



На правах рукописи

ДОВГУН НИКОЛАЙ ПЕТРОВИЧ

**ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ДОБАВОК В
ТЕХНОЛОГИЯХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ НАПИТКОВ**

Специальности

05.18.04 – Технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных
производств

05.18.07 – Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных
веществ

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научные руководители:

д.т.н., профессор

Голубева Л.В.

д.т.н.

Титов С.А.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
ГЛАВА 1 Литературный обзор	7
1.1 Сырьевые источники биологически ценных веществ, перспективных для использования в кисломолочных напитках	7
1.2 Функциональные свойства биополимеров в молочных системах	25
1.3 Обогащение кисломолочных продуктов биологически активными веществами и их влияние на реологические свойства	29
ГЛАВА 2 Экспериментальная часть	37
2.1 Объекты исследований	37
2.2 Организация исследований	38
ГЛАВА 3 Свойства ингредиентов для кисломолочных напитков обогащенных физиологически ценными веществами	62
3.1 Исследование состава сухого порошка перепелиных яиц	62
3.2 Разработка экспресс-метода определения растворимости сухой молочной сыворотки	65
3.3 Свойства молочной сыворотки, после электрофлотационной обработки	71
3.4 Состав суспензии пищевых волокон во флотированной творожной сыворотки	76
3.5 Микроструктура и структурно-механические свойства суспензии пищевых волокон во флотированной сыворотке	80
3.6 Физическая модель поведения суспензии пищевых волокон в флотированной сыворотке при внешних механических воздействиях	88
ГЛАВА 4 Изучение свойств обогащенных физиологически ценными веществами кисломолочных напитков	109
4.1 Изучение влияния добавки сухого порошка перепелиных яиц на процесс сквашивания в производстве кисломолочных напитков	109

4.2	Применение сыворотки при изготовлении кисломолочных напитков	114
4.3	Кисломолочные напитки с добавлением суспензии пищевых волокон в флотированной творожной сыворотке	120
4.3.1	Физические свойства кисломолочных напитков с заменой части молочного сырья суспензией пищевых волокон в флотированной сыворотке	120
4.3.2	Кислотообразующая способность кисломолочных микроорганизмов в зависимости от массовой доли суспензии ПВ в флотированной молочной творожной сыворотке	144
Глава 5	Разработка технологий кисломолочных напитков с биологически ценными добавками	149
5.1	Разработка технологии кисломолочного напитка с добавлением сухого порошка перепелиного яйца	149
5.2	Разработка технологии кисломолочного напитка с использованием сыворотки	158
5.3	Разработка технологии кисломолочного напитка с применением мелкодисперсной суспензии пищевых волокон (ПВ) в флотированной творожной сыворотке	162
5.4	Оценка безопасности производства кисломолочных напитков	170
	Выводы	177
	Список литературы	179
	Приложения	191

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших факторов, определяющих продолжительность жизни населения, является полноценное и здоровое питание. В основных направлениях «Концепции государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 г.» предусматривается разработка и внедрение принципиально новых молочных продуктов, обладающих высокой биологической ценностью, благоприятно воздействующих на функции организма, нормализацию обменных процессов. В этой связи исследования, направленные на разработку и внедрение в производство продуктов питания, обогащенных биологически активными веществами, являются важной народнохозяйственной задачей.

Анализ здоровья населения, проводимый в последние несколько десятилетий ведущими специалистами в области здравоохранения (медицины), убедительно свидетельствуют о росте таких «болезней цивилизации», как алиментарно-обменные формы ожирения, сердечнососудистые и раковые заболевания, а так же функциональных расстройств, приводящих к этим заболеваниям. В настоящее время назрела острая необходимость в улучшении структуры питания населения за счет повышения качества и биологической ценности. Одним из основных направлений в этом отношении является обогащение их витаминами, минеральными и белковыми веществами. Актуальность проблемы обусловлена рядом причин: возрастает потребление продуктов, подвергнутых технологической обработке, консервированию и длительному хранению, что отрицательно сказывается на уровне поступления с пищей эссенциальных пищевых веществ.

Кисломолочные напитки, пользуются заслуженной популярностью у населения благодаря освежающему вкусу, нежной консистенции, благоприятному влиянию на человеческий организм. В последнее время многие производители стали добавлять в кисломолочные напитки различные обогатители, однако, зачастую это делается бессистемно, без учета

особенностей микроструктуры, реологических характеристик, биологической совместимости компонентов обогатителя и молочной основы.

Изучение свойств кисломолочных напитков с различными добавками занимались такие ученые как Л.В. Антипова, Н.Б. Гаврилова, Л.В. Голубева, Н.И. Дунченко, Л.А. Забодалова, З.С. Зобкова, Е.И. Мельникова, Л. А. Остроумов, А.Г. Храмцов, А. Tamim, R. Robinson, T. Amatayakul и др. Перспективными для применения в качестве биологических добавок к кисломолочным напиткам являются порошок перепелиных яиц, пектин, молочная сыворотка, пищевые волокна. Порошок перепелиных яиц обладает уникальной пищевой и биологической ценностью (белки, аминокислоты, витамины, ферменты), молочная сыворотка имеет высокое содержание необходимых для человека минеральных веществ и витаминов, пищевые волокна выводят шлаки и токсины из организма, используются полезными бактериями кишечника. Кроме того, применение молочной сыворотки поможет решить проблему ее утилизации. Применение пищевых волокон позволяет придать продукту оптимальную консистенцию. Однако свойства кисломолочных напитков с их добавлением, а так же особенности технологии изготовления таких напитков представлены в отечественной и зарубежной литературе недостаточно. В связи с этим целенаправленное введение таких добавок и отработка соответствующих технологий кисломолочных напитков является актуальной научно-практической проблемой.

Проблема исследования свойств кисломолочных напитков с биологически активными добавками актуальна и как научная задача. Кисломолочные напитки и пищевые добавки являются гидратированными системами с различной степенью гидратации. Взаимодействие основных компонентов молочного сырья и добавок существенно влияет на параметры гидратации образующейся пищевой системы, ее структурно-механические свойства. Изучение и моделирование таких взаимодействий позволяет пролить свет и на изменение свойств сырья под действием микроорганизмов, так как их развитие и активность тесно связаны с гидратацией, и, с другой стороны, вещества,

выделяемые в процессе их жизнедеятельности, могут существенно влиять на свойства гидратированных систем.

Данная работа выполнялась в соответствии с ГБ НИР кафедры технологии молока и молочных продуктов Воронежского государственного университета инженерных технологий «Разработка технологии молочных продуктов целевого назначения, в том числе лечебно-профилактического, специального, функционального, обогащенного витаминами и биологически активными добавками», а также грантом «Функциональные и безопасные продукты для обеспечения физиологического статуса и активного метаболизма организма на основе рационального использования биоресурсов» (госконтракт № 1418).

Цель работы: развитие научных представлений и создание теоретических моделей прогнозирования свойств продуктов на молочной основе применительно к технологии обогащенных кисломолочных напитков.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

- исследование биотехнологического и биогенного потенциала пищевых добавок природного происхождения;
- обоснование выбора сырьевых источников и разработка их комбинаций;
- построение физико-математической модели молочной основы с заданной вязкостью;
- исследование технологических характеристик новой пищевой добавки с пребиотическими свойствами;
- определение особенностей развития микроорганизмов в предлагаемых молочных основах;
- изучение свойств кисломолочных напитков, выработанных по разработанным рецептурам;
- проведение промышленной апробации, расчет экономической эффективности и создание проекта технической документации на производство обогащенных кисломолочных напитков.

ГЛАВА 1 Литературный обзор

1.1 Сырьевые источники биологически ценных веществ, перспективных для использования в кисломолочных напитках

Перепелиные яйца. На данный момент в питании людей выявлен значительный дефицит витаминов А, С, группы В, что при отсутствии высококачественных продуктов усиливает влияние негативного фактора. Особенно опасен в этом плане дефицит β -каротина.

С учетом сказанного возникает необходимость восполнения недостатка поступления ряда витаминов за счет дополнительного введения их в продукты массового потребления. β – каротин является провитамином А. Витамин А, содержащийся в яйцах перепелов, оказывает многостороннее действие на организм человека [55]. Он является переносчиком водорода и кислорода, оказывает влияние на обмен веществ, иммунную реакцию, процессы роста и репродукции. Содержание витамина А в молоке невелико. Поэтому использование молочно-яичной смеси является весьма целесообразным.

Кроме того, увеличивается потребление продуктов питания с повышенным содержанием холестерина, а также радиационно-загрязненной пищи. В связи с чем, возрастает интерес к росту производства продуктов, выводящих радионуклиды из организма, и с пониженным содержанием холестерина.

Судя по данным [39] перепелиное яйцо, используемое в нашей стране, вполне может быть использовано как источник биологически активных веществ. Птицеводческой отрасли в обеспечении населения высококачественными продуктами питания принадлежит одно из ведущих мест. Однако старые технологии на современном этапе экономически неэффективны и значительно сужают ассортимент вырабатываемых яйцепродуктов. К тому же большинство известных подходов не учитывают современных требований к питанию, например, сбалансированности макро – и микронутриентов.

В связи с этим актуальной является разработка технологии производства нового поколения продуктов, в том числе комбинированных из яиц на базе

современных способов и методов переработки яичных продуктов. Значительным резервом для достижения намеченного является комплексное использование вторичного молочного сырья, которое дешево, общедоступно, имеет хорошие пищевые и функциональные свойства.

Совместное использование яйцепродуктов, в частности яичного порошка, и обезжиренного молока позволяет совершенствовать структуру ассортимента комбинированных продуктов и регулировать химический состав с учётом принципов науки о питании [16]. При производстве молочно-яичных продуктов целесообразно учитывать, что белковые компоненты молочного белково-углеводного сырья, а также липидный комплекс желтка и оболочек жировых шариков являются поверхностно-активными веществами, что предопределяет эффективность их использования в производстве структурированных напитков.

Таблица 1.1 Химический состав куриного и перепелиного яиц [39]

Показатель	Куриные яйца	Перепелиные яйца
Сухое вещество, %	22,4	25,4
Протеин, %	11,6	12,0
ВИТАМИНЫ, мкг		
B ₁	49	137
B ₂	500	1100
PP	99	110
A	780	1180
Каротиноиды	640	670
МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА, мг		
Кальций	52	76
Фосфор	185	213
Калий	124	620
Железо	88	404
Медь	9,6	17
Кобальт	3,8	6,6
АМИНОКИСЛОТЫ, г		
Лизин	0,75	1,05
Цистин	0,28	0,43
Метионин	0,38	0,72
Аспарагиновая	0,79	1,16
Глутаминовая	1,44	1,72
Триптофан	0,20	0,24

Наряду с этим перепелиное яйцо значительно превосходит в количественном соотношении по многим питательным веществам куриное.

(табл.1.1). По сравнению с куриным яйцом в одном грамме перепелиного яйца содержится больше витаминов: А – в 1,5 раза, В₁ – в 2раза, В₂ – в 2,2 раза. В пяти перепелиных яйцах, по массе равных одному куриному, в 5 раз выше уровень фосфора и калия, в 4,5 раза железа. В яйцах перепелов значительно больше меди, кобальта, таких аминокислот, как лизин, цистин, метионин, триптофан, аспарагиновая и глутаминовая кислоты.

Молочная сыворотка. Систематизация существующих технологий напитков из сыворотки позволила разработать классификацию и провести работы по их совершенствованию, а также созданию и внедрению новых технологий (рис. 1.1).

Молочная сыворотка является побочным продуктом при производстве сыров, творога, казеина. В процессе получения данных продуктов в молочную сыворотку переходит около 50% сухих веществ молока [11]. Состав и свойства молочной сыворотки обусловлены видом основного продукта, технологией его получения и применяемыми реагентами [Скурихина И.М. Химический состав продуктов (далее по тексту в скобках приведены известные монографии)].

Таблица 1.2. Состав и свойства молочной сыворотки

Компоненты	Размер частиц, нм	Степень перехода молока в сыворотку
Молочный жир	1000-5000	6,3-12,4
<u>Белок</u> Казеин	100-200	21,4-25,1
Альбумин	15-20	91-100
Глобулин	25-50	90-100
Лактоза	1-1.5	88-99,3
Минеральные соли	0.2-2	61,8-88,5
СВ	-	49,2-50,7

Основной объем в сухих веществах сыворотки занимает лактоза (около 70%). В целом объемное распределение основных компонентов молочной сыворотки можно поставить следующим рядом: лактоза> белковые вещества> минеральные соли> жир [11].

Биологическая ценность сыворотки обусловлена содержащимися в ней белковыми азотистыми соединениями, углеводами, липидами, минеральными

солями, витаминами, органическими кислотами, ферментами, иммунными телами и микроэлементами [84].

В молочной сыворотке содержится 0.134 мг/ 100 мл азотистых соединений, из которых примерно 65% являются белковыми азотистыми соединениями, неоднородными по своему составу, что подтверждается данными (табл. 1.3).

Сывороточные белки могут служить дополнительными источниками аргинина, гистидина, метионина, лейцина, треонина, триптофана и лейцина. Все это позволяет отнести их к полноценным белкам, используемым организмом для структурного обмена, в основном для регенерации белков печени, образования гемоглобулина и плазмы крови [63].

В молочной сыворотке содержатся все незаменимые аминокислоты. Общее их содержание в подсырной и творожной сыворотке примерно одинаково. Однако в творожной содержится в 3.5 раза больше свободных аминокислот и в 7 раз больше незаменимых аминокислот [84].

Таблица 1.3 Физико-химические показатели белковой фракции сыворотки

Фракция белков	Содержание, %	Молекулярная масса, ед.	Изоэлектрическая точка, рН	Температура денатурации, °С
Лактоальбуминовая	0.4- 0.5			
-лактоглобулин А		36000	5.20	75- 100
-лактоглобулин Б		16500	5.10	60- 95
-лактоглобулин (А+Б)		36000	5.30	60- 95
-лактоглобулин С		36000	5.33	60- 90
Сывороточный альбумин		69000	4.70	60- 95
Лактоглобулиновая	0.06- 0.08			
Эвглобулин		252000	6.00	75- 90
Псевдоглобулин		289000	5.60	75- 90
Протеидо- пептонная	0.06- 0.18	-	3.30	70-100

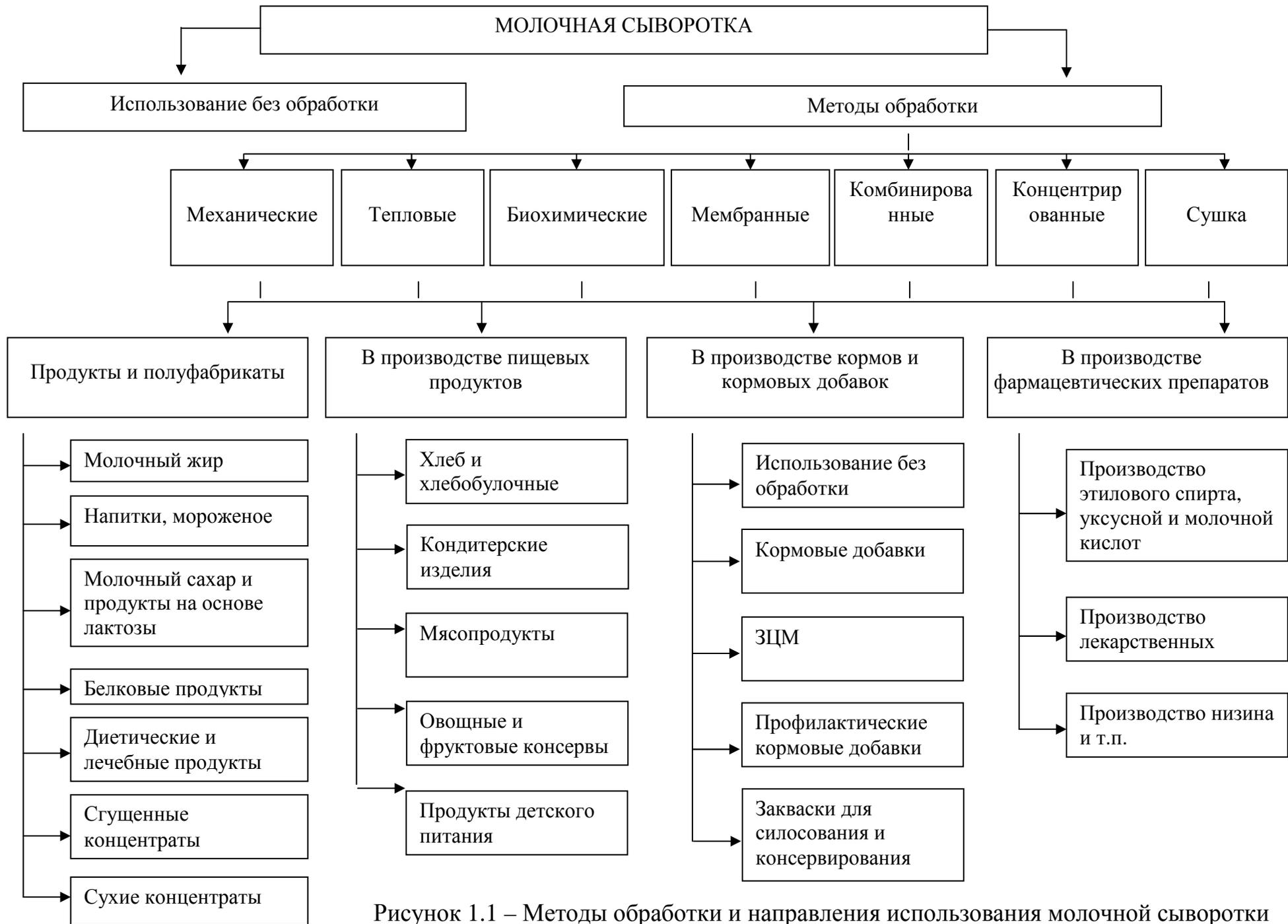


Рисунок 1.1 – Методы обработки и направления использования молочной сыворотки

В сыворотку переходят все углеводсодержащие соединения молока [85], не связанные с казеином и жиром. Из моноз в сыворотке содержатся глюкоза и галактоза.

Минеральный состав сыворотки многообразен. В нее переходят практически все соли микроэлементы молока, а также соли, выводимые при выработке основного продукта и соединения с поверхности оборудования.

Минеральные вещества находятся в различной форме – истинного и молекулярного растворов, коллоидном и нерастворимом состоянии, в виде солей органических и неорганических кислот. Микроэлементный состав сыворотки (в мкг/кг): железо- 674, цинк- 3108, медь- 7.6, кобальт- 6.085 и другие (более 20 наименований).

В целом молочная сыворотка – это продукт с естественным набором жизненно важных минеральных соединений.

Из органических кислот в сыворотке находится молочная, лимонная, нуклеиновая и летучие жирные кислоты – уксусная, муравьиная, пропионовая, масляная. Молочная кислота образуется из лактозы в результате жизнедеятельности бактерий. Содержание молочной кислоты в сыворотке приведено в (табл. 1.4).

Таблица 1.4 Содержание молочной кислоты в сыворотке

Сыворотка	Молочная кислота, %		
	свободная	связанная	всего
подсырная	0,12	0,64	0,76
творожная	0,14	0,94	1,08

В сравнении с подсырной в творожной сыворотке содержится большее количество жирных кислот [87], что объясняется гидролизом жира в процессе образования творожного сгустка, а также более выражены ферментные системы. В молочной сыворотке содержится 0.05- 0.45% жира, что обусловлено его количеством в исходном сырье. Жир в сыворотке диспергирован больше, чем в

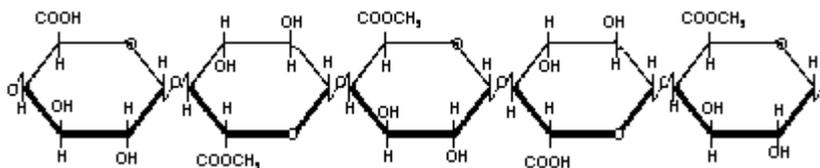
молоке, что положительно влияет на биохимические процессы, проходящие в организме человека и животных. В молочной сыворотке, особенно творожной, присутствуют антибиотические вещества.

Энергетическая ценность сыворотки значительно ниже, чем молока, а биологическая почти одинаковая, что обуславливает, ее использование в диетическом питании и необходимость комплексной переработки.

Следует отметить, что биологическая и питательная ценность сыворотки, особенно белковых соединений в полной мере зависит от степени качества выделения их из сывороточных растворов с сохранением нативных свойств.

С сывороткой изготавливаются кисломолочные напитки, йогурты, плодоовощные соусы. В качестве дополнительных ингредиентов этих продуктов используются овощные и фруктовые пюре, мед натуральный, стабилизирующие вещества [33].

Пектин. Растворимые пектиновые вещества – полисахариды, образованные остатками частично метоксилированной D-галактуроновой кислоты, в которой атом водорода заменен на группу $-OCH_3$.



Пектины классифицируют по степени метоксилирования (степени этерификации – СЭ) – отношению количества метоксильных групп $-OCH_3$ ко всем кислотным остаткам в молекуле.

СЭ делит все промышленные виды пектинов на две группы:
1) высокоэтерифицированные с СЭ равной или более 50%;
2) низкоэтерифицированные – СЭ менее 50%.

Наивысшая СЭ, которая может быть достигнута при экстрагировании пектина из природного сырья, находится в пределах 75-80%. СЭ оказывает

значительное влияние на основные свойства пектинов, определяющие их промышленное применение.

Детальные исследования яблочного, цитрусового и подсолнечного пектинов с применением ионообменной хроматографии показали, что в основную цепь молекулы пектина между остатками галактуроновой кислоты включены единицы L-рамнозы (в среднем одна единица на 25 остатков галактуроновой кислоты). К этим звеньям присоединены боковые ответвления, содержащие различные сахара: L-арабинозу, D-галактозу, ксилозу.

Пектин сахарной свеклы содержит в своей структуре значительное количество ацетильных и феруловых групп [32]. Феруловая кислота связана эфирной связью с арабанами и галактанами боковых ветвей пектина. Под действием фермента пероксидазы, способной катализировать окислительную конденсацию арабино- и галактопиранозных остатков пектиновых полисахаридов, происходит поперечная сшивка пектиновых молекул при помощи диферулатных мостиков.

В растительных источниках пектиновые вещества находятся, главным образом, в двух видах – в виде растворимого пектина и в виде протопектина. Протопектин – нерастворимый в воде природный пектин растений, состоящий в основном из сети пектиновых цепей, образованных в результате соединения ионов многовалентных металлов с неэтирфицированными группами COOH с образованием ионных мостиковых связей и, в незначительных количествах, при помощи эфирных мостиков с H_3PO_4 .

Пектиновые вещества, полученные из различных растительных источников, представляют собой порошки без запаха и слизистые на вкус, от светло-кремового до коричневого цвета. Цитрусовые пектины обычно светлее яблочных. Во влажной атмосфере пектины могут сорбировать до 20% воды. В избытке воды – растворяются. Одним из важнейших свойств пектинов является их желирующая способность.

Комплексообразующая способность пектина основана на его взаимодействии с ионами тяжелых и радиоактивных металлов. Благодаря этому

свойству пектина, его включают в рацион питания лиц, находящихся в среде, загрязненной радионуклидами, и имеющих контакт с тяжелыми металлами [Багоцкий В.С. Основы электрохимии]. Оптимальная профилактическая доза пектина составляет 4г в сутки, а в условиях радиоактивного загрязнения – не менее 15-16г. Чем ниже степень этерификации пектина, тем выше способность к комплексообразованию.

В работах [43,30] экспериментально показано, что связывание в пектиновых веществах отдельных ксенобиотиков неорганической природы (катионов поливалентных металлов) осуществляется тремя параллельными действующими путями: за счет гемосорбции катионов с образованием хелатных связей со свободными и амидированными карбоксильными группами пектиновых молекул; за счет адсорбции отдельных катионов на поверхности гидратных оболочек коллоидных частиц путем электростатического взаимодействия заряда катиона и собственного заряда частицы, формирующегося при диссоциации первичных функциональных групп (свободных и амидированных карбоксильных групп), а также вторичных функциональных групп (свободных гидроксильных групп) в водных средах. Третьим путем является пассивная абсорбция катионов с частью среды, «заземляемой» в ячейках между отдельными молекулами пектиновых веществ в процессе формирования структурированного осадка. В [73] определены константы ионизации основных функциональных групп пектиновых веществ в водных средах и показано, что пектиновое вещество необходимо рассматривать как крайне-гетерогенную структуру со сложными молекулярными взаимосвязями.

Широкое распространение, относительная легкость выделения и высокая физиологическая активность сделали привлекательным практическое применение пектинов. Поэтому, в настоящее время проводится интенсивное изучение связи между структурой и биологической активностью пектиновых полисахаридов.

Детоксицирующие свойства пектиновых веществ обуславливают их применение для лечения аллергических заболеваний, в частности диатезов у детей [32].

Одним из важных известных физиологических действий пектинов является изменение вязкости содержимого желудка и кишечника после их приема в пищу, что приводит к замедлению транзита по желудочно-кишечному тракту. Это, в свою очередь, при максимальном усвоении питательных веществ, снижает аппетит.

Благодаря сильной водоудерживающей способности пектины увеличивают содержание воды в стуле, что благоприятно сказывается на самочувствии человека. В то же время пектины после прохождения по тонкой кишке ферментируются в толстой кишке анаэробными бактериями в короткоцепочные жирные кислоты, что приводит к увеличению объема стула и ускоренному транзиту по толстой кишке. Эти свойства используются при лечении запоров и поносов.

Другим фармакологическим свойством пектина является его обволакивающее и защитное действие. Являясь высокомолекулярными полисахаридами, пектиновые вещества способны образовывать гель на поверхности слизистой оболочки желудка и кишечника, что предохраняет их от раздражающего влияния агрессивных факторов.

Результаты клинических наблюдений подтверждают также экспериментальные данные о способности пектинов снижать уровень холестерина в крови.

Пектиновые вещества могут быть также использованы в качестве гипогликемического средства. Клинические наблюдения показали, что у больных диабетом пектины снижают скорость увеличения содержания глюкозы в крови после приема пищи, не изменяя при этом концентрацию инсулина в плазме крови.

Исследование действия пектинов на иммунитет заслуживает особого внимания в связи с чрезвычайно важной ролью, которую играет иммунная

система в жизнеобеспечении организма. В качестве мишени воздействия пектинов служат основные звенья иммунитета – фагоцитоз, антиген-специфический клеточный и гуморальный иммунный ответ [66] .

В [66] найдены новые виды физиологической активности пектинов: ингибирование токсического действия липополисахарида (ЛПС), защитное действие на стенку толстой кишки и усиление иммунного ответа на антиген. Выявлены особенности противовоспалительного действия пектинов, в частности, его превентивный характер.

Пектин и его производные находят широкое применение в пищевой промышленности. В технологии хлебопечения используются такие свойства пектиновых веществ, как набухаемость, вязкость, способность образовывать гели, повышать водопоглотительную способность, эмульгирующие свойства, регулировать кристаллообразование.

Установлено, что внесение в тесто пектинов влияет на микробиологические процессы приготовления теста. При внесении в тесто пектинов повышается его начальная кислотность, снижается рН, активизируются процессы брожения, упрочняется структура изделия, повышается объемный выход, пористость и сжимаемость мякиша – формоустойчивость. Срок сохранения хлеба при внесении пектина и яблочного экстракта удлиняется от 12-24 ч[99] .

Разрабатываются также безалкогольные напитки с добавлением пектина. В связи с ухудшением экологической обстановки, высоким процентом населения занятым на вредных производствах, создание безалкогольных напитков лечебно-профилактического назначения являются актуальной проблемой. Именно в гидратированной форме пектин оказывает на человека более эффективное физиологическое воздействие [8,31]. При производстве напитков чаще всего используется свекловичный пектин. Так как он является низкоэтерифицированным и соответственно, имеет более высокую комплексообразующую способность по сравнению с яблочным пектином. Это

позволяет более эффективно выводить токсические вещества, в частности ионы тяжелых металлов из организма человека.

В [92,480] описаны технологические процессы получения пектинсодержащих напитков на основе яблочного сока (напиток яблочно-пектиновый профилактический), экстрактов тысячелистника – элеутерококка, гидролизата казеина, настоя апельсина («Новинка – тонизирующий»), лимонного настоя («Лимон»).

Пектин применяют в производстве молочных, мясных и рыбных изделиях, как массового ассортимента, так и лечебно-профилактического назначения. Широко применяется пектин в производстве молочных изделий в зарубежной технологической практике. Так фирма «Hereules Ins» разработала рецептуру и технологию приготовления стойкого фруктово-молочного напитка, содержащего пектиновый раствор [95]. Технология приготовления напитка включает следующие стадии. Сначала смешивают воду (32,68%), молоко (35%) и сахарозу (10%). Добавляют раствор пектина (12%) при непрерывном перемешивании перемешивают. Затем медленно внося яблочный сок (9-11% общих сухих веществ) рН напитка регулируют добавлением 20 % раствором лимонной кислоты до рН 3,85-4,0 добавляют ароматизатор в виде пунша (0,3%), красный краситель в виде 10% -го раствора (0,03%). Полученную смесь подвергают обработке при 88°С в течении 10 мин. Гомогенизируют при давлении 147кг/см³ и 77°С. После этого напиток разливают при 4,5-10°С в бутылки, закупоривают и охлаждают.

Пектин вводят также и в колбасные изделия, что не только повышает их биологическую ценность, но и улучшает качественные показатели, а также выход продукции. В колбасных изделиях с пектином резко снижается обсемененность микроорганизмами, а протей не обнаруживается даже после хранения в течение 48 часов [41].

В ряде продуктов в качестве загустителей применяется пектин или другие полисахариды совместно с молочной сывороткой. Изучено влияние яблочного

пектина производственного объединения Herbstreith & Fox на связывание ионов тяжелых металлов таких, как свинец и никель.

Пищевые волокна. Еще одной важной группой веществ, оказывающих благотворное влияние на организм человека, являются пищевые волокна.

Как правило, пищевые волокна получают обработкой выжимок плодов или корнеплодов (яблочные, свекловичные, тыквенные волокна) или кожуры цитрусовых. Поэтому состав волокон определяется составом клеточных стенок и межклеточного пространства, т. е. пищевые волокна включают в себя в качестве основных компонентов целлюлозу, гемицеллюлозу, пектиновые вещества, иногда белок [Дудкин М.С. Гемицеллюлозы].

Полисахариды клеточных стенок можно разделить на две большие категории: микрофибриллярные и полисахариды матрикса.

Полисахариды первой категории – очень длинные разветвленные молекулы, которые в клеточной стенке агрегированы в пучки, называемые микрофибриллами. В большинстве типов микрофибрилл длинные оси полисахаридов параллельны друг другу. Микрофибриллы заключены в матрикс, состоящий из полисахаридов клеточной стенки, которые не имеют кристаллической структуры.

Наиболее распространенным микрофибриллярным полисахаридом растений является целлюлоза. Она состоит из полимерных цепочек молекул D-глюкозы (до 10000 звеньев), соединенных между собой β (1-4) гликозидными связями. Эти цепочки объединяются посредством водородных связей, образуя волокна. Когда молекулы глюкозы, находящиеся в $C1^-$ конформации, образуют β (1-4)-цепочки, формируется β -структура. Связано это с тем, что сахарные остатки, соединенные гликозидными связями, теряют полную свободу вращения вокруг $C1-O$ и $O-C4$ -связей из-за наличия массивных $6CH_2OH$ – групп и полимер приобретает конформацию, благоприятную для образования межклеточных водородных связей, в случае, когда цепочки располагаются антипараллельно [13].

Целлюлоза – типичное аморфно-кристаллическое вещество. Поэтому в целлюлозе в продольном направлении наряду со структурами с трехмерным дальним порядком (кристаллитами) сохраняются аморфные области. Длина кристаллов в волокнах природной целлюлозы 65-220 нм. Степень кристалличности в зависимости от происхождения целлюлозы составляет 60-85%. Аморфные области целлюлозы неоднородны. Развитая капиллярно-пористая структура целлюлозы включает: внутрифибриллярные нерегулярности упаковки (размер 1,6 нм) межфибриллярные поры (1,5-10 нм); поры, возникающие как результат внутренних напряжений.

Помимо целлюлозы микрофибриллярные образования содержат ксиланы и β – 1,4 – маннаны (последние встречаются у зеленых водорослей).

Полисахариды матрикса клеточной стенки обычно подразделяются на два класса: гемицеллюлоза и пектин. Кроме целлюлозы, гемицеллюлозы и пектиновых веществ в состав пищевых волокон часто входит и лигнин. Это вещество, характеризующее одревенение стенки растительных клеток. Высокая сорбционная способность гемицеллюлоз обусловлена их аморфным строением, благодаря чему практически все гидроксильные группы доступны молекулам воды.

Пищевые волокна обладают многочисленными физиологическими эффектами, что определяет их значение для нормального функционирования организма. Они не перевариваются эндогенными секретами желудочно-кишечного тракта человека и легко достигают толстой кишки. Пищевые волокна удерживают воду, влияя тем самым на осмотическое давление в просвете желудочно-кишечного тракта, электролитный состав кишечного содержимого и массу фекалий, увеличивая их объем и вес, стимулируя в конечном итоге моторику желудочно-кишечного тракта. Важно отметить, что пищевые волокна обладают высокой адсорбционной способностью, чем объясняется их детоксицирующее действие [36,96].

Гиполипидемический эффект обеспечивается связыванием большого количества желчных кислот, снижением их реабсорбции в терминальном отделе подвздошной кишки и увеличением их экскреции.

Диета, богатая пищевыми волокнами уменьшает риск возникновения некоторых – порой достаточно серьезных – проблем с кишечником, таких как запоры, геморрой, дивертикулярная болезнь и даже рак толстой кишки. Вдобавок растворимые пищевые волокна позволяют стабилизировать уровень сахара в крови, потому что замедляют скорость всасывания глюкозы в кишечнике. Более того, чувство насыщения, вызываемое пищевыми волокнами, позволяет людям, пытающимся избавиться от лишнего веса легче контролировать свой аппетит.

Наконец, пищевые волокна являются важными регуляторами состава кишечной микрофлоры. Переваривание ферментируемых и частично ферментируемых пищевых волокон, поступающих в кишечник, реализуется микрофлорой толстой кишки, которая получает, таким образом, энергетический и пластический материал [37].

С другой стороны, хорошо известен элиминационный эффект пищевых волокон в отношении патогенных микроорганизмов и их токсинов. Точная суточная потребность человека в пищевых волокнах не установлена. Предполагается, что взрослый человек должен за сутки съедать 20-35 г пищевых волокон, в то время как в среднем европеец потребляет около 13 г пищевых волокон в сутки.

Таким образом, пищевые волокна не являются лишь «балластными веществами», как считалось ранее, и должны присутствовать в рационе практически всех групп населения.

Имеется положительный опыт получения и использования пищевых волокон.

В [61] описан способ получения пищевого волокна из свекловичного жома, предусматривающий экстрагирования растворимых веществ из него сульфатированной водой, отделение экстракта от массы проэкстрагированных

частиц жома, их обработку паром для дезодорации и удаления свекловичного привкуса, прессование растительных волокон, их сушку и измельчение до порошкообразного состояния. Способ отличается тем, что перед экстракцией проводят прессование жома до содержания сухих веществ 16-18%, а прессование растительных волокон после первой обработки до содержания сухих веществ 20,0-30,0% с последующим их измельчением до частиц размером 1,5-2,0 мм[10].

Способ получения растительных волокон из тыгвы [51] предусматривает промывку водой тыквенного жома, его прессование и гидролиз-экстрагирование при гидромодуле смеси 1:(4-5), температуре 60-65°C и продолжительности процесса 60 минут. В качестве экстрагента используют анолит с pH_{20} 4,0-4,5. Гидролизную массу посредством прессования разделяют на жом и гидролизат. Жом экстрагируют католитом с pH_{20} 7,5-8,0 при гидромодуле смеси 1:3, температуре 60°C в течение 30 минут. Затем отделяют прессованием проэкстрагированный жом от экстракта. Частицы жома измельчают, сушат с получением пищевых волокон. Экстракт соединяют с гидролизатом, фильтруют. Смесь направляют на осаждение пектина спиртом и его сушку. Анолит и католит получают при обработке раствора хлорида натрия в диафрагменном электролизере. Изобретение позволяет осуществить безотходную технологию переработки тыквы за счет получения пектина и дополнительного извлечения пищевых волокон, увеличить выход пектина, получить пектин и пищевые волокна высокого качества, повысить экологическую безопасность производства.

В работе [47] показано, что целесообразна модификация растительных комплексов из тыквы, сахарной свеклы, косточек винограда и топинамбура ферментом эндо-1,4- бетагалактанидазой для увеличения их сорбционной активности.

Определяли интенсивность сорбции воды модифицированными растительными комплексами. Увеличение сорбции воды дает возможность предполагать такую же реакцию по отношению к другим веществам, что

связано с изменением структуры полимера под действием фермента и увеличением поверхности контакта с сорбентом. Фермент получили путем глубокого культивирования продуцента – микромицета *Rhizopus microsporus var microsporus* 595 [90].

Полученные результаты были использованы при разработке технологического регламента производства пищевых продуктов с повышенными сорбционными свойствами.

Одна из существующих операций при изготовлении порошкообразных пищевых волокон – измельчение обработанных пищевых волокон после сушки. В [70] предпринята попытка оценить эффективность измельчения в зависимости от влагосвязывания пищевых волокон на основе измерений адгезионных свойств пектиновых веществ. Обнаружено, что при влагосвязывании 95% и ниже 9% прочность адгезии практически не зависит от усилия контакта, и имеет малые значения, что в совокупности с подобными измерениями на образцах гемицеллюлозы и МКЦ позволяет найти оптимальную влажность для измельчения волокон заданного состава.

