

Ультрафильтрационное концентрирование молочной сыворотки на пилотной установке трубчатого типа

Дмитрий А. Родионов	¹	Dimok-407@mail.ru
Сергей И. Лазарев	¹	Sergey.lazarev.1962@mail.ru
Константин К. Полянский	²	kaf-kit@vfreu.ru
Елена В. Эккерт	³	pachena@mail.ru

¹ Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия.

² Воронежский филиал РЭУ им. Г. В. Плеханова, г. Воронеж, Россия

³ ООО «Векша», г. Тамбов, проезд Пограничный, 2

Аннотация. Получены экспериментальные данные по коэффициенту задержания и выходному удельному потоку. В качестве исследуемых растворов выступали сыворотки молочные козьего и коровьего молока после получения сыра. Дано описание, общий вид и технологическая схема пилотной установки трубчатого типа. Исследования проводились на полупроницаемых ультрафильтрационных мембранах трубчатого типа производства АО "ЗАВКОМ". На основании проведенных исследований были построены и проанализированы графические зависимости коэффициента задержания от удельного выходного потока. В ходе анализа отмечено, что с увеличением выходного удельного потока растворителя снижается коэффициент задержания. Причина этого в образовавшихся в околосмембранных слоях пограничных слоях из жира и белка, что препятствует прохождению молекул белка сквозь поры мембраны. В ходе эксперимента было отмечено, что сыворотка из козьего молока имеет более жирную структуру и требует предварительного сепарирования. Для теоретического расчета коэффициента задержания и удельного выходного потока разработаны математические выражения и получены численные значения величин эмпирических коэффициентов. Разработанные математические выражения с хорошей достоверностью описывают экспериментальные данные. Полученные экспериментальные и расчетные данные можно с большой достоверностью применять в расчетах массопереносных потоков веществ через полупроницаемые мембраны, а также в инженерных методиках расчета и прогнозирования эффективности применения мембранных процессов для концентрирования молочной сыворотки.

Ключевые слова: коэффициент задержания, выходной удельный поток, мембрана, ультрафильтрация.

Ultrafiltration concentration of whey in a pilot plant

Dmitriy A. Rodionov	¹	Dimok-407@mail.ru
Sergei I. Lazarev	¹	Sergey.lazarev.1962@mail.ru
Konstantin K. Polyansky	²	kaf-kit@vfreu.ru
Elena V. Eckert	³	pachena@mail.ru

¹ Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

² Voronezh branch of REU named after G.V. Plekhanov, Voronezh, Russia

³ Veksha LLC, Tambov, Pogranichny passage, 2

Abstract. Experimental data on the retention coefficient and the output specific flow are obtained. The test solutions were goat and cow's milk whey after obtaining cheese. The description, general view and technological scheme of a pilot installation of a tubular type are given. The studies were carried out on semipermeable tubular type ultrafiltration membranes manufactured by AO "ZAVKOM". Based on the studies, graphical dependences of the retention coefficient on the specific output stream were constructed and analyzed. During the analysis, it was noted that with an increase in the output specific flow of the solvent, the retention coefficient decreases. The reason for this is the boundary layers of fat and protein formed in the near-membrane layers, which prevents the passage of protein molecules through the pores of the membrane. Also during the experiment, it was noted that goat milk serum has a more oily structure and requires prior separation. For the theoretical calculation of the retention coefficient and specific output stream, mathematical expressions are developed and numerical values of the values of empirical coefficients are obtained. The developed mathematical expressions describe the experimental data with good confidence. The obtained experimental and calculated data can be used with great reliability in the calculations of mass-transported flows of substances through semipermeable membranes, as well as in engineering methods for calculating and predicting the effectiveness of the use of membrane processes for the concentration of whey.

Keywords: retention factor, output specific flow, membrane, ultrafiltration.

