холодної пастеризації пива; підготовки технологічної води; очищення рослинних олій; отримання білка з картопляного соку; розділення крові забійних тварин; виділення ферментів тощо [1–6].

© Григорій Дейниченко, Василь Гузенко, Олег Гафуров, 2015

Істотний внесок у розвиток і впровадження мембранних технологій в харчову галузь промисловості внесли вітчизняні та закордонні науковці: Е. А. Фетисов, А. П. Чагаровский [7], М. Т. Брик [2; 8], С. П. Бабёньшев [3; 9], В. Г. Мирончук [10], А. А. Свитцов [11], В. Н. Голубев [12], М. Н. Nguyen [13], E. Drioli [14] та ін.

Із усіх баромембранних процесів найбільш доцільно використовувати ультрафільтрацію (УФ) харчових рідин, при якій одночасно з концентрацією здійснюється їхнє очищення від низькомолекулярних речовин і бактерій, зберігаючи при цьому постійне значення рН. Все це зумовило використання ультрафільтрації для переробки пектинових екстрактів (ПЕ) і білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС) [1; 6; 7; 9; 11–15]. Розміри молекул основних харчових нутрієнтів ПЕ і БВМС порівнянні з розмірами пор УФ-мембран. Саме тому останні будуть затримувати в концентраті високомолекулярні речовини, а низькомолекулярні сполуки проходять крізь пори мембрани в пермеат, що уможливить цілеспрямоване використання продуктів УФ-розділення в конкретних технологіях харчових продуктів [1; 10–12].

Упровадження УФ-концентрування у виробництво пектинових концентратів дає змогу спростити процес і отримати чистий та якісний пектиновий концентрат без значних витрат [6; 11].

БВМС є досить добре дослідженим об'єктом баромембранного розділення. Продукти ультрафільтраційної переробки знежиреного молока, склотин, сироватки з-під кислого сиру характеризуються чітко визначеним набором функціональних властивостей і мають широкий спектр промислового застосування [1; 4; 16]. За ультрафільтраційної обробки БВМС одержують дві фракції – концентрат, збагачений високомолекулярними сполуками, і фільтрат, у водному середовищі якого містяться низькомолекулярні сполуки молока.

За ультрафільтрації рідких харчових систем основною причиною, яка знижує продуктивність напівпроникної мембрани та ефективність процесу в цілому, є концентраційна поляризація високомолекулярних речовин на поверхні мембрани. Для запобігання утворення поляризаційного шару необхідно передбачити в конструкції мембранного модуля пристрій, що турбулізує потік полідисперсної системи, яка розділяється [1; 9; 17; 18].

Сьогодні основним чинником, який стримує впровадження мембранних технологій в харчову галузь, є відсутність об'єктивної інформації щодо характеристик, властивостей і режимів експлуатації сучасних УФ-мембран і комплексних наукових досліджень саме процесів мембранної обробки харчової сировини з подальшим її використанням. Це зумовлює необхідність проведення додаткових досліджень раціональних параметрів баромембранного концентрування харчової сировини.

Отже, дослідження процесів мембранної обробки харчових рідин УФ-концентруванням є актуальним завданням, оскільки уможли-

лює одержувати рідкі харчові концентрати з високими, яскраво вираженими харчовими та біологічними властивостями. Разом з тим необхідне також дослідження якості продуктів УФ-розділення, яке дає змогу оцінити ефективність ультрафільтраційної обробки зазначених харчових рідин [1; 12; 19].

Мета статті – визначення якості харчових рідин рослинного й тваринного походження за фізико-хімічними показниками під час їх ультрафільтраційного концентрування.

