

Автор ер.
К 84

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

КРУГЛИК Владимир Иванович

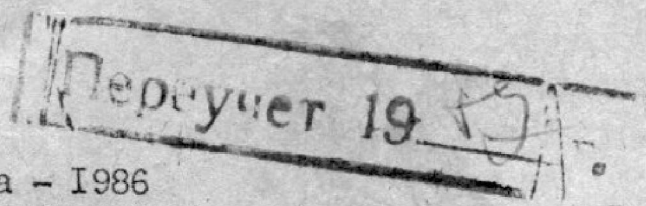
УДК 637.14:541.18.045

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СУХИХ МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ
КОНЦЕНТРАТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРА- И
ДИАФИЛЬТРАЦИИ

специальность 05.13.13 — технология консервированных
пищевых продуктов

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Одесса — 1986

Сн

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор М.А.Гришин

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
старший научный сотрудник
И.А.Радаева
- доктор химических наук,
старший научный сотрудник
В.Н.Голубев

Ведущая организация - Институт питания АМН СССР

1986 г. в 10
Д 068.35.01 при
Одесского
промышленности имени
Свердлова, II2.
в библиотеке Одесского
промышленности имени

Актуальность темы. В решениях XXIII съезда КПСС и последую-
ленинских ее Центральным Комитетом перед специалистами мо-
и промышленности агропромышленного комплекса страны постав-
задачи по быстрейшему переводу отрасли на новый интенсивный
развития за счет ускорения научно-технического прогресса.
зация поставленных задач возможна только на основе внедре-
новых энерго- и ресурсосберегающих технологий, обеспечиваю-
наиболее полное использование всех составных частей молока,
учение молочных продуктов высокого качества и в требуемых
ях. Важное значение придается рациональному использованию
восодержащего молочного сырья (обезжиренного молока и сыво-
), поступающего на промышленную переработку, и высокой би-
ческой ценности молочных белков.

Наиболее перспективным методом выделения и концентрирова-
молочных белков без изменений их нативных свойств является
рафильтрация (УФ). УФ концентрирование в сочетании с други-
методами мембранной обработки позволяет получать новые виды
ино-белковых концентратов (МБК) с регулируемым составом. К
методам относится диафильтрация (ДФ), сущность которой за-
а Д 068.35.01 при
Одесского
промышленности имени
Свердлова, II2.
в библиотеке Одесского
промышленности имени

Цель работы и задачи исследований. Целью настоящих исследо-
й является разработка технологии сухих МБК с регулируемым
1986 г.авом.

- Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:
- изучить характеристики и свойства УФ мембран нового поко- ✓
 - изучить влияние различных факторов на эффективность про- ✓
 - изучить процесс ДФ концентрирования молочного сырья;
 - исследовать процесс ДФ концентрирования молочного сырья;
 - изучить изменение химического состава и физико-химических ✓
 - разработать научно обоснованную технологию сухих МБК с ✓

Одесский технологический институт

✓ 015565
Автор: Круглик В.
К84 Разработка
Технологии сухих
1986
7 04.89

Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну

ОНАХТ 02.04.13
Разработка технологи
v015565

- провести качественную оценку сухих МБК с регулируемым составом.

Объекты исследования. Объектами исследования при выполнении настоящей работы являлись: мембраны "Владипор" первого и второго поколения, ядерные фильтры, процессы УФ и ДФ концентрирования обезжиренного молока, ультрафильтрационные (УФК) и диалитические (ДФК) концентраты, фильтрат, сухие МБК с регулируемым составом.

Научная новизна результатов исследований. Доказана возможность использования новых видов УФ мембран для концентрирования обезжиренного молока. Установлено, что для мембран второго поколения и ядерных фильтров характерно отсутствие критических давлений, а для ядерных фильтров и "максимально допустимых" в сравнении с мембранами первого поколения.

Выявлена природа образования гелевого белкового слоя на поверхности мембран. Установлено, что превышение определенных величин давлений при УФ обезжиренного молока приводит к уплотнению гелевого слоя и снижению производительности мембран. Установлена взаимосвязь между величиной этого давления и концентрацией сухих веществ. Показано, что эффективность УФ зависит от pH обезжиренного молока. Определены условия проведения процесса УФ концентрирования обезжиренного молока при различных температурах, исключая влияние pH на его эффективность.

Доказана возможность получения МБК с регулируемым химическим составом в процессе ДФ. Установлена предельная степень концентрирования ДФК. Изучен состав и физико-химические показатели УФК и ДФК обезжиренного молока.

Показано, что наиболее эффективной является схема процесса ДФ с противотоком воды.

Установлено, что МБК с регулируемым соотношением казеина и сывороточных белков (к/с), полученные с применением УФ и ДФ, обладают более высокой биологической ценностью в сравнении с казеинатами, копреципитатами, казеитами и другими видами белков, выпускаемыми молочной промышленностью.

