

МЕМБРАННОЕ ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ

ИНФОРМАЦИОННАЯ СТАТЬЯ

Дмитрий Николаевич Володин¹, канд. техн. наук, директор
Виктор Константинович Топалов¹, руководитель службы продаж
Ирина Кирилловна Куликова¹, канд. техн. наук, технолог-аналитик
Анастасия Андреевна Семченко¹, технолог
Иван Алексеевич Евдокимов², чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор, заведующий базовой кафедрой
Наталья Николаевна Никульникова², доцент кафедры пищевых технологий и инжиниринга

¹ООО «ДМП», г. Ставрополь

²Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Функциональные продукты уже много лет остаются одним из ведущих трендов пищевой индустрии, популярность которого только возрастает благодаря высокой информированности населения и глобальной популяризации здорового образа жизни. По прогнозам мировых маркетинговых агентств^{1,2}, объем мирового рынка функциональных продуктов к 2036 г. преодолет отметку в 442,1 млрд долл. США при совокупном годовом темпе роста 5,50 %. Российский рынок показывает похожую тенденцию и к 2033 г. может составить 21,59 млрд долл. США при среднегодовом темпе роста 8,62 %³. Доля функциональных молочных продуктов на глобальном рынке, по мнению экспертов⁴, превышает 30,0 % (рис. 1), причем значительная часть этого сегмента приходится на готовые к употреблению RTD (*Ready-to-Drink*) напитки, особенно популярные у потребителей, ведущих активный образ жизни⁵.

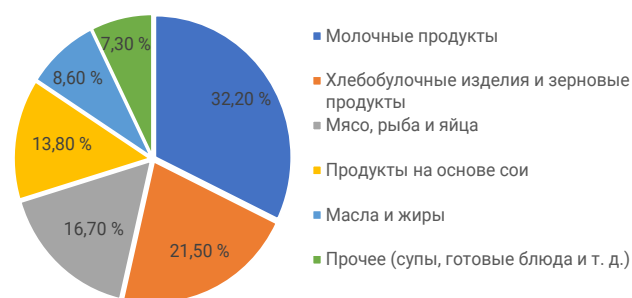


Рисунок 1. Сегментация рынка функциональных продуктов

¹Functional Dairy Products Market Size, Share & Forecast to 2036 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/functional-dairy-products-market> (дата обращения: 16.03.2026).

²Russia Functional Foods Market Size, Share & Growth Report By 2033 [Электронный ресурс]. URL: <https://deepmarketinsights.com/vista/insights/functional-foods-market/russia> (дата обращения: 16.03.2026).

³Там же.

⁴Functional Dairy Products...

⁵Russia Functional Foods Market Size...

Можно отметить, что современный рынок функциональных напитков предлагает не только классическое обогащение про- и пребиотиками, но и «персонализацию» продукта под конкретного потребителя. Продукты, адаптированные, например, для спортсменов, пожилых людей, диабетиков или лиц с непереносимостью лактозы, набирают популярность наравне с традиционными «полезными» напитками.

Одним из эффективных решений такой «персонализации» состава является использование мембранных технологий, поскольку они позволяют проводить направленную корректировку соотношения компонентов молочного сырья при режимах, максимально сохраняющих их нативные свойства. Мембранные технологии подразумевают фракционирование молочного сырья путем фильтрации через полупроницаемые мембраны. В зависимости от типа мембран выделяют процессы: микрофильтрации, ультрафильтрации, нанофильтрации и обратного осмоса. Принцип действия мембранных технологий, определяющий и их область применения, основан на селективном разделении компонентов молока в зависимости от их молекулярной массы и размера. Так, микрофильтрация позволяет удалять из молока микроорганизмы, взвешенные частицы и жировые глобулы, проводить фракционирование белков, удерживая казеин и пропуская сывороточные белки [1]. Цель ультрафильтрации – концентрирование и фракционирование белков молока и молочной сыворотки,

а также отделение низкомолекулярных компонентов (лактозы, минеральных солей и т. д.)⁶ [1].

