



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО

(12) **Описание изобретения** К МАЛОМУ ПАТЕНТУ

1

(21) 2401963

(22) 29.05.2024

(46) Бюл. 214, 2024

(71) Технологический университет Таджикистана

(72) Мухидинов З.К. (TJ); Икромии Х.И. (TJ);

Мирзозода Г.Х. (TJ); Назаров Ш.А. (TJ); Бобокалонов

Дж.Т. (TJ); Ашуров А.И. (TJ); Нураков Т.Б. (TJ)

(73) Технологический университет Таджикистана

(54) **СПОСОБ ИЗОЛИРОВАНИЕ БЕЛКОВ
МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ
ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(56)

1. Смирнова И. А., Гутков, А. А. Лукин Ю.
Изучение состава молочно-белковых концентратов.
Техника и технология пищевых производств. – 2018.
– № 1 (48). – С. 85-90. doi:10.21603/2074-9414-2018-1-
85-90.

2. Малый патент TJ 1248, 2022, опубл.
01.04.2022.

3. Заявка PCT/FI2010/050843, WO 2011051557,
опубл. 23.06.1994.

4. US 20220330568 A1, опубл. 20.10.2022.

5. Патент RU 2604182, опубл. 11.12.2016.

6. SU 1667912, опубл. 07.08.1991.

(57) Изобретение относится к пищевой промышленности, а именно к способу получения изолята сывороточных белков (ИСБ) их очистки и концентрирования на полупромышленном

2

диаультраfiltrационной (ДУФ) устройстве с тангенциальной подачей раствора и может использоваться для приготовления детских молочных смесей или продуктов, применяемых для профилактики желудочно-кишечных заболеваний.

Технический результат способа достигается тем, что на первом этапе с применением МФ керамических мембран происходит разделения высокомолекулярных белков (казеина и лактоглобулинов) и низкомолекулярных белков МС (иммуноглобулины, альбумина, β -лактоглобулинов и α -лактальбумина) содержащие большое количество лактозы. На втором этапе с применением УФ мембран с пропускающей способности по ММ веществ менее 10 кДа (лактоза и минеральных солей) позволяет варьировать соотношение компонентов сыворотки за счет удержания белков МС и избирательного проникновения лактозы, минералов, воды и соединений с низкой молярной массой.

Способ осуществляется на ДУФ устройстве, включающий мембранный аппарат, линию подачи разделяемого раствора, линии отвода концентрата и фильтрата, и для промывки фильтрующих элементов, отличающийся тем, что содержит, теплообменник, резервуар для воды, линии диаультраfiltrации и насос с тангенциальным потоком.

Изобретение относится к пищевой промышленности, а именно к способу получения изолята сывороточных белков (ИСБ) их очистки и концентрирования на полупромышленном ультрафильтрационном устройстве с тангенциальной подачей раствора и может использоваться для приготовления детских молочных смесей или продуктов, применяемых для профилактики желудочно-кишечных заболеваний.

Проблема использования молочной сыворотки (МС) является актуальной во всем мире. Необходимость переработки МС объясняется не только экономической целесообразностью, но также и проблемой ухудшения состояния окружающей среды.

Дополнительной проблемой, связанной с переработки МС является высокое содержание лактозы, входящей в известные продукты из сыворотки. Общеизвестно, что лактоза вызывает симптомы непереносимости у большого количества взрослого населения в мире. Непереносимость лактозы является следствием нарушения всасывания лактозы и проявляется такими симптомами, как жидкий стул, вздутие живота и боли в желудке, метеоризм.

В настоящее время для селективного концентрирования сывороточных белков МС широко используются различные мембранные методы и их комбинации. Исследования по оптимизации технологических комбинаций мембранных методов обработки для получения сывороточных изолятов с регулируемым белково-углеводными и минеральным составом показали, что ультрафильтрация (УФ) в сочетании с диафильтрацией (ДУФ) является наиболее эффективной и экономичной технологией для обработки МС [1].

Из уровня техники известен «Способ производства глюкозо-галактозного сиропа» при котором технический результат достигается за счет использования пермеата творожного сыворотка, после ультрафильтрации, ее нейтрализации бикарбонатом натрия до значения pH раствора 6.0-6.3 и гидролизом β -галактозидазой (NOLATM Fit 5500, Chr. Hansen, Дания) с активностью 7200 BLU / л¹. Гидролиз проводят при значении pH 6.0-6.3, температуре 40 °C в течение 2-2,5 часов. В процессе гидролиза включены контроль pH и концентрации моносахаридов. По достижению максимального гидролиза лактозы, ферментированный субстрат концентрируют в вакуумном испарителе при 40-60 °C, при остаточном давлении 4-8 кПа. Этим методом получают глюкозо-галактозный сироп с содержанием сухих 65 и 70% от общего количества твердых веществ.

