

УДК 637.142.2:542.816

Антоніна МІНОРОВА

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ ПІДСИРНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ НА ВМІСТ БІЛКА

Досліджено вплив температури та тиску на вміст білка в пермеаті під час ультрафільтрації підсирної молочної сироватки. Доведено, що при проведенні ультрафільтрації за різних температур масова частка білка в пермеаті коливається в межах 0.12–0.33 %. Найнижчі показники вмісту білка зафіксовано за температури 20 і 55 °С. Встановлено, що тиск не має суттєвого впливу на вказаний показник.

Ключові слова: підсирна сироватка, ультрафільтрація, температура, тиск, пермеат, вміст білка.

Минорова А. Влияние параметров ультрафильтрации подсырной молочной сыворотки на содержание белка в пермеате. Исследовано влияние температуры и давления на содержание белка в пермеате при ультрафильтрации подсырной молочной сыворотки. Доказано, что во время проведения ультрафильтрации при различных температурах массовая доля белка в пермеате колеблется в пределах 0.12–0.33 %. Самые низкие показатели содержания белка зафиксированы при температуре 20 и 55 °С. Установлено, что давление не оказывает существенного влияния на указанный показатель.

Ключевые слова: подсырная сыворотка, ультрафильтрация, температура, давление, пермеат, содержание белка.

Постановка проблеми. Одним із шляхів оптимізації виробництва молочних продуктів є комплексне використання вторинної молочної сировини, зокрема молочної сироватки. Для ефективного використання сировинних ресурсів доцільно впровадження мембранних технологій. Такі технологічні операції, як концентрування, фракціонування або модифікація складу сировини, можливо здійснити із застосуванням мембранного обладнання, що економічно доцільно й забезпечується економією енергоносіїв порівняно з традиційними технологіями [1].

Ультрафільтрація – найбільш розповсюджений мембранний процес, який дає змогу вибірково відділяти макромолекули з молекулярною масою в діапазоні 1000–200000 Да [2].

Білково-вуглеводна молочна сировина є достатньо добре дослідженим об'єктом баромембранного розділення [3; 4].

Використовуючи мембранні технології при переробці молочної сироватки, зокрема ультрафільтрацію, можна отримати два різних за складом і властивостями продукти: рідкий концентрат сироваткових білків (ретентат) і пермеат (ультрафільтрат), який є розчином молоч-

них компонентів (вуглеводи, мінеральні речовини, кислоти, низькомолекулярні азотисті речовини). Ці напівфабрикати в подальшому можуть використовуватися в технології деяких харчових продуктів [1].

Вагомий науковий вклад по вивченню процесу ультрафільтрації внесли світові вчені Д. Джеквемст (Англія), Р. Мерсон (США), Дж. Мобуа (Франція), П. Бертокс і Д. Радд (США), Ф. Мадсен (Данія) та ін. [цит. за 5; 6].

Сьогодні дослідженнями процесу ультрафільтрації молочної сироватки займаються Р. Sauveur [7], С. Ю Сергеев [8], Г. Б. Гаврилов [9], В. В. Червецов [10] та ін.

В Україні над вивченням процесу ультрафільтрації молочної сироватки працювали А. П. Чагаровський, А. П. Калашнікова, Л. В. Андрієвська [цит. за 5], в наш час – Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухіна [3], В. Г. Мирончук, Ю. Г. Змієвський [4] та ін.

Світовим лідером з виробництва мембранної техніки є компанія *GEA Filtration*. Вона відома створенням найсучасніших систем мембранної фільтрації, зокрема ультрафільтрації, входить до асоціації *GEA Group AG*, яка об'єднує понад 150 компаній по всьому світі. Відома також фірма-виробник ультрафільтраційних установок "АЛЬПМА Альпенланд Maschinenbau ГмбХ" [11]. У 2010 р. на ринок вийшла компанія *VA Food Processing*, яка працює в цьому ж напрямі.

В Україні відсутня вітчизняна мембранна промисловість. Молокопереробні підприємства імпортують нано- та ультрафільтраційні установки компанії *GEA Filtration*. Проте інтерес до мембранних технологій постійно зростає.

