

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗЛАКТОЗНОГО МОЛОКА

И.М. Донник, д-р биол. наук, проф., акад. РАН, зав. кафедрой, почетный работник высшего образования Российской Федерации, помощник президента Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»¹;

С.Г. Майзель, д-р техн. наук, проф., директор; Н.В. Бурачевский²

(¹кафедра «Инфекционной и незаразной патологии» Уральского ГАУ;

² ИИ агроэкономического развития Уральского ГАУ)

DOI: 10.33465/2222-5455-2024-9-46-49

Исследование направлено на решение задачи, связанной с разработкой технологии получения экологически чистого продукта животного происхождения – безлактозного молока. Это позволит решить проблему потребления молока и молочных продуктов людьми, не переносящими молочный сахар по физиологическим причинам. Анализируя, на основании литературного обзора, современное состояние вопроса производства безлактозного молока, можно сделать вывод о том, что существующие технологии имеют определенные недостатки, обусловленные изменением состава исходного продукта или существенной сложностью технологической цепочки.

Предлагаемая разработка основана на методе диафильтрации молока, состоящем из нескольких повторяющихся циклов. Цикл заключается в разделении молока процессом ультрафильтрации на пермеат (водный раствор лактозы) и концентрат (белки, жир, остатки лактозы). Затем в концентрат добавляется чистая вода в объеме, равном объему отведенного пермеата. Для научно обоснованного подхода к разработке предлагаемой технологии необходимо провести исследование ультрафильтрационного разделения молока, получить оптимальные режимные параметры процесса, определить изменение проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы, рассмотреть возможность получения безлактозного молока с разной массовой долей жира (м. д. ж.), определить количество циклов мембранного процесса диафильтрации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование процесса ультрафильтрационного разделения молока проводилось в лабораторных условиях на мембранной установке с использованием органических и неорганических мембран. В экспериментах определялись основные характеристики ультрафильтрационных мембран – проницаемость и селективность, при изменяющихся параметрах (диапазон параметров: $P = 0,15-0,5$ МПа, $t = 35-65$ °С). На основе полученных экспериментальных данных, путем их обработки и оптимизации параметров, были получены оптимальные режимы процесса разделения молока ультрафильтрацией. Определены следующие параметры: скорость продукта в надмембранном пространстве, рабочее давление процесса разделения, его температура. Отобраны предпо-

Ключевые слова: лактоза, безлактозное молоко, ультрафильтрация, диафильтрация, органические мембраны, неорганические мембраны, селективность, проницаемость.

читательные ультрафильтрационные мембраны для системы «мембрана–молоко». Для разработки технологии получения безлактозного молока проведен ряд исследований и экспериментов, таких как изменение проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы, получение безлактозного молока с разной м. д. ж., определено количество циклов мембранного процесса диафильтрации.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Известно, что молоко и молочные продукты играют важную роль в полноценном питании человека. Достаточно большое количество людей имеют непереносимость молочного сахара – лактозы и, соответственно, не могут употреблять молоко и продукты, содержащие молоко. Неспособность употреблять молочные продукты может негативно сказаться на здоровье человека, ведь по количеству содержащихся в молоке полезных для организма веществ аналогов оно не имеет. В молоке содержится около сотни различных компонентов – более 20 видов аминокислот, 25 жирных кислот, 30 минеральных солей и 20 видов различных витаминов. Очень важны для здоровья молочные ферменты. Среди них особенно выделяются гидролизующие: галактаза и лактаза, липаза и фосфатаза, а также комплекс ферментов окислительно-восстановительных.

Основные компоненты молока – молочный жир, белки и лактоза. В зависимости от различных факторов (условия содержания, рацион и т.д.) количество молочного

жира в цельном молоке может составлять от 2,9 до 4,2 % (масс.), количество белков от 2,85 до 4,55 % (масс.), количество лактозы от 3,8 до 5,4 % (масс.). Как видно из состава основных компонентов молока, лактоза имеет достаточно весомую составляющую, приводящую к появлению специфической сладости продукта. Полезность лактозы несомненна, но она не может конкурировать по ценности с аминокислотами (среди которых есть и незаменимые) и минеральными солями, содержащимися в коровьем молоке. Для полноценного питания человек должен получать с пищей полезные компоненты молока, такие как молочные белки, содержащие целый спектр аминокислот.

Так как некоторые группы населения страдают непереносимостью лактозы, это приводит к невозможности употребления молока и, соответственно, к обеднению рациона питания ценными компонентами. Медицина объясняет непереносимость лактозы человеком тем, что у данной группы населения в организме недостаточно фермента, который расщепляет лактозу на две составляющие – глюкозу и галактозу. Фермент этот – лактаза, к сожалению, вырабатывается не у всех людей. Во всем мире известна данная проблема, в некоторых странах практически все население неспособно употреблять молоко в качестве продукта (страны Южной Америки и Африки). В России примерно 20 % взрослого населения не переносят лактозу [1–8]. Это очень большая группа населения, поэтому проблема обеспечения людей полноценными молочными продуктами является очень значимой.