Способ производства глюкозо-галактозного сиропа предусматривает приемку пермеата творожного сыворотки, пастеризацию при температуре 80±5°C в течение 3±1 мин для инактивации микроорганизмов и охлаждение до температуры 40±5°C, нейтрализации до значения pH 6.0-6.3, ферментативный гидролиз лактозы в смеси глюкозу и галактозу до 99% от исходной

концентрации, сгущение до массовой доли сухих веществ до 70%. [2].

Известен также способ выделения сывороточных белков с применением нескольких мембранных технологий, такие как УФ, нанофильтрация и обратный осмос, которые используют для получения свободного от лактозы молочного напитка [3].

Способ производства продукта из сывороточного белка включает подвержение сырья на основе молока микрофильтрации для разделения идеальной сыворотки в качестве пермеата микрофильтрации и концентрата казеина в качестве ретентата микрофильтрации, - подвержение по меньшей мере части пермеата микрофильтрации ультрафильтрации для получения пермеата ультрафильтрации и концентрата сывороточного белка в качестве ретентата ультрафильтрации, - составление продукта сывороточного белка из ретентата ультрафильтрации и содержащего казеин материала таким образом, чтобы обеспечить соотношение сывороточного белка к казеину в соотношении от около 90:10 до около 50:50 и общее содержание белка по меньшей мере 20% в пересчете на сухое вещество, и, при желании, из других ингредиентов [3].

Недостатками данного способа является низкая удельная производительность мембраны, и использование для выделения изолята сывороточного белка (ИСБ) сочетание нескольких мембранных методов.

Согласно другому изобретению «Идеальный концентрат сывороточного белка и кисломолочный продукт» обезжиренное молоко разделяют с помощью полимерных микрофильтрационных (МФ) мембран с пределом отсека по ММ 800 кДа (Synder FR-3A-6338) при 10°C на казеиновую фракцию и сывороточных белков. МФ проводят с коэффициентом концентрации 16.5, чтобы получить идеальный раствор казеина в виде ретентата микрофильтрата. Пермеат МФ, полученный в результате МФ, концентрируют УФ с помощью УФ мембраны с пределом отсека по ММ 10 кДа (Koch HFK-1 31 6438-VYT) и с коэффициентом концентрирования 36 при 10°C, чтобы получить идеальный раствор сыворотки в качестве ретентата УФ. Содержание белка в идеальном сывороточном растворе составляло 9%. Содержание β -казеина составляет около 20% от общего количества белка [4].

Наиболее близким по техническому решению является способ получения белкового концентрата из сыворотки, согласно которому УФ сыворотки осуществляют для очистки от лактозы и воды с использованием керамических мембран с диаметром пор 0,01 мкм при температуре 15°C и давлении 0.3 МПа [5]. На первом этапе концентрат подают на установку МФ с использованием керамических мембран с диаметром пор 0,8 мкм и ведут ее при температуре 15°C и давлении 0.2 МПа, где удаляют значительную часть жира. Полученный раствор белка и лактозы подают на диафильтрацию, при которой используют керамические мембраны с

диаметром пор 0,01 мкм и ведут ее при температуре 15°C и давлении 0,3 МПа, где дополнительным количеством воды вымывают лактозу.

К недостатками данного способа относится многократное повторение УФ, а также снижение ее скорости вследствие низкой температуры УФ и образования слоя отложений на поверхности мембраны и необходимость ее частой регенерации.

Известен устройство для ультрафильтрации [6], который содержит мембранный аппарат, выполненный из последовательно соединенных между собой фильтрующих элементов, представляющих собой ультрафильтры типа БТУ-0,5/2, заключенные в корпус, выполненный в виде трубы с торцовыми крышками для подвода исходной жидкости и отвода концентрата и отверстием в боковой стенке корпуса.

Согласно данной схеме мембранный аппарат соединен на входе с линией подачи исходной жидкости, включающей насос и промежуточную емкость, а на выходе – линией отвода концентрата с вентилем, соединенной с промежуточной емкостью. Отверстия объединены коллектором в линию отвода фильтрата с вентилем на конце. На участке между мембранным аппаратом и вентилем к линии отвода фильтрата подсоединены гидропневматический аккумулятор, на входе потока, в который установлен обратный клапан, а на выходе вибрационный прерыватель, содержащий золотник и упругий элемент с регулировочным винтом. На трубопроводе установлен также манометр для измерения давления в линии отвода фильтрата [6].