Для цитирования

Родионов Д.А., Лазарев С.И., Полянский К.К., Эккерт Е.В. Ультрафильтрационное концентрирование молочной сыворотки на пилотной установке трубчатого типа // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 41–46. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-41-46

For citation

Rodionov D.A., Lazarev S.I., Polyansky K.K., Eckert E.V. Ultrafiltration concentration of whey in a pilot plant. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 41–46. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-2-41-46

Введение

С ростом молочной отрасли в России наблюдается рост производства молочных продуктов. Только в 2017 г. производство сыра в РФ увеличилось на 4,6%. При производстве сыра образуется достаточное количество отходов, таких как сырная сыворотка. Небольшая ее часть используется в пищевой промышленности, но сыворотка имеет короткий срок годности и требует скорейшего применения. По этой причине сыворотка после производства сыра чаще всего сливается в канализацию, что является неправильным по отношению к окружающей среде. Из-за высокой загрязняющей способности слив сыворотки в стоки создает экологическую проблему для окружающей среды. В большинстве стран мира его слив в стоки запрещен и криминализован [1]. Стоимость очистки сточных вод, загрязненных молочным предприятием, которое перерабатывает 100 т молока в день, эквивалентна затратам на очистку сточных вод в городе с населением 80 тысяч человек.

В исследованиях [2] авторы изучили влияние скорости движения сыворотки по мембране и падения давления на процесс ультрафильтрации и установили основные параметры оптимального режима. Недостатками данной работы является то, что авторы не отображали в работе данные по коэффициенту задержания и удельному выходному потоку.

В своих исследованиях [3] авторы могут получить сыворотку, в которой присутствуют мембранные технологии, чтобы повысить концентрацию полезных компонентов. Параметры творожной сыворотки производства ООО «ПМК» (г. Полевской) приведены после концентрированного ультрафильтрационного метода на керамических мембранах отечественного производства.

В статье [4] авторы приводят характеристику методов баромембранной фильтрации – микро-, ультра-, нанофильтрации, обратного осмоса и возможности их применения в производстве молока и молочной продукции. Предоставляют общую схему переработки сыворотки. В работе не показываются конкретные возможности тех или иных мембранных обработок.

В работе [5] авторы дают краткую характеристику молочной сыворотки и получаемых из нее продуктов, которые можно использовать в качестве ингредиентов для производства различной пищевой продукции, также в работе рассматриваются способы концентрирования

молочной сыворотки с применением мембранных технологий.

В своих исследованиях [6] авторы предлагают комплексный метод концентрирования молочной сыворотки на фракции с получением чистого молочного белка, пищевой лактозы, а также с получением сухой сыворотки. В работе не приведены экспериментальные данные.

В работе [7] иностранными коллегами был разработан оптимизированный метод разделения для получения изолированного α -лактоглобулина и β -лактоглобулина с применением мембранной технологии. В зависимости от характеристики мембраны данный метод можно использовать в промышленных масштабах.

В исследованиях [8] авторы проводили исследования по концентрированию белка из молочной сыворотки, а также применяли мембранные технологии для опреснения лактозы из натуральной соленой сыворотки.

Авторы в работе [9] проводят сравнения трех направлений извлечения белков из молочной сыворотки, а именно хроматографический метод, применение мембранной технологии, а также комбинированные методы. Рассматривается использование этих методов вместе с оценкой их эффективности и чистоты полученных белков.

Разработанные керамические композитные мембраны с использованием оксида алюминия с диоксид циркониевым покрытием позволяют с высокой долей концентрации отделить белок от лактозы из молочной сыворотки [10].

Авторы в работе [11] предложили новый подход к выделению белка из сладкой сыворотки с использованием мембранного разделения с последующей триптической обработкой пермеата.

Исходя из проведенного литературного обзора, можно сделать вывод, что молочная сыворотка является мощным пищевым ресурсом, который нецелесообразно выливать в сточные воды, а возможно получение качественного продукта с применением мембранной технологии.

Цель работы – исследование удельного выходного потока, и коэффициента задержания молочной сыворотки после производства сыров из козьего и коровьего молока, а также выведение закономерности влияния коэффициента задержания на удельный выходной поток.

Экспериментальная часть

Когда из молока получают сыр, некоторые полезные элементы попадают в сыворотку (таблица 1).

Таблица 1.

Распределение компонентов молока [12, 13]

Table 1.

Milk component distribution [2, 3]

Компонент Component	Переход в сыр, % Going cheese, %	Переход в сыворотку, % Going whey, %	Потери, % Losses, %
Молоко коровье Cow's milk			
Сухие вещества Dry substance	48,5	48,5	3,0
Белки Proteins	76,0	22,0	2,0
Жир Fats	86,0	10,0	4,0
Лактоза Lactose	5,0	92,0	3,0
Молоко козье Goat milk			
Сухие вещества Dry substance	48,0	48,0	4,0
Белки Proteins	71,5	25,5	3,0
Жир Fat	51,6	48,2	2,0
Лактоза Lactose	6,0	92,0	2,0

Из таблицы 1 видно, сколько питательных веществ содержится в сыворотке. Из этого можно сделать вывод, что сливать их в канализацию нецелесообразно и с экономической точки зрения.