Решением обозначенной выше проблемы может стать разработка технологии получения безлактозного молока. Безлактозным считается молоко, у которого содержание лактозы менее 0,01 % (масс.) [7]. Как снизить содержание лактозы в молоке? Анализ этого вопроса показал, что в настоящее время в мире используют для этих целей три метода [2, 4–12]. Первый заключается в сквашивании молока (метод подобен технологиям производства кисломолочных продуктов), при этом конечный продукт по многим показателям отличается от молока. Второй метод основан на расщеплении лактозы в молоке с помощью ферментов, при этом существенно повышается сладость конечного продукта. К тому же редко удается снизить концентрацию лактозы ниже 1 % (масс.) (это так называемое низколактозное молоко). Третий, наиболее совершенный метод, разработан компанией Valio (Финляндия). Он состоит из комбинации баромембранного разделения молока и расщепления лактозы в молоке с помощью ферментов.

Рынок безлактозной молочной продукции в России сократился в 2014 г. после ввода продовольственного эмбарго, под которое попали многие виды сельскохозяйственной продукции [14–15, 17–20]. До эмбарго главным поставщиком безлактозной продукции была финская компания Valio. Что же касается собственного производства, то на сегодняшний день рынок безлактозного молока в России крайне мал и составляет не более 0,1 % от общего объема реализуемого молока. И хотя запрет подтолкнул некоторые компании на развитие собственного производства, до полного импортозамещения еще

далек, и на сегодняшний день безлактозные продукты занимают менее 1 % от всего молочного рынка страны. В основном в нашей стране производится низколактозное молоко, которое получается за счет расщепления лактозы ферментами.

Целью настоящей работы явилось исследование процесса ультрафильтрации, являющегося основным в технологии получения безлактозного молока. Технология основана на методе диафильтрации. Метод диафильтрации заключается в следующем: в процессе ультрафильтрации из молока отводится определенная часть воды и лактозы в виде пермеата, а полученный концентрат разбавляется чистой водой. Данный процесс циклически повторяется до заданного содержания лактозы. На наш взгляд, предлагаемая технология позволит получать экологически чистый продукт, практически не содержащий лактозы, идентичный по физико-химическим и органолептическим свойствам натуральному молоку. Необходимо отметить и то, что производимый продукт будет значительно дешевле имеющихся на сегодняшний день аналогов.

С целью научно обоснованного подхода к разработке предлагаемой технологии необходимо провести исследование процесса ультрафильтрационного разделения молока при различных изменяющихся параметрах. Это позволит определить необходимые режимы осуществления процессов получения безлактозного молока. Для этого в данной работе поставлены следующие задачи:

- разработать оптимальные режимы осуществления процесса ультрафильтрации;
- исследовать изменение проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы;
- рассмотреть возможность получения безлактозного молока с разной м. д. ж.;
- определить количество циклов мембранного процесса диафильтрации.

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения экспериментов в качестве объекта исследований было принято молоко по ГОСТ Р 53503-2009 молоко обезжиренное – сырье (табл. 1). Для осуществления каждой серии экспериментов отбиралась партия молока в объеме 10 л. И в экспериментах изменялись следующие параметры процесса ультрафильтрации: скорость течения молока в надмембранном пространстве – в диапазоне от 0,5 до 4,0 м/с; рабочее давление – в диапазоне 0,15–0,5 МПа; температура – в диапазоне $t = 35–65$ °С.

Исследования осуществлялись в соответствии со следующими нормативными документами: ГОСТ 26809.1-2014

Таблица 1. Физико-химические характеристики обезжиренного молока (средние значения)

Параметры	Молоко
Белок общий, % (масс.)	3,15±0,04
Лактоза, % (масс.)	4,55±0,02
Жир, % (масс.)	0,15±0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,85±0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,70±0,03
Кислотность, °Т	17,95±0,15

«Межгосударственный стандарт. Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу»; ГОСТ Р 54668-2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли влаги и сухого вещества»; ГОСТ 25179-90 «Молоко. Методы определения белка»; ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира»; ГОСТ Р 51259-99 «Молоко и молочные продукты. Метод определения лактозы и галактозы»; ГОСТ 3624-92 «Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности».