Хотя в данном устройстве имеется возможность реализации предлагаемого способа путем УФ, однако оно имеет недостатки: низкая удельная производительность УФ вследствие концентрационной поляризации растворов биополимеров и включение дополнительных оборудования не способных работать длительное время.

Продолжает существовать необходимость в изолирование молочных белков без лактозы и минералов для производства продуктах, не имеющих недостатков по предшествующему уровню техники, а также обладающих полезными свойствами и устройства для его реализации.

Техническим результатом изобретения является разработка технологии получения ИСБ из МС путем использования МФ, УФ и ДУФ на одной установке, которая позволяет одновременно на первой стадии изолировать молочных белков от примеси казеина и очистить сывороточных белков от лактозы на второй.

Техническими задачами изобретений являются выделение изолята белков от лактозы, повышение удельной производительности и цикла работы мембранных аппаратов с использованием ДУФ устройства.

Предлагаемые изобретении способ и устройство относятся к технологическим процессам выделения, очистки и концентрирования МС методом ДУФ с тангенциальным потоком с последующим

выделением изолята белков и могут быть использованы в пищевой промышленности.

ИСБ имеет высокое содержание чистого белка, практически не содержит лактозы, углеводов, жиров и холестерина, включает четыре основные белковые фракции: β -лактоглобулин, α -лактальбумин, бычий сывороточный альбумин и иммуноглобулины, благодаря которым сывороточные белки обладают повышенной растворимостью по сравнению с казеинатом натрия и соевыми белками, зависят от способности связывать воду в соответствии с их физико-химическими свойствами.

Сущность способа заключается в том, что на первом этапе с применением МФ керамических мембран происходит разделение высокомолекулярных белков (казеина и лактоглобулинов) и низкомолекулярных белков МС (иммуноглобулины, альбумина, β -лактоглобулинов и α -лактальбумина) содержащие большое количество лактозы. На втором этапе с применением УФ мембран с пропускающей способности по ММ веществ менее 10 кДа (лактоза и минеральных солей) позволяет варьировать соотношение компонентов сыворотки за счет удержания белков МС и избирательного проникновения лактозы, минералов, воды и соединений с низкой молярной массой.

Диаультрафильтрация (ДУФ) используется для очистки белков, чтобы устранить проблемы, связанные с концентрационной поляризацией и агрегации полимеров на поверхности мембраны, обеспечивая высокую очистку при сохранении рабочих параметров процесса УФ. Также следует отметить, что добавление небольших объемов воды при ДУФ несколько раз более эффективно, чем единовременное фильтрование большого объема.

Кроме того, увеличение рабочей температуры процесса УФ от 15°C до 30°C, по сравнению с прототипом, с целью повышения проницаемости мембран, за счет уменьшения вязкости сывороточных белков, позволяет снижению концентрационной поляризации (агрегации белков) и образование слоя на поверхности мембран. Более того, применение тангенциального потока в процессе ДУФ и УФ также позволяет снизить концентрационную поляризацию и тем самым поддержать постоянную скорость потока фильтрации.

Одним из объектов настоящего изобретения представляет собой способ получения ИСБ на ДУФ установке с уменьшенным содержанием лактозы из образца МС. Вторым объектом настоящего изобретения является изолят белков из МС (или ИСБ), содержащий <0,1% лактозы. Другие объекты данного изобретения могут служить и использование ИСБ и казеина в пищевые, косметические или биотехнологические продукты. Такой подход в процессе обработки МС, или их комбинирования для эффективной экстракции ценных компонентов, создания безотходных циклов обработки при одновременном сокращении энергетических затрат и соблюдении высоких экологических требований может позволить данному изобретению

быть востребованным для производства пищевых продуктов с добавленной стоимостью.

Для достижения технического результата в настоящем изобретении применяется установка диаультраfiltrации (ДУФ), где протекает все процессы выделения ИСБ – МФ, ДУФ и УФ, в которой дополнительно включен резервуар для воды, теплообменник для нагрева ИСБ до температуры 15-30°C.