Пищевые волокна в последние годы широко используют для создания функциональных продуктов питания. Однако их применение осложняется тем, что помимо придания продукту функциональных свойств, они способствуют изменению его технологических характеристик. Это может оказать влияние как на технологию изготовления продукта, так и на качественные показатели готового продукта [54]. В [44] изучены функционально-технологические свойства пищевых волокон с целью определения возможности их использования в технологии мучных кондитерских изделий. Выявлена их высокая водопоглотительная и сорбционная способность. В качестве основных характеристик для сравнения пищевых волокон из различных видов сырья использовали коэффициент набухания и изотермии сорбции воды. Установлено, что картофельные и пшеничные пищевые волокна являются лучшим адсорбентом влаги, чем свекловичные и яблочные. Следовательно, мучные кондитерские изделия с их использованием будут иметь лучшую структуру.

Исследования влияния свекловичных пищевых волокон на реологические свойства заварного пряничного теста было проведено в [40]. Тесто было приготовлено без использования сахара-песка с внесением в качестве подсластителя – стевиозида. В тесте для пряничных изделий сахар выполняет функцию пластификатора, поэтому исключение его из рецептуры может привести к негативному изменению реологических свойств теста и качества готового продукта [45]. Следовательно, необходимо включать в рецептуру ингредиенты, обладающие аналогичными свойствами, например свекловичные пищевые волокна. Установлено, что внесение свекловичных пищевых волокон в количестве 10-15% положительно влияет на реологические свойства теста. Оно становится более пластичным и эластичным, что позволяет получать готовые изделия более высокого качества [44].

Ряд пищевых волокон, в том числе свекловичных обладают органолептической особенностью имитировать жировую составляющую в рецептурах. Это позволяет их использовать для замены части жира в жиросодержащих пищевых продуктах. Так в [46] при производстве вафель обогащали начинку смесью осветленных свекловичных волокон и порошка инулина и олигосахаридов Beneo Synergy 1 [38]. Коагуляционная система, определяющая структурно – механические свойства начинки возникает за счет сцепления ОСВ и Beneo Synergy 1 через тонкие прослойки дисперсионной среды.

Пищевые волокна из сахарной и столовой свеклы находят также применение в качестве компонента биополимерных композиций для получения капсулированных пищевых добавок [27] съедобные упаковочные пленки и покрытия положительно зарекомендовали себя в производстве продуктов с пролонгированным сроком действия биологически активных компонентов с использованием для получения пленкообразующих композиций, помимо желатиновой основы, полисахаридов – крахмала, природных целлюлоз [58,59].

1.2. Функциональные свойства биополимеров в молочных системах

Для производства структурированных молочных продуктов имеет большое значение гелеобразование. Гелеобразование в растворах казеина происходит при температуре выше 10 °С, а снижение температуры до 4 °С после образования геля имеет следствием следующие эффекты:

- казеиновые частицы образуют сложную необратимую структуру;
- формирование кислотного геля зависит от энергии активации Гиббса, которая уменьшается при увеличении температуры;
- если гель был прочным при t выше 10 °С, то, по меньшей мере, в течение недели наблюдалась линейная зависимость деформационных модулей C'' и G'' от логарифма времени;

- гелевая система состоит из крупных и мелких скоплений агрегатов казеиновых частиц в виде нитей и узлов со свободными пространствами 1-10 мкм; это предполагает, что нити и узлы состоят из концентрированного белка.

Основой гелеобразования в кисломолочных напитках является диссоциация мицелл казеина с последующим агломерированием продуктов диссоциации.

Формирование геля кисломолочных напитков, происходит в процессе биологических и физических воздействий на молоко — таких как обогащение, гомогенизация и тепловая обработка молочной основы, катаболизм лактозы в молоке микроорганизмами заквасок для удовлетворения их энергетических потребностей, в результате чего образуется молочная кислота и другие соединения. Эти эффекты вызывают образование в молоке геля.

При свертывании обезжиренного молока при 30°С мицеллы казеина могут при различных рН претерпевать следующие изменения [77]:

- рН 6,6-5,9 — нет данных об изменении казеиновых мицелл, размер их около 0,1 мкм и они распределены в молоке равномерно;
- рН 5,5-5,2 — происходит частичное разрушение мицелл, и при рН = 5,2 казеиновые частицы соединяются между собой и образуют структуры с пустыми

пространствами между ними: при таком взаимодействии между мицеллами молочный гель должен быть неподвижен;

- рН 5,2—4,8— происходит сжатие казеиновых агрегатов, и полученные частицы по своим размерам больше, чем естественные мицеллы;

- рН 4,5 —происходит перестройка и агрегация казеиновых частиц, ведущие к образованию белковой матрицы, состоящей из мицеллярных цепей и агрегатов.

С точки зрения изменения реологических параметров сквашивание – многоэтапный процесс, состоящий из первоначальной стадии низкой вязкости – индукционного периода (ОК), когда не происходит видимого изменения вязкости; стадии флокуляции (КГ), когда начинается интенсивное образование агрегатов белковых молекул, сопровождающееся ростом эффективной вязкости; стадии метастабильного равновесия (ГС), для которой характерно максимальное значение эффективной вязкости; синергической стадии (от точки С), когда наблюдается снижение вязкости за счет отделения маловязкой фазы (сыворотки).

Очевидно, эти этапы соответствуют стадиям видоизменения казеиновых молекул. Однако кроме этого, на процесс структурообразования в кисломолочных напитках при сквашивании влияет состояние кальция и сывороточных белков и их взаимодействие с казеином [28, 94].

Диссоциация казеиновых мицелл происходит при рН=5,1 и, по-видимому, на нее влияет превращение коллоидного Са и Са^{+2*}. При рН= 4,8 эти казеиновые субмицеллы вновь объединяются и образуют крупные казеиновые агрегаты неопределенной формы и размера.

Разумно предположить, что взаимодействию α -Ла/ β -Лг с казеином (связь с помощью -SH и -SS мостиков) частично защищает мицеллы, однако при снижении рН молока начинает происходить их дестабилизация или разрушение. В результате гелевая сетка или белковая матрица, состоящая из мицеллярных цепей и/или агрегатов, захватывает и удерживает внутри себя все остальные составляющие молочной основы, включая водную фазу.[49,28].

В процессе гелеобразования в растворах желатина [37] его молекулы претерпевают конформационные превращения – неупорядоченный клубок коллагеноподобная спираль. В состоянии неупорядоченного клубка молекула желатина по сведениям, полученным методом ЯМР, сильно гидратирована.

После того как переход в конформацию спирали совершается, гидратация молекулы уменьшается, в связи с образованием внутримолекулярных водородных связей между полярными группами с высокой степенью гидратации. Частицы желатина при этом образуют агрегаты, т.к. при агрегации уменьшается свободная энергия слабо гидратированных частиц. Это уменьшение связано со снижением поверхности, доступной для воды. При достижении определенной величины концентрации агрегатов происходит образование связей между ними, т.е. формируется сетка геля, что увеличивает механическую прочность системы [13,66,68,79].

Взаимодействие молекул желатина в растворе в значительной степени обусловлено гидрофобными связями между аминокислотными остатками пролина и оксипролина. Это подтверждается тем, что желатин из вторичных продуктов переработки прудовых рыб имеет в 10% водном растворе почти вдвое меньшую вязкость, чем коллаген животного происхождения [1]. Кроме того, температура плавления студня желатина с массовой долей 10% составляет 25°C, а по требованиям к желатину животного происхождения она должна быть не менее 25°C.

Эта индивидуальная особенность желатина обусловлена его химическим составом и строением коллагена рыбного происхождения, который содержит меньше специфических аминокислот – пролина и оксипролина [1,2]. Однако взаимодействие кислотных остатков пролина и оксипролина в геле желатина оказывается менее прочным, чем взаимодействие макромолекул в геле, образованном некоторыми полисахаридами красных водорослей [73].

Эти соединения образуют в узлах студневой сетки кристаллиты макромолекул, что обеспечивает повышенную прочность гелей. Однако, условно-мгновенный модуль упругости и модуль эластичности в гелях,

образованный желатином, оказывается гораздо выше по сравнению с гелями из полисахаридов красных водорослей. Это связано с тем, что высокое содержание в желатине пролина и гидроксипролина приводит к органической гибкости молекулярных цепей [102].

Высокоэтерифицированные пектины образуют водородные связи между карбоксильными группами соседних молекул. Молекулы пектина со степенью этерификации 50% и ниже соединены посредством иона кальция, образующего хелатные связи с карбоксильными группами пектиновых молекул [83].

Желирование – процесс, при котором горячий пектинсодержащий раствор при охлаждении образует плотное тело заданной формы, связывая при этом большое количество жидкости.

Текстура образуемого геля и скорость желирования тесно связаны с показателем степени этерификации (СЭ). Высокоэтерифицированные (ВЭ) пектины желируют при более высоких температурах и быстрее, чем пектины с меньшей СЭ. Максимальная желирующая способность при минимальной скорости желирования наблюдается при СЭ в пределах 60%.

Связи цепей в кристаллитах высокоэтерифицированных пектинов сравнительно слабы и легко разрываются за счет гидратации моносахаридных остатков. Поэтому прочные гели образуются только при условии снижения термодинамической активности растворителя (воды) за счет растворения хорошо гидратируемых низкомолекулярных веществ (например, сахарозы), причем в присутствии кислот. Образование пектиновых гелей в присутствии сахарозы есть физико-химическая основа ряда кондитерских производств, таких, как изготовление варенья, конфитюров, мармеладов.

Рассмотрение закономерности гелеобразования биополимеров играют большую роль в физико-химических процессах, сопровождающих, изготовление кисломолочных напитков и имеют высокое практическое значение, так как прочность полученного геля является одной из главных характеристик консистенции.

1.3. Обогащение кисломолочных продуктов биологически активными веществами и их влияние на реологические свойства

Кисломолочные продукты изготавливаются путем внесения в молочное сырье заквасок. Рассматриваемые в настоящей работе кисломолочные напитки содержат в составе заквасок болгарскую палочку и термофильный стрептококк.

Как известно, кисломолочные продукты оказывают мощное оздоравливающее воздействие на организм.

Благоприятное воздействие на здоровье обеспечивают в основном биологически активные метаболиты бактерий кисломолочных продуктов, т.е. физиологически важные соединения, которые могут образовываться в результате проведения сквашивания: бактериоцины, пептиды, биогенные амины, холестериноксидазы, конъюгированная линоленовая кислота, молочная кислота, лактаза, экзополисахариды, витамины, антимуtagenные агенты [77].

Важнейшую роль играет также действие кисломолочных продуктов на микрофлору кишечника.

Опыты с размножением бифидобактерий «in vitro» показали [88,62], что в питательных средах коровьего молока бифидобактерии развиваются медленно, так как, во-первых, оно не является естественной средой для их обитания, а во-вторых, из-за растворенного в нем кислорода. В то же время, поскольку у бифидобактерий не обнаружено казеолитической активности, усваивать казеин они могут только после частичного гидролиза. Этот гидролиз обеспечивает кисломолочная флора в результате сквашивания молока. Молочные сывороточные белки и казеин, подвергнутые гидролизу протеолитически активными стартовыми культурами (*Lactococcus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* с *Lactococcus Lactis* или энзимами микробного происхождения) чаще всего служат источниками пептидов, способными стимулировать микрофлору кишечника, они обладают и другими видами биологической активности. Известно 4 группы таких пептидов:

- казеиноморфины, проявляющие опиоидную активность в отношении нервной системы;

- иммуномодулирующие секстапептиды, способные *in vitro* стимулировать фагоцитарную активность макрофагов, пептид из 12 аминокислотных остатков с антиагрегатной активностью в отношении тромбоцитов, а также группа ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента [100,101].

Существует мнение, что полезная микрофлора кисломолочных продуктов полностью уничтожается в желудке под действием соляной кислоты. Однако, это не совсем так. Часть бактерий кисломолочных продуктов выживают после прохождения через желудок, и вступают в симбиоз с бифидобактериями кишечника.

Имеется множество теоретических предпосылок о способности лактобактерий, дрожжей-сахаромицетов, пропионовых бактерий, лактококков подготавливать субстраты и стимуляторы роста для бифидобактерий из полисахаридов, полипептидов, муцина и других, не перевариваемых в желудке веществ при совместном вегетировании бактерий в условиях *in vivo* и *in vitro* [76].

В работе [52] на основе копрологических анализов показано, что после курса приема ряда кисломолочных продуктов повышается общее количество основных представителей микрофлоры бифидобактерий и лактобактерий в кишечнике, увеличивается количество микроорганизмов безвредных штаммов кишечной палочки являющейся частью нормальной микрофлоры кишечника, уменьшается уровень содержания условно-патогенных энтеробактерий, золотистого стафилококка, грибов рода *Candida*. Поэтому можно сделать вывод, что полезная микрофлора кисломолочных продуктов в значительной степени сохраняется при прохождении через ЖКТ, в результате снижается степень дисбактериоза кишечника.

Аналогичные изменения были продемонстрированы в опытах на животных. После курса приема кисломолочного продукта, содержащего штаммы *Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*, *Streptococcus thermophilus* отмечено положительное влияние продукта на состояние микробиот толстой кишки животных (крыс): существенное повышение

популяционных уровней бифидобактерий – редуцентных представителей микробиот толстой кишки, а также ферментативно – активных энтеробактерий. Установлена выраженная тенденция и повышение содержания лактобацилл. Положительные изменения в составе микробиоты толстой кишки привели к уменьшению численности условно-патогенной микрофлоры с факторами патогенности.[50]

Необходимым источником азота для бифидобактерий служат аминокислота цистеин, при промышленном культивировании обнаружена потребность ряда штаммов в лизине, пролине, аргинине, глутаминовой кислоте, изолейцине, аспаргине [57]. Добавление в среду лактогенной кислоты, биотина, рибофлавина, никотиновой кислоты, парааминобензойной кислоты, пуринов и пиримидинов, пептидов, кофермента А и даже некоторых ненасыщенных жирных кислот также требуется для поддержания многих штаммов бифидобактерий [89].

Для оптимизации аминокислотного состава кисломолочных продуктов, и увеличения содержания перечисленных выше биологически активных веществ, а также дополнительного увеличения количества белков, используют добавки, изготовленные на основе протеинсодержащего сырья.

В [3] исследовали химический состав и функциональный состав растительного сырья: шрота амаранта, нута и чечевицы. Разработаны рецептуры питьевых йогуртов, функциональной направленности с добавками молочно-растительных экстрактов из указанного сырья. Исследовали молочно-растительные экстракты на сыворотке и йогурты с добавкой таких экстрактов. Обнаружено, что нарастание активной кислотности в экстрактах, во время сквашивания происходит интенсивно, но без образования сгустка.

При изучении органолептических показателей образцов установлено, что они обладают выраженным бобовым привкусом и запахом. Поэтому в чистом виде молочно-растительные экстракты непригодны для производства кисломолочных продуктов и требуют дополнительного введения вкусовых наполнителей и ароматических компонентов. Разработанные авторами [3]

йогурты с введением молочно-растительных экстрактов и плодово-ягодных наполнителей имеют приятный вкус и структурно-механические параметры, характерные для кисломолочных продуктов.

В ряде работ предлагается усилить пребиотическое действие кисломолочных напитков и придать ему дополнительные функции сорбента шлаков в кишечнике добавлением физиологически активных веществ.

Особый интерес представляют напитки на основе молочной сыворотки пребиотического и симбиотического направления. В [82] описан такой напиток, вырабатываемый из творожной или подсырной сыворотки с добавлением 34-50% кисломолочного напитка Биобактон. В качестве закваски для напитка Биобактон используют модифицированную ацидофильную культуру. Напитки обладают следующими положительными характеристиками:

- высоким содержанием живых лактобактерий;
- устойчивостью к ряду антибиотиков;
- способностью существенно повышать устойчивость иммунной системы;
- приятным кисломолочным вкусом и запахом.

Питьевой напиток, получаемый из смеси молочной сыворотки и Биобактон обладает всеми положительными свойствами, входящих в него компонентов. Для придания напитку сладкого вкуса использовали натуральный подсластитель, полученный из стевии [74].

Кроме молочнокислых бактерий, для приготовления напитков используют хлебопекарные дрожжи (напиток «Ритм»). А также винные дрожжи (напиток Бриз)[9]. В этих случаях получают напитки, содержащие определенный процент спирта. Для активации спиртового брожения в напиток «Ритм» вводились красное сусло и хмель. Это значительно ослабило специфический привкус сыворотки. Широка также номенклатура безалкогольных напитков из молочной сыворотки с применением ингредиентов, придающих им функциональные или улучшенные органолептические свойства [83].

В Армении разработана технология тыквенно-молочного напитка с использованием национального армянского кисломолочного продукта

«мацуна». Согласно технологии приготовления напитка, после смешивания компонентов смесь гомогенизируется и стерилизуется при 110-120°C. Напиток разливают в стеклянные бутылки по 0,33 и 0,5 л. Охлажденные до температуры 30-35°C бутылки этикетируют и упаковывают. Напиток при комнатной температуре хранится в течение 1-1,5 года, благодаря бактерицидным свойствам пектиновых веществ. Напиток имеет следующие физико-химические показатели:

массовая доля сухих веществ-13,1%;

общего сахара-9,8%;

белковых веществ-1,90%;

растворимого пектина-0,25%;

pH напитка-3,89.

Молочный пектин-содержащий продукт «Пектомол» [68] готовят с использованием молока натурального коровьего, сахара и пектинового концентрата (яблочного или свекловичного). Пектин-содержащий напиток «Пектолин» вырабатывают на основе вторичного молочного сырья: обезжиренного молока или пахты, сквашиванием заквасочными культурами, состоящей из молочнокислых стрептококков, ацидофильной палочки и кефирной закваски, взятых в определенных соотношениях, с введением пектиновых концентратов [36]. К сожалению, технология изготовления напитков в литературе не описана. То же касается и десерта «Пектолакт» на основе молочной сыворотки с добавлением пектиновых веществ. Этот продукт не сквашивается, однако имеет относительно вязкую консистенцию, обусловленную большим содержанием стабилизатора [69].

К кисломолочным продуктам с растительными компонентами относится также творог, в который для повышения биологической ценности добавляют зародыши или отруби пшеницы [35]. Последние богаты пищевыми волокнами.

Технология творога «Лактоалеброна» с добавлением отрубей пшеничных предусматривает их внесение перед свертыванием молока, а при изготовлении творога «Осеннего» измельченные зародыши пшеницы вводят перед

пастеризацией. Зерновые добавки в этих продуктах выполняют роль стабилизатора. Разработанные творожные продукты превосходят нежирный творог по содержанию минеральных веществ и витаминов.

В [53] исследована возможность использования пшеничных волокон Хамульсион производства компании Tate & Lyle в технологии обезжиренного творога. Установлено, что дозировка пищевых волокон в количестве 0,8% от массы обезжиренного молока сокращает норму расхода сырья на производство творога до 30% и придает готовому продукту симбиотические свойства. Содержание молочнокислых организмов в твороге, обогащенном пищевыми волокнами, составило $1,1 \cdot 10^9$ КОЕ/г, в контрольном образце – традиционном обезжиренном твороге $-1,1 \cdot 10^6$ КОЕ/г. Это подтверждает пребиотическую активность пищевых волокон.

Кисломолочные продукты относятся к структурированным дисперсным системам. Добавки биологически активных веществ в той или иной степени влияют на реологические свойства кисломолочных продуктов, определяющие их важнейшее потребительское качество – консистенцию. Характерной особенностью таких продуктов является то, что при изменении температуры и градиента скорости деформации изменяются его реологические характеристики. Исследования [80] показали, что кривые течения имеют форму петли гистерезиса, что свидетельствует о частичном восстановлении структуры. Площадь петли гистерезиса у образцов кисломолочного напитка, содержащего добавки растительных порошков меньше, чем у контрольного образца. Это означает, что использование добавки является положительным с точки зрения улучшения реологических свойств продукта. Уменьшение площади петли гистерезиса при внесении растительных добавок свидетельствует о большей выраженности тиксотропных свойств структуры. Однако в целом при внесении разного процентного содержания композиций эти свойства соизмеримы. Это свидетельствует об отсутствии выраженной модификации структуры при повышении содержания добавок, что ценно, принимая во внимание задачу обогащения, т.е. необходимость в высоком содержании обогащающего

компонента с сохранением текучести продукта. В ходе исследований отмечено, что оптимально внесение в смесь 2,0% композиции, состоящей из порошков тыквы, топинамбура, расторопши, корня сельдерея и 6% сиропа ежевики. Образуется хороший сгусток кремового цвета без отделения сыворотки.

При изучении влияния стабилизаторов и минеральных солей на прочность геля молочных белков установлено, что наибольшее влияние на прочность геля оказывают катионы кальция, далее в убывающем порядке – катионы калия и натрия, при этом присутствие стабилизаторов не ослабляет влияния минеральных солей на структурно-механические свойства сгустка [71].

В [71] также исследовали структурно-механические характеристики йогурта: эффективную вязкость, напряжение сдвига. Факторы, влияющие на изменение показателей консистенции йогурта, – массовая доля (от 0,4 % до 1,4 %) и активная кислотность (от 5,4 до 5,8 ед. рН) пищевой добавки «Дилактин-Са растворимый» (ДСа); градиент скорости сдвига. Исследования структурно-механических характеристик йогурта проводили на ротационном коаксиально-цилиндрическом вискозиметре марки «Rheotest-II». По частоте вращения ротора (градиенту скорости) согласно измеряемому диапазону эффективной вязкости и силе сопротивления его вращению определяли реологические характеристики кисломолочного продукта. По считываемым величинам измерений вычисляли эффективную вязкость и напряжение сдвига опытных и контрольных образцов продукта. Для обоснованной оценки влияния пищевой добавки на структурно-механические характеристики кисломолочного напитка определяли влагосвязывающую способность (ВСС) образцов методом центрифугирования. По расчетным значениям вязкости и напряжения сдвига строили первичные реограммы и в логарифмических координатах. Из приведенных графических зависимостей следует, что линии качественно описываются формулой Оствальда де Вале, а исследуемые образцы могут быть отнесены к псевдопластическим жидкостям. По совокупности полученных экспериментальных данных установлено, что оптимальные потребительские и функционально-технологические показатели достигаются при внесении в состав

напитка комплексной пищевой добавки «Дилактин-Са растворимый» в количестве от 0,3 % до 0,4 % .

Следует отметить, что сведения о влиянии пищевых добавок на реологические свойства кисломолочных продуктов немногочисленны. Кроме того, при изучении реологии, как правило, не ставится задача углубить понимание физических процессов, происходящих в исследуемой пищевой системе при механическом воздействии. Между тем, реологические исследования являются тонким инструментом изучения физических механизмов, происходящих в твердотельных и жидкообразных объектах, так как структурно – механические свойства весьма чувствительны к межмолекулярным взаимодействиям.

В связи с актуальной экологической проблемой, связанной с утилизацией отходов от производства сахара, которые являются источником загрязнения окружающей среды, в качестве компонента позволяющего регулировать реологические свойства кисломолочных напитков, выбраны пищевые волокна, вырабатываемые из жома сахарной свеклы.

ГЛАВА 2 Экспериментальная часть

2.1 Объекты исследований

Объектами исследований явились: сухое обезжиренное молоко ГОСТ 23621, сухой порошок перепелиных яиц по ТУ – 9219 –228 – 23476484, сухая подсырная сыворотка ТУ – 9229 – 123 - 04610209, ГОСТ Р 53438-2009 Сыворотка молочная. Технические условия, ГОСТ Р 53492-2009 Консервы молочные. Сыворотка молочная сухая. Технические условия, прошедшая обработку методом мембранной электрофлотации, суспензия пищевых волокон по ТУ 9112 – 001 – 62644854 – 2011 в флотированной сыворотке, кисломолочный напиток с внесением порошка перепелиных яиц, кисломолочный напиток с добавлением флотированной сыворотки, желатина по ГОСТ 11293 – 89 и пектина по ГОСТ 29186 – 91, в различных соотношениях, кисломолочный напиток обогащенный суспензией пищевых волокон в флотированной творожной сыворотке.

В работе использовали ряд компонентов являющихся необходимыми для рецептурной композиции: молоко натуральное сырье ГОСТ Р 52054, яйца перепелиные по ТУ 9846 – 002 – 00419816 – 99, вода питьевая (СанПиН 2.1.4.1074 – 01), сахар-песок (ГОСТ 21 – 94), фруктово-ягодный наполнитель. Сбраживание нормализованной смеси молока проводили заквасками следующих марок YО-MIX 401, AiVi серии Lbs 22.11R 2, Lactoferm серии YО-401. По показателям безопасности и микробиологическим показателям все сырье соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1078 – 2001.

2.2 Организация исследований

Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории кафедры технологии молока и молочных продуктов, кафедры физики Воронежского государственного университета инженерных технологий, лаборатории ЗАО «ЭФКО-НТ», испытательной лаборатории автономного научно-технического центра «Комбикорм», аккредитованном испытательном

центре продукции, сырья и материалов Всероссийского научно-исследовательского ветеринарного института патологии, фармакологии и терапии в соответствии со схемой, представленной на (рис.2.1). Промышленная апробация и внедрение в производство результатов проводили:

- ЗАО «ЭФКО-НТ» г. Алексеевка Белгородской области;
- ООО «Узловский молочный комбинат» г. Узловая Тульской области;
- ЗАО «Инновационный Центр Бирюч».

2.3 Методы экспериментальных исследований

При выполнении экспериментальных исследований применяли стандартные методы физико-химического и микробиологического анализа (табл. 2.1), а также специальные методики.

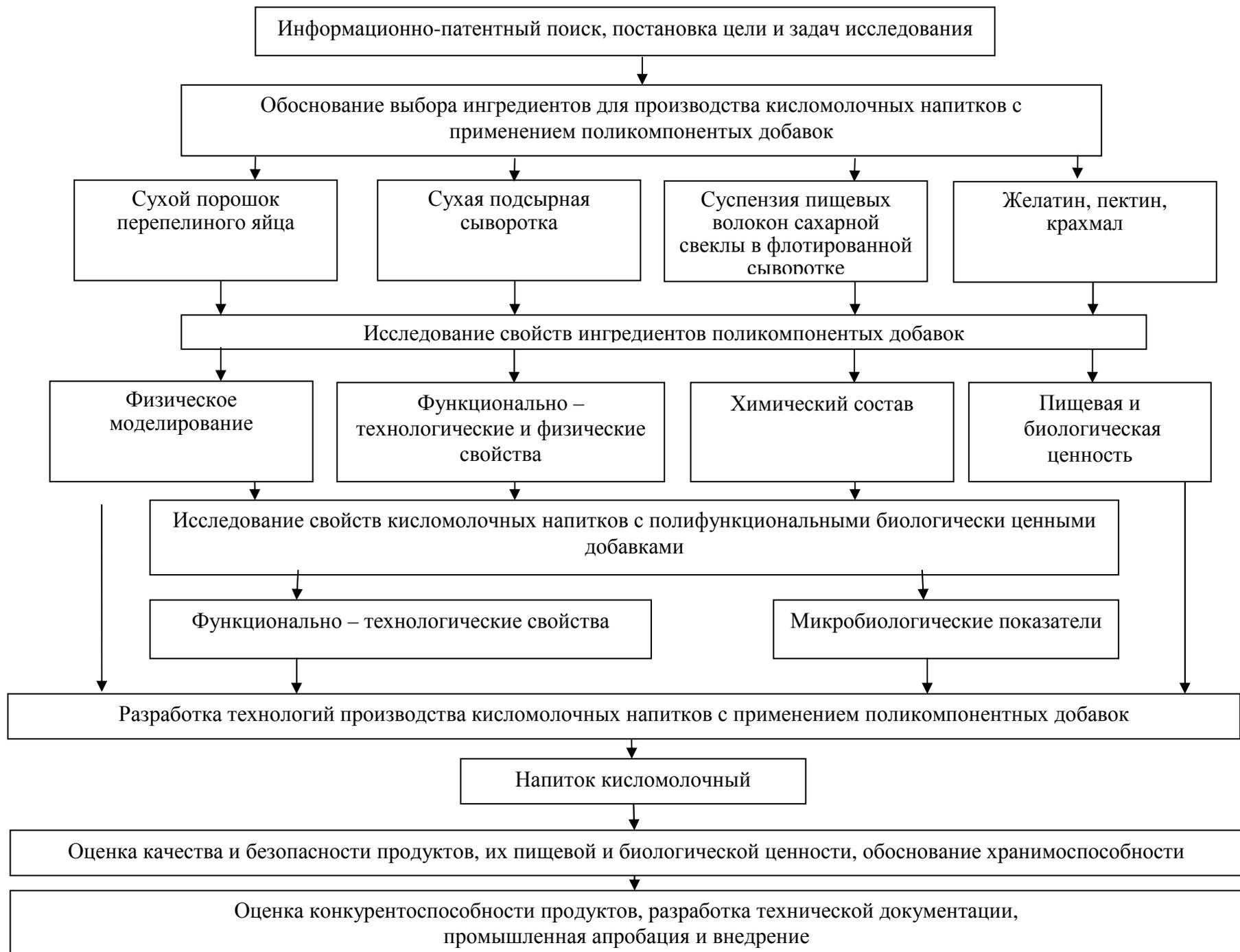


Рисунок 2.1 – Схема проведения исследований

Таблица 2.1 – Стандартные методы исследования

Наименование определяемых показателей	Название метода	Определяющие методы испытаний
1	2	3
Сухая, натуральная и флотированная сыворотка:		
Массовая доля сухих веществ	Термогравиметрический	ГОСТ 3626 – 78
Массовая доля лактозы	Рефрактометрический метод	ОСТ 4963 – 85
Массовая доля белка	Формольное титрование Протолитометрия (Метод Коффрани)	ГОСТ 25179 – 90
Плотность	Ареометрический метод	ГОСТ 3625 – 84
Активная кислотность рН	Потенциометрический метод	ГОСТ 26781 – 85
Органолептические показатели: запах, вкус, аромат внешний вид, консистенция	Сенсорный анализ	ГОСТ 28283 – 89
Пищевые волокна свекловичные		
Массовая доля сухих веществ, влаги	Метод высушивания	ГОСТ 13456 – 82
Массовая доля белка	Метод Къельдаля, с предварительной минерализацией образца	АОАС Official Method 988.05 Согласно руководству по методам анализа качества пищевых продуктов, под ред. И.М. Скурихина
Определение пектина	Экспресс идентификация	ГОСТ Р 54067-2010

Массовая доля пищевых волокон	Каскадный ферментативный метод	АОАС Official Method 2001.03; АОАС Official Method 991.43; АОАС Official Method 985.29
Содержание микронутриентов и минеральных веществ	Атомно-абсорбционный метод	ГОСТ 30178-96
Меланж и сухой порошок перепелиного яйца		
Массовая доля кальция	Комплексонометрия	ГОСТ 26570 – 95
Массовая доля фосфора	Комплексонометрия	ГОСТ 26657 – 97
Массовая доля натрия	Плазменно-фотометрический метод	ГОСТ 30503 – 97
Массовая доля калия	Атомно – абсорбционная спектрометрия	ГОСТ Р 51429-99
Массовая доля магния	Атомно – абсорбционная спектрометрия	ГОСТ 30502-97
Массовая доля микроэлементов	Атомная спектрометрия	ГОСТ Р 51637 – 2000
Массовая доля тиамина и рибофлавина	Флуориметрия	ГОСТ Р 50929 –96
Массовая доля витамина РР	Метод капиллярного электрофореза	ГОСТ Р 50479 – 93
Массовая доля витамина С	Титриметрический метод	ГОСТ 24556 – 89
Молоко натуральное коровье – сырье		
Массовая доля жира	Кислотный метод	ГОСТ 5867 – 90
Кислотность	Титриметрические методы	ГОСТ 3624 – 92
Температура	Измерение термометром	ГОСТ 26754 – 85
Общее количество бактерий	Посев на агаре с гидролизованным молоком	ГОСТ 9225 – 84 ГОСТ 10444.15 – 94
Дрожжи и плесневые грибы	Посев на среду Сабуро	ГОСТ Р 50474 – 93 ГОСТ 10444.12-88
БГКП	Посев	ГОСТ 30518 – 97 ГОСТ Р 52816 – 07
Патогенные в том числе сальмонеллы	Посев	ГОСТ Р 52814-07 (ИСО 6579:2002)
E.coli	Посев	МУК 4.2.1018-01
Lactobacillus bulgaricum	Посев на среду MRS	ГОСТ 10444.11 -89
Streptococcus termofilus	Посев на среду М 17	ГОСТ 10444.11 -89

Методика электрофизических исследований растворов.

Основным электрофизическим методом исследования служил кондуктометрический. Для изучения растворимости сухой молочной сыворотки разработан измерительный прибор и методика определения.

Реализация методики измерения проводимости электролитов проводилась 4-х зондовым методом [24,79] (рис.2.2).

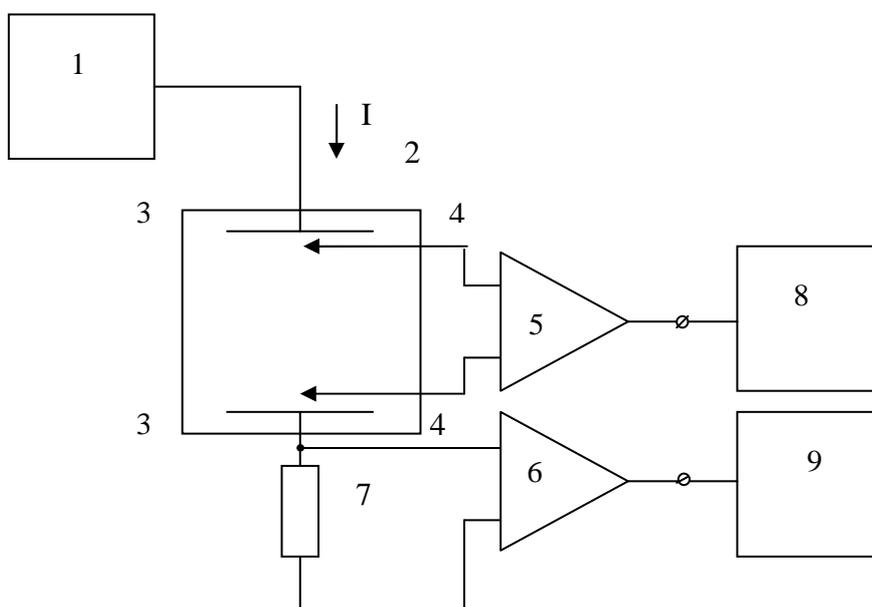


Рисунок 2.2 – Схема измерения проводимости четырехзондовым методом: 1 – низкочастотный генератор, 2 – измерительная ячейка, 3 – электроды через которые протекает ток, 4 – электроды измеряющие напряжение, 5,6 – усилительные схемы, 7 – резистор, используемый как нагрузка, 8,9 – устройство, регистрирующее напряжение

Измерения проводятся в ячейке, в которой расположены четыре электрода: два внешних и два внутренних. Ток I , (А) протекает через раствор за счет создания разности потенциалов внешним источником на внешних электродах. Между внутренними электродами также существует некоторая

разность потенциалов U , (В). Электропроводность раствора рассчитывается по формуле:

$$\xi = \frac{I}{U} \quad (2.1)$$

Прибор состоит из (рис.2.3) ячейки с измерительной системой электродов (четыре зонда), генератора синусоидальных колебаний частотой 1 кГц, измерительных схем.

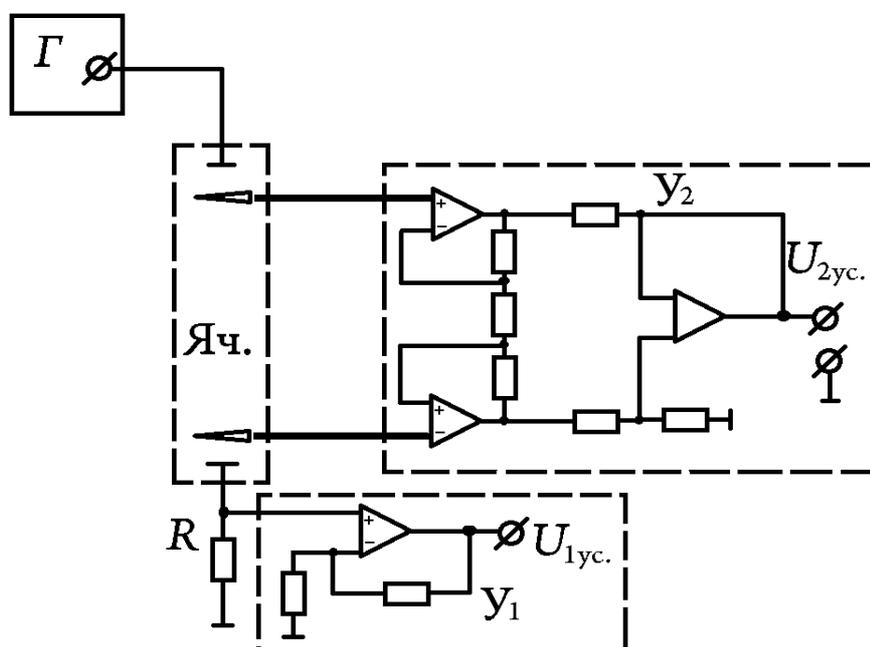


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема измерителя электропроводности жидкостей с системой четырех зондов

Y_1 – усилитель измеряющий сигнал на элементе R , пропорциональный току, протекающему через исследуемый раствор [24,79]. Y_2 – [Титце У. Полупроводниковая схемотехника] усиливает разность потенциалов между внутренними электродами. Определение электропроводности проводят по формуле:

$$\xi = k_t \frac{U_{1yc}}{U_{2yc}} \quad (2.2)$$

где U_{1yc} и U_{2yc} – выходное напряжение усилителей U_1 и U_2 .

k – коэффициент пропорциональности зависящий от элементов схемы.

Термостатирование ячейки для измерения проводится при температуре 20°C , с точностью $0,1^{\circ}\text{C}$.

Погрешность четырехзондовой системы измерения электропроводности растворов меньше, чем у двухзондовой, так как отсутствует падение потенциала на электродах, служащих для измерения разности потенциалов на растворе. На рис. 2.4 видно, что сопротивление электродов вносит существенный вклад в общее сопротивление, при этом наблюдаются расхождения результатов измерения четырехзондовым и двухзондовым методами электросопротивления модельного раствора, в области малых сопротивлений [24,79].

