

Обзорная статья / *Review article*

УДК 637.1

DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-7-20

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОРЫВ
АГРАРНО-ПИЩЕВЫХ ИННОВАЦИЙ МОЛОЧНОГО ДЕЛА
НА ПРИМЕРЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕЛЬХОЗСЫРЬЯ.**

Обратный осмос

***TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH OF THE AGRARIAN-AND-FOOD
INNOVATIONS IN DAIRY CASE FOR EXAMPLE OF UNIVERSAL
AGRICULTURAL RAW MATERIALS.***

Reverse osmosis

Андрей Г. Храмцов, доктор технических наук, профессор, академик РАН

Andrey G. Khramtsov, doctor of technical sciences, professor, academician of RAS

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь

North-Caucasus Federal University, Stavropol

Продолжение статей, напечатанных в № 2-12, 2018-2021 гг.

Контактное лицо: Андрей Г. Храмцов, доктор технических наук, профессор, академик РАН, профессор-консультант кафедры прикладной биотехнологии Института живых систем, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь.

E-mail: akhramtcov@ncfu.ru; тел. +79624477823; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5188-4657>

Формат цитирования: Храмцов А.Г. Технологический прорыв аграрно-пищевых инноваций молочного дела на примере универсального сельхозсырья. Обратный осмос // Аграрно-пищевые инновации. 2021. Т. 14, N 2. С. 7-20. DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-7-20

Principal Contact: Andrey G. Khramtsov, Dr Technical Sci., Professor, Academician of RAS and Professor-consultant of the Department of Applied Biotechnology, Institute of Life Science, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia.

E-mail: akhramtcov@ncfu.ru; Russia, tel. +79624477823; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-5188-4657>

How to cite this article: Khramtsov A.G. Technological breakthrough of the agrarian-and-food innovations in dairy case for example of universal agricultural raw materials. Reverse osmosis. *Agrarian-and-food innovations*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 7-20. (In Russian) DOI: 10.31208/2618-7353-2021-14-7-20

Резюме.

Цель. Рассмотреть процесс мембранной технологии – обратный осмос – путем направленной и управляемой обработки молочной сыворотки и ее фильтратов через специальные полупроницаемые перегородки (фильтры – мембраны) с размером пор от 0,1 до 1,0 нм, осуществляемый при давлении 3,0- 10,0 МПа с выделением частиц (отсечением) молекулярной массой 100 Дальтон. Обратный осмос позволяет концентрировать все соединения молочной сыворотки и фильтратов, отделяя практически дистиллированную воду (конденсат).

Обсуждение. В системе молекулярно-ситового разделения обратный осмос логически продолжает мембранную обработку фильтратов (пермеатов) нативной, а также сепарированной молочной сыворотки и их микрофильтратов, ультрафильтратов,

нанофильтратов и диафильтратов. В принципе, процесс обратного осмоса должен быть реализован для предварительного концентрирования молочной сыворотки, что исключит ее потери (слив) и расширит спектр использования. Перспективен ОО для обработки соленой молочной сыворотки с удалением нежелательного хлористого натрия, а также для очистки конденсата выпарных установок от отходящих с пеной и вторичным паром компонентов молочного сырья.

Заключение. В целом для молочной отрасли пищевой индустрии АПК обратноосмотическая обработка необходима для реализации замкнутого цикла производства с оборотным водоснабжением.

Ключевые слова: обратный осмос; концентрирование молочной сыворотки и пермеатов после микрофльтрации, ультрафльтрации, нанофльтрации и диафльтрации; молочная вода.

Abstract

Aim. *Consideration of the membrane technology process – reverse osmosis – by directed and controlled processing of whey and its filtrates through special semipermeable partitions (filter membranes) with a pore size from 0.1 to 1.0 nm, carried out at a pressure of 3.0 - 10.0 MPa with the release of particles (cutting off) with a molecular weight of 100 Daltons. Reverse osmosis allows you to concentrate all the compounds of whey and filtrates, separating almost distilled water (condensate).*

Discussion. *In the molecular sieve separation system, reverse osmosis logically continues the membrane treatment of filtrates (permeates) of native, as well as separated whey and their microfiltrates, ultrafiltrates, nanofiltrates and diafiltrates.*

In principle, the reverse osmosis process should be implemented to pre-concentrate the whey, which will eliminate its loss (draining) and expand the range of use. OO is promising for processing salted whey with the removal of unwanted sodium chloride, as well as for cleaning the condensate of evaporation plants from the components of dairy raw materials that come with foam and secondary steam.

Conclusion. *In general, for the dairy industry of the food industry of the agro-industrial complex, reverse osmotic treatment is necessary for the implementation of a closed production cycle with a recycled water supply.*

Key words: *reverse osmosis; concentration of whey and permeates by microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and diafiltration; milk water.*

Введение. Обратный осмос (ОО) – процесс баромембранной технологии [20] путем направленной и управляемой фильтрации молочной сыворотки через специальные полупроницаемые перегородки (фильтры – мембраны) с размером пор от 0,1 до 1,0 нм, осуществляемый при давлении 3,0-10,0 МПа с «отсечением» (выделением) частиц молекулярной массой 100 Дальтон (ОВ: МФ – более 200 кДа; УФ – от 1 до 200 кДа; НФ – от 300 до 1000 кДа). Обратный осмос позволяет концентрировать все соединения молочной сыворотки, отделяя практически дистиллированную воду (конденсат). Селективность мембран для ОО должна обеспечивать задержку (концентрирование в водном растворе) на них на уровне 100%: всю органику молочного сырья (липидный, азотистый комплексы, углеводы, БАВ, красители); ионы металлов, в т.ч. одновалентные; кислоты; соли; уменьшая БПК и ХПК фильтратов (пермеатов).

В системе молекулярно-ситового разделения обратный осмос логически продолжает мембранную обработку фильтратов (пермеатов) нативной, а также сепарированной молочной

сыворотки и их микрофильтратов, ультрафильтратов, нанофильтратов и диафильтратов (рисунок 1) [3].