Исследование процесса ультрафильтрации проводилось на лабораторной установке (рис. 1). В экспериментах использовались как органические, так и неорганические мембраны. Органические – листовые полисульфонамидные УПМ-20, УПМ-50М. Неорганические – трубчатые одноканальные керамические КУФЭ (0,01 и 0,02), ТАМ1 (15и 50 kD). Мембраны характеризуются «отсечками» по молекулярной массе от 10 до 100 кДа. Применяемые в установке мембранные элементы с площадью селективного слоя 0,0055 м² (55 см²) по своим функциональным свойствам полностью аналогичны промышленным мембранным элементам с площадью селективного слоя около 0,5 м², таким образом, являются показательными как с точки зрения качества разделения, так и производительности мембраны. В установке возможно проводить исследование с двумя различными мембранными элементами. В циркуляционный контур установки входит бак-накопитель объемом 15 л. Используемая сталь трубопроводов, насосов, запорной арматуры – 316 L(S). Применяемые мембранные элементы – химически стойкие во всем диапазоне pH (от 0 до 14), что позволяет осуществлять быструю мойку химическими реагентами без опасения нарушить селективный слой мембраны. Селективный слой мембранных элементов получен с помощью технологий, обеспечивающих малый разброс размеров пор (не более ±10 %),

что гарантирует качество разделения. Система уплотнений мембранных элементов обеспечивает герметизацию не торца мембраны, а края боковой наружной поверхности, что гарантирует разделение исходного продукта, концентрата и пермеата. Применяемый в установке циркуляционный насос предназначен для перекачивания сред с различной вязкостью. Максимальное трансмембранное давление в установке – до 0,8 МПа. Температура исследуемого процесса – до 100 °С.

В установке осуществляется разделение исследуемого молока в мембранной ячейке на два потока – поток, прошедший через мембрану (пермеат), и поток, оставшийся над мембраной (концентрат). Пермеат собирается в специальную емкость. Концентрат собирается в бак-накопитель.

В экспериментах определялись две основные характеристики ультрафильтрационных мембран – проницаемость (G) и селективность (φ) в процессе разделения молока при различных режимных параметрах. Проницаемость мембран G (дм³/м²ч) рассчитывалась по уравнению

$$G = Q_{\text{п}} / (S_{\text{т}}),$$

где Q_п – объем пермеата, собранный за 1 ч, дм³; S – площадь поверхности мембраны, м²; τ – время процесса разделения, ч.

Селективность мембран φ (%) по белкам рассчитывалась по уравнению

$$\phi = 1 - x_{\text{п}} / x_{\text{о}},$$

где x_п – концентрация пермеата; x_о – концентрация молока над мембраной.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При проведении экспериментов с ультрафильтрационными мембранами необходимо учитывать гидродинамические условия в надмембранном пространстве, т.к. процесс разделения сопряжен с заметным влиянием концентрационной поляризации. Проведенные нами эксперименты показали, что при малых значениях u (≤ 0,25 м/с) проницаемость всех типов исследуемых мембран очень низкая (G ≤ 0,5–5 дм³/м²ч). По-видимому, это можно объяснить тем, что высокая концентрация белков у поверхности мембраны приводит к образованию труднопроницаемого слоя. Этот эффект наиболее ярко проявляется у неорганических мембран, т.к. они имеют большую производительность по сравнению с органическими. Чтобы преодолеть сопротивление труднопроницаемого слоя, необходимо увеличивать скорости течения молока над мембраной (u). Проницаемость выходит на «рабочий» уровень при достижении следующих значений: u ≥ 0,5 м/с для мембран серии УПМ и ТАМ1 15 kD; u ≥ 1,0 м/с для мембран серии КУФЭ и ТАМ1 50 kD. Стабилизация проницаемости, как видно из графика зависимости G(u), достигается при u ≥ 2,0–3,0 м/с (рис. 2). Чтобы избежать влияния концентрационной поляризации при проведении исследований, значение u поддерживалось в пределах 3,0–3,5 м/с.

Эксперименты, направленные на исследование влияния внешних факторов, таких как давление, температура и концентрация, на основные характеристики мембран, проводились с целью выработки научного подхода

