

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

Л.А. Забодалова, Н.В. Яковченко

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОДУКТОВ НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ**

**Учебно-методическое пособие**

 **УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2015**

УДК 613.2/637.04

**Забодалова Л.А., Яковченко Н.В.** Современные направления промышленного производства продуктов на молочной основе: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: Университет ИТМО; ИХиБТ, 2015. – 40 с.

Учебно-методическое пособие содержит методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Современные направления промышленного производства продуктов на молочной основе».

Предназначено для магистрантов, обучающихся по направлению 19.04.03 Продукты питания животного происхождения.

**Рецензент: доктор техн. наук, проф. В.С. Колодязная**

**Рекомендовано к печати редакционно-издательским советом  
Института холода и биотехнологий**



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 – 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2015

© Забодалова Л.А., Яковченко Н.В., 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Среди перспективных направлений молочной промышленности, позволяющих максимально сохранить нативные свойства составных частей молока, большое внимание уделяется применению мембранных технологий и современных методов фракционирования молочного сырья с помощью биополимеров.

Мембранная фильтрация сегодня находит широкое применение в молочной промышленности и играет решающую роль в разработке и производстве инновационных пищевых продуктов и ингредиентов. На многих молочных предприятиях мембранная фильтрация давно и успешно используется для сгущения молока и сыворотки, очистки солевого раствора, разделения молока и сыворотки на фракции, выделения белковых компонентов и является привлекательной альтернативой традиционным процессам обработки молочного сырья.

Мембранная фильтрация – это технология фильтрации с помощью полупроницаемых мембран, позволяющая произвести разделение эмульсии (молоко, сыворотка) на составляющие. Создаваемая разница в давлении заставляет частицы, которые меньше, чем пора мембраны, проникать через мембрану («пермеат», «фильтрат»), в то время как оставшиеся компоненты задерживаются («ретентат», «концентрат»). Входящий поток продукта направляется параллельно мембране, что исключает загрязнение ее поверхности во время процесса разделения компонентов [1].

К первооткрывателям мембранных процессов следует отнести немецкого ученого А. Фика, который в 1855 г. создал математическую модель диффузии через искусственную пленку из нитрата целлюлозы [2].

Существуют различные классификации полупроницаемых мембран, в основе которых лежат способы получения мембран, фазовое состояние, материал мембран, свойства мембран, область их применения.

В основе классификации, наиболее полно отражающей историю создания и развития мембранных процессов, лежат изменения свойств материалов, из которых изготовлены полупроницаемые мембраны, а следовательно, и их характеристик под воздействием основных параметров эксплуатации (температура, pH обрабатываемого раствора, давление).

Различают мембраны первого, второго и третьего поколения. Под мембранами первого поколения следует понимать мембраны, изготовленные из полимеров ацетатцеллюлозы, второго поколения – из ароматических полимеров (полиамида, полисульфона, полиэтилентерефталата и др.) и третьего поколения – из минеральных веществ, металлокерамики и др.

**Мембраны первого поколения.** Структура полупроницаемых мембран первого поколения состоит из тонкого (до 0,1 мкм) микропористого фильтрующего слоя и макропористой основы толщиной от 100 до 1000 мкм.

Ацетатцеллюлозные мембраны являлись первыми мембранами, которые нашли свое широкое применение в пищевой промышленности. Они сравнительно дешевы и по санитарно-гигиенической оценке допущены к контакту с пищевыми продуктами. Мембраны первого поколения обладают хорошей разделяющей способностью и имеют высокую проницаемость. Мембраны на основе ацетатцеллюлозы эксплуатируют в диапазоне температур от 0 до 50 °С и рН в интервале 3–8. Недостатками этих мембран являются узкий рабочий температурный диапазон и диапазон рН, что создает значительные трудности при регенерации первоначальных свойств мембран. Поэтому для этих целей используют, как правило, специальные моющие средства (ферментные препараты и др.), стоимость которых очень высока.

**Мембраны второго поколения.** Большинство отечественных и зарубежных мембран второго поколения выпускается на основе ароматических полисульфонов.

Мембраны второго поколения имеют более широкий рабочий диапазон температур и рН, чем ацетатцеллюлозные мембраны. Их можно эксплуатировать в диапазоне температур от 0 до 80 °С и рН от 2 до 12. Эти мембраны устойчивы к воздействию дезинфицирующих растворов хлора, сжатию под действием давления.

Структура мембран второго поколения аналогична структуре ацетатцеллюлозных мембран.

**Мембраны третьего поколения.** Мембраны третьего поколения изготавливают из металлокерамики, стекла, окислов металла и других аналогичных материалов. Этим мембранам присуща высокая механическая прочность, термостойкость (до 200 °С и выше), химическая стойкость (рН 0–14), стойкость к давлению, износо-

стойкость, коррозионная стойкость. Все это исключает проблемы, связанные с мойкой и дезинфекцией подобных мембран [3].

Мембраны должны обладать следующими свойствами: высокой разделяющей способностью (селективностью); высокой удельной производительностью (проницаемостью); постоянством своих характеристик в процессе эксплуатации; химической стойкостью в разделяющей среде; механической прочностью; невысокой стоимостью [4].

Как и любой процесс фильтрования, мембранные процессы характеризуются удельной производительностью (скоростью фильтрования) – количеством фильтрата, проходящего через единицу поверхности мембраны в единицу времени,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ .

Разделяющую способность мембраны принято характеризовать *селективностью* (%)

$$R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – концентрации задерживаемого вещества в исходном растворе и фильтрате.

Для всех мембранных процессов характерно накопление у поверхности мембраны частиц (молекул) веществ, которые не проходят через мембрану. Это явление получило название *концентрационной поляризации*. Образующийся слой часто обладает меньшей проницаемостью, чем сама мембрана. Чтобы разрушить слой необходимо перемешивать жидкость над поверхностью мембраны. Чем выше скорость (турбулентность) потока, тем меньше влияние концентрационной поляризации. Этим объясняется тот факт, что подавляющее большинство мембранных аппаратов работает в проточном режиме [2].

Мембранные процессы классифицируются по виду основной движущей силы процесса. Движущей силой мембранного процесса является градиент химического (для незаряженных частиц) или электрохимического (для заряженных частиц) потенциала. Однако для технических расчетов такого процесса, так же как и для других массообменных процессов, в качестве движущей силы мембранного процесса принимают градиент фактора, определяющего скорость данного процесса, например градиент давления, температуры и др.

Если движущей силой мембранных процессов является градиент давления, то такие процессы называются баромембранными [5].

В зависимости от размера выделяемых частиц баромембранные процессы подразделяются на четыре типа: *обратный осмос (RO)*, *наночистку (NF)*, *ультрафильтрацию (UF)* и *микрофильтрацию (MF)*.

Ультрафильтрация – наиболее часто применяемый мембранный процесс при переработке молочного сырья: цельного молока, обезжиренного молока, предварительно сквашенного молока, а также сыворотки [6]. Ультрафильтрацией называется процесс разделения, фракционирования и концентрирования растворов с помощью полупроницаемых мембран [4]. Процесс ультрафильтрации протекает под действием разности давлений до и после мембраны.

Обычно ультрафильтрацию проводят при невысоких давлениях, равных 0,1–1,0 МПа. Ультрафильтрацию используют для разделения систем, в которых молекулярная масса растворенных компонентов намного больше молекулярной массы растворителя [5].

В зависимости от назначения процесса ультрафильтрации применяют мембраны, которые пропускают растворитель и преимущественно низкомолекулярные соединения (при разделении высоко- и низкомолекулярных соединений), растворитель и определенные фракции высокомолекулярных соединений (при фракционировании высокомолекулярных соединений), только растворитель (при концентрировании высокомолекулярных соединений) [4].

При ультрафильтрации молока полупроницаемой мембраной задерживаются и микроорганизмы. Количество микроорганизмов в ультрафильтрационном концентрате зависит от температуры ведения процесса, его продолжительности, фактора концентрирования, а также бактериальной обсемененности сгущаемого сырья. В связи с этим для обеспечения получения концентратов с хорошими микробиологическими показателями должны выполняться следующие условия:

- продолжительность процесса ультрафильтрационного концентрирования должна быть минимальной;
- не следует использовать неблагополучное с микробиологической точки зрения молочное сырье;
- рабочая температура мембранного процесса не должна быть оптимальной для развития микроорганизмов.