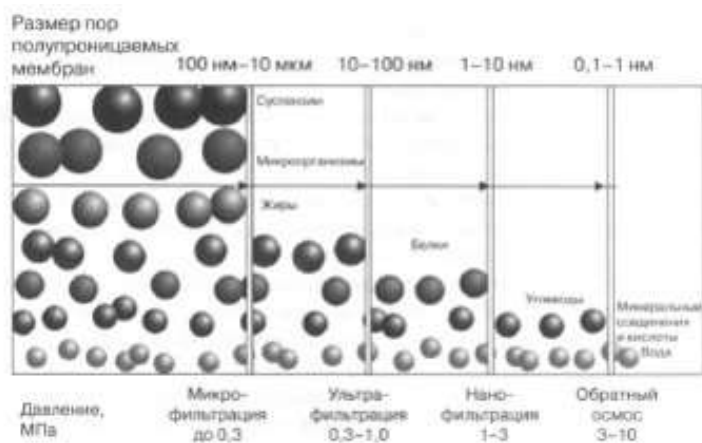


Рисунок 1. Схема фракционирования компонентов молочной сыворотки методами мембранной фильтрации
Figure 1. Scheme of fractionation of whey components by membrane filtration methods

Гносеологическая схема процесса обратного осмоса показана на схеме, взятой из классического издания по мембранным технологиям [20] (рисунок 2).

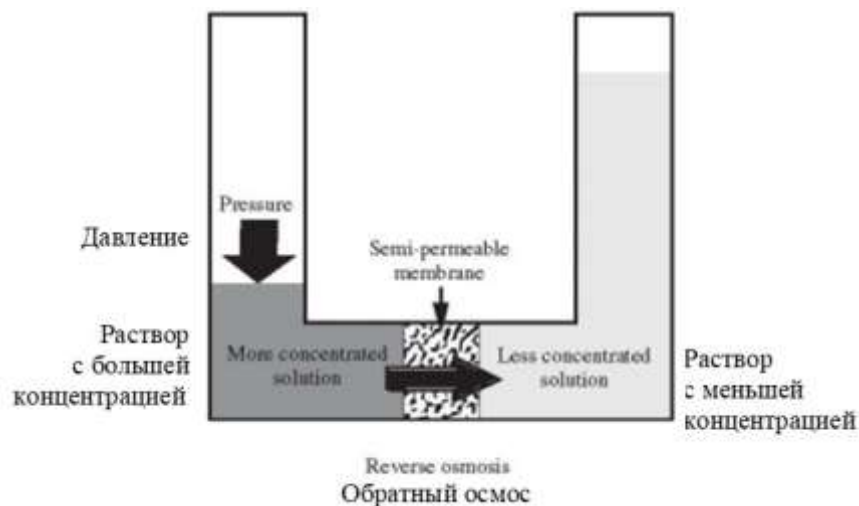


Рисунок 2. Гносеологическая схема процесса обратного осмоса
Figure 2. Epistemological scheme of the reverse osmosis process

Ниже на иллюстрации (рисунок 3) схематично показан процесс обратного осмоса применительно к нативной или сепарированной молочной сыворотке и ее пермеатам (фильтратам) после баромембранной обработки микрофильтрацией или ультрафильтрацией или нанофильтрацией или диафильтрацией.

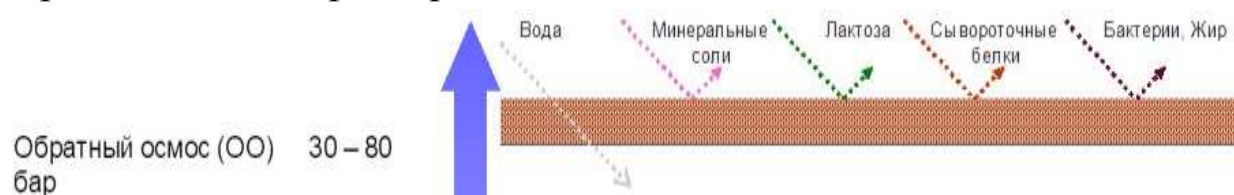


Рисунок 3. Схема процесса обратного осмоса молочной сыворотки
Figure 3. Scheme of the reverse osmosis process of whey

Из приведенной иллюстрации совершенно четко следует, что обратный осмос позволяет получать (выделять) из предварительно сепарированной [24] или обработанной всеми доступными баромембранными способами (микро-, ультра-, нано-, диафильтрации) [29] молочной сыворотки (фильтраты-пермеаты) и бесказеиновой фазы (после обработки полисахаридами и/или мембранными методами молока-сырья, обезжиренного молока и пахты) в наноконцентрат – НК (ретентат) практически все соединения исходного сырья. Исключения относятся к ионной фазе (минералы) и низкомолекулярным веществам (ионы К,

Na и некоторые другие одновалентные ионы, а также органические остатки пептидной природы). В ОО-фильтрат (пермеат) могут переходить одновалентные ионы минеральных солей и низкомолекулярные органические кислоты.

Обратноосмотическая обработка универсального сельскохозяйственного сырья (на примере молочной сыворотки и продуктов ее переработки) достаточно известна в молочной отрасли пищевой индустрии АПК [3, 20, 22, 23]. Обратный осмос осуществляется под достаточно высоким давлением (до 10 атм.) и его применяют для направленного и управляемого концентрирования молочной сыворотки и ее фильтратов (пермеатов). При этом следует заметить, что в последнее время интерес отрасли сместился в сторону нанофильтрации, особенно при производстве сухой деминерализованной сыворотки. Преимущества нанофильтрации по уровню деминерализации, при обеспечении фактора концентрирования, вполне обоснованно обусловили эту ситуацию.

По имеющейся информации [1], обратноосмотическая обработка молочного сырья в общей иерархии мембранных методов на уровне 2018 г. составляла 12% (для информации и сравнения: УФ – 47%; НФ – 35%; МФ – 6%). Перспективы переработки молочного сырья обратным осмосом в системном виде применительно к инновационному предпринимательству в цифровой экономике освещены обстоятельно проф. Полянским К.К. [15].

Аппаратурное оформление процесса обратного осмоса известно и обеспечивает достижение поставленной задачи – сгущение с практически полным переходом всех компонентов исходного сырья (кроме воды) в концентрат. За рубежом для обработки молочного лактозосодержащего сырья, в т.ч. молочной сыворотки и ее ультрафильтратов, масштабировано изготовление специализированных установок. По имеющейся информации [21], фирма DDS (Дания) эксплуатирует во Франции ОО-установку для обработки молочной сыворотки производительностью 80 т в сутки с получением 20 т концентрата и 60 т воды. Известны аналогичные решения в США. На рисунке 4 в качестве реально существующего примера приведена обратноосмотическая установка фирмы «Кизельманн Рус» (Германия) для концентрирования УФ-пермеата производительностью (ОВ!) 600 т в сутки. Общее количество ОО-установок в молочной промышленности мира превышает 5000 (в нашей стране пока единицы).