Матеріали та методи. На кафедрі устаткування харчової та готельної індустрії імені М. І. Беляєва Харківського державного університету харчування та торгівлі проведено дослідження показників якості процесу УФ-концентрування харчових рідин – пектинового екстракту та білково-вуглеводної молочної сировини (знежиреного молока, склотин, сироватки з-під кислого сиру). Харчові рідини обробляли в УФ-модулі з плоскими мембранними елементами (мембранами типу ПАН). Процес проведено в тупиковому режимі з використанням для інтенсифікації вібруючого перфорованого диска [20] та барботуючого пристрою [21].

Фізико-хімічні показники якості отриманих концентратів визначено за стандартними методами, математична обробка результатів досліджень – за методиками, викладеними в підручнику [22].

Результати дослідження. За даними дослідження отримано залежності вмісту сухих речовин (СР) в концентраті та пермеаті за різних технологічних параметрів процесу УФ-концентрування в режимі з вібраційним перемішуванням (*рис. 1*). Із результатів видно, що пектинові концентрати (ПК), одержані із застосуванням напівпроникної мембрани ПАН-100 протягом 4 год, мають більші значення вмісту СР, ніж із мембраною ПАН-50. При цьому слід зазначити, що пектинових речовин в пермеаті майже не спостерігалось для обох типів досліджуваних мембран.

Зміна вмісту сухих речовин підтверджує складний характер нелінійних залежностей. Значення вмісту СР у пектинових концентратах для обох видів мембран змінюються зі збільшенням параметрів температури та тиску процесу УФ-концентрування (див. *рис. 1*). Так, максимальні значення вмісту СР в концентраті й пермеаті становлять відповідно 7.9 і 3.6 % для мембрани ПАН-50 та 9.8 і 5.3 % – для ПАН-100 за температури 50–60 °С і тиску 0.5–0.6 МПа; мінімальні значення – відповідно 2.9 і 0.7 % для мембрани ПАН-50 та 5.8 і 2.1 % – для ПАН-100 за температури 20–25 °С і тиску 0.2–0.3 Па.

Із метою підвищення якості очищення пектинових концентратів процес проведено методом діафільтрації, яка широко використовується в технологіях білків, ферментів та інших галузях харчової промисловості. При цьому вводиться чистий розчинник, і при подальшому концентруванні знижується вміст низькомолекулярних сполук видаленням їх через мембрану разом з розчинником [23].

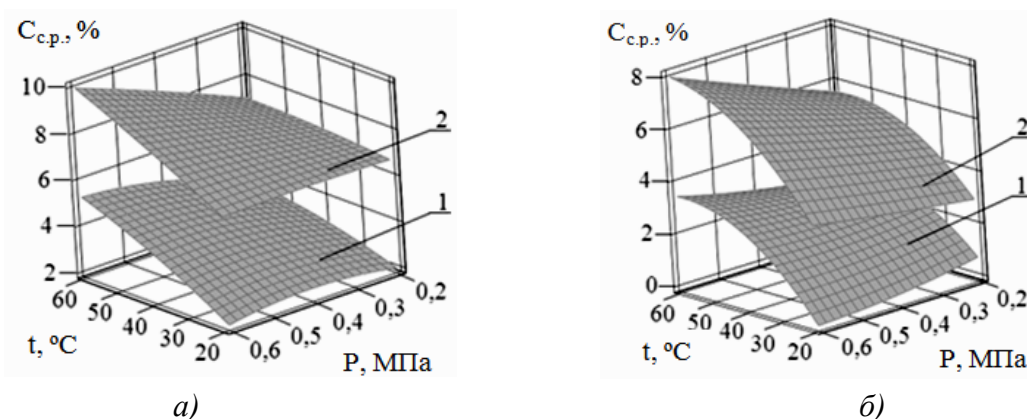


Рис. 1. Залежність зміни вмісту СР від температури (t) і тиску (P) процесу УФ-концентрування ПЕ для мембрани: а) ПАН-100; б) ПАН-50; 1 – в концентраті; 2 – в пермеаті

Для проведення діафільтраційного (ДФ) очищення отриманого пектинового концентрату обрано періодичний процес із безперервним (циклічним) розведенням концентрату, який розбавляється декілька разів і стільки ж разів піддається ультрафільтраційній діафільтрації.