Поэтому, исходя из сформулированных условий, ультрафильтрационное концентрирование молока желательно проводить на уста-

новках непрерывного действия, время пребывания продукта в которых минимальное, и при температурах менее 10 °С или более 50 °С. Последний высокотемпературный режим является наиболее приемлемым, так как обеспечивает более высокую производительность эксплуатируемых установок в сравнении с низкотемпературным. Мембранной обработке следует подвергать молочное сырье, прошедшее тепловую обработку при температуре 65 °С в течение 15–30 мин или при  $(74 \pm 2)$  °С в течение 15–20 с.

Несмотря на соблюдение изложенных правил при ультрафильтрации, общее количество микроорганизмов в концентрате значительно превышает их исходное содержание в сгущаемом сырье. Увеличение общего количества бактерий происходит исключительно за счет их концентрирования.

Скорость фильтрации зависит от величины давления фильтрации, температуры, скорости потока в межмембранном канале, рН молочного сырья и массовой доли белка в нем. Именно эти факторы оказывают наибольшее воздействие на толщину и свойства слоя геля, расположенного на поверхности мембраны и приводящего к снижению скорости фильтрации. В ряде случаев повышение давления фильтрации приводит к обратному эффекту, т. е. к снижению скорости фильтрации. Этот эффект выражен тем сильнее, чем больше массовая доля сухих веществ в сырье. Его можно объяснить уплотнением гелевого слоя на поверхности мембраны, а также увеличением его толщины.

В ультрафильтрационных установках непрерывного действия давление фильтрации снижается от ступени к ступени по мере роста концентрации белка в обрабатываемой жидкости, что позволяет обеспечить максимально возможную производительность установки и снизить затраты на ее мойку.

Рассматривая влияние температуры на эффективность мембранных процессов, необходимо отметить, что повышение температуры фильтрации дает положительные результаты. Это связано с тем, что интенсивность процесса концентрирования белковой фазы обезжиренного молока во многом зависит от величины константы броуновской диффузии молекул растворителя и растворенных в нем веществ. В свою очередь, величина константы броуновской диффузии обратно пропорциональна вязкости растворителя (дисперсионной среды). Известно, что при повышении температуры вязкость обезжи-

ренного молока и других видов молочного сырья значительно снижается, что способствует интенсификации ультрафильтрационного процесса. Скорость фильтрации обезжиренного молока при повышении температуры фильтрации от 20 до 50 °С возрастает в 2,5–3 раза. Несмотря на явный положительный эффект, повышение температуры процесса целесообразно лишь до пределов, определяемых термостойкостью белков молока и мембраны.

При ультрафильтрационном концентрировании молочного сырья особое значение приобретает величина водородного показателя фильтруемой жидкости. Это связано с тем, что при снижении рН до изоэлектрических точек белков молока (казеина и сывороточных белков) создаются благоприятные условия для их коагуляции. Согласно современным воззрениям коллоидной химии, в изоэлектрической точке белковые частицы электронейтральны, и их суммарный поверхностный заряд равен нулю. Отсутствие поверхностного заряда, в свою очередь, облегчает условия агрегирования белковых частиц, приводящих к их коагуляции. Известно, что при понижении рН молока до 5,4 образуется лактат кальция и изогель, т. е. происходит «скрытое» агрегирование белковых частиц, а при достижении рН 4,6–4,8 наблюдается коагуляция казеиновых частиц. Для исключения негативного влияния гелевого слоя, образующегося в период «скрытой» коагуляции белков молока, на эффективность мембранных процессов следует соблюдать граничное условие, выраженное неравенством

$$pH > 6,5 - 0,0125t.$$

Обеспечить высокую эффективность мембранных процессов можно в том случае, если ультрафильтрации подвергать молоко в состоянии, исключающем стадию укрупнения казеиновых частиц, т. е. не достигнутом «скрытой» коагуляции [3].

Ультрафильтрация применяется при производстве широкого спектра молочных продуктов. Она дает возможность вырабатывать такие продукты, как белковое молоко, питьевое молоко для людей, страдающих непереносимостью лактозы. Пресноватый вкус делактозированного молока исправляют внесением сахаросодержащего концентрата водорастворимых витаминов.

Обычно установки ультрафильтрацию используются для производства белкового сывороточного концентрата с содержанием белка в сухом веществе от 34 до 85 %.



При использовании ультрафильтрации для концентрации молока получается концентрат с высоким содержанием белка, с параллельным отделением лактозы и минералов. Концентрат используется для производства различных видов концентратов молочного белка или (при дальнейшей изоляции белков) для производства молочного белкового изолята.

Стандартизация белка с помощью ультрафильтрации несёт существенные экономические выгоды и широко используется при производстве йогуртов, сухого молока, сыров и прочих продуктов.

Например, при производстве сыров часто используется технология, при которой производится ультрафильтрационное сгущение молока, в результате чего содержание белка в смеси повышается (частично удаляется вода из молока). Это обеспечивает однородность и воспроизводимость свойств получаемого сыра независимо от сезонности, после чего, в соответствии с технологическими параметрами соотношения белок – жир, на сепараторе доводится необходимое содержание жира и смесь подается в сыроизготовители. В итоге мы получаем обогащенную смесь и 20–25 %-ную экономию по использованию электроэнергии, пара, заквасок, применяемых на меньшее количество смеси с тем же выходом готового продукта [1].

Целесообразность применения ультрафильтрации в производстве творога доказана в ряде опубликованных работ отечественных и зарубежных специалистов. Однако необходимо отметить, что повышение содержания сухих веществ в ультрафильтрационном концентрате влияет на снижение интенсивности понижения водородного показателя в процессе сквашивания, а также может вызвать появление горечи. Основной причиной появления горького вкуса в твороге является повышенная концентрация солей кальция в виде кальций-фосфатных комплексов в молочно-белковых концентратах.

При производстве творога из концентрата обезжиренного молока с высокими значениями фактора концентрации необходимо использовать технологические приемы, позволяющие снизить содержание кальция в молочно-белковых концентратах: подкисление исходного обезжиренного молока и диафильтрационная обработка концентрата.

Концентрирование молока ультрафильтрацией может быть успешно использовано в производстве сгущенных молочных консервов взамен энергоемкого процесса – вакуум-выпаривания.

Преимущества мембранного способа концентрирования молока следующие:

- термостойкость ультрафильтрационных концентратов выше термостойкости молока, сгущенного вакуум-выпариванием;

- удаление лактозы с фильтратом в процессе ультрафильтрации обеспечивает получение сгущенного молока с пониженным содержанием лактозы. В этой связи снижается возможность появления традиционных пороков сгущенных молочных консервов – загустевание, песчанность и побурение;

- из фильтрата молочного сырья путем гидролиза лактозы (кислотного или ферментативного) до глюкозы и галактозы с последующим подсгущением вакуум – выпариванием можно получать сахарный сироп, осмотическое давление и сладость которого близки к раствору сахарозы, используемой в производстве сгущенного молока с сахаром. Внесение глюкозо-галактозного сиропа в молоко, концентрированное ультрафильтрацией, приводит к значительной экономии сахара-песка при выработке сгущенного молока с сахаром;

- производство из фильтрата молока кристаллической лактозы и внесение ее в сухое молоко, выработанное из ультрафильтрационного концентрата, в инстантайзер на стадии досушивания в количествах, обеспечивающих требуемое содержание углеводов в конечном продукте, позволяет значительно повысить растворимость сухих молочных консервов.

При разработке технологий молочных продуктов для детского питания основной тенденцией является получение изделий, состав которых максимально приближен к женскому молоку. Выделение и концентрирование сывороточных белков в нативной форме с помощью ультрафильтрации дают возможность вырабатывать детские продукты высокой биологической и пищевой ценности [1].

Широкое внедрение ультрафильтрации на молочных предприятиях способствует более рациональному использованию сырьевых ресурсов, повышению питательной и биологической ценности молочной продукции, сокращению расхода молокасвёртывающих препаратов, сокращению производственных затрат, увеличению объёма выпускаемой продукции без увеличения производственных площадей и установки дополнительных ёмкостей.

Ультрафильтрация открывает широкие возможности для совершенствования традиционных и вновь разработанных технологических процессов. Она позволяет концентрировать молоко без изменения фа-

зового состояния отдельных компонентов, оказывает минимальное денатурирующее воздействие на белки, витамины и другие, биологически важные компоненты перерабатываемого сырья [7].

Другим видом обработки молочного сырья, позволяющим максимально сохранить нативные свойства составных частей молока, является взаимодействие белков и полисахаридов.