Практическая ценность. На базе обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, накопленных в ходе выполнения настоящей диссертационной работы, разработана технология сухих пищевых молочных белков с регулируемым соотношением к/с. Разработан и согласован в Госагропроме СССР проект нормативно-технической документации на производство белка сухого пищевого

молочного к/с. Предложены методики инженерного расчета процессов УФ и ДФ. Проверка технологии белков сухих пищевых молочных к/с осуществлена в опытно-экспериментальном цехе Истринского отделения ВНИИМ.

Апробация работы. Основные положения, изложенные в диссертационной работе, доложены и одобрены на Межреспубликанской конференции молодых ученых по состоянию и перспективам мало- и безотходной технологии и использованию вторичных материальных ресурсов (Тбилиси, 1985 г.); I и II Республиканских семинарах по мембранам (Одесса, 1984, 1985 г.); Второй Всесоюзной научно-технической конференции "Разработка процессов получения комбинированных продуктов питания (технология, аппаратное оформление, оптимизация)" (Москва, 1984 г.); республиканской научно-технической конференции "Мембранная технология в пищевой промышленности" (Херсон, 1986 г.); вечере в Московском Доме ученых АН СССР, посвященном применению мембранной технологии в народном хозяйстве (Москва, 1985 г.); научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М.В.Ломоносова (1984, 1985, 1986г); на межкафедральном заседании ОТИП им. М.В.Ломоносова (1986 г.).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, семи глав, включающих обзор литературы, технику и методы исследований, результаты исследований, выводы, списка использованной литературы и приложений.

Работа изложена на 147 страницах основного машинописного текста, содержит 28 таблиц, 46 рисунков и фотографий.

Автор выражает благодарность научным консультантам профессору Крашениннику П.Ф. и доценту Чагаровскому А.П. за оказанную помощь при выполнении настоящей работы.

На защиту выносятся:

- результаты исследований УФ мембран первого, второго поколения и ядерных фильтров;
- результаты исследований УФ, ДФ процессов, и методики их расчета;
- результаты изучения состава и физико-химических характеристик УФК и ДФК;
- обоснование технологических параметров производства МБК с регулируемым составом.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность разрабатываемой темы исследований, ее научное и практическое значение. Сформулирована цель работы.

В первой главе, посвященной обзору литературы, обсуждаются вопросы, связанные с технологией МБК, выпускаемых отечественной молочной промышленностью. Подробно рассмотрены технологические схемы производства казеинатов, копреципитатов, казеитов и других видов белков. Недостатком этих технологий является изменение нативных свойств белков молока в процессе их выделения и концентрирования.

В настоящее время отечественной молочной промышленностью осваиваются мембранные методы разделения молока и молочных продуктов и, в частности, УФ. Внедрение этих методов стало возможным на основе работ, выполненных Н.Н.Липатовым, Е.А.Фетисовым, П.Ф.Крашенининым, А.В.Конаныхиным, В.А.Лялиным, А.П.Чагаровским, А.И.Гончаровым и другими специалистами в области мембранной обработки молока. Определенное внимание уделено характеристике УФ мембран, применяемых для концентрирования белковой фазы молочного сырья. Показано, что свойства мембран второго поколения, изготовленных на основе полисульфонамида, практически не описаны в литературе.

Анализ действующей нормативно-технической документации по производству МБК, очищенных от низкомолекулярных веществ (РСБ, ДМБ и др.), а также научно-технической литературы по данному вопросу, свидетельствует о том, что режимы УФ и ДФ концентрирования недостаточно обоснованы и требуют уточнений и дальнейшей доработки.

На основе обобщения сведений, приведенных в данной главе, сделан вывод о возможности получения сухих молочных белков с регулируемым аминокислотным и минеральным составом с применением процессов УФ и ДФ.

В заключении по обзору литературы сформулированы основные задачи исследований.

Во второй главе "Организация и методы исследований" дана характеристика лабораторного оборудования, на котором проводились исследования. Описаны лабораторная УФ установка с поверхностью фильтрации $0,014 \text{ м}^2$ и пилотная установка UF 35-2.25 датской фирмы DDS.

При исследовании химического состава, физико-химических

свойств и микробиологических показателей исходного сырья, УЭК, ДЭК и фильтрата пользовались общезвестными гостированными методами и приборами.

Плотность УЭК и ДЭК определяли с помощью весов Мора-Весфаля, вязкость - на вискозиметре "Реотест RV-2". Изучение структуры мембран УПМ, GR и ядерных фильтров проводили на сканирующих электронных микроскопах JSM - 840 и JSM - 50 (Япония). Массовую долю белка в сухих ДЭК определяли на приборе Rapid N (Hereaus), работающего по принципу определения азота по Дюма; калий и натрий - методом пламенной фотометрии, кальций и магний - на атомно-адсорбционном спектрофотометре, фосфор - по FIL-IDF. Определение макро- и микроэлементов в сухих концентратах проводили на рентгенфлуоресцентном спектрофотометре VRA - 30 фирмы "Карл Цейс Йена"; дисперсности сухих частиц - на счетчике "Культер ТА2" фирмы "Культроникс Франс" (Франция), аминокислотного состава - на анализаторе "Hitachi-845". Фракционный состав белковых концентратов определяли методом электрофореза в полиакриламидном геле по методике фирмы "LKB" (Швеция). Биологическую ценность сухих белковых концентратов с регулируемым составом определяли в эксперименте с белыми крысами в лаборатории оценки качества пищевых белков Института питания АМН СССР.