Установка для ДУФ состоит из резервуар для раствора (1) и резервуара для обессоленной воды (2), соединенные к теплообменнику (3), центробежного насоса с тангенциальной подачи раствора (4), датчики давления линии подачи разделяемого раствора (5) и линии отвода пермеата (фильтрата-10) с расходомерами на обе линии (8 и 9), мембранного модуля (6), представляющий собой трубчатые керамические фильтры с металлическими кожухами. Процесс ДУФ и промывки мембран выполняется отдельным резервуаром (2), присоединенного трехходовым краном (7) к линии ретентата и отвода фильтрата трубопроводом с обратным клапаном и датчикам контроля давления (5). Работа устройства поясняется прилагаемой Фиг. схема УФ-ДУФ установки.

В отличие от устройства УФ, предложенного в прототипе, данная установка выполнена для работы в промышленном масштабе, отличается простотой управлением, надёжностью и долговечности.

Устройство работает следующим образом: разделяемый раствор насосом 4 под давлением (0.16-0.35 МПа) подается из промежуточной емкости 2 в мембранный аппарат 6, в котором происходит разделение раствора на изолят, возвращаемый в промежуточную емкость 2, и фильтрат, отводимый линией 8. Разности давления в мембранном аппарате (на линии ретентате) регулируют вентилем 7 и контролируют манометрами 5 на входе и 10 на выходе.

Процесс получения ИСБ, согласно данному изобретению, выполняется в две стадии.

На первой стадии проводили микроfiltrацию МС с применением керамических мембран. В настоящем изобретении была применена одна керамическая МФ-мембрана из Al_2O_3 с размеров пор 1.4 мкм, рабочая поверхность мембраны 0.362 м² (30.00 х 37 х 1200 см). МФ проводили с коэффициентом концентрации 15.0, чтобы получить идеальный раствор казеина в виде ретентанта. Полученный казеин выделили центрифугированием, который может быть использован как пищевой продукт.

Далее пермеат МФ очищали от лактозы и минеральных веществ ДУФ способом и концентрировали с помощью керамической УФ-мембраны на основе TiO_2 с пределом отсечения по молекулярной массе 10 кДа. Процесс УФ протекает до достижения в емкости 2 заданной концентрации, после чего изолят разбавили добавлением деминерализованной воды, и повторяли цикл ДУФ. В качестве источника деминерализованной воды используют любой аппарат

с модулями для деминерализации с применением нанопористых элементов или установки обратного осмоса.

Согласно одному из вариантов изобретения осуществляют по меньшей мере три стадии диаfiltrацию изолята МС, которые проводятся с использованием трёхкратного разбавления деминерализованной воды на каждый объём изолята МС. Каждая последующая стадия, а именно стадия вышеуказанного способа, состоит в уменьшении максимально возможного количества лактозы в изоляте МС. Полное удаление или частичное уменьшение содержания лактозы может быть осуществлено, путем многократной ДУФ.

Данное изобретение позволяет повысить удельную производительность мембранных аппаратов и упрощает процесс выделения изолята белков МС. Преимущества данного способа выделения ИСБ заключается в том, что процессы МФ, ДУФ и УФ разделяемой МС осуществляется на одной установке, где поток на линии изолята регулируется автоматически с тангенциальным насосом регулировкой с помощью крана в байпасной линии.

Для предотвращения образования слоя отложений на фильтрующих элементах мембранного аппарата вентилем 7 регулируются частоты вихревых потоков разделяемого раствора через мембранный аппарат, поступающего из нагнетательного насоса 4. Мембранный модуль с фильтрующими элементами установлены таким образом, что через линию подачи разделяемого раствора, линией отвода изолята и фильтрата с байпасной линии для промывки мембран фильтрующих элементов, выполненным в виде обратной промывки, присоединенного к линии отвода фильтрата трубопроводом с обратным клапаном, что позволяет без замены модулей провести ее регенерацию.

МС, полученная после диаfiltrации, характеризуется пониженной концентрацией лактозы по сравнению с исходным образцом, затем разбавляется при добавлении растворителя воды, таким образом, получают раствор диаfiltrованной МС с содержанием белков около 150-190 г/л.

Для каждой партии раствора в количестве 50 литров проводили последовательно МФ с последующим ДУФ путем многократного разбавления изолята до исходного объема МС три и более раза до минимального удаления лактозы. После каждой стадии разбавления и концентрирования были анализированы содержание белка, лактозы и общее количество сухих веществ в исходной сыворотке, ретентате и пермеате.

Производительность мембраны J (л/м²·час) рассчитывали по формуле:

$$J = V_r / (S_m^2 \cdot t),$$

где V_r – объём пермеата, л; S_m^2 – площадь мембраны, м²; t – время, час.