Дослідження проведено на експериментальній установці – ультрафільтраційному модулі з вібраційним турбулізатором за температури 50 °С і тиску 0.4 МПа.

У табл. 1 наведено якість одержаних пектинових концентратів після ДФ-очищення за фізико-хімічними показниками.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники якості пектинових продуктів

Показник	Пектиновий екстракт		Пектиновий концентрат			
	свіжа сировина	сушена сировина	свіжа сировина		сушена сировина	
			до	після	до	після
			ДФ-очищення			
Вміст сухих речовин, %	2.4	1.8	7.9	5.1	7.2	4.1
Концентрація пектинових речовин, %	0.81	0.64	4.4	4.4	3.7	3.7
Зольність, %	1.5	1.1	2.1	0.03	2.5	0.04
pH	1.5	1.5	3.1	3.1	6.5	6.5
Молекулярна маса, Да	14200	10800	22400	24700	17100	18900
Комплексоутворювальна здатність, мг Рb ²⁺ /г	4.2	2.3	24.8	26.5	12.7	14.6
Драглеутворювальна здатність за Валентом, Г	106	79	217	236	149	162

Після діафільтраційного очищення концентрація пектинових речовин у досліджуваних продуктах залишається незмінною, підвищується комплексоутворювальна й гелеутворювальна здатність отриманого концентрату, а вміст сухих речовин у ньому зменшується. Отже, застосування мембранних методів уможливило підвищення якості кінцевого продукту.

Досліджено вміст сухих речовин в ультрафільтраційних концентратах і пермеаті білково-вуглеводної молочної сировини залежно від тривалості процесу за різних режимів обробки. Зі збільшенням тривалості ультрафільтрації як в тупиковому, так і в режимі барботування вміст СР в УФ-концентратах і пермеаті підвищується. У концентратах це відбувається за рахунок виведення з продукту розчинника (води) разом із низькомолекулярними речовинами і, як наслідок, збільшення концентрації білка та жиру. У пермеаті підвищення вмісту СР відбувається як внаслідок переходу в пермеат лактози, мінеральних елементів, вітамінів, органічних кислот, так і за рахунок проходження через пори мембрани окремих фракцій білків молока та поліпептидних обривків білкових молекул, розмір яких менше розміру пор УФ-мембрани [1].

На *рис. 2* представлено кінетику відношення вмісту СР у концентраті до вмісту СР у пермеаті за мембранного розділення БВМС із використанням УФ-мембран типу ПАН. Як показує аналіз графічних залежностей, інтенсивність підвищення вмісту СР у концентратах усіх видів БВМС значно вище, ніж у пермеатах. У режимі барботування це відношення в 1.3–1.7 раза більше при ультрафільтрації сколотин і в 1.5–1.6 раза більше при ультрафільтрації сирної сироватки, ніж у тупиковому режимі.