Третья глава "Исследование УФ мембран "Владипор" первого и второго поколения и ядерных фильтров". Настоящая глава посвящена изучению основных характеристик и свойств УФ мембран "Владипор" первого поколения (УАМ-500) и второго поколения (УПМ) и ядерных фильтров с размером пор, мкм: 0,02 - 0,03; 0,038-0,040; 0,065; 0,12; 0,14, допущенных Минздравом СССР к контакту с пищевыми продуктами.

С помощью электронной сканирующей микроскопии изучена структура мембран УПМ, изготовленных на основе полисульфонамида, нанесенного на подложку из лавсана электроизоляционного и ядерные фильтры. Анализ микрофотографий показал, что мембрана УПМ, как и фильтры. Анализ микрофотографий показал, что мембрана УПМ, как и мембрана GR фирмы DDS, состоит из микропористой фильтрующего слоя, резко переходящего в макропористую основу, представляющую собой исходный полимер с крупными порами в виде "колодцев", нанесенный на подложку из лавсана или других видов нетканых материалов (для мембраны GR). Ядерные фильтры имеют строго калиброванные поры, проходящие сквозь всю толщину полимерного материала. Изучение структуры позволило выяснить причины нестабиль-

ности характеристик в начальный период работы, приводящие к "усадке" мембран. Предложен показатель, названный коэффициентом усадки, выражающий ее величину. Для мембран УАМ-500 он равен 0,45 - 0,50, УПМ - 0,60 - 0,65.

На рисунке 1 приведены зависимости производительности УФ мембран от давления фильтрации (фильтруемая жидкость - дистиллированная вода). Как видно из представленных данных для мембран УАМ-500 и УПМ характерно наличие максимально допустимых давлений фильтрации, равных соответственно 0,30-0,45 МПа и 0,35-0,50 МПа. Производительность ядерных фильтров вне зависимости от размера их пор растет симбатно повышению давления фильтрации. Кроме того, установлено, что в исследуемом диапазоне давлений 0-1,0 МПа мембраны УАМ-500 имеют две критические величины давления 0,70-0,75 МПа и 0,90-0,95 МПа, при достижении которых наблюдается резкое снижение производительности из-за двухстадийной необратимой деформации макропористой основы.

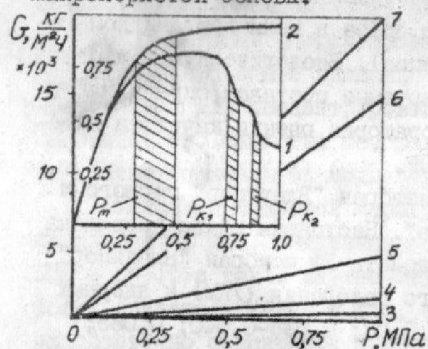


Рис. 1. Зависимость производительности (G) УФ мембран от давления фильтрации (P)
1 - УАМ-500; 2 - УПМ; 3, 4, 5, 6, 7 - ядерные фильтры с размером пор, мкм: 0,02-0,30; 0,038-0,040; 0,065; 0,12; 0,14.

Основные характеристики мембран при УФ обработке обезжиренного молока представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные характеристики мембран	УАМ-500	УПМ	Ядерные фильтры с размером пор, мкм				
			0,02-0,03	0,038-0,040	0,065	0,12	0,14
Производительность, кг/м²·ч	24,6	25,0	4,5	7,9	11,4	21,8	29,3
Селективность, % по белку	92,0	92,5	95,0	92,0	91,0	90,0	86,0
по лактозе	8,0	8,5	26,0	20,0	18,0	12,0	6,0

Из табличных данных видно, что наилучшими характеристиками обладают УФ мембраны УАМ-500, УПМ и ядерные фильтры с размерами

пор 0,065-0,12 мкм.

Изучено влияние pH фильтруемого раствора на проницаемость УФ мембран. Установлено, что в случае фильтрации раствора с $pH < 2$ наблюдается резкое снижение производительности мембран УАМ-500 и УПМ из-за разрушения их микропористой и макропористой основы. Это позволяет заключить, что для регенерации первоначальных свойств мембран после обработки молочного сырья следует использовать моющие и дезинфицирующие средства, pH которых должна быть больше

2.

Четвертая глава "Исследование процесса УФ концентрирования молочного сырья".