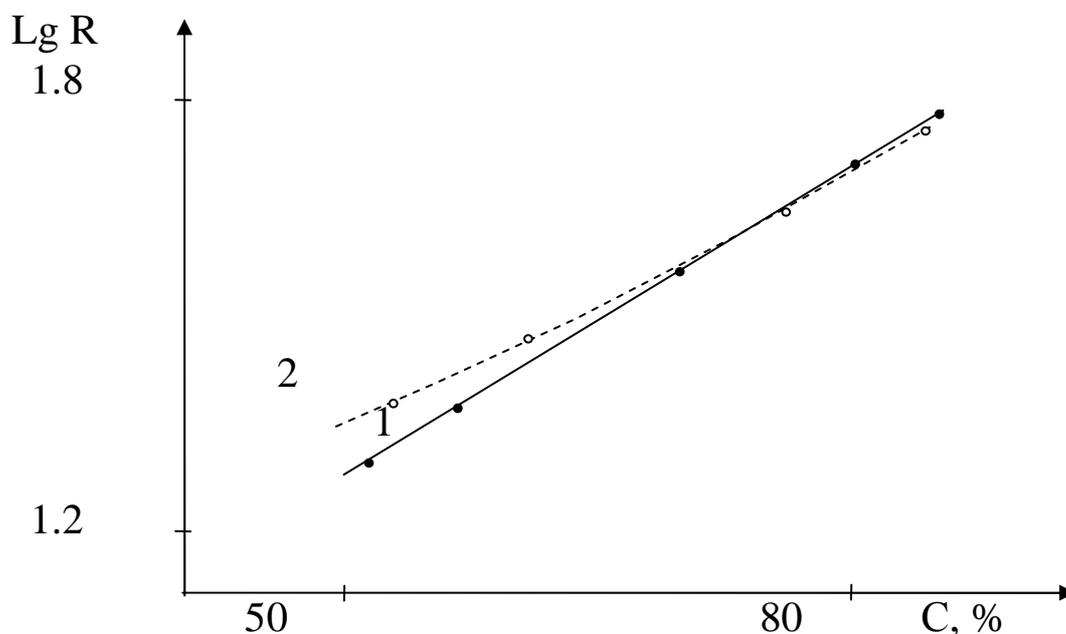


Рисунок 2.4 – Сопротивление модельного раствора содержащего сахар от содержания сухих веществ по показаниям рефрактометра 1 – четырехзондовый метод измерения, 2 – двухзондовый методом

Представленная установка применялась для исследования зависимости индекса растворимости сухого обезжиренного молока и сухой подсырной сыворотки.

В настоящее время в молочной промышленности применяется метод измерения индекса растворимости сухих молочных продуктов (ГОСТ 30305.4-95) [14], основанный на центрифугировании раствора и измерении объема нерастворенного осадка. Однако этим методом затруднительно установить зависимость индекса растворимости от концентрации раствора в широких пределах изменения концентрации растворов. В связи с такой необходимостью разработана кондуктометрическая методика позволяющая определить индекс растворимости сухого компонента, от его концентрации.

В литературе имеются некоторые сведения о связи растворимости сухого молока с его электропроводностью [Тепел А. Химия и физика молока, Лопатин Б.А. Кондуктометрия], однако отсутствует исчерпывающая информация о сопоставимости кондуктометрических исследований растворимости с данными, полученными другими методами. О кондуктометрических исследованиях растворимости сухой сыворотки, насколько известно авторам, в литературе не сообщалось.

Определяем проводимость растворов электролитов по формуле:

$$\mathbf{j} = \alpha n_0 \nu e (\mu^+ + \mu^-) \mathbf{E}, \quad (2.3)$$

где — \mathbf{j} – плотность тока, А см²

α – коэффициент пропорциональности;

n_0 – концентрация нейтральных молекул растворенного вещества, м⁻³;

ν – валентность иона;

e – элементарный заряд, Кл;

μ^+ и μ^- – подвижность соответственно катионов и анионов,

Ом⁻¹ см²/моль;

\mathbf{E} – напряженность электрического поля, В.

Удельная электропроводность [Ом^{-1}] выражается как:

$$\xi = \alpha n_0 v e (\mu^+ + \mu^-), \quad (2.4)$$

Удельная электропроводность растворимого вещества, состоящего из нескольких электролитов [51,57,69,79] складывается из парциальных электропроводностей:

$$\xi = \sum_{i=1}^N \alpha_i n_{\alpha} v_i e (\mu^+ + \mu^-), \quad (2.5)$$

где N – электролиты растворенные в веществе.

Выражение (2.3) можно преобразовать, учитывая связь между n_{0i} и концентрацией ионов n_i какого-либо электролита $n_i = \alpha n_{0i}$,:

$$\xi = e \sum_{i=1}^N n_i v_i \mu_i, \quad (2.6)$$

Если выполняется условие одновалентности и одинаковой подвижности ионов, тогда:

$$\xi = e \mu \sum_{i=1}^N n_i = n e \mu, \quad (2.7)$$

$$\xi = \frac{N}{V} e \mu, \quad (2.8)$$

где N – общее содержание ионов в электролите;

V – объем раствора, см³.

При растворении сухого порошка увеличивается содержание электролитов в растворе. Допустим линейную зависимость числа ионов электролитов от общей массы растворившегося порошка m_p . Это возможно при равномерном распределении электролита по объему, когда частицы порошка растворяются послойно:

$$N = k_1 m_p, \quad (2.9)$$

где k_1 – коэффициент пропорциональности.

Пропорциональность нарушается, если из частиц быстрее вымывается электролит, чем не электролит. Подставляя (2.7) в (2.8) получим:

$$\xi = k' m_p \frac{1}{V} \mu, \quad (2.10)$$

где $k' = \epsilon k_1$ – коэффициент пропорциональности.

В состав обезжиренного сухого молока, сухой сыворотки входят различные электролиты – растворимые соли, белки и неэлектролиты – лактоза. (вклад белков в проводимость раствора, очень мал, так как они имеют большую молекулярную массу, при условии, что достаточно велика частота измерительного сигнала). Проверим, выполнение соотношения (2.8) для таких систем. Для этого измеряли электропроводность сухой сыворотки в зависимости от величин $\frac{1}{V}$ и m_p (рисунок 2.5 и 2.6). Раствор, в котором измеряли электропроводность (рисунок 2.6), фильтровали с дальнейшим высушиванием до постоянной массы. На рисунке 2.5 и 2.6 видно, что зависимость ξ от $\frac{1}{V}$ линейная в достаточно широком диапазоне концентраций раствора [24,69,79].

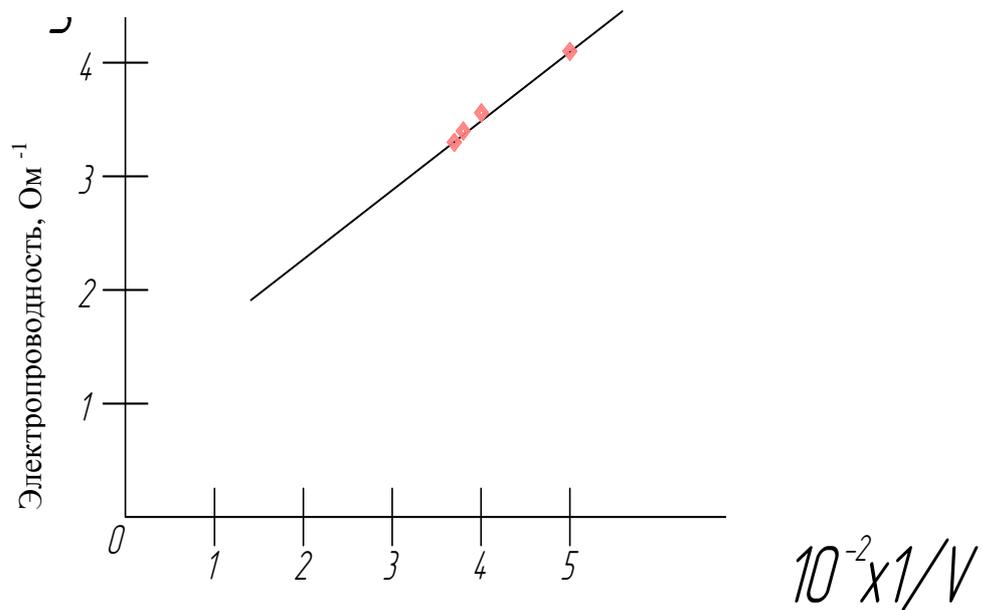


Рисунок 2.5 – Зависимость электропроводности от $1/V$.

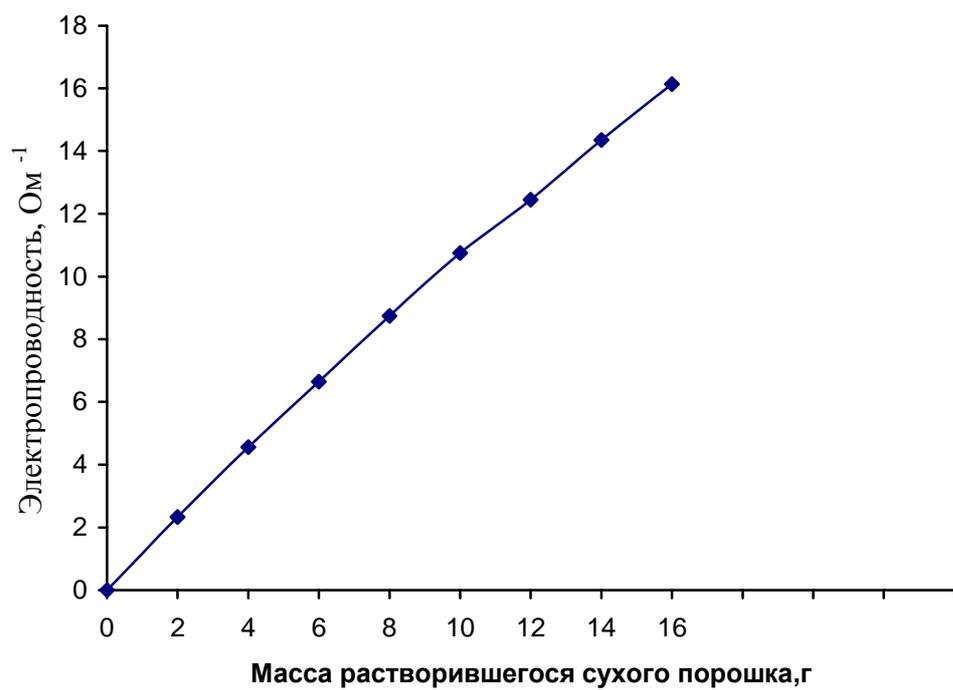


Рисунок 2.6 – Зависимость электропроводности от массы растворившегося сухого порошка

Следовательно, в этом диапазоне возможно применение для определения индекса растворимости следующей методики, основанной на формуле (2.8), которую можно представить, как:

$$\xi = km_p; \quad (2.11)$$

$$k = \frac{k'\mu}{V}. \quad (2.12)$$

Необходимо подобрать массу сухого порошка m_{01} , для полного растворения в 100 см^3 дистиллированной воды. Зависимость электропроводности от массы сухого компонента выражается как [4,24,79]:

$$\xi = km_{p1}.$$

Но так как $m_{p1} = m_{01}$, то

$$\xi_1 = km_{01}. \quad (2.13)$$

Затем при тех же самых условиях, необходимо измерить электропроводность сухого порошка массой m_{02} растворенного в том же самом объеме:

$$\xi_2 = km_{p2}, \quad (2.14)$$

где m_{p2} – масса порошка, растворившегося в воде, г. Разделив (2.14) на (2.13), и выразив m_{p2} получаем:

$$m_{p2} = m_{02} \frac{\xi_2}{\xi_1}. \quad (2.15)$$

Индекс растворимости сухого порошка массой m_{02} в 100 см^3 воды находится по формулам:

$$P = \frac{m_{p2}}{m_{02}}. \quad (2.16)$$

$$P = \frac{m_{01}}{m_{02}} \frac{\xi_2}{\xi_1}. \quad (2.17)$$

Отметим, так как в формулу (2.16) входит отношение электропроводностей, то рассчитанный индекс растворимости, не зависим от электропроводности входящих в состав порошка солей, в отличие, от

соотношений, приведенных в [Тепел А. Химия и физика молока], прямо связывающих растворимость с электропроводностью. Коэффициент k – подвижность в формуле (2.17) не зависит от концентрации раствора. Но нельзя исключать условия, когда при определении растворимости изменением подвижности ионов пренебрегать нельзя. (Есть методы, определяющие в растворе концентрацию неэлектролитов по электропроводности [Ермолаева Г.А., Тужилкин В.И. Электропроводность растворов сахара-сырца, Патент 264026А1 ГДР, С13F1/02, 1989]). Поэтому в дальнейшем испытывался более универсальный вариант методики, который заключается в следующем.

Измерим электропроводность раствора при полном растворении относительно малой концентрации растворяемого вещества [4,24,79]:

$$\xi_1 = k \frac{m_{p1}}{V_1}, \quad (2.18)$$

где $m_{p1} = m_{01}$.

Для того чтобы определить индекс растворимости вносимого в раствор объемом V_1 порошка массой m_{02} , сначала определяем электрическую проводимость данного раствора:

$$\xi_2 = k'' \frac{m_{p2}}{V_1}, \quad (2.19)$$

где m_{p2} – масса порошка растворенного в жидкости.

Если концентрация электролитов в растворе достаточно велика, подвижность ионов электролита заметно уменьшается, за счет повышения вязкости. Поэтому $k'' \neq k$.

Если мы прильем в исследуемый раствор дистиллированную воду, то снижается вязкость раствора и уменьшается величина электропроводности, так как падает концентрация ионов. Тем самым погрешность, вносимая вязкостью раствора, уменьшается до пренебрежимо малой величины, что дает возможность корректно измерить электропроводность [24,79]:

$$\xi_1 = \frac{m_{p2}}{V_2} \quad (2.20)$$

Рассмотрим концентрацию раствора, при которой $\xi_3 = \xi_1$, тогда:

$$m_{p2} = \frac{V_2}{V_1} m_{p1} \quad (2.21)$$

Т. к. $V_2 = V_1 + V_d$, где V_d – объем добавленной дистиллированной воды, то искомый индекс растворимости выражается по формуле [4,24]:

$$P = \frac{m_{p2}}{m_{02}} = \frac{V_1 + V_d}{V_1} \frac{m_{p1}}{m_{02}} \quad (2.22)$$

Окончательно, т. к. $m_{p1} = m_{01}$

$$P = \frac{V_1 + V_d}{V_1} \frac{m_{01}}{m_{02}} \quad (2.23)$$

Добавленный объем воды определяется путем взвешивания образца после того как его разбавили и до этого. Концентрация растворов, при которой ведутся измерения электропроводности одна и та же, что является достоинством этого варианта методики. Окончательные измерения при таких условиях будут наиболее точными.

Полученные данные индекса растворимости сухой молочной сыворотки и сухого обезжиренного молока [24,79] с помощью представленной методики совпадают с данными, полученными методом фильтрования – высушивания – взвешивания с точностью около 1%.

Методика определения влагосвязывающей способности

В ходе сквашивания молока при производстве кисломолочного напитка образуется гель. Твердообразная структура геля при относительно низкой концентрации веществ, формирующих его структуру (белки, полисахариды) обусловлена наличием сетки геля, в ячейках которой иммобилизуются водные растворы различных веществ, входящих в состав кисломолочного напитка. Из этого следует, что структурно-механические свойства кисломолочного напитка напрямую связаны со способностью сетки геля удерживать влагу [1,3,24,79]. Поэтому как для выяснения физических механизмов структурообразования в

кисломолочных напитках, так и для контроля их потребительских качеств необходимо измерение влагосвязывающей способности.

Для определения влагосвязывающей способности молочно-кислых гелей, а так же суспензий была предложена следующая методика, в которой сочетали элементы методов центрифугирования и фильтрования.

Исследуемый образец поместили в одну из секций двухсекционной пробирки

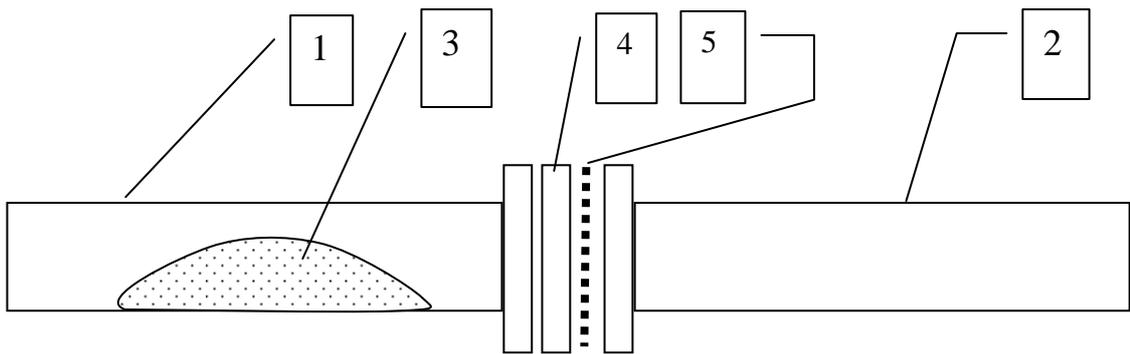


Рисунок 2.7 – Двухсекционная пробирка

1 – секция 1, 2 – секция 2, 3 – навеска исследуемого материала, 4 – фильтр.

Секции пробирки разделены перегородкой, представляющей собой беззольный фильтр, уложенный на металлическую сетку. Пробирку помещали в центрифугу и вращали при угловой скорости 3000 об/мин в течение 5 минут. В процессе вращения образец вместе с содержащейся в нем влагой прижимался к фильтру центробежной силой. Вода, содержащаяся в образце, проходит через фильтр и попадает в правую секцию пробирки. После 10 мин центрифугирования содержимое этой секции взвешивается. Водосвязывающая способность равна отношению связанной в образце воды к массе образца. Эту величину вычислили по формуле:

$$X = \frac{m_0 - m_{с.в.} - m_в + m_{с.ж.}}{m_0} \quad 2.24$$

Здесь m_0 масса образца, m_b масса жидкости в правой секции пробирки, $m_{св}$ масса сухих веществ в образце (определяется высушиванием образца в сушильном шкафу), $m_{сж}$ — в выделяемой жидкости.

Методика измерения реологических свойств

Значительное число пищевых продуктов – кисломолочные продукты, кетчупы, желе и т.д. представляют собой гели. Но традиционные ротационные и вибрационные вискозиметры не совсем приспособлены для измерения вязкости гелей, так как в процессе измерения частично разрушается сетка геля.

Качество пищевых продуктов лучше всего характеризует такой реологический параметр как предельное напряжение сдвига, которое наиболее чувствительно к измерению технологических и механических факторов. Однако для определения предельного напряжения сдвига с помощью ротационного вискозиметра необходимо осуществить определенное количество измерений при различных скоростях вращения ротора, используя каждый раз новые пробы, что делает измерения весьма длительными и трудоемкими. Кроме того, источником значительной погрешности и плохой воспроизводимости результатов при работе на ротационном вискозиметре может быть неправильный выбор зазора между цилиндром и ротором измерительной установки

Для измерения предельного напряжения сдвига часто применяют конический пластометр [Измайлова В.Н. Структурообразование в белковых системах]. При погружении конуса в исследуемую пищевую среду увеличивается площадь поверхности соприкосновения конуса со средой, соответственно уменьшается напряжение сдвига и в тот момент, когда оно равно предельному напряжению сдвига, конус останавливается. По глубине погружения конуса рассчитывают предельное напряжение сдвига [4]. Однако применить конический пластометр для сред с малым предельным напряжением сдвига, таких как кисломолочные продукты, не удастся, поскольку в них конус с большой плотностью может утонуть, а уровень погружения легкого конуса определяется только соотношением силы тяжести и силы Архимеда и не зависит

от реологических характеристик среды [5,10,14,79]. Кроме того, устройства, реализующие измерения методом погружения конуса, регистрируют только конечную глубину погружения, в то время как значительный интерес представляет кинетика погружения.

В настоящей диссертационной работе разработана методика определения кинетики измерения реологических параметров гелеобразных сред, в которой в качестве элемента, погружаемого в исследуемую пищевую среду используется плоский индентор треугольной формы. Кроме того, разработана и подготовлена экспериментальная установка, реализующая данную методику. Принцип действия установки следующий. Плоский индентор погружается в исследуемую среду под действием силы тяжести [14,79]. На индентор действуют три силы: сила тяжести, сила трения и сила Архимеда. Однако ввиду того, что индентор плоский, его объем мал и силой Архимеда можно пренебречь. Равнодействующая из сил, действующих на индентор, равна произведению массы m индентора на его ускорение a . Так как $a \ll g$, можно считать, что $F_{mp} \approx mg$. Сила трения F_{mp} по III закону Ньютона действует и на среду со стороны индентора, приводя к возникновению в ней механического напряжения сдвига:

$$\tau = k_1 \frac{F_{mp}}{\rho} = k_1 \frac{mg}{\rho}, \quad (2.25)$$

где k_1 – некоторая константа.

В начале погружения индентора площадь S его соприкосновения с исследуемой средой мала, соответственно велико напряжение сдвига.

Большое механическое напряжение интенсивно разрушает коагуляционную структуру среды. По мере погружения индентора площадь соприкосновения возрастает, поэтому механическое напряжение τ падает. В тот момент, когда механическое напряжение становится равным предельному напряжению сдвига, резко падает скорость течения среды и в соответствии с этим – скорость, с которой погружается индентор, то есть он практически

прекращает движение (скорость течения падает, т.к. резко изменяется вязкость среды). Таким образом, предельное напряжение сдвига выражается так:

$$\tau_B^* = \kappa_1 \frac{mg}{S_0}, \quad (2.26)$$

где S_0 – площадь погруженной части «остановившегося» индентора, которая пропорциональна квадрату высоты его погруженной части и зависит от угла при его вершине, т.е.:

$$\tau_B^* = \kappa_1 \frac{mg}{h^2} \quad (2.27)$$

Устройство, реализующее описанный принцип, показано на рис. 2.8, 2.9.

В сосуд с исследуемой средой 1 погружается плоский индентор 2 по нормали к исследуемой среде, что обеспечивается направляющей диафрагмой 8. На конце тонкого стрежня, прикрепленного к индентору установлен небольшой экран, диффузно отражающий падающий на него свет излучаемый светодиодом 4. Светодиод подключен к генератору импульсов прямоугольной формы. Отраженный свет попадает на фотодиод 5. В процессе погружения конуса расстояние между светодиодом и экраном, а также расстояние между фотодиодом и экраном увеличивается, поэтому освещенность фотодиода падает. Обратный ток фотодиода пропорционален его освещенности, которая определяется как некоторая функция $f(r)$ от расстояния между экраном и светодиодом r при калибровке прибора. Сигнал с фотодиода, усиленный усилителем У1 подается на синхронный детектор СД, выделяющий составляющую сигнала фототока прямоугольной формы. Напряжение на выходе детектора усиливается усилителем У2. Таким образом, напряжение на выходе усилителя будет прямо пропорционально величине функции $f(r)$ при данном расстоянии:

$$U_{\text{вых}} = k \cdot E = k f(r). \quad (2.28)$$

Так как функция $f(r)$ и коэффициент пропорциональности k могут быть найдены при калибровке прибора, расстояние r можно вычислить по формуле

2.28. Глубина погружения индентора в момент времени t после начала погружения равна перемещению индентора за промежуток времени $\Delta t = t - t_0$.

На рисунке 2.9 представлена фотография прибора для определения кинетики деформации пищевых сред



Рисунок 2.8 – Фотография прибора для определения кинетики деформации

Предельное напряжение сдвига определяется из выражения (2.24), где h – предельная глубина погружения индентора. Напряжение $U_{вых}$ считывается с выхода с выхода усилителя У2 аналого-цифровым преобразователем и регистрируется персональным компьютером ПК. Отсчет времени с начала измерения и расчет кинетической кривой осуществляется программой на пищевых сред языке СИ++, написанной специально для осуществления работы данной установки. Кроме того, отдельная программа обслуживает калибровку установки и осуществляет запоминание функции $f(r)$ в ячейках памяти компьютера.

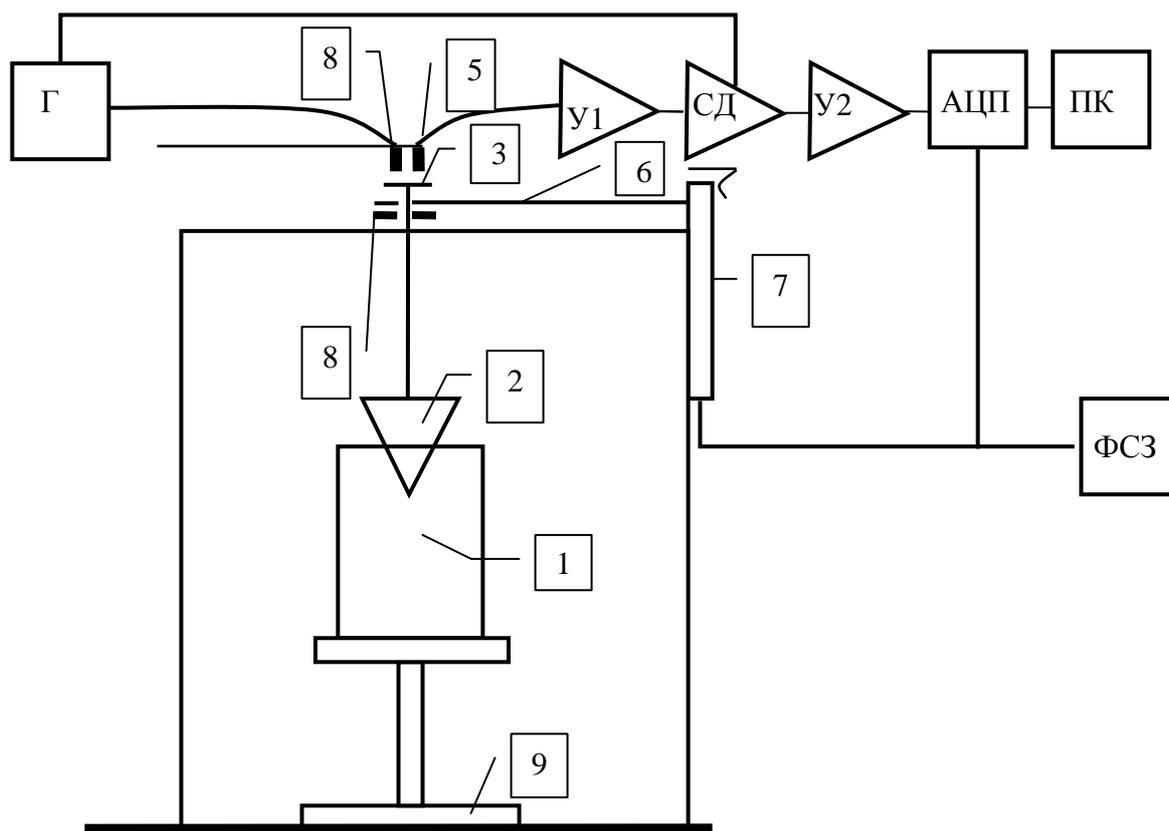


Рисунок 2.9 – Блок схема устройства для измерения кинетики погружения

Описание устройства:

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1– сосуд с исследуемой средой | Г– генератор импульсов
прямоугольной формы |
| 2– плоский индентор | У1 – усилитель 1, |
| 3– отражающий экран | СГ – синхронный детектор |
| 4– светодиод | У2 – усилитель 2 |
| 5 фотодиод | АЦП – аналого-цифровой
преобразователь |
| 6– фиксирующее устройство | ПК – персональный компьютер |
| 7– электромагнит | ФСЗ – формирователь сигнала
запуска |
| 8– направляющая диафрагма | |
| 9– столик с регулируемой высотой | |

Синхронизация начала работы программы с началом погружения конуса производится следующим образом. Формирование сигнала запуска ФСЗ вырабатывает сигнал, подающийся одновременно на АЦП и на электромагнит 2, который механически связан с устройством 6 фиксирующим индентор в начальном положении. По этому сигналу фиксирующее устройство опускает стержень индентора и тот начинает погружение.

Электронная микроскопия и рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ

Исследования элементного состава в настоящей работе проводили методом рентгеноспектрального электроноо-зондового микроанализа[14,79].

Приставка для электронно-зондового рентгеновского микроанализа является составной частью растрового электронного микроскопа [4].

Растровая электронная микроскопия [4, Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок, Гоулдстейн Дж. и др.] обеспечивает увеличение до 200000 и не требует обязательного приготовления образцов в виде тонких пленок, как просвечивающая электрона микроскопия. Принцип действия растрового микроскопа состоит в следующем: электронная пушка микроскопа испускает поток электронов, попадающий на образец, взаимодействие электронов пучка с твердым телом может привести к высвобождению слабо связанных электронов зоны проводимости. Эти вылетевшие электроны называются вторичными электронами, большинство которых имеет начальную кинетическую энергию от 0 до 50 эВ. Кроме того, имеются электроны упруго отраженные и не упруго отраженные от поверхности образца.

Все эти электроны собираются коллектором, сигнал с которого подается на электронно-лучевую трубку. Так как падающий на образец электронный пучок сканирует поверхность образца, на экране электронной трубки отображается участок поверхности, значительно больший диаметра электронного пучка.

В основе рентгеноспектрального электронно-зондового микроанализа лежит регистрация и измерение характеристического рентгеновского излучения материалов, возбуждаемого пучком быстрых электронов.

В процессе неупругого рассеяния электронов пучка рентгеновское излучение может возникать за счет двух, совершенно различных процессов: торможения электронов пучка в кулоновском поле атома, состоящего из ядра и слабо связанных электронов и взаимодействия электрона пучка с электронами

внутренних оболочек, которое может привести к выбиванию связанного электрона, покидающего атом в возбужденном состоянии с вакансиями на электронной оболочке [14,79]. Из всех аналитических методов электронно-зондовый микроанализ лучше всего отвечает задачам и требованиям количественного определения локального состава в силу стабильности и предсказуемости получаемых результатов и более ясного понимания физических основ взаимодействия электронов и рентгеновских лучей с мишенью.

Метод электрофлотационной обработки молочной сыворотки

Перспективными способами выделения белка из молочной сыворотки является электрофизические [86] и, в частности, электрофлотация. В аппаратах обычно применяемых для электрофлотации в пространство между катодом и анодом заливается сыворотка. Соли хлора, содержащиеся в ней, в процессе электрофлотации подвергаются электролизу, сопровождающемуся образованием на аноде активного хлора [Багоцкий В.С. Основы электрохимии]. Это приводит к образованию токсических хлорорганических соединений. В данном исследовании используется мембранная электрофлотация сыворотки. Установка для реализации данного метода отличается от обычных наличием мембраны между катодом и анодом.

Схема устройства для электрофлотационной обработки молочной сыворотки представлена на рисунке 2.10. Весь объем устройства разделен на две камеры. В левую камеру заливается раствор электролита (хлорид натрия), причем этот раствор проникает и в правую камеру до нижнего уровня мембраны. Над мембраной находится молочная сыворотка. Мембрана состоит из ацетатцеллюлозы и расположена между сетчатым катодом (сталь нержавеющая) и анодом, изготовленным из графита. При включении напряжения между электродами на поверхности сыворотки начинает появляться слой пены.

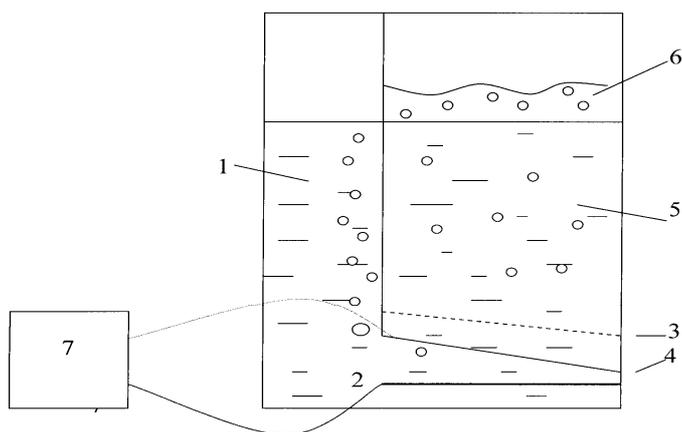


Рисунок 2.10 – Устройство реализующее принцип мембранной электрофлотационной обработки: 1 – раствор электролита, 2 – анод, 3 – катод (сетка из нержавеющей стали), 4 – мембрана, 5 – обрабатываемая молочная сыворотка, 6 – слой пены, 7 – блок питания устройства

Осаждая пену, предварительно удаленную с поверхности сыворотки, можно получить концентрат с повышенным содержанием минеральных солей и белка.

Поскольку катод граничит с сывороткой только в своей верхней части, его загрязнение белком существенно меньше, чем в подобных устройствах, а загрязнение анода совсем не происходит. Так как в данном аппарате сыворотка не подвергается электролизу, наличие веществ, образующихся в результате электролиза в обрабатываемой сыворотке практически исключено.

Обработка результатов измерения

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили в соответствии с рекомендациями [Е.И. Пустельник Статистические методы анализа и обработка, М: Наука, 1968, 288 с.].

Среднее арифметическое:

$$y = \sum_{k=1}^{-n} y_k / n \quad (2.29)$$

где y_k – результат отдельного опыта; n – число повторностей эксперимента.

Отклонение единичного результата от среднего арифметического

$$\Delta y_k = y_k - y; \quad (2.30)$$

Квадратичная дисперсия:

$$S^2(y_0) = \sum_{k=1}^n (y_k - y)^2 (n-1); \quad (2.31)$$

Стандартное отклонение единичного результата:

$$S(y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - y)^2 (n-1)}; \quad (2.32)$$

Стандартное отклонение среднего результата:

$$S(y) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (y_k - y)^2 / n(n-1)}; \quad (2.33)$$

Степень адекватности:

$$E_\alpha = t_\alpha * S(y), \quad (2.34)$$

где t_α – критерий;

Величина доверительного интервала:

$$\Delta = y \pm E_\alpha, \quad (2.35)$$

Все опыты, описанные в работе, проводили 3-4 раза, аналитические определения для каждой пробы в двух-трех повторениях. В таблицах и на рисунках показаны данные типичных опытов, причем каждое значение есть среднее из двух или трех определений. Обсуждаются только те результаты, которые были воспроизводимы в каждом опыте.

ГЛАВА 3 Свойства ингредиентов для кисломолочных напитков обогащенных физиологически ценными веществами

В соответствии с данными литературного обзора установлена актуальность и целесообразность использования обогатителей – сухого порошка перепелиного яйца, сухой молочной сыворотки, молочной творожной сыворотки в производстве кисломолочных продуктов. Для разработки технологий кисломолочных напитков с обогатителями необходимо исследовать и уточнить такие показатели, как пищевая и биологическая ценность, функционально-технологические свойства напитков с обогатителями (в частности влияние компонента обогатителя на рост молочнокислых микроорганизмов), проследить изменение структурно-механических свойств кисломолочного напитка в результате внесения добавок, а также установить наиболее эффективные способы и режимы для его производства.

Однако предварительно следует экспериментально получить некоторые сведения о составе и физико-химических свойствах компонентов кисломолочных напитков, необходимые для разработки способов получения.

3.1 Исследование состава сухого порошка перепелиных яиц

Для исследования были выбраны образцы сухого порошка перепелиных яиц, полученные на ООО «Перепелиное хозяйство» при разных температурах сушки. Поскольку растворимость сухих порошков, содержащих большое количество белка, зависит от режимов сушки, был измерен индекс растворимости, порошка полученного при разных температурных режимах (рис. 3.1).

По результатам этих исследований наиболее рациональная температура сушки $T=135\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определено содержание белка, витаминов и микроэлементов в порошке, полученном при этой температуре. Кроме того, для оценки соотношения аминокислот в кисломолочных продуктах с добавкой данного порошка перепелиных яиц исследован его аминокислотный состав (табл.3.1).

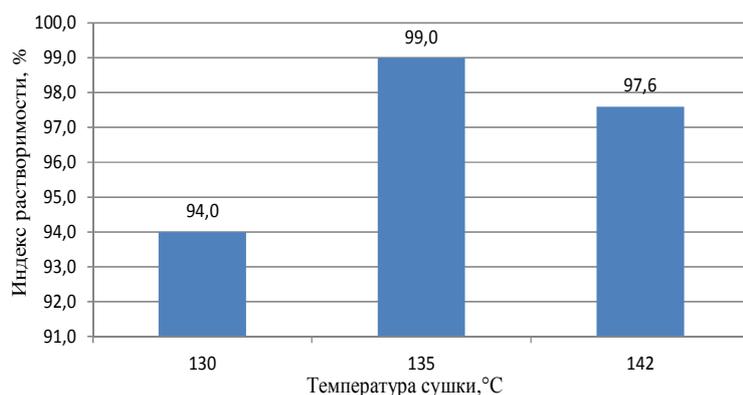


Рисунок 3.1 - Растворимость сухого порошка перепелиного яйца при разных температурных режимах сушки

Аспарагиновая кислота входит в состав белков животных и растений, оказывает значительную роль в обмене азотистых веществ. Участвует в превращении пиримидиновых оснований, синтезе мочевины. Как и глутаминовая кислота она принимает участие в реакциях переаминирования.

Образуемые остатками цистина ковалентные дисульфидные связи S-S между отдельными полипептидными цепями и внутри них, поддерживают определенную пространственную структуру молекул белков и биологически активных пептидов. Сохранность дисульфидных связей обуславливает характерные свойства таких фибриллярных белков как кератины, а также нормальную активность гормонов – окситоцина, вазопрессина, инсулина; ферментов – рибонуклеазы, химотрипсина и других.

Лизин – незаменимая аминокислота, которая не синтезируется в организме человека и животных. Отсутствие лизина в пище замедляет рост у детей, у взрослых приводит к отрицательному балансу азота и нарушению нормальной жизнедеятельности организма.

