

Авторефер.

А 62

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Амири

Абид Джавад Кадым Эль Амири

УДК 664.9.047:/637.133.5:637.35

СУБЛИМАЦИОННАЯ СУШКА ТВОРОГА,  
ВЫРАБОТАННОГО ИЗ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА,  
КОНЦЕНТРИРОВАННОГО УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЕЙ

05.18.13. — технология консервированных  
пищевых продуктов

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса — 1982

Работа выполнена на кафедре технологии молока и сушки  
пищевых продуктов Одесского технологического института пищевой  
промышленности имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель: доктор технических наук,  
профессор М.А. ГРИШИН

Научный консультант: кандидат технических наук  
А.П. ЧАГАРОВСКИЙ

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
старший научный сотрудник  
И.А. РАДАЕВА

кандидат технических наук,  
доцент Е.В. ШЕРБАКОВА

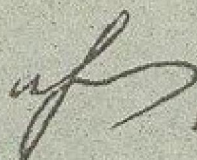
Ведущее предприятие: Одесское производственное объединение  
молочной промышленности Министерства мясной и молочной промышлен-  
ности УССР.

Защита диссертации состоится "25" марта 1988 г.  
в 10<sup>00</sup> часов на заседании специализированного совета  
Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой  
промышленности имени М.В. Ломоносова по адресу: 270039,  
г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одес-  
ского технологического института пищевой промышленности  
имени М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан "24" февраля 1988 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета



А.Ф. Загибалов

ОНАХТ 22.10.10  
Сублимационная сушка



v014217

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Среди молочных продуктов, пользующихся все возрастающим спросом, ведущее место занимает творог, который является исключительно ценным продуктом, содержащим все незаменимые для жизнедеятельности человека вещества. Существующая технология творога имеет некоторые недостатки, связанные с такой трудоемкой операцией, как отделение сыворотки и значительными потерями с ней ценных сывороточных белков.

В последние годы особое внимание специалистов молочной промышленности привлекают мембранные методы обработки молока и молочных продуктов и, в частности, ультрафильтрация. Применение мембранных методов при производстве молочных продуктов, в основе которых лежит коагуляция белковой фазы молока, позволяет по-новому решать вопросы, связанные с технологией их производства, приводит к увеличению выхода и улучшению качества готовой продукции и сокращению вспомогательных материалов.

В Иракской республике в настоящее время налаживается производство творога и объемы его выпуска увеличиваются.

Ирак относится к странам с жарким климатом и поэтому выпускаемый творог в большинстве случаев необходимо консервировать. Наиболее эффективным способом консервирования, с точки зрения качества получаемых продуктов, является сублимационная сушка.

В литературных источниках сведений по исследованию технологии производства творога с использованием мембранных методов и его сублимационной сушке не имеется. Поэтому работы, касающиеся как теоретических, так и экспериментальных исследований технологических процессов, направленных на интенсификацию и повышение эффективности производства сухого творога

с. в. № 217 √014217

Одесский государственный университет  
институт пищевой промышленности  
им. С. П. Моносова

Переучет 19. 8

сублимационной сушки, являются актуальными и приобретают в настоящее время первостепенное значение.

Цель и задачи исследований. Целью настоящей работы является исследование и разработка перспективной технологии производства сухого творога, выработанного из молока, концентрированного ультрафильтрацией. Постановка и проведение экспериментов направлена на решение следующих задач:

- исследование и выбор оптимальных параметров процесса концентрации белковой фазы обезжиренного молока с помощью полупроницаемых мембран *УФА - 180* фирмы *Абор* ;

- изучение химического состава концентрата обезжиренного молока и его биологической ценности;

- исследование технологических особенностей производства творога из молока, концентрированного ультрафильтрацией;

- разработка технологии производства творога из концентрата обезжиренного молока, полученного ультрафильтрацией;

- исследование и определение оптимальных параметров сублимационной сушки творога, выработанного из концентрата;

- сравнительная оценка биологической ценности сухого творога, полученного из молока, концентрированного ультрафильтрацией и традиционным способом;

- разработка технологической схемы производства сухого творога, выработанного из концентрата обезжиренного молока, полученного ультрафильтрацией.

Объекты исследований. Объектами исследований являются:

- обезжиренное молоко и его концентрат, полученный ультрафильтрацией;

- полупроницаемые мембраны *УФА - 180* фирмы *Абор* (США);