Оскільки не всі вітчизняні підприємства мають фінансову можливість імпортувати закордонне обладнання, на ТОВ "Бучацький сирзавод" (Тернопільська область), частково використовуючи імпортне обладнання, вітчизняними спеціалістами зібрано та налагоджено промислову ультрафільтраційну установку.

Доцільність ультрафільтрації полягає в забезпеченні максимального вмісту білка в ретентаті та найнижчого – в пермеаті. Під час ультрафільтрації на вміст білка в пермеаті можуть мати вплив такі технологічні фактори, як температура та тиск.

Мета роботи – дослідження впливу температури та тиску на вміст білка в пермеаті під час ультрафільтрації підсирної молочної сироватки.

Матеріали та методи. Ультрафільтраційна установка, зібрана на ТОВ "Бучацький сирзавод", працювала в режимі автоматизованої системи управління. Процес роботи – двоступеневий. Використано полімерні мембрани (PES) марки 6365 HFК-131 (виробник KMS, США). Площа робочої поверхні мембран становила 79.2 м². Розміри отворів і розділення макромолекул за молекулярною масою (дальтон) – MWCO 10000. Ефективність використання мембранної площі (кількість мо-

лочної сироватки, що пройшла обробку за 1 год. із використанням 1 м² мембран), становила в середньому 18–20 дм³/год/м². Продуктивність установки по сироватці – 5000 дм³/год, продуктивність по пермеату – 1500 дм³/год. Мінімальна та максимальна швидкість потоку – відповідно 0.6 та 1.0 м/с.

До установки (рис. 1) входили ємності для вихідної сироватки та концентрату (E1), пермеату (E2), вузол мембранної фільтрації (M1, M2), пастеризаційно-охолоджувальна установка (П/у), лічильник швидкості потоку (Л, марки Ex81, See Metrix), крани шарові (K1–K5), насос циркуляційний (Н, марка DPV), трубопроводи, пульт управління, манометри (P1, P2, P3), датчик температури (Т). Мембранні модулі (M1, M2) склалися з циліндричного корпусу із нержавіючої сталі, всередині кожного з яких містяться по три рулонних мембранних елементи.

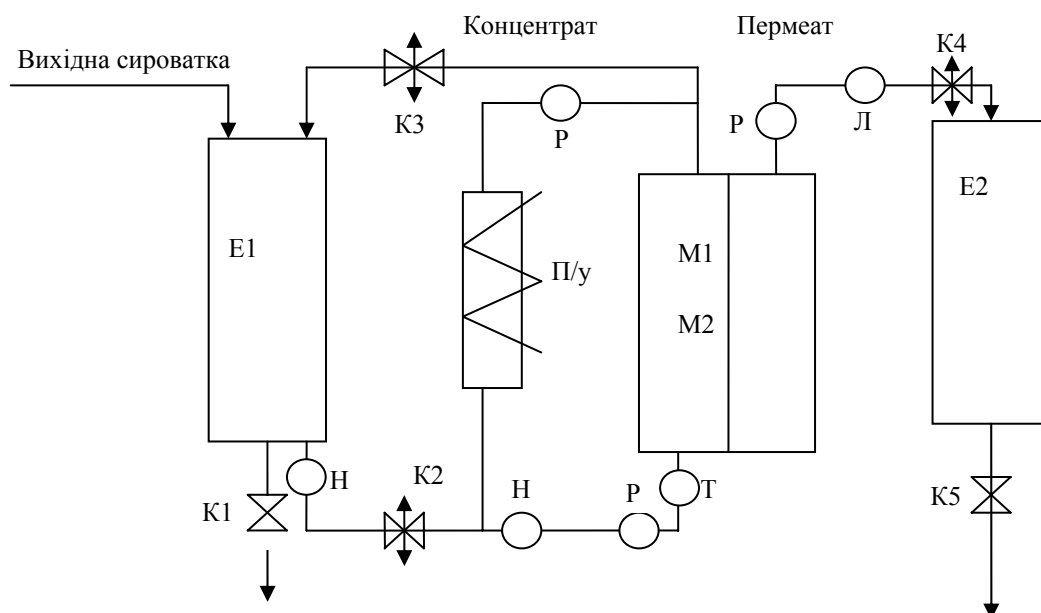


Рис. 1. Схема ультрафільтраційної установки

На вказаній установці проведено ультрафільтрацію підсирної молочної сироватки (див. рис. 1), підготування якої включало традиційні технологічні операції: видалення із сироватки жиру та казеїнового пилу сепаруванням і пастеризація її за температури 72 ± 2 °С. Тривалість ультрафільтрації – 22 год. Проби пермеату для дослідження відбирали кожні 2 год.