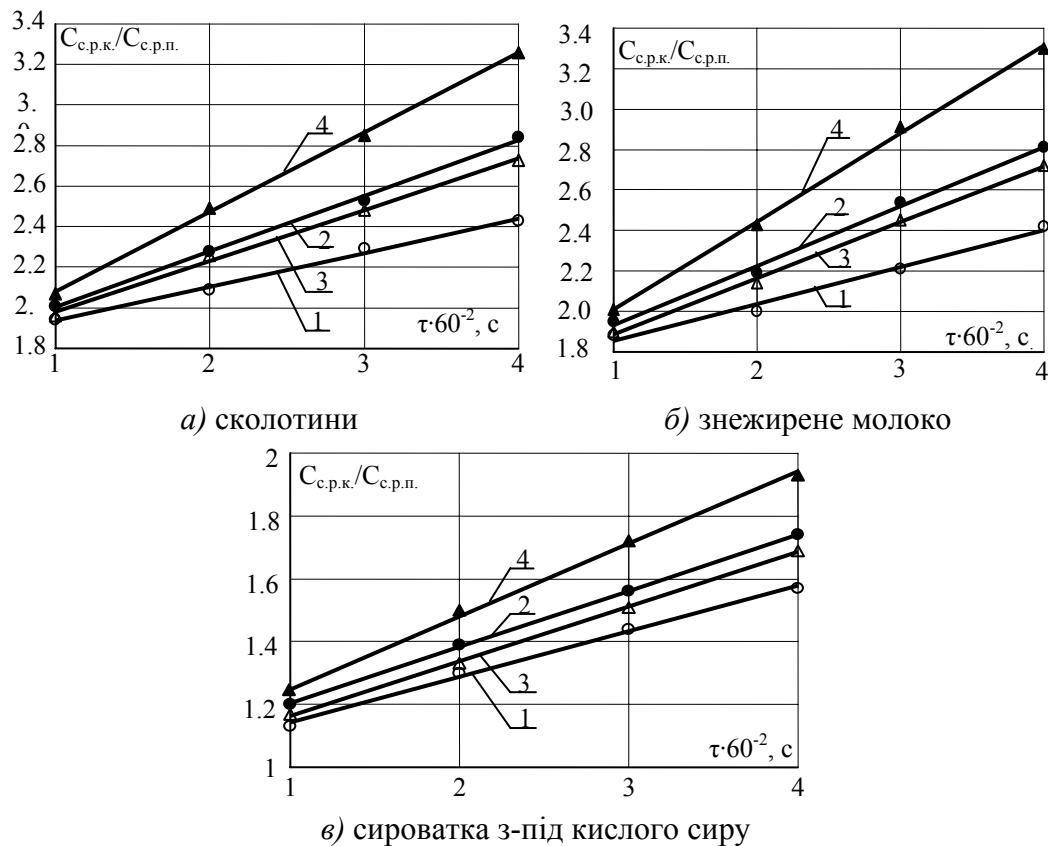


Рис. 2. Кінетика $C_{с.р.к}/C_{с.р.п.}$ під час мембранного розділення БВМС із використанням УФ-мембран ПАН-50 (1, 2) і ПАН-100 (3, 4) в тупиковому режимі (1, 3) та в режимі барботування (2, 4)

Це ще раз свідчить про доцільність використання режиму барботування при ультрафільтраційному розділенні досліджуваних видів БВМС.

Комплексна характеристика якості продуктів УФ-розділення білково-вуглеводної молочної сировини неможлива без дослідження хімічного складу кінцевих продуктів ультрафільтрації (табл. 2). УФ-концентрати сколотин, знежиреного молока й сироватки з-під кислого сиру містять усі харчові нутрієнти, які притаманні сировині.

Таблиця 2

Хімічний склад продуктів ультрафільтраційного розділення білково-вуглеводної молочної сировини

Показник	Вихідна БВМС	Значення фактора концентрування					
		1.5		2.0		3.0	
		концентрат	пермеат	концентрат	пермеат	концентрат	пермеат
Вміст, %:		Сколотини					
сухих речовин	9.01	10.11	5.10	12.0	5.30	15.82	5.70
білка	3.10	4.65	0.19	6.20	0.21	9.30	0.26
жиру	0.60	0.91	сл.	1.20	сл.	1.80	сл.
лактози	4.50	4.15	4.27	4.05	4.31	3.92	4.37
золи	0.70	0.47	0.51	0.45	0.53	0.42	0.57
Вміст, %:		Знежирене молоко					
сухих речовин	8.50	9.90	5.30	11.40	5.40	14.90	5.60
білка	3.20	4.80	0.18	6.40	0.20	9.60	0.31
жиру	0.07	0.11	сл.	0.14	сл.	0.20	сл.
лактози	4.50	4.33	4.31	4.26	4.38	4.22	4.46
золи	0.70	0.51	0.62	0.50	0.65	0.49	0.71
Вміст, %:		Сироватка з-під кислого сиру					
сухих речовин	5.40	6.52	5.20	7.68	5.30	8.85	5.50
білка	1.10	1.65	0.16	2.20	0.18	3.30	0.19
жиру	0.20	0.31	сл.	0.40	сл.	0.60	сл.
лактози	3.50	4.01	4.12	4.09	4.24	4.15	4.43
золи	0.50	0.48	0.41	0.47	0.48	0.47	0.54

