

Мирошник Катерина Володимирівна, мол. наук. співроб. науково-дослідного сектору, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0573494503; e-mail: process229@ukr.net.

Мирошник Катерина Владимировна, мл. науч. сотр. научно-исследовательского сектора, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 0573494503; e-mail: process229@ukr.net.

Mirochnik Katerina, Junior Researcher research sector, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: 0573494503; e-mail: process229@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.2365311

УДК 637.142:54.061

ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЙНОГО КОНЦЕНТРАТУ ЗНЕЖИРЕНОГО МОЛОКА

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, Ю.О. Кіріченко,
О.Є. Мельник, В.В. Відміцький**

Розглянуто питання мембранної обробки знежиреного молока. Проаналізовано результати теоретичних досліджень щодо доцільності застосування ультрафільтрації в технології переробки знежиреного молока. Подано результати експериментальних досліджень показників якості знежиреного молока та продуктів його ультрафільтраційного концентрування залежно від технологічних параметрів процесу.

***Ключові слова:** молоко, концентрат, якість, процес, ультрафільтрація, концентрація.*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО КОНЦЕНТРАТА ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА

**Г.В. Дейниченко, В.В. Гузенко, Ю.А. Кириченко,
О.Е. Мельник, В.В. Ведмецкий**

Рассмотрен вопрос мембранной обработки обезжиренного молока. Дан анализ результатов теоретических исследований о целесообразности применения ультрафильтрации в технологии переработки обезжиренного

© Дейниченко Г.В., Гузенко В.В., Кіріченко Ю.О., Мельник О.Є., Відміцький В.В., 2018

молока. Представлены результаты экспериментальных исследований показателей качества обезжиренного молока и продуктов его ультрафильтрационного концентрирования в зависимости от технологических параметров процесса.

Ключевые слова: молоко, концентрат, качество, процесс, ультрафильтрация, концентрация.

DETERMINATION OF QUALITY INDICATORS OF THE ULTRAFILTRATION CONCENTRATE OF SKIMMED MILK

G. Deynichenko, V. Guzenko, Ju. Kirichenko, O. Melnik, V. Vidmickiy

The paper presents new methods of processing the findings on the ultrafiltration (UF) concentration of skimmed raw milk by means of a new method to prevent building up a polarization layer on the membrane. Food liquids were treated by ultrafiltration with flat membrane module elements (the membranes proper). The process was carried out in dead end mode with the application of the perforated vibrating disc and bubbling device, as the method of intensification. The paper reveals the research findings on the influence of bubbling method on a polarization layer during the membrane processing of skimmed milk and on the performance of ultrafiltration membranes. The devised mathematical models are based on the regression equations of the factorial experiment on the selection of technological parameters of the UF-concentration of skimmed milk with the use of the feedstock bubbling over the membrane surface. The authors determined rational working parameters of the process, which are as follows: the working pressure is 0,4–0,5 MPa, the skimmed milk temperature – 40...50 °C, the skimmed milk bubbling frequency – 0,10–0,15 min⁻¹, and the bubbling pressure – 0,56–0,58 MPa. Analytical and experimental studies show technological limits of the regulation modes for receiving concentrate in ultrafiltration concentration process of food liquids. It is experimentally proved that the bubbling method that has the advantage of preventing the formation of a polarization layer improves the efficiency of the UF-separation of skimmed milk. Research of the PAN-types of UF-membranes in the UF-concentration of skimmed milk shows that the proposed method of controlling the polarization layer on the membrane can improve the latter's performance due to a thinner layer of the accumulated macromolecular substances thereon and an enhanced working surface of the membrane.

Keywords: membrane processing, whey, process, ultrafiltration, membrane, separation, treatment.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сьогодні баромембранні процеси дозволяють розробити нові технологічні підходи під час переробки молока в незбирану молочну продукцію з комплексним використанням сировини [1].

Крім нормалізації за білком і жиром, обробку знежиреного молока ультрафільтрацією (УФ) проводять із метою:

– попередньої концентрації молока [2];

- виділення/ізолювання комплексу молочних білків з одночасним відділенням лактози та мінеральних речовин [3];
- регулювання вмісту ККФК [4];
- видалення мікроорганізмів [5];
- очищення молока від антибіотиків.