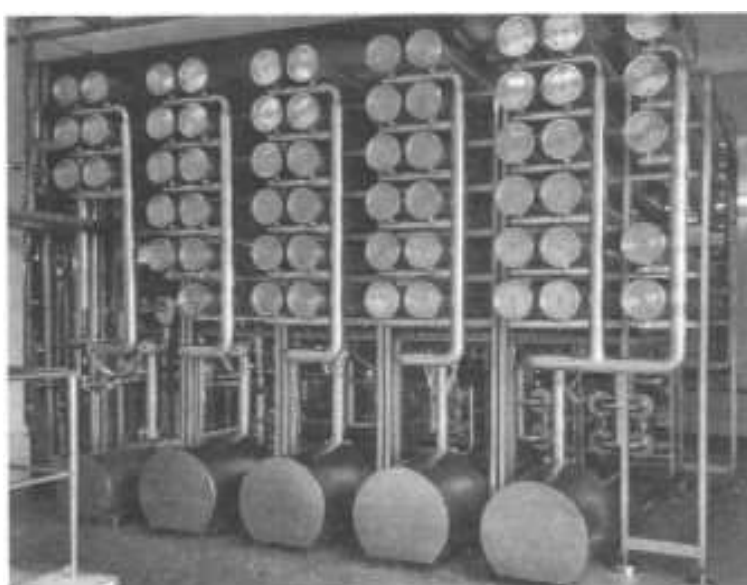


Рисунок 4. Обратноосмотическая установка для сгущения УФ-пермеата производительностью 600 т в сутки
Figure 4. Reverse osmosis unit for thickening UV permeate with a capacity of 600 t per day

Применение обратного осмоса в конвергенции (сочетании) с электродиализной обработкой было проведено в свое время применительно к молочной сыворотке от хлоркальциевой коагуляции казеина молока-сырья Павловым В.А. [13].

Техническая характеристика для концентрирования (сгущения) молочной сыворотки обратным осмосом с целью промышленной апробации в нашей стране приведена ниже [21]:

| | |
|--|-------------|
| <i>Производительность, т/ч:</i> | |
| <i>по сыворотке</i> | 5,0 |
| <i>по концентрату</i> | 1,25 |
| <i>Количество модулей:</i> | |
| <i>Рабочих</i> | 4 |
| <i>Резервных</i> | 1 |
| <i>Тип мембраны</i> | МГА-95 |
| <i>Площадь активной зоны мембран, м²:</i> | |
| <i>одного модуля</i> | 113 |
| <i>всей установки</i> | 450 |
| <i>Проницаемость, л/м² в сутки</i> | 200 |
| <i>Скорость прохождения сыворотки в канале, м/с</i> | 2,0 |
| <i>Рабочее давление, МПа</i> | 4,9 |
| <i>Режим работы</i> | Непрерывный |

Целевые исследования по обратному осмосу проведены в ВТИ/ВГТА (н/в ВГУИТ), и результаты опубликованы [17]. Основываясь на фундаментальных подходах школы академика Липатова Н.Н. [7], рассмотрены закономерности процесса обратного осмоса в ореоле мембранных технологий. Особое внимание уделено концентрационной поляризации. Даны практические рекомендации по оптимизации технологических режимов обратного осмоса применительно к молочной сыворотке.

В нашем творческом коллективе ведущей научной школы федерального уровня 7510.2010.4 «Живые Системы» при СКФУ изучение процессов обратноосмотического разделения молочной сыворотки и ее ультрафильтратов осуществляется системно в творческом коллективе проф. Бабёнышева С.П. [26, 27].

Ниже в систематизированном виде приведена некоторая информация по актуальным направлениям обратноосмотической обработки применительно к универсальному сельскохозяйственного сырья (по академику Н.Н. Липатову) [7] – тривиальной молочной сыворотке различных видов и качества, а также микро-, ультра-, нано- и диафильтратов молочного сырья.

Объекты и методология познания. В качестве объектов для исследований процесса обратного осмоса могут быть использованы все виды нативной молочной сыворотки и после ее первичной технологической обработки путем сепарирования. Особый интерес в практическом плане для ОО представляют фильтраты (пермеаты) после обработки молочной сыворотки микрофильтрацией (извлечение казеиновой пыли, молочного жира и санация); ультрафильтрацией (получение белкового комплекса) и нанофильтрацией (концентраты лактозы с частичной деминерализацией). Диафильтрация концентратов (ретентатов) также дает фильтраты (пермеаты), как бы второго уровня, с возможной ОО-обработкой для получения т.н. «молочной воды» – продукта для питья или деминерализованной субстанции (конденсата). Подробная информация о составе, их структура и размер компонентов приведены в ранее опубликованных статьях.

Схема обратноосмотической установки для лабораторных исследований с возможной модификацией при цифровизации и 3Д принтере на современном уровне, по имеющейся научно-методической базе и аппаратурном дополнении, приведена на рисунке 5 [13].