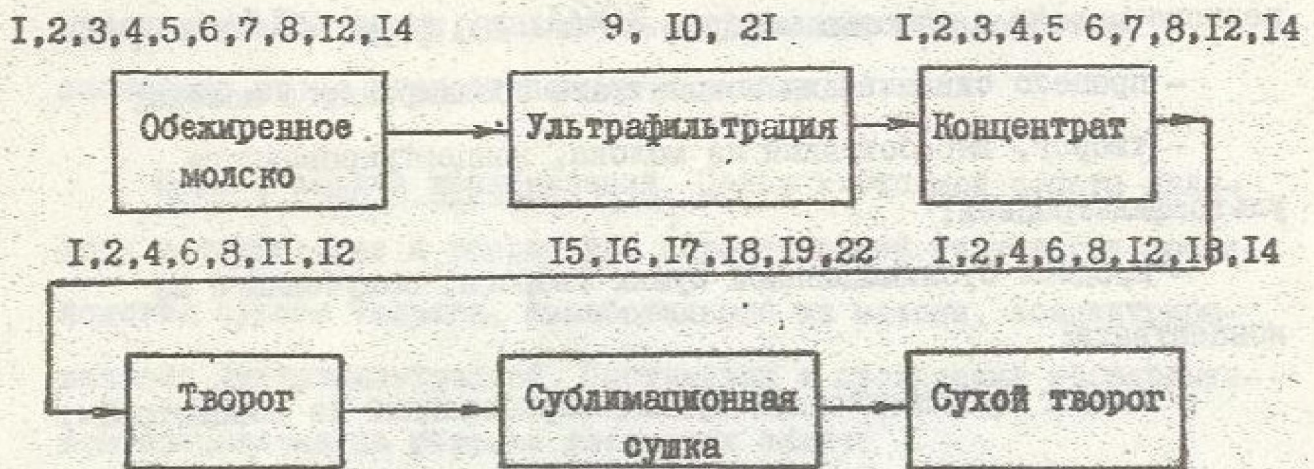
- процесс ультрафильтрационного концентрирования обезжиренного молока с помощью мембран *НМ-180* фирмы *Авсон* ;
- процесс сквашивания концентрата обезжиренного молока;
- творог, выработанный из молока, концентрированного ультрафильтрацией;
- процесс сублимационной сушки творога, полученного из концентрата;
- творог сублимационной сушки, выработанный из концентрата.

Постановка экспериментов и методы исследований. Экспериментальные исследования осуществлены в лабораториях кафедры технологии молока и сушки пищевых продуктов ОТИП им. М.В. Ломоносова, Всесоюзного генетико-селекционного института. Схема проведения исследований представлена на рисунке 1.

Для проведения исследований по ультрафильтрационному концентрированию обезжиренного молока была создана экспериментальная ультрафильтрационная установка с трубчатым фильтрующим аппаратом фирмы *Авсон* поверхностью фильтрации  $0,8 \text{ м}^2$ . Процесс сублимационной сушки осуществляли на экспериментальной сушильной установке с радиационным теплоподводом. Для исследования кинетики сушки в сублиматоре установлены весы ВЛКТ-2.

В работе использованы современные экспериментальные методы исследований.

Содержание азотов и белка определяли по методу Кьельдаля; содержание витаминов  $B_1$  и  $B_2$  флуориметрическим методом; микроэлементов - на атомно-адсорбционном спектрофотометре. Аминокислотный состав определяли на аминокислотном анализаторе фирмы *Hitachi* ; переваримость - по методу Мицка; содержание метионина - нитропруссидным методом; триптофана - по методике



- I - титруемая кислотность
- 2 - pH
- 3 - содержание белка, азотов
- 4 - сухие вещества, влажность, влагосодержание
- 5 - содержание лактозы
- 6 - содержание витаминов B<sub>1</sub> и B<sub>2</sub>
- 7 - содержание микроэлементов
- 8 - аминокислотный состав
- 9 - давление фильтрации
- 10 - температура фильтрации
- 11 - синергетические свойства
- 12 - органолептическая оценка
- 13 - перевариваемость
- 14 - масса
- 15 - удельная загрузка
- 16 - температура на поверхности и в центре продукта
- 17 - температура замораживания
- 18 - температура теплоподвода
- 19 - давление в сублиматоре
- 20 - восстанавливаемость
- 21 - избирательные свойства мембран
- 22 - продолжительность

Рис. I. Схема проведения исследований

шведских исследователей *Oste, Nair*:

Синергетические свойства кислотно-сычужных сгустков изучались с помощью фильтрационного метода ВНИМИ; содержание сухих веществ определяли путем высушивания в вакуум-сушильном шкафу; активную кислотность (рН) молока и сгустков - на рН-метре 222,2; общую кислотность - методом титрования; содержание лактозы - рефрактометрическим методом; восстанавливаемость творога определяли согласно ОСТ 18-92-72.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- определены изобретательные свойства и характеристики полупроницаемых мембран *HFА-180* фирмы *Авсор*;
- установлены оптимальные режимы концентрирования обезжиренного молока с помощью мембран *HFА-180*;
- исследован микроэлементный и аминокислотный составы концентрата обезжиренного молока, полученного ультрафильтрацией;
- изучены синергетические свойства кислотно-сычужных сгустков;
- исследован процесс сублимационной сушки творога, выработанного из обезжиренного молока, концентрированного ультрафильтрацией;
- определены питательная ценность и аминокислотный состав творога, полученного из концентрата обезжиренного молока;
- доказана возможность интенсификации процесса ультрафильтрационного концентрирования молока за счет применения пульсирующего потока;
- выведено уравнение продолжительности сублимационной сушки творога и определены зависимости массообменных коэффициентов  $A$  и  $\beta$ ;
- выявлены технологические особенности процесса производ-

ства творога из концентрата обезжиренного молока.

Практическая ценность. На основании экспериментальных исследований разработана перспективная технология, производства творога сублимационной сушки из молока, концентрированного ультрафильтрацией, обеспечивающая получение продукта более высокой питательной ценности, сокращение расхода молока и вспомогательных материалов, устранение такой трудоемкой операции, как отделение сыворотки и повышение производительности творожного оборудования.

Апробация работы. Основные результаты исследований были доложены и одобрены на: Всесоюзной научно-технической конференции "Перспективы развития производства консервной продукции для детского питания" (Одесса, 1980 г.); научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им. М.В. Ломоносова (1980-1982 гг.); заседании кафедры технологии молока и сушки пищевых продуктов ОТИП им. М.В. Ломоносова (1982 г.).