Продукти ультрафільтраційної переробки нежиреного молока, сколотин, молочної сироватки мають чітко визначений набір функціональних властивостей і широкий спектр промислового застосування. Тому актуальним є дослідження властивостей УФ-концентратів знежиреної молочної сировини для розробки нових технологій молочної продукції, що дозволить розширити впровадження УФ у молокопереробну галузь промисловості нашої країни та скоротити відставання України у цій сфері від провідних промислово розвинених країн світу [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концентрування білкової складової в знежиреному молоці без збільшення концентрації лактози та мінеральних солей дозволяє стандартизувати в ньому вміст як жиру, так і білка. Концентрат із підвищеним вмістом білка використовують для отримання сиру, кислого сиру, казеїну та казеїнатів, сухого молока. Лактозу, що міститься у фільтраті, концентрують методом зворотного осмосу й сушать. При цьому застосування УФ для концентрування знежиреного молока під час виробництва сирів дозволяє підвищити вихід готового продукту на 15–20% [7].

Знежирене молоко є цінним джерелом лактози, яка виконує в основному енергетичну функцію під час перебігу в організмі людини біохімічних і фізіологічних процесів. Крім того, лактоза нормалізує процеси бродіння в кишечнику, сприяє засвоєнню кальцію, магнію, фосфору, бере участь у жировому балансі організму.

Мінеральні речовини наявні в знежиреному молоці у вигляді органічних і неорганічних сполук. Із незбираного молока в знежирене переходять практично всі мінеральні речовини, яких налічується понад 50 [8].

Метою статті є дослідження якісних характеристик знежиреного молока в процесі його УФ-концентрування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час переробки знежиреного молока з усіх баромембранних процесів найбільш доцільно використовувати ультрафільтрацію. Такий висновок ґрунтується на тому, що розміри молекул основних харчових нутрієнтів молочної сировини співпадають із розмірами пор УФ-мембран.

Під час ультрафільтрації мембрани затримуватимуть у концентраті високомолекулярні речовини знежиреного молока – казеїнаткальційфосфатний комплекс, сироваткові білки, молочний жир, а низькомолекулярні сполуки – лактоза й мінеральні речовини – прохідимуть через пори мембрани в пермеат. Таке прогнозування дозволить цілеспрямовано рекомендувати використання продуктів УФ-розділення в конкретних технологіях харчових продуктів [9].

У науковій лабораторії «Нанотехнології харчових продуктів» Харківського державного університету харчування та торгівлі було проведено дослідження з визначення якісних показників одержаних УФ-концентратів знежиреного молока в тупиковому режимі та режимі барботування [10].

Фізико-хімічні та реологічні властивості БУМС і продуктів його ультрафільтраційного розділення визначали за допомогою загальноприйнятих стандартних методів [11].

На початковому етапі досліджували вміст сухих речовин (СР) у концентратах і пермеаті знежиреного молока в процесі ультрафільтрації. Кінетику відношення вмісту сухих речовин у концентраті до вмісту сухих речовин у пермеаті під час мембранного розділення знежиреного молока з використанням УФ-мембран типу ПАН подано на рис. 1.

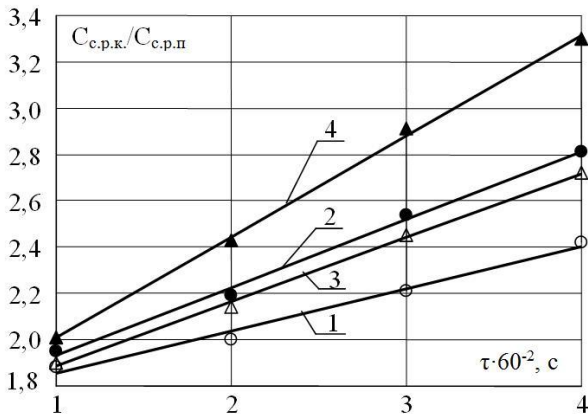


Рис. 1. Кінетика відношення вмісту сухих речовин у концентраті до вмісту сухих речовин у пермеаті ($C_{с.р.к.}/C_{с.р.п.}$) у процесі мембранного розділення знежиреного молока з використанням УФ-мембран ПАН-50 (1, 2) і ПАН-100 (3, 4) у тупиковому режимі (1, 3) і режимі барботування (2, 4)

Як показує аналіз графічних залежностей, інтенсивність підвищення вмісту сухих речовин у концентратах знежиреного молока значно вища, ніж підвищення їх вмісту в пермеаті знежиреного молока. У режимі барботування відношення Сс.в.п./Сс.в.п. в 1,3–1,7 разу більше під час УФ знежиреного молока, ніж у тупиковому режимі. Це підтверджує доцільність використання режиму барботування під час ультрафільтраційного розділення знежиреного молока, раціональні параметри якого визначені в працях [12; 13].