На эффективность процесса УФ концентрирования значительное влияние оказывает образующийся гелевый слой белков молока на поверхности мембраны (рис. 2). При возникновении гелевого слоя белковые частицы образуют пространственную каркасную решетку, агломераты белков, размеры которых превышают 200-2000 Å⁰, соответствующие размерам белковой фазы молока. Кроме того, при УФ концентрировании на поверхности мембран и их пор происходит адсорбция белков молока. К основным факторам, влияющим на образование гелевого слоя, а следовательно, на эффективность УФ процесса, можно отнести следующие: температу-

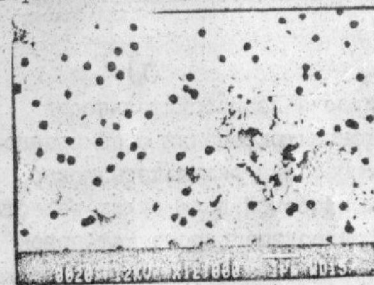


Рис. 2. Сканограмма гелевого слоя на поверхности ядерного фильтра.

ра и давление фильтрации, скорость потока и pH фильтруемой жидкости. Анализ зависимости производительности мембран второго поколения от давления фильтрации позволил сделать вывод, что основное влияние на эффективность процесса оказывает уплотнение белкового гелевого слоя, уплотнением крупнопористой основы мембран можно пренебречь.

Наличие максимумов на кривых 2, 3, 4 (рис. 3) свидетельствует о том, что при достижении определенных значений давлений фильтрации происходит уплотнение гелевого слоя, приводящее к снижению эффективности процесса в целом. Чем выше массовая доля сухих веществ в фильтруемой жидкости, тем ниже величина среднего давления фильтрации, приводящая к уплотнению гелевого слоя. Построение

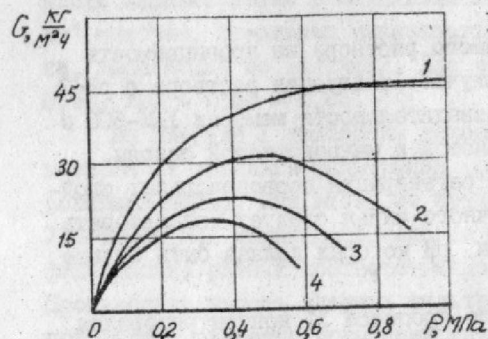


Рис. 3. Зависимость производительности (G) мембран второго поколения GR от среднего давления фильтрации (P) при массовой доле сухих веществ в концентрате, %:
1 - 8,7; 2 - 14,5; 3 - 16,6;
4 - 20,5 ($V = 1,36$ м/с,
 $D = 3400$ с $^{-1}$).

зависимости прироста производительности от величины давления фильтрации, а также номограмма, связывающая этот прирост с массовой долей сухих веществ, позволили определить оптимальное давление фильтрации, обеспечивающее максимальную производительность при прочих равных условиях

$$P = 8,23 - 0,25 C_{ca} \quad (I)$$

Экстраполяция линии нулевого прироста производительности позволила установить верхний предел концентрирования обезжиренного молока, равный 34 % сухих веществ. Обобщая результаты, можно сделать вывод о том, что с повышением массовой доли сухих веществ в УЖ для обеспечения максимальной производительности установок при минимальных энергетических затратах давление фильтрации должно уменьшаться от ступени к ступени.

Следующий этап экспериментальных исследований был посвящен изучению влияния активной кислотности молочного сырья на эффективность УФ процесса. При снижении pH обезжиренного молока в кислую сторону происходит агрегирование белковых частиц молока и на поверхности мембраны за счет более интенсивной диффузии растворителя через ее поры в сравнении с диффузией частиц в раствор наблюдается более быстрое образование гелевого слоя в сравнении с молоком, имеющим значение pH = 6,7. Поэтому для обеспечения эффективного ведения УФ процесса, максимально исключая влияние такого фактора как pH молочного сырья, необходимо соблюдать условие

$$pH > 6,5 - 0,0125 t \quad (2)$$

Изучение влияния скорости потока на эффективность УФ процесса показало, что важное значение имеет величина гидравлического сопротивления аппарата. Предложена методика расчета УФ процесса, основанная на использовании основных формул теории массопереда-

чи, учитывающая определение коэффициента гидравлического сопротивления

$$\lambda = \frac{2 \Delta P d_3}{\rho V^2} \quad (3)$$

Конечное уравнение методики расчета УФ процесса имеет вид

$$G = 3,6 \cdot 10^6 D_{cp} \frac{dc}{d\delta} \cdot \frac{1}{\rho} \quad (4)$$

Сравнение расчетных величин, полученных в соответствии с методикой, с экспериментальными данными, свидетельствует о том, что при УФ обработке молочного сырья с массовой долей сухих веществ 12-17% достигается хорошее совпадение результатов.

Пятая глава "Определение оптимальных режимов процесса ДФ". Изучено влияние степени концентрирования ($n_{уф}$) УЖ и степени разбавления (n_p) ДФ на производительность мембран. Установлено, что при увеличении n_p производительность мембран растет нелинейно.

Получено уравнение регрессии для периодического процесса ДФ, позволяющее определить длительность процесса в зависимости от $n_{уф}$ в УЖ, n_p и количества циклов. Анализ уравнения свидетельствует о том, что чем выше $n_{уф}$ в УЖ, тем эффективнее ДФ за счет сокращения длительности процесса.