Исследования термодинамической совместимости белков и полисахаридов в водных средах проводились в течение ряда лет под руководством проф. В.Б.Толстогузова [8]. В результате было установлено, что белки и полисахариды, как правило, ограниченно совместимы. При смешивании растворов белка и полисахарида образуется двухфазная система, причем белок содержится в одной (белковой) фазе, а полисахарид в другой (полисахаридной). В определенных условиях разделение белка и полисахарида может быть полным.

В настоящее время в молочной промышленности применяют специальные пектины для стабилизации структуры и удлинения срока годности молочных продуктов – йогуртов, творога, пудингов и др. Пектины используют также в качестве компонента при производстве фруктовых йогуртов, фруктово-молочных десертов, мороженого и других продуктов с фруктовыми наполнителями. Широкий спектр направлений использования пектинов и их разнообразные свойства дают основания отнести этот ингредиент к пищевым добавкам, которые применяются при производстве качественно новых пищевых продуктов, отвечающих требованиям современной науки о пище.

Пектины, как известно, имеют различные физико-химические и функциональные свойства, обусловленные различиями в содержании метоксильных, карбоксильных, гидроксильных групп, степенью деметоксилирования, наличием примесей (арабаны, галактаны и др.).

Основными факторами, определяющими характер действия пектинов в молочных продуктах, являются степень этерификации и диссоциации молекул. Фракционирование молочного сырья пектином предусматривает смешивание молочного сырья с раствором полисахарида и получение в результате самопроизвольного или направленного разделения двух фаз – концентрата натурального казеина (КНК) и бесказеиновой фазы (БФ). Такой процесс фракционирования и концентрирования можно назвать биомембранным осмосом.

Фундаментальные исследования по фракционированию и концентрированию белков молочного сырья с применением полисахари-

да пектина проводились под руководством проф. В.В. Молочникова во ВНИИ Комплексного использования молочного сырья (ВНИИКИМ) совместно с ведущими медицинскими центрами страны. Результаты были положены в основу принципиально новой безотходной технологии переработки молока с применением полисахаридов, которая получила название Био-Тон [9].

Согласно предложенной технологии, исходное молоко разделяется на 4 сырьевые составляющие – сливки (концентрат жира), обезжиренное молоко, концентрат натурального казеина (казеин-кальций-фосфатный комплекс в мицеллярной форме) и сывороточно-полисахаридная фракция, которая образуется взамен сыворотки.

Сливки и обезжиренное молоко получают традиционным путём, а новые фракции – путём фракционирования обезжиренного молока за счет введения раствора полисахаридов. Полученные фракции можно комбинировать в необходимых соотношениях с получением различных продуктов [10].

Данная технология предусматривает использование концентрата натурального казеина (КНК) для производства белковых продуктов или обогащения молочных или комбинированных продуктов питания биологически активным белковым комплексом. Сочетание КНК со сливками или растительными жирами даёт возможность производить разнообразные белково-жировые продукты.

Массовая доля белка в КНК при фракционировании обезжиренного молока пектином составляла 12–14 %, а в БФ – 0,8–1 % в зависимости от свойств пектина. Бесказеиновая фаза (БФ) после концентрирования любым из известных способов приобретает свойства концентрата структурирующего пищевого (КСП). С целью экономии расхода пектина рассмотрена возможность его повторного использования для фракционирования и концентрирования белков обезжиренного молока в виде сгущенного КСП. Установлено, что повторное использование пектина для получения концентрата натурального казеина не приводит к изменению основных закономерностей процесса концентрирования казеинового комплекса молока. В то же время происходит концентрирование сухих веществ во второй БФ (массовая доля белка составляет 1,5–1,7 %).

В пересчёте на сухое вещество КНК содержит 65–70 % белка, состоящего практически из казеина, 30–35 % сывороточной фракции остаются в КНК самопроизвольно, что обеспечивает его натураль-

ность. В таком виде он усваивается без особых энергетических затрат организма на его переваривание. КНК и продукты на его основе легко усваиваются и сразу идут на пластические нужды.

Сывороточно-полисахаридная фракция (СПФ) – другой продукт фракционирования молока полисахаридами, относится к полноценному молочному сырью. Это однородная жидкость с чистым вкусом и лёгким привкусом и запахом используемого полисахарида, например, цитрусовый или яблочный пектин. В этой фракции практически полностью концентрируется внесённый полисахарид и вся биологически активная часть молока, что придаёт ей специфические функции. Она имеет невысокую кислотность (12–16 °Т).

Результаты медико-биологической оценки показали, что СПФ и полученный из неё концентрат, содержащий 30–40 % сухих веществ (КСП), обладают специфической активностью, повышающей устойчивость организма к вредным воздействиям окружающей среды и дают возможность смягчить отрицательное влияние временных физических и эмоциональных перегрузок на человека. Специфическая активность подтверждается при введении до 10 % концентрата в молочные и комбинированные продукты.

Данная технология предусматривает добавление в молочные продукты в виде СПФ питательных веществ, которые ранее полностью удалялись при выработке белковых продуктов типа сыра и творога и не использовались в технологическом цикле производства в составе других продуктов.

Основное отличие продуктов «Био-Тон» заключается в повышенном на 25–30 % содержании в них сывороточной фракции молока и использовании вместо казеина казеин-кальций-фосфатного комплекса. Такое изменение состава продуктов благотворно отражается на их медико-физиологической характеристике. Пища приобретает лечебно-профилактическую направленность. Потребление её приводит к нормализации обмена веществ в организме.

Доказано, что продукты «Био-Тон» существенно повышают неспецифическую резистентность организма, обладают антиатерогенным действием и способствуют нормализации белкового и жирового обмена веществ, не вызывают аллергии.

При переработке молока по технологии «Био-Тон» производство продукции увеличивается на 30–60 %, себестоимость 1 т продукции снижается на 25–30 %, а прибыль увеличивается на 30–40 %.

Переработка молока с включением сыворотки в состав продуктов, позволяет повысить эффективность их производства за счёт рационального использования сырья и снижения затрат, связанных с утилизацией отходов и охраной окружающей среды.

Исследованиями ряда ученых [10–12] показано, что пектины, применяемые для фракционирования молочного сырья, должны иметь следующие физико-химические показатели: степень этерификации 68–78 %; степень метоксилирования 6–7 %; массовая доля галактуроновой кислоты 70–75%; рН 2,7–2,8.

Известно также применение в производстве продуктов питания природного биополимера хитозана, обладающего рядом уникальных свойств, оказывающего иммуномодулирующее, антисклеротическое и антиартрозное действие на организм человека [13]. В Калининградском государственном техническом университете с целью повышения уровня использования биопотенциала творожной сыворотки предложено фракционировать сыворотку хитозаном. При этом происходит разделение ее на осветленную часть, обладающую менее выраженным сывороточным привкусом и запахом, и белково-углеводный коллоидный осадок [14–16].

Для более эффективного проведения фракционирования молочной сыворотки предложено было комбинировать биополимеры, физико-химические свойства которых дополняют друг друга, что потенциально позволяет достичь положительного синергетического эффекта [3]. С этой целью в работе использовали комплекс заряженного положительно полиаминосахарида хитозана и несущего суммарный отрицательный заряд полисахарида пектина. Их взаимодействие в кислой системе сыворотки приводит не только к образованию прочных межмолекулярных связей внутри макромолекул, но и повышению сорбционной емкости нового комплекса за счет роста удельного объема активной поверхности. Следствием этого является рост интенсивности поглощения взвешенных частиц белка сыворотки и повышение эффективности ее разделения на осветленную и коллоидную белково-углеводную фракции, выпадающую в осадок.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Получение ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока

**Цель работы:** ознакомиться с устройством и принципом работы лабораторной установки VivaFlow 50. Определить влияние фактора концентрирования на физико-химические показатели ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока.

**Оборудование, приборы, материалы:**

- лабораторная установка VivaFlow 50;
- набор посуды и реактивов для определения массовой доли белка, сухих веществ, лактозы, титруемой кислотности, плотности, массовой доли кальция в обезжиренном молоке и ультрафильтрационном концентрате обезжиренного молока;
- эксикатор;
- молоко обезжиренное натуральное.

#### **Методы исследования**

Физико-химические показатели исходного сырья и продуктов ультрафильтрации определяют следующими методами:

- титруемую кислотность – по ГОСТ 3624–92;
- массовую долю белка – методом формольного титрования или рефрактометрическим методом по ГОСТ 25179–90;
- плотность – по ГОСТ 3625–84;
- массовую долю лактозы – йодометрическим методом;
- массовую долю сухих веществ – по ГОСТ 3626–73;
- массовую долю кальция – комплексометрическим методом.