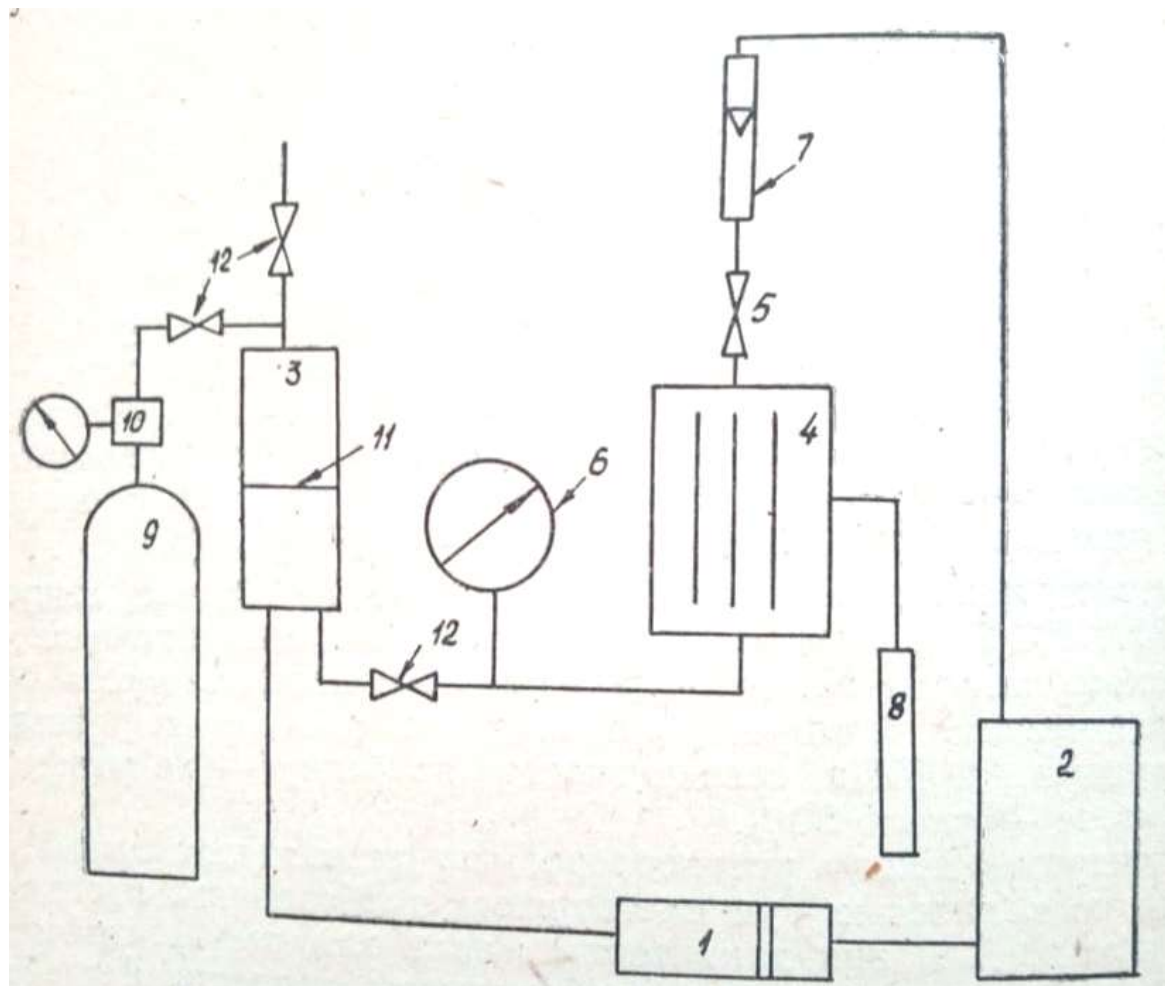


Рисунок 5. Схема обратноосмотической установки: 1 – насос НД-250/25; 2 – ёмкость; 3 – гидроаккумулятор; 4 – разделительный элемент; 5 – регулировочный вентиль; 6 – манометр; 7 – ротаметр ТС-3; 8 – сборник фильтрата; 9 – баллон с азотом; 10 – редуктор РС-250-58; 11 – гибкая мембрана; 12 – запорный вентиль
Figure 5. Reverse osmosis installation diagram: 1 – pump ND-250/25; 2 – embone; 3 – accumulator; 4 – separating element; 5 – adjusting the valve; 6 – pressure gauge; 7 – flowmeter TS-3; 8 – a collection of the filtrate; 9 – cylinder with nitrogen; 10 – reducer RS-250-58; 11 – flexible membrane; 12 – gate veil

Математическая (статистическая) обработка результатов исследований для оценки достоверности получаемых результатов проводилась в соответствии с методическими указаниями [4].

Прослеживаемость и безопасность получаемых продуктов в логистике проводимых исследований и опытно-промышленных испытаний осуществлялась в соответствии с принятыми в настоящее время нормативами [8].

Обсуждение. Направленный и управляемый процесс обратного осмоса по своей функции (размеру пор мембран) может располагаться когнитивно (осмысление) после получения молочной сыворотки в нативном либо сепарированном виде; ультрафильтратов молочного сырья (предпочтительно обезжиренного молока или пахты) и всех фильтратов (пермеатов) баромембранной обработки – МФ, УФ, НФ, ДФ [7, 9, 25]. Для него характерно наличие мембран, способных задерживать все компоненты сухого остатка исходного сырья от нативной/сепарированной молочной сыворотки, ультрафильтратов и пермеатов, а также бесказеиновой фазы, пропуская практически только чистую (дистиллированную) воду и некоторое количество низкомолекулярных (отсечение 100 Дальтон) соединений целенаправленно (в случае желательности деминерализации) либо спонтанно. Это могут быть минеральные компоненты в ионной форме и некоторые органические кислоты (например, молочная, с регулированием pH). Такая избирательность, как и в случае нанофильтрации, оказывается весьма интересной применительно к переработке, например, соленой сыворотки от производства ряда ассортиментной группы сыров для извлечения ионов натрия и хлора.

Практически для молочной отрасли обратный осмос можно условно приравнять [12, 21] к процессу сгущения (концентрирования) при оптимальных режимах, в т.ч. и особенно тепловых, с сохранением нативной структуры обрабатываемого сырья. По мнению профессора Нестеренко П.Г., процесс обратного осмоса должен быть реализован для предварительного концентрирования молочной сыворотки, что исключит ее потери (слив) и расширит спектр использования. Перспективен ОО для обработки соленой молочной сыворотки с удалением нежелательного хлористого натрия, а также для очистки конденсата выпарных установок от отходящих с пеной и вторичным паром компонентов молочного сырья. Особый интерес представляет ОО-обработка исходного молока-сырья на фермах и предварительное концентрирование молочной сыворотки и ее фильтратов [2, 16].

Мембраны для обратного осмоса теоретически должны задерживать все компоненты молочного сырья, кроме воды. При этом при повышении давления увеличивается прохождение воды, но компонентный «ореол» раствора не меняется, а даже уменьшается. На рисунке 6 показаны современные многоканальные трубчатые мембраны последнего поколения, которые обеспечивают желательную степень концентрации и уровень «чистоты» процесса разделения универсального сельскохозяйственного сырья всех категорий исходного качества.



Рисунок 6. Виды многоканальных трубчатых мембран
Figure 6. Types of multichannel tubular membranes

В таблице 1 приведена краткая техническая характеристика отечественных обратноосмотических мембранных элементов серии К, рекомендованных для переработки молочной сыворотки и ее фильтратов (пермеатов) [3].