Фильтрующие модули с трубчатыми керамическими МФ и УФ модулями позволяющие принимать пульсирующие (турбулентные) потоки, используемые в технологическом процессе

получения конечного продукта в соответствии с настоящим изобретением, являются коммерчески доступными.

Изобретение направлено на получение из вторичных сырьевых ресурсов переработки молока, т.е. МС белковой композиции, обогащенной лактоглобулинами, лактоферрином и иммуноглобулинами, без казеина и лактозы (или с незначительным их содержанием) без введения каких-либо инородных веществ.

Следующие примеры демонстрируют сущность настоящего изобретения.

Пример 1. Пастеризованную МС подают без какой-либо подготовки в керамическую МФ мембрану с диаметром пор 1.4 мкм при температуре 15°C, давлении 0.3 МПа, где происходит отделение пермеата, содержащие сывороточные белки, лактозу и минеральных солей. Производительность МФ мембраны в начале процесса была высокая 27.7 л/м²·ч и затем снизилось до 13.5 л/м²·ч в конце процесса.

Таким образом раствор сывороточных белков в фильтрате МФ мембраны содержащую лактозу и минералов подают на ДУФ с керамической мембраной с пределом отсека по молекулярной массе не менее 10 кДа, рабочая поверхность которой составила 0.286 м². Объем концентрата МС доводили деминерализованной водой до 50 литров. Процесс диафильтрации вели на той же установке при температуре 15°C и давлении 0,3 МПа многократно до достижения минимальной концентрации лактозы в ИСБ менее 0.2%. Результаты измерений параметров сыворотки и УФ стоков по прототипу [6] представлены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, с применением метода прототипа на ДУФ установке с керамическими мембранами со схожими параметрами при указанной температуре 15°C максимальное удаление лактозы (0.27 %) достигается при четырехкратном диализе. Причем, скорость УФ при концентрировании упало от 23.7 до 13.6 л/м²·ч.

Пример 2. Пастеризованную МС в объеме 50 литров подвергают МФ на керамической фильтрационной мембране из Al₂O₃ с диаметром пор 1.4 мкм, производительностью 1200 л/(м²·час) и с рабочей поверхностью 0.362 м². Исходный объем сыворотки 50 литров, pH 4.65, процесс ведут при комнатной температуре 15-25°C и давлении 0.25 МПа. Производительность МФ мембраны в начале процесса была высокой 32.4 л/м²·ч, затем снизилась до 16.5 л/м²·ч в конце процесса. В данном процессе удаляется значительная часть жира.

Далее полученный фильтрат, содержащий лактозу и минеральных веществ, подвергают ДУФ на установке с керамической мембраной на основе TiO₂, с рабочей поверхностью 0.286 м². Объем концентрата МС доводят деминерализованной водой до 50 литров. Полученный раствор белка и лактозы подают на диафильтрацию, осуществляемую на установке с керамическими мембранами с диаметром пор 0,01 мкм, где дополнительным количеством воды вымывают лактозу. Процесс диафильтрации ведут многократно, разбавляя концентрат водой при

температуре 25-30°C и давлении 0,3 МПа до достижения минимальной концентрации лактозы в ИСБ менее 0.2%. Результаты измерений параметров сыворотки и УФ стоков по настоящему изобретению представлены в таблице 2.

Полученные результаты по данному примеру превосходят как по кратности ДУФ, так и по содержанию лактозы в ИСБ таковыми полученными в примере 1. Из полученных результатов (таблица 2) видно, что с применением метода предложенной в настоящем изобретении, т.е. с повышением температуры процесса диализа производительность УФ-мембраны увеличивается, эффективность процесса разделение лактозы от сывороточных белков заметно возрастает. В отличие от способа прототипа максимальное удаление лактозы с минимальной ее концентрации 0.18 % удалось достичь при трехкратном диализе. Причем, спад скорости УФ при концентрировании было также отличным от прототипа и составило от 28.5 до 18.6 л/м²·ч.

Пример 3. Пастеризованную МС подают на МФ-мембрану как в примере 2. Полученный раствор белка с лактозы и минеральных веществ подают на диафильтрацию, при тех же условиях как в примере 2. В отличие от примера 2, процесс диафильтрации ведут также многократно, но при температуре 30-35°C и давлении 0,3 МПа до достижения минимальной концентрации лактозы в ИСБ менее 0.2%. Результаты измерений параметров сыворотки и УФ стоков по настоящему изобретению представлены в табл. 3.