#### **Порядок выполнения работы**

**Задание 1.** Ознакомиться со схемой лабораторной ультрафильтрационной установки и порядком работы на ней.

Лабораторная установка «VivaFlow50» – это простая в обращении, удобная и экономичная установка для концентрирования и очистки белков и других высокомолекулярных соединений (ДНК,

РНК и т. д.) путем фильтрации в тангенциальном потоке. Она может работать с одним или несколькими модулями.

При работе с одним модулем необходимо следующее оборудование:

- головка перистальтического насоса для шланга 16 мм, производительностью 480 мл/мин
- перистальтический насос с регулируемой скоростью потока, способный обеспечивать указанную скорость
- соответствующие ёмкости для пробы и фильтрата.

На рис. 1 показан общий вид установки (а) и направления потоков (б) при использовании одного модуля.

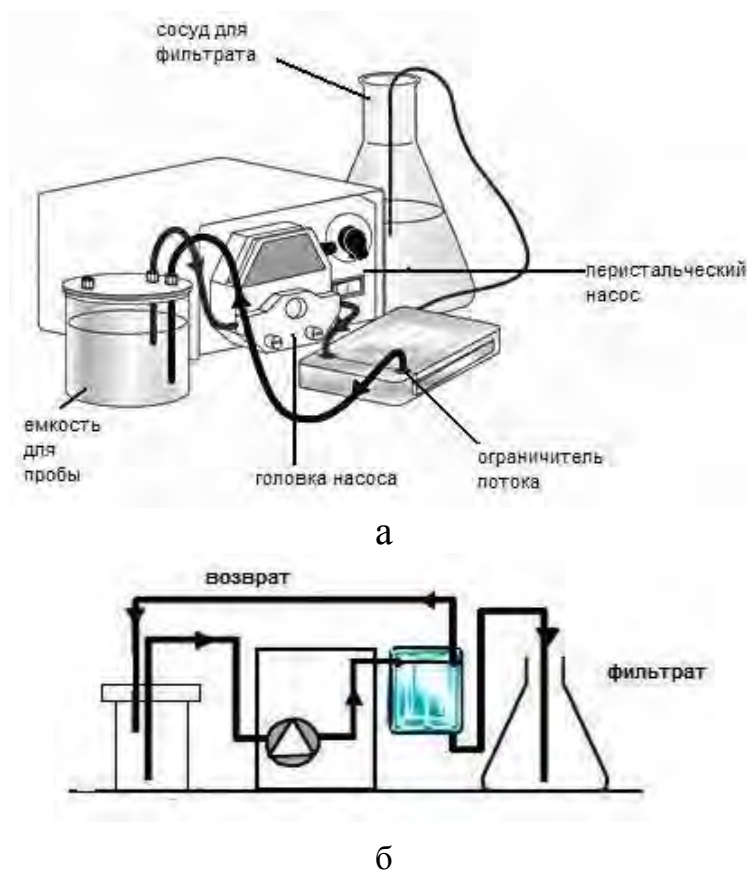


Рис. 1. Схема установки при работе с одним модулем:  
а – общий вид установки; б – направления потоков при использовании одного модуля

Порядок работы на лабораторной установке «VivaFlow50» с одним модулем следующий:

1. Собрать установку, как показано на рис. 1. Обратит внимание на положение ограничителя потока на линии возврата жидкости.



2. Мембраны «Vivaflow50» содержат следовые количества глицерина и азида натрия. Для удаления этих химических веществ и проверки надёжности соединения шлангов рекомендуется перед введением пробы промыть модули и испытать установку на полное давление.

3. Налить 500 мл деионизированной воды в соответствующую ёмкость. Рекомендуем использовать специальную ёмкость 500 мл фирмы «Vivaflow 50»

4. Прокачать жидкость через установку, чтобы удалить воздушные пробки. Скорость рециркуляции должна быть в диапазоне 200–400 мл/мин. При наличии индикатора давления. Он должен показывать примерно 2,5 бар.

5. Пропустить 400 мл жидкости через сосуд для фильтра.

6. Проверить соединительные узлы на наличие протечек.

Слить воду из установки, опорожнить или заменить сосуд для фильтра (см. «Извлечение»), Теперь установка готова к применению.

При работе с несколькими модулями используется следующее оборудование:

– головка перистальтического насоса для шланга 16 мм, производительность 480 мл/мин;

– перистальтический насос с регулируемой скоростью потока, способный обеспечивать указанную скорость;

– площадка для установки модулей «Vivaflow 50»;

– комплект трубок для последовательного соединения модулей;

– Т-образный переходник;

– соответствующие ёмкости для пробы и фильтра.

На рис. 2 показан общий вид установки (а), направления потоков (б) и порядок соединения модулей (в) при использовании нескольких модулей.

**Концентрирование** осуществляют следующим образом:

1. Наполнить питающий сосуд пробой раствора.

2. Пропустить жидкость через установку. Скорость рециркуляции должна быть в диапазоне 200–400 мл/мин. При наличии индикатора давления он должен показывать примерно 2,5 бар.

3. Выполнить концентрирование пробы до желаемого объёма.

**ВНИМАНИЕ:** Запрещается проводить перистальтическую перекачку жидкости при нахождении одного и того же участка шланга

в головке насоса дольше 6 ч. Превышение этого времени приводит к значительному падению давления и, в конечном счёте, к нарушению работы.

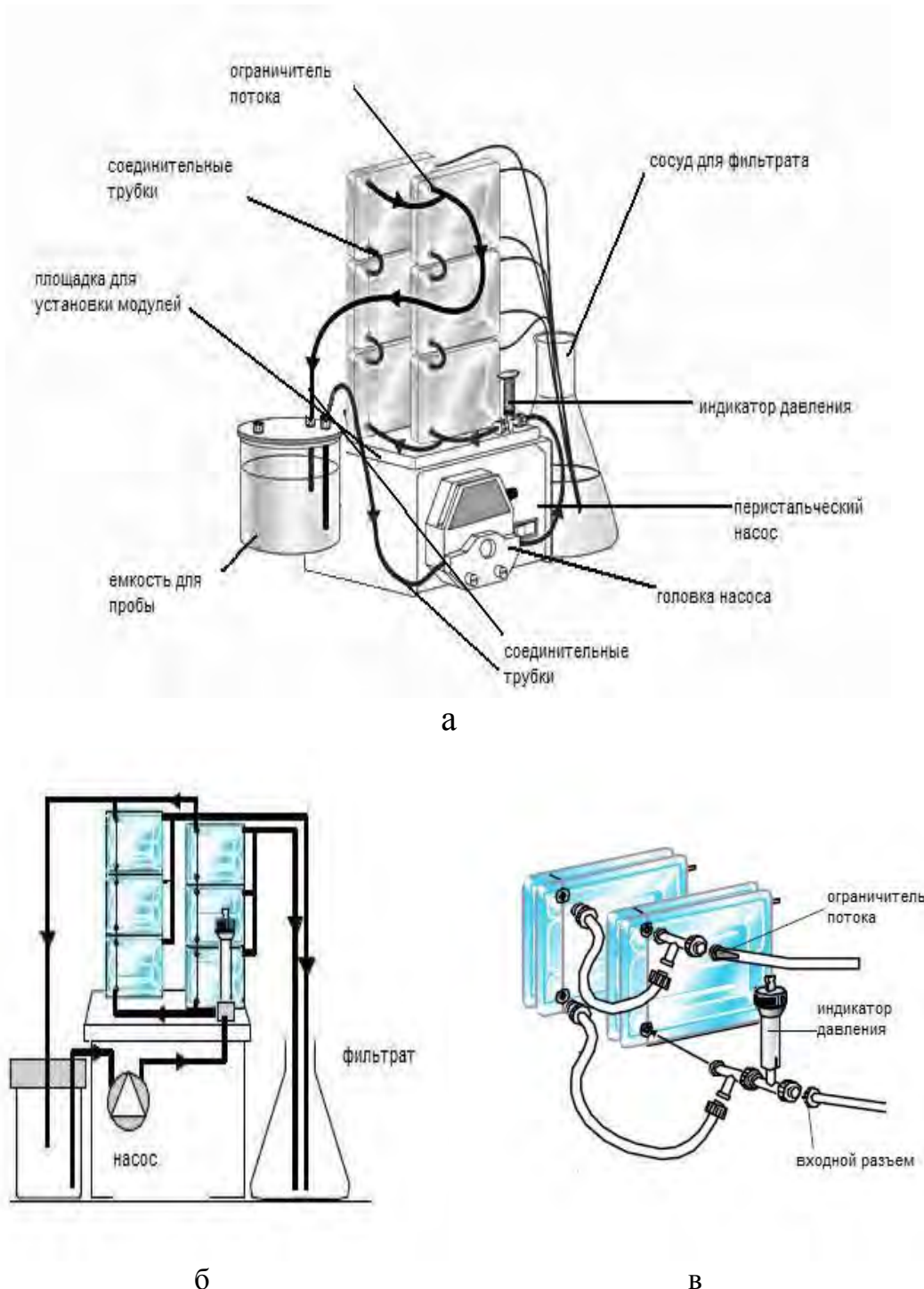


Рис. 2. Схема установки при работе с несколькими модулями:  
 а – общий вид установки; б – направления движения потоков при использовании нескольких модулей;  
 в – схема соединения модулей параллельно

4. По достижении требуемого объёма уменьшить скорость рециркуляции до 20–40 мл/мин и для достижения максимального эффекта пускать концентрированную пробу через систему в течение 1–2 мин.