Таблица 1. Обратноосмотические мембранные элементы серии К

Table 1. Reverse osmotic membrane elements of the K series

| | | | | | |
|---|--|-----|---|----------------------------|---------------------|
| Материал мембраны <i>Membrane material</i> | | | Композитный полиамид <i>Composite polyamide</i> | | |
| | | | PM 69K | | |
| Тип мембраны <i>Type of membrane</i> | | | Рулонный с внешним турбулизатором <i>Roll with external turbulator</i> | | |
| | | | Обессоливание солоноватых вод и растворов <i>Desalination of brackish waters and solutions</i> | | |
| Модель <i>Model</i> | Производительность, м ³ /час | GPD | Селективность <i>Selectivity</i> | Площадь, м ² | Турбулизатор, мм |

| | <i>Productivity, m³ / hour</i> | | номинал/минимум <i>nominal / minimum</i> | <i>Area, m²</i> | <i>Turbulizer, mm</i> |
|----------|---|-------|---|----------------------------|-----------------------|
| К 8038-1 | 1,6 | 10000 | 99,5/99,0 | 34 | 0,8 |
| К 3838-1 | 0,30 | 2000 | 99,5/99,0 | 7,1 | 0,8 |
| К 3839-1 | 0,30 | 2000 | 99,5/99,0 | 7,1 | 0,8 |
| К 3938-1 | 0,35 | 2200 | 99,5/99,0 | 7,4 | 0,8 |

Необходимость достаточно высокого давления при проведении процесса обратного осмоса (до 10 МПа) обусловлена уровнем осмотического состояния компонентов обрабатываемого сырья, например, молочной сыворотки. Концентрация ее минеральных солей в сгущенной в четыре раза (на уровне 30%) имеет осмотическое давление в 500 раз больше, чем 3% раствор казеина (примерный уровень в молоке-сырѐе).

Одно из преимуществ концентрирования обратным осмосом – возможность проведения процесса при достаточно низких температурах, что особенно важно применительно ко всем видам молочного сырья, в т. ч. и особенно молочной сыворотке и ее ультрафильтратам. Это обусловлено сохранением главного источника питания всех видов микроорганизмов – лактозы («сахара жизни»), в т.ч. с учетом теории «лас-оперона» [19].

Степень концентрирования обратным осмосом ограничена 30% сухих веществ в концентрате (ретентате). На практике этот показатель колеблется от 15 до 20% с оптимумом на уровне 18% и постоянным поиском и тенденцией увеличения. Например, производственные испытания по оптимальному режиму ОО ультрафильтратов творожной сыворотки позволили получить результаты, показанные в таблице 2 [21].

Таблица 2. Результаты испытания по оптимальному режиму

Table 2. Results of the optimal mode test

| Показатель <i>Indicator</i> | Творожная сыворотка <i>Curd serum</i> | Концентрат <i>Concentrate</i> | Фильтрат <i>Filtrate</i> |
|---|--|----------------------------------|-----------------------------|
| Массовая доля сухих веществ, % <i>Mass fraction of dry substances, %</i> | 5,69 | 22,7 | 0,2-0,3 |
| В том числе Белка <i>Including protein</i> | 0,89 | 3,8 | нет <i>no</i> |
| Лактозы <i>Lactose</i> | 4,2 | 17,2 | 0,13-0,2 |
| Золы <i>Ash</i> | 0,4-0,5 | 1,3 | 0,1 |
| Жира <i>Fat</i> | 0,1 | 0,4 | нет <i>no</i> |

Эффективность концентрирования исходной сыворотки обратным осмосом [3] приведена для информации в таблице 3.

Таблица 3. Концентрирование молочной сыворотки обратным осмосом

Table 3. Concentration of whey by reverse osmosis

| Показатель <i>Indicator</i> | Значение показателя, %, в <i>Indicator value, %, in</i> |
|--------------------------------|--|
|--------------------------------|--|

| | исходной сыворотке <i>starting serum</i> | ретентате <i>retentate</i> | пермеате <i>permeate</i> |
|--|---|-------------------------------|-----------------------------|
| Сухие вещества <i>Dry substances</i> | 6,10 | 18,00 | 0,11 |
| Небелковые азотистые вещества <i>Non-protein nitrogenous substances</i> | 0,20 | 0,48 | 0,06 |
| Белок <i>Protein</i> | 0,60 | 1,80 | 0,00 |
| Лактоза <i>Lactose</i> | 4,50 | 13,44 | 0,03 |
| Молочный жир <i>Milk fat</i> | 0,06 | 0,18 | 0,00 |
| Молочная кислота <i>Lactic acid</i> | 0,14 | 0,40 | 0,01 |
| Минеральные вещества <i>Mineral matters</i> | 0,56 | 1,70 | 0,01 |

Системные исследования по применению обратного осмоса при получении молочного сахара из сыворотки хлоркальциевого осаждения, проведенные Павловым В.А. [13, 14], показали следующие результаты. Для целенаправленных экспериментов использовали асимметричные обратноосмотические мембраны того времени, изготовленные на основе ацетатцеллюлозы (МГА), этилцеллюлозы (МГЭ) и полисульфонамида (ПСА). Сравнительные результаты исследований приведены в таблице 4.

Таблица 4. Селективность и проницаемость мембран при концентрировании модельного раствора осветлённой сыворотки

Table 4. *Selectivity and permeability of membranes in the concentration of model solution of clarified serum*

| Показатель <i>Indicator</i> | Марка мембран <i>Membrane brand</i> | | | | | | |
|--|--|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| | МГА-100 | МГА-95 | МГА-90 | МГА-50 | ПСА | МГА-80 | МГА-50 |
| Селективность, % <i>Selectivity, %</i> | | | | | | | |
| по CaCl ₂ <i>for CaCl₂</i> | 99,0 | 98,0 | 96,0 | 69,0 | 98,7 | 80,2 | 63,6 |
| по лактозе <i>for lactose</i> | 100,0 | 100,0 | 99,5 | 90,0 | 100,0 | 95,0 | 75,8 |
| Проницаемость, л/м ² , сутки <i>Permeability, l / m², -day</i> | 174 | 250 | 345 | - | 70,0 | 118 | - |

Из приведенных данных следует, что уже тогда (90-е годы XX столетия) имелись полупроницаемые мембраны для обратного осмоса отечественного производства бренда «Владипор» (г. Владимир) марок МГА-100, МГА-95 и ПСА, которые обеспечивали 100% селективность по лактозе. Для практики была рекомендована мембрана марки МГА-95, как имеющая большую проницаемость и высокую селективность. Жаль, что отрасль не смогла получить от машиностроителей и химиков промышленных установок. В настоящее время инновационная фирма «Щекино-Азот» (Тульская область), по их достоверной информации,

имеет в портфеле инноваций ОО-установки для молочной отрасли пищевой индустрии АПК. Дело за заказами.