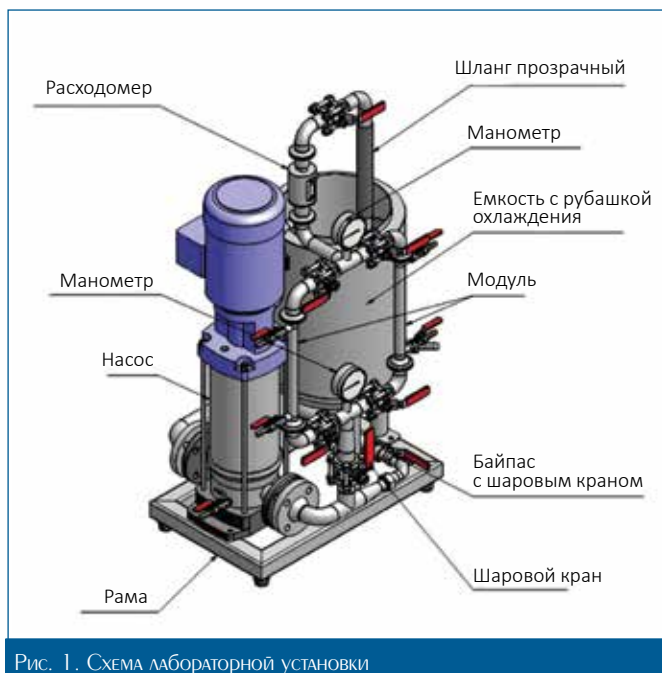


Рис. 1. СХЕМА лабораторной установки

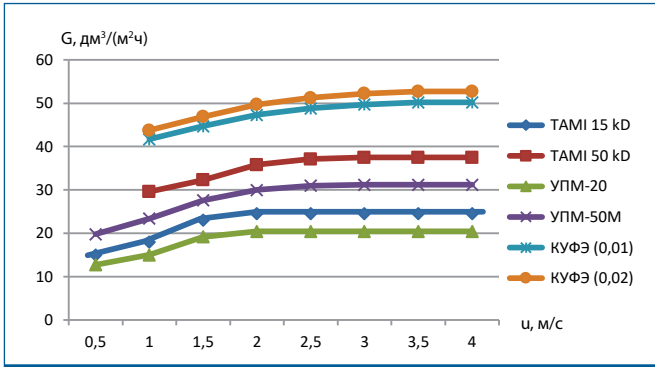


Рис. 2. Зависимость проницаемости мембран от скорости течения молока над мембраной

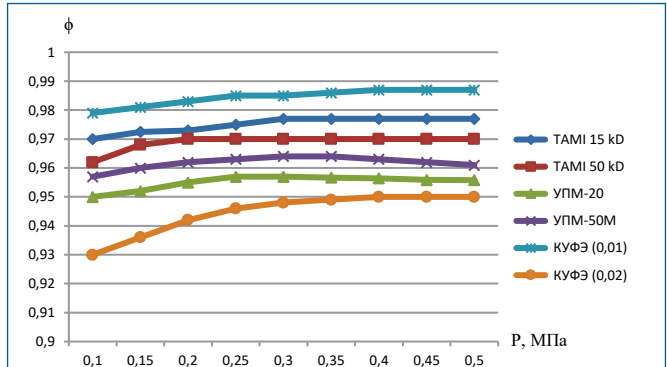


Рис. 4. Зависимость селективности мембран по белкам от давления

к определению оптимальных условий процесса ультрафильтрационного разделения молока.

Влияние рабочего давления на селективность и проницаемость мембран приведено на рис. 3 и 4. Как видно из графика (рис. 3), проницаемость имеет более высокие значения у керамических мембран. К тому же характер зависимости $G(P)$ для этих мембран имеет тенденцию к росту во всем диапазоне давления. Чего не скажешь о полимерных мембранах, у которых проницаемость даже падает при значениях давления больше 0,40–0,45 МПа.

Эксперименты по определению влияния температуры на характеристики мембран (рис. 5, 6) проводились с двумя типами мембран – КУФЭ (0,01) и ТАМІ 50 кД, которые были отобраны с учетом вышеприведенных результатов. С целью исследования процесса ультрафильтрации в течение производственного цикла в данном исследовании были использованы образцы молока с разной концентрацией (1–8,5 % СВ, 2–12 % СВ, 3–16,5 % СВ, 4–20 % СВ), что соответствует исходной концентрации молока и концентрации молока