Аргинин входит в состав почти всех белков человеческого организма. В мышцах беспозвоночных животных содержится свободная аргининфосфорная кислота – продукт фосфорилирования аргинина. Под действием фермента аргиназы, а так же при щелочном гидролизе аргинин распадается на аминокислоты орнитин и мочевину; эта реакция играет важную роль в

образовании мочевины в печени млекопитающих. Органолептические, физико-химические показатели порошка и аминокислотный состав приведены в таблице 3.1 – 3.3 соответственно. Таким образом, порошок перепелиных яиц имеет приемлемые органолептические свойства, высокую растворимость при наиболее рациональных режимах сушки и химический состав, позволяющий использовать его для обогащения кисломолочных продуктов.

Таблица 3.1-Органолептические показатели сухого порошка перепелиных яиц

Наименование показателя	Показатель для порошка из перепелиных яиц		
	Цельного яйца	Белка	Желтка
Внешний вид	Однородный продукт без посторонних примесей		
Консистенция	Порошкообразный или в виде гранул, комочки легко разрушаются при надавливании пальцем		
Цвет	от светло-желтого до оранжевого	от белого до желтоватого	от светло-желтого до оранжевого
Запах и вкус	Естественный, яичный, без постороннего запаха		

Таблица 3.2 – Химический состав порошка перепелиного яйца

Химический состав	Яичный порошок
Сухое вещество, %	91,5
Протеин, %	45,5
Жир, %	35,0
Свободные жирные кислоты, % не более	4,0
Витамины:	
А, мг/кг	22,42
Каротин, мг/кг	5,36
Е, мг/кг	54,73
С, мг/кг	3,12
В ₂ , мг/кг	25,44
Макроэлементы, %:	
Р	0,083
Са	0,26
Микроэлементы, мг/кг:	
Fe	62,12
Zn	16,24
Со	0,68
Mn	1,16

Таблица 3.3 – Аминокислотный состав

Аминокислота	Сухое обезжиренное молоко, %	Сухой порошок перепелиного яйца, %
Валин	0,128	2,354
Метионин	0,120	1,845
Изолейцин	0,133	2,447
Лейцин	0,295	3,251
Треонин	0,131	2,238
Фенилаланин	0,116	2,234
Лизин	0,200	2,833
Аспарагиновая кислота	0,414	4,344
Глутаминовая кислота	0,824	5,622
Серин	0,139	2,534
Пролин	0,290	2,591
Гистидин	0,111	1,883
Глицин	0,235	2,548
Аланин	0,211	1,549
Тирозин	0,070	0,555
Цистин	0,121	1,567
Аргинин	0,330	2,399

3.2 Разработка экспресс-метода определения растворимости сухой молочной сыворотки

Спектр применения сухой молочной сыворотки очень разнообразен и широк, поэтому определение её растворимости традиционным методом [14,79], осуществляемым по одной лишь массе растворяемого порошка оказывается недостаточным. Особенно необходимы измерения индекса растворимости в некотором диапазоне масс исследуемых сухих продуктов при разработке новых продуктов, с неизвестной массой сухого порошка, вносимой в пищевой продукт. При разработке кисломолочных продуктов с добавкой растворов сухой сыворотки, исследования зависимости растворимости от массы вносимого порошка проводились для определения требуемой массы сухой сыворотки при производстве тонны кисломолочного напитка, а также с целью выяснения вопроса о влиянии срока хранения сыворотки на величину этой массы.

В главе 2 описана кондуктометрическая методика определения индекса растворимости сухих молочных продуктов. В ходе вывода расчетной формулы для этой методики были сделаны некоторые допущения [24,79], например о

линейной зависимости числа ионов в растворах от общей массы растворившегося порошка и об одинаковой валентности большинства высокоподвижных ионов в растворах.

Экспериментально исследована применимость этих допущений к растворам сухой молочной сыворотки, а также оценена точность описанной в главе 2 методики.

Дата производства взятых для анализа образцов сыворотки была разной, а производитель один и тот же. Сыворотка со сроком хранения около 6 месяцев имела электропроводность $1,49 \times 10^{-3} \text{ Ом}^{-1}$ (образец 1), сыворотка со сроком хранения 1 месяц – электропроводность $3,27 \times 10^{-3} \text{ Ом}^{-1}$ (образец 2).

Таблица 3.4 – Элементный состав сухой подсырной сыворотки, полученный методом ЭЗРМа

Элемент	Срок хранения, сутки			
	5		20	
	Атомное содержание, %	Весовое содержание, %	Атомное содержание, %	Весовое содержание, %
Na	1,42	1,87	1,85	2,22
P	0,72	1,27	1,72	2,78
S	0,29	0,53	0,60	1,00
Cl	2,50	5,07	5,44	10,06
K	2,73	6,11	6,49	13,21

Сопоставив электропроводность с данными (табл. 3.4) электронно-зондового рентгеновского микроанализа (ЭЗРМа), мы можем видеть, что у образца 2 электропроводность выше, это обусловлено повышенным содержанием солей как катионов (Na, K, Ca), так и анионов (P, S, Cl) [24,79]. Данные ЭЗРМа свидетельствуют, что атомное содержание двухвалентных (Ca) катионов значительно ниже в растворе, чем одновалентных (Na, K). Подвижность ионов Na ($\mu=0,450$) не сильно отличается от подвижности ионов K ($\mu=0,699$). Скорее всего для анионов ситуация выглядит аналогично. Поэтому допущения об одновалентности и о примерном равенстве подвижностей всех ионов в растворе, при выводе приближенных уравнений (гл. 2) вполне приемлемы для анализа

электропроводности молочной сыворотки. Поэтому N в выражении 2.7 (глава 2) действительно отражает общее количество ионов в растворе:

$$\xi = \frac{N}{V} e\mu. \quad (3.1)$$

где N – суммарное содержание ионов в электролите;

e – элементарный заряд, Кл;

V – объем раствора, см^3 .

В сыворотках с разными сроками хранения, определяли индекс растворимости в зависимости от массы навески (от 2 до 8 г), используя следующую формулу :

$$P = \frac{V_1 + V_d}{V_1} \frac{m_{01}}{m_{02}}, \quad (3.2)$$

$V_1 = 10 \text{ см}^3$, масса $m_{01} = 1 \text{ г}$. Построен график растворимости в зависимости от массы сыворотки (рисунок 3.2).

Чтобы проверить полученные данные, растворы каждой навески фильтровали, высушивали и взвешивали [78,79]. Индекс растворимости определяли по формуле:

$$P = \frac{m_1}{m_0}, \quad (3.3)$$

где m_1 – масса сухих веществ в растворе, г;

m_0 – масса навески, г.

Величины, полученные по формуле (3.2) отличаются не более чем на 1%, от значений, полученных методом фильтрования-высушивания-взвешивания, что подтверждает применимость вышеизложенных рассуждений к растворам сухой молочной сыворотки.

Если учесть изменение объема электролита при растворении сухого компонента, возможны более точные измерения индекса растворимости. В выражение (3.2) вводится эмпирическая поправка $\frac{m_{02}}{a}$ [24,79]:

$$P = \frac{V_1 + V_d - \frac{m_{02}}{a}}{V_1} \frac{m_{01}}{m_{02}}, \quad (3.4)$$

Величина $a = 30 \text{ г/см.}^3$

На основе анализа представленных графических зависимостей (рис. 3.2) можно предположить, что в процессе хранения сыворотки происходит кристаллизация лактозы, которая в кристаллическом состоянии хуже подвергается процессу растворения, снижая растворимость образца 1 сухой сыворотки.

Однако вплоть до концентраций раствора 8%, что соответствует условиям изготовления кисломолочных напитков с внесением сухой сыворотки, индекс растворимости сыворотки близок к 100 % и не зависит от срока хранения.

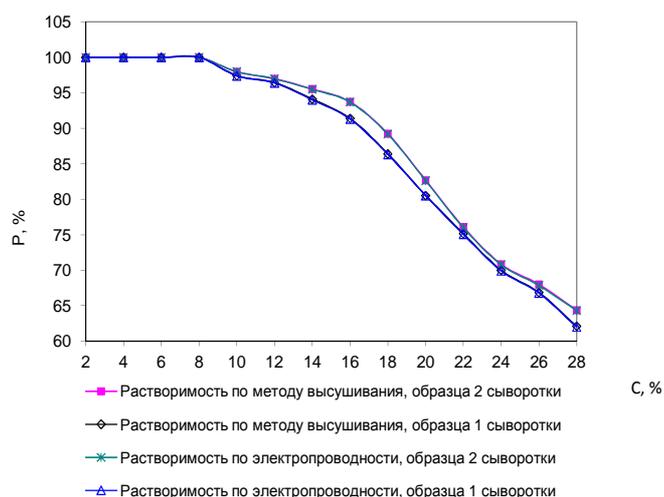


Рисунок 3.2 – Зависимость индекса растворимости от массы сухих веществ сыворотки

Методика кондуктометрического контроля индекса растворимости может быть применена также для определения вносимой в кисломолочный напиток

массы сыворотки и в том случае, если сыворотка подверглась частичному комкованию в процессе хранения. В этом случае следует построить график зависимости индекса растворимости от массы вносимого порошка, определить по нему индекс растворимости при заданной массе и затем определить массу m до которой следует увеличить массу растворяемой сухой сыворотки, чтобы получить заданную концентрацию раствора:

$$m = \frac{m_c}{P} \quad (3.5)$$

где m_c – необходимая масса сухих веществ в растворе сыворотки;

P – индекс растворимости.

Кроме того, могут быть сделаны некоторые выводы относительно механизма растворения сухой молочной сыворотки. Можно говорить о справедливости сделанных предположений положенных в основу кондуктометрической методики, чему свидетельствует минимальное отклонение кривых около 0,5%, полученных методами кондуктометрии и высушивания [24,67,78,79].

$$N = k_1 m_p, \quad (3.6)$$

где m_p – общая масса растворившегося порошка;

k_1 – коэффициент пропорциональности.

Примеси соли, вероятно, распределены в частицах порошка равномерно по их объему, причем эти частицы растворяются в воде так, что происходит послойное снятие материала с поверхности частиц, или же растворяются области размерами достаточно большими по сравнению с местами локализации соли в частицах. Итак, вывод, который можно сделать в итоге исследования - погрешность разработанной методики не превышает 0,5%, методика позволяет определить зависимость массы сухого порошка, находящегося в растворе, от концентрации, являясь, экспресс-методом определения, в сравнении со стандартным методом измерения индекса растворимости.

3.3 Свойства молочной сыворотки, после электрофлотационной обработки

На данном этапе развития молочной промышленности повышенное внимание уделяется переработке сыворотки, а именно использование ее компонентов [67]. Получаемые концентраты белков и минералов методом электрофлотации, имеют высокую пенообразующую и эмульгирующую способность, поэтому такие добавки используют в кондитерской промышленности, для замены белковой части яйца [56,57,79].

В процессе электрофлотационной обработки сыворотки, в пермеате остается значительное содержание белка (табл. 3.5). Поэтому применение пермеата для производства кисломолочных напитков обеспечивает максимальное использование ее полезных компонентов в разных отраслях пищевой индустрии [67,91,79].

Таблица 3.5 – Химический состав флотированной и нефлотированной творожной сыворотки

Сыворотка творожная	Протеин,%	Лактоза,%	Жир,%	Минеральные соли, %
Флотированная	0,5-0,6	4,2	0,1	0,4
Нефлотированная	0,7-0,8	4,2	0,15	0,6

Активная кислотность сыворотки изменяется в течении времени (рис. 3.3). Увеличение величины рН происходит за счет электрохимических реакций в прикатодной области. Na химически взаимодействует с водой с образованием $NaOH$ и водорода, в результате присоединения одного электрона на катоде к иону Na^+ . Выделение водорода происходит в виде пузырьков, а гидроксид натрия диссоциирует и образовавшиеся ионы OH^- реагируют с протонами, уменьшая их концентрацию, т.е. повышая ph среды [75].

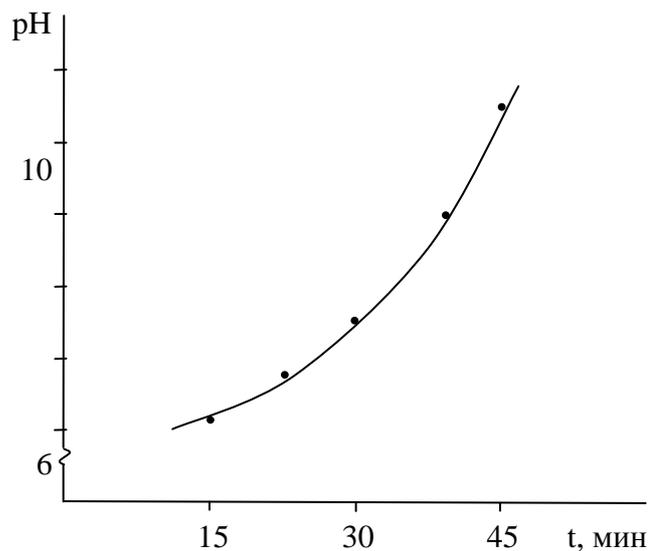


Рис. 3.3 – Зависимость водородного показателя сыворотки при ее электрофлотации от времени

Зависимость концентрации белка в сыворотке от времени флотации представлена на рис. 3.4

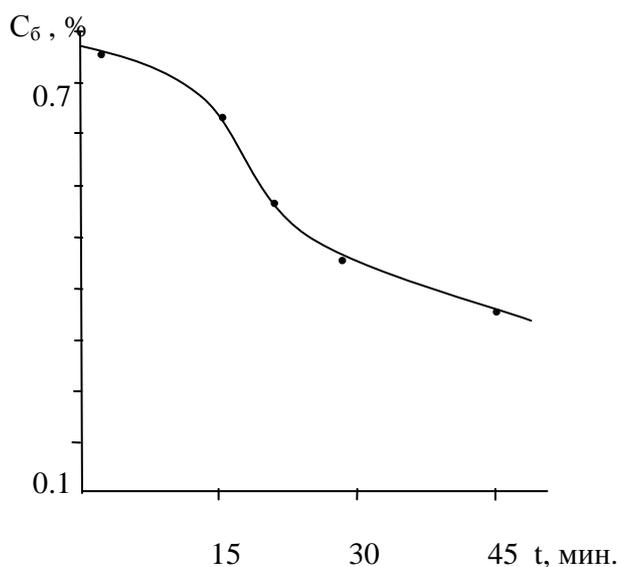


Рис. 3.4 – Зависимость содержания белка в сыворотке при электрофлотации от времени

Таким образом, в результате мембранной электрофлотации можно снизить кислотность творожной сыворотки, резко ухудшающую ее органолептические свойства таблица 3.6.

Таблица 3.6 – Оценка органолептических флотированной творожной сыворотки

Наименование образца	Цвет, прозрачность	Вкус
Контроль, творожная сыворотка	Зеленый	Кислый, вкус сыворотки
Сыворотка флотированная $\tau=20$ мин	Светло зеленый	Слабо кислый, послевкусие сыворотки
Сыворотка флотированная $\tau=30$ мин	Повышенная прозрачность с зеленоватым оттенком	Вкус обезжиренного молока
Сыворотка флотированная $\tau=40$ мин	Повышенная прозрачность с желтоватым оттенком	Вкус обезжиренного молока сладковато-солончатый
Сыворотка флотированная $\tau=45$ мин	Повышенная прозрачность с желтоватым оттенком	Вкус обезжиренного молока, солончатый

Пользуясь графиками на рисунках 3.3 и 3.4, можно уточнить количество белка, остающегося в сыворотке после флотации. Как показывают испытания, наилучшим показателем активной кислотности, до которого следует обрабатывать сыворотку электрофлотацией, является величина рН 6-7. Определив по графику на рис. 3.3 соответствующее время флотации и найдя по графику на рис. 3.4 концентрацию белка в сыворотке по истечении этого времени, получаем величину 0.6-0.7.

Поскольку сыворотки, выпускаемые разными производителями, отличаются по составу и свойствам, была исследована электрофлотационная обработка сыворотки «Авида» и сыворотки, выпускаемой Россошанским гормолзаводом.

Высушивая сыворотку до достижения состояния, когда ее масса будет оставаться постоянной, находили содержание сухих веществ (таблица 3.7 и 3.8).

Таблица 3.7 – Содержание белка в сыворотках разных производителей

Наименование сыворотки	Массовая доля, %	
	Веществ в сухом виде	Белка
Росошанская	5,2	0,52
«Авида»	4,6	0,4

Таблица 3.8 – Концентрация протеина в концентрированной части сыворотки

Наименование сыворотки	Массовая доля, %		
	Веществ в сухом остатке	Белка	Растворенного протеина
Россошанская	2,1	1,17	-
«Авида»	4,4	0,65	0,65

Осаждая пену, которая собирали по завершению процесса электрофлотационной обработки сыворотки, находили содержание сухих веществ, общего белка и растворимого протеина в пене, осажденной после электрофлотационной обработки [67,91,79]. Для нахождения концентрации растворимого белка в концентрате после его фильтрации, был применен биуретовый метод. Содержание сырого протеина определяли методом Къельдаля. Концентрат, выделенный из сыворотки «Авида» характеризуется совпадением этих двух величин. Следовательно, в концентрате весь протеин полностью растворим. Определение количества белка, находящегося в растворенном виде в Россошанской сыворотке, оказалось затруднительно, так как рассеяние света в растворе, несмотря на его предварительную фильтрацию, оказалось слишком большим для уверенного измерения коэффициента поглощения света. Рассеяние света, видимо, обусловлено коагуляцией протеинов в ходе электрофлотационной обработки. Различающийся состав концентратов из сывороток, изготовленных разными производителями, объясняется по-видимому тем, что Россошанская сыворотка содержит меньшую долю белка в растворенном состоянии, чем сыворотка «Авида». Так как нативные сывороточные белки обладают большей биологической активностью, чем коагулированные, в составе кисломолочных напитков лучше использовать сыворотку «Авида».

Рефрактометрия концентратов показала, что их коэффициент преломления (1,333) почти равен показателю преломления чистой воды, а в сыворотке это значение 1,338. Специальные исследования показали, что

коэффициент преломления раствора при содержании белка 1-2% с точностью до погрешности измерений не изменяется, вероятно, из-за чрезвычайно большой молекулярной массы [67,91,79]. Следовательно, лактоза и соли, при данных условиях находятся в концентратах в растворенном виде и имеют гораздо меньшую концентрацию, сравнительно с сывороткой.

Поляриметрические исследования концентратов подтверждают вышеизложенные соображения, так как согласно этим исследованиям концентрация лактозы в концентрированной части сыворотки составляет 0,5 – 1%, а это значительно меньше содержания лактозы в молочной сыворотке.

Таким образом, концентрат молочной сыворотки в сухом остатке содержит коагулирующие при обработке сыворотки методом электрофлотации минеральные соли, белок и незначительное по сравнению с исходной сывороткой количество лактозы.

Найден элементный состав сыворотки, прошедшей электрофлотационную обработку и не прошедшей таковую (табл. 3.9) с помощью рентгеноспектральных измерений образцов, облученных электронами [Малви Т. и др. Количественный электронно-зондовый микроанализ].

Сыворотка, прошедшая электрофлотационную обработку, содержит повышенное количество хлора и натрия из-за некоторого проникновения раствора NaCl в сыворотку при флотации. Величины концентраций калия в обоих видах сыворотки оказываются близкими, а фосфора и кальция в сыворотке, не подвергавшейся электрофлотации, оказывается больше.

Таблица 3.9 – Минеральный состав образцов сыворотки

Вид сыворотки	Массовая доля, %				
	Натрий	Фосфор	Хлор	Калий	Кальций
Флотированная сыворотка	1,23	0,42	1,52	0,53	0,51
Нефлотированная сыворотка	1,05	0,79	1,02	0,44	0,95

Приведенные данные несколько проясняют физические явления, происходящие в процессе флотации. Поскольку активная кислотность сыворотки в ходе электрофлотации увеличивается, соли, содержащие кальций из растворенного состояния превращаются в нерастворимые, подхватываются пузырьками газа и вместе с ними выносятся на поверхность сыворотки. Электронно-зондовый анализ пены подтверждает эти соображения (исследованные образцы характеризуются большим содержанием Ca и P) [14,79](рис. 3.5).

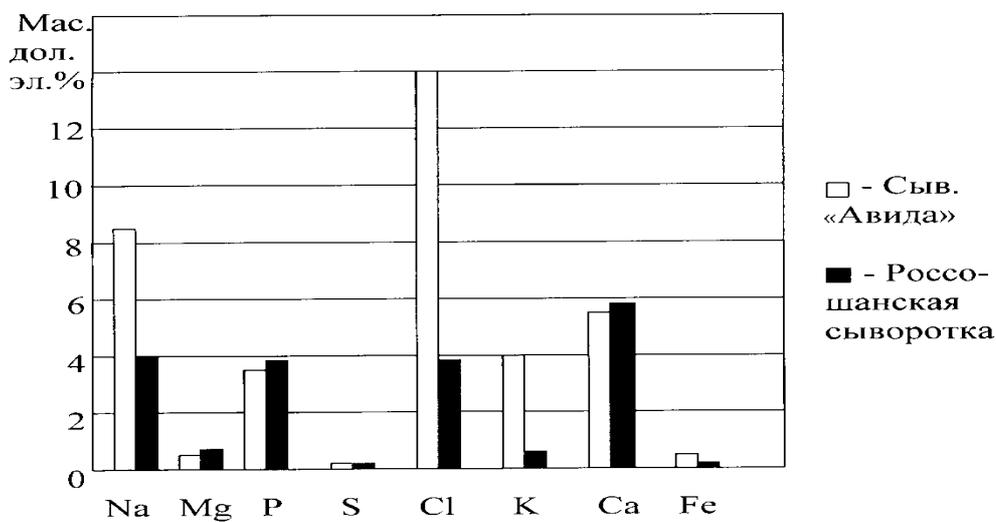


Рисунок 3.5 – Элементный состав концентрата образцов сыворотки разных производителей

Ионы кальция важны для течения многих процессов: нервно-мышечного возбуждения, мышечного сокращения, свертывания крови, проницаемости клеточных мембран, активности многих ферментов и перекисного окисления липидов. Соединения фосфора участвуют в переносе энергии в виде макроэргических связей (АТФ, АДФ, креатинфосфат, гуанинфосфат и других). С участием фосфорной кислоты осуществляется гликолиз, гликогеноз, обмен жиров. Фосфор входит в структуру ДНК, РНК, обеспечивающих синтез белка. Он участвует в окислительном фосфорилировании, в результате которого образуется АТФ.

Некоторую потерю белка, кальция и фосфора после флотации можно возместить, если вносить в кисломолочные напитки флотированную

сыворотку в композиции со свекловичными пищевыми волокнами, содержащими достаточное для этой цели количество указанных веществ. Одновременно, пищевые волокна могут служить эффективным загустителем.

Уменьшением содержания Са, снижением кислотности, а также электровосстановлением летучих веществ на катоде объясняется улучшение органолептических характеристик флотированной сыворотки по сравнению с нефлотированной, что подтверждается результатами органолептических испытаний кисломолочных напитков с добавлением сыворотки, прошедшей обработку методом мембранной электрофлотации.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований показано, что творожная сыворотка, обработанная методом мембранной электрофлотации, может быть применена для производства специальных и функциональных напитков. Она обогащена физиологически активными веществами, является их носителем для молочных основ в том числе. Для промышленного использования важным является подбор загустителей для производства структурированных продуктов.

3.4 Состав суспензии пищевых волокон во флотированной творожной сыворотки

Используемые в технологии кисломолочных продуктов заквасочные культуры способствуют формированию структуры готовой продукции. Одной из важных задач технолога является создание кисломолочных напитков с заданными структурно-механическими свойствами. Продукты с такими свойствами изготавливают путем совместного использования микроорганизмов и стабилизационным путем.

В настоящее время с увеличением объема мирового производства продуктов питания используются традиционные стабилизирующие системы, такие как крахмал, желатин, пектин, которые разработаны специально для стабилизации структуры. Однако, как показано в главе 1, важен поиск новых стабилизационных компонентов, которые кроме формирования структуры продукта были бы способны придать ему свойства функционального питания.

Поставленная задача приобретает особую актуальность для кисломолочных продуктов с добавлением флотированной молочной сыворотки, которая при всех ее достоинствах несколько уменьшает прочность кисломолочного сгустка.

Одним из способов достижения поставленной цели является использование концентрированной суспензии пищевых волокон на флотированной молочной сыворотке в качестве дисперсионной среды. Указанная суспензия добавляется в продукт на определенной стадии технологического процесса. Органолептические свойства ПВ соответствовали требованиям, указанным в таблице 3.10. Жом сахарной свеклы в условиях Центрально-черноземных районов России является очень дешевым сырьем, поэтому с учетом их биологической ценности (гл.1) были выбраны свекловичные пищевые волокна.

Таблица 3.10 – Органолептические показатели пищевых волокон

Наименование показателя	Содержание характеристики
	Пищевые волокна восстанавливаемые (сухие)
Внешний вид, консистенция	Порошкообразный однородный продукт
Запах и вкус	Без запаха. Вкус нейтральный, без постороннего привкуса и запаха
Цвет	От белого до светло-желтого

Пищевые волокна выпускаются в двух разновидностях:– пищевые волокна, не прошедшие операцию сушки и — высушенные волокна. Пищевая и энергетическая ценность волокон указана в таблице 3.11, а физико-химические показатели в таблице 3.12.

Таблица 3.11 – Пищевая и энергетическая ценность на 100 г продукта

Наименование продукта	Углеводы, г	Энергетическая ценность, кДж
Пищевые волокна не прошедшие операцию сушки	9	150,6
Пищевые волокна сухие	89	744

Для экспериментов с суспензией брали сухие волокна. Пищевые волокна не прошедшие операцию сушки, также могут быть использованы для изготовления кисломолочных напитков, однако их применение ограничено трудностями, возникающими при хранении и транспортировке.

Таблица 3.12 – Физико-химические показатели сухих пищевых волокон

Наименование показателя	Значение
Массовая доля сухих веществ, % не менее	90
Массовая доля влаги, % не более	10
Массовая доля пищевых волокон, %	85
Зольность, не более %	5
Переокисные соединения в образцах, не более %	0,01
РН водной вытяжки, 7% по АСС	3,0-7,5

Приготовление суспензии осуществляется с помощью гомогенизации волокон в гомогенизаторе. Определение необходимой массы сыворотки m_c и массы волокна $m_{\text{вол}}$ для приготовления суспензии с заданным содержанием сухих веществ волокон производится по формуле:

$$m_c = \frac{A \times B}{C} \quad (3.7)$$

где А — необходимая масса суспензии;

В- массовая доля сухих веществ волокон в суспензии;

С — массовая доля сухих веществ в пищевых волокнах

($C = 100 - W$, где W-массовая доля влаги в пищевых волокнах).

Сыворотку флотируют до достижения рН=7. Волокна восстанавливали методом гидратации при температуре 40-45°C, частью расчетного количества сыворотки. Затем перед гомогенизацией, в пищевые волокна добавляли оставшуюся сыворотку, при этом с помощью блендера измельчали суспензию до состояния, при котором гомогенизатор не будет забиваться.

Гомогенизация трехкратная: 1-я давление 15,0-17,0 МПа, 2-я давление 16,0-18,0 МПа, 3- я давление 17,0-20,0 МПа.

Так как химический состав суспензии не совпадает с составом сыворотки и волокон, было проведено его исследование. Оно дало следующие результаты

(табл. 3.13). Для сравнения в таблице приведены данные о составе молочной сыворотки, прошедшей электрофлотационную обработку.

Таблица 3.13 – Химический состав суспензии ПВ

Наименование компонента	Влажность %	Белок, %	Жир, %	Зола, %	Пищевые волокна, %		Углеводы, %
					нерастворимые	растворимые	
Суспензия ПВ в флотированной сыворотке	92,7	1,07	0,25	0,07	0,84	0,62	4,3
Флотированная молочная сыворотка	94,7	0,8	0,2	0,6	-	-	3,5

Из данных таблицы следует, что суспензия обогащена белком по сравнению с сывороткой. Это увеличивает пищевую ценность кисломолочного напитка на основе суспензии. Кроме того, нерастворимых пищевых волокон в суспензии несколько больше, чем растворимых (соотношение этих полисахаридов к общей массе: целлюлоза – 0,57%, гемицеллюлоза – 0,29%, пектин – 0,18%, лигнин – 0,06%).

Вышеприведенные данные показывают, что наибольший вклад в состав пищевых волокон суспензии вносит целлюлоза, вдвое меньше гемицеллюлозы. Пектин составляет около 17% от общей массы волокон. Был также проанализирован состав минеральных веществ суспензии. Получены следующие результаты (табл. 3.14)

Таблица 3.14 – Минеральный состав суспензии ПВ

Наименование компонента	Фосфор мг/кг	Кальций мг/кг	Калий мг/кг	Натрий мг/кг	Магний мг/кг	Железо мг/кг
Суспензия на основе флотированной сыворотки с пищевыми волокнами	820	424	815	620	96	1,26
Флотированная сыворотка	780	400	805	622	80	1

Отметим, что минеральный состав суспензии в основном определяется содержанием соответствующих минеральных веществ во флотированной молочной сыворотке, поэтому можно считать, что обогащение кисломолочного напитка с добавлением суспензии происходит за счет сыворотки.

Сопоставление полисахаридного состава суспензии с составом свекловичного жома показывает, что в ходе обработки жома при получении волокон удаляется значительная часть лигнина и в то же время целлюлоза и неактивные вещества сахарной свеклы сохраняются в составе пищевых волокон.

По содержанию гемицеллюлозы в жоме сахарной свеклы у разных авторов имеются различные данные (гл. 1), поэтому сделать однозначный вывод, удаляется ли гемицеллюлоза в ходе обработки жома, затруднительно.

3.5 Микроструктура и структурно-механические свойства суспензии пищевых волокон во флотированной сыворотке

Микроструктуру суспензий исследовали методом световой микроскопии. Типичная структура показана на рис. 3.6. Это скопление мелких частиц неправильной формы, преимущественно, вытянутых. Кроме того на полученных изображениях встречаются крупные частицы цилиндрической формы, поперечно исчерченные с уплотненными периферийными частями. Размеры мелких частиц 10-50 мкм, крупных частиц 100-400 мкм. Крупные частицы могут быть идентифицированы как остатки неразрушенных клеточных стенок сахарной свеклы, а мелкие – как частицы этих стенок, подвергшихся глубокому разрушению. Можно предположить, что в процессе обработки слабыми растворами щелочей разрушаются связи между лигнином и целлюлозой, а также между целлюлозой и гемицеллюлозой, что значительно уменьшает устойчивость клеточной структуры к механическим воздействиям.



Рисунок 3.6 – Микроструктура суспензии с массовой долей сухих веществ 5%, свекловичных волокон на флотированной сыворотке, 1 – мелкие частицы 10-50 мкм; 2 – крупные частицы 100-400 мкм

Кроме того, вероятно растворяется часть гемицеллюлозы, и происходит частичный гидролиз пектина (с распадом молекулы на две составляющие). Поэтому зерна растительных волокон после обработки в гомогенизаторе распадаются на мелкие частицы, чего не происходит с необработанным жомом сахарной свеклы. На возможность разрушения связей между лигнином и целлюлозой в лигниноуглеводных комплексах в щелочных растворах указано в [Дудкин М.С., Громов В.С. Гемицеллюлозы]. С целью исследования реологических свойств суспензии исследовали кинетику деформации на установке, описанной в главе 2.

На графиках (рис. 3.7 а и 3.7 б) видно, что при увеличении влажности суспензии деформация после скачка практически не изменяется со временем, как и в случае малой влажности. Это говорит о принципиально ином характере физических процессов, сопровождающих деформацию суспензии по сравнению с коагуляционными структурами.

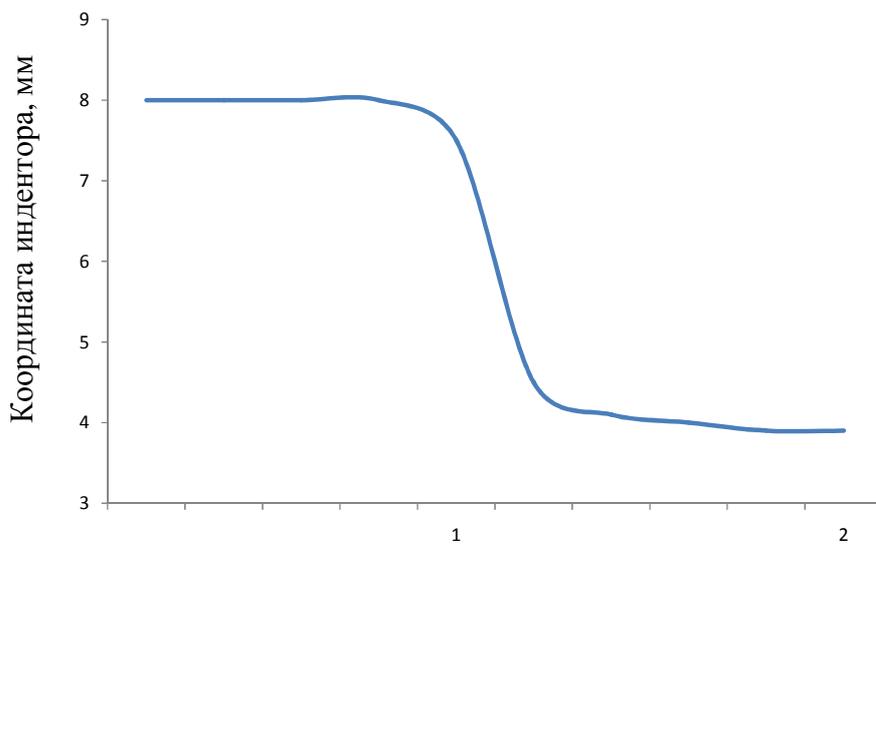


Рисунок 3.7 а – Кинетика погружения индентора в суспензию свекловичных пищевых волокон с массовой долей сухих веществ 2 %

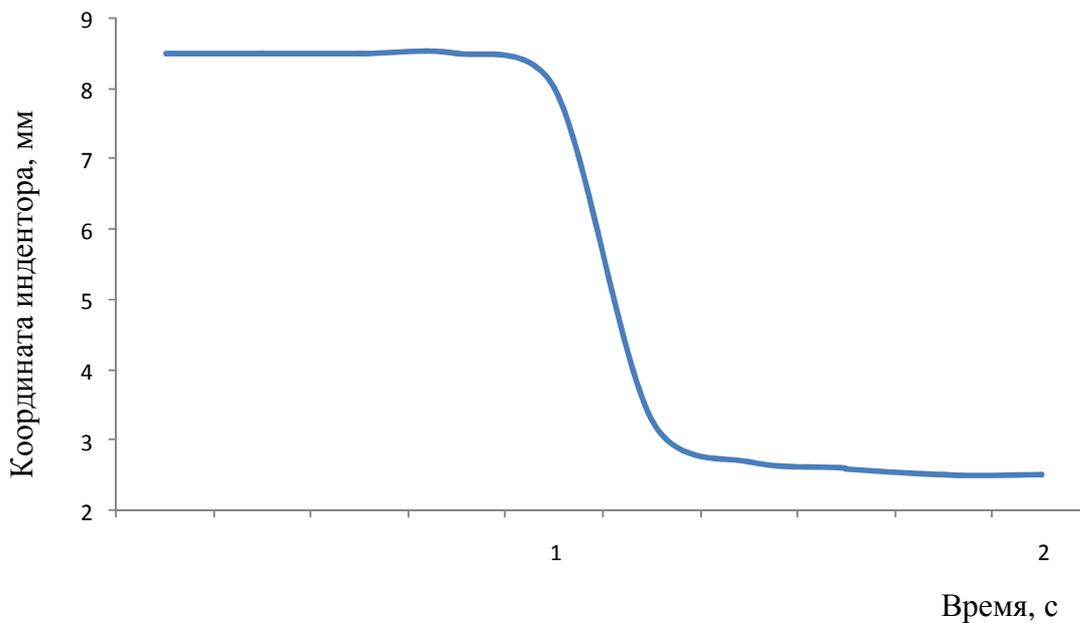


Рисунок 3.7 б – Кинетика погружения индентора в суспензию свекловичных пищевых волокон с массовой долей сухих веществ 1,6 %

На рис. 3.8 приведен график изменения деформации со временем для типичной коагуляционной структуры, проявляющей вязкое поведение — мясного фарша. С момента начала погружения деформация плавно увеличивается. В то же время наличие «ступеньки» на графике временной зависимости деформации суспензии и отсутствие изменений после скачка деформации говорит о значительном вкладе другой составляющей в реологические характеристики неразрушенной структуры суспензии. Это приближает суспензию по структурно-механическим характеристикам к гелям.