Разработана методика инженерного расчета ДФ: периодического процесса с разовым (1), циклическим (2) и непрерывным (3) разбавлением; непрерывного процесса с перекрестным током (4) и противотоком воды (5). Введено понятие величины истинного разбавления (n_{pu}), которая для вышеуказанных схемных решений ДФ определяется по формулам и учитывает концентрацию высокомолекулярных соединений (ВМС) в обрабатываемом растворе (таблица 2).

Таблица 2

1	2	3	4	5
$n_{pu} = \frac{n_p - 0,01 C_{ВМС}}{1 - 0,01 C_{ВМС}}$	$n_{pu} = \left(\frac{n_p - 0,01 C_{ВМС}}{1 - 0,01 C_{ВМС}} \right)^N$	$n_{pu} = \left(\frac{V_0 + \frac{GE}{3600} - 0,01 C_{ВМС}}{V_0 - 0,01 C_{ВМС}} \right)^{3600 t}$	$n_{pu} = L$	$n_{pu} = \left(\frac{n_p - 0,01 C_{ВМС}}{1 - 0,01 C_{ВМС}} \right)^n$

На основании вычисленных значений n_{pu} можно определить конечную концентрацию низкомолекулярных веществ (НМВ) ($C_k^{НМВ}$), долю неизвлеченных НМВ (φ), степень ДФ ($K_{ДФ}$) по формулам $C_k^{НМВ} = \frac{C_0^{НМВ}}{n_{pu}} (1 + R^{НМВ})$ (5); $\varphi = \frac{C_k^{НМВ}}{C_0^{НМВ}}$ (6); $K_{ДФ} = \frac{1}{\varphi}$ (7)

Методика также предусматривает определение продолжительности ДФ, времени пребывания продукта в установке, рабочей площади мем-

бран. Анализ схемных решений ДФ процесса, проведенный на основе разработанной методики, позволил сделать вывод, что наиболее эффективным является непрерывный процесс с противотоком воды.

Шестая глава "Исследование химического состава и физико-химических показателей молочного сырья в процессе УФ и ДФ обработки". В процессе УФ и ДФ происходят значительные изменения химического состава и физико-химических свойств, получаемых МБК. Доказано, что на основе формул материального баланса, зная массовую долю минеральных веществ в исходном сырье и фильтрате, можно определить химический состав для $\Pi_{УФ}$ и $\Pi_{ДФ}$. Концентрацию любого макроэлемента в УЭК и ДЭК можно рассчитать по формулам

$$C_{ЭУФ} = \frac{1}{K_{ОМ}} \Pi_{УФ} [K_{БОМ} \Pi_{УФ} C_{ЭК} + (\frac{K_{ОМ}}{\Pi_{УФ}} - K_{БОМ} \Pi_{УФ}) C_{ЭФ}] \quad (8)$$

$$C_{ЭДФ} = \frac{1}{K_{ОМ}} \Pi_{УФ} [K_{БОМ} \Pi_{УФ} C_{ЭК} + (\frac{K_{ОМ}}{\Pi_{УФ}} - K_{БОМ} \Pi_{УФ}) \frac{C_{ЭФ}}{K_{ДФ}}] \quad (9)$$

где

$$C_{ЭК} = \frac{1}{K_{БОМ}} [K_{ОМ} (C_{БОМ} - C_{ЭФ}) + K_{БОМ} C_{ЭФ}] \quad (10)$$

Установлено, что массовая доля в фильтрате Ca , P , K , Na , Mg не зависит от $\Pi_{УФ}$ обезжиренного молока и является практически постоянной, равной соответственно, мг%: $19,8 \pm 1,2$; $24,0 \pm 1,2$; $119,0 \pm 7,05$; $31,2 \pm 0,4$; $5,2 \pm 0,3$.

Изучено влияние температуры (диапазон 20–80°C) и активной кислотности (рН 5,0–7,0) на состав фильтрата. Изменение массовой доли Ca , P и Mg в фильтрате в зависимости от рН и температуры описывается следующими математическими зависимостями

$$C_{Ca} = 161,63 - 21,13 \text{ рН} \quad (11); \quad C_{Ca} = 28 - 0,2t \quad (14)$$

$$C_P = 80,15 - 8,38 \text{ рН} \quad (12); \quad C_P = 27,5 - 0,075t \quad (15)$$

$$C_{Mg} = 8,3 - 0,5 \text{ рН} \quad (13); \quad C_{Mg} = 5,3 - 0,01t \quad (16)$$

Массовая доля K и Na остается постоянной и не зависит от указанных факторов. При высокой степени ДФ достигается постоянство содержания Ca , P и Mg , равное соответственно, мг%: 1,0; 1,5 и 0,25. Наличие этих элементов в фильтрате объясняется присутствием в нем белка (0,2%).