Вміст білка визначено за методом Лоурі [12], заснованим на біуретовій реакції між пептидними зв'язками (–CO–NH–) білкових молекул та іонами двоцвальної міді й реакції відновлення фосфорновольфрамної та фосфорномолібденової кислот тирозиновими й цистеїновими радикалами білкових молекул. Інтенсивність забарвлення досліджуваного розчину вимірювалася на спектрофотометрі СФ-46 за довжини хвилі 760 нм. Вміст білка визначено за калібрувальним графіком, побудованим за робочим розчином тирозину.

Результати досліджень. Досліджено вплив температури та тиску на вміст білка в пермеаті під час ультрафільтрації підсирної молочної сироватки.

Відмічено (рис. 2), що температура ультрафільтрації в межах від 20 до 50 °С веде до зростання масової частки білка в пермеаті.

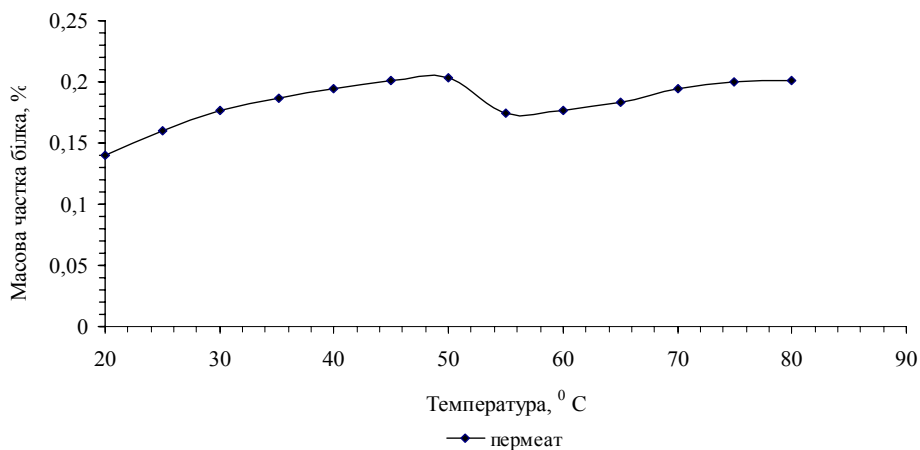


Рис. 2. Залежність вмісту білка в пермеаті підсирної сироватки від температури при ультрафільтрації

Ультрафільтрація в діапазоні температур від 50 до 55 °С сприяє зниженню вмісту білка. Подальше зростання температури ультрафільтрації підвищує показники вмісту білка в пермеаті.

При проведенні ультрафільтрації за різних температурних режимів масова частка білка в пермеаті коливається в межах 0,12–0,33 %. Найнижчі показники вмісту білка зафіксовані за температури 20 і 55 °С.

Експериментальні дані щодо впливу тиску в діапазоні 0,1–0,5 МПа на вміст білка в пермеаті при ультрафільтрації підсирної сироватки представлено на рис. 3.

Встановлено, що тиск не має суттєвого впливу на вміст білка в пермеаті. З підвищенням тиску від 0,1 до 0,5 МПа масова частка білка знижується на 0,04 %.