По окончании работы необходимо:

1. Отсоединить питающую линию от крышки 500 мл сосуда или, при использовании другого сосуда, извлечь питающую трубку из пробы.

2. Перекачать остатки раствора обратно в ёмкость (при использовании параллельных модулей с вязкими растворами убедиться, что все модули пусты; для этого пережать по очереди трубки между каждым рядом модулей).

3. Для более полного извлечения пробы промыть установку водой примерно 5–10 мл на один модуль или буферным раствором и выполнить извлечение как описано выше.

*Задание 2.* Получить ультрафильтрационный концентрат обезжиренного молока и провести сравнительную оценку физико-химических показателей обезжиренного молока и ультрафильтрационного концентрата, полученного при различных факторах концентрирования.

После определения физико-химических показателей обезжиренное молоко подвергают тепловой обработке при температуре  $(74 \pm 2)$  °C в течение 15–20 с, охлаждают до температуры не выше 10 °C и направляют на ультрафильтрационную установку. В процессе ультрафильтрации необходимо поддерживать температурный режим  $(8 \pm 2)$  °C. Концентрирование проводят до факторов концентрирования по белку 2 и 3.

После окончания работы пропустить через систему 500 мл дистиллированной воды и провести мойку установки, включающую следующие этапы:

- промывка дистиллированной водой в течение 10–15 мин;
- мойка щелочным моющим раствором в соответствии с инструкцией по применению;
- ополаскивание дистиллированной водой в течение 25–30 мин;
- пропускание через систему 500 мл дистиллированной воды.

Один раз в три дня после обработки установки щелочным моющим раствором и ополаскивания водой осуществляется мойка кислотным раствором в соответствии с инструкцией по применению моющего раствора. После промывки системы кислотным раствором, этапы последующей мойки соответствуют этапам основной мойки, приведенной выше. После очистки установки, следует наполнить мо-

дули 10 %-ным раствором этанола, изолировать входы и выходы модулей и охладить модули примерно до 4 °С.

При выборе моющих и дезинфицирующих средств необходимо в обязательном порядке учитывать свойства полимеров, из которых изготовлены мембраны, а также их устойчивость к действию рН, температуры и применяемых для этой цели химических веществ.

В полученных продуктах определяют физико-химические показатели, результаты исследований заносят в таблицу.

Таблица 1

**Влияние фактора концентрирования  
на физико-химические показатели молока**

Фактор концентрирования	М.д. белка, %	Титруемая кислотность, °Т	М.д. сухих веществ, %	М.д. лактозы, %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	М.д. кальция, %
Ф1						
Ф2						
Контроль (обезжиренное молоко)						

***Оформление отчета***

В отчете необходимо указать цель работы, краткое описание установки, результаты расчетов и экспериментальных данных в виде таблицы и сделать вывод о влиянии фактора концентрирования на физико-химические показатели УФ-концентрата обезжиренного молока.

***Контрольные вопросы и задания***

1. Какова сущность процесса ультраfiltrации?
2. В чем отличия процесса ультраfiltrации от обычной filtration?
3. Назовите главные требования к мембранам, применяемым при ультраfiltrационной обработке.
4. Что такое концентрационная поляризация?
5. Каковы преимущества и недостатки применяемых в промышленности мембран?
6. Какие параметры необходимо учитывать при выборе моющих и дезинфицирующих для санитарной обработки ультраfiltrационной установки?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Производство йогурта из ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока

При производстве йогурта используют различные технологические схемы, включающие в себя ультрафильтрационное концентрирование молочного сырья. Основным отличием этих схем является подсушивание молока ультрафильтрацией до различного содержания белка. В сущности, ультрафильтрация просто увеличивает концентрацию белка, в то время как концентрация минеральных веществ и лактозы за счет их частичной пермеации остается практически на том же уровне.

**Цель работы:** выработать йогурты из обезжиренного молока и ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока. Изучить влияние ультрафильтрационной обработки молока на процесс сквашивания. Провести сравнительную оценку показателей качества готовых продуктов.

#### ***Оборудование, приборы, материалы:***

- набор посуды и реактивов для определения массовой доли белка, титруемой кислотности, сухих веществ, белка, лактозы обезжиренного молока, ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока;
- эксикатор;
- центрифуга лабораторная;
- ротационный вискозиметр «Реотест-2»;
- прибор рН-410;
- ультрафильтрационный концентрат обезжиренного молока с фактором концентрирования 1.5;
- молоко обезжиренное натуральное кислотностью не более 20 °Т, плотностью не менее 1030 кг/м<sup>3</sup>;
- молоко сухое обезжиренное распылительной сушки;
- закваска для производства йогурта.

#### ***Методы исследований***

При выполнении работы показатели сырья и продуктов определяют с помощью следующих методов:

- титруемую кислотность – по ГОСТ 3624–92;

- рН – потенциометрическим методом на приборе рН–150;
- м.д. белка – формольным титрованием по ГОСТ 25179–90;
- м.д. лактозы – йодометрическим методом;
- м.д. сухих веществ – по ГОСТ 3626–73;
- влагоудерживающую способность сгустков – по динамике отделения сыворотки при центрифугировании 10 мл кисломолочного сгустка в течение 30 мин;
- реологические показатели готовых продуктов – на ротационном вискозиметре «Реотест-2», согласно инструкции по применению.

### ***Порядок выполнения работы***

Рассчитать требуемое количество сухого обезжиренного молока для проведения процесса нормализации смеси по белку. Содержание белка в смеси должно соответствовать содержанию белка в УФ – концентрате обезжиренного молока.

Подготовить образцы нормализованной смеси и УФ-концентрата обезжиренного молока. В них определить титруемую кислотность, массовую долю сухих веществ, белка и лактозы. Разделить каждый образец на две пробы. По одной пробе каждого образца подготовить для изучения изменения рН в процессе сквашивания. Оставшиеся – для получения продукта с неразрушенным сгустком для определения реологических показателей.

Йогурт вырабатывается по типовой схеме производства. Для этого нормализованную смесь подвергают тепловой обработке (пастеризации) при температуре 90–92 °С с выдержкой 2–8 мин, охлаждают до температуры заквашивания, характерной для термофильного стрептококка и болгарской палочки, а именно (41±1) °С. Затем вносят рассчитанное количество закваски 1–3 % и оставляют в термостате для сквашивания. В процессе сквашивания контролируют рН и титруемой кислотность каждый час, включая момент заквашивания. Окончание сквашивания определяют по образованию достаточно прочного сгустка.

В образцах готового продукта определяют органолептические показатели, влагоудерживающую способность и реологические характеристики.

Для определения вязкостных характеристик, устойчивости структуры сгустков к разрушению и способности к тиксотропному

восстановлению измерения проводят при различных градиентах скорости сдвига при его увеличении (прямой ход) и последующем уменьшении (обратный ход).

По показаниям прибора вычисляют касательное напряжение для каждой скорости сдвига по формуле

$$\tau = z \cdot \alpha,$$

где  $\tau$  – касательное напряжение, Па;  $z$  – константа цилиндра, Па / дел. шкалы;  $\alpha$  – показание измерительного прибора, деления шкалы.

Затем вычисляют значение коэффициента эффективной вязкости по формуле

$$\eta = \frac{\tau}{\gamma},$$

где  $\eta$  – коэффициент эффективной вязкости, Па·с;  $\tau$  – касательное напряжение, Па;  $\gamma$  – градиент скорости сдвига, с<sup>-1</sup>.