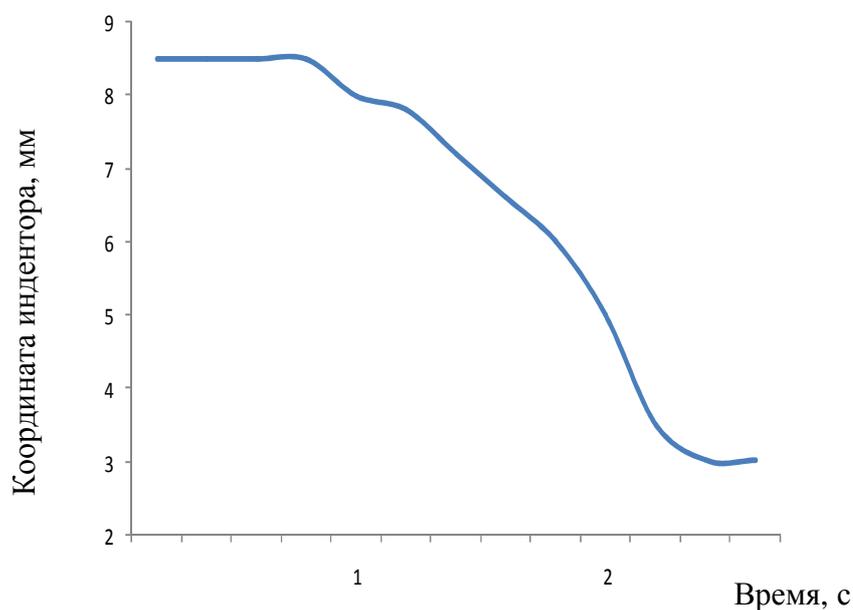


Рисунок 3.8 – Кинетика погружения индентора в типичную коагуляционную структуру – мясной фарш

Качество пищевых волокон и их функционально технологические свойства во многом зависят от конечной операции технологического процесса их получения из исходного сырья-сушки. В настоящее время для сушки пищевых волокон применяется конвективный способ, заключающийся в обдуве продукта горячим воздухом. Однако этому способу, наряду с достоинством — относительно простым оборудованием, присущи и недостатки — низкая производительность, неравномерность сушки, высокое энергопотребление. В связи с этим большой интерес представляют другие методы сушки пищевых волокон и, в частности, ИК-конвективный способ [30, 29]. Этот способ

заключается в обработке продукта инфракрасным излучением с одновременным обдувом его воздушным потоком.

С целью изучения возможности повышения качества свекловичных пищевых волокон за счет сушки разработана экспериментальная установка для исследования ИК-конвективной сушки и установка для изучения прессового отжима растительных волокон. С целью оптимизации основных параметров сушки были определены экспериментальные зависимости интенсивности сушки от температуры воздуха над продуктом, скорости тангенциального потока воздуха над продуктом, толщины слоя продукта, расположения ИК-излучателей, времени. В качестве параметра, характеризующего интенсивность сушки, была выбрана масса воды, испарившейся в процессе сушки за время 20 мин.

Продукт, высушенный при оптимальных параметрах процесса, подвергался технологическим исследованиям. Были определены прочность геля с концентрацией 5%, изготовленного на основе сухого измельченного продукта, водосвязывающая способность геля, а также проведены исследования методом световой микроскопии с целью определения гомогенности микроструктуры продукта. В качестве образца сравнения был взят сухой продукт, изготовленный на существующей технологической линии конвективной сушки. Гели изготавливались посредством однократной или трехкратной обработки водной суспензии продукта в гомогенизаторе. Основные параметры геля на основе растительных волокон, высушенных на экспериментальной установке ИК-сушки – прочность, водосвязывающая способность, гомогенность оказываются выше, чем у образцов сравнения (таблица 3.15).

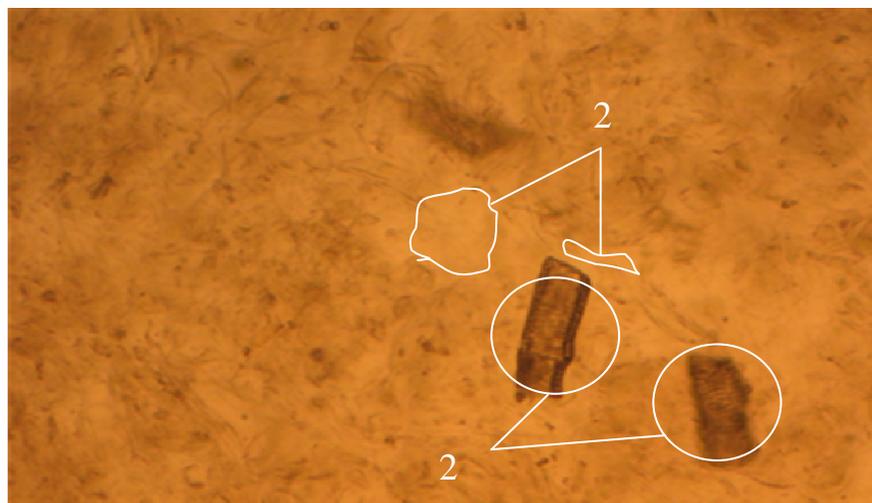
Вероятно, это связано с четко контролируемой остаточной влажностью продукта (влажность образца, изготовленного на экспериментальной установке 9,2%, образца сравнения – 5,8-7,5 %).

Таблица 3.15 – Сравнительные данные прочности геля с массовой долей ПВ 5%

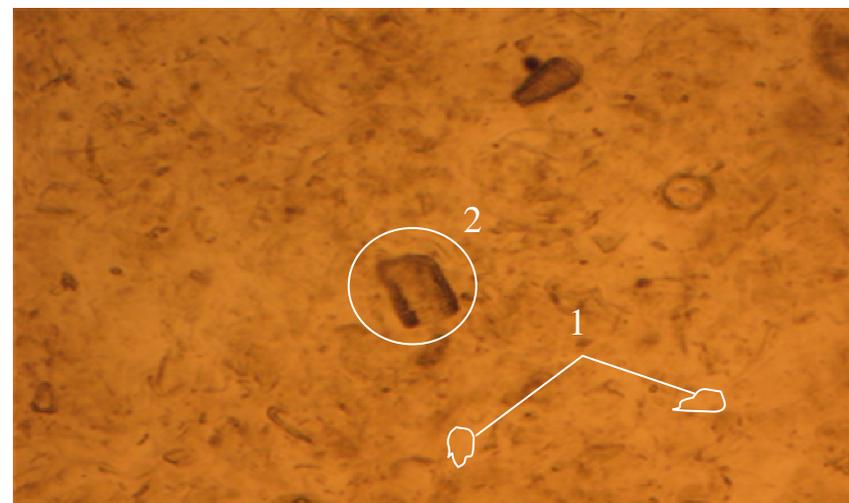
Свойства	Образец, высушенный на пилотной установке, однократная обработка в гомогенизаторе	Образец сравнения, однократная обработка в гомогенизаторе	Образец, высушенный на пилотной установке, трехкратная обработка в гомогенизаторе	Образец сравнения, трехкратная обработка в гомогенизаторе
Предельное напряжение сдвига, отн.ед.	14,8	7,3	12,8	8,7
Водосвязывающая способность	0,23	0,21	0,55	0,46

В результате исследований был сделан вывод об определяющей роли приповерхностного градиента влажности при ИК-сушке, существенном вкладе градиента температуры, повышенной энергоэффективности ИК-сушки с переменной мощностью падающего на образец излучения по сравнению с конвективной сушкой.

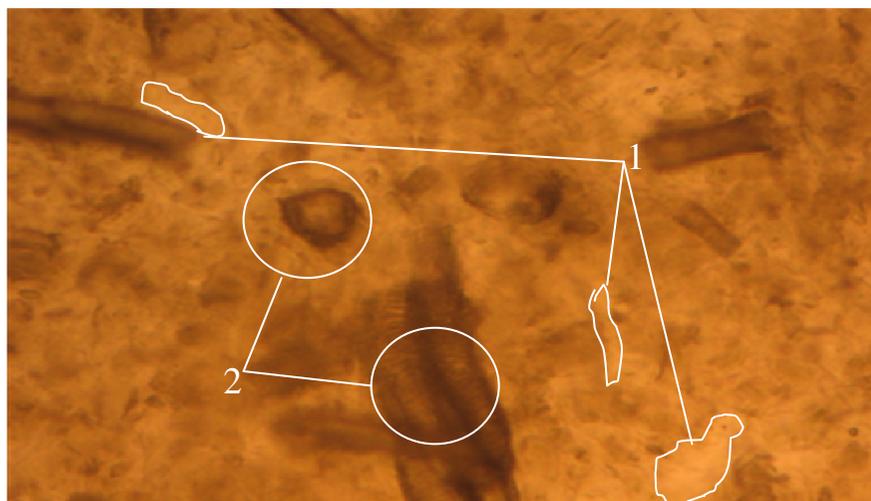
При обработке в гомогенизаторе меняется степень дисперсности суспензий. Как следует из табл. 3.16, при трехкратной обработке в гомогенизаторе, т.е. при увеличении степени дисперсности резко возрастает водосвязывающая способность. В то же время размеры относительно мелких частиц, как это следует из сравнения микроструктуры образцов, высушенных на пилотной установке при однократной и трехкратной обработке на гомогенизаторе (рис. 3.9) остаются примерно на том же уровне.



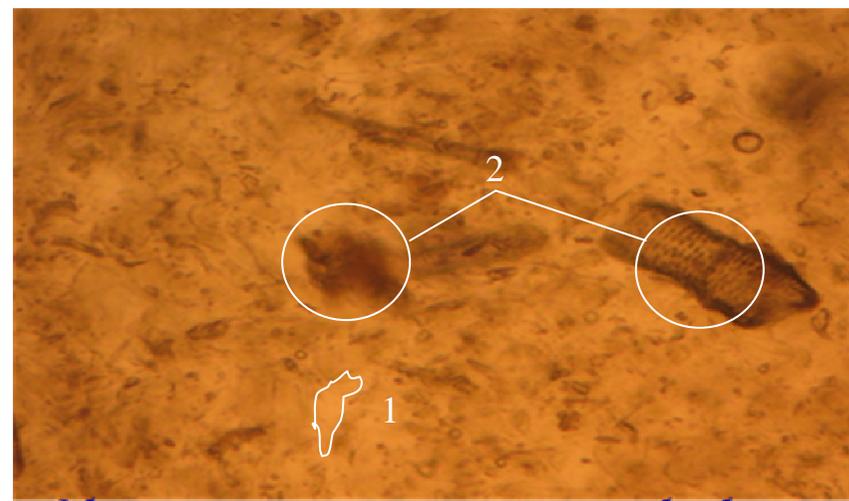
Образец, высушенный на пилотной установке, однократная обработка в гомогенизаторе



Образец, высушенный на пилотной установке, трехкратная обработка в гомогенизаторе



Образец сравнения, однократная обработка в гомогенизаторе



Образец сравнения, трехкратная обработка в гомогенизаторе

Рисунок 3.9 – Микроструктура суспензии с массовой долей сухих веществ 5%, свекловичных волокон на флотированной сыворотке при различной обработке в гомогенизаторе, 1 – не разрушенные участки клеточной стенки; 2 – разрушенные участки клеточной стенки; 3 – участки образца с малой концентрацией дисперсной фазы.

С другой стороны, определенное по микрофотографиям достаточно большое расстояние между относительно мелкими частицами не согласуется с высокими уровнями водосвязывающей способности образцов.

Поэтому можно предположить, что основную часть дисперсной фазы суспензий составляют частицы микронных и субмикронных размеров, невидимых под световым микроскопом. Это могут быть частицы протопектина или гемицеллюлозы, которые, будучи отделены от клеточной структуры при гомогенизации, быстро набухают в воде.

Предельное напряжение сдвига суспензии свекловичных волокон на флотированной сыворотке нелинейно возрастает в зависимости от массовой доли вносимых пищевых волокон (рис. 3.10). Эта зависимость близка к экспоненциальной. Наличие предельного напряжения сдвига доказывает, что суспензия не является вязкой жидкостью, но обладает свойствами структурированной твердообразной системы. Вероятно, в процессе механического воздействия на частицы волокон в ходе гомогенизации происходит частичный гидролиз протопектина, облегченный предварительными обработками частиц жома сахарной свеклы щелочными и кислотными растворами в ходе технологического процесса получения пищевых волокон. Кроме того, под влиянием механического воздействия происходит дополнительное растворение растворимых полисахаридов гемицеллюлозы.

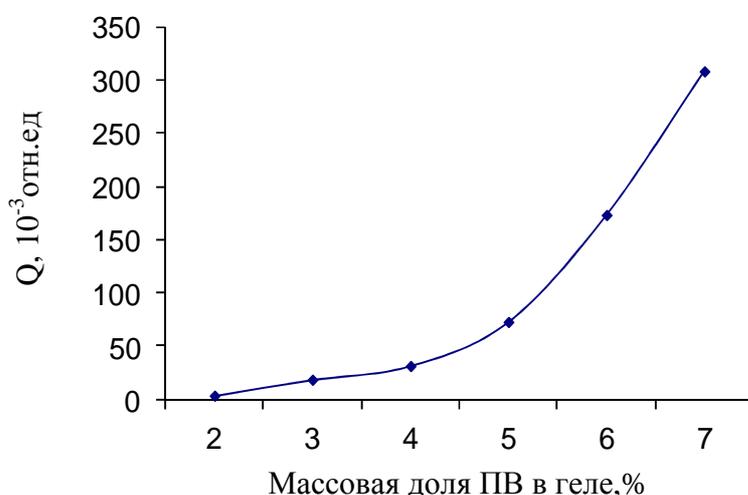


Рисунок 3.10 – Зависимость прочности гелей, от массовой доли ПВ

Предположение о частичном гидролизе обусловлено тем, что жом сахарной свеклы содержит очень мало растворимого пектина по сравнению с протопектином (около 3% от всех пектиновых веществ). Таким образом, в ходе гомогенизации создается мелкодисперсная суспензия твердых частиц, вязкость которой многократно повышается из-за наличия растворимых пектиновых веществ в дисперсионной среде.

Подтверждение того, что при введении раствора пектина в дисперсионную среду дисперсных систем (эмульсии, суспензии) резко повышается вязкость, служит сильное возрастание вязкости, обнаруженное в [32].

Для 50%-ной эмульсии с 0,5 % свекловичного пектина она равна 4,8 сантипуаз (сПс), а с 1% – 5880сПс. При увеличении концентрации жира вязкость также повышается. Например, вязкость эмульсии при увеличении концентрации жира с 50 до 55% возрастает с 4,8 до 13,5 сПс.

Результатом наличия гелеобразующего вещества – пектина в дисперсионной среде, кроме роста вязкости является и появление у суспензии структурно-механических свойств, присущий гелям – нелинейный рост вязкости, при повышении массовой сухих веществ и ступенчатый характер временной зависимости деформации. Кроме того, к таким же эффектам могут приводить и присутствие частиц микро- и наноразмеров в дисперсной фазе.

3.6 Физическая модель поведения суспензии пищевых волокон в флотированной сыворотке при внешних механических воздействиях

Из сказанного в разделе (3.4) следует, что благодаря сочетанию пищевой ценности и оптимальных структурно-механических свойств суспензия пищевых волокон на флотированной сыворотке может расцениваться как перспективная пищевая добавка к различным продуктам, причем возможен выпуск ее как полупродукта универсального назначения с поставкой различным предприятиям.

В процессе погрузки, поставки и выгрузки необходимо использовать насосы, кроме того для подготовки суспензии к использованию в

технологическом процессе требуется использовать различные перемешивающие устройства, гомогенизаторы, диспергаторы и т. д. . Для выбора марки всех этих устройств и расчета их параметров необходимо знать реологические характеристики полупродукта, такие как эффективная вязкость, устойчивость к разрушению структуры, зависимость момента сил M , необходимого для создания определенной скорости вращения ω от величины этой скорости.

В настоящей работе предложена количественная физическая модель, позволяющая рассчитать зависимость $M(\omega)$, а также эффективную вязкость суспензии пищевых волокон в зависимости от концентрации, температуры и молекулярных характеристик пищевых волокон.

Вязкость продукта можно рассчитать лишь при заданном механическом воздействии. Естественно выбрать в качестве источника воздействия рабочий орган вискозиметра, с помощью которого идет экспериментальная проверка вычислений.

Реологические параметры суспензий, такие как эффективная вязкость, кинетическая вязкость, предельное напряжение сдвига чаще всего определяют на ротационных вискозиметрах с двумя коаксиальными цилиндрами, таких как «RHEOTEST-2», «RV-3», «ROTOVISCKO», «RB-4», «RB-7», «RB-8» и т. д.. В этих вискозиметрах исследуемая среда помещается в зазор между двумя цилиндрами, один из которых вращается, а другой – неподвижен. Определяется либо угловая скорость вращения цилиндра при заданном механическом напряжении (которое создается, например, опускающимися грузами, соединенными с ротором вискозиметра), либо момент сил трения, действующих на ротор при заданной угловой скорости. Градиент скорости движения слоев среды, необходимый для определения вязкости, определяется по величине зазора между цилиндрами и скорости вращения. Однако при определении реологических характеристик структурированных пищевых систем, таких как мясной фарш, овощные пюре, тесто, кисломолочные напитки, сметана и т.д. на таких аппаратах возникают определенные трудности. Они связаны, прежде всего, с тем, что определяемые на таких вискозиметрах показатели сильно

зависят от величины зазора между цилиндрами вискозиметра, причем учесть эту зависимость теоретически очень сложно. В самом деле, для получения наиболее точных результатов измерений желательно выбрать измерительные цилиндры с малой величиной зазора между ними. В этом случае поле скоростей деформаций и напряжений приближается к однородному. Но с уменьшением зазора между измерительными поверхностями материалы с высокой вязкостью трудно подать в узкий зазор. В этом случае продукты могут разрушаться, теряя первоначальные механические свойства. Наоборот, в излишне широких зазорах создаются неоднородные напряжения и сдвиг может распространяться не на всю ширину зазора [Косой В.Д. Совершенствование процесса производства вареных колбас].

В настоящей работе предлагается определить реологические характеристики структурированных пищевых сред на вискозиметрах с ротором, вращающемся практически в полубесконечной среде, так как зазор между ротором и стенками стакана с используемой средой много больше диаметра ротора. Такие вискозиметры существуют, хотя они гораздо меньше распространены, чем вискозиметры с коаксиальными цилиндрами. Измерения зависимости момента сил трения от угловой скорости в суспензиях пищевых волокон в флотированной сыворотке проведенные в настоящей работе были проведены на вискозиметре «Brokfeeld», имеющем именно такую конструкцию.

Для описания движения структурированных пищевых сред в таких вискозиметрах воспользуемся следующими модельными представлениями.

При малой угловой скорости вращения ротора, когда отсутствуют процессы разрушения структурированной дисперсной системы, окружающей ротор, т.е. когда механическое напряжение сдвига σ меньше напряжения разрушения структуры σ_B , момент сил, вращающих ротор, приложен к структурированной суспензии. В этом случае связь механического напряжения с моментом сил имеет вид:

$$\delta = \frac{F}{S} = \frac{M}{2\pi R_1^2 H} \quad (3.8)$$

где F – сила, вращающая ротор;

H – высота ротора;

R_1 – радиус ротора;

S – площадь поверхности ротора.

Так как среда структурированная, и не разрушается, она остается неподвижной при вращении ротора. В то же время частицы структурированной суспензии, непосредственно прилипающие к поверхности ротора совершают вместе с этой поверхностью вращательное движение с угловой скоростью Ω .

Угловая скорость выражается через линейную скорость частиц формулой:

$$\Omega = v/R_1 \quad (3.9)$$

Найдем скорость v методами физической кинетики.

Поскольку структурированная дисперсная система проявляет свойства твердого тела, будем рассматривать движение частиц на поверхности аналогично самодиффузии или дрейфу частиц в твердом теле, с большим количеством дефектов, когда движение частиц осуществляется путем «прыжков» из одного дефекта структуры в другой. С энергетической точки зрения каждому дефекту соответствует потенциальная яма и для того, чтобы перескочить из одного дефекта в другой, частице необходимо преодолеть потенциальный барьер. В отсутствие градиента концентрации направленное движение частиц происходит благодаря внешнему напряжению. В данном случае это механическое напряжение, благодаря которому потенциальный рельеф имеет наклон. Таким образом, зависимость потенциальной энергии частицы от координаты, будет иметь вид (рис. 3.11).

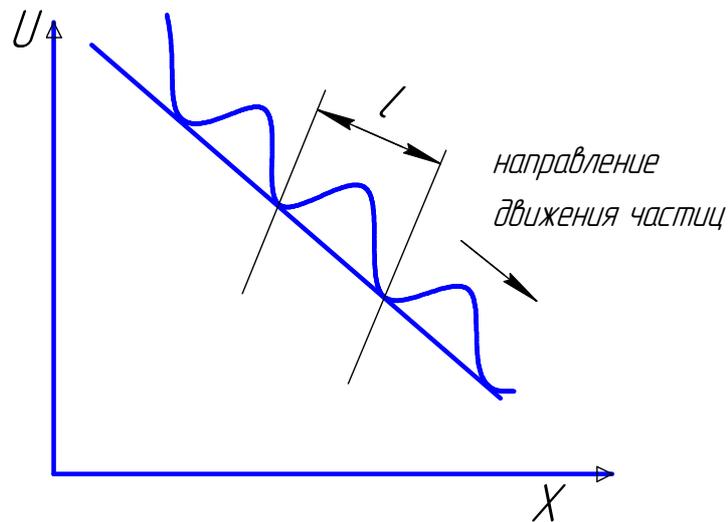


Рисунок 3.11 – Схема движение частиц при многоямном потенциальном рельефе с внешним полем

Пусть P_0 – вероятность того, что в некоторой яме с номером «0» в момент времени τ находится частица, P_1 – вероятность нахождения частицы в момент времени τ в нижележащей яме с номером «1» и P_{-1} – вероятность нахождения частицы в вышележащей яме с номером «-1». Будем полагать шаг по времени $1/V_0$, где V_0 – частота колебаний частиц в нижней части ямы.

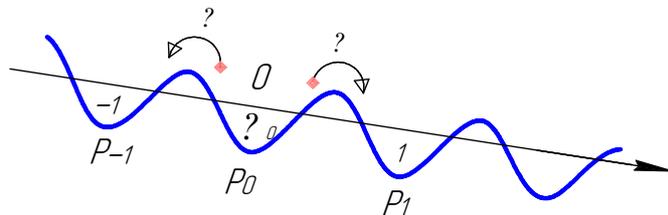


Рисунок 3.12 – Схема перехода частиц из одной потенциальной ямы в другую

Пусть α – вероятность перехода из вышележащей ямы в нижележащую за один шаг по времени, β – вероятность перехода из нижележащей ямы в вышележащую за один шаг. Так как движение частиц – направленное (по склону потенциального рельефа) вероятность α больше вероятности β . В промежуток времени $t \div (t + 1/V_0)$ существуют следующие варианты событий (рис. 3.12):

- 1) частица перепрыгнет из ямы (-1) в (0)-вую яму (вероятность перехода α);
- 2) частица вернется в яму (0) из ямы (1) (вероятность перехода β);
- 3) частица останется в яме (0);
- 4) частица перепрыгнет из ямы (0) в яму (1) (вероятность перехода α);
- 5) частица перепрыгнет из ямы (0) в яму (-1) (вероятность перехода β).

Перемножив вероятности нахождения частиц в ямах (-1), (0), (1) в момент времени t на вероятности переходов и сложив эти величины, получим вероятность нахождения частицы в яме (0) в момент времени $t + 1/v_0$:

$$P\left(t + \frac{1}{v_0}\right) = \alpha P_{-1}(t) + \beta P_1(t) + P_0(t) - \alpha P_0(t) - \beta P_0(t) \quad (3.10)$$

При малых dt :

$$P_0(t + dt) - P_0(t) \approx dP_0 = \frac{dP_0}{dt} dt \approx \frac{dP_0}{dt} \frac{1}{v_0} dt \quad (3.11)$$

Следовательно, выполняется соотношение:

$$\frac{dP_0}{dt} \times \frac{1}{v_0} = \alpha P_{-1} - (\alpha + \beta) P_0 + \beta P_1 \quad (3.12)$$

Проверим оценки параметров α и β .

Согласно уравнению Больцмана, вероятность α пропорциональна экспоненте с показателем $-\frac{V_E}{kT}$, тогда получаем:

$$\alpha = \exp\left(-\frac{1}{kT} (+V_E - \sigma \times S \times l)\right) = e^{-\frac{V_E}{kT}} \times e^{\frac{\sigma \times S \times l}{kT}} \quad (3.13)$$

В этом выражении проведен учет наклона потенциального рельефа за счет внешнего механического напряжения (при переходе из вышележащей ямы в нижележащую высота барьера несколько уменьшается за счет наклона рельефа; величина этого уменьшения равна силе, действующей на частицу

$F = \sigma \times l \times S$, где S – площадь поверхности частицы; σ – механическое напряжение) умноженное на расстояние между ямами l .

Соответствующая формула для параметра β будет выглядеть следующим образом:

$$\beta = \exp\left(-\frac{1}{kT}(V_b + \delta Sl)\right) = e^{-\frac{V_b}{kT}} e^{-\frac{\delta Sl}{kT}} \quad (3.14)$$

Домножим α , данной формулой (3.13) на v_0 и разделим множители так, чтобы в уравнение входил отдельно множитель γ , связанный с σ :

$$\alpha v_0 = v_0 e^{-\frac{V_b}{kT}} \times e^{-\frac{\sigma \times S \times l}{kT}} = \quad (3.15)$$

$$\text{где: } \tau_0 = v_0^{-1} e^{-\frac{V_b}{kT}} \quad (3.16)$$

$$\gamma = e^{-\frac{\sigma \times S \times l}{kT}} \quad (3.17)$$

Аналогично:

$$\beta v_0 = \frac{1}{\tau_0} \gamma \quad (3.18)$$

Перепишем (3.12) в виде:

$$\frac{\partial P_0}{\partial t} = \alpha v_0 P_{-1} - (\alpha v_0 + \beta v_0) P_0 + \beta v_0 P_1 \quad (3.19)$$

Подставив (3.15) и (3.18) в (3.19), получим дифференциальное уравнение:

$$\tau_0 \frac{\partial P_0}{\partial t} = \gamma P_{-1} - \left(\gamma + \frac{1}{\gamma}\right) P_0 + \frac{1}{\gamma} P_1 \quad (3.20)$$

Множитель имеет смысл характерного времени колебаний частицы в яме с учетом высоты потенциального барьера. Сделаем оценку характерного времени перехода из одной ямы в другую. Ввиду статистического характера

рассматриваемой системы частиц вероятность нахождения частиц в каждой из ям отлична от (0). С другой стороны их сумма должна составлять 1. Возьмем значения $P_0 = \frac{3}{4}$ и $P_1 = \frac{1}{4}$ (конкретные значения и не имеют решающего значения для дальнейших оценок). Тогда картина перехода из одной в другую будет иметь вид (рис. 3.13).

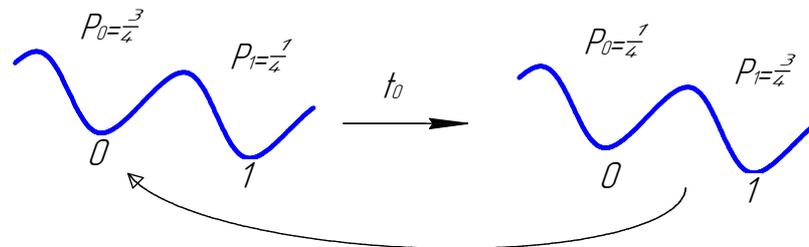


Рисунок 3.13 – Двухямная диссипативная система

Частица, вероятность нахождения которой в верхней яме была равной $\frac{1}{4}$, а нижележащей яме, за время t_0 скорее всего перейдет в другую яму и вероятности станут равными $\frac{1}{2}$ и соответственно.

При круговом движении частицы по границе между ротором и окружающей средой рассеивается энергия. Однако эта энергия постоянно сообщается системе за счет внешней силы, вращающий ротор против сопротивления среды. Поэтому (рис. 3.13) изображена двухямная диссипативная система. Сообщение энергии этой системе обозначает, что после перехода частицы из нулевой ямы в первую, первая яма становится нулевой и процесс повторяется:

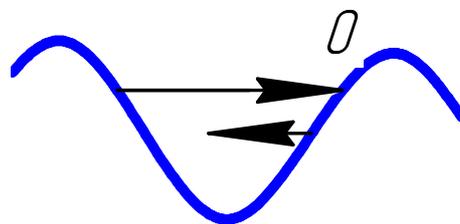


Рисунок 3.14 – Иллюстрация к вероятностному толкованию перехода частиц из одной потенциальной ямы в другую

Колеблющаяся в потенциальной яме частица, подлетая к стенке барьера, может либо перепрыгнуть барьер, либо отразиться назад и продолжить колебания (рис.3.14). Поэтому каждое колебание, можно расценивать как

попытку преодолеть барьер, а общее число попыток N за время τ – как частоту колебаний, умноженную на время.

Вероятность P_1 преодолеть барьер за N попыток равна произведению вероятностей преодолеть барьер за одну попытку, т.е.:

$$P_1 = (\alpha)^N \quad (3.21)$$

Рассуждая аналогично, приходим к выводу, что если учитывать только прыжки частиц из вышележащей ямы в нижележащую, то вероятность нахождения частицы в (0)-вой яме с каждым колебанием уменьшается на множитель α :

$$P_0 = P_{00} \alpha^{-N} \quad (3.22)$$

С учетом обратного перехода частиц из нижележащей ямы в вышележащую, получим:

$$P_0 = P_{00} \alpha^{-N} \beta^N \quad (3.23)$$

Вероятность нахождения в яме частицы через некоторое время t_0 определяется формулой:

$$P_0 = P_{00} \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\nu_H t_0} \quad (3.24)$$

где ν_H – частота колебаний с учетом высоты потенциального барьера (очевидно, что чем выше барьер, тем больше средний период колебаний частиц в яме):

$$\nu_H = \nu_0 \exp\left(-\frac{V_B}{kT}\right) \quad (3.25)$$

Сопоставляя формулы (3.23) и (3.16), получим:

$$\nu_H = \frac{1}{\tau_0} \quad (3.26)$$

Поскольку $P_{00} = \frac{1}{4}$, а $P_0(t_0) = \frac{3}{4}$, то подставив (3.26) в (3.24), приходим к выражению:

$$\frac{1}{4} = \frac{3}{4} \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\frac{t_0}{\tau_0}} \quad (3.27)$$

Логарифмируя эту формулу, получим:

$$\frac{t_0}{\tau_3} = - \frac{\ln 3}{\ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)} \quad (3.28)$$

Подставляя формулы (6), (7) приходим к выражению:

$$t_0 = \frac{\tau_0 \ln 3 kT}{2\sigma S l} \quad (3.29)$$

Скорость частицы получаем как расстояние между ямами l , деленное на время перехода из одной ямы в другую t_0 (считаем, что $\ln 3 \approx 1$):

$$v = \frac{l}{t_0} \quad (3.30)$$

$$v = v_0 \frac{2\sigma S l^2}{kT} e^{-\frac{V_b}{kT}} \quad (3.31)$$

В эту формулу входят следующие обозначения:

v_0 - частота колебаний частиц вблизи дна потенциальной ямы;

l – характерный размер частиц (так как физически потенциальная яма обусловлена притяжением частиц, то размер ямы будет примерно равен размеру частиц);

S – площадь контакта частиц;

V_b – барьер или, что то же самое, энергия разрыва связи между частицами.

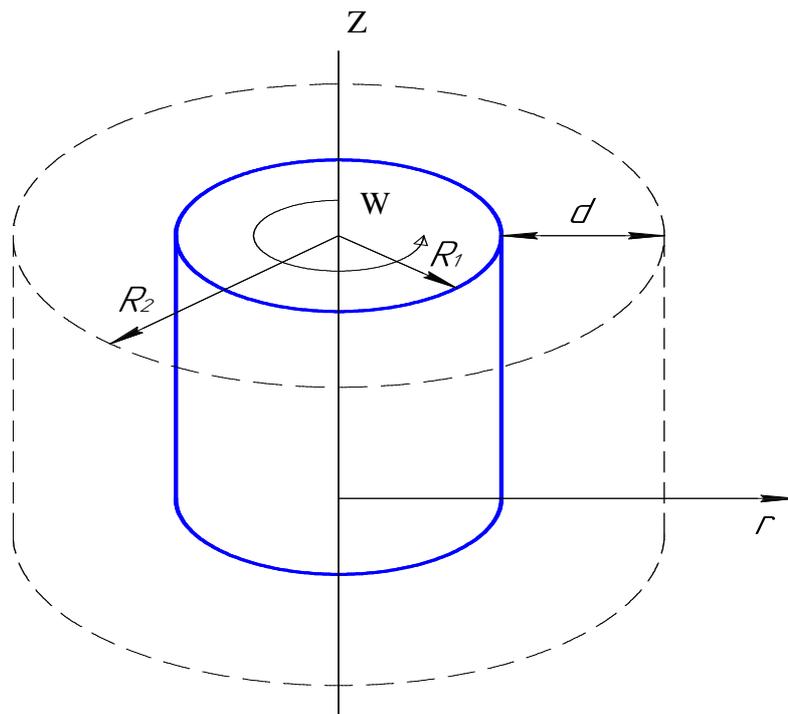


Рисунок 3.14 – Возникновение кольцевого слоя разрушенной суспензии

Рассмотрим теперь случай более высоких угловых скоростей когда механическое напряжение больше напряжения разрушения структуры σ_v .

Если ротор вращается с достаточно большой угловой скоростью, структура вблизи его поверхности разрушается, т.е. образуется кольцевой слой толщиной d с разрушенной структурой, вязкость которого меньше вязкости среды за пределами этого слоя (рис. 3.14). Эта среда при вращении ротора остается неподвижной. Тогда движение жидкости в слое с разрушенной структурой можно описать, решая уравнение Навье – Стокса для жидкости, находящейся в зазоре между вращающимся и неподвижным цилиндрами.

Рассмотрим, по аналогии с [Ландау Л.Д. , Лившиц Е.М. Теоретическая физика], движение жидкости, заключенной между двумя коаксиальными бесконечными цилиндрами, вращающимися вокруг своей оси с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 .

Пусть радиусы цилиндров будут R_1 и R_2 , причем $R_2 > R_1$.

Выберем цилиндрические координаты r, z, ϕ с осью z по оси цилиндров.

Из симметрии задачи очевидно, что

$$v_z = v_r = 0, v_\phi = v(r), p = p(r) \quad (3.32)$$

Здесь v_z и v_r – проекции скорости жидкости на оси z и r соответственно. v_ϕ – составляющая скорости, перпендикулярная оси r , которая равна скорости $v(r)$ при определенном значении r , p – давление жидкости, зависящее от r .

Уравнение Навье-Стокса в цилиндрических координатах дает в рассматриваемом случае два уравнения:

$$\frac{dp}{dr} = \rho \frac{v^2}{r} \quad (3.33)$$

$$\frac{d^2v}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dv}{dr} - \frac{v}{r^2} = 0 \quad (3.34)$$

Второе из этих уравнений имеет решение типа r^n : подстановка решения в таком виде дает $n = \pm 1$, так что:

$$v = ar + \frac{b}{r} \quad (3.35)$$

Постоянные a и b находятся из граничных условий, согласно которым скорость жидкости на внутренней и внешней цилиндрических поверхностях должна быть равна скорости соответствующего цилиндра:

$$v_1 = R_1 \times \omega_1, \text{ при } r = R_1, v_2 = R_2 \times \omega_2, \text{ при } r = R_2.$$

В результате получим распределение скоростей в виде

$$v(r) = \frac{\omega_2 R_2^2 - \omega_1 R_1^2}{R_2^2 - R_1^2} r + \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} \frac{1}{r} \quad (3.36)$$

При отсутствии внешнего цилиндра ($\omega_2=0, R_2 \rightarrow \infty$) получается

$$v = \frac{\omega_1 R_1^2}{r} \quad (3.37)$$

Проверим правильность формулы (3.36)

При $r = R$, т.е. вблизи получим скорость:

$$v_1 = \omega_1 R_1 = \frac{1}{R_2^2 - R_1^2} \left((v_2 R_2 - \omega_1 R_1^2) R_1 + (\omega R_1 - v_2) R_1^2 R_2 \frac{1}{R_1} \right) =$$

$$\frac{1}{R_2^2 - R_1^2} (-\omega_1 R_1^3 + \omega_1 R_2^2 R_1) = \omega_1 R_1 = v_1 \quad (3.38)$$

Скорость на границе разрушенного слоя с твердообразной средой определяется:

$$v_2 = \frac{v_2 R_2^2 - \omega_1 R_1^2 R_2}{R_2^2 - R_1^2} + \frac{(\omega_1 R_1^2 R_2 - v_2 R_1^2) R_2}{R_2^2 - R_1^2} \frac{1}{R_2} = \frac{v_2 (R_2^2 - R_1^2)}{R_2^2 - R_1^2} = v_2 \quad (3.39)$$

В обоих случаях получаем тождество, что говорит в пользу справедливости формулы (3.36).

Найдем теперь момент действующих на цилиндры сил трения. На единицу поверхности внутреннего цилиндра действует сила трения, направленная по касательной к поверхности.

Поток импульса через элемент поверхности df выражается следующим образом:

$$\Phi_p = \Pi_{ik} df_k \quad (3.40)$$

Здесь Π_{ik} – тензор плотности потока импульса, который определяется так:

$$\Pi_{ik} = p \delta_{ik} + \rho v_i v_k \quad (3.41)$$

где p – давление;

v_i, v_k – компоненты скорости жидкости.

Физический смысл Π_{ik} – это i -я компонента количества импульса, протекающего в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярно к оси X_k .

В вязкой жидкости величина Π_{ik} имеет вид:

$$\Pi_{ik} = -\sigma_{ik} + \rho v_i v_k \quad (3.42)$$

$$\text{где тензор } \sigma_{ik} = -p \delta_{ik} + \sigma'_{ik} \quad (3.43)$$

есть тензор напряжений, определяющий ту часть потока импульса, которая не связана с непосредственным переносом импульса вместе с массой передвигающейся жидкости, σ'_{ik} – вязкий тензор напряжений, определяющий необратимый «вязкий» перенос импульса в жидкости.

В [Ландау Л.Д. , Лившиц Е.М. Теоретическая физика] исходя из очевидной зависимости σ'_{ik} от производной по скорости и координатам, которую в первом приближении можно считать линейной, получено выражение для σ'_{ik} в несжимаемой жидкости:

$$\sigma'_{ik} = -p \delta_{ik} + \eta \eta \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i} \right) \quad (3.44)$$

где η – вязкость жидкости.

В обоснование формулы (3.44) можно отметить, что процессы внутреннего трения в жидкости возникают только в тех случаях, когда различные участки жидкости движутся с различной скоростью, так что имеет место движение частей жидкости относительно друг друга. Поэтому σ'_{ik} должно зависеть от произвольных скоростей по координатам.