Публикации. По основным результатам исследований, выполненных в настоящей диссертации, опубликованы 4 статьи.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, списка литературы. Основное содержание работы изложено на 143 стр. машинописного текста, содержит 21 рисунок, 27 таблиц, 89 наименований работ советских и зарубежных авторов.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### I. Состояние вопроса

В диссертационной работе рассматриваются теоретические основы мембранных методов разделения молока и молочных продуктов. Особое внимание при этом уделено различию физической сущности

процессов ультрафильтрации и обратного осмоса. Подробно изложены требования, предъявляемые к ультрафильтрационным мембранам и рассмотрены их характеристики. На основе анализа литературных источников сделан вывод о том, что среди различных схем аппаратного оформления мембранных процессов наиболее распространенными и надежными, обеспечивающими высокую эффективность процесса фильтрации, являются трубчатые ультрафильтрационные установки и установки типа фильтр-пресс. Кроме того отмечено, что наиболее широкое распространение получили трубчатые фильтрующие аппараты фирмы *Abcor*, хотя информации об оптимальных режимах фильтрации не встречается.

Обобщение литературных материалов, касающихся изменений химического состава и физико-химических свойств молока в процессе его ультрафильтрационного концентрирования, показало, что в основном имеются сведения только о содержании макроэлементов (Ca, P, K, Na, Mg). Информации о микроэлементном, витаминном и аминокислотном свойствах и биологической ценности молока, концентрированного ультрафильтрацией, в литературных источниках не встречаются.

Ультрафильтрационное концентрирование молочного сырья нашло широкое применение при производстве кисломолочных напитков, твердых и мягких сыров. Во всех случаях применение ультрафильтрации приводит к повышению производительности оборудования, увеличению выхода твердых и мягких сыров, улучшения качества продукции и сокращению расхода сычужного фермента и вспомогательных материалов. Рассмотрение технологических схем производства различных видов молочных продуктов из концентрата показало наличие особенностей технологии их производства и позволило сделать вывод, что содержание белка в концентрате обезжиренного

молока необходимо устанавливать для каждого конкретного вида продукции. Вместе с тем указывается, что исследований по применению мембранных процессов в производстве творога практически не имеется.

Критический анализ существующих способов консервирования творога (замораживание, атмосферная и сублимационная сушка) свидетельствует о том, что самым перспективным методом, с точки зрения качества получаемой продукции, является сублимационная сушка.

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование процесса ультрафильтрационного концентрирования белковой фазы обезжиренного молока.

Определение рабочего давления фильтрации. В лабораторных условиях исследованы полупроницаемые ультрафильтрационные мембраны *НФА-180* фирмы *Авиг*. Как показали исследования, проведенные зарубежными и советскими исследователями, оптимальные режимы эксплуатации мембран зависят, в первую очередь, от материала, из которого они изготовлены, от способа их изготовления и имеют вполне определенные величины для каждой мембраны отдельно. Как правило, эти режимы определяются характеристиками мембраны, к которым относятся максимально допустимое давление фильтрации, критическое давление фильтрации, температура фильтрации, обеспечивающими максимальную производительность без изменения их избирательных свойств. Результаты экспериментальных данных по определению давления фильтрации представлены на рисунке 2.

Как видно из представленного рисунка, превышение величины

давления 0,35 МПа не приводит к интенсификации процесса фильтрации, а при достижении давления 0,85 МПа проницаемость мембраны снижается.

Определение температуры фильтрации и избирательных свойств мембран. Была исследована зависимость проницаемости мембран *ЖФа*-180 в температурном диапазоне от 5 до  $55 \pm 1^\circ\text{C}$ . Такой температурный диапазон выбран не случайно, так как ультрафильтрационное концентрирование молока при температуре выше  $55 \pm 1^\circ\text{C}$  неприемлемо в связи с денатурацией термолабильных сывороточных белков. Процесс фильтрации проводили при установленном ранее максимально допустимом давлении - 0,35 МПа. Установлено, что при повышении температуры фильтрации  $5^\circ\text{C}$  проницаемость мембран по дистиллированной воде и обезжиренному молоку составляла, соответственно, 70-72 и 15-16 кг/м<sup>2</sup>.час, а при температуре  $55^\circ\text{C}$  - 175-178 и 42-45 кг/м<sup>2</sup>.час. Такое резкое увеличение скорости фильтрации можно объяснить тем, что при повышении температуры уменьшается вязкость фильтруемых растворов и усиливается броуновское движение молекул растворителя и приводит к увеличению их диффузии через поры мембраны.

К избирательным свойствам мембран относится их селективность по высокомолекулярным и низкомолекулярным веществам. Полупроницаемые мембраны, используемые в молочной промышленности, должны обладать достаточно высокой селективностью по белку и низкой селективностью по лактозе. Селективность мембран определена по формуле  $R = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100\%$ , где

где  $C_1, C_2$  - концентрация белка или лактозы в исходном обезжиренном молоке и фильтрате, соответственно.

Усредненные экспериментальные данные селективности мембран представлены ниже

Тип мембраны	Селективность, %	
	по белку	по лактозе
ЖГА - 180	96,0	5,0

Анализируя эти данные, можно заключить, что мембраны удовлетворяют предъявляемым требованиям молочной промышленности.