Для эффективного концентрирования белков в подсырной сыворотке применяли ультрафильтрационные мембраны трубчатого типа производства АО «ЗАВКОМ» (таблица 2).

Таблица 2.

Основные характеристики ультрафильтрационной мембраны

Table 2.

The main characteristics of the ultrafiltration membrane

Мембрана Membrane	Рабочее давление, МПа Working pressure, MPa	Удельная проницаемость (минимальная) по дистиллированной воде, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, The specific permeability (minimum) for distilled water $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{h})$.	Коэффициент задержания Retention rate		
			по миоглобину by myoglobin	по альбумину by albumin	по γ -глобулину by γ -globulin
АО «ЗАВКОМ» AO "ZAVKOM"	0,1	$2,33 \times 10^{-4}$	0,950	0,970	0,980

Эксперименты проводились на пилотной установке трубчатого типа (рисунки 1–2).



Рисунок 1. Общий вид пилотной установки трубчатого типа

Figure 1. General view of a pilot of a tubular type

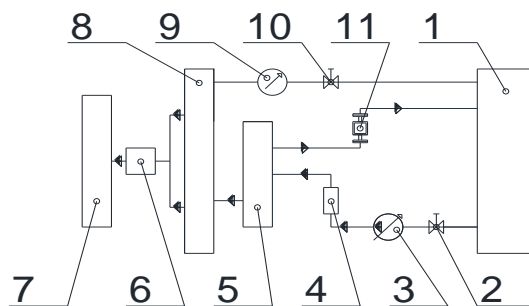


Рисунок 2. Технологическая схема пилотной установки трубчатого типа: 1 – исходная емкость; 2 – вентиль; 3 – центробежный насос; 4 – фильтр грубой очистки; 5 – ресивер; 6 – отстойник; 7 – емкость для пермеата; 8 – мембранная ячейка; 9 – манометр; 10 – вентиль; 11 – ротаметр

Figure 2. The technological scheme of a semi-industrial installation of a tubular type: 1 – initial capacity; 2 – valve; 3 – centrifugal pump; 4 – coarse filter; 5 – receiver; 6 – sedimentation tank; 7 – permeate tank; 8 – membrane cell; 9 – pressure gauge; 10 – valve; 11 – rotameter

Установка работает следующим образом: исходную емкость 1 заполняют исследуемым раствором вместимостью не менее 10 л, далее с помощью вентили 2 подают на центробежный

насос 3 исследуемый раствор, после чего раствор направляется в фильтр предварительной очистки 4, после заполняется ресивер 5, затем раствор направляется в мембранную ячейку трубчатого типа 8, после разделения раствора, пермеат проходит через отстойник 6 и собирается в емкости для пермеата 7, сконцентрированный раствор отправляется обратно в исходную емкость, проходя через манометр 9, регулировка давления происходит за счет вентиля 10, а расход концентрата производится с помощью электрического ротаметра 11.

После проведенных исследований концентрации растворенного вещества определялись методом формального титрования [14].

Исходя из полученных экспериментально значений концентраций растворенного вещества в пермеате и в исходных растворах в пилотной установке рассчитывали коэффициент задержания по формуле:

$$R = 1 - \frac{C_{\text{пер}}}{C_{\text{исх}}},$$

где $C_{\text{пер}}$ – концентрация растворенного вещества в пермеате, кг/м³; $C_{\text{исх}}$ – концентрация растворенных веществ в исходных промывных водах, кг/м³.

Величину выходного удельного потока ультрафильтрационной очистки промывных вод определяли по формуле:

$$J = V / (F_m \tau),$$

где V – объем пермеата, м³; F_m – рабочая площадь поверхности мембраны, м²; τ – время проведения экспериментальных исследований, с.

Результаты и обсуждение

Важнейшей характеристикой процесса является коэффициент задержания мембраной растворенных веществ. Экспериментальные зависимости коэффициента задержания растворенных веществ мембраной производства АО "ЗАВКОМ" от удельного выходного потока (J , м³/м²·с) представлены на рисунке 3.