В цилиндрических координатах r, φ, z компоненты тензора напряжений выглядят следующим образом:

$$\begin{aligned} \sigma_{rr} &= -p + 2\eta \frac{\partial v_r}{\partial r} & \sigma_{r\varphi} &= \eta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right) \\ \sigma_{\varphi\varphi} &= -p + 2\eta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{v_r}{r} \right) & \sigma_{\varphi z} &= \eta \left(\frac{\partial v_\varphi}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \varphi} \right) \\ \sigma_{zz} &= -p + 2\eta \frac{\partial v_z}{\partial z} & \sigma_{zr} &= \eta \left(\frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (3.45)$$

Применяя (3.42) находим, что сила, действующая на некоторый элемент поверхности, т.е. поток импульса через элемент поверхности df есть:

$$F_i = \Pi_{ik} df_k = (\rho v_i v_k - \delta_{ik}) d \quad (3.46)$$

Однако на границе твердого тела между его поверхностью и вязкой жидкостью всегда существуют силы молекулярного сцепления, приводящие к тому, что прилегающий к твердой стенке слой жидкости полностью задерживается, как бы прилипая к ней. Соответственно этому граничное условие к уравнениям движения вязкой жидкости состоит в требовании обращения в нуль скорости жидкости на неподвижных твердых поверхностях:

$$v=0 \quad (3.47)$$

тогда выражение для силы упрощается:

$$F_i = \sigma_{ik} df_k n_k \quad (3.48)$$

где \vec{n} – единичный вектор нормали к поверхности.

Сила F_i удельн., действующая на единицу площади поверхности будет равна:

$$F_{iуд} = -\sigma_{ik} n_k \quad (3.49)$$

Переходя к цилиндрическим координатам, можно записать для модуля удельной силы на поверхности первого цилиндра:

$$F_{iуд}(r = R_1) = \eta \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_\varphi}{\partial r} - \frac{v_\varphi}{r} \right) \quad (3.50)$$

Отметим, что, так как $\sigma_{r\varphi}$ есть компонента тензора напряжений, соответствующая касательным к площадке напряжениям, она отвечает только напряжениям, связанным с силами трения и в нее не входит величина давления жидкости.

Принимая во внимание, что $v_r = 0$, а касательная скорость v есть v_φ , можно записать:

$$F_{iуд}(r = R_1) = \eta \left(\frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right) \quad (3.51)$$

Подставляя в (3.51) выражение для скорости (3.36) получим:

$$F_{iуд}(r = R_1) = -2\eta \frac{(\omega_1 - \omega_2) R_1^2}{R_1^2 - R_2^2} \quad (3.52)$$

Умножая величину $F_{iyд}$ на R_1 , получаем момент этой силы, а полный момент M_1 , действующий на цилиндр, получим умножением на площадь поверхности цилиндра $2\pi R_1 H$:

$$M_1 = -\frac{4\pi\eta(\omega_1 - \omega_2)R_1^2 R_2^2}{R_2^2 - R_1^2} H \quad (3.53)$$

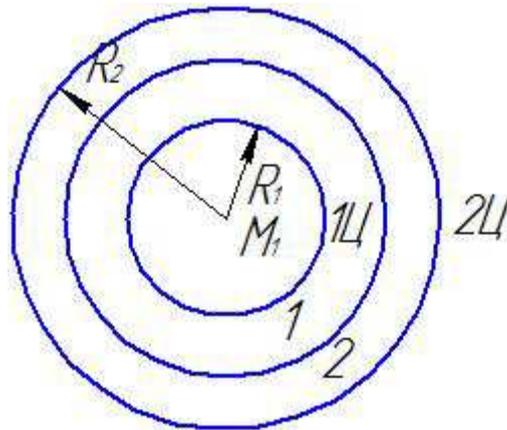


Рисунок 3.15–Разбиение разрушенного слоя между цилиндрами на два подслоя 1 и 2

Покажем, что M'_6 –момент сил, действующих на поверхность, граничащую с вращающейся жидкостью со стороны этой жидкости равен моменту сил M_1 , приложенных к ротору со стороны привода вискозиметра.

Разобьем жидкость в зазоре между двумя цилиндрами на два кольцевых слоя 1 и 2 (рис.3.15). Пусть M'_2 – момент сил, действующих на первый цилиндр (ротор) со стороны слоя 1. Тогда $M_1 = M'_2$, т.к. в противном случае ротор вращался бы ускоренно.

Пусть M'_3 - момент сил, действующих на слой жидкости 1 со стороны первого цилиндра. По III закону Ньютона

$$M'_3 = M'_2. \quad (3.54)$$

Пусть M'_4 –момент сил, действующих на слой 2 со стороны слоя 1, а M'_5 – момент сил, действующих на слой 2 со стороны внешнего цилиндра. Тогда

$$M'_3 = M'_4. \quad (3.55)$$

Иначе слой 1 двигался бы ускоренно,

$$M'_4 = M'_5$$

т.к. слой 2 вращается с постоянной скоростью.

По III закону Ньютона:

$$M'_6 = M'_5, \text{ т.е.}$$

$$M'_6 = M_1. \quad (3.56)$$

Что и требовалось доказать.

Таким образом момент сил M_2 ($M'_2 = M'_6$), действующих на поверхность внешнего цилиндра радиуса R_2 , с учетом соотношения $v_2 = R_2 \omega_2$ выражается формулой:

$$M_2 = -\frac{4\pi\eta R_1 R_2}{R_2^2 - R_1^2} (\omega_1 R_1 R_2 - R_1 v_2) H \quad (3.57)$$

С другой стороны момент сил, действующих на поверхность радиуса R_2 , находится аналогично (3.8) и равен:

$$M_2 = 2\pi R_2^2 \delta_B H \quad (3.58)$$

где δ_B – механическое напряжение необходимое для разрушения среды;
 H – высота цилиндра.

Приравняв правые части (3.57) и (3.58) и выразив угловую скорость ротора ω_1 , получим выражение:

$$\omega_1 = \frac{\delta_B}{2\eta} \frac{R_2^2 - R_1^2}{R_1^2} + \frac{v_2}{R_2} \quad (3.59)$$

где, согласно (3.58), (3.56), радиус второго цилиндра R_2 имеет значение

$$R_2 = \sqrt{\frac{M_1}{2\pi\delta_B^2}} \quad (3.60)$$

скорость v_2 движения на границе с неразрушенной дисперсной системой выражается в соответствии с (3.31):

$$v_2 = V_0 l \frac{\delta_B S l}{kT} e^{-\frac{V_B}{kT}} \quad (3.61)$$

Пользуясь формулами (3.59) – (3.61) можно для случая достаточно высоких угловых скоростей рассчитать зависимость момента сил, приложенных к ротору со стороны устройства привода в зависимости от задаваемой угловой скорости и сравнить с экспериментальной зависимостью.

Отметим, то с увеличением скорости вращения растет радиус разрушенной области суспензии, при этом величина σ_B на границе разрушенной суспензии и структурированной среды остается постоянной и равной

напряжению, необходимому для того, чтобы разорвать связи между частицами на границе и заставить их перескакивать из одной позиции в другую (рис. 3.11). Момент сил с увеличением скорости в соответствии с (3.58), растет только за счет увеличения радиуса разрушенной области.

Зависимость $M(\omega)$ для всего диапазона угловых скоростей может быть рассчитана согласно следующему алгоритму. Для малых угловых скоростей пользуемся соотношениями (3.9),(3.31), одновременно определяя σ по формуле (3.8). Как только σ станет больше или равно σ_B , которое задается как параметр процесса, переходим к расчету зависимости $M(\omega)$ по формулам (3.59) – (3.61).

Необходимую для расчета $M(\omega)$ по формулам (3.59)-(3.61) величину вязкости разрушенной области η находим из следующих соображений.

Установлено, что суспензия пищевых волокон в флотированной творожной сыворотке в диапазоне концентраций волокон 1,5 – 7 %, представляет собой структурированную систему, обладающую твердообразными свойствами. Это означает, что частицы в суспензии объединены в агрегаты. Агрегация в дисперсных системах сопровождается обратным процессом распада агрегатов. В результате устанавливается некая равновесная концентрация агрегатов, состоящих из определенного количества частиц. Тепловое движение препятствует процессу агрегации и способствует дезагрегации. Этот процесс соответствует закону Больцмана распределение частиц по энергиям. В данном случае характерным энергетическим параметром процесса является энергия связи частиц в агрегатах E .

Например, если суспензии состоит из одинарных частиц с равновесной концентрацией n_{10} и агрегатов с концентрацией n_{20} из попарно связанных таких же частиц, то величина n_{20} выражается следующим образом:

$$n_{20} = n_{10} \exp\left(\frac{E}{kT}\right) \quad (3.62)$$

Обозначим C_{10} , C_{20} относительную долю одиночных и двойных частиц соответственно:

$$C_{10} = \frac{n_{10}}{n_{\text{общ}}}, \quad C_{20} = \frac{n_{20}}{n_{\text{общ}}} \quad (3.63)$$

где $n_{\text{общ}}$ – общая концентрация частиц в суспензии.

Так как $n_{10} + 2n_{20} = n_{\text{общ}}$, то

$$C_{10} + 2C_{20} = 1. \quad (3.64)$$

Решая систему уравнений (3.62-3.64) приходим к соотношениям:

$$C_{10} = \frac{1}{1 + 2 \exp\left(\frac{E}{kT}\right)} \quad (3.65)$$

$$C_{20} = \frac{\exp\left(\frac{E}{kT}\right)}{1 + 2 \exp\left(\frac{E}{kT}\right)} \quad (3.66)$$

Вращение ротора приводит к частичному разрушению структуры слоя исследуемой среды в некоторой области пространства вблизи ротора. Это означает тенденцию к распаду агрегатов частиц. Если рассматриваемая среда состоит из смеси одинарных и двойных частиц, то в результате вращения ротора концентрация двойных частиц уменьшится до некоторого стационарного значения C_1 , а одинарных частиц станет равной величине C_2 .

Найдем величины C_1 и C_2 .

Переходя к неинерциальным системам отсчета, будем считать, что рассматриваемая среда находится в поле сил инерции. Тогда потенциальная энергия, соответствующая этим силам, будет равна:

$$U_n = \int \Delta m \frac{dv}{dt} dx = \int \Delta m \frac{dx}{dt} dv = \int \Delta m v dv = \frac{\Delta m v^2}{2} \quad (3.67)$$

(так как движение частицы происходит в жидкости, эффективную массу частицы находим за вычетом массы некоторого объема жидкости таких же размеров, если бы массы частицы и такого же объема жидкости были бы равны, то седиментации при вращении не происходило бы).

Описанный прием дает возможность применить к системе вращающихся частиц распределение Больцмана по энергиям:

$$C = C_0 \exp\left(\frac{\Delta m v^2}{2kT}\right) \quad (3.68)$$

где $\Delta m = m_{\text{ч}} - m_{\text{ж}}$

$m_{\text{ч}}$ – масса частицы;

$m_{\text{ж}}$ – масса жидкости того же объема.

Скорость частиц равна тангенциальной скорости частицы на расстоянии r от центра ротора и выражается формулой (3.37). Подставляя (3.37) в (3.68), имеем следующее выражение:

$$C = C_0 \exp\left(\frac{\Delta m \omega^2 R^4}{2KT r^2}\right) \quad (3.69)$$

Переходя от массы и плотности частиц, находим:

$$C = C_0 \exp(-P) \quad (3.70)$$

$$P = \frac{\Delta \rho R^4 \omega^2}{2KT r^2} V_r = \left(\frac{R}{r}\right)^2 \times \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 \quad (3.71)$$

где $\Delta \rho = \rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{ж}}$ - разность между плотностью частицы и плотностью жидкости, V_r - объем частицы, ω_0 - параметр, который определяется как:

$$\omega_0 = \frac{2KT}{\Delta \rho R^2 V_r} \quad (3.72)$$

Тогда равновесная концентрация одинарных частиц равна:

$$C_1 = C_{10} \exp(-P) \quad (3.73)$$

Так как объем агрегата из двух частиц в 2 раза больше объема частицы, концентрация двойных частиц выражается формулой:

$$C_2 = C_{20} \exp(-2P) \quad (3.74)$$

Найдем теперь необходимую для расчета момента сил по формуле (3.57) вязкость жидкости в зазоре между роторами цилиндра. Как следует из данных микроскопии, частицы в суспензии пищевых волокон имеют вытянутую форму. В первом приближении их можно представить как эллипсоиды вращения. В [Ландао Л.Д., Лившец Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие в 10 т. Т. 6. Гидродинамика. – М.: Наука, 1986 – 736 с.] получена формула для вязкости суспензий небольшой концентрации с частицами в виде эллипсоидов вращения:

$$\eta = \eta_0 (1 + A\varphi) \quad (3.75)$$

$$\varphi = U_{\text{ч}} N_0 \quad (3.76)$$

где N_0 - число частиц, в единице объема. (Физический смысл φ - это доля объема суспензии, занятая частицами).

В результате достаточно сложных расчетов в [Ландао, Лившец] получили значения коэффициента A для нескольких значений отклонения $\frac{a}{b}$

полуосей эллипсоидов. Как следует из данных микроскопии, среднее значение отношения полуосей эллипсоидов $\frac{20}{50}$. Для этого отношения величина A , приведенная в [Ландау, Лившец] составляет $A=3$.

Покажем, что с наибольшей вероятностью в разрушенной суспензии в зазоре между двумя цилиндрами встречаются только одинарные и двойные частицы. Для этого перепишем выражение для C_2 в следующем виде:

$$C_2 = C_{20} e^{-2p} = C_{10} e^{\frac{E}{kT}} e^{-p} e^{-p} = C_1 e^{\left(\frac{E}{kT} - p\right)} \quad (3.77)$$

Видно, что при достаточно больших скоростях вращения ротора, когда показатели экспоненты $\frac{E}{kT} - p < 0$, концентрация двойных частиц меньше одинарных.

В случае агрегатов из тройных частиц концентрация двойных частиц умножается на тот же экспоненциальный фактор:

$$C_3 = C_{30} e^{-3p} = C_2 e^{\frac{E}{kT} - p} \quad (3.78)$$

Таким образом, чем больше частиц содержит агрегат, тем меньше концентрация таких агрегатов концентрация в разрушенной суспензии, причем с увеличением количества частиц в агрегате концентрация уменьшается очень быстро:

$$C_1 > C_2 > C_3 > C_4 > \dots \quad (3.79)$$

Поэтому при получении выражения для вязкости можно считать, что разрушенная суспензия состоит только из одинарных и двойных частиц. Если суспензия содержит два вида частиц (одинарные и двойные), то в выражении (3.75) к единице будут прибавляться уже два слагаемых, каждое из которых соответствует своему виду частиц:

$$\eta = \eta_0 (1 + A_1 \varphi_0 C_1 + A_2 \varphi_0 2C_2) = \eta_0 (1 + \varphi_0 (A_1 C_1 + A_2 2C_2)) \quad (3.80)$$

Так как наиболее устойчивая к разрушению во вращающейся жидкости форме свободных частиц – два последовательно соединенных эллипсоида вращения, примем, что $A_2 = 2A_1$. Тогда окончательное выражение для вязкости разрушенной суспензии:

$$\eta = \eta_0 (1 + A_1 \varphi_0 (C_1 + 4C_2)) \quad (3.81)$$

На рис. 3.17 показана рассчитанная в соответствии с изложенной моделью зависимость момента сил, действующих на ротор при вращении его в диапазоне угловых скоростей 0-2,5 рад/с в суспензии свекловичных пищевых волокон с заданными микроскопическими параметрами. Для сравнения приведена экспериментальная кривая, снятая на вискозиметре «Broockfield». Видно, что расчетная и экспериментальная зависимости хорошо совпадают. Небольшое отклонение экспериментальной зависимости от расчетной в диапазоне угловых скоростей 0.5 – 1 рад/с связано, по-видимому, с наличием переходного слоя между разрушенной и неразрушенной областями суспензии, не учтенным в настоящей модели.

Необходимая для технических применений зависимость эффективной вязкости от угловой скорости может быть найдена графическим дифференцированием расчетной кривой.

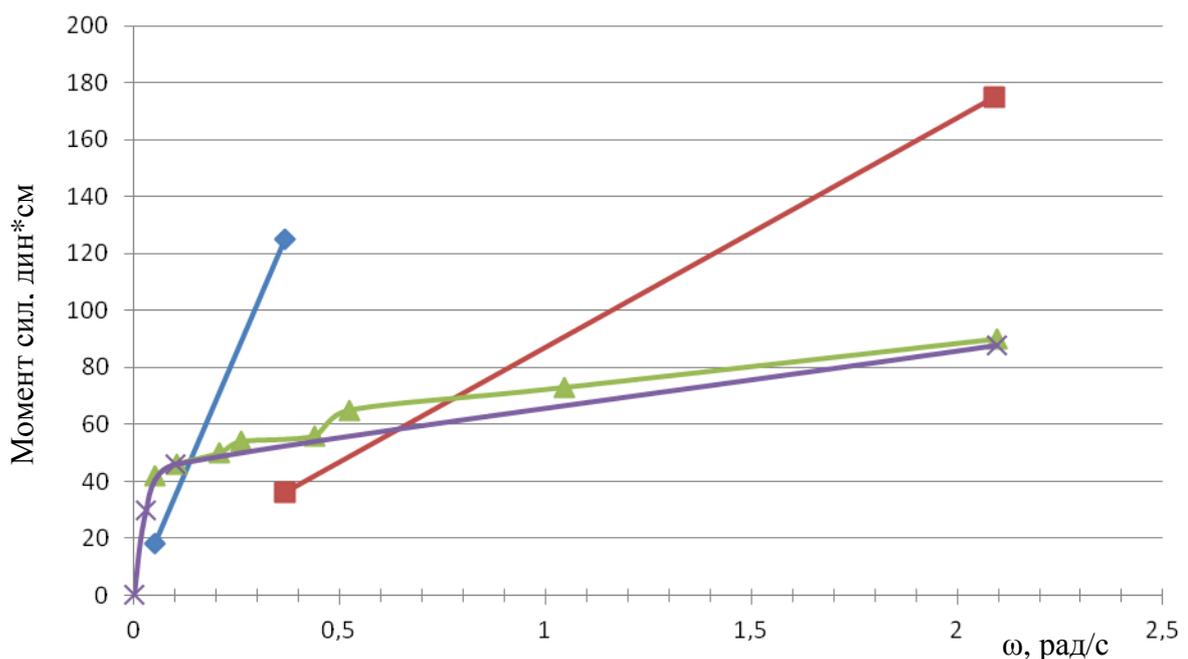


Рисунок 3.17 – Экспериментальная (зеленая линия) и расчетная (фиолетовая линия) зависимости момента сил от угловой скорости вращения ротора вискозиметра в суспензии свекловичных волокон в флотированной творожной сыворотке (красная линия – прямая, аппроксимирующая наклон экспериментальной кривой при переходе на вращение с существенным влиянием переходного слоя, наклон синей линии характеризует вязкость системы в момент начала образования разрушенной области)

ГЛАВА 4 Изучение свойств обогащенных физиологически ценными веществами кисломолочных напитков

Разработка технологии кисломолочных напитков с внесением обогатителей невозможна без тщательного изучения физических, химических, микробиологических особенностей этих пищевых систем. Экспериментальное исследование свойств кисломолочных напитков с биологически ценными добавками необходимо также для построения качественной физической модели изменения их структуры при внесении волокон.

4.1 Изучение влияния добавки сухого порошка перепелиных яиц на процесс сквашивания в производстве кисломолочных напитков

В ходе разработки оптимальной дозировки компонента обогатителя (сухой порошок перепелиного яйца) были проведены исследования процесса сквашивания нормализованной смеси, а именно нарастание активной кислотности и количественное изменение молочнокислых микроорганизмов. Полученные данные и анализ химического состава сухого порошка перепелиного яйца (гл. 1, табл. 1.1), показали, что добавление сухого перепелиного яйца в нормализованную смесь, перед пастеризацией, увеличивает рост молочнокислых микроорганизмов (болгарской палочки и молочнокислых стрептококков) в процессе сквашивания, что очень важно при производстве кисломолочных напитков (табл. 4.1).

Для процесса сквашивания использовали закваску прямого внесения DANISCO YO-MIX 401. Активность закваски 100 DCU (условные единицы активности); 28 г. лиофильно высушенной закваски на 1000 кг сырьевой нормализованной смеси. В лабораторных условиях расчетное количество заквасочной культуры активизировал на пастеризованной, нормализованной сырьевой смеси, и вносил тонкой струйкой при постоянном перемешивании.

Изменение активной кислотности, при использовании заквасочной культуры DANISCO серии YO MIX 401 в процессе сквашивания при температуре 42°C практически не зависит от доли вносимого компонента обогатителя, на протяжении всего процесса. При этом брожение лактозы под

действием фермента лактазы (β -галактозидазы) до глюкозы и галактозы идет одинаково, а также образование молочной кислоты вследствие жизнедеятельности молочнокислых бактерий, которая в свою очередь коагулирует белок (рисунок 4.1) .

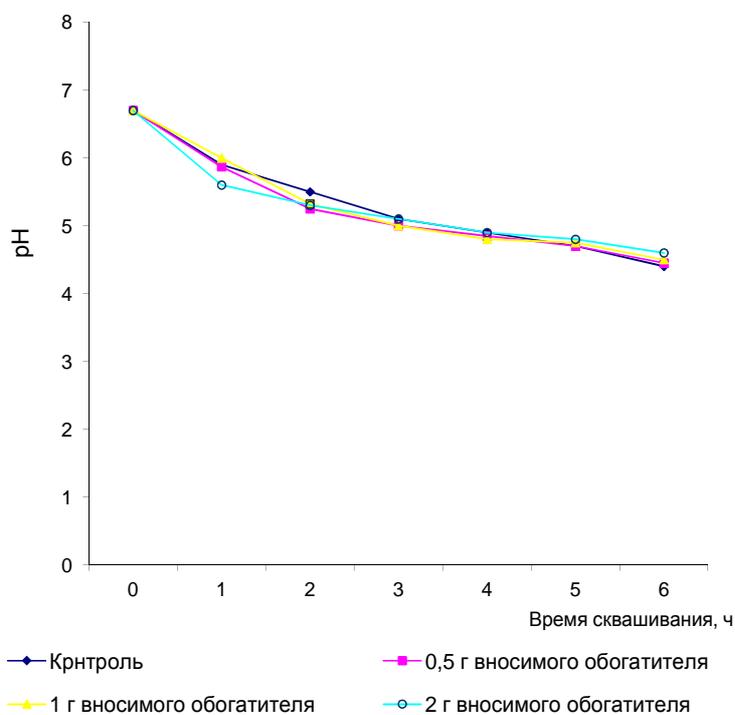


Рисунок 4.1 – Изменение активной кислотности (рН), при температуре сквашивания 42°C

Таблица 4.1 – Физиолого – биологические свойства напитка с применением порошка перепелиного яйца

Время сбраживания	Контроль			0,5 г сухого порошка перепелиного яйца			1 г сухого порошка перепелиного яйца			2 г сухого порошка перепелиного яйца		
	pH	Lbc. bulgaricum	Str. termofilus	pH	Lbc. bulgaricum	Str. termofilus	pH	Lbc. bulgaricum	Str. termofilus	pH	Lbc. bulgaricum	Str. termofilus
10 ³⁰	6,7	-	1,8·10 ⁴	6,7	-	2,0·10 ⁴	6,7	-	2,2·10 ⁴	6,7	-	2,5·10 ⁴
11 ³⁰	5,9	3,6·10 ³	1,0·10 ⁵	5,87	4,5·10 ³	1,0·10 ⁵	6,0	5,0·10 ³	1,2·10 ⁵	5,6	7,0·10 ³	1,5·10 ⁵
12 ³⁰	5,5	2,8·10 ⁴	5,9·10 ⁵	5,25	2,2·10 ⁴	7,0·10 ⁵	5,32	2,4·10 ⁴	7,5·10 ⁵	5,3	3,0·10 ⁴	8,0·10 ⁵
13 ³⁰	5,1	1,7·10 ⁵	1,0·10 ⁶	5,0	2,8·10 ⁵	1,5·10 ⁶	5,0	3,2·10 ⁵	2,6·10 ⁶	5,1	3,5·10 ⁵	3,8·10 ⁶
14 ³⁰	4,9	2,2·10 ⁶	5,0·10 ⁷	4,85	3,0·10 ⁶	5,9·10 ⁷	4,8	3,4·10 ⁶	7,1·10 ⁷	4,9	4,2·10 ⁶	8,5·10 ⁷
15 ³⁰	4,7	3,8·10 ⁷	1,1·10 ⁸	4,7	4,3·10 ⁷	1,4·10 ⁸	4,75	5,0·10 ⁷	6,9·10 ⁸	4,8	5,5·10 ⁷	8,0·10 ⁸
16 ³⁰	4,4	4,0·10 ⁸	1,6·10 ⁹	4,45	4,9·10 ⁸	2,3·10 ⁹	4,5	5,1·10 ⁸	4,6·10 ⁹	4,6	6,3·10 ⁸	8,8·10 ⁹

На протяжении всего процесса сквашивания осуществлялся отбор проб, и их посев при температуре 37°C с интервалом времени в один час. Подсчет выросших колоний болгарской палочки проводили через 72 часа в анаэробных условиях, а молочнокислых стрептококков через 48 часов. Для этого использовали среды MRS и М 17 соответственно.

По полученным данным можно сделать вывод, что с увеличением доли вносимого обогатителя от 0,5 г до 2 г, по сравнению с контролем (без обогатителя) [23,79], содержание молочнокислых стрептококков и болгарской палочки в процессе сквашивания возрастает прямо пропорционально дозировке, их количественное соотношение приведено на рисунке 4.2 и 4.3.

Содержания *Lbc. bulgaricum* в конце процесса сквашивания увеличивается в среднем от 1,2 до 1,5 раз, а *Str. termophilus* от 1,5 до 4 раз, в зависимости от доли вносимого обогатителя. Это связано с тем, что белок сухого порошка перепелиного яйца, является дополнительной питательной средой жизнедеятельности молочнокислых микроорганизмов.

Количество молочнокислых микроорганизмов в кисломолочном сгустке при добавлении сухого порошка перепелиных яиц увеличивается, так как порошок перепелиных яиц содержит аминокислоты и витамины, необходимые для развития микрофлоры: болгарской палочки и термофильных стрептококков (как отмечается в литературе [33, 105], эти микроорганизмы хорошо развиваются лишь тогда, когда кроме основных элементов питания – моносахаридов и дисахаридов в окружающей среде присутствуют некоторые аминокислоты и витамины группы В).

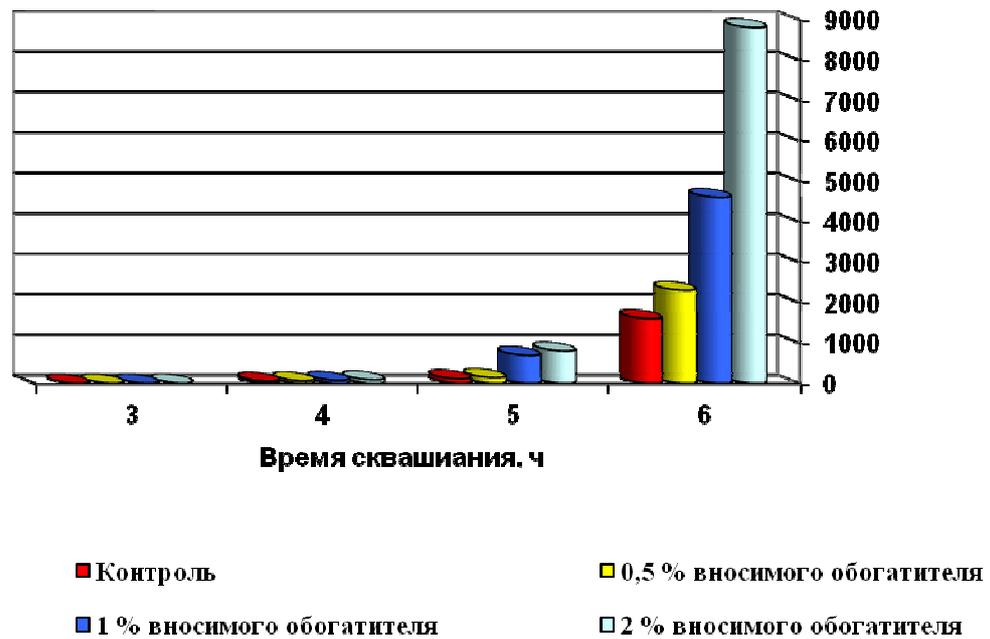


Рисунок 4.2 Динамика изменения количества молочнокислых стрептококков в процессе сквашивания

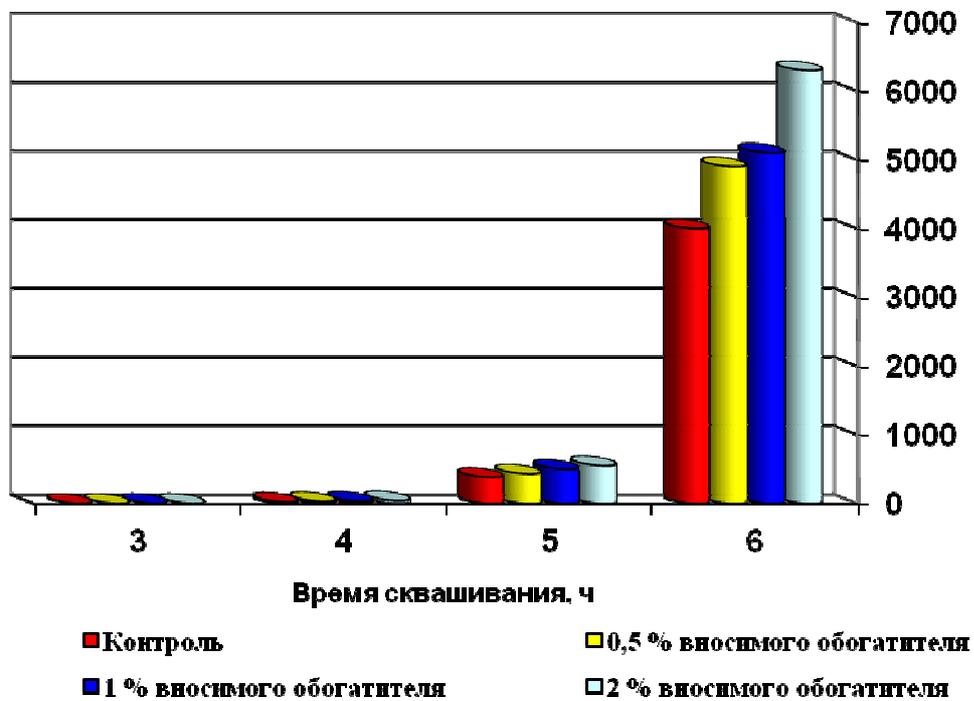


Рисунок 4.3 Динамика изменения количества болгарской палочки в процессе сквашивания

Таким образом, обоснована целесообразность использования оптимальной дозировки сухого порошка перепелиного яйца, которая составляет 1% от массы нормализованной смеси глава 3. Несмотря на то, что увеличение дозировки до 2 г. приводит к росту микроорганизмов *Str. termophilus* в 4 раза, а *Lbc. bulgaricum* в 1,5 раза, использование этой дозировки не целесообразно, т. к. изменениям подвергаются сенсорные и структурно-механические свойства кисломолочного напитка, что в свою очередь отражается на потребительских свойствах готового продукта .

4.2 Применение сыворотки при изготовлении кисломолочных напитков

Цельное молоко все более становится дефицитным сырьем, поэтому производя кисломолочные напитки, особенно в зимний и весенний сезоны, предприятия изготовители часто бывают вынуждены заменять часть молока, необходимого для производства, растворами сухого молока [17,19,79]. Вместо сухого молока может быть использована сухая молочная сыворотка. Однако при ее внесении изменяется консистенция продукта.

Характеристикой структурно-механических свойств кисломолочных напитков является предельное напряжение сдвига. Для его измерения был разработан пластомер, отличающийся от ранее используемых плоским индентором треугольной формы, а также бесконтактной оптической регистрацией глубины погружения конуса в исследуемый продукт [14,37,79]. В таблице 4.2 приведены результаты определения предельного напряжения сдвига и органолептических характеристик кисломолочных напитков, в которых сухой подсырной сывороткой заменялась некоторая часть молока. Для этого находили по графикам, аналогичным приведенным в главе 2 максимальную массу порошка растворимую полностью в воде при температуре 40°C. Это количество растворяли в воде при температуре 40-45°C и заменяли определенную долю молока этим раствором.

Таблица 4.2 – Органолептика и прочность кисломолочных напитков

Часть молока замененная сухой сывороткой	Вкусовые характеристики	Прочность
0,3	Ощущается легкий привкус сыворотки	6,95
0,2	Чистый, кисломолочный, посторонние привкусы и запахи отсутствуют	7,27
0,1	Чистый, кисломолочный, посторонние привкусы и запахи отсутствуют	7,85

Эти испытания позволили определить наиболее рациональную долю замены молока сухой сывороткой – 20%.

Для того, чтобы изготовить сухую сыворотку нужны большие энергозатраты и наличие достаточно сложных машин и аппаратов. Если при производстве кисломолочных напитков заменить часть молока пастеризованной сывороткой, себестоимость продукции можно снизить. Пастеризованную сыворотку удобно применять еще и потому, что кисломолочные напитки часто изготавливают на тех же предприятиях, где производят творог [16,17,18,79].

Кисломолочные напитки, в которых часть молока заменена пастеризованной творожной сывороткой имеют предельное напряжение сдвига, пониженное в сравнении с контрольными образцами. Этот факт объясняется следующим образом. Рост доли сыворотки, заменяющей молоко, приводит к уменьшению количества казеина, благодаря которому продукт образует гель. Дополнительным фактором является то, что при уменьшении доли казеина по отношению к сывороточным белкам происходит снижение количества растворимого сывороточного белка, адсорбированного на поверхности казеиновых мицелл, что затрудняет их коалесценцию и уменьшает вероятность образования сетки геля [77,79,80].

Поскольку кальций во многом определяет образование и свойства молочнокислого сгустка [Тепел А. Химия и физика молока], то его недостаток в сыворотке, подвергшейся флотации имеет результатом снижение прочности геля, что и показывают данные измерения предельного напряжения сдвига кисломолочных напитков с добавлением сыворотки, подвергшейся флотации и без таковой (рис.4.4).

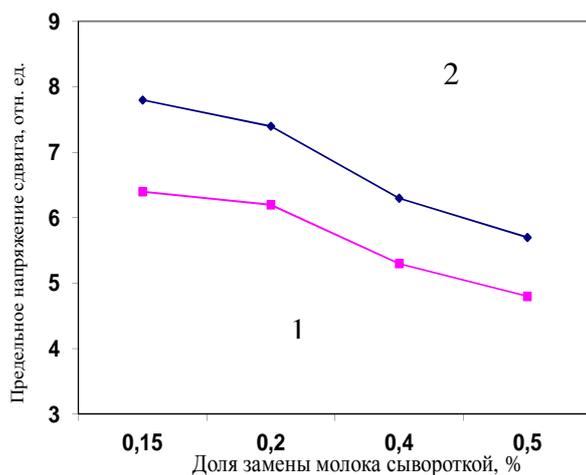


Рисунок 4.4 – Пределное напряжение сдвига кисломолочных напитков в зависимости от доли молока замененного сывороткой с использованием желатина (1- флотированная, 2- нефлотированная сыворотка)

Поскольку концентрация казеина при увеличении доли молока заменяемого сывороткой уменьшается, то основным структурным элементом сетки геля становится желатин. Структурно-механические характеристики геля, образованного желатином, также зависят от концентрации кальция, поэтому с увеличением доли замены молока сывороткой сохраняется различие между величинами предельного напряжения сдвига напитков с добавлением нефлотированной и флотированной сыворотки. Еще один фактор, влияющий на прочность геля – активная кислотность среды, которая при добавлении флотированной сыворотки увеличивается (рН снижается от 6,1 до 5,1-5,5). Однако в диапазоне рН 5,1 – 5,5 находится и изоэлектрическая точка желатина. Уменьшение кулоновского отталкивания между частицами желатина облегчает формирование геля. Добавление сыворотки, обработанной электрофлотацией, наоборот удаляет водородный показатель от изоэлектрической точки в щелочную область, а это приводит к уменьшению предельного напряжения сдвига. Вышеописанные исследования показывают, что нефлотированную сыворотку наиболее целесообразно применять в производстве структурированных кисломолочных напитков с добавлением желатина, а

сыворотку, прошедшую электрофлотационную обработку – для изготовления кисломолочных напитков с разрушенным сгустком.

В таблице 4.3 представлены органолептические характеристики кисломолочных напитков с добавлением различного количества нефлотированной и флотированной сыворотки. Напитки с заменой 50% молочного сырья сывороткой, не прошедшей электрофлотационную обработку, имеют горьковато-кислый привкус, что может быть связано с определенным количеством солей Са и Mg, которые содержатся во флотированной сыворотке в значительно меньших количествах.

Таблица 4.3 – Органолептика кисломолочного напитка с добавлением сыворотки

Доля замены молока сывороткой	Вкусовые характеристики	
	Нефлотированная сыворотка	Флотированная сыворотка
10%	Кисломолочный, посторонние запахи и привкусы отсутствуют	
20%	Кисломолочный, посторонние запахи и привкусы отсутствуют	
30%	Кисломолочный, посторонние запахи и привкусы отсутствуют	
40%	Привкус легкой горьковатости, вкус кисломолочный	Привкус легкой солоноватости, вкус кисломолочный
50%	Привкус горьковато-кислый, вкус кисломолочный	Привкус солоноватый, вкус кисломолочный

Пектин все чаще используется в качестве добавки к пищевым продуктам, так как он улучшает моторику желудочно-кишечного тракта, снижает уровень холестерина, выводит радионуклиды и тяжелые металлы из организма человека. Пектин при добавлении в кисломолочные напитки формирует смешанный гель с казеином, что увеличивает вязкость напитков. Молочная кислота способствует упрочнению пектинового геля. Пектин и желатин, добавленные в различных соотношениях в кисломолочный напиток, меняют предельное напряжение сдвига, то есть прочность геля. Однако не изменяют характеристики вкуса и запаха (рис. 4.5 и 4.6).