При цьому вміст білка й жиру в концентратах БВМС збільшується пропорційно зростанню фактора концентрації. Важливо констатувати, що за різних його значень співвідношення білок : жир у концентратах усіх видів БВМС зберігається на рівні вихідної сировини. Вміст лактози в УФ-концентратах сколотин і знежиреного молока по мірі збільшення фактора концентрації незначно знижується внаслідок її переходу до фільтрату, а в концентратах сирної сироватки трохи підвищується, що пояснюється ростом питомої ваги лактози в складі сухих речовин останньої.

Вміст золи в концентратах усіх видів БВМС із підвищенням фактора концентрації залишається практично незмінним із незначною тенденцією до зменшення.

Вміст сухих речовин в пермеатах досліджуваних видів БВМС із підвищенням фактора концентрації збільшується, що є наслідком переходу до пермеату насамперед лактози та зольних елементів. Вміст білка в пермеатах незначний і перебуває на рівні 0.16–0.26 %. Молочний жир в зазначених продуктах УФ-розділення присутній у слідових кількостях. У цілому, отримані результати хімічного складу продуктів УФ-розділення досліджуваних видів БВМС узгоджуються з аналогічними дослідженнями інших авторів [10; 24].

Висновки. Використання ультрафільтрації для концентрування харчових рідин уможливує спростити процес концентрування та одержати концентрати високої якості.

Проведені аналітичні та експериментальні дослідження зазначають технологічні межі регулювання режимів одержання концентратів під час ультрафільтраційного концентрування харчових рідин.

Результати роботи можуть використовуватися як для дослідження процесів приготування кулінарної продукції на основі продуктів ультрафільтраційного концентрування, так і для безпосереднього впровадження у виробництво концентратів харчових рідин різноманітного походження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дейниченко Г. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини : монографія / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухина. — Х. : Факт, 2008. — 208 с.
2. Брик М. Т. Питна вода і мембранні технології / М. Т. Брик // Наукові записки. — К. : 2000. — Т. 18. — С. 4—24.
3. Бабёньшев С. П. Мембранные технологии очистки растительного масла / С. П. Бабёньшев, И. А. Евдокимов // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2008. — № 4. — С. 78—80.
4. Гранев И. Н. Мембранные технологии в молочной промышленности / И. Н. Гранев, С. В. Зверев // Молочное дело. — 2005. — № 2. — С. 78—80.
5. Ribeiro A. The optimisation of soybean oil degumming on a pilot plant scale using a ceramic membrane / A. Ribeiro, B. Ning, G. Goncalves // J. Food Eng. — 2008. — Vol. 87, N 4. — P. 514—521.
6. Дейниченко Г. В. Аналіз процесів концентрування та очищення пектинових екстрактів з рослинної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Прогресивні техніки та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. — Х. : ХДУХТ, 2013. — С. 317—322.
7. Фетисов Е. А. Мембранные и молекулярноситовые методы переработки молока : монография / Е. А. Фетисов, А. П. Чагаровский. — М. : Агропромиздат, 1991. — 272 с.
8. Брик М. Т. Энциклопедия мембран в 2-х томах / М. Т. Брик. — К. : Киево-Могилянская академия, 2005. — 660 с.
9. Бабёньшев С. П. Научно-технические аспекты совершенствования процесса баромембранного разделения жидких высокомолекулярных полиди-