Влияние гидродинамических факторов на проницаемость мембран. Многими исследователями, а также нами было установлено, что при повышении содержания белка в молоке в процессе фильтрации наблюдается снижение проницаемости мембран. Это объясняется тем, что на поверхности мембраны на протяжении ультрафильтрационной обработки образуется высококонцентрированный пограничный слой белка, который создает дополнительное сопротивление при прохождении молекул растворителя через нее. Указанное явление получило название концентрационной поляризации. В этой связи нами были предприняты поисковые исследования по изысканию возможности устранения выше указанного недостатка. Для этого было исследовано влияние расхода молока на проницаемость ультрафильтрационных мембран. Установлено, что в исследуемом диапазоне при изменении режима течения жидкости  $Re = (4,0-8,0) \cdot 10^5$  производительность мембран несколько увеличивается - от 35,5 до 45,0 кг/м<sup>2</sup>. час.

Кроме того, выяснено, что применение пульсирующего потока позволяет увеличить скорость фильтрации на 3-4% в начале процес-

са ультрафильтрационного концентрирования (содержание белка в концентрате 2,8-3,2%) и на 40-50% в конце процесса (содержание белка 18-24%). Следует отметить, что при использовании пульсации селективность мембран по белку и лактозе практически не меняется.

### 3. Изучение химического состава концентрата обезжиренного молока

Содержание азотов, микроэлементов и витаминов. Исследовано изменение содержания общего, небелкового, белкового азота и водорастворимых витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> в процессе ультрафильтрационного концентрирования обезжиренного молока. Результаты экспериментальных данных представлены в таблице 2.

Таблица 2

Образец	Сухие вещества, %	Азот общий, %	Азот небелковый, %	Азот белковый, %	Белок, %	Тиамин (витамин В <sub>1</sub> ) мг/гг	Рибофлавин (витамин В <sub>2</sub> ), мг/гг
Обезжиренное молоко	8,5	0,450	0,025	0,425	2,87	0,026	0,145
Концентрат	11,46	0,990	0,032	0,958	6,32	0,031	0,178
Концентрат	15,22	1,590	0,042	1,548	10,14	0,032	0,187
Концентрат	22,45	2,580	0,068	2,512	16,46	0,034	0,210
Фильтрат	4,61	0,026	0,020	0,006	0,17	0,021	0,126
Фильтрат	4,61	0,027	0,022	0,005	0,17	0,019	0,122

Обобщая данные таблицы по обсуждаемым выше показателям, можно утверждать, что повышение содержания белка в молоке в процессе ультрафильтрации влечет за собой увеличение содержания общего, небелкового и белкового азотов, а также витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub>. Вместе с тем необходимо указать, что содержание указанных веществ в фильтрате остается практически на протяжении

процесса фильтрации постоянным. В процессе ультрафильтрации около 70% витамина  $B_1$  и 75% витамина  $B_2$  переходят в фильтрат и только 30% и 35%, соответственно, от общего их содержания задерживается. Это объясняется тем что, очевидно, большая часть этих витаминов присутствует в молоке в свободном виде.

При изучении содержания микроэлементов установлено, что при повышении содержания белка от 2,9 до 18,9% массовая доля  $Mn, Co, Ni$  практически не изменяется и равняется, соответственно, 0,37-0,40; 0,0009-0,001; 0,012-0,013 мг/гг, а содержание  $Fe, Cu, Zn$  увеличивается, соответственно, от 0,758 до 1,62; 0,112-0,166; 0,474-1,024 мг/гг.

Аминокислотный состав и биологическая ценность. При изучении аминокислотного состава установлено, что в концентрате обезжиренного молока с повышенным содержанием белка растет общее количество как незаменимых так и заменимых аминокислот. Рассчитанный аминокислотный скор по сравнению со стандартной шкалой ФАО/ВОЗ показал, что как в обезжиренном молоке, так и в его концентрате практически отсутствуют лимитирующие аминокислоты, исключая метионин.

Обобщение и анализ результатов экспериментальных исследований убедительно показали, что по своей биологической ценности и химическому составу концентрат молока не уступает исходному обезжиренному молоку и вполне может быть использован в качестве исходного сырья для производства молочных продуктов.

Технологические особенности производства творога  
на основе ультрафильтрации

Определение технологических параметров производства творога. При исследовании технологических особенностей производ-

ства творога из концентрата изучался процесс сквашивания концентрата обезжиренного молока с содержанием белка от  $3,0 \pm 0,2\%$  до  $25,0 \pm 0,2\%$ . В процессе сквашивания определяли титруемую кислотность и pH. В процессе исследований определено, что время достижения сгустками pH 4,6–4,8 (равной изоэлектрической точке казеина) при повышении содержания белка в концентрате несколько увеличивается. Это можно объяснить увеличением буферности последнего. Установлено, что характер нарастания титруемой кислотности в концентрате аналогичен характеру нарастания титруемой кислотности в обезжиренном молоке и имеет прямолинейную зависимость. Показано, что использование концентрата с содержанием белка выше 20% не приемлемо, так как титруемая кислотность сгустка (более  $240^{\circ}\text{T}$ ) не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к творогу по этому показателю.

О невозможности применения концентрата с содержанием белка выше 20% свидетельствует также органолептическая оценка, так как вкус получаемых сгустков не соответствует предъявляемым требованиям (излишне кислый).

При изучении синергических свойств кислотно-сычужных сгустков установлено, что выделение сыворотки из сгустка прекращается при содержании белка в концентрате 18% и выше.

Проведенные исследования по определению изменения содержания влаги в сгустках в процессе их обезвоживания позволили окончательно установить оптимальный диапазон концентрации белка в концентрате, идущем на производство творога. Этот диапазон равен 18–20% белка.