Как видно из рисунков, различия предельного напряжения сдвига напитков с добавкой сыворотки, прошедшей электрофлотацию и нефлотированной сыворотки снижается с ростом доли замены молока сывороткой. Этот факт

объясняется, по всей вероятности, влиянием кальция на разделение фаз в белковых растворах с добавкой пектина [96].

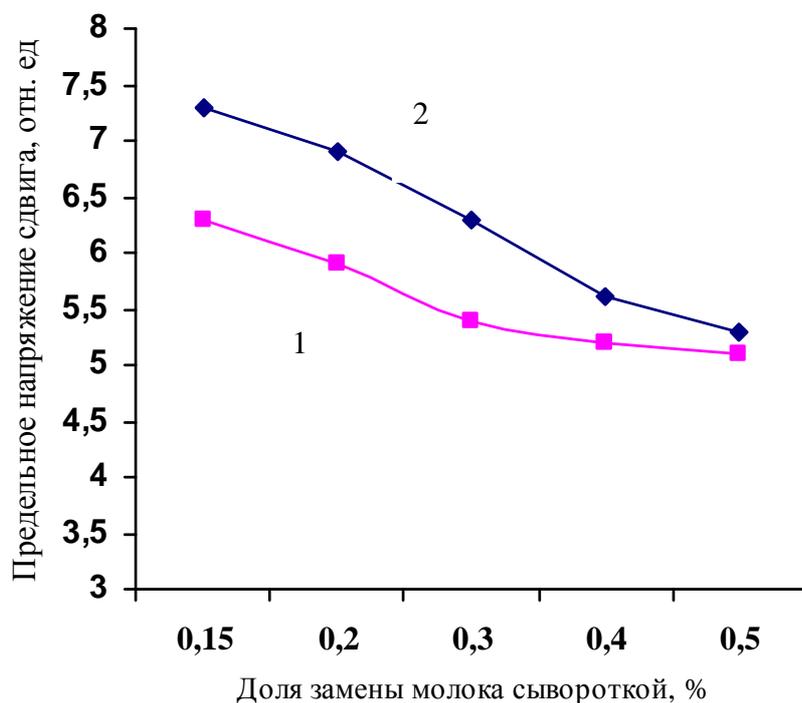


Рисунок 4.5 – Зависимость предельного напряжения сдвига от доли замены молока сывороткой в кисломолочных напитках с введением в рецептуру пектина и желатина в соотношении 1:2 (1 – сыворотка прошедшая электрофлотационную обработку, 2 – сыворотка нефлотированная)

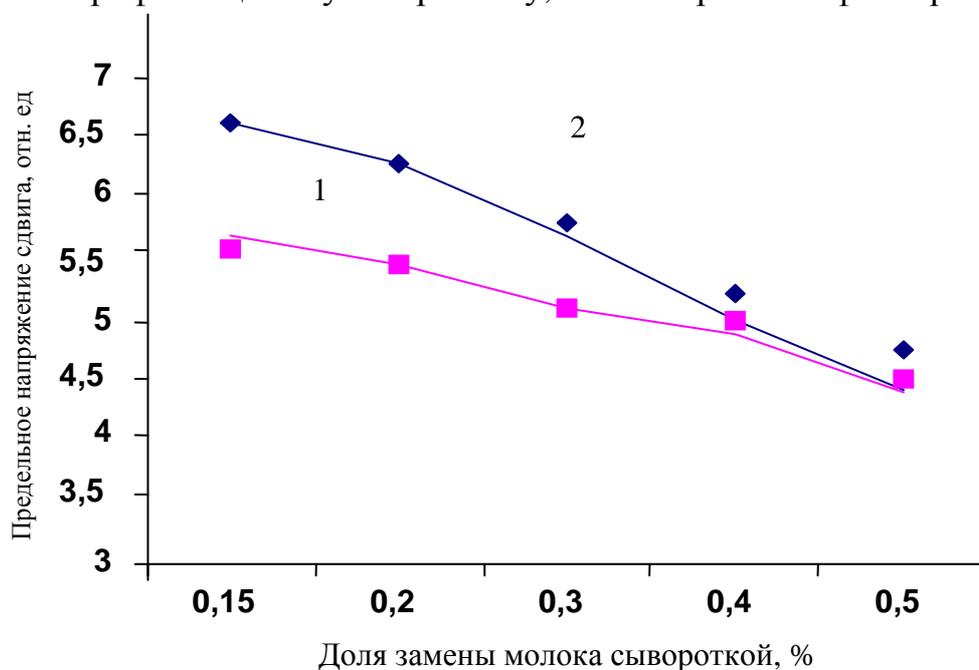


Рисунок 4.6 – Зависимость предельного напряжения сдвига от доли замены молока сывороткой в кисломолочных напитках с введением в рецептуру пектина и желатина в соотношении 1:1 (1 – сыворотка прошедшая электрофлотационную обработку, 2 – сыворотка нефлотированная)

Флотированная сыворотка, добавленная в молоко при изготовлении кисломолочных напитков может повысить рН молока. Это дает возможность применить при производстве кисломолочных напитков молоко с меньшим значением водородного показателя, чем у обычно применяемого сырья. Для того, чтобы снизить кислотность молока, применялась сыворотка, прошедшая обработку электрофлотацией с рН 10,5. Проведенные исследования показали что можно снизить кислотность молока на 1-2°Т, заменяя 30% молока флотированной сывороткой.

Кисломолочный напиток, полученный при использовании такого сырья имел нормальную величину предельного напряжения сдвига и приятный кисломолочный вкус. Применение флотированной сыворотки при добавке к молоку с кислотностью больше чем 22 °Т, приводит к нарушению образования однородного сгустка, при этом образовывались агрегаты белка виде хлопьев.

Замена части молока пастеризованной сывороткой при изготовлении кисломолочных напитков несколько снижает содержание белка, повысить которое можно, вводя в состав напитка белковые добавки. В настоящей работе содержание белка, а также биологическая ценность напитка увеличивалась путем добавления сухого порошка перепелиных яиц. Несмотря на возможность взаимодействия яичного альбумина и сывороточного белка [103] такое добавление практически не влияет на предельное напряжение сдвига напитков, но если содержание порошка будет слишком большим, может ухудшиться вкус продукта. Поэтому наиболее рациональная добавка порошка перепелиных яиц – 1% от массы готового продукта. Расчеты показывают, что при замене 20% молока пастеризованной флотированной сывороткой, концентрация белка в готовом продукте будет равна 3,2%.

Таким образом, применение порошка перепелиных яиц и пектина при изготовлении кисломолочного напитка увеличивает их питательную ценность. Существенного повышения себестоимости продукта при этом удастся избежать, заменив часть молока сухой подсырной или пастеризованной творожной сывороткой.

4.3 Кисломолочные напитки с добавлением суспензии пищевых волокон в флотированной творожной сыворотке

Как было показано в главе 3, кисломолочные напитки с добавлением флотированной сыворотки, даже в присутствии загустителей, таких как желатин и пектин не обеспечивают необходимой механической прочности сгустка и могут использоваться только в качестве кисломолочных питьевых напитков. Увеличение дозировки желатина и пектина ведет к повышению себестоимости и придает кисломолочному напитку несвойственную ему «стеклообразную» консистенцию.

Кроме того, желатин, выступающий как основная добавка для повышения прочности, не обладает в достаточной степени функциями сорбента шлаковых веществ в кишечнике человека.

Поэтому имеет смысл поиск других структурообразующих компонентов, в частности, пищевых волокон. Так как суспензия пищевых волокон на флотированной сыворотке обладает твердообразными свойствами (глава 3), ее можно применить для замены части молока в кисломолочных напитках.

4.3.1 Физические свойства кисломолочных напитков с заменой части молочного сырья суспензией пищевых волокон в флотированной сыворотке

Как показали испытания предельное напряжение сдвига и водосвязывающая способность равны или выше, чем у кисломолочных напитков из цельного молока (рисунки 4.7 и 4.8).

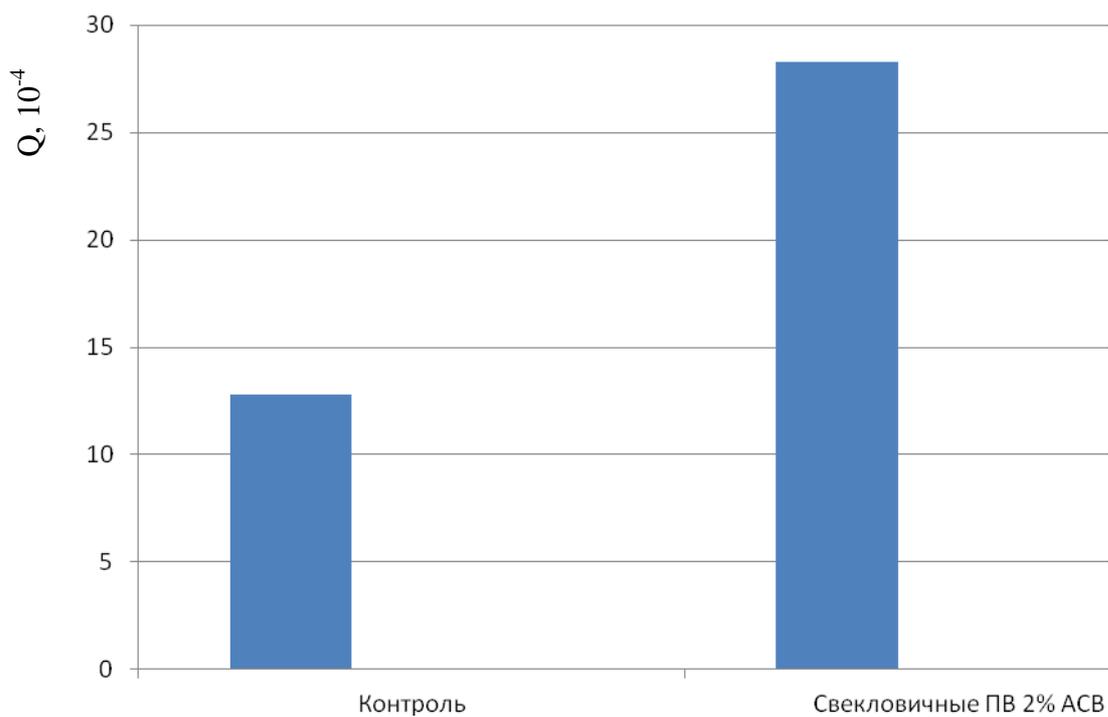


Рисунок 4.7– Изменение предельного напряжения кисломолочного сгустка с применением и без суспензии пищевых волокон

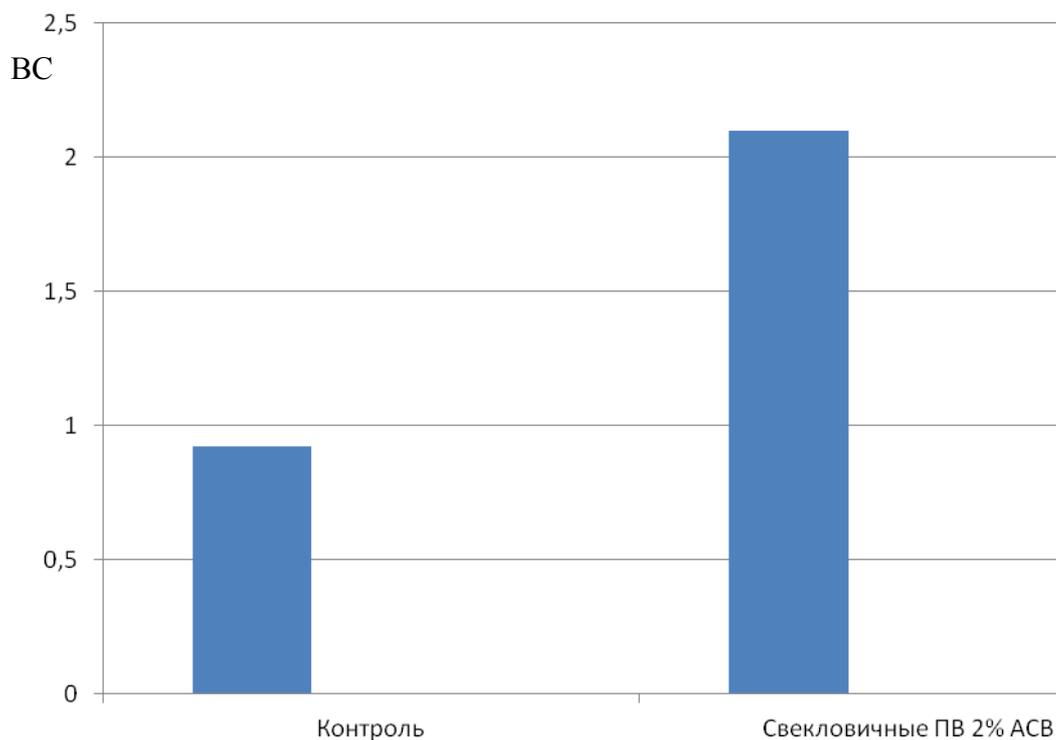


Рисунок 4.8 – Изменение влагосвязывающей способности кисломолочного сгустка с применением и без суспензии пищевых волокон

С целью определения оптимальной дозы суспензии, добавляемой в нормализованную смесь, был проведен следующий опыт. Группа экспертов органолептически оценивала консистенцию ряда промышленно выработанных напитков и одновременно определяли предельное напряжение сдвига сгустков как основную характеристику консистенции. Результаты отражены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Соответствие органолептической оценки консистенции и предельного напряжения сдвига, для некоторых промышленно выпускаемых йогуртов

Образец йогурта	Органолептическая оценка консистенции	Предельное напряжение сдвига образца	Оценка баллы
ТМ «Bio-Max» 3,1%	однородная, сравнительно плотная	0,0151	4
ТМ «Активиа» 3,5%	плотная, однородная	0,0160	5
ТМ «Bio Баланс» 2,8%, мюсли	сравнительно плотная	0,0146	4
ТМ «Оптималь» 2,0%, злаки	слабовязкая, с нарушенным сгустком	0,0130	3
ТМ «Активиа» 2,9%, отруби и злаки	сравнительно плотная	0,0145	4
ТМ «Био-Йогурт» 2,5%, отруби и злаки	слабовязкая	0,0137	3
ТМ Fruttis легкий	вязкая	0,0175	5
ТМ Нежный м.д.ж. 1,2%	вязкая	0,0178	5

По результатам органолептической оценки высшие баллы получили йогурты «Активиа», Fruttis легкий, Нежный, характеризующиеся максимальными значениями предельного напряжения сдвига. Затем была изучена зависимость предельного напряжения сдвига кисломолочных напитков от концентрации пищевых волокон при внесении суспензии. Для получения зависимости, добавляли в смесь перед заквашиванием взамен определенной части молока, двухпроцентную суспензию растительных волокон на

флотированной сыворотке так, чтобы полученный кисломолочный напиток содержал необходимую концентрацию пищевых волокон.

Исходя из этой зависимости и учитывая результаты органолептических испытаний, а также тот факт, что слишком малая концентрация пищевых волокон не даст нужного оздоровительного эффекта, выбрана оптимальная концентрация пищевых волокон при заданных условиях изготовления кисломолочного напитка и суспензии.

Она оказалась равной 1% от массы готового продукта.

Для выяснения вопроса о структурообразующем действии пищевых волокон в кисломолочных напитках проводили сравнение зависимостей прочности суспензии на флотированной сыворотке и напитка с применением пищевых волокон от их массовой доли в нормализованной смеси. Зависимость предельного напряжения сдвига сгустка от концентрации волокон имеет вид ломаной прямой (рисунок 4.9).

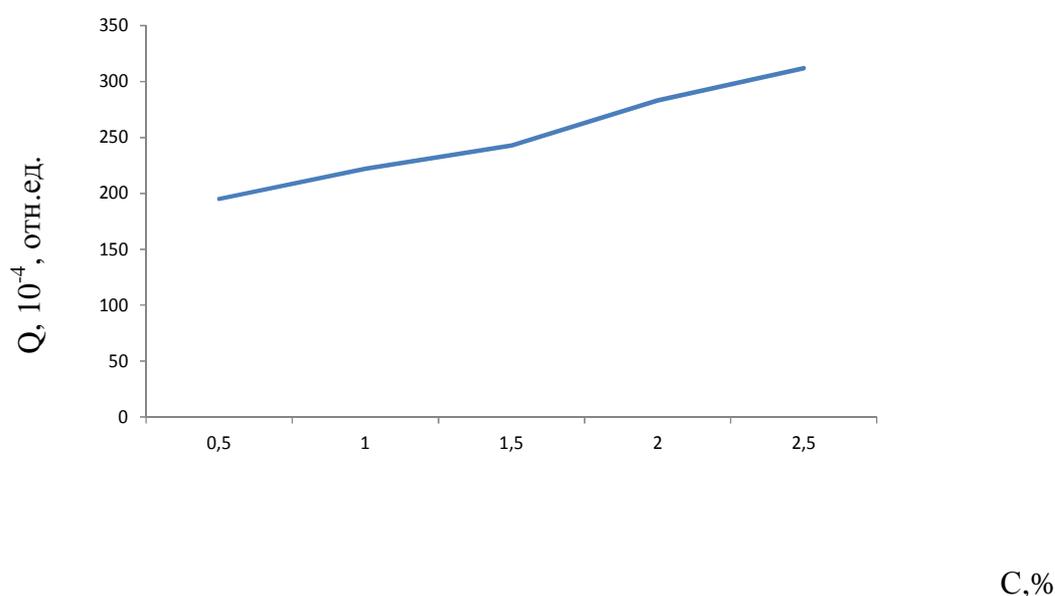


Рисунок 4.9 – Изменение предельного напряжения сдвига сгустка с применением суспензии пищевых волокон, от их концентрации

Этот график резко отличается от зависимости прочности суспензии волокон на сыворотке от концентрации. Если бы основным структурообразователем в кисломолочных напитках с применением пищевых волокон были бы сами волокна, наблюдался бы экспоненциальный рост прочности от концентрации,

как и на рис. 3.9 . Это дает основание предполагать, что формируется некий смешанный гель, поэтому увеличение концентрации волокон на фоне белков молока ведет только к относительно слабому росту предельного напряжения сдвига, причем зависимость прочности от концентрации волокон имеет вид ломаной прямой. Отметим, что и в этом случае исследуемую смесь нельзя представить как вязкую жидкость, так как имеется четко выраженная величина предельного напряжения сдвига в данной системе.

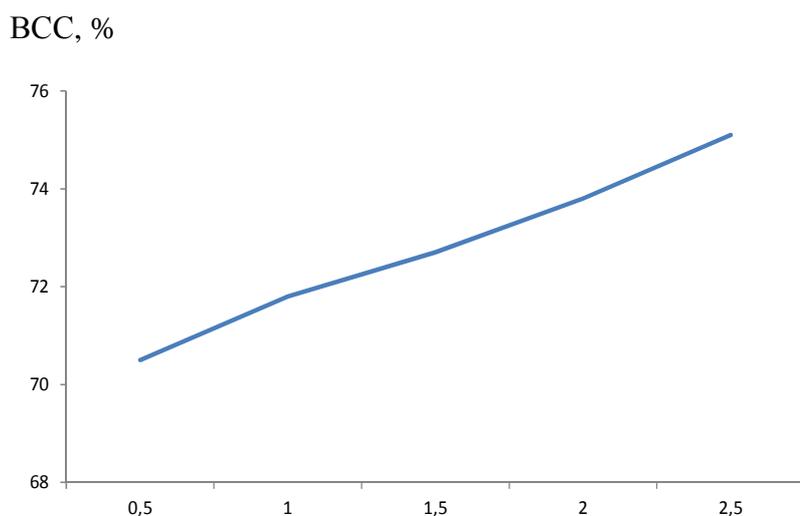


Рисунок 4.10 – Изменение влагосвязывающей способности сгустка с применением суспензии пищевых волокон, от их массовой доли

Влагосвязывающая способность (ВСС) кисломолочных напитков растет с увеличением содержания массовой доли волокон рисунок 4.10. Однако у кисломолочных напитков с добавлением пищевых волокон она значительно выше, чем у суспензии волокон, и кроме того, превышает влагосвязывающую способность кисломолочных сгустков без добавления волокон. Перечисленные факты можно объяснить следующим образом.

Представим кисломолочный напиток как совокупность агломератов белка, находящихся в водной фазе (точнее, в водном растворе солей и лактозы). Агломераты связывают в своих порах и пустотах часть воды из водной фазы, т. е. происходит своеобразное «набухание» белковых агломератов.

С добавлением суспензии пищевых волокон происходит встраивание растворимых пектиновых веществ в белковые агломераты. Макромолекулы пектиновых веществ более гидрофильны, по сравнению с казеиновыми молекулами, значительную часть поверхности которых занимают гидрофобные группы. Поэтому полученная в результате сетка геля и соответственно пектин – белковые агломераты будут более гидрофильны и лучше впитывать воду по сравнению с казеиновыми. Соответственно, повышается влагосвязывающая способность, которая растет с увеличением содержания пектина в смеси. В то же время в суспензии растворимые пектиновые вещества из-за слабой связи между пектиновыми молекулами не могут образовать устойчивый гель, поэтому влагосвязывающая способность суспензии ограничена. Роль пектиновых веществ, встраивающихся в казеиновые агломераты, могут выполнять и микрочастицы протопектина и гемицеллюлозы, образующихся при гомогенизации суспензии (глава 1). Эти микрочастицы также гидрофильны.

Световая микроскопия кисломолочных напитков показала, что их микроструктура гетерогенная рисунок 4.11 – 4.14. Затемненные участки могут быть связаны с белковыми агломератами (1), более светлые – с областями, занятыми дисперсионной средой (2). На рисунке так же обозначены осколки не разрушенных клеточных стенок (3), белковые агломераты в оболочке из разрушенных участков клеточной стенки (4).

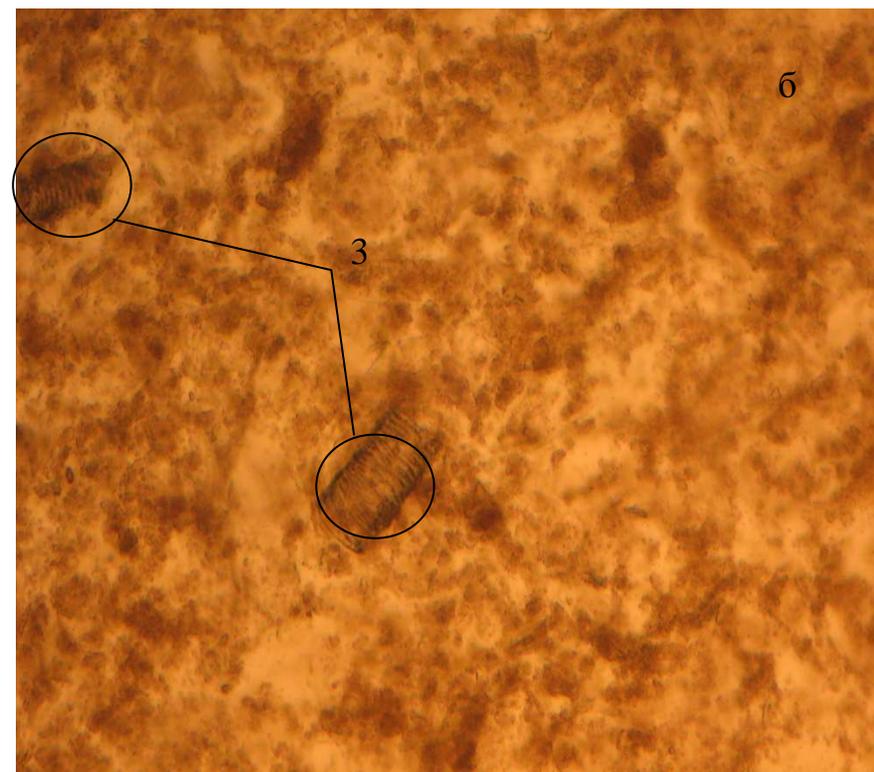
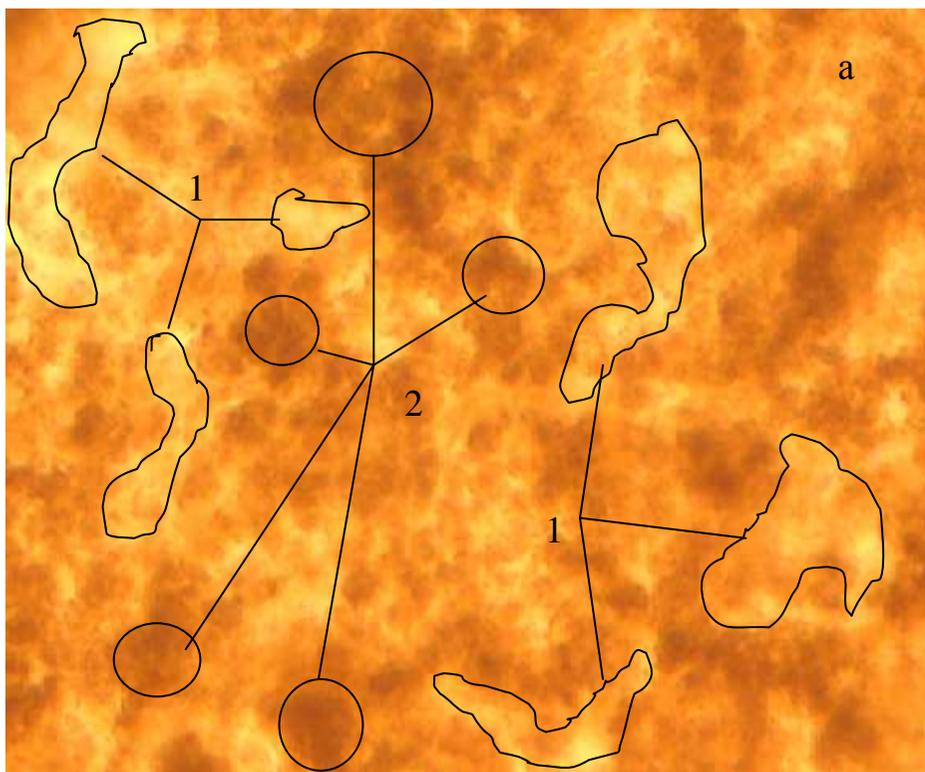
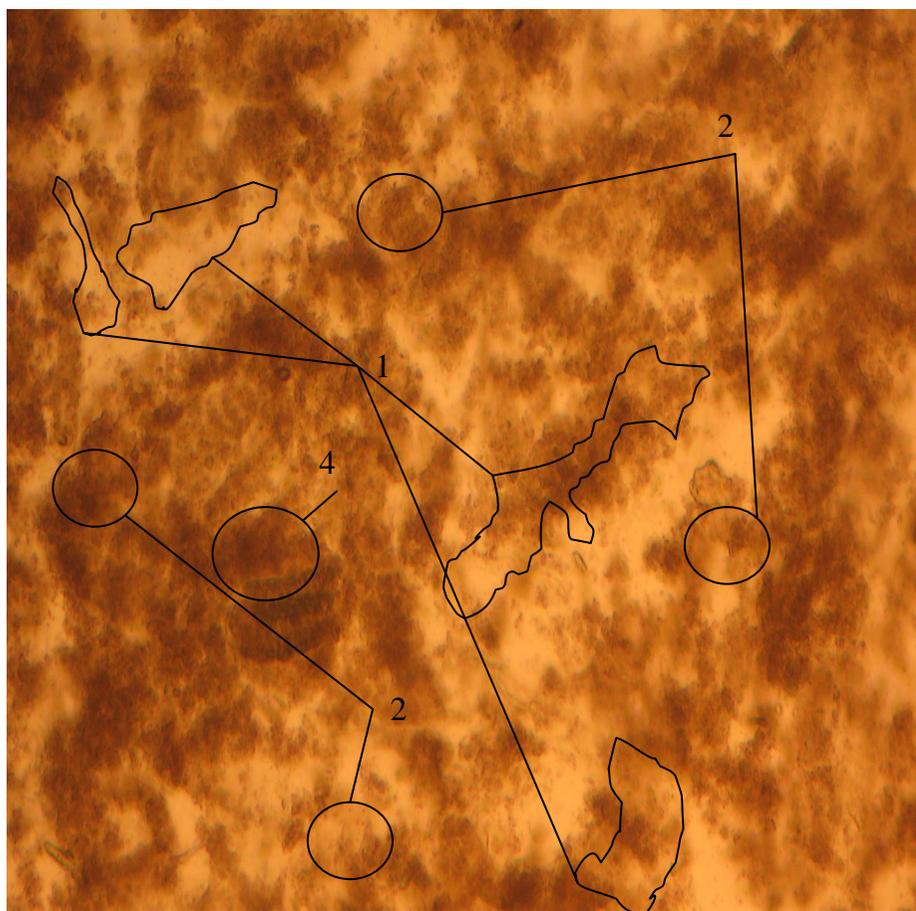
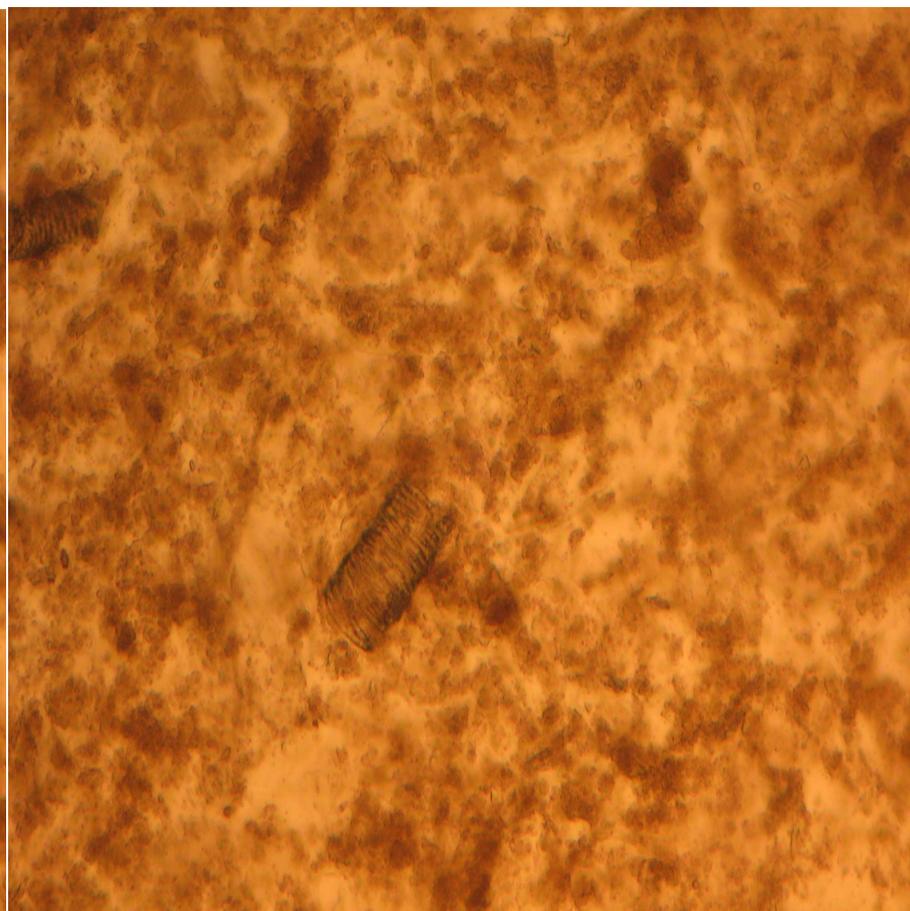


Рисунок 4.11 – Микроструктура кисломолочного напитка с использованием в качестве стабилизационной системы крахмал – желатин (а) и микроструктура кисломолочного напитка при использовании молочнокислых микроорганизмов «АiVi» серии Lbs 22.11R 2 с массовой долей пищевых волокон 2% от массы продукта (б)

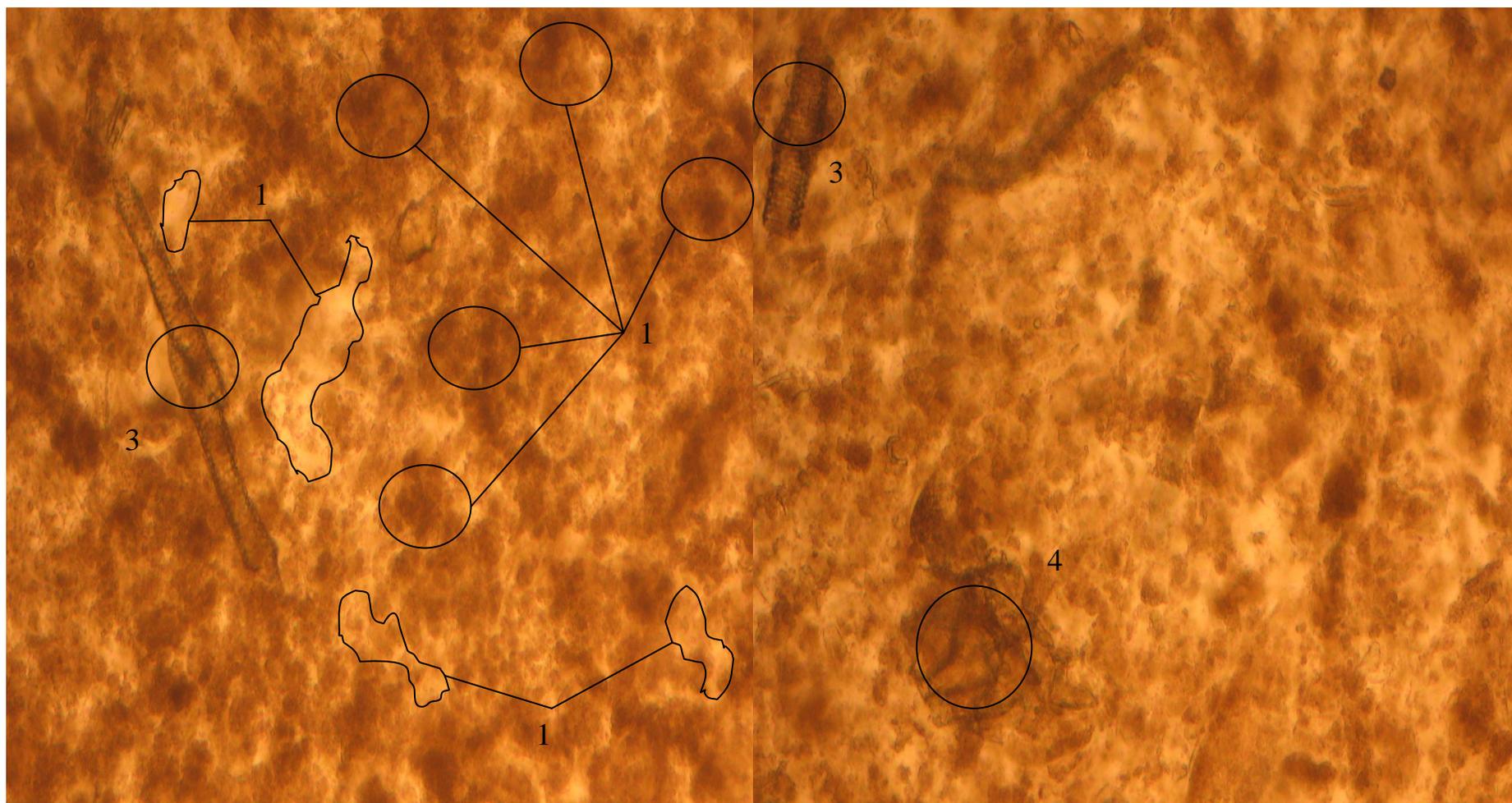


Содержание пищевых волокон 1% по АСВ (а)



Содержание пищевых волокон 2% по АСВ (б)

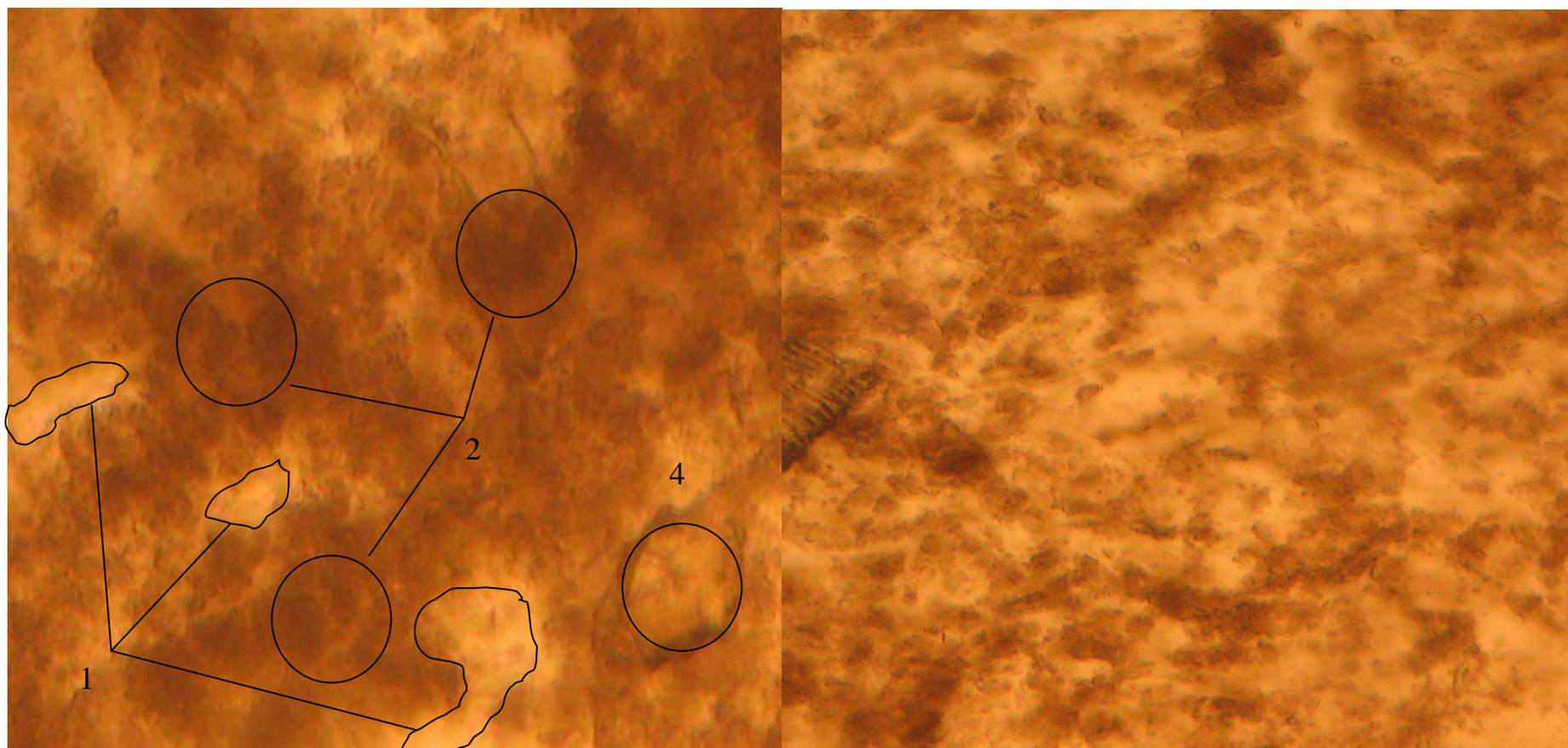
Рисунок 4.12 – Микроструктура кисломолочного напитка при использовании молочнокислых микроорганизмов «АiVi» серии Lbs 22.11R 2



Содержание пищевых волокон 1% по АСВ (а)

Содержание пищевых волокон 2% по АСВ (б)

Рисунок 4.13 Микроструктура кисломолочного напитка при использовании молочнокислых микроорганизмов «Lactoferm» серия УО 441



Содержание пищевых волокон 1% по АСВ (а)

Содержание пищевых волокон 2% по АСВ (б)

Рисунок 4.14 – Микроструктура кисломолочного напитка при использовании молочнокислых микроорганизмов «DANISCO» серии YO MIX 401

Использование пищевых волокон, взамен части сухих веществ молока приводит к увеличению площади затемненных участков на микрофотографиях (рис. 4.11). Кроме того, на изображениях микроструктуры кисломолочных напитков с добавлением волокон проявляются некоторые фрагменты, характерные для микроструктуры суспензии волокон в флотированной сыворотке.