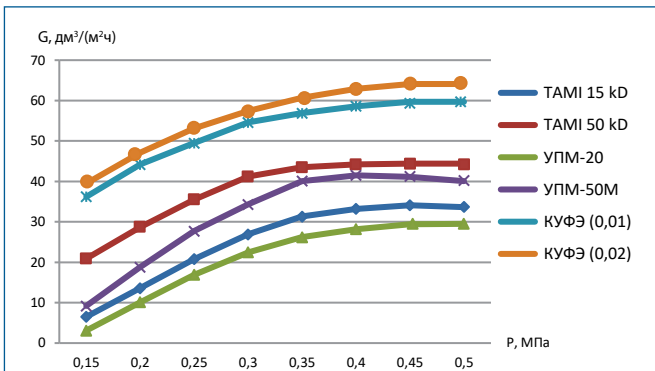


Рис. 3. Зависимость проницаемости мембран от давления

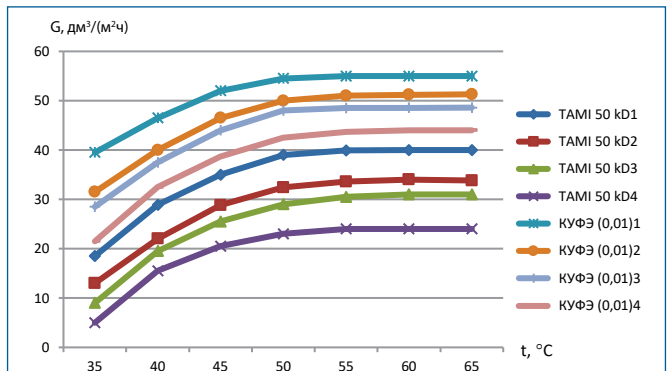


Рис. 5. Зависимость проницаемости мембран от температуры

Зависимость $\phi(P)$ (рис. 4) показала, что селективность ультрафильтрационных мембран изменяется при разных значениях рабочего давления. Наиболее ярко эти изменения проявляются в области давления от 0,10 до 0,25 МПа. У органических мембран максимальную селективность имеет мембрана УПМ-50М – $\phi = 0,964$, у мембраны УПМ-20 – $\phi = 0,957$. У неорганических мембран максимальную селективность имеет мембрана КУФЭ (0,01) $\phi = 0,987$, у мембраны КУФЭ (0,02) селективность заметно ниже – $\phi = 0,950$. У мембран ТАМІ 15 кД – $\phi = 0,977$, ТАМІ 50 кД – $\phi = 0,970$. Такая зависимость $\phi(P)$ может быть объяснена диффузией белков через поры мембраны при значениях рабочего давления от 0,10 до 0,25 МПа. При давлении выше 0,25 МПа снижение селективности органических мембран объясняется их менее жесткой структурой.

Анализ зависимостей $G(P)$ и $\phi(P)$ показал, что для процесса ультрафильтрации и диафильтрации молока рабочее давление необходимо поддерживать в диапазоне 0,3–0,35 МПа.

в процессе диафильтрации. Партии молока разной концентрации получали предварительным разделением исходного молока процессом ультрафильтрации, отводя пермеат до необходимого значения концентрации растворенных веществ.

Исследования показали, что зависимость $G(t)$ имеет нелинейный характер и тенденцию к увеличению проницаемости в определенном интервале температуры. Температурный интервал практически не зависит от типа мембраны, определяющее влияние оказывает концентрация молока. Чем выше концентрация, тем больше интервал температуры, в котором происходит увеличение проницаемости (35–50 °С для $C = 8,5\%$ СВ и 35–60 °С для $C = 20\%$ СВ). Дальнейшее увеличение температуры не приводит к заметному увеличению проницаемости мембран. Чтобы объяснить характер зависимости $G(t)$, проанализируем явления, происходящие в надмембранном и внутримембранном пространствах, при ультрафильтрационном разделении молока (рис. 5).

(Продолжение с. 68)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗЛАКТОЗНОГО МОЛОКА

(Окончание. Начало на с. 46)

При повышении температуры снижается вязкость молока. Это приводит к увеличению коэффициента диффузии высокомолекулярных веществ (белков) в надмембранном слое. При этом концентрация в надмембранном слое приближается к объемной концентрации. Все это приводит к снижению концентрационной поляризации и повышению проницаемости мембран.

В интервале температуры 35–53 °С селективность остается постоянной и имеет высокое значение (0,989–0,985). Дальнейшее повышение температуры сопровождается снижением селективности. Селективность мембраны снижается на 2,5–4,5 % при достижении температуры 75 °С. Большое влияние на зависимость $\phi(t)$ оказывает концентрация белковой фазы в молоке (рис. 6). На наш взгляд, этот эффект можно объяснить деформацией молекул с большой массой [16] и их проникновением в поры мембраны.

Исследование процесса ультрафильтрационного разделения молока, проведенное в данной работе, позволило определить оптимальные режимные параметры процесса: скорость потока молока над мембраной $u \geq 3,0$ м/с; рабочее давление $P = 0,35$ МПа; температура процесса $t = 45–55$ °С; предпочтительные мембраны КУФЭ (0,01) и ТАМИ – 50 кД.

Так как концентрация лактозы в молоке в процессе ди-

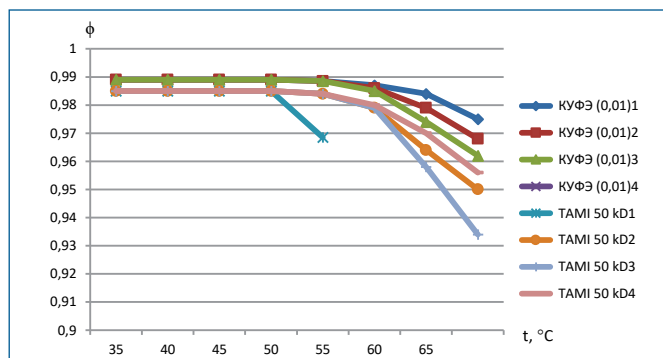


Рис. 6. Зависимость селективности мембран от температуры

афильтрации постоянно снижается, представляет интерес исследование изменения проницаемости и селективности мембран от концентрации лактозы. Знание этой закономерности позволит научно обоснованно проектировать промышленные мембранные установки для производства безлактозного молока. Полученная в результате экспериментов зависимость проницаемости от концентрации лактозы в молоке приведена на рис. 7. Как видно из графика, проницаемость мембран существенно зависит от концентрации лактозы в молоке. Так, при концентрации, близкой к нормативу для безлактоз-