#### Расход молока при производстве творога из концентрата.

Эффективность промышленного способа производства творога в наибольшей степени зависит от расхода сырья на единицу продук-

ции. В этой связи нами была изучена зависимость расхода молока при производстве творога, выработанного из молока, концентрированного ультрафильтрацией с различным содержанием белка. Для этого исследовано содержание сухих веществ в сыворотке, выделившейся из стустков с различной концентрацией белков. Определено, что при повышении содержания белка от  $3,0 \pm 0,2\%$  до  $25,0 \pm 0,2\%$  в концентрате содержание сухих веществ в сыворотке возрастает от 6,0 до 8,3%. Используя данные о количестве выделившейся сыворотки, полученные нами при изучении синергетических свойств стустков, был проведен баланс по потерям сухих веществ с сывороткой. Установлено, что общее количество потерь сухих веществ при повышении белка в концентрате снижается.

Для полного ответа на вопрос об эффективности применения ультрафильтрации необходимо также учитывать и потери сухих веществ с фильтратом при ультрафильтрационном концентрировании. В нижеприведенной таблице представлены данные по общим потерям сухих веществ в пересчете на 100 кг молока.

Таблица 3

Исследуемые образцы	Содержание белка %	Количество потерь сухих веществ с сывороткой, кг	Количество потерь сухих веществ с фильтратом, кг	Общие потери сухих веществ, кг
Обезжиренное молоко	$3,0 \pm 0,2$	4,67	-	4,67
Концентрат	$6,0 \pm 0,2$	1,78	2,3	4,08
Концентрат	$15,0 \pm 0,2$	0,429	3,588	4,01
Концентрат	$18,0 \pm 0,2$	0,058	3,68	3,74
Концентрат	$20,0 \pm 0,2$	0,019	3,72	3,73
Концентрат	$25,0 \pm 0,2$	0,018	3,80	3,808

Анализ данных таблицы показывает, что с повышением содержания белка в концентрате увеличивается степень использования сухих веществ молока. Усредненные экспериментальные данные по расходу молока на единицу продукции представлены на рисунке.

Обобщение результатов исследований позволило сделать вывод о том, что применение ультрафильтрации при производстве творога значительно повышает эффективность его производства за счет использования сывороточных белков и устранения такой трудоемкой операции, как отделение сыворотки.

Качественные показатели и биологическая ценность творога.

Исследованы основные физико-химические показатели, определяющие качество творога. Установлено, что кислотность и содержание влаги в твороге, а также органолептическая оценка соответствуют требованиям, предъявляемым к творогу. Изучено содержание витаминов  $B_1$  и  $B_2$ , аминокислотный состав и переваримость творога, выработанного из концентрата. Установлено, что по содержанию витаминов  $B_1$  и  $B_2$  творог из концентрата практически не отличается от творога, полученного традиционным способом, а по своей перевариваемости *in vitro* превосходит его.

Исследовав аминокислотный состав творога. Проведенные исследования показали, что получаемый творог из концентрата содержит все незаменимые аминокислоты и по своему аминокислотному составу превосходит творог, полученный традиционным способом (табл.4).

При оценке биологической ценности продукта по отношению лейцина и изолейцина установлено, что биологическая ценность творога, выработанного из концентрата, выше, чем обыкновенного творога.

с. в. 14217 v 014217

Одесский технический институт пищевой промышленности
Б. И. Б. 3. 11 - М. А.

Таблица 4

Аминокислотный состав творога

Наименование аминокислот	Содержание аминокислот в % на исходное вещество	
	Творог традиционный	Творог, выработанный из концентрата
<u>Незаменимые аминокислоты</u>		
Валин	0,83	1,05
Изолейцин	0,85	1,01
Лейцин	1,71	2,13
Лизин	1,41	1,69
Метионин	0,41	0,69
Треонин	0,71	0,90
Триптофан	0,53	0,72
Фенилаланин	0,91	1,07

5. Сублимационная сушка творога

Сублимационную сушку проводили в экспериментальной установке. Подготовку творога к самозамораживанию и последующей сушке проводили в соответствии с требованиями МРТУ 18/89-66. Самозамораживание заканчивали при достижении температуры  $-10 \pm -12^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность самозамораживания составляла 12-20 минут и за это время испарялось 15-20% влаги. Режим энергоподвода применяли ступенчатый, температура поверхности творога во время сушки не превышала  $50^{\circ}\text{C}$ , общее остаточное давление во время сублимационного обезвоживания составляло 26,6-107,4 Па. Сублимационную сушку творога проводили при удельной нагрузке 5 - 8 кг/м<sup>2</sup>. Установлено, что продолжительность сублимационной сушки творога, выработанного из концентрата, составляет 195-300 минут. Кривые сублимационной сушки творога представлены на рисунке 4.