Как видно из рисунка 3, коэффициент задержания у сыворотки из козьего молока значительно ниже, причиной этому является более жирная структура сыворотки и образование более прочных пограничных слоев. Из-за большей жирности козьей сыворотки происходит закупорка пор мембран, что сказывается на уменьшении выходного удельного потока по сравнению с сывороткой из коровьего молока. Для решения данной проблемы нужно предварительно сепарировать сыворотку для уменьшения массовой доли жира в сыворотке.

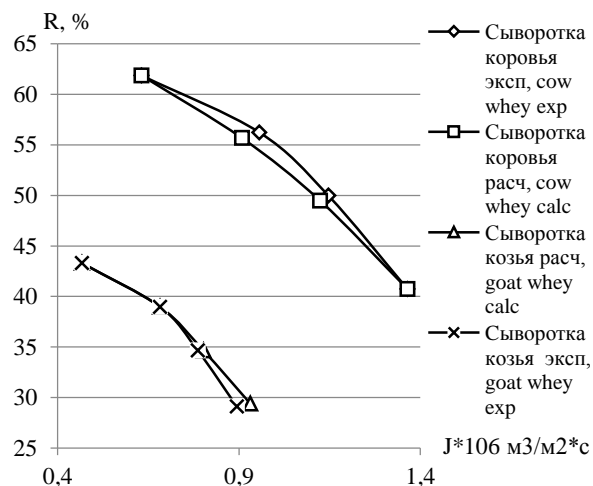


Рисунок 3. Зависимости коэффициента задержания (R) растворенных веществ от выходного удельного потока (J , м³/м²·с) для ультрафильтрационной мембраны производства АО «ЗАВКОМ»

Figure 3. Dependences of the retention coefficient (R) of dissolved substances on the output specific flow (J , м³ / м²·с) for an ultrafiltration membrane manufactured by AO "ZAVKOM"

При концентрировании сыворотки из коровьего молока мы наблюдали следующую картину, что с увеличением выходного удельного потока значительно уменьшался коэффициент задержания, примерно на 20%. Причина этого в образовавшихся в околосмембранных слоях пограничных слоях из жира и белка, что препятствует прохождению молекул белка сквозь поры мембраны. Для обеспечения достаточного коэффициента задержания при работе с данной мембраной следует стремиться к значению выходного удельного потока в пределах от 1 до $1,2 \cdot 10^8$ м³/м²·с. При таком значении удельного потока скорость и коэффициент задержания будут иметь оптимальное значение.

Для качественного определения производительности исходного раствора через мембрану оценивали величину удельного выходного потока растворителя, используя зависимость, основанную на законе Дарси:

$$J = k(\Delta P - (B \cdot \exp(n \cdot C_{\text{исх}}) \exp(A/T))) \quad (1)$$

где B , n , A – эмпирические коэффициенты (таблица 3).

Теоретическое значения коэффициента задержания по белку можно получить из формулы Б.В. Дерягина и др.:

$$K = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{k_p k_1} \right) \left[1 - \exp \left(- \frac{J k_p k_2}{D} \right) \right] \exp(-J k_3)}, \quad (2)$$

где k_1 , k_2 , k_3 – эмпирические коэффициенты; k_p – коэффициент распределения мембран; D – коэффициент диффузии, м²/с.

Значения эмпирических коэффициентов представлено в таблице 4.

Таблица 3.
Значение эмпирических коэффициентов
в уравнении (1)

Table 3.
The value of empirical coefficients in equation (1)

Мембрана АО «ЗАВКОМ» Membrane AO "ZAVKOM"			
	B	n	A
Коровья сыворотка Cow whey	0,793	0,00025	-1,0751
Козья сыворотка Goat whey	0,563	0,000001	1,21

Таблица 4.
Значение эмпирических коэффициентов в
уравнении (2)

Table 4.
The value of empirical coefficients in equation (2)

Мембрана АО «ЗАВКОМ» Membrane AO "ZAVKOM"			
	k1	k2	k3
Коровья сыворотка Cow whey	0,678	1,00072	-1,0063
Козья сыворотка Goat whey	0,534	1,0085	1,0000574