А пока для демонстрации возможностей практической реализации обратноосмотической обработки универсального сельскохозяйственного сырья можно использовать установку ДМП (г. Ставрополь) производства проверенной временем словацкой фирмы «ВЗДУХОТОРГ», которую предоставил Мертин П. (рисунок 7).



Рисунок 7. Баромембранная установка с элементами для обратного осмоса

Figure 7. Baromembrane installation with elements for reverse osmosis

Аспирант Меркель А. (СКФУ) изучил деминерализацию ОО-концентрата молочной сыворотки с содержанием 18,7% сухих веществ и электропроводностью 11,98 мС/см до уровня снижения зольности 50, 70 и даже 90% [11].

Магистрант СКФУ А. Илькин под руководством кандидата техн. наук Мамай Д.С. (творческий коллектив проф. Бабёнышева С.П.) выполнил дипломную работу (2021 г.) по заказу МКС по ОО концентрированию реальных производственных лактозосодержащих ресурсов молочного сырья-фильтратов (пермеатов) молочной сыворотки (подсырной и творожной) с получением позитивных результатов по возможному использованию получаемой «молочной воды».

В научной школе проф. Кулоцик У. (Kulozik Ulrich, Германия) показана эффективность ОО для обработки молочной сыворотки (12-30% СВ) с получением белковых концентратов для длительного хранения [29].

С целью снижения потребления воды и энергии при производстве молочной продукции на примере сыра чеддер теоретически обоснована возможность использования обратного осмоса [28].

Обратный осмос может быть использован в комбинации с микро-, ультрафильтрацией и хроматографией для получения высокоочищенных препаратов минорных белков молока: лактоферрина, лактопероксидазы, лизоцима, катепсина Д, остеопонтина, церулоплазмينا, ангиогенина [17].

Заключение. Анализируя приведенную информацию, следует отметить, что обратноосмотическая обработка всех категорий универсального сельскохозяйственного сырья и их фильтратов (пермеатов) логистически предназначена для концентрирования (сгущения) с получением практически «молочной воды».

Особенно это представляется целесообразным и обосновано организационно-экономически для небольших фермерских сыроварен и молочных предприятий – концентрирование в 3-5 раз и отправка для переработки на централизованные предприятия. В

эту же категорию следует причислить промывные воды и конденсат вакуум-аппаратов – огромное поле деятельности каждого молочного предприятия для оборотного водоснабжения по замкнутому циклу производства.

При этом, безусловно, приоритет сохраняется за нанофильтрацией, обеспечивающей направленную и управляемую деминерализацию сепарированной молочной сыворотки и всех видов (первичных и вторичных) фильтратов-пермеатов мембранной отработки любого уровня.

Объективно, при правильной постановке молочного производства, ОО-установка должна стать неизменным атрибутом любого переработчика молока независимо от форм собственности и объемов производства для обработки всех видов вторичных сырьевых ресурсов, промывных вод и конденсата.

***Благодарность:** Профессору Бабёнышеву С.П. за предоставленную информацию по тематике статьи и инженеру ИЦ ИЖС СКФУ Школе С.С. за информационное сопровождение редакции статьи.*

***Acknowledgment:** To the professor Babenyshev S.P. for the information provided on the subject of the article and to the engineer of the IC IZhS SKFU Shkola S.S. for informational support of the editorial board of the article.*

Библиографический список

1. Володин Д.Н., Евдокимов И.А., Куликова И.К. Процессы ультрафильтрации в рентабельной технологии сыров // Молочная промышленность. 2019. N 9. С. 18-20.
2. Гаврилов Г.Б. Технологии мембранных процессов переработки молочной сыворотки и создания продуктов с функциональными свойствами: монография. М.: Издательство Россельхозакадемии, 2006. 135 с.
3. Гаврилов Г.Б., Просеков А.Ю., Кравченко Э.Ф., Гаврилов Б.Г. Справочник по переработке молочной сыворотки. Технологии, процессы и аппараты, мембранное оборудование. СПб: Профессия, 2015. 176 с.
4. Гордиенко М.Г., Баурин Д.В., Кареткин Б.А., Шакир И.В., Панфилов В.И. Статистическая обработка результатов пассивного и активного эксперимента в биотехнологии. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015. 108 с.
5. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 351 с.
6. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет. М.: Химия, 1986. 272 с.
7. Евдокимов И.А., Володин Д.Н. и др. Обработка молочного сырья мембранными методами // Молочная промышленность. 2012. N 2. С. 4.
8. Жидков В.Е., Горностаева Ж.В., Чернышева Ю.С. и др. Теоретические и методологические основы качества и безопасности продовольственных товаров. Ставрополь: Сервисшкола, 2019. 108 с.
9. Золоторёва М.С., Топалов М.С. Мембранные процессы в технологии переработки сыворотки // Переработка молока. 2014. N 5. С. 10-12.
10. Кочаров Р.Г., Каграманов Г.Г. Расчет установок мембранного разделения жидких смесей. М.: РХТУ им. Менделеева, 2001. 128 с.
11. Меркель А.С., Храмцов А.Г., Эчер И.И., Евдокимов И.А. Переработка вторичного молочного сырья деминерализация молочной сыворотки после обработки обратным осмосом // Вестник СКФУ. 2015. N 1. С. 65-69.
12. Нестеренко П.Г. Научно-технические основы технологии сгущенных сывороточных концентратов: дис. ... доктора техн. наук: 05.18.04. Москва, 1994. 229 с.
13. Павлов В.А., Милль Б.Е., Беюх Г.А., Зародин Г.С. Применение методов обратного осмоса и электродиализа при получении молочного сахара хлоркальциевого осаждения. Обзорная информация. М.: ЦНИИТЭИмясомолпром, 1981. 35 с.