Полученные результаты по данному примеру несколько превосходят результатам примера 1 как по кратности ДУФ, так и по содержанию лактозы в ИСБ, но уступают результатам примера 2 по кратности ДУФ и производительности мембран. Из полученных результатов (таблица 3) видно, что с применением метода предложенной в настоящем изобретении, т.е. с повышением температуры до 30°C процесса диализа эффективность процесса разделение лактозы от сывороточных белков несколько возросла. В отличие от способа по примеру 2 при трехкратном ДУФ минимально допустимая концентрация лактозы в составе концентрата достигло всего 0.35%, что потребовалось проведение дополнительного процесса ДУФ. Причем, скорость УФ при концентрировании было также отличным от прототипа и составило от 24.3 до 14.2 л/м²·ч, хотя эти данные несколько уступают результатам, полученные в примере 2.

Таким образом использование эффективного способа выделения ИСБ в сочетании с ДУФ устройством по данному изобретению (пример 2) позволяет получения продуктов с минимальным содержанием лактозы. В свою очередь ИСБ предназначено для применения в специализированных продуктах питания и препаратов, обогащенных иммуноглобулинами, лактоферрином (молозива) с пониженным содержанием лактозы и казеина, характеризующихся антивирусной и антибактериальной активностью. Получаемые продукты могут быть использованы в жидком, концентрированном или

лиофильно высушенном виде, а также в качестве добавки в составе функциональных продуктов или препаратов для профилактики, а также в комплексной терапии инфекционных заболеваний различной этиологии, снижения воспалительных и аллергических реакций, профилактики астматического статуса, укрепления иммунной

системы. Особенно актуально использование получаемого белкового продукта на основе лактоферрина, обогащенного иммуноглобулинами, для профилактики и в комплексной терапии при лечении COVID-19.

Формула изобретения

1. Способ изолирования белков молочной сыворотки заключающийся в микрофльтрации сыворотки на керамических мембранах для разделения казеина и жира, ультрафльтрации сывороточных белков для очистки от лактозы, минеральных веществ и воды, диафльтрации на керамических мембранах, пропускающих вещества с молекулярным весом 10 кДа при температуре 15°-30°С, и давлении 0.2-0.3 МПа до минимального удаления лактозы, концентрирование сывороточные белки на этой же мембране с получением изолята сывороточных белков, имеющих концентрацию примерно 180-190 г/л, **отличающийся тем, что** процесс выделения изолята сывороточных белков осуществляют на устройстве диаультрафльтрации

(ДУФ), снабженной насосом с тангенциальным потоком для снижения уровня отложения на мембране и ее частой регенерации.

2. Устройство для изолирования белков молочной сыворотки, включающий мембранный аппарат, линию подачи разделяемого раствора, линии отвода концентрата и фильтрата, и средство для промывки фильтрующих элементов, **отличающийся тем, что** содержит, теплообменник, дополнительный резервуар для воды, линии диаультрафльтрации и насос с тангенциальным потоком.

Таблица 1. Содержание белка, лактозы и производительность УФ-мембраны в процессе ДУФ выделения концентрата белков по прототипу на УФ-мембране

Образец пермеата	Объем МС, л	Количество белка, %	Количество лактозы, %	Производительность, л/м ² ·час
Сыворотка исходная	50.0	0.89	4.50	
Ретентата 1	17.5	5.60	2.02	23.7
Пермеат 1	32.5	0.23	3.98	
Ретентата 2	15.4	8.20	1.87	16.6
Пермеат 2	34.6	0.23	2.13	
Ретентата 3	8.2	15.60	0.82	15.6
Пермеат 3	41.8	0.11	1.08	
Ретентата 4	6.6	16.30	0.27	12.6
Пермеат 4	43.8	0.07	0.78	

Таблица 2. Содержание белка, лактозы и производительность УФ-мембраны в процессе ДУФ выделения концентрата белков на УФ-мембране

Образец пермеата	Объем МС, л	Количество белка, %	Количество лактозы, %	Производительность, л/м ² ·час
Сыворотка исходная	50.0	0.89	4.50	
Ретентата 1	15.2	6.30	2.43	28.5
Пермеат 1	34.7	0.53	3.48	
Ретентата 2	15.0	8.20	1.07	23.6
Пермеат 2	34.9	0.33	2.09	
Ретентата 3	5.3	18.80	0.18	18.6
Пермеат 3	44.6	0.08	1.08	