- сперсных систем : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12 / Бабёнышев Сергей Петрович. — Ставрополь, 2007. — 384 с.
10. *Мирончук В. Г.* Мембранні процеси в технології комплексної переробки сироватки : монографія / В. Г. Мирончук, Ю. Г. Змієвський. — К : НУХТ, 2013. — 153 с.
 11. *Свитцов А. А.* Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов. — М. : ДеЛипринт, 2007. — 208 с.
 12. *Голубев В. Н.* Пектин: химия, технология, применение / В. Н. Голубев, Н. П. Шелухина. — М. : РАТНИЭЧ, 1995. — 387 с.
 13. *Nguyen M. H.* Membrane Technology Applications in the Food Industry, with Reference to Food Processing and Cleaner Production / M. H. Nguyen. — Sydney : University of Technology, 2003. — 317 p.
 14. *Drioli E.* Integrated Membrane Operations: In the Food Production / E. Drioli, A. Cassano. — Berlin : Waller de Gruyler GmbH, 2014. — 317 p.
 15. *Козукова Л. Г.* Баромембранные процессы разделения: задачи и проблемы / Л. Г. Козукова // Вестник ДВО РАН. — 2006. — № 5. — С. 65—76.
 16. *Zeki Berk.* Food process Engineering and Technology / Zeki Berk. — USA : Elsevier, 2009. — 605 p.
 17. *Поляков Ю. С.* Неравномерное осаждение частиц на внешней и внутренней поверхности полупроницаемых мембран : дис. ... д-ра физ.-мат. наук : 05.17.08 / Поляков Юрий Сергеевич. — М., 2007. — 362 с.
 18. *Свитцов А. А.* Снижение влияния концентратной поляризации с помощью турбулизирующих элементов, выполненных в виде дисковых мешалок / А. А. Свитцов, Р. А. Одинцов // Мембраны. — 2001. — № 13. — С. 33—36. — Серия : "Критические технологии".
 19. *Дубяга В. П.* Нанотехнологии и мембраны / В. П. Дубяга, И. Б. Бесфамильный // Мембраны. — 2005. — № 3 (27). — С. 11—16. — Серия : "Критические технологии".
 20. *Дейниченко Г. В.* Спосіб концентрування білка із вторинної молочної сировини (сколотин) / Г. В. Дейниченко, А. М. Поперечний, З. О. Мазняк // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. пр. — Х. : ХДУХТ, 2003. — Вип. 9. — С. 92—96.
 21. *Дейниченко Г. В.* Пристрій для барботування біологічних рідин під час їх мембранної обробки / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, О. В. Гафуров // Стратегічні напрямки розвитку підприємств харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі : міжнар. наук.-практ. конф., 17 жовт. 2007 р. : тези доповідей у 2 ч. — Х. : ХДУХТ, 2007. — Ч. 1. — С. 219—220.
 22. *Остапчук М. В.* Математичне моделювання на ЕОМ : підруч. / М. В. Остапчук, Г. М. Станкевич. — О. : Друк, 2006. — 313 с.
 23. *Дейниченко Г. В.* застосування діафільтраційного очищення у процесі одержання пектинових концентратів / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // пр. таврійського держ. агротехнічного ун-ту : темат. зб. наук. пр. — Мелітополь : ТДАУ, 2013. — Вип. 13, Т. 7. — С. 28—34.
 24. *Мазняк З. О.* Дослідження процесу ультрафільтраційного концентрування сколотин та його апаратурне оформлення : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Мазняк Захар Олександрович. — Х., 2003. — С. 162—177.

Стаття надійшла до редакції 01.09.2015.

Dejnichenko G., Guzenko V., Gafurov O. Quality of the edible liquids of the ultrafiltration concentration.