14. Павлов В.А. Технология молочного сахара из сыворотки термохлоркальциевого осаждения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. Ленинград, 1982. 21 с.
15. Полянский К.К. Перспективы переработки молока и молочных продуктов обратным осмосом // Материалы международной научно-практической конференции «Инновационное предпринимательство в цифровой экономике: опыт регионов», Воронеж, 24-25 апреля, 2020. С. 159-165.
16. Пономарев А.Н., Ключников А.И., Полянский К.К. Основные направления мембранных технологий при переработке молочной продукции: монография. Воронеж, 2011. 390 с.
17. Пономарев А.Н., Мельникова Е.И., Станиславская Е.Б., Самойлова В.Н. Молоко, как сырье для производства пищевых ингредиентов. Часть 2. Минорные компоненты на основе фракционирования белков и липидов молока // Молочная промышленность. 2021. N 5. С. 40-42. DOI: 10.31515/1019-8946-2021-05-40-42
18. Сенкевич Т., Ридель К.Х. Молочная сыворотка: переработка и использование в агропромышленном комплексе. М.: Агропромиздат, 1989. 315 с.
19. Синельников Б.М., Храмцов А.Г., Евдокимов И.А., Рябцева С.А., Серов А.В. Лактоза и её производные. СПб.: Профессия, 2007. 768 с.
20. Тамим А.И. Мембранные технологии в производстве напитков и молочных продуктов. СПб.: Профессия, 2016. 420 с.
21. Храмцов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки. М.: ДеЛиПринт, 2004. 587 с.
22. Храмцов А.Г. Феномен молочной сыворотки. СПб.: Профессия, 2011. 804 с.
23. Храмцов А.Г. Новации молочной сыворотки. СПб.: Профессия, 2016. 490 с.
24. Чеботарев Е.А., Храмцов А.Г., Новиков О.П. Сепарирование подсырной сыворотки: Обзорная информация. М., 1980. 22 с.
25. Al-Mutwalli Sama A., Dilaver Mehmet, Koseoglu-Imer Derya Y. Performance Evaluation of Ceramic Membrane on Ultrafiltration and Diafiltration Modes for Efficient Recovery of Whey Protein // Journal of Membrane Science and Research. 2020. Vol. 6. P. 138-146. DOI: 10.22079/JMSR.2019.115152.1295
26. Babenyshev Sergey, Mamay Dmitriy, Bratsikhin Andrey, Borisenko Alexandr, Mamay Angelina, Amanova Sholpan. Concentration of cottage cheese whey permeate by nanofiltration // Journal of Hygienic Engineering and Design. 2021. Vol. 33. P. 243-248
27. Babenyshev S., Nesterenko P., Bratsikhin A., Zhidkov V., Mamay D., Maximenko A. Hydrodynamics and mass transfer with gel formation in a roll type ultrafiltration membrane // Foods and Raw Materials. 2018. Vol. 6. N 2. P. 350-357. DOI: 10.21603/2308-4057-2018-2-350-357
28. Chamberland Julien, Benoit Scott, Doyen Alain. Integrating reverse osmosis to reduce water and energy consumption in dairy processing: a predictive analysis for Cheddar cheese manufacturing plants // Journal of Water Process Engineering. 2020. Vol. 38. 101606 DOI: 10.1016/J.JWPE.2020.101606
29. Marx Melanie, Bernauer Simone, Kulozik Ulrich. Manufacturing of reverse osmosis whey concentrates with extended shelf life and high protein nativity // International Dairy Journal. 2018. Vol. 86. P. 57-64. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.06.019

References

1. Volodin D.N., Evdokimov I.A., Kulikova I.K. The ultrafiltration processes in the profitable cheese technology. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry]. 2019, no. 9, pp. 18-20. (In Russian)
2. Gavrilov G.B. *Tekhnologii membrannyh processov pererabotki molochnoj syvorotki i sozdaniya produktov s funkcional'nymi svojstvami: monografiya* [Technologies of membrane processes for processing milk whey and creating products with functional properties: monograph]. M., Publishing house of the Russian Agricultural Academy, 2006, 135 p. (In Russian)
3. Gavrilov G.B., Prosekov A.Yu., Kravchenko E.F., Gavrilov B.G. *Spravochnik po pererabotke molochnoj syvorotki. Tekhnologii, processy i apparaty, membrannoe*