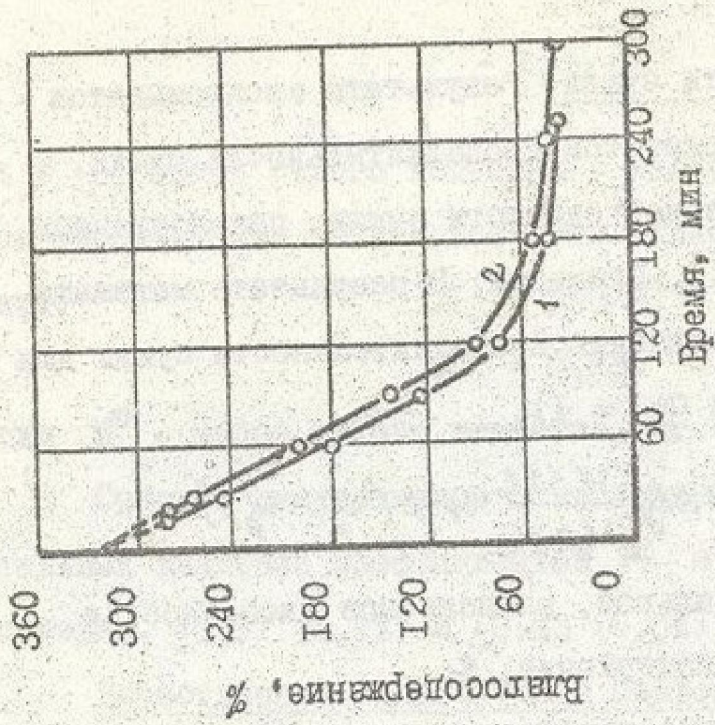


Рис. 4. Кривые сублимационной сушки творага.  
 1 - удельная нагрузка - 7 кг/м<sup>2</sup>  
 2 - удельная нагрузка - 8 кг/м<sup>2</sup>

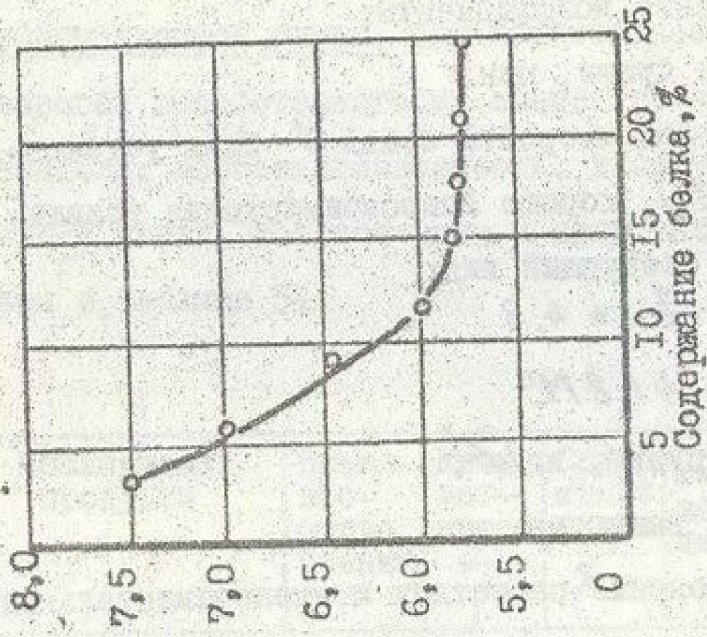


Рис. 3. Зависимость расхода молока от содержания белка в концентрате.

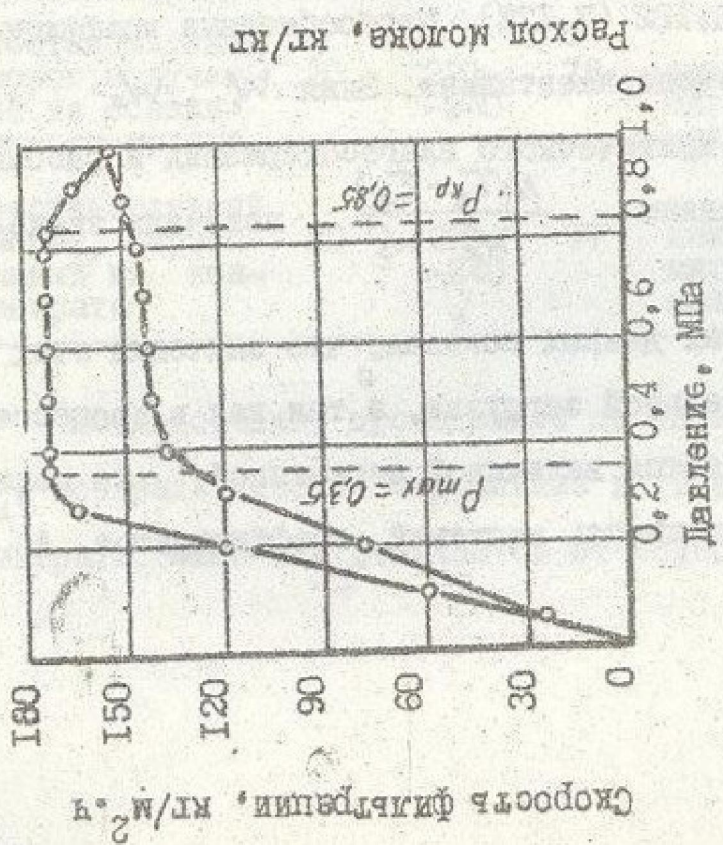


Рис. 2. Зависимость производительности мембран ЖФА-180 от давления фильтрации

Расчет продолжительности сушки. Результаты экспериментов подтверждены теоретическим расчетом продолжительности сушки, основанным на методе приведенной скорости сушки, разработанным Г.К. Филоненко и развитым М.А. Гришиным. В результате математической обработки получены уравнения продолжительности сушки для творога: (показатель степени  $m = 1$ ).

$$\tau = \frac{1}{N} \left[ (W_1 - W_k) + 2,3 A \lg \frac{W_k - W_p}{W_2 - W_p} + \beta (W_k - W_2) \right]$$

где  $W_1$ ,  $W_p$ ,  $W_k$  - начальное, равновесное (конечное) и критическое влагосодержание, %;

$A$  и  $\beta$  - массообменные коэффициенты;

$\tau$  - продолжительность сушки, мин.