### ***Оформление отчета***

В отчете необходимо указать цель работы, краткое описание хода эксперимента. Результаты по определению физико-химических показателей оформить в виде таблицы. Привести расчет нормализации молока. Построить график, характеризующий влагоудерживающую способность сгустков (по количеству отделяемой при центрифугировании сыворотки). Построить график зависимости коэффициента эффективной вязкости от градиента скорости. Провести сравнительный анализ показателей качества двух образцов йогурта, сделать выводы.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Назовите основные параметры процесса ультраfiltrации.
2. Каково практическое применение процесса ультраfiltrации?
3. Каковы преимущества и недостатки применения процесса ультраfiltrации в молочной промышленности?
4. Для каких целей применяют метод ультраfiltrационной обработки молока при производстве йогурта?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### Производство полутвердого сыра с низкой температурой второго нагревания из УФ-концентрата обезжиренного молока (на примере сыра «Литовский»)

Производство сыров является одной из самых важных областей применения ультрафильтрации. Ультрафильтрация используется практически при выработке всех видов сыров.

Фактор сезонности и породы коров оказывают существенное влияние на поддержание постоянного уровня белка в молоке. Нормализация по м.д. белка с помощью ультрафильтрации может исключить фактор сезонности уровня белка, обеспечив тем самым однородный процесс производства сыра и оптимизацию в использовании оборудования.

Повышение массовой доли белка в молоке с помощью ультрафильтрации приводит к изменению структурно – механических и синергетических свойств полученных сгустков. Как известно, именно эти свойства сырных сгустков играют главную роль в технологии сыроделия. Увеличение содержания белка в ультрафильтрационном концентрате обезжиренного молока способствует возрастанию среднего линейного размера и однородности полученных сырных зерен.

Технология ультрафильтрации обеспечивает увеличение выхода и гибкость процесса производства сыра.

Ультрафильтрация исходного молока при выработке сыров позволяет в значительной степени избежать потерь жира и белковых веществ как за счёт удержания сывороточных белков в концентрате, так и за счёт существенного уменьшения объёма сыворотки, выделяющейся в процессе образования белкового сгустка из концентрата.

Практика показала следующие преимущества выработки сыров из молока, предварительно сконцентрированного с помощью ультрафильтрационной установки:

- улучшение технологических свойств молока;
- увеличение выхода готового продукта;
- сокращение расхода молокосвёртывающих препаратов;
- увеличение производительности оборудования для получения сырного сгустка и его обработки;
- уменьшение числа емкостей для хранения сырья в связи с высокой степенью концентрирования исходного молока (3,3–5 р.)



**Цель работы:** изучить влияние УФ-обработки обезжиренного молока на процесс сычужного свертывания. Выработать сыр «Литовский» из обезжиренного молока и УФ-концентрата обезжиренного молока. Сравнить качественные показатели готовых продуктов.

**Оборудование, приборы, материалы:**

- набор посуды и реактивов для определения массовой доли белка, титруемой кислотности, сухих веществ, белка обезжиренного молока, ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока;
- эксикатор;
- центрифуга лабораторная;
- рН – метр рН–410;
- устройство для определения влажности пищевого сырья и продуктов «Элекс–7»;
- сушильный шкаф;
- ареометры для молока типа АМ с ценой деления шкалы  $0,5 \text{ кг/м}^3$  или АМТ с ценой деления шкалы  $1 \text{ кг/м}^3$  по ГОСТ 18481 для измерения плотности молока цельного, повышенной жирности, топленого, белкового, витаминизированного, стерилизованного и обезжиренного, сливок, пахты и сыворотки;
- кальций хлористый, предназначенный для применения в пищевой и фармацевтической промышленности, обеспечивающие качество, безопасность и другие виды кальция хлористого, разрешенные Роспотребнадзором РФ;
- соль поваренная пищевая по ГОСТ Р 51574 не ниже высшего сорта и сорта «Экстра»;
- препараты ферментные молокосвертывающие по ГОСТ Р 52688 «Препараты ферментные молокосвертывающие. Технические условия» и другие: животного и микробиологического происхождения, обеспечивающие качество, безопасность;
- ультрафильтрационный концентрат обезжиренного молока с различными факторами концентрирования;
- молоко коровье обезжиренное без посторонних привкусов и запахов плотностью не менее  $1030 \text{ кг/м}^3$ , полученное при сепарировании молока коровьего сырого, соответствующего требованиям к молоку для сыроделия.

## *Методы исследований*

При выполнении работы показатели сырья и продуктов определяют с помощью следующих методов:

- рН – потенциометрическим методом на приборе рН–410;
- м.д. жира, СОМО, белка, плотность, температуру – на анализаторе молока Клевер–2;
- м.д. влаги в сыре – по ГОСТ 3626–73;
- м.д. сухих веществ в сыворотке – по ГОСТ 3625–84 и ГОСТ Р 53438–2009 или по инструкции по техническому контролю на предприятиях молочной промышленности.

## *Порядок выполнения работы*

*Задание 1.* Изучить влияние ультрафильтрационной обработки обезжиренного молока на процесс сычужного свертывания.

Получить у лаборанта несколько образцов ультрафильтрационного концентрата с различной массовой долей белка. Приготовить 1%-ный раствор сычужного фермента.

Отмерить в стаканы по 10 мл подготовленного УФ-концентрата подогретого до температуры 40–42 °С, внести 40 %-ный раствор хлористого кальция из расчета 30 г безводной соли на 100 кг.

Затем в каждый стакан внести по 1 мл раствора сычужного фермента, быстро перемешать и оставить в покое до появления на его стенках хлопьев образовавшегося сгустка. Продолжительность свертывания отмечается по секундомеру.

*Задание 2.* Выработать сыры из обезжиренного молока и УФ-концентрата обезжиренного молока и определить их физико-химические и органолептические показатели.

Сыр Литовский имеет форму прямоугольного бруска со слегка выпуклыми боковыми поверхностями и округленными гранями: длина 24–30 см, ширина 12–15 см, высота 9–12 см, вес 2,6–6,0 кг.

*Вкус и запах.* Слабовыраженный сырный, кисловатый; допускается легкая горечь и слабокормовой привкус.

*Консистенция.* Плотная или слегка ломкая на изгибе.

*Рисунок.* Неравномерный, состоит из глазков неправильной или щелевидной формы, расположенных по всей массе сыра, допускается отсутствие рисунка.

*Цвет теста.* От белого до светло-желтого, однородный по всей массе.

*Внешний вид.* Корка ровная, тонкая, без толстого подкоркового слоя, покрытая специальным полимерно-парафиновым сплавом или полимерной пленкой под вакуумом; допускается незначительная деформация головок сыра.

Процесс ультрафильтрации обезжиренного молока осуществляют при температуре  $(50\pm 5)$  °С до массовой доли сухих веществ в молочном концентрате  $(13,0\pm 0,5)$  %, в т. ч. белковых веществ –  $(5,0\pm 0,5)$  %. Операция «созревание молока» при этом исключается.

Проведение пастеризации целесообразно перед ультрафильтрацией, особенно для концентратов с высоким содержанием сухих веществ. Это связано с тем, что бактериальные клетки задерживаются полупроницаемой мембраной, вследствие чего повышается бактериальная обсемененность концентрата. Согласно теории пастеризации Г.А. Кука, количество остаточной микрофлоры в пастеризованном молоке зависит от исходного содержания бактериальных клеток, а эффективность пастеризации от содержания сухих веществ в среде, подвергающейся тепловой обработке. Отсюда следует, что пастеризация молока перед ультрафильтрацией обеспечивает больший бактерицидный эффект по сравнению с пастеризацией концентрата. Для сыров, в производстве которых ультрафильтрацию используют с целью нормализации молока по белку, пастеризация может проводиться после ультрафильтрации.

При выработке литовского сыра из молочного концентрата, полученного методом ультрафильтрации, количество добавляемой закваски на мезофильных молочнокислых стрептококках составляет от 0,7 до 2,0 %; при выработке из обезжиренного молока – 1 – 2 %. Титруемая кислотность молочной смеси перед свертыванием – от 20 до 22 °Т, а молочного концентрата – не более 25 °Т. Расход молоко-свертывающего фермента при использовании УФ-концентрата уменьшается пропорционально степени концентрирования сухих веществ, но должен обеспечить свертывание молока за  $(35\pm 5)$  мин. Температуру свертывания устанавливают в пределах от 30 до 32 °С.