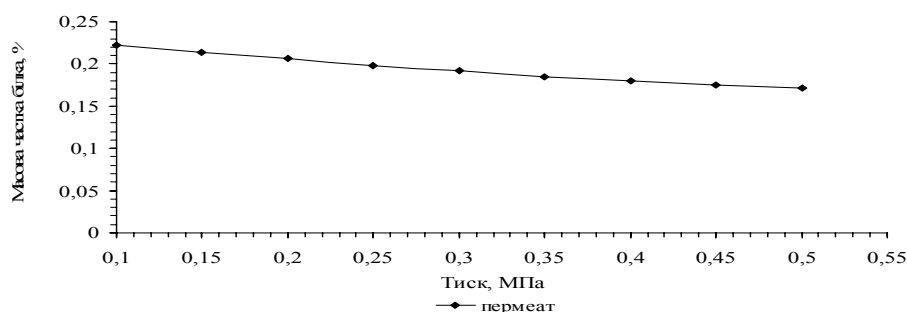


Рис. 3. Залежність вмісту білка в пермеаті підсирної сироватки від тиску при ультрафільтрації

Висновки. При проведенні ультрафільтрації за різних температур масова частка білка в пермеаті коливається в межах 0.12–0.33 %. Найнижчі його показники зафіксовано за температури 20 і 55 °С. Тиск не має суттєвого впливу на вміст білка в пермеаті: з підвищенням його від 0.1 до 0.5 МПа масова частка білка знижується на 0.04 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Функциональные ингредиенты на основе молочной сыворотки в производстве маржинальных молочных продуктов* / [В. С. Сомов, М. Н. Омаров, М. С. Золотарева, И. А. Евдокимов] // Молочная пром-сть. — 2014. — № 8. — С. 54—55.
2. *Производство сыров с применением мембранных технологий* / [В. А. Михнева, М. С. Золотарева, В. К. Топалов, Д. Н. Володин] // Сыроделие и маслоделие. — 2013. — № 2. — С. 10—13.
3. *Дейниченко Г. В.* Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини : монографія / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухіна. — Х. : Факт, 2008. — 208 с.
4. *Мирончук В. Г.* Мембранні процеси в технології комплексної переробки сироватки / В. Г. Мирончук, Ю. Г. Змієвський. — К. : НУХТ, 2013. — 153 с.
5. *Чагаровський А. П.* Ультрафільтрационная обработка молочного сырья и тенденция дальнейшей ее переработки / А. П. Чагаровський // Обзорная информ. — М. : ЦНИИТЭИмясомолпром, 1986. — 57 с.
6. *Павлов В. А.* Применение методов ультрафильтрации для обработки молочной сыворотки / В. А. Павлов, Г. Н. Новиков // Обзорная информ. — М. : ЦНИИТЭИмясомолпром, 1986. — 29 с.
7. *Sauveur P.* Мембранные технологии в молочной промышленности / P. Sauveur // Переработка молока. — 2006. — № 1. — С. 26—27.
8. *Сергеев С. Ю.* Разработка технологии переработки творожной сыворотки с ультрафильтрацией на аппаратах рулонного типа : автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.18.04 "Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств" ; спец. 05.18.12 "Процессы и аппараты пищевых производств" / С. Ю. Сергеев. — Ставрополь, 2009. — 20 с.
9. *Гаврилов Г. Б.* Пути рационального использования молочной сыворотки / Г. Б. Гаврилов, Э. Ф. Кравченко // Сыроделие и маслоделие. — 2013. — № 2. — С. 10—13.
10. *Червцов В. В.* Процессы и методы переработки молочной сыворотки / В. В. Червцов, И. А. Евдокимов // Переработка молока. — 2007. — № 12. — С. 30—32.
11. *Мембранные технологии и установки* // Переработка молока. — 2007. — № 10. — С. 42—43.
12. *Lowry O.* Protein measurement with the Folin phenol reagent / O. Lowry, N. J. Farr, R. J. Randall // J. Biol. Chem. — 1951. — Vol. 193. — P. 265—275.

Стаття надійшла до редакції 21.05.2015.

Minorova A. Effect of ultrafiltration parameters of cheese whey on protein content.

Background. Protein-carbohydrate raw milk is quite well researched subject of baromembrane division [3; 4]. In Ukraine there is no domestic membrane industry but at Buchach Cheese Factory (Ternopil region) partly using imported equipment, domestic experts installed and established commercial ultrafiltration plant.

The *aim* of the work is to study the impact of temperature and pressure on the protein content in the permeate during ultrafiltration of cheese whey.