Для определения постоянной скорости сушки  $N$  была установлена зависимость  $N\left(\frac{M}{F}\right); N(M^c)$ , хорошо аппроксимирующая уравнением прямой линии и имеющая следующий вид:

$$N = -0,4 \frac{M}{F} + 4,8$$

$$N = 4,8 - 41,8 M^c$$

где  $\frac{M}{F}$  - удельная нагрузка, кг/м<sup>2</sup>,  
 $M^c$  - масса сухого вещества, кг.

Среднеквадратичное отклонение расчетных и экспериментальных значений  $N$  составляет  $\pm 0,122$  (7,17%). Массообменные коэффициенты  $A$  и  $\beta$  определяли экспериментально. Зная  $W_1$ ,  $W_k$ , продолжительность сушки до критического влагосодержания и рассчитав по экспериментальным данным  $\frac{N(\tau_c - \tau_k)}{W_k - W_2}$ , получали значения коэффициентов  $A$  и  $\beta$ .

Анализ экспериментальных данных показал, что значения этих коэффициентов зависит от удельной загрузки, а так как в процессе сушки удельная загрузка является величиной переменной, то целесообразнее трактовать зависимость значений коэффициентов  $A$

$\alpha$  и  $\beta$  от массы сухого вещества – величины, остающейся в процессе эксперимента неизменной. Эти зависимости имеют следующий вид:

$$A = 550 M^0 - 16,5$$

$$\beta = 0,985 - 6,66 M^0$$

где  $M^0$  – масса сухого вещества, кг.

Среднее квадратичное отклонение теоретических и экспериментальных значений коэффициентов  $A$  и  $\beta$  не превышает, соответственно,  $\pm 0,97$  (8,7%) и  $\pm 0,03$  (6,0%).

Качественные показатели и биологическая ценность творога сублимационной сушки. Для качественной оценки восстановленного творога, выработанного из концентрата, определяли следующие показатели: восстанавливаемость, кислотность, содержание влаги, вкус и запах, консистенцию и цвет. Полученные результаты приведены в таблице 5.

Таблица 5

Исследуемые продукты	Время восстановления, мин	Кислотность от	Содержание влаги %	Органолептические показатели		
				консистенция	вкус и запах	цвет
Восстановленный творог, полученный из обезжиренного молока	20	220–240	78	нежная, мягкая, макуцая	чистый, кисло-молочный	от белого до слегка желтого
Восстановленный творог, выработанный из концентрата	20	225–240	77	нежная, мягкая, макуцая	чистый, кисло-молочный	от белого до слегка желтого

Исследования, проведенные по определению витаминов  $B_1$  и  $B_2$ , показали, что их содержание в твороге, выработанном из концентрата, мало чем отличается от содержания в обычном твороге.

Данные по содержанию аминокислот свидетельствуют о том, что по аминокислотному составу сухой творог из концентрата превосходит творог нежирный сублимационной сушки (таблица 6).

Таблица 6

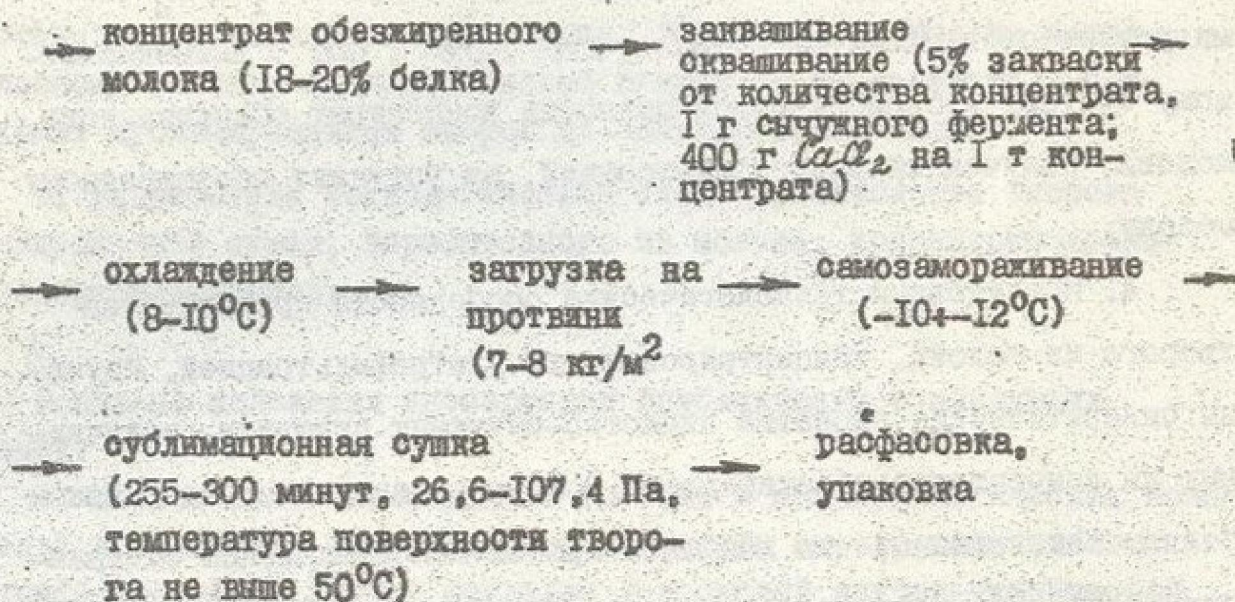
Наименование аминокислот	Содержание аминокислот в % на исходное вещество	
	Сухой творог, полученный традиционным способом	Сухой творог, выработанный из концентрата
<u>Незаменимые аминокислоты</u>		
Валин	2,97	3,1
Изолейцин	3,19	3,25
Лейцин	6,77	6,95
Лизин	4,44	5,44
Метионин	0,64	1,20
Треонин	2,68	2,83
Триптофан	1,76	2,37
Фенилаланин	3,49	3,56

Кроме того, установлено, что по отношению лейцина к изолейцину биологическая ценность и усвояемость сухого творога, полученного из концентрата, выше, чем творога, полученного из обезжиренного молока.