Следующим этапом работы являлось исследование физико-химических показателей УЭК и ДЭК. Установлено, что плотность ДЭК несколько ниже плотности УЭК. Получено уравнение, описывающее изменение плотности ДЭК в зависимости от температуры и концентрации сухих веществ. Выявлена тенденция снижения титруемой кислотности

и смещения рН в щелочную сторону при ДФ обработке.

Исследование вязкости ДЭК в зависимости от массовой доли сухих веществ и белка позволило установить предельную концентрацию сухих веществ, равную 20–21% и степень ДФ концентрирования, равную 5,5–6,3.

При изучении термостойкости УЭК и ДЭК получены экспериментальные кривые, описываемые следующими математическими зависимостями

$$T_{УФК} = 53,25 - 4,24 C_B \quad (17); \quad T_{ДФК} = 51,59 - 2,43 C_B \quad (18)$$

ДЭК являются более термостойкими, чем УЭК. Это обуславливается отсутствием ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и изменением активной кислотности в ДЭК до рН = 6,8–7,0. Кроме того, установлено, что подкислять или вносить в ДЭК компоненты с низким рН непелесообразно, так как это приводит к резкому снижению их термостойкости.

Определены теплофизические характеристики УЭК и ДЭК (удельная теплоемкость, коэффициент температуропроводности, коэффициент теплопроводности). Установлено, что эти величины в исследованном диапазоне сухих веществ (8,5–25,0%) и температур (293–363°K) незначительно отличаются от аналогичных значений сгущенного обезжиренного молока.

Седьмая глава "Разработка научно обоснованной технологии сухих МБК с применением УФ и ДФ и оценка их качества".

УЭК и ДЭК необходимо подвергать тепловой обработке, обеспечивающей требуемые микробиологические показатели.

При выборе режимов пастеризации учитывали их влияние на денатурацию сывороточных белков молока. Результаты экспериментальных исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3

Режимы пастеризации	Содержание микрофлоры		Эффективность пастеризации, %	Степень денатурации сывороточных белков, %
	Coli-группа (t_3)	Общее количество бактерий (бак/мл)		
1. Непастеризованный ДЭК	+	$3,72 \cdot 10^6 \pm 1,3 \cdot 10^4$	-	-
2. $(74 \pm 2)^\circ\text{C} - 20 \text{ с}$	-	$4,35 \cdot 10^3 \pm 2,1 \cdot 10^3$	99,88	$32,0 \pm 1,15$
3. $(85 \pm 2)^\circ\text{C} \text{ 6/в}$	-	$3,17 \cdot 10^3 \pm 6,8 \cdot 10^2$	99,9	$59,0 \pm 2,3$
4. $(85 \pm 2)^\circ\text{C} \text{ с}$	-	$3,07 \cdot 10^3 \pm 4,3 \cdot 10^2$	99,92	$82,0 \pm 4,8$
5. $(95 \pm 2)^\circ\text{C} - 20 \text{ с}$	-	$1,09 \cdot 10^3 \pm 2,4 \cdot 10^2$	99,97	$91 \pm 5,1$

Таблица 4

Показатели	Белки сухие пищевые молочные к/с				
	I	II	III	IV	V
Влага, %	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Белок, %	84,4	84,2	84,0	84,1	84,0
Казеин в % к общему белку	6	27	39	55	76
Сывороточные белки в % к общему белку	94	73	61	45	24
Зола, %	7,7	5,8	4,9	4,05	2,8
Жиры, %	1,9	4,0	5,1	5,85	7,2
Аминокислоты, г/100 г белка					
триптофан	1,9	1,8	1,7	1,63	1,52
фенилаланин	3,57	3,89	4,48	4,69	4,9
лейцин	13,1	12,97	12,38	12,25	11,75
изолейцин	4,98	4,82	4,51	4,42	4,23
треонин	7,39	6,73	6,44	6,39	5,37
метионин	2,05	2,12	2,29	2,11	2,01
лизин	10,1	9,76	9,66	9,31	9,21
валин	5,71	5,99	5,74	5,8	5,52
Сумма незаменимых аминокислот	48,8	48,08	47,2	46,6	44,51
Лимитирующая аминокислота, скор %					
метионин+цистин	130	113	111	93,0	81,9
Макроэлементы, мг%					
Na	29	23	19	15	12
K	146	128	111	89	75
Ca	1140	1720	2300	2640	3600
P	380	670	940	1170	1620
Mg	28	43	57	66	90
Cl	26	32	36	37	38
S	890	860	770	700	640
Микроэлементы, мкг/г					
Fe	57,3	40,3	39,9	32,2	27,9
Zn	12,8	38,5	62,9	70,0	108,4
Cu	4,33	4,12	3,95	3,86	3,53
Mn	Следы	0,29	1,75	2,6	3,2

Анализ полученных данных позволил заключить, что наиболее благоприятным режимом пастеризации является $(74 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 20 сек.