Однією з основних характеристик процесу УФ-концентрування знежиреного молока є фактор концентрації (ФК), який показує, у скільки разів збільшується вміст цільового компонента системи (під час ультрафільтрації нежирної молочної сировини молочного білка) у концентраті знежиреного молока за різних режимів його УФ-обробки, що подано на рис. 2.

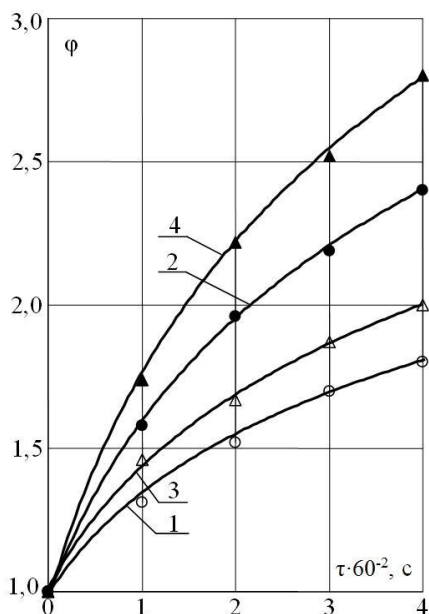


Рис. 2. Залежність фактора концентрації (ϕ) від тривалості (τ) ультрафільтраційного розділення знежиреного молока з використанням УФ-мембран ПАН-50 (1, 2) і ПАН-100 (3, 4) у тупиковому режимі (1, 3) і режимі барботування (2, 4)

Із даних рис. 2 випливає, що динаміка збільшення фактора концентрації в тупиковому режимі є повільнішою, ніж у режимі барботування, причому ця закономірність є основною для обох мембран типу ПАН. За ультрафільтрації знежиреного молока тільки через 2,5 год. УФ-обробки за допомогою мембрани ПАН-50 фактор концентрації досягає значення 1,5. За умови використання мембрани ПАН-100 ФК досягає цього значення через 1,6 год. Значно підвищуються значення ФК під час використання режиму барботування. Так, фактор концентрації 1,5 досягається в режимі барботування через 0,8 год під час використання мембрани ПАН-50 і через 0,6 год – мембрани ПАН-100, тобто час досягнення встановленого значення ФК знижується на 68% і 62,5% відповідно.

Аналізуючи графічну залежність на рис. 2, можна зробити висновок, що застосування режиму барботування за ультрафільтрації знежиреного молока дозволяє інтенсифікувати процес УФ-розділення порівняно з УФ у тупиковому режимі в 1,3–1,4 рази.

Характеристика якості продуктів УФ-розділення знежиреного молока неможлива без дослідження загального хімічного складу кінцевих продуктів ультрафільтрації – концентратів і пермеату. У табл. 1 представлений хімічний склад продуктів УФ-розділення молочної сировини, що досліджується.

Таблиця 1

Хімічний склад знежиреного молока та похідних його УФ-концентрування

Показник	Показники вихідної сировини	Значення фактора концентрування					
		1,5		2,0		3,0	
		концентрат	пермеат	концентрат	пермеат	концентрат	пермеат
Вміст, %:		з н е ж и р е н е м о л о к о					
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

Із даних табл. 1 випливає, що УФ-концентрат знежиреного молока містить усі харчові нутрієнти, що й досліджувана сировина. При цьому слід зазначити, що вміст білка та жиру в концентраті збільшується пропорційно зростанню фактора концентрації. Важливо

констатувати, що за різних значень фактора концентрації співвідношення білок:жир у концентраті знежиреного молока зберігається на рівні вихідної сировини. Вміст лактози в УФ-концентраті знежиреного молока в міру збільшення ФК незначно знижується внаслідок її переходу у фільтрат. Вміст золи в концентраті знежиреного молока з підвищенням ФК залишається практично незмінним із незначною тенденцією до зменшення. Вміст сухих речовин в УФ-пермеаті знежиреного молока з підвищенням ФК збільшується, що є наслідком переходу під час УФ у пермеат перш за все лактози й зольних елементів. Вміст молочного білка в пермеаті незначний і знаходиться на рівні 0,16–0,26%.