Технологическая схема производства творога сублимационной сушки, выработанного из молока, концентрированного ультрафильтрацией

На основании всех изложенных выше исследований нами предложена следующая технологическая схема производства сухого творога:

Обезжиренное молоко  $\xrightarrow{\text{Пастеризация (72-74}^{\circ}\text{C, 18-20 с)}}$   $\xrightarrow{\text{Ультрафильтрация (0,35 МПа, 55}^{\pm}\text{1}^{\circ}\text{C)}}$



Предложенная технология позволяет интенсифицировать процесс получения сухого творага сублимационной сушки на стадии выработки творага за счет устранения такой трудоемкой операции, как отделение сыворотки и увеличить выход готовой продукции на 15-20% за счет более полного использования оставших частей молока.

### Выводы

1. Изучена зависимость производительности мембран *ЖТА-180* от давления фильтрации. Определены максимально допустимое и критическое давления фильтрации, имеющие следующие величины - 0,35 МПа и 0,85 МПа. Установлено, что оптимальной температурой фильтрации является  $55 \pm 1^\circ\text{C}$ , обеспечивающая высокую эффективность проведения процесса ультрафильтрационного концентрирования.

2. Показано, что гидродинамические факторы влияют на эффективность процесса ультрафильтрации. Доказана возможность интенсификации процесса за счет использования пульсирующего потока жидкости.

3. Установлено, что по содержанию витаминов  $B_1$  и  $B_2$ , микроэлементов  $Mn$ ,  $Co$ ,  $Ni$ ,  $Zn$ ,  $Fe$ ,  $Cu$ , аминокислотному составу и биологической ценности концентрат обезжиренного молока, полученный ультрафильтрацией, не уступает обезжиренному молоку.

4. Исследованы технологические особенности производства творога из молока, концентрированного ультрафильтрацией. Изучены синергетические свойства кислотно-сычужных сгустков, полученных из концентрата обезжиренного молока с различным содержанием белка. Установлено, что наиболее приемлемым диапазоном содержания белка в концентрате, идущем на производство творога, является 18-20% белка.

5. Изучена зависимость расхода молока при производстве творога от содержания белка в концентрате. Показано, что при повышении содержания белка расход сырья на единицу выпускаемой продукции снижается за счет более полного использования сухих веществ.

6. Доказано, что по своему витаминному аминокислотному составу, переваримости *in vitro* протеолитическими ферментами и биологической ценности творог, полученный из молока, концентрированного ультрафильтрацией, превосходит творог, выработанный по традиционной технологии.

7. Исследован процесс сублимационной сушки творога, полученного из концентрата. Используя метод приведенной скорости сушки, выведены уравнения, позволяющие определить продолжительность процесса сушки. Установлена математическая зависимость массообменных коэффициентов  $A$  и  $\beta$ , постоянной скорости от массы сухих веществ.

8. Проведена сравнительная качественная оценка восстановленного творога, выработанного из концентрата, и творога, вы-

работанного из обезжиренного молока. Установлено, что по аминокислотному составу сублимированный творог из концентрата превосходит сублимированный творог из обезжиренного молока.

9. Разработана технологическая схема производства творога сублимационной сушки, выработанного из молока, концентрированного ультрафильтрацией.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Исследование химического состава и микробиологических показателей концентрата белковой фазы молочного сырья, полученного ультрафильтрацией. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Перспективы развития производства консервной продукции для детского питания". Одесса, 1980, с. 35 (Чагаровский А.П., Котельников А.Ф., Малышко Т.С., Абид Джавад Кадим Эль Амири).
2. Исследование влияния пульсации и вибрации на интенсивность процесса ультрафильтрационного концентрирования. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Влияние тепловой обработки на питательную ценность пищевых продуктов", Харьков, 1981, с. 105-106. (Гришин М.А., Чагаровский А.П., Абид Джавад Кадим Эль Амири, Фетисов Е.А.).
3. Влияние процесса ультрафильтрационного концентрирования обезжиренного молока на некоторые показатели его химического состава. Материалы Первой Всесоюзной научно-технической конференции "Разработка процессов получения комбинированных мясопродуктов (технология, аппаратное оформление, оптимизация)". Москва, 1982, с. 49-50. (Гришин М.А., Чагаровский А.П., Лысогор Т.А., Избаш Е.А., Абид Джавад Кадим Эль Амири).
4. Технологическая схема производства творога из концентрата обезжиренного молока, полученного ультрафильтрацией. Материалы Республиканской научно-технической конференции молодых ученых республик Закавказья по актуальным проблемам Продовольственной программы, посвященной 60-летию образования СССР. Тбилизи, 1982, с. 377-378. (Гришин М.А., Чагаровский А.П., Чагаровский В.И., Абид Джавад Кадим Эль Амири).