Нанофильтрация обеспечивает частичное обезжиривание и деминерализацию молочной сыворотки и пермеата [2]. Обратный осмос, в свою очередь, служит для предварительного концентрирования сырья с возвратом воды в производственный цикл, что в совокупности создает предпосылки для малоотходной и энергоэффективной переработки молочного сырья⁷ [2]. Выбор технологических параметров (температурный режим, тип мембран, конструкция мембранных модулей), комбинация методов фракционирования определяются конкретными технологическими задачами и спецификой мембранного оборудования.

Применительно к функциональным молочным напиткам использование мембранных технологий можно условно разделить на два основных направления:

- интеграция мембранной фильтрации непосредственно в технологические линии производства напитков;
- обогащение напитков сухими ингредиентами на основе молочного сырья, полученными методами мембранного фракционирования.

В рамках первого направления можно рассматривать дополнение традиционных операций подготовки молока-сырья к переработке участком ультрафиль-

трации, позволяющим концентрировать белковую фракцию предварительно обезжиренного молока. При обработке, как правило, применяют полимерные мембраны с отсечкой по молекулярной массе 10 кДа, холодные температурные режимы (10–12 °С), невысокие коэффициенты концентрирования для повышения массовой доли белка в сухом веществе молока в 1,2–1,5 раза. Ретентат, обогащенный белком, может непосредственно использоваться для выработки высокобелковых продуктов, а может дополнительно нормализоваться по содержанию жира сливками (рис. 2). Коррекцию уровня белка исходного сырья, при необходимости его понижения, можно проводить ультрафильтрационным молочным пермеатом, представляющим собой безбелковую основу, состоящую только из молочных компонентов.

В технологии кисломолочных продуктов ультрафильтрация может использоваться как до, так и после сквашивания. Мембранная обработка кисломолочного сгустка имеет свою специфику: высокая вязкость требует использования специализированных мембранных модулей, а образование пермеата с повышенным содержанием молочной кислоты ограничивает его дальнейшую переработку. Тем не менее ультрафильтрация в процессе обезжиривания сгустков сокращает потери белка, увеличивает выход продукта благодаря удержанию сывороточных белков и улучшает консистенцию⁸.