Молочний жир у зазначених продуктах УФ-розділення наявний у невеликій кількості. Загалом отримані результати хімічного складу УФ-розділення знежиреного молока узгоджуються з аналогічними дослідженнями інших авторів [16].

Висновки. Таким чином, отримано інформацію про доцільність використання ультрафільтрації в процесі мембранного розділення знежиреного молока та застосування як методу інтенсифікації режиму барботування.

Одержано результати, які дозволили визначити якісні характеристики ультрафільтраційних концентратів знежиреного молока з використанням УФ-мембран типу ПАН в тупиковому режимі та режимі барботування. Преведено дані щодо хімічного складу концентратів і пермеат досліджуваної молочної сировини за різних значень фактора концентрації.

Список джерел інформації / References

1. Свитцов А. А. Введение в мембранную технологию / А. А. Свитцов. – М. : Дели-принт, 2007. – 208 с.
Svitcov, A.A. (2007), *Introduction to membrane technology* [Vvedenie v membrannuju tehnologiju], Deli print, Moscow, 208 p.
2. Mucchetti, G., Zardi, G., Orlandini, F., Gostoli, C. (2000), “The pre-concentration of milk by nanofiltration in the production of quarg-type fresh cheeses”, *Le Lait, INRA Editions*, No. 80, pp. 43-50.
3. Orlien, V., Knudsen, J. Colon, M., Skibsted, L. (2006), “Dynamics of casein micelles in skim milk during and after high pressure treatment”, *Food Chemistry*, No. 98, Vol. 93, pp. 513-521.
4. Holland, B., Kackmar, J., Corredig, M. (2012), “Short communication: isolation of a whey fraction rich in α -lactalbumin from skim milk using tangential flow ultrafiltration”, *Journal of dairy science*, No. 95, Vol. 10, pp. 5604-5607.
5. Arunkumar, A., Etzel, M. (2012), “Fractionation of α -lactalbumin and β -lactoglobulin from bovine milk serum using staged, positively charged, tangential flow ultrafiltration membranes”, *Journal of Membrane Science*, No. 85, pp. 121-128.

6. Peeva, P., Knoche, T., Pieper, T. (2012), “Cross-flow ultrafiltration of protein solutions through unmodified and surface functionalized polyethersulfone membranes – Effect of process conditions on separation performance”, *Ulbricht in Separation and Purification Technology*, No. 92, pp. 83-92.

7. Грек О. В. Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки / О. В. Грек, Г. Є. Поліщук, О. О. Онопрійчук ; МОН молоді та спорту України, Нац. ун-т харч. технол. – Київ : НУХТ, 2011. – 210 с.

Грек, О., Polischuk, G., Onopriyuchuk, O. (2011), *Technology of products from skim milk, milk whey and butter* [Технологія продуктів зі знежиреного молока, молочної сироватки і маслянки], НУХТ, Київ, 210 р.

8. Золотухіна І. В. Технологія напівфабрикатів на основі склотин для виробництва збитої десертної продукції : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Золотухіна Інна Василівна. – Х., 2006. – 629 с.

Zolotukhina, I.V. (2006), *The technology of semifinished articles on the buttermilk basis for production of mixed dessert foods* [Технологія напівфабрикатів на основі склотин для виробництва збитої десертної продукції: дис. ... канд. техн. наук], Kharkiv, 629 p.

9. Методичні положення та норми продуктивності у виробництві молочних продуктів / В. В. Вітвіцький, Г. Т. Шкурін, В. І. Ковальчук, А. Є. Величко. – Київ : Укragропромпродуктивність, 2005. – 468 с.

Vitvitskiy, V., Shkurin, G., Kovalchuk, V., Velichko, A. (2005), *Methodological provisions and norms of productivity in the production of dairy products* [Методичні положення та норми продуктивності у виробництві молочних продуктів], Ukragroпромпродуктивність, Київ, 468 р.

10. Дослідження фактору концентрації білково-вуглеводної молочної сировини / Г. В. Дейниченко [та ін.] // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2017. – Вип. 17, т. 1. – С. 56–61.