Не менее важными технологическими параметрами получения сухих ДФК высокого качества являются режимы сушки. Изучены следующие режимы сушки: $(180-85)^\circ\text{C}$, $(170-80)^\circ\text{C}$, $(160-75)^\circ\text{C}$, $(150-70)^\circ\text{C}$. Установлено, что существенного различия в аминокислотном составе сухих ДФК, высушенных при указанных режимах, не имеется. Анализ результатов по определению содержания влаги в сухом продукте показал, что только первые два режима сушки обеспечивают получение продукта с требуемыми показателями (содержание влаги не более 4%).

Результаты выполненных исследований позволили разработать технологию белков сухих пищевых молочных с регулируемым аминокислотным и минеральным составом на основе УФ и ДФ, которая проверена в опытно-экспериментальном цехе Истринского отделения ВНИИМ. В соответствии с технологической схемой процесса, белково-содержащее молочное сырье концентрируют УФ при температуре $(55 \pm 3)^\circ\text{C}$ и давлении фильтрации, убывающем от 0,75 МПа до 0,2 МПа по мере возрастания содержания сухих веществ до $(24 \pm 2)\%$ с последующей ДФ противотоком воды до содержания сухих веществ в ДФК $(20 \pm 1)\%$. Полученный ДФК подвергают пастеризации при $t = (74 \pm 2)^\circ\text{C}$ с выдержкой 20 с, охлаждают до $t = (65 \pm 3)^\circ\text{C}$ и сушат на распылительной установке при температуре воздуха на входе в сушильную башню $(170-175)^\circ\text{C}$, на выходе $(80-85)^\circ\text{C}$.

Описанная технология легла в основу разработанной нормативно-технической документации на белок сухой пищевой молочной к/с. Химический состав и физико-химические показатели сухих белков с различным соотношением казеина и сывороточных белков приведены в таблице 4.

В лаборатории оценки пищевых белков Института питания АМН СССР определена биологическая ценность сухих молочных белков к/с с соотношениями казеина и сывороточных белков: 6/94, 27/73, 39/61, 55/45 и 76/24. Результаты исследований приведены в таблице 5.

На основании проведенных исследований Институт питания АМН СССР дано заключение, в котором указывается, что качество сухих белков к/с, полученных по разработанной технологии, превосходит казеинаты, казеинаты, копреципитаты.

Таблица 5

Показатели	Белки сухие пищевые молочные к/с				
	6/94	27/73	39/61	55/45	76/24
Коэффициент чистой утилизации, %	94,5±0,5	94,0±1,0	94,7±0,6	91,8±1,1	85,4±2,0
Чистая усвояемость, %	98±0,41	97,0±0,3	96,9±0,3	95,1±0,4	93,9±0,4
Биологическая ценность, %	96,4±0,5	97,0±0,9	98,4±0,5	96,5±0,9	92,2±0,8

Выводы

1. Изучены характеристики и свойства УФ мембран "Владипор" первого, второго поколения и ядерных фильтров. Установлены "максимально допустимые" давления фильтрации для мембран УАМ-500 и УЛМ, равные соответственно 0,30-0,45 МПа и 0,35-0,50 МПа, а также две критические величины давлений для мембран УАМ-500, равные 0,70-0,75 МПа и 0,90-0,95 МПа. Доказано, что УФ концентрирование обезжиренного молока можно осуществлять с помощью ядерных фильтров с размером пор 0,065-0,12 мкм.

2. Для регенерации первоначальных свойств мембран первого и второго поколения следует применять моющие и дезинфицирующие средства, pH которых не должна быть ниже 2.

3. Изучена природа гелевого слоя белков молока на поверхности мембран. Выяснено, что для гелевого слоя существует критическая величина оптимального давления фильтрации, при превышении которого происходит его уплотнение. Определена взаимосвязь между этим давлением и массовой долей сухих веществ в УФК. Для обеспечения эффективности УФ необходимо снижать давление фильтрации с ростом концентрации сухих веществ в фильтруемой жидкости. Предложена методика инженерного расчета УФ на основе общепринятых формул теории массопередачи.

4. Исследовано влияние pH молочного сырья на эффективность УФ процесса. Установлены оптимальные условия ведения УФ процесса в зависимости от pH и температуры обезжиренного молока.

5. Разработана методика инженерного расчета, на основе которой проведен сравнительный анализ схемных решений ДФ. Установлено, что наиболее целесообразным является применение ДФ с противотоком воды.

6. Доказана возможность направленного регулирования химического состава УФК в процессе ДФ. Предложены формулы для расчета концентраций и количеств макроэлементов в зависимости от степени концентрирования УФ, степени ДФ, температуры и pH.

7. Установлено, что в процессе ДФ за счет удаления низкомолекулярных и минеральных веществ плотность, титруемая кислотность концентратов снижается, а активная кислотность смещается в щелочную сторону.

На основании изучения вязкости определена оптимальная концентрация сухих веществ в ДФК перед сушкой, равная 20-21%. Выяснено, что теплофизические свойства УФК и ДФК (удельная теплоемкость, тепло- и температуропроводность) близки по своим значениям к ступенному обезжиренному молоку.