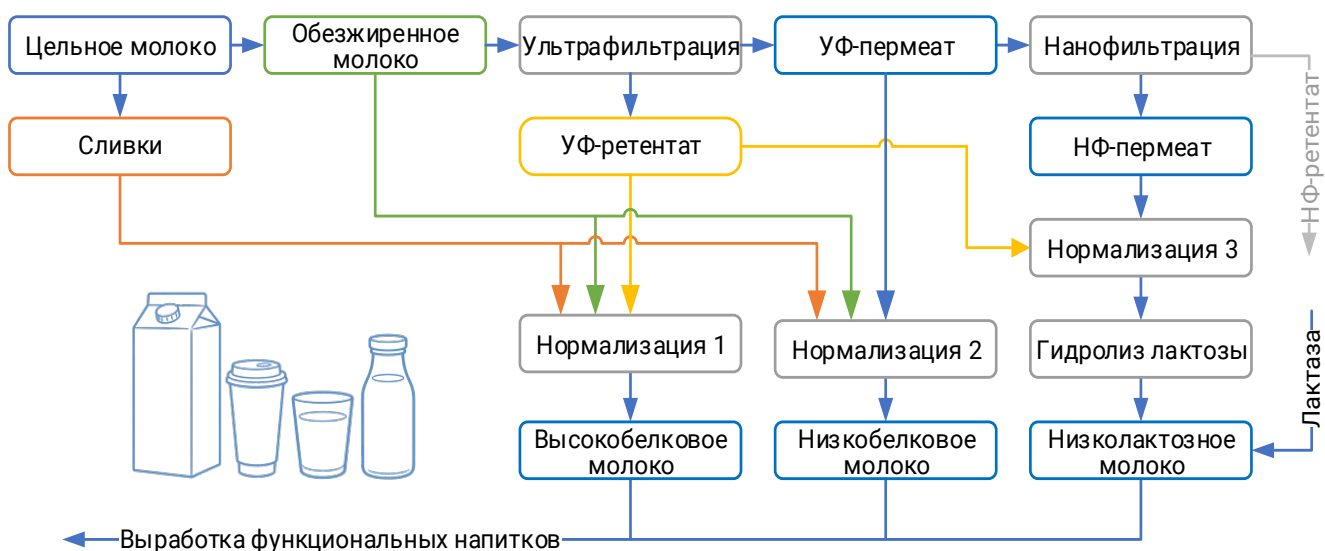


Рисунок 2. Корректировка компонентного состава молока мембранной фильтрацией

⁶Володин, Д. Н. Возможности интеграции мембранных технологий в комплексные линии переработки молока / Д. Н. Володин [и др.] // Переработка молока. 2021. № 11(265). С. 10–13. <https://elibrary.ru/tnxraw>

⁷Там же.

⁸Там же.



Еще одним востребованным трендом в сегменте функционального питания являются низколактозные молочные напитки. Традиционный подход к их получению, основанный на ферментативном гидролизе лактозы, повышает сладость низколактозного продукта за счет расщепления дисахарида лактозы на глюкозу и галактозу. Такое изменение органолептических свойств приветствуется не всеми потребителями. Внедрение мембранных процессов (рис. 2) обеспечивает селективное удаление лактозы на предварительных этапах обработки сырья, минимизируя образование моносахаридов при гидролизе. Технологическая схема включает комбинацию мембранных методов: ультрафильтрацию обезжиренного молока с последующим концентрированием пермеата нанофильтрацией, рекомбинацию полученных потоков с высокобелковой фракцией и гидролиз остаточной лактозы [3].

Особый интерес для разработки функциональных напитков представляют концентраты и микропартикуляты сывороточных белков. Концентраты сывороточных белков получают путем ультрафильтрационной обработки молочной или нативной сыворотки⁹ на мембранах с отсежкой по молекулярной массе 10 кДа, преимущественно при низких температурах. Поскольку, в отличие от молока, массовая доля белка в сухом веществе сыворотки составляет лишь 10–14 %, в процессе производства используются повышен-

ные коэффициенты концентрирования, позволяющие увеличить содержание белка минимум в 3–4 раза.

Однако даже такого увеличения недостаточно для создания продуктов, соответствующих уровню ведущих рыночных брендов протеиновых RTD-напитков. Современный тренд – 30 г белка на порцию напитка [4] – требует более глубокой степени концентрирования для повышения массовой доли белка в сухом веществе до 80 % и выше, что невозможно без дополнительного использования процессов диафильтрации¹⁰, а в ряде случаев – микрофильтрации для максимально полного удаления низкомолекулярных соединений и жировой фракции.

Микропартикуляция, представляющая собой термомеханическую обработку концентрата, позволяет получить белковые агломераты, имитирующие жировые шарики. Получаемый микропартикулят сывороточных белков по органолептическим показателям приближается к питьевым сливкам, что делает его эффективным заменителем жира при создании низкокалорийных высокобелковых продуктов, в том числе и напитков [5].

Ультрафильтрационный пермеат, образующийся при переработке как молока, так и сыворотки, служит основой для производства изотонических напитков, направленных на быстрое восполнение минерально-солевого баланса. По минеральному составу он близок

⁹Global Ready-To-Drink (RTD) Protein Beverages Market – Industry Trends and Forecast to 2030 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-rtd-protein-beverages-market> (дата обращения: 16.03.2026).

¹⁰Володин, Д. Н. Возможности интеграции мембранных технологий в комплексные линии переработки молока...

Молочное сырье	Мембранное фракционирование			Сухие ингредиенты	Массовая доля белка в СВ
	МФ	УФ	НФ		
Молоко обезжиренное	X	●*	X	Концентрат / изолят молочного белка	40–90 %, казеин ≈ 80%
	●*	●*	●	Концентрат / изолят мицеллярного казеина	42–85 %, казеин до 98%
Нативная сыворотка	X	●*	●	Концентрат / изолят нативных сывороточных белков	35–90 %
Молочная сыворотка	X	●/●*	●	Концентрат сывороточных белков	35–80 %
	●*	●*	●	Изолят сывороточных белков	выше 90 %

Примечание: МФ – микрофльтрация; УФ – ультрафльтрация; НФ – нанофльтрация;

X – процесс не используется; ● – используется процесс без диалфильтрации; ●* – используется процесс с диалфильтрацией.