ного молока ($\leq 0,01$ % масс.), проницаемость достигает значения 45–55 $\text{дм}^3/(\text{м}^2\text{ч})$, это на 30–35 % больше, чем проницаемость при исходном содержании лактозы в молоке (4,65 % масс.).

Зависимость селективности от концентрации лактозы в молоке приведена на рис. 8. Наблюдается небольшое снижение селективности при увеличении концентрации лактозы, но этот фактор может не учитываться, так как имеет ничтожно малое значение.

Безлактозное молоко, потребляемое человеком, может иметь разное содержание жира (м. д. ж.). Исследование, направленное на то, чтобы определить рациональный

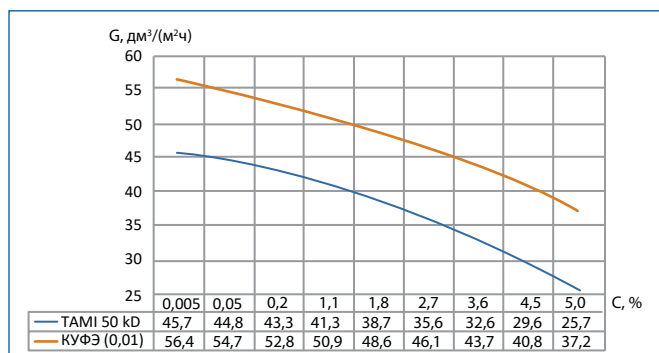


Рис. 7. Зависимость проницаемости мембран от концентрации лактозы в молоке

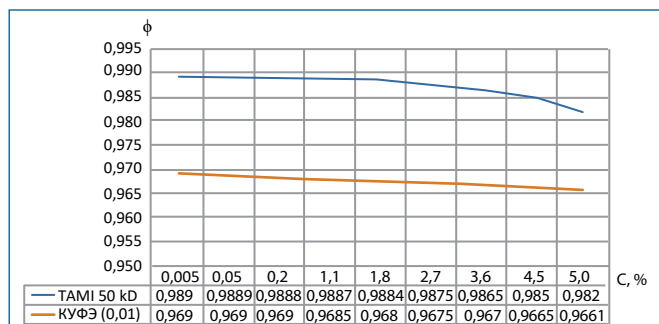


Рис. 8. Зависимость селективности мембран от концентрации лактозы в молоке

подход к методу производства безлактозного молока с разной м. д. ж., также имеет определенный интерес. Так как мембраны полностью задерживают молочный жир, можно предположить, что получить безлактозное молоко можно не только из обезжиренного молока, а также из молока с м. д. ж. $> 0,1$ % масс. Результаты исследования приведены на рис. 9. При м. д. ж. 3,5–4,5 % (цельное молоко) проницаемость мембран имеет значения примерно на 50 % меньше, чем для обезжиренного молока. Это можно объяснить образованием слоя жира а поверхности мембраны, что существенно снижает

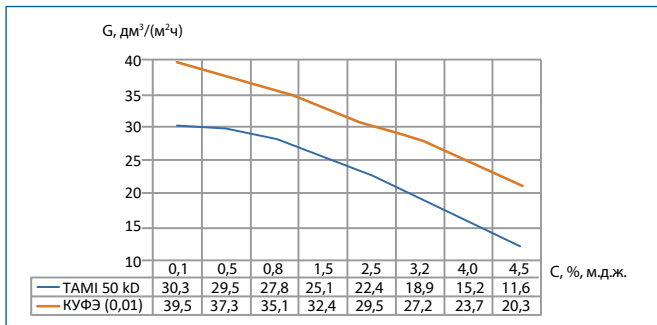


Рис. 9. Зависимость проницаемости мембран от м.д.ж. в молоке

ее проницаемость. Отсюда можно сделать вывод о том, что рационально получать безлактозное молоко из обезжиренного молока. Безлактозное молоко с разной м. д. ж. целесообразно получать нормализацией обезжиренного безлактозного молока высокожирными сливками.

Лабораторные исследования с обезжиренным молоком показали, что снизить содержание лактозы в молоке до значений, соответствующих регламенту, возможно при шестикратном проведении процесса диафильтрации (табл. 2).