- oborudovanie* [Handbook of whey processing. Technologies, processes and devices, membrane equipment]. Saint-Petersburg, Profession Publ., 2015, 176 p. (In Russian)
4. Gordienko M.G., Baurin D.V., Karetkin B.A., Shakir I.V., Panfilov V.I. *Statisticheskaya obrabotka rezul'tatov passivnogo i aktivnogo eksperimenta v biotekhnologii* [Statistical processing of results of passive and active experiments in biotechnology]. Moscow, D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia Publ., 2015, 108 p. (In Russian)
 5. Dytner'skiy Yu.I. *Obratnyj osmos i ul'trafil'traciya* [Reverse osmosis and ultrafiltration]. Moscow, Chemistry Publ., 1978, 351 p. (In Russian)
 6. Dytner'skiy Yu.I. *Baromembrannyye processy. Teoriya i raschet* [Baromembrane processes. Theory and calculation]. Moscow, Chemistry Publ., 1986, 272 p. (In Russian)
 7. Evdokimov I.A., Volodin D.N., Golovkina M.V., Zolotareva M.S., Topalov V.K., Anisimov S.V., Veziryan A.A., Klepker V.M., Anisimov G.S. Processing of raw milk by membrane methods. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry]. 2012, no. 2, pp. 34-37. (In Russian)
 8. Zhidkov, V.E., Gornostaeva Z.V., Chernysheva Y.S. et al. *Teoreticheskie i metodologicheskie osnovy kachestva i bezopasnosti prodovol'stvennykh tovarov* [Theoretical and methodological bases of quality and safety of food products]. Stavropol, Service school Publ., 2019, 108 p. (In Russian)
 9. Zolotoryova M.S., Topalov M.S. Membrane processes in whey processing technology. *Pererabotka moloka* [Milk processing]. 2014, no. 5, pp. 10-12. (In Russian)
 10. Kocharov R.G., Kagramanov G.G. *Raschet ustanovok membrannogo razdeleniya zhidkih smesey* [Calculation of installations for membrane separation of liquid mixtures]. M., Mendeleev University of Chemical Technology of Russia Publ., 2001, 128 p. (In Russian)
 11. Merkel A.S., Khramtsov A.G., Echer I.I., Evdokimov I.A. Processing of secondary milk raw materials demineralization of milk whey after treatment with reverse osmosis. *Vestnik SKFU* [Vestnik SKFU]. 2015, no. 1, pp. 65-69. (In Russian)
 12. Nesterenko P.G. *Nauchno-tekhnicheskie osnovy tekhnologii sgushchennykh syvorotochnykh koncentratov: dis. ... doktora tekhn. nauk* [Scientific and technical foundations of the technology of condensed whey concentrates. Dissertation of the Dr Technical Sci.]. Moscow, 1994, 229 p. (In Russian)
 13. Pavlov V.A., Mill B.E., Beyukh G.A., Zarodin G.S. *Primenenie metodov obratnogo osmosa i elektrodializa pri poluchenii molochnogo sahara hlorkal'cievogo osazhdeniya. Obzornaya informatsiya* [Application of reverse osmosis and electro dialysis methods in the production of milk sugar by calcium chloride precipitation. Survey information]. Moscow, 1981, 35 p. (In Russian)
 14. Pavlov V.A. *Tekhnologiya molochnogo sahara iz syvorotki termohlorkal'cievogo osazhdeniya: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [The technology of milk sugar from the serum of calcium chloride precipitation. Abstract of the Candidate of Technical Sci.]. Leningrad, 1982, 21 p. (In Russian)
 15. Polyansky K.K. Prospects for the processing of milk and dairy products by reverse osmosis. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii "Innovacionnoe predprinimatel'stvo v cifrovoj ekonomike: opyt regionov", Voronezh, 24-25 aprelya 2020* [Proceedings of the international scientific and practical conference "Innovative entrepreneurship in the digital economy: the experience of the regions", Voronezh, 24-25 April 2020]. Voronezh, 2020, pp. 159-165. (In Russian)
 16. Ponomarev A.N., Klyuchnikov A.I., Polyansky K.K. *Osnovnye napravleniya membrannykh tekhnologiy pri pererabotke molochnoy produkcii: monografiya* [The main directions of membrane technologies in the processing of dairy products: monograph]. Voronezh, 2011, 390 p. (In Russian)
 17. Ponomarev A.N., Melnikova E.I., Stanislavskaya E.B., SamoiloVA V.N. Milk as a raw material for the production of food ingredients. Part 2. Minor components based on fractionation of milk proteins and lipids. *Dairy Industry*, 2021, no. 5, pp. 40-42. (In Russian) DOI: 10.31515/1019-8946-2021-05-40-42
 18. Senkevich T., Riedel K.H. *Molochnaya syvorotka: pererabotka i ispol'zovanie v agropromyshlennom komplekse* [Milk whey: processing and use in the agro-industrial complex]. M., Agropromizdat Publ., 1989, 315 p. (In Russian)

19. Sinelnikov B.M., Khramtsov A.G., Evdokimov I.A., Ryabtseva S.A., Serov A.V. *Laktoza i eyo proizvodnye* [Lactose and its derivatives]. Saint-Petersburg, Profession Publ., 2007, 768 p. (In Russian)
20. Tamim A.I. *Membrannye tekhnologii v proizvodstve napitkov i molochnyh produktov* [Membrane technologies in the production of beverages and dairy products]. Saint-Petersburg, Profession Publ., 2016, 420 p. (In Russian)
21. Khramtsov A.G., Nesterenko P.G. *Tekhnologiya produktov iz molochnoj syvorotki* [Whey products technology]. M., DeLiPrint Publ., 2004, 587 p. (In Russian)
22. Khramtsov A.G. *Fenomen molochnoj syvorotki* [Whey phenomenon]. Saint-Petersburg, Profession Publ., 2011, 804 p. (In Russian)
23. Khramtsov A.G. *Novacii molochnoj syvorotki* [Whey innovations]. Saint-Petersburg, Profession Publ., 2016, 490 p. (In Russian)
24. Chebotarev E.A., Khramtsov A.G., Novikov O.P. *Separirovanie podsyрной syvorotki: obzornaya informatsiya* [Separation of cheese whey: overview information]. M., 1980, 22 p. (In Russian)
25. Al-Mutwalli Sama A., Dilaver Mehmet, Koseoglu-Imer Derya Y. Performance Evaluation of Ceramic Membrane on Ultrafiltration and Diafiltration Modes for Efficient Recovery of Whey Protein. *Journal of Membrane Science and Research*, 2020, no. 6, pp. 138-146. DOI: 10.22079/JMSR.2019.115152.1295
26. Babenyshev Sergey, Mamay Dmitriy, Bratsikhin Andrey, Borisenko Alexandr, Mamay Angelina, Amanova Sholpan. Concentration of cottage cheese whey permeate by nanofiltration. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2021, vol. 33, pp. 243-248
27. Babenyshev S., Nesterenko P., Bratsikhin A., Zhidkov V., Mamay D., Maximenko A. Hydrodynamics and mass transfer with gel formation in a roll type ultrafiltration membrane. *Foods and Raw Materials*, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 350-357. DOI: 10.21603/2308-4057-2018-2-350-357
28. Chamberland Julien, Benoit Scott, Doyen Alain. Integrating reverse osmosis to reduce water and energy consumption in dairy processing: a predictive analysis for Cheddar cheese manufacturing plants. *Journal of Water Process Engineering*, 2020, vol. 38, 101606. DOI: 10.1016/J.JWPE.2020.101606
29. Marx Melanie, Bernauer Simone, Kulozik Ulrich. Manufacturing of reverse osmosis whey concentrates with extended shelf life and high protein nativity. *International Dairy Journal*, 2018, vol. 86, pp. 57-64. DOI: 10.1016/j.idairyj.2018.06.019

Критерии авторства: Андрей Г. Храмцов рассмотрел обратный осмос, как процесс мембранной технологии, проанализировал данные. Автор несет ответственность за плагиат и самоплагиат.

Author contributions: *Andrey G. Khramtsov considered reverse osmosis as a process of membrane technology and analyzed data. Author is responsible for plagiarism and self-plagiarism. Consideration of ultrafiltration as a process of membrane technology.*

Конфликт интересов. Автор заявляет, что никакого конфликта интересов в связи с публикацией данной статьи не существует.

Conflict of interest. *The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.*

ORCID:

Андрей Г. Храмцов / *Andrey G. Khramtsov* <https://orcid.org/0000-0002-5188-4657>

Получено / *Received:* 07-06-2021

Принято после исправлений / *Accepted after corrections:* 25-06-2021