Рисунок 3. Принцип фракционирования молочного сырья мембранной фильтрацией при производстве сухих высокобелковых ингредиентов

к коммерческим спортивным напиткам, но дополнительно содержит кальций, магний и фосфор, что повышает его эффективность для регидратации. Благодаря низкому содержанию белка и жира пермеат обладает оптимальной осмоляльностью (280–350 ммоль/кг H₂O) и не требует значительной корректировки состава [6].

Второе направление – обогащение напитков сухими ингредиентами – базируется на использовании мембранных технологий для получения функциональных компонентов из молочного сырья (рис. 3). К ним относятся концентраты, изоляты и гидролизаты молочных и сывороточных белков, а также мицеллярный казеин. Технологии производства и функциональные свойства перечисленных продуктов, включающие этапы мембранной обработки, подробно рассмотрены нами ранее¹¹ [1, 2, 4]. Применение сухих ингредиентов особо востребовано в продуктах детского и лечебного питания, поскольку их контролируемый и воспроизводимый состав позволяет

точно и надежно обеспечивать не только требуемый уровень, но и, например, заданное соотношение белковых фракций в готовом продукте.

Таким образом, мембранные технологии формируют надежную основу для производства конкурентоспособных функциональных молочных продуктов, открывая широкие возможности для повышения экономической эффективности отрасли и удовлетворения рыночных требований к качеству и безопасности. Внедрение этих методов переработки в производственные процессы является стратегическим шагом, обеспечивающим конкурентоспособность предприятий и гарантирующим поставку на рынок безопасных, натуральных и высокофункциональных продуктов питания. Реализованные ООО «ДМП» проекты в сфере производства сухих молочных ингредиентов и функциональных продуктов подтверждают перспективность технологий для российских производителей в условиях импортозамещения. ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Володин, Д. Н. Мембранное фракционирование обезжиренного молока: влияние казеина на формирование функциональных свойств белковых концентратов / Д. Н. Володин [и др.] // Молочная промышленность. 2024. № 6. С. 48–53. <https://elibrary.ru/ihvtey>
2. Володин, Д. Н. Современные направления глубокой переработки молочной сыворотки / Д. Н. Володин [и др.] // Сыроделие и маслоделие. 2025. № 2. С. 4–6. <https://elibrary.ru/jenjs0>
3. Hernandez, A. J. Milk beverage base with lactose removed with ultrafiltration: Effect of fat and protein concentration on sensory and physical properties / A. J. Hernandez [et al.] // Journal of Dairy Science. 2024. Vol. 107(1). P. 169–183. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23715>
4. Володин, Д. Н. Мембранное фракционирование обезжиренного молока: протеины нативного концентрата сывороточных белков / Д. Н. Володин [и др.] // Молочная промышленность. 2025. № 2. С. 74–77. <https://elibrary.ru/njereo>
5. Мельникова, Е. И. Функционально-технологические свойства термостабильного концентрата сывороточных белков / Е. И. Мельникова, Е. Б. Станиславская, Е. Д. Шабалова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 2(92). С. 52–56. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2022-2-52-56>; <https://elibrary.ru/clgicq>
6. Boro, T. L. Improved Postexercise Rehydration With a Milk Permeate-Based Sports Drink / T. L. Boro [et al.] // International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. 2026. Vol. 36(1). P. 30–41. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2025-0067>

¹¹Володин, Д. Н. Аппаратурное оформление современных линий для выработки сухих ингредиентов на основе молочного сырья / Д. Н. Володин [и др.] // Переработка молока. 2025. № 9(311). С. 20–23. <https://elibrary.ru/zlfmyi>