Background. Simultaneously with the concentration of food liquids ultrafiltration (UF) performs their purification from low molecular weight substances, bacteria, maintaining a constant pH. It led to widespread usage of the ultrafiltration process in the processing of food liquids, extracts of pectin and protein-carbohydrate raw milk in particular.

Material and methods. The researches of qualitative process of UF-concentration of food liquids – pectin extract and protein-carbohydrate raw milk were conducted. Food liquids were treated by UF with membrane module. The process was carried out in dead end mode using perforated vibrating disc [20] and bubbling device [21] for intensification.

Results. After diafiltration of the purification concentration of pectin in the researched pectin concentrate remains unchanged, the complexing and the gel forming ability rises are observed, and the content of dry substances diminishes. Thus, applying membrane methods allows improving quality of the final product.

Chemical composition of UF-concentrate buttermilk, skimmed milk and whey contain all dietary nutrients, which are common in the studied types of raw materials. At the same time the content of protein and fat in the concentrate of protein-carbohydrate raw milk increases in proportion to increase factor of concentration.

Conclusion. Usage of ultrafiltration of food liquids simplifies the process of concentration and provides the concentration of high quality.

Analytical and experimental studies that were taken show the technological limits of the modes of regulation of receiving concentrate in ultrafiltration concentration of food liquids.

Keywords: ultrafiltration, pectin extract, protein-carbohydrate raw milk, membrane process, concentration.

REFERENCES

1. *Dejnichenko G. V.* Ul'trafil'tracijni procesy ta tehnologii' racional'noi' pererobky bil'kovo-vuglevodnoi' molochnoi' syrovyny : monografija / G. V. Dejnichenko, Z. O. Maznjak, I. V. Zolotuhyna. — H. : Fakt, 2008. — 208 s.
2. *Bryk M. T.* Pytna voda i membranni tehnologii' / M. T. Bryk // Naukovi zapysky. — K. : 2000. — T. 18. — S. 4—24.
3. *Babjonyshev S. P.* Membrannye tehnologii ochistki rastitel'nogo masla / S. P. Babjonyshev, I. A. Evdokimov // Hranenie i pererabotka sel'hozsy'r'ja. — 2008. — № 4. — S. 78—80.
4. *Granev I. N.* Membrannye tehnologii v molochnoj promyshlennosti / I. N. Granev, S. V. Zverev // Molochnoe delo. — 2005. — № 2. — S. 78—80.
5. *Ribeiro A.* The optimisatiol of soybean oil degumming on a pilat plan scale using a caramic membrane / A. Ribeiro, B. Ning, G. Goncalves // J. Food End. — 2008. — Vol. 87, N 4. — P. 514—521.
6. *Dejnichenko G. V.* Analiz procesiv koncentruvannja ta ochyshhennja pektynovyh ekstraktiv z roslynnoi' syrovyny / G. V. Dejnichenko, Z. O. Maznjak, V. V. Guzenko // Progresyvni tehnika ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli : zb. nauk. pr. — H. : HDUHT, 2013. — S. 317—322.
7. *Fetisov E. A.* Membrannye i molekuljarnositovyje metody pererabotki moloka : monografija / E. A. Fetisov, A. P. Chagarovskij. — M. : Agropromizdat, 1991. — 272 s.
8. *Bryk M. T.* Jenciklopedija membran v 2-h tomah / M. T. Bryk. — K. : Kievo-Mogiljanskaja akademija, 2005. — 660 s.