8. Установлено, что ДФК обладают повышенной термостойкостью в сравнении с УФК, что обусловлено отсутствием в них растворимых солей кальция и магния.

9. Изучены основные технологические параметры получения высококачественных сухих ДФК. Определен наиболее приемлемый режим пастеризации, обеспечивающий требуемые микробиологические показатели и минимальную денатурацию сывороточных белков ДФК, (74±2)°C выдержка 20 сек. Установлены режимы сушки ДФК: температура входящего воздуха в сушильную башню - (170-175)°C, выходящего - (80-85)°C.

10. На основе выполненных исследований разработан и согласован в Госагропроме СССР проект нормативно-технической документации на технологию сухих пищевых молочных белков с регулируемым соотношением казеина и сывороточных белков, которая проверена в условиях опытно-экспериментального цеха Истринского отделения ВНИИМ.

По своей биологической ценности белки сухие пищевые молочные к/с превосходят казеинаты, копреципитаты, казеины.

Экономический эффект от внедрения данной технологии составит от 93,5 до 153,0 рублей на 1 тонну продукта в зависимости от его вида.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Чагаровский А.П., Чагаровский В.П., Крутлик В.И., Перспективы применения ультрафильтрации в молочной промышленности // Тезисы докладов межреспубликанской конференции молодых ученых по состоянию и перспективам молочной и безотходной технологии и промышленности. М. В. Амосова

БИБЛИОТЕКА

V. 0 15565

зованию вторичных материальных ресурсов. - Тбилиси. - 1985. - с. 201-203.

2. Модернизация лабораторной ультрафильтрационной установки / М.А.Гришин, В.И.Круглик, А.П.Чагаровский, В.П.Чагаровский, - Киев, 1985. - 5 с. - Деп. в Укр.НИНТИ 08.05.85. № 699Ук - 86 Деп.

3. Комплексное использование молочного сырья на основе мембранных методов разделения жидких смесей / М.А.Гришин, А.П.Чагаровский, В.И.Круглик, В.П.Чагаровский - Киев, 1985. - 9 с. - Деп. в Укр. НИНТИ 01.04.85 № 643 Ук - 85 Деп.

4. Микроэлементный состав концентрата обезжиренного молока, полученного ультрафильтрацией / М.А.Гришин, А.П.Чагаровский, В.П.Чагаровский, Т.А.Лисогор, В.И.Круглик // Тезисы докладов Второй Всесоюзной научно-технической конференции "Разработка процессов получения комбинированных продуктов питания (технология, аппаратурное оформление, оптимизация). - М., - 1984. - с. 171.

5. Физико-химические показатели и химический состав обезжиренного молока при ультрафильтрационном концентрировании / А.П.Чагаровский, Н.И.Лисатов, М.А.Гришин, В.П.Чагаровский, В.И.Круглик // Известия вузов. Пищевая технология. - 1985. - № 3. - с.59-63.

6. Ядерные фильтры в ультрафильтрационном концентрировании молочного сырья / А.П.Чагаровский, М.А.Гришин, В.И.Круглик, О.В.Орелович, Б.В.Мчедlishvili // Известия вузов. Пищевая технология. - 1986. - № 1. - с. 78-81.

7. Ультрафильтрационная обработка молочного сырья и тенденция дальнейшей его переработки / А.П.Чагаровский, М.А.Гришин, В.П.Чагаровский, В.И.Круглик и др. - М., 1986. - 57 с. - Обзор. информ. / ЦНИИТЭИ мясомолпром. Сер. "Молочная промышленность. По основным направлениям отрасли".

Условные обозначения

$C_{св}$ - массовая доля сухих веществ в УЭК, %;
 λ - коэффициент гидравлического сопротивления;
 ΔP - гидравлическое сопротивление аппарата, МПа;
 $d_э$ - эквивалентный диаметр фильтрующего канала, м;
 l - длина канала, м;
 ρ - плотность, кг/м³;
 v - скорость потока, м/с;
 $D_{ср}$ - коэффициент диффузии;
 $\frac{dc}{dx}$ - градиент концентрации;
 $c_0, c_k, c_{кв}$ - начальная и конечная концентрации НМВ, концентрация БИС соответственно, %;

β - истинное разбавление при одном цикле, крат;

$R_{НМВ}$ - селективность по НМВ, %;

F - рабочая площадь мембран в установке, м²;

n - количество мембранных аппаратов (секций);

$C_{эвф}, C_{эвф}, C_{эф}, C_{эк}, C_{эом}$ - массовая доля элемента в УЭК, ДЭК, фильтрате, концентрируемой части обезжиренного молока, обезжиренном молоке соответственно, мг%;

$K_{ом}, K_{эом}$ - количество обезжиренного молока и белка в нем соответственно, кг;

C_{Ca}, C_P, C_{Mg} - массовая доля Ca, P, Mg соответственно, мг%;

$\tau_{УЭК}, \tau_{ДЭК}$ - гермостойкость УЭК и ДЭК соответственно, мин.