Material and methods. Equipment installed at Buchach Cheese Factory (*Fig. 1*) worked in the mode of an automated control system. Ultrafiltration lasts 22 hours. Samples for the permeate study were collected every second hour. Protein content was determined by the *Lowry* method [12].

Results. Ultrafiltration temperature between 20 and 50 °C leads to an increase in the mass fraction of protein in the permeate. In the temperature range from 50 to 55 °C the protein content decreases. Further raising the temperature again leads to increased protein content. The pressure in the range of 0.1–0.5 MPa in the permeate has no significant influence on protein content.

Conclusion. In ultrafiltration at different temperatures the mass fraction of protein in the permeate ranges from 0.12–0.33 %, its lowest figures were recorded at 20 and 55 °C. Pressure has no significant effect on the protein content in the permeate, with its increase from 0.1 MPa to 0.5 mass fraction of protein is reduced by 0.04 %.

Keywords: cheese whey, ultrafiltration, temperature, pressure, permeate, protein content.

REFERENCES

1. *Funkcional'nye* ingredienty na osnove molochnoj syvorotki v proizvodstve marzhinal'nyh molochnyh produktov / [V. S. Somov, M. N. Omarov, M. S. Zolotareva, I. A. Evdokimov] // *Molochnaja prom-st'*. — 2014. — № 8. — S. 54—55.
2. *Proizvodstvo* syrov s primeneniem membrannyh tehnologij / [V. A. Mihneva, M. S. Zolotareva, V. K. Topalov, D. N. Volodin] // *Syrodelie i maslodelie*. — 2013. — № 2. — S. 10—13.
3. *Dejnychenko G. V.* Ul'trafil'tracijni procesy ta tehnologii' racional'noi' pererobky bilkovo-vuglevodnoi' molochnoi' syrovyny : monografija / G. V. Dejnychenko, Z. O. Maznjak, I. V. Zolotuhina. — H. : Fakt, 2008. — 208 s.
4. *Myronchuk V. G.* Membranni procesy v tehnologii' kompleksnoi' pererobky syrovatky / V. G. Myronchuk, Ju. G. Zmijevskij. — K. : NUHT, 2013. — 153 s.
5. *Chagarovs'kij A. P.* Ul'trafil'tracionnaja obrabotka molochnogo syr'ja i tendencija dal'nejshej ee pererabotki / A. P. Chagarovs'kij // *Obzornaja inform.* — M. : CNITJeImjasomolprom, 1986. — 57 s.
6. *Pavlov V. A.* Primenenie metodov ul'trafil'tracii dlja obrabotki molochnoj syvorotki / V. A. Pavlov, G. N. Novikov // *Obzornaja inform.* — M. : CNITJeImjasomolprom, 1986. — 29 s.
7. *Sauveur P.* Membrannye tehnologii v molochnoj promyshlennosti / P. Sauveur // *Pererabotka moloka*. — 2006. — № 1. — S. 26—27.
8. *Sergeev S. Ju.* Razrabotka tehnologii pererabotki tvorozhnoj syvorotki s ul'trafil'traciej na apparatah rulonnogo tipa : avtoref. dis. na soisk. uchenoj stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.18.04 "Tehnologija mjasnyh, molochnyh, rybnyh produktov i holid'nyh proizvodstv" ; spec. 05.18.12 "Processy i apparaty pishhevnyh proizvodstv" / S. u. Sergeev. — Stavropol', 2009. — 20 s.
9. *Gavrilov G. B.* Puti racional'nogo ispol'zovanija molochnoj syvorotki / G. B. Gavrilov, Je. F. Kravchenko // *Syrodelie i maslodelie*. — 2013. — № 2. — S. 10—13.

10. *Chervecov V. V.* Processy i metody pererabotki molochnoj syvorotki / V. V. Chervecov, I. A. Evdokimov // *Pererabotka moloka.* — 2007. — № 12. — S. 30—32.
11. *Membrannye tehnologii i ustanovki* // *Pererabotka moloka.* — 2007. — № 10. — S. 42—43.
12. *Lowry O.* Protein measurement with the Folin phenol reagent / O. Lowry, N. J. Farr, R. J. Randall // *J. Biol. Chem.* — 1951. — Vol. 193. — P. 265—275.