9. Babjonyshev S. P. Nauchno-tehnicheskie aspekty sovershenstvovaniya processa baromembrannogo razdelenija zhidkih vysokomolekuljarnyh polidispersnyh sistem : dis. ... d-ra tehn. nauk : 05.18.12 / Babjonyshev Sergej Petrovich. — Stavropol', 2007. — 384 s.
10. Myronchuk V. G. Membranni procesy v tehnologii' kompleksnoi' pererobky syrovatky : monografija / V. G. Myronchuk, Ju. G. Zmijevs'kyj. — K : NUHT, 2013. — 153 s.
11. Svitcov A. A. Vvedenie v membrannuju tehnologiju / A. A. Svitcov. — M. : DeLiprint, 2007. — 208 s.
12. Golubev V. N. Pektin: himija, tehnologija, primenenie / V. N. Golubev, N. P. Sheluhina. — M. : RATNIJeCh, 1995. — 387 s.
13. Nguyen M. H. Membrane Technology Applications in the Food Industry, with Reference to Food Processing and Cleaner Production / M. H. Nguyen. — Sydney : University of Technology, 2003. — 317 p.
14. Drioli E. Integrated Membrane Operations: In the Food Production / E. Drioli, A. Cassano. — Berlin : Waller de Gruyler GmbH, 2014. — 317 p.
15. Kozukova L. G. Baromembrannye processy razdelenija: zadachi i problemy / L. G. Kozukova // Vestnik DVO RAN. — 2006. — № 5. — S. 65—76.
16. Zeki Berk. Food process Engineering and Technology / Zeki Berk. — USA : Elsevier, 2009. — 605 p.
17. Poljakov Ju. S. Neravnomernoe osazhdenie chastic na vneshnej i vnutrennej poverhnosti polupronicaemyh membran : dis. ... d-ra fiz.-mat. nauk : 05.17.08 / Poljakov Jurij Sergeevich. — M., 2007. — 362 s.
18. Svitcov A. A. Snizhenie vlijanija koncentratnoj poljarizacii s pomoshh'ju turbuizirujushhijh jelementov, vypolnennyh v vide diskovyh meshalok / A. A. Svitcov, R. Odincov // Membrany. — 2001. — № 13. — S. 33—36. — Serija : "Kriticheskie tehnologii".
19. Dubjaga V. P. Nanotehnologii i membrany / V. P. Dubjaga, I. B. Besfamil'nyj // Membrany. — 2005. — № 3 (27). — C. 11—16. — Serija : "Kriticheskie tehnologii".
20. Dejnychenko G. V. Sposib koncentruvannja bilka iz vtorynnoi' molochnoi' syrovyny (skoloty) / G. V. Dejnychenko, A. M. Poperechnyj, Z. O. Maznjak // Obladnannja ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv : zb. nauk. pr. — H. : HDUHT, 2003. — Vyp. 9. — S. 2—96.
21. Dejnychenko G. V. Prystrij dlja barbotuvannja biologichnyh ridyn pid chas i'h membranoi' obrobky / G. V. Dejnychenko, Z. O. Maznjak, O. V. Gafurov // Strategichni napryjamky rozvytku pidprijemstv harchovyh vyrobnyctv, restorannogo gospodarstva i torgivli : mizhnar. nauk.-prakt. konf., 17 zhovt. 2007 r. : tezy dopovidej u 2 ch. — H. : HDUHT, 2007. — Ch. 1. — S. 219—220.
22. Ostapchuk M. V. Matematychno modeljuvannja na EOM : pidruch. / M. V. Ostapchuk, G. M. Stankevych. — O. : Druk, 2006. — 313 s.
23. Dejnychenko G. V. zastosuvannja diafil'tracijnogo ochyshhennja u procesi oderzhannja pektynovyh koncentrativ / G. V. Dejnychenko, Z. O. Maznjak, V. V. Guzenko // pr. tavrjjs'kogo derzh. agrotehničnogo un-tu : temat. zb. nauk. pr. — Melitopol' : TDAU, 2013. — Vyp. 13, T. 7. — S. 28—34.
24. Maznjak Z. O. Doslidzhennja procesu ul'trafil'tracijnogo koncentruvannja skoloty na jogo aparaturne oformlennja : dys. ... kand. tehn. nauk : 05.18.12 / Maznjak Zahar Oleksandrovyč. — H., 2003. — S. 162—177.