Готовый сгусток разрезают на кубики размером от 15 до 20 мм. Затем осторожно ведут постановку зерна. Преобладающий размер сырного зерна после постановки – от 8 до 10 мм. Во время постановки зерна удаляют 20–40 % сыворотки от количества перерабатываемого мо-

лока. Для предупреждения развития излишне высокой кислотности сырной массы в тех случаях, когда кислотность сыворотки ко второму нагреванию повышается более чем на  $1,5\text{ }^{\circ}\text{T}$ , в смесь перед нагреванием вносят от 10 до 15 % пастеризованной воды (к количеству перерабатываемого молока). Второе нагревание смеси зерна с сывороткой проводят до температуры  $35\text{--}37\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение 10–12 мин. После второго нагревания зерно вымешивают в течение 15–25 мин. В конце обработки дополнительно удаляют от 20 до 30 % сыворотки и производят частичную посолку из расчета 200–300 г поваренной соли на 100 кг молока. При выработке литовского сыра из молочного концентрата, полученного методом ультрафильтрации, дополнительно удаления сыворотки не производят. Литовский сыр формируют двумя способами: из пласта или насыпью. При формировании из пласта пласт подпрессовывают в течение  $(20\pm 5)$  мин при давлении от 1 до 2 кПа (от 0,01 до 0,02 кгс/см<sup>2</sup>), а затем разрезают на бруски, соответствующие размерам форм, и укладывают их в подготовленные формы.

При втором способе зерно освобождают на отделителе от сыворотки и насыпают в подготовленные формы, в которых оно уплотняется.

Сформованную сырную массу подвергают самопрессованию в формах в течение  $(35\pm 15)$  мин с одноразовым переворачиванием, а затем сыр маркируют и подают на прессование.

Прессуют сыр в течение  $(2\pm 0,5)$  ч при постепенном увеличении давления от 10 до 35 кПа.

Сыр солят в рассоле, имеющем температуру  $(10\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в течение  $(2,5\pm 0,5)$  сут. После посолки сыры обсушивают при температуре  $(10\pm 2)\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха от 90 до 95 %.

Сыры созревают при температуре  $(13\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха – от 85 до 90 % в течение 45 суток со дня выработки.

Лабораторная работа заканчивается на стадии прессования сыра. Время по уходу за сырами выделяется в период проведения последующих занятий.

### ***Оформление отчета***

Отчет о работе должен содержать цель работы, краткое описание технологического процесса, результаты расчетов и экспериментальные данные, выводы.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Назовите необходимые условия для получения концентратов с хорошими микробиологическими показателями.
2. Назовите факторы, влияющие на скорость процесса ультрафильтрации?
3. Каковы преимущества применения ультрафильтрации в сыроделии?
4. Каковы отличия в технологической схеме производства сыра «Литовского» из ультрафильтрационного концентрата молока от традиционной схемы производства этого вида сыра?

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**

### **Фракционирование молочного сырья с помощью биополимеров**

***Цель работы:*** изучение технологии разделения молочного сырья с применением растворов биополимеров

#### ***Приборы и материалы:***

- обезжиренное молоко, полученное сепарированием цельного коровьего молока;
- сухое обезжиренное молоко;
- полисахариды различных видов: пектин (яблочный, цитрусовый), Na-карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ);
- весы аналитические;
- термометры спиртовые;
- набор посуды и реактивов для определения титруемой кислотности;
- стаканы термостойкие вместимостью 100 и 500 см<sup>3</sup>;
- колбы мерные вместимостью 100 см<sup>3</sup>
- водяная баня;
- прибор «Элекс» для определения м.д. влаги;
- прибор «Клевер-2»;
- рН-метр;
- ротационный вискозиметр «Реотест-2»;

## ***Порядок выполнения работы***

*Задание 1.* Ознакомиться с технологией фракционирования обезжиренного молока полисахаридами.

В соответствии с [11] для разделения молока на казеиновую и полисахаридную фракции рекомендуется использовать полисахариды (Na-КМЦ, микробные полисахариды, альгинаты), имеющие определенные показатели, в частности:

- степень этерификации – 70–75 % для пектина и 75–80 % для Na-КМЦ;
- содержание полиуронидов (основного компонента) 60–80 %;
- молекулярная масса 20–30 кД;
- студнеобразующая способность (для пектина) 150–300 °ТБ.

(С помощью прибора Тарр-Бейкера студнеобразующую способность измеряют как число градусов Тарр-Бейкера (°ТБ), которое показывает, какое количество сахара связывает 1 г пектина при образовании нормального студня (ГОСТ 29186–91 Пектин. Технические условия.)

Пектин вносят в обезжиренное молоко в виде водного раствора концентрацией 5–7 %, Na-КМЦ – 3,5–4,0 %. Для ускорения процесса приготовления системы используют перемешивание с применением специального оборудования или обычной мешалки.

Внесение полисахаридов в обезжиренное молоко в сухом виде нецелесообразно, поскольку в этом случае затруднено приготовление системы и ее отстаивание. Для растворения препарата и получения однородной смеси требуется длительное и интенсивное перемешивание. При этом может происходить частичное разрушение белков обезжиренного молока, что приводит к уменьшению плотности осадка, снижению концентрации белка в белковом концентрате и увеличению содержания белка в сывороточно-полисахаридной фазе.

Приготовление водного раствора полисахарида ведут следующим образом: в стакан вместимостью 100 см<sup>3</sup> помещают 6 г сухого пектина, взвешенного с точностью до 0,01 г, приливают при перемешивании небольшими порциями теплую дистиллированную воду. Общий объем жидкости доводят до 100 см<sup>3</sup>.

Для исследования используют образцы обезжиренного молока (натурального и восстановленного) с титруемой кислотностью 16–18 °Т, которые подвергают тепловой обработке при температуре 70–75 °С и охлаждают до 10 °С.

Затем к 900 мл подготовленного обезжиренного молока прибавляют 100 мл водного раствора пектина при перемешивании и

оставляют на 60–90 мин или центрифугируют в течение 30–45 мин для разделения системы на две фракции: концентрат натурального казеина (КНК) и сывороточно-полисахаридную фракцию (СПФ).

По объёму белковый концентрат составляет до 15 % от объёма приготовленной системы, сывороточно-полисахаридная фаза занимает до 85 % от общего объёма системы.

При необходимости хранения свежеприготовленный КНК можно подвергать тепловой обработке при температуре 65–100 °С, а сывороточно-полисахаридную фазу сгущать при температуре 45–60 °С и далее сушить.

*Задание 2.* В полученных фракциях определить показатели качества и функционально-технологические свойства (органолептические показатели, титруемую и активную кислотность, массовую долю сухих веществ и белка в КНК и СПФ, массовую долю лактозы в СПФ, пенообразующую способность, реологические показатели), а также рассчитать выход КНК.

### ***Оформление отчета***

Отчет о работе должен содержать цель работы, характеристику исходного молока и применяемых для разделения растворов полисахаридов, краткое описание технологического процесса разделения обезжиренного молока, результаты расчетов и экспериментальные данные, выводы.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. В чем сущность процесса разделения молочного сырья с помощью полисахаридов?
2. Дайте характеристику применяемых полисахаридов.
3. Назовите фракции, на которые разделяется обезжиренное молоко, дайте их характеристику.
4. Как приготовить раствор пектина для разделения молока на фракции?
5. Каковы преимущества технологии «Био-Тон»?
6. Где можно применять концентрат натурального казеина и сывороточно-полисахаридную фракцию?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Берговин А.М.** Мембранная фильтрация в молочной промышленности // Переработка молока. – 2008. – № 3. – С. 10–11.
2. **Горбатюк В.И.** Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Колос, 1999. – 335 с.
3. **Фетисов Е.А., Чагаровский А.П.** Мембранные и молекулярно-ситовые методы переработки молока. – М.: Агропромиздат, 1991. – 272 с.
4. **Кавецкий Г.Д., Королев Л.В.** Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
5. **Дытнерский Ю.И.** Процессы и аппараты химической технологии: Учеб. для вузов. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты. – М.: Химия, 1992. – 384 с.
6. **Зябрев А.Ф.** Применение мембранных процессов при переработке молочных продуктов. Мембранные системы БИОКОН // Переработка молока. – 2001. – № 12. – С. 8–9.
7. Мягкие сыры с УФ-концентрами / О.А. Суюнчев, И.Е. Евдокимов, А.С. Рудаков, Н.Я. Дыкало // Сыроделие и маслоделие. – 2007. – № 1. – С. 21–22.
8. **Толстогузов В.Б.** Новые формы белковой пищи. – М.: Агропромиздат, 1987. – 303 с.
9. Переработка молочного сырья с применением полисахаридов по технологии «Био-Тон» / В.В. Молочников, Т.А. Орлова, О.А. Суюнчев // Пищевая промышленность. – 1996. – № 5. – С. 34–35.
10. **Орлова Т.А.** Биотехнологические принципы производства функциональных молочных продуктов с применением полисахаридов. – Ставрополь: АГРУС, 2009. – 48 с.
11. Концентраты белков молока / В.И. Трухачев, В.В. Молочников, Т.А. Орлова, Р.И. Раманаускас. – Ставрополь: АГРУС, 2009. – 152 с.
12. Фракционирование молочного сырья полисахаридами / В.В. Молочников, А.А. Храмцов, Т.А. Орлова, Ч.М. Батдыев, В.В. Садовой, В.Е. Мильтюсов // Молочная промышленность. – 2008. – № 12. – С. 47–48.
13. Хитин и хитозан: Получение, свойства и применение / Под ред. К.Г. Скрыбина, Г.А. Вихоревой, В.П. Варламова. – М.: Наука, 2002. – 368 с.