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ожгихина Н.Н., Волкова Т.А. Рациональная переработка молочной сыворотки // Переработка молока. 2012. № 9
- 2 Тимкин В.А., Минухин Л.А., Гальчак И.П., Лазарев В.А. Разработка баромембранной технологии переработки молочной сыворотки // Аграрный вестник Урала. 2013. № 7 (103). С. 35–37.
- 3 Лазарев В.А., Тимкин В.А., Пищиков Г.Б., Мазина О.А. Концентрирование аминокислот молочной сыворотки баромембранными методами // Аграрный вестник Урала. 2016. № 01 (143). С. 33–36.
- 4 Евдокимов И.А. и др. Обработка молочного сырья мембранными методами // Молочная промышленность. 2012. № 2. С. 34–37.
- 5 Гаврилов Г.Б., Кравченко Э.Ф. Пути рационального использования молочной сыворотки // Сыроделие и маслоделие. 2013. № 2. С. 10–13.
- 6 Варивода А.А., Овчарова Г.П. Комплексная переработка молочной сыворотки мембранными методами // Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. 2013. Т. 3. № 6. С. 61–64.
- 7 Toro-Sierra J., Tolkach A., Kulozik U. Fractionation of α -Lactalbumin and β -Lactoglobulin from Whey Protein Isolate Using Selective Thermal Aggregation, an Optimized Membrane Separation Procedure and Resolubilization Techniques at Pilot Plant Scale // Food and Bioprocess Technology. 2013. V. 6. № 4. P. 1032–1043. doi: 10.1007/s11947-011-0732-2
- 8 Hinkova A., Zidova P., Pour V., Bubnik Z. et al. Potential of Membrane Separation Processes in Cheese Whey Fractionation and Separation // Procedia Engineering. 2018. V. 42. P. 1425–1436 doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.536

Расхождения расчетных значений коэффициента задержания с применением эмпирических коэффициентов из таблицы 4 и полученных экспериментально значений коэффициента задержания не превышали 5–10%, что вполне достаточно для инженерных расчетов.

Заключение

В результате проведенных исследований были получены экспериментальные данные значений выходного удельного потока и коэффициентов задержания для ультрафильтрационных мембран производства АО «ЗАВКОМ». В ходе работы были получены численные значения эмпирических коэффициентов для теоретического расчета коэффициента задержания и удельного выходного потока, где расхождение полученных коэффициентов не превышало 5 – 10%. Следует отметить разную структуру сывороток молочной и козьей, что из-за большей доли жирности в козьей сыворотке коэффициент задержания, а также выходной удельный поток значительно ниже, чем у сыворотки из коровьего молока, при одинаковых условиях.

9 El-Sayed M.M.H., Chase H.A. Trends in whey protein fractionation // Biotechnology Letters. 2011. V. 33. № 8. P. 1501–1511. doi: 10.1007/s10529-011-0594-8

10 Erdem Y., Çiftçioğlu M., Harsa Ş. Separation of whey components by using ceramic composite membranes // Desalination. 2006. V. 189. № 1–3. P. 87–91. doi: 10.1016/j.desal.2005.06.016

11 Konrad G., Kleinschmidt T. A new method for isolation of native α -lactalbumin from sweet whey // International Dairy Journal Volume. 2008. V. 18. № 1. P. 47–54. doi: 10.1016/j.idairyj.2007.06.004

12 Догарева Н.Г. Безотходные технологии в молочной промышленности. Оренбургский Государственный Университет, 2011. 167 с.

13 Храмцов, А.Г. Феномен молочной сыворотки. СПб.: Профессия, 2011. 804 с.

14 ГОСТ 25179–2014. Молоко и молочные продукты. Методы определения массовой доли белка. Москва: Стандартинформ, 2015. 16 с.

REFERENCES

- 1 Ozhgikhina N.N., Volkova T.A. Rational processing of whey. *Pererabotka moloka* [Milk processing]. 2012. no. 9. (in Russian).
- 2 Timkin V.A., Minukhin L.A., Galchak I.P., V.A. Lazarev et al. Development of baromembrane technology for processing whey. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2013. no. 7 (103). pp. 35–37. (in Russian).
- 3 Lazarev V.A. Timkin V.A., Pishchikov G.B., O.A. Mazina Concentration of whey amino acids by baromembrane methods. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals]. 2016. no. 01 (143). pp. 33–36. (in Russian).
- 4 Evdokimov I.A. Processing of raw milk by membrane methods. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry]. 2012. no. 2. pp. 34–37. (in Russian).