Dejnichenko, G., Guzenko, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., Perekrest, V. (2017), “Research of concentration factor of the protein-carbohydrate raw milk” [“Doslidzhennya faktoru koncentraciyi bilkovo-vuglevodnoyi molochnoyi syroviny”], *Proceedings of the Tauride State University Agrotechnological*, Vol. 17, T. 1, pp. 56-61.

11. Studying a new anti-polarization method in the process of ultrafiltration of skimmed milk / G. Deynichenko [et al.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – № 6 (11). – С. 4–8.

Deynichenko, G., Guzenko, V., Udovenko, O., Omelchenko, O., Melnik, O. (2016), “Studying a new anti-polarization method in the process of ultrafiltration of skimmed milk”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, No. 6 (11), pp. 4-8.

12. Lau, W.J., Ismail, A.F., Matsuura, T., Nazri, N.A., Yuliwati, K. (2015), “Advanced materials in ultrafiltration and nanofiltration membranes”, *Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food and Biotechnological*, Abingdon, Taylor & Francis Group, LLC, pp. 7-34.

13. Ferrer, M., Alexander, M., Corredig, M. (2014), “Changes in the physico-chemical properties of casein micelles during ultrafiltration combined with diafiltration”, *Food Science and Technology*, No. 59, Vol. 1, pp. 173-180.

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

Дейниченко Григорій Вікторович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkogv@ukr.net.

Deynichenko Gregory, Dr. Sci. (Tech.), Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Department Equipment for Food and Hotel Industry after M.I. Belyaeva. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: deynichenkogv@ukr.net.

Гузенко Василь Володимирович, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: zasada.avas.3@gmail.com.

Гузенко Василий Владимирович, канд. техн. наук, ст. преп., кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: zasada.avas.3@gmail.com.

Guzenko Vasily, Cand. Sci. (Tech.), Senior lecturer, Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Department Equipment for Food and Hotel Industry after M.I. Belyaeva, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: zasada.avas.3@gmail.com.

Кіріченко Юрій Олександрович, магістрант, кафедра устаткування харчової і готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-56, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Кириченко Юрий Александрович, магістрант, кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Kirichenko Yuriy, master, Department Equipment for Food and Hotel Industry after M.I. Belyaeva, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56; e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Мельник Ольга Євгенівна, канд. техн. наук, доц., кафедра загальноінженерних дисциплін і обладнання, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Островського, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. Тел.: 0671049709; e-mail: melnikolgaevgenivna@ukr.net.

Мельник Ольга Евгеньевна, канд. техн. наук, доц., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Островского, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. Тел.: 0671049709; e-mail: melnikolgaevgenivna@ukr.net.

Melnik Olga, Cand. Sci. (Tech.), Ass. Prof., Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Department of General Engineering Disciplines and Equipment. Address: Ostrowski str., 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 50005. Tel.: 0671049709; e-mail: melnikolgaevgenivna@ukr.net.

Відміцький Владислав Вадимович, магістрант, кафедра загальноінженерних дисциплін і обладнання, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Островського, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 50005. Тел.: 0671049709; e-mail: ido@donnuet.edu.ua.

Ведмецкий Владислав Вадимович, магістрант, кафедра общинженерных дисциплин и оборудования, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Островского, 16, г. Кривой Рог, Украина, 50005. Тел.: 0671049709; e-mail: ido@donnuet.edu.ua.

Vidmickiy Vladislav, master, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky, Department of General Engineering Disciplines and Equipment. Address: Ostrowski str., 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 50005. Tel.: 0671049709; e-mail: ido@donnuet.edu.ua.

DOI: 10.5281/zenodo.2365396

УДК 637.66

ОЦІНКА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СКЛЕСНИХ КИШКОВИХ ПЛІВОК, ПЛАСТИФІКОВАНИХ ГЛІЦЕРИНОМ

В.М. Михайлов, В.М. Онищенко

Доведено доцільність пластифікації гліцерином склесних кишкових плівок із метою формування покращених фізико-механічних властивостей матеріалу ковбасної оболонки та забезпечення стабільності їх пластичних характеристик. Аналіз одержаних даних свідчить про типовий прояв пластифікації під дією гліцерину, зокрема підвищення рухомості структурних елементів підслизового шару свинячих черев, основу яких становлять надмолекулярні структури білків колагену й еластину.

Ключові слова: кишкові плівки, гліцерин, танін, фізико-механічні властивості, міцність, подовження, пластифікація, дублення.

© Михайлов В.М., Онищенко В.М., 2018