14. **Скапец О.В., Мезенова О.Я.** Оптимизация процесса фракционирования молочной сыворотки пектином и хитозаном // Известия вузов. Пищевая технология. – 2011. – № 2–3. – С. 64–66.

15. **Мезенова О.Я., Скапец О.В.** Хитозан в технологии комплексной переработки молочной сыворотки // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 6. – С. 49–53.

16. Патент 2432768 РФ. Способ приготовления функционального напитка на основе молочной сыворотки / О.Я. Мезенова, О.В. Скапец. Заявка № 2010111984, приоритет от 29.03.2010.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Определение массовой доли белка в молоке методом формольного титрования

Метод формольного титрования основан на реакции щелочных аминогрупп белка с формалином, в результате которой освобождаются карбоксильные кислые группы белка. При этом повышается титруемая кислотность молока, по приросту которой определяют массовую долю белка в молоке. Данный метод применяют для контроля массовой доли белка в молоке кислотностью не более 22 °Т.

#### Ход анализа

В химический стакан вместимостью 150–200 мл отмеривают с помощью пипетки 20 мл молока, 0,25 мл 2%-го раствора фенолфталеина и титруют 0,1 н раствором едкого натра до появления слабо-розового окрашивания, соответствующего окраске эталона. Затем в стакан вносят 4 мл нейтрализованного 36–40 %-го формалина, перемешивают круговыми движениями и через 1 мин вторично титруют до появления слабо-розового окрашивания.

Массовая доля общего количества белков в молоке в процентах равна количеству 0,1 н раствора едкого натра, затраченного на нейтрализацию в присутствии формалина, умноженному на 0,959.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Определение массовой доли белка в молоке рефрактометрическим методом (ГОСТ 25179–90)

Рефрактометрический метод основан на измерении показателей преломления молока и безбелковой молочной сыворотки, полученной из того же образца молока, разность между которыми прямо пропорциональна массовой доле белка в молоке.

#### Ход анализа

Наливают в 3 флакона по 5 мл молока, добавляют по 6 капель раствора хлористого кальция. Флаконы закрывают пробками и содержимое их перемешивают путем переворачивания флаконов.

Флаконы помещают в водяную баню, наливая в баню воду так, чтобы ее уровень достигал половины высоты флаконов. Баню закрывают, помещают на электроплитку, доводят воду в бане до кипения и кипятят не менее 10 мин.

Не открывая бани, сливают горячую воду через отверстия в крышке, наливают в баню холодную воду и выдерживают в ней флаконы не менее 2 мин. Открывают баню, извлекают флаконы и разрушают белковый сгусток путем энергичного встряхивания флаконов.

Флаконы помещают в центрифугу и центрифугируют не менее 10 мин. Образовавшуюся прозрачную сыворотку отбирают пипеткой и наносят на измерительную призму рефрактометра 1 – 2 капли. Закрывают измерительную призму осветительной.

Наблюдая в окуляр рефрактометра, специальным корректором убирают окрашенность границы света и тени. Для улучшения резкости границы измерение проводят через 1 мин после нанесения сыворотки на призму, так как за это время из пробы удаляется воздух и поверхность осветительной призмы лучше смачивается.

Проводят по шкале «Белок» не менее трех наблюдений. Удаляют сыворотку с призмы рефрактометра, промывают ее водой и вытирают фильтровальной бумагой.

Помещают на измерительную призму 2 капли исследуемого молока и проводят по шкале «Белок» не менее 5 наблюдений, так как резкость границы света и тени у молока хуже, чем у сыворотки.

Вычисляют средние арифметические результаты наблюдений для сыворотки и молока. Массовую долю белка в молоке ( $B_m$ , %) вычисляют по формуле

$$B_m = B_1 - B_2,$$

где  $B_1$  – среднее арифметическое значение результатов наблюдения по шкале «Белок» для молока, %;  $B_2$  – среднее арифметическое значение результатов наблюдения по шкале «Белок» для сыворотки, %.

Предел допустимой погрешности результата измерений составляет  $\pm 0,1$  % массовой доли белка при расхождении между двумя параллельными определениями не более 0,1 % массовой доли белка.

За окончательный результат измерения принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных вычислений массовой доли белка, округляя полученный результат до второго десятичного знака.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1. Получение ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока .....	15
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. Производство йогурта из ультрафильтрационного концентрата обезжиренного молока.....	21
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. Производство полутвердого сыра с низкой температурой второго нагревания из УФ-концентрата обезжиренного молока (на примере сыра «Литовский») .....	24
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. Фракционирование молочного сырья с помощью биополимеров .....	29
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	35

**Миссия университета** – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

---

## ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ



Институт холода и биотехнологий является преемником Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий (СПбГУНиПТ), который в ходе реорганизации (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации № 2209 от 17 августа 2011г.) в январе 2012 года был присоединен к Санкт-Петербургскому национальному исследовательскому университету информационных технологий, механики и оптики.

Созданный 31 мая 1931года институт стал крупнейшим образовательным и научным центром, одним из ведущих вузов страны в области холодильной, криогенной техники, технологий и в экономике пищевых производств.

За годы существования вуза сформировались известные во всем мире научные и педагогические школы. В настоящее время фундаментальные и прикладные исследования проводятся по 20 основным научным направлениям: научные основы холодильных машин и термотрансформаторов; повышение эффективности холодильных установок; газодинамика и компрессоростроение; совершенствование процессов, машин и аппаратов криогенной техники; теплофизика; теплофизическое приборостроение;

машины, аппараты и системы кондиционирования; хладостойкие стали; проблемы прочности при низких температурах; твердотельные преобразователи энергии; холодильная обработка и хранение пищевых продуктов; тепломассоперенос в пищевой промышленности; технология молока и молочных продуктов; физико-химические, биохимические и микробиологические основы переработки пищевого сырья; пищевая технология продуктов из растительного сырья; физико-химическая механика и тепло-и массообмен; методы управления технологическими процессами; техника пищевых производств и торговли; промышленная экология; от экологической теории к практике инновационного управления предприятием.

На предприятиях холодильной, пищевых отраслей реализовано около тысячи крупных проектов, разработанных учеными и преподавателями института.

Ежегодно проводятся международные научные конференции, семинары, конференции научно-технического творчества молодежи.

Издаются научно-теоретический журнал «Вестник Международной академии холода» и Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств», Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент».

В вузе ведется подготовка кадров высшей квалификации в аспирантуре и докторантуре.

Действуют два диссертационных совета, которые принимают к защите докторские и кандидатские диссертации.

Вуз является активным участником мирового рынка образовательных и научных услуг.

**[www.ifmo.ru](http://www.ifmo.ru)**

**[ihbt.ifmo.ru](http://ihbt.ifmo.ru)**

Забодалова Людмила Александровна  
Яковченко Наталья Владимировна

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА  
ПРОДУКТОВ НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ**  
**Учебно-методическое пособие**

*Ответственный редактор*  
Т.Г. Смирнова

*Титульный редактор*  
Е.О. Трусова

*Компьютерная верстка*  
Д.Е. Мышковский

*Дизайн обложки*  
Н.А. Потехина

*Печатается  
в авторской редакции*

---

Подписано в печать 20.02.2015. Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 2,33. Печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,31  
Тираж 50 экз. Заказ № С 12

---

Университет ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

Издательско-информационный комплекс  
191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9