Исследование процесса разделения молока, проведенное в данной работе, позволило определить оптимальные режимные параметры процесса диафильтрации молока:

1. Скорость потока молока над мембраной $u \geq 3,0$ м/с;
2. Рабочее давление $P = 0,35$ МПа;

Таблица 2. Физико-химические показатели молока (средние значения)

Параметры	Исходное молоко	Молоко после диафильтрации
Белок общий, % (масс.)	3,05±0,04	3,05±0,04
Лактоза, % (масс.)	4,65±0,02	≤ 0,008±0,002
Жир, % (масс.)	0,1±0,02	0,1±0,02
Минеральные вещества, % (масс.)	0,82±0,05	0,82±0,05
Сухие вещества, % (масс.)	8,57±0,03	3,93±0,03
Кислотность, °Т	17,5±0,15	18,0±0,15

3. Температура процесса $t = 45-55$ °С;
4. Мембраны КУФЭ (0,01) и TAM1 – 50 kD;
5. Степень концентрирования молока на каждой стадии диафильтрации – 3;
6. Количество стадий диафильтрации – 6;
7. Коэффициент площади мембранной поверхности на каждой стадии диафильтрации (начиная с первой): 1,0; 0,94; 0,86; 0,79; 0,72; 0,65;
8. Исходный продукт – обезжиренное молоко.

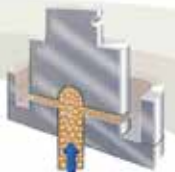
ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Для разработки технологии получения безлактозного молока проведен ряд исследований и экспериментов. Предлагаемая разработка основана на методе диафильтрации молока, состоящем из нескольких повторяющихся циклов. Цикл заключается в разделении молока



ТЕХНОЛОГИЯ

производство оборудования для пищевой промышленности



Наша компания поставляет сепараторы:

- сливоотделитель
- молоко очиститель
- для высокожирных сливок

с производительностью: от 500 до 20 000 л/ч.

для управления сепаратором используется собственное программное обеспечение



процессом ультрафильтрации на пермеат (водный раствор лактозы) и концентрат (белки, жир, остатки лактозы). Затем в концентрат добавляется чистая вода в объеме, равном объему отведенного пермеата.

Для научно обоснованного подхода к разработке предлагаемой технологии проведено исследование ультрафильтрационного разделения молока, получены оптимальные режимные параметры процесса: скорость потока молока над мембраной $\geq 3,0$ м/с; рабочее давление $P = 0,35$ МПа; температура процесса $t = 45-55$ °С; предпочтительные мембраны КУФЭ (0,01) и ТАМІ – 50 кД.

Исследовано изменение проницаемости и селективности мембран в зависимости от концентрации лактозы, так как концентрация ее в молоке в процессе диафильтрации постоянно снижается. Получено: степень концентрирования молока на каждой стадии диафильтрации равна 3, количество стадий диафильтрации – 6, коэффициент площади мембранной поверхности на каждой стадии диафильтрации (начиная с первой) – 1,0; 0,94; 0,86; 0,79; 0,72; 0,65. Знание этой закономерности позволит научно обоснованно проектировать промышленные мембранные установки для производства безлактозного молока.

Результаты исследования, направленные на то, чтобы определить рациональный подход к методу производства безлактозного молока с разной м. д. ж., показали, что проницаемость мембран очень сильно зависит от м. д. ж. в молоке. При м.д.ж. 3,5–4,5 % (цельное молоко) проницаемость мембран имеет значения примерно на 50 % меньше, чем для обезжиренного молока. Это можно объяснить образованием слоя жира на поверхности мембраны, что существенно снижает ее проницаемость. Нами сделан вывод о том, что рационально получать безлактозное молоко из обезжиренного молока. Безлактозное молоко с разной м. д. ж. целесообразно получать нормализацией обезжиренного безлактозного молока высокожирными сливками.

Полученные в данной работе результаты, на наш взгляд, вносят определенный вклад в развитие мембранных процессов и могут служить основой применительно к разработке технологии получения экологически чистого продукта питания животного происхождения – безлактозного молока. ●

Литература:

1. Газдиева М.Х. Непереносимость лактозы и безлактозное молоко / М.Х. Газдиева, О.В.Зинина // Актуальные проблемы развития агропромышленного комплекса России : Сборник тезисов, подготовленный в рамках круглого стола. – 2022. – С. 11–13.
2. Тимкин В.А. Эффективный способ производства безлактозного молока / В.А. Тимкин, П.С.Минин // От импортозамещения к экспортному потенциалу: научное обеспечение инновационного развития животноводства и биотехнологий : сборник статей. – 2021. – С. 224–225.
3. Калугина Д.Н. Оценка белкового состава как критерия хранимоспособности безлактозного молока / Д.Н. Калугина, Н.А. Жижин // Молочная промышленность. – 2022. – № 2. – С. 19–21.
4. Алибеков Р.С. Лактозная непереносимость и безлактозное молоко / Р.С. Алибеков, О.Ю.Овчинникова // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2019. – № 1 (37).
5. Савихина О.М. Технология производства безлактозного молока / О.М. Савихина // Молодежь и наука. – 2020. – № 2. – С. 47.
6. Potoroko I.Yu., Kadi A.M.Y., Wang Minglei, He Mingfeng, Zhang Ying, Chen Xinyue, ChnaoTianyuan DEVELOPMENT OF YOGURT BASED ON LACTOSE-FREE MILK WITH A FUNCTIONAL BIOACTIVE COMPOUND Bulletin of the South Ural State University. Series: Foodand Biotechnology. – 2023. – Т. 11. – № 2. – С. 57–64.
7. Тимкин В.А. Некоторые аспекты разработки технологии безлактозного молока с применением баромембранных процессов / В.А. Тимкин, Л.А. Новопашин, П.С. Минин // Научно-технический вестник: Технические системы в АПК. – 2020. – № 3 (8). – С. 53–62.
8. Способ производства безлактозного молока / А.В.Замбрини, Э. Донати, К. Руссо, Д. Пиццикини // Патент на изобретение RU 2766351 C2, 15.03.2022.
9. Горина Т.А. Нормативно-техническая документация «Молоко питьевое низколактозное и безлактозное» / Т.А. Горина // Переработка молока. – 2022. – № 4 (270). – С. 30.
10. Рябова К.С. Безлактозное молоко и причины его использования / К.С. Рябова, Е.С. Грудина // Знания молодых – будущее России : сборник статей XX Междунар. студ. науч. конф. – 2022. – С. 238–240.
11. Влияние лактозы на транспортные свойства ионообменных мембран / Н.В.Лоза, Н.А.Кутенко, М.А. Бровкина [и др.] // Мембраны и мембранные технологии. – 2023. – Т. 13. – № 4. – С. 301–311.
12. Диханбаева Ф.Т. Разработка технологии бионапитков на основе верблюжьего молока с использованием дрожжей, сбраживающих лактозу / Ф.Т. Диханбаева, Э.Ч. Тастурганова // Global ScienceandInnovations.Proceedings.– 2020. – С. 284–286.
13. Горлова А.И. Физиологическая роль лактозы нативного и гидролизованного молока: обзор/ А.И. Горлова, А.М. Ияина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2022. – Т. 84. – № 2 (92). – С. 57–61.
14. Выращивание телят с использованием заменителей молока с разным содержанием лактозы/ И.В.Богданович, А.В. Астренков, Е.И. Приловская [и др.]. // Модернизация аграрного образования : сборник научных трудов по материалам VI Междунар. науч.-практ. конференции. Томск-Новосибирск, 2020. – С. 452–455.
15. Горлова А.И. Исследование отечественного рынка низко- и безлактозных молочных продуктов для детского питания / А.И. Горлова, К.А. Канина // АГРАРНАЯ НАУКА 0 2022 : материалы Всерос. конф. молодых исследователей. – 2022. – С. 789–792.
16. Прозоркина Н.В. Основы микробиологии, вирусологии и иммунологии / Н.В. Прозоркина, Л.А. Рубашкина.– Ростов на Дону: Феникс, 2019.
17. Ivory R., Mangan D., Mc Cleary B.V. LACTOSE CONCENTRATION IN LOW-LACTOSE AND LACTOSE-FREE MILK, MILK PRODUCTS, AND PRODUCTS CONTAINING DAIRY INGREDIENTS BY HIGH SENSITIVITY ENZYMATIC METHOD (K-LOLAC), COLLABORATIVE STUDY: FINAL ACTION 2020.08 // Journal of AOAC International. 2022. – Т. 105. – № 6.–С. 1617–1624.
18. Gilabert-Oriol G. ULTRAFILTRATION MEMBRANE CLEANING PROCESSES: OPTIMIZATION IN SEAWATER DESALINATION PLANTS // Ultrafiltration Membrane Cleaning Processes: Optimization in Seawater Desalination Plants. – 2021. – С. 1–104.
19. Kashaninejad M., Razavi S.M.A. THE EFFECT OF PH AND NA CL ON THE DIAFILTRATION PERFORMANCE OF CAMEL MILK International Journal of Dairy Technology. – 2021.
20. Shinde G.P., Kumar R., Reddy K.R., Nadasabhapathi Sh., Duttsemwal A. EFFECT OF PULSED ELECTRIC FIELD PROCESSING ON REDUCTION OF SULFAMETHAZINE RESIDUE CONTENT IN MILK Journal of Food Science and Technology.–2022. – Т. 59.– № 5.– С. 1931–1938.