5 Gavrilov G.B., Kravchenko E.F. Ways of rational use of whey. *Syrodeliye i maslodeliye* [Cheese-making and butter-making]. 2013. no. 2. pp. 10–13. (in Russian).

6 Varivoda A.A., Ovcharova G.P. Integrated processing of whey by membrane methods. *Sbornik nauchnykh trudov Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva* [Collection of scientific works of the Stavropol Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production]. 2013. vol. 3. no. 6. pp. 61–64. (in Russian).

7 Toro-Sierra J., Tolkach A., Kulozik U. Fractionation of α -Lactalbumin and β -Lactoglobulin from Whey Protein Isolate Using Selective Thermal Aggregation, an Optimized Membrane Separation Procedure and Resolubilization Techniques at Pilot Plant Scale. *Food and Bioprocess Technology*. 2013. vol. 6. no. 4. pp. 1032–1043. doi: 10.1007/s11947-011-0732-2

8 Hinkova A., Zidova P., Pour V., Bubnik Z. et al. Potential of Membrane Separation Processes in Cheese Whey Fractionation and Separation. *Procedia Engineering*. 2018. vol. 42. pp. 1425–1436 doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.536

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитрий А. Родионов аспирант, кафедра механика и инженерная графика, Тамбовский Государственный Технический Университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия, Dimok-407@mail.ru

Сергей И. Лазарев д.т.н., профессор, кафедра механика и инженерная графика, Тамбовский Государственный Технический Университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия, Sergey.lazarev.1962@mail.ru

Константин К. Полянский д.т.н., профессор, кафедра Коммерции и товароведения, Воронежский филиал РЭУ им. Г. В. Плеханова, г. Воронеж, Россия, kaf-kit@vfreu.ru

Елена В. Эккерт главный технолог, ООО «Векша», г. Тамбов, проезд Пограничный, 2, pachena@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.05.2019

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 10.06.2019

9 El-Sayed M.M.H., Chase H.A. Trends in whey protein fractionation. *Biotechnology Letters*. 2011. vol. 33. no. 8. pp. 1501–1511. doi: 10.1007/s10529-011-0594-8

10 Erdem Y., Çiftçioğlu M., Harsa Ş. Separation of whey components by using ceramic composite membranes. *Desalination*. 2006. vol. 189. no. 1–3. pp. 87–91. doi: 10.1016/j.desal.2005.06.016

11 Konrad G., Kleinschmidt T. A new method for isolation of native α -lactalbumin from sweet whey. *International Dairy Journal* Volume. 2008. vol. 18. no. 1. pp. 47–54. doi: 10.1016/j.idairyj.2007.06.004

12 Dogareva N.G. Bezotkhodnyye tekhnologii v molochnoy promyshlennosti [Non-waste technologies in the dairy industry]. Orenburg State University, 2011. 167 p. (in Russian).

13 Khramtsov A.G. Fenomen molochnoy syvorotki [The phenomenon of whey]. St. Petersburg, Professiya, 2011. 804 p. (in Russian).

14 GOST 25179–2014. Moloko i molochnyye produkty. Metody opredeleniya messovoy doli belka [State Standard 25179–2014. Milk and dairy products. Methods for determining the mass fraction of protein]. Moscow, Standartinform, 2015. 16 p. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dmitriy A. Rodionov postgraduate., mechanics and engineering graphics department, Tambov State Technical University, Sovetskaya., 106 Tambov, 392000, Russia, Dimok-407@mail.ru

Sergei I. Lazarev Dr. Sci. (Engin.), professor, mechanics and engineering graphics department, Tambov State Technical University, st. Sovetskaya., 106 Tambov, 392000, Russia, Sergey.lazarev.1962@mail.ru

Konstantin K. Polyansky Dr. Sci. (Engin.), professor, commerce and commodity department, Voronezh branch of REU named after G.V. Plekhanov, Voronezh, st. Karl Marx, 67A, kaf-kit@vfreu.ru

Elena V. Eckert Head Technologist, Veksha LLC, Tambov, Pogranichny passage, 2, pachena@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.21.2019

ACCEPTED 6.10.2019