В частности появляются крупные фрагменты не разрушенных волокон, а так же мелкие участки волокон, подвергшихся разрушению. Последние кооперируются в агрегаты, тяготеющие к крупным белковым конгломератам.

Таким образом, на основании изучения микроструктуры можно сделать вывод, что в результате добавления пищевых волокон вместо белковых образований формируются более крупные единицы дисперсной фазы кисломолочных сгустков, включающие как частицы белка, так и частицы разрушенных пищевых волокон в ходе гомогенизации волокон.

Следовательно рост прочности кисломолочных сгустков с заменой части молока суспензией пищевых волокон по сравнению с цельномолочными кисломолочными напитками связан с уменьшением объема крупных участков дисперсионной среды между участками, занятыми белково – пектиновыми образованиями. Именно по этим участкам дисперсионной среды происходит разрушение структуры кисломолочных сгустков при механических нагрузках.

Сравнение микроструктуры кисломолочных сгустков, изготовленных с использованием заквасок «AiVi» серии Lbs 22.11.R 2, «Lactoferm» серии YO-401, «DANISKO» серии YO MIX 401 показало, что полученные с применением последней закваски образцы имеют наименьшие по площади участки, занятые дисперсионной средой (рис.4.12-4.14).

В работе [33] было показано, что некоторые молочнокислые бактерии, в том числе болгарская палочка и термофильные стрептококки производят экзополисахариды, либо прикрепленные к клеточной стенке, либо выделяемые в окружающую среду.

Экзополисахариды улучшают структуру и стабильность кисломолочных сгустков и играют важную роль в предотвращении синерезиса. Количество и состав экзополисахаридов, производимых молочнокислыми бактериями зависит от ряда факторов, таких как температура, начальное значение pH, источника углеводов для развития молочнокислых бактерий, наличие минералов, витаминов.

Но в первую очередь количество и состав экзополисахаридов определяется штаммом молочнокислых бактерий.

Наиболее быстрое нарастание активной кислотности обеспечивает внесение закваски Danisco YO MIX 40I . Эта закваска является закваской прямого внесения. Отличается от других заквасок тем, что формирует очень высокий уровень вязкости, благодаря чему подходит для производства густого готового продукта с кремообразной консистенцией. Повышенный уровень вязкости формируется благодаря наличию в составе закваски специальных штаммов молочнокислых бактерий, образующих экзополисахариды.

Таким образом, в процессе жизнедеятельности микроорганизмами закваски Danisco YO MIX 40I выделяют больше экзополисахаридов, которые благодаря водородным связям с молекулами белка встраиваются в структуру казеиновых агломератов. Последние при этом становятся более гидрофильными, поэтому уменьшается вероятность фазового разделения, выделение белка в крупные агломераты на фоне дисперсионной среды – водного раствора пектина, солей и лактозы. Участки дисперсионной среды при фазовом разделении становятся более крупными.

Так как по этим участкам идет разрушение структуры сгустков при механических воздействиях, то наибольшей прочностью должен обладать продукт с наименьшим объемом таких участков.

Измерение предельного напряжения сдвига кисломолочного напитка изготовленных с применением заквасок Danisco YO MIX 40I , Lactoferm, AIVI, подтвердили это предположение. Наибольшей механической

прочностью обладают кисломолочные напитки, полученные с применением заквасок Danisco YO MIX 40I. рисунок 4.15.

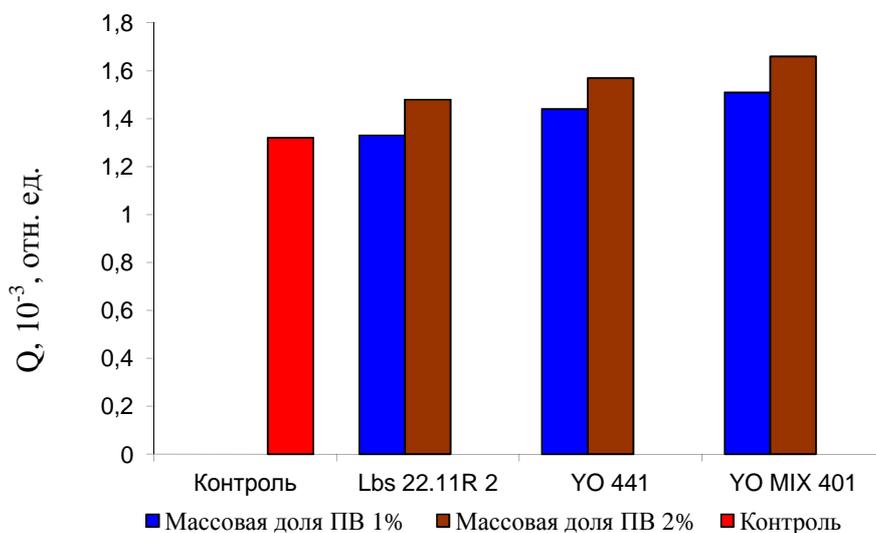


Рисунок 4.15 – Изменение предельного напряжения сдвига (Q) кисломолочного сгустка с применением пищевых волокон

На рисунке 4.16 и 4.17 показана зависимость координаты погружающегося индентора от времени для кисломолочных напитков с замещением части молока пищевыми волокнами и без замещения.

Оба график имеют резкий спад координаты, соответствующий быстрому погружению и, затем, начиная с некоторой координаты X, резкому замедлению движения индентора с нелинейной зависимостью координаты от времени. Для кисломолочного напитка с добавкой пищевых волокон эта кривая переходит в горизонтальную линию (практическая остановка индентора), а для напитка без добавок спад координаты от времени продолжается.

Обращает на себя внимание сходство кривых погружения, на участках АВ с соответствующими участками с зависимостью деформации гелей от времени, снятых на приборе Ребиндера – Вейлера [С.А. Вейлер, П.А.

Ребиндер Докл. АН СССР, 1945, №49, с.5] с движущейся пластинкой, приводимой в движение постоянной нагрузкой.

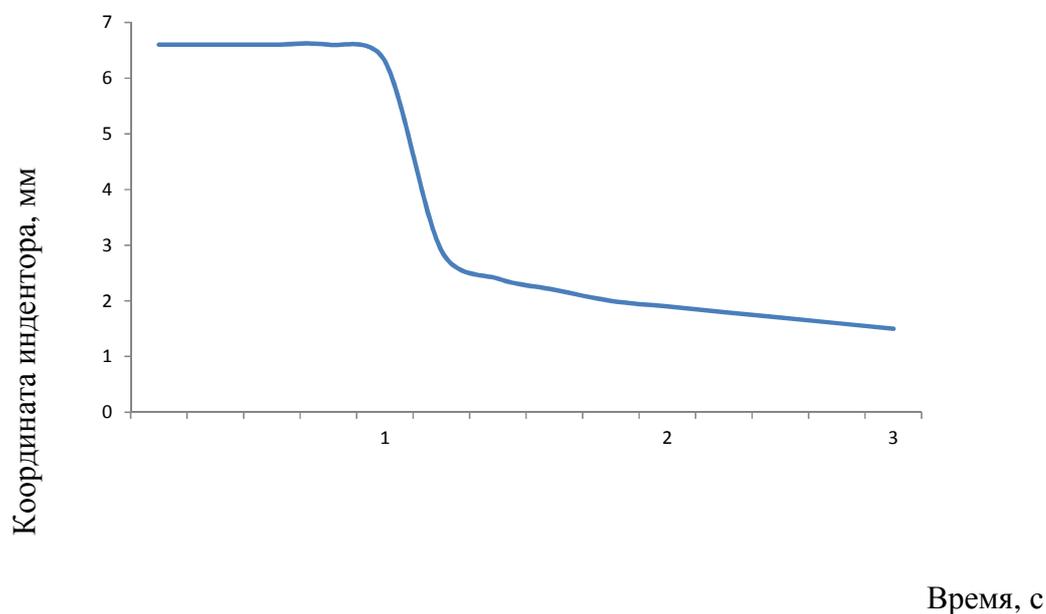


Рисунок 4.16 – Предельное напряжение сдвига кисломолочного напитка без применения пищевых волокон

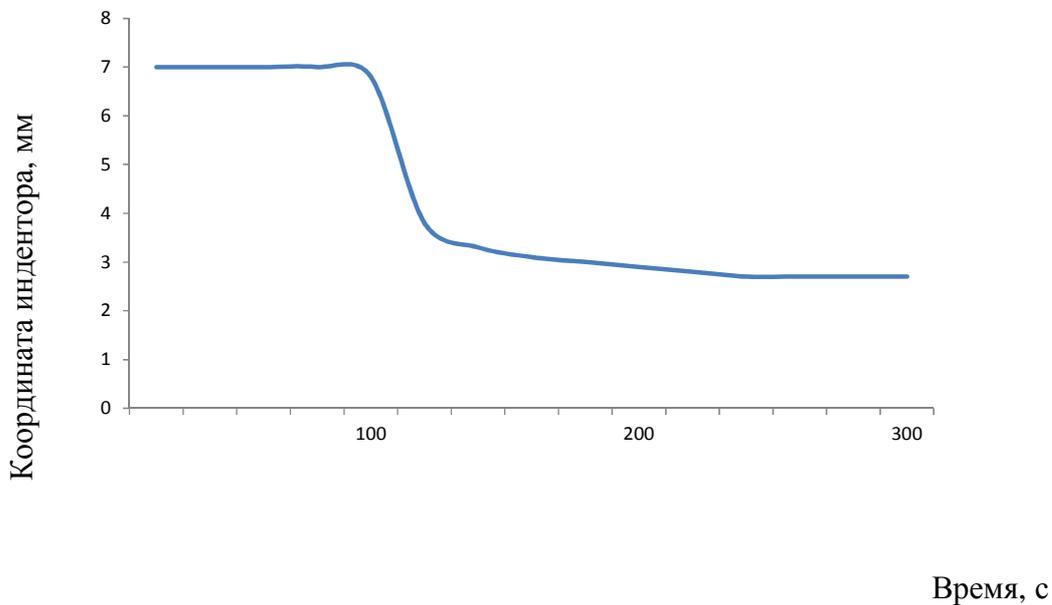


Рисунок 4.17 – Изменение предельного напряжения сдвига кисломолочного напитка с применением свекловичных пищевых волокон

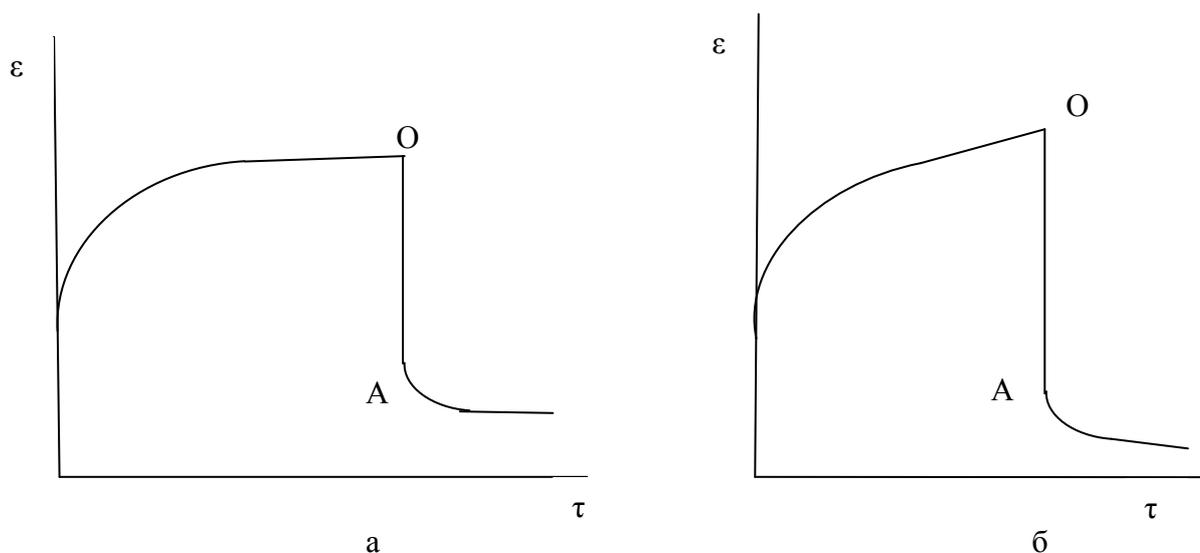


Рисунок 4.18 – Типичные зависимости деформации от времени, снимаемые на приборе Ребиндера-Вейлера (а – приложенное механическое напряжение меньше предела текучести, б- напряжение меньше предела текучести).

В данном случае рисунок 4.18 деформация идет при некотором постоянном значении механического напряжения $P=P$, которое убирают в момент времени t , ($P=0$ при $t>t_1$). Чтобы получить кривые а и б напряжение сдвига P подбирают близким к предельному напряжению сдвига. В этом случае исследуемая механическая система находится в области так называемого упругого последействия.

Физически упругое последействие отвечает повороту частиц вокруг узлов контакта и перемещением этих узлов по поверхности одной из частиц в направлении сдвига. Такие кривые были получены, в частности на гелях казеина.

Можно предположить, что на участке ОА, когда индентор быстро идет вниз, быстрое перемещение частиц исследуемой среды друг относительно друга не дает им образовать устойчивые контакты. С погружением индентора увеличивается площадь погруженной части, соответственно снижается механическое напряжение P . При уменьшении P до величины, немного меньшей предельного напряжения сдвига скорость немного снижается и

частицы успевают завязать контакты. Это увеличивает сопротивление движению, скорость еще более снижается, еще больше контактов завязывается и т. д. Благодаря этому лавинному процессу индентор долее движется уже в среде, контакты между частицами которой соответствуют контактам до начала его движения. В то же время напряжение P изменяется мало и близко к $P_{пр}$. Это отвечает условиям эксперимента Ребиндера – Вейлера на участке АВ.

По результатам эксперимента Ребиндера – Вейлера может быть рассчитан ряд характеристик, в том числе вязкость упругого последействия $\dot{\eta}_2$, период упругого последействия Q_2 и модуль медленной эластической деформации E_2 , а также релаксационная вязкость $\dot{\eta}_p$ [Измайлова В.Н. Структурообразование в белковых системах].

Вязкость упругого последействия $\dot{\eta}_2$ по наибольшей начальной скорости развития деформации с учетом наименьшей скорости деформации, соответствующей течению:

$$\dot{\eta}_2 = \frac{P}{\left(\frac{d\varepsilon}{dt}\right)_{max} - \left(\frac{d\varepsilon}{dt}\right)_{min}} \quad (4.1)$$

Период упругого последействия θ_2 определяется отрезком, отсеченным начальной касательной на асимптоте $\varepsilon = \varepsilon_n$ при $P < P_n$.

Модуль медленной эластичной деформации E_2 определяет упругие свойства тел при эластичной деформации упругого последействия.

$$E_2 = \frac{\dot{\eta}_2}{\theta_2} \quad (4.2)$$

Релаксационная вязкость $\dot{\eta}_p$ вычисляется в условиях стационарного потока по наклону конечного линейного участка кривой ε_τ :

$$\dot{\eta}_p = \frac{P - P_n}{\left(\frac{d\varepsilon}{d\tau}\right)_{ост}} \quad (4.3)$$

где P_n – предел упругости.

Структурно-механические параметры, определенные в области упругого последействия представляют особую ценность, так как в этой области осуществляются межмолекулярные контакты, поэтому на основании

реологических измерений можно делать выводы о физических взаимодействиях между частицами в системе.

Так как условия движения пластинки Ребиндера – Веблера и индентора в разработанной нами установки идентичны и кривые деформации на соответствующих участках сходны, то для исследуемых нами объектов так же могут быть определены вязкость упругого последействия, период упругого последействия и модуль медленной эластической деформации.

Таблица 4.5– Параметры упругого последействия в кисломолочных напитках с добавкой суспензии пищевых волокон в флотированной сыворотке

Образец	η , Па·с	η_p , Па·с	θ_2 , с	E_2 , Па
Опытный	210	-	0.625	336
Контрольный	89	1020	0.25	356

Из таблицы видно, вязкость упругого последействия в кисломолочных сгустках с замещением части молока пищевыми волокнами (опытный образец) выше примерно в два с половиной раза чем в сгустках без замещения (контроль). В [Измайлова В.Н. Структурообразование в белковых системах] показано, что в дисперсных системах вязкость упругого последействия может быть связана с перетеканием дисперсионной среды в ходе взаимного перемещения частиц.

По изменению вязкости упругого последействия после внесения волокон в кисломолочный напиток можно судить о наличии растворимого пектина в дисперсионной среде напитка. Действительно, вязкость 0,5-1,0 % растворов пектинов выше вязкости воды в двадцать и более раз. Если учесть, что согласно микроструктурным исследованиям, объем частиц белковых агломератов значительно увеличивается с введением волокон, то характерная ширина зазоров между ними должна значительно уменьшиться и следовательно скорость перетекания дисперсионной среды, будет также уменьшаться. Поэтому только из-за изменения величины зазоров период

упругого последствия, а значит и вязкость упругого последствия должны значительно увеличиться. Если при этом в дисперсионной среде был растворен пектин, то вязкость увеличилась бы не в 2-3 раза, как в эксперименте, а значительно больше. В связи с этим можно сделать вывод, что в дисперсионной среде пектина нет и практически весь пектин связан с белком в белковых агломератах. Данный вывод подтверждается и малой величиной возрастания предельного напряжения сдвига кисломолочных напитков с добавлением пектина (рис. 4.6). В этих напитках нет такого фактора, как увеличение объема волокон с введением добавки взамен части сухих веществ молока, а пектин, вероятно, так же ассоциирует с белками.

Как следует из таблицы, кисломолочный напиток без добавления волокон имеет вполне определенное значение релаксационной вязкости, в то время как в напитках с добавлением волокон релаксационная вязкость имеет такое большое значение, что ее невозможно определить в рамках погрешности эксперимента. Другими словами кисломолочный напиток без добавок проявляет типичное свойство коагуляционных систем – вязкое течение даже при самых малых напряжениях. Использование пищевых волокон предотвращает течение кисломолочного напитка при малых механических напряжениях.

Данный экспериментальный факт можно объяснить следующим образом. Как следует из исследований микроструктуры, казеиновые частицы в кисломолочных сгустках без добавления волокон имеют вполне гладкие очертания. В кисломолочных сгустках с добавлением пищевых волокон имеются структуры, представляющие собой сочетание белков и волокон с резко выступающими неровными краями неправильной формы. Развитая поверхность агломератов значительно увеличивает вероятность их сцепления между собой при столкновениях. Возможно взаимодействие через водородные связи и кальциевые мостики между полисахаридами и белками соседних агломератов. Поэтому резко увеличивается релаксационная вязкость, что приближает свойства кисломолочного сгустка к свойствам

вязкоупругих твердообразных систем, т. е. течение при приложении механического напряжения соответствующему величине близкой к предельному напряжению сдвига практически отсутствует.

В гомогенизированной суспензии пищевых волокон наличие растворимого пектина между частицами резко увеличивает вязкость дисперсионной среды, соответственно перетекание жидкости между частицами при напряжениях близких к предельному напряжению сдвига практически отсутствует. Поэтому суспензия реагирует в области упругого последствия как твердое тело, т.е. зависимость деформации от времени имеет вид ступеньки.

Отметим, что в таких средах, как йогурты, соусы, кетчупы, пищевые эмульсии, которые отчасти проявляют жидкообразные свойства, измерения параметров упругого последствия на приборе Ребиндера – Вейлера практически невозможны, и в то же время это можно сделать на разработанной в диссертации установке.

Из вышеприведенных результатов исследования физико-химических свойств кисломолочных напитков с добавлением суспензии на основе свекловичных волокон следует, что эти волокна могут быть рекомендованы как добавка, увеличивающая прочность и вязкость кисломолочного сгустка, повышающая влагосвязывающую способность, т.е. уменьшающая вероятность синерезиса (отделение сыворотки на поверхности продукта), улучшающая условия для функционирования молочнокислых микроорганизмов, что проявляется в уменьшении времени сквашивания на различных видах заквасочных культур.

Однако представляет интерес сравнение свойств кисломолочных напитков с добавлением свекловичных волокон и напитков с добавлением пищевых волокон из других видов сырья рисунок 4.19. Результаты исследования приведены на рисунок 4.19 и 4.20, характеристики пищевых волокон таблица 4.5.

Для такого сравнения изготавливали суспензию на основе флотированной сыворотки с добавлением пищевых волокон различных марок. Определяли предельное напряжение сдвига кисломолочных напитков и их влагосвязывающую способность.

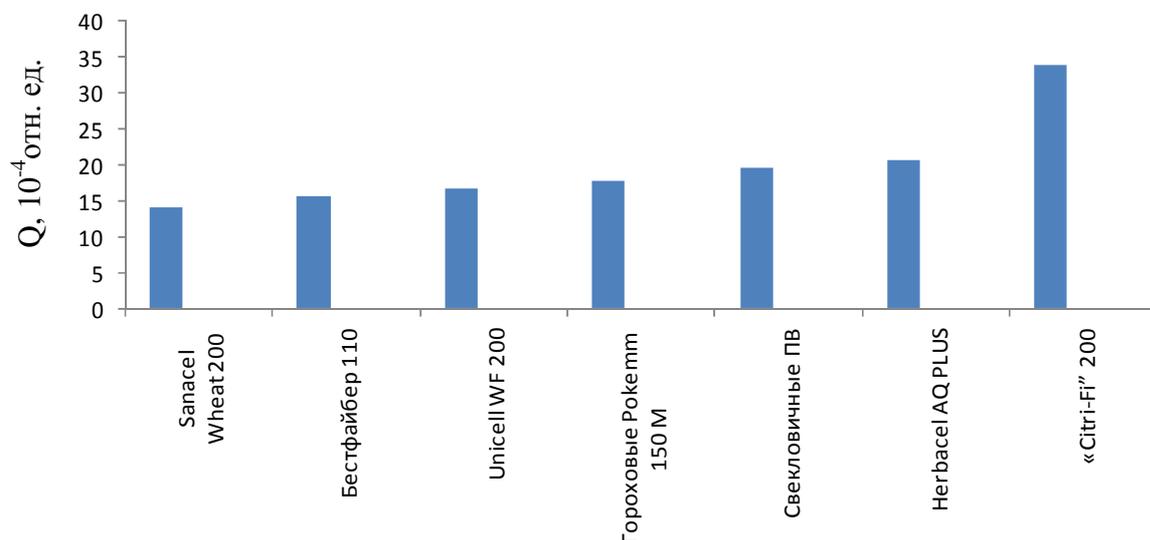


Рисунок 4.19 – Изменение предельного напряжения сдвига кисломолочного напитка, от вида вносимых пищевых

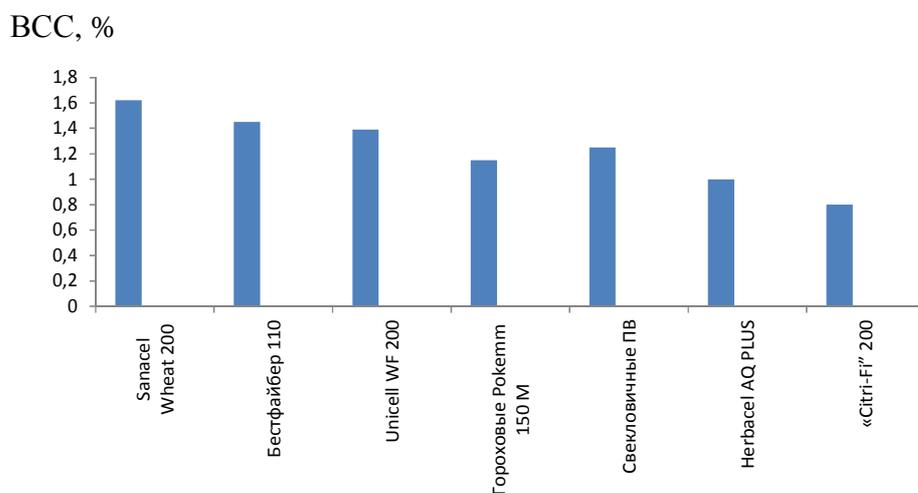


Рисунок 4.20 – Изменение влагосвязывающей способности кисломолочного напитка, от вида вносимых пищевых

Исходя из этих значений можно сделать вывод, что кисломолочные напитки с добавлением свекловичных пищевых волокон входят в первую тройку напитков по величине прочности кисломолочного сгустка, а так же имеют сравнительно высокую величину влагосвязывающей способности.

Таблица 4.5 – Физико-химические характеристики пищевых волокон

Наименование	Производитель	Состав	Доза рекомендуемая	Цвет	Содержание целлюлозы	Содержание пектина	Содержание белка	Содержание крахмала	Содержание сахара	Средн. длина частиц	pH	Влажность	Влагосодержание способн.	Поглащение масла
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Волокна пшеничные Sanacel Wheat 200	CFF, Германия	Целлюлоза	0,3-0,5 %	белый	~96,00%					~200 мкм	5,0-8,0	<7,5 %	~7,1 г/г с.в	~5 г/г с.в
Волокна пшеничные Unicell WF 200	Inter Filer Польша	Целлюлоза	0,5-0,75 %	белый	~96,0 %					~250 мкм	5,0-6,5	<8 %	7 г/г с.в	5 г/г с.в
Волокна гороховые Rokemm 150 M	Requette Франция	Волокно, крахмал, белок	~0,5-2,0 %	Белый с кремовым оттенком	до 50 %		до 10 %	до 35 %		~150 мкм	~6,0	<10 %	до 5 г/г с.в	до 5 г/г с.в
Волокна гороховые «Свилайт»	"Cosucra" Бельгия	Волокно, крахмал, белок	0,1-3,0 %	белый	до 50 %		до 7 %	до 36 %		<400 мкм		<10 %	~10 г/г с.в	до 5 г/г с.в
Волокна апельсиновые «Citri-Fi 100	"Fiberstar inc" США	Волокна апельсиновые (пектин:целлюлоза~1:1)	0,1-3,0 %	кремовый	>30 %	>30 %	8,15%		7,36%	~150-200 мкм	4,0-5,0	до 10 %	6,0-10 г/г с.в	
Волокна апельсиновые «Citri-Fi” 200	"Fiberstar inc" США	Волокна апельсиновые (пектин:целлюлоза~1:1)	0,1-3,0 %	кремовый	>39,6 %	>35,5 %	7,38%		5,38%	~150-200 мкм	4,0-5,0	до 10 %	10-16 г/г с.в	
Волокна апельсиновые «Citri-Fi” 300	"Fiberstar inc" США	Волокна апельсиновые (пектин:целлюлоза~1:1,1)	0,1-3,0 %	кремовый	>39,6 %	>35,5 %	7,38%		5,38%	~80-150 мкм	4,0-5,0	до 10 %	10-16 г/г с.в	
Волокна картофельные Бестфайбер 110	Италия	Целлюлоза пектин	0,1-0,5 %		~95,0 %							до 7 %	~10 г/г с.в	~8,0 г/г с.в
Волокна соевые	Китай	Волокна	0,5-1,5 %	кремовый	65-75 %		20-25			~150-250		<7 %	7-10	~5,0 г/г с.в

Продолжение Таблица 4.5 – Физико-химические характеристики пищевых волокон

Наименование	Производитель	Состав	Доза рекомендуемая	Цвет	Содержание целлюлозы	Содержание пектина	Содержание белка	Содержание крахмала	Содержание сахара	Средн. длина частиц	pH	Влажность	Влагосодержание	Поглащение масла
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
							%			мкм			г/г с.в.	
Волокна морковные LP	"Bolthouse Farms" США	Волокна	0,5-1,5 %	светло-бежевый	>86 %		2,40%			~150 мкм		<10 %	10-15 г/г с.в.	
Herbacel AQ PLUS	Herbafood Ingridients Gmbh Германия	Волокна цитрусовых	1,0-1,5%	кремовый	~89%					~250 мкм		<7 %	26,9 г/г с.в.	
Alba-Fibre W-200R	Micro-Technik Германия	Клетчатка пшеничная	0,2-6,0%	светло-бежевый	~90%					~200 мкм	5,0 – 7,5	<7 %	~9,0 г/г с.в.	

Обращает на себя внимание значительная величина предельного напряжения сдвига кисломолочных напитков с добавлением цитрусовых волокон Citri-Fi-200 и Herbacell-AQ PLUS. Наибольшая величина прочности характерна для напитков с добавлением апельсиновых волокон Citro-Fi-200. Соотношение пектина и целлюлозы в этих волокнах 1:1. Примерно такое же соотношение характерно и для свекловичных волокон. Однако молекулярная масса пектина цитрусовых волокон выше, чем у свекловичного пектина, поэтому он более эффективно упрочняет казеиново-пектиновые агломераты, которые согласно (рис.4.12-4.14) имеют довольно рыхлую структуру и, следовательно, небольшую прочность.

В [32] исследовалось набухание различных видов пектинсодержащего сырья (свекловичный жом, яблочный жом, мандариновые отжимки) в водных растворах кислот. Поглощение воды осуществляется целлюлозой и полисахаридами, входящими в группу гемицеллюлоз. Присоединение воды происходит в полостях между пиранозными кольцами пенонизированными CO_2H -группами и CH группами. Наибольший вклад в поглощение воды, вероятно, вносит ксантан, имеющий неограниченную набухаемость в водной среде. Установлено, что степень набухания максимальна у свекловичного жома.

Если предположить, что при механическом воздействии на пищевые волокна в ходе гомогенизации, и затем, при воздействии молочнокислых бактерий при сквашивании происходит образование хорошо набухающих частиц субмикронного размера, то этот факт позволяет объяснить высокое значение влагосвязывающей способности у напитков с добавлением свекловичных волокон.

Рассмотрим теперь вопрос о природе контактов между частицами в кисломолочных напитках с добавлением пищевых волокон.

Молекулу казеина можно представить как некоторую гибкую цепочку виде ломаной линии, состоящей из шестнадцати сферических звеньев [97,98]. Каждое звено содержит 10-15 аминокислотных остатков [14,79],

расположенных вдоль линейной полипептидной цепи. Четыре крайних сегмента являются гидрофильными, остальные гидрофобными.

В результате численного моделирования авторы [98] пришли к выводу, что в определенном диапазоне константы гидрофобного взаимодействия увеличение этой константы способствует росту размера агрегатов казеина, а значит и способности к гелеобразованию.

Установлению гидрофобных контактов препятствует электростатическое отталкивание гидрофильных сегментов при рН, отличающемся от изоэлектрической точки белка.

Пользуясь этой моделью численного моделирования [98], можно прогнозировать поведение системы казеин-пектин. Отрицательно заряженная молекула пектина притягивается к положительно заряженным (при рН ~4,5 гидрофильными группами казеина.

Поэтому заряд этих групп нейтрализуется, что способствует гидрофобным взаимодействиям и, следовательно, увеличению агрегатов казеина, что и наблюдалось экспериментально. Дополнительно увеличивают размер этих агрегатов осколки пищевых волокон, выстраивающиеся в белково-пектиновые агрегаты и взаимодействующие с белком и пектином посредством водородных связей. Взаимодействие между агрегатами в этом случае осуществляется, как с помощью гидрофобных связей между молекулами белка, так и путем установления водородных связей между осколками волокон и молекулами белков соседних агрегатов.

Кроме приведенных взаимодействий возможно также установление кальциевых мостиков между казеином и пектином, упрочняющих казеиново-пектиновые агрегаты. Ион кальция электростатически связывается с положительно заряженными группами белка и в то же время может образовывать связь со свободной карбоксильной группой пектина (раздел 1.3).

4.3.2 Кислотообразующая способность кисломолочных микроорганизмов в зависимости от массовой доли суспензии ПВ в флотированной молочной творожной сыворотке

Для исследования кислотообразующей способности кисломолочных микроорганизмов были выбраны заквасочные культуры фирм «DANISCO» серии YO MIX 401, «Lactoferm» серии YO 441, «AiBi» серии Lbs 22.11R 2. Полученные данные свидетельствуют таблица 4.6, что минимальная продолжительность сквашивания наблюдалась при использовании ПВ 1% по АСВ при температуре $42 \pm 2^\circ\text{C}$, которая составляет $4,5 \pm 0,2$ часа, кислотность готового продукта рН 4,4.

Таблица 4.6 Продолжительность сквашивания молока кисломолочными микроорганизмами

Массовая доля ПВ, в готовом продукте	Наименование заквасочной культуры		
	YO MIX 401	YO 441	Lbs 22.11R 2
1 % ПВ	$4,5 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,2$	$5,5 \pm 0,3$
2% ПВ	$4,8 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,3$
Контроль (молоко, крахмал, желатин, сахар)	$6,0 \pm 0,5$	$6,2 \pm 0,3$	$6,8 \pm 0,4$

В ходе исследования установлено, что с увеличением массовой доли ПВ продолжительность времени, необходимого для сквашивания, кисломолочными бактериями, увеличивается, что обусловлено снижением их активности в нормализованной смеси, при замене части молока гелем ПВ на флотированной молочной сыворотке.

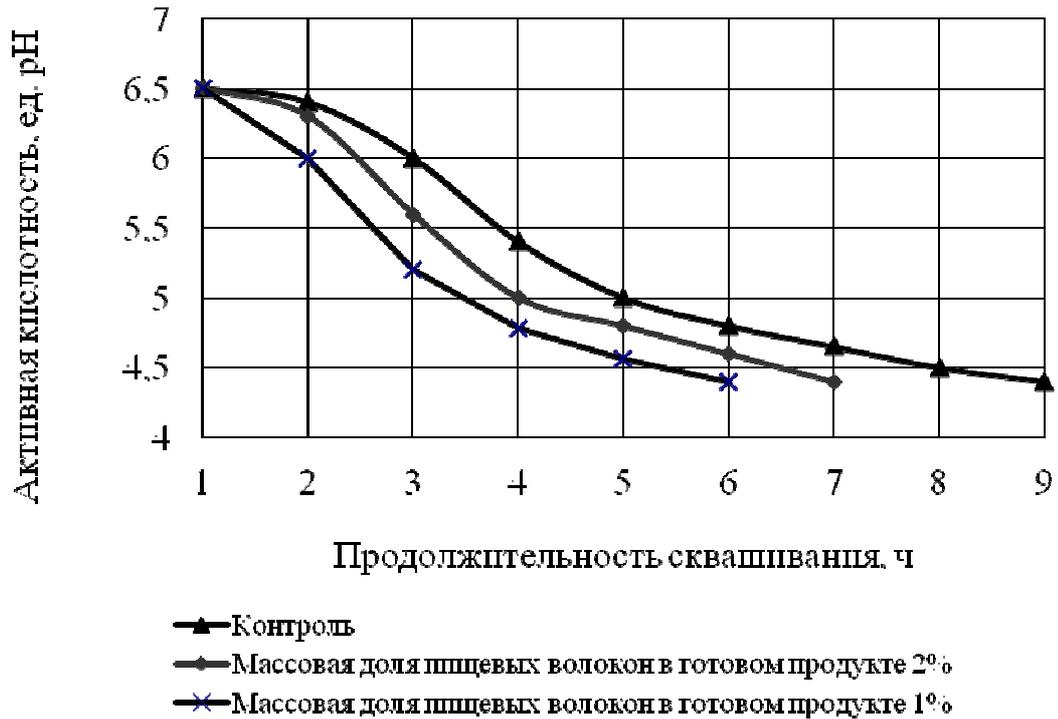


Рисунок 4.21 – Кривые кислотообразования (кисломолочные микроорганизмы «DANISCO» серия YO MIX 401)



Рисунок 4.22 – Кривые кислотообразования (кисломолочные микроорганизмы «Lactoferm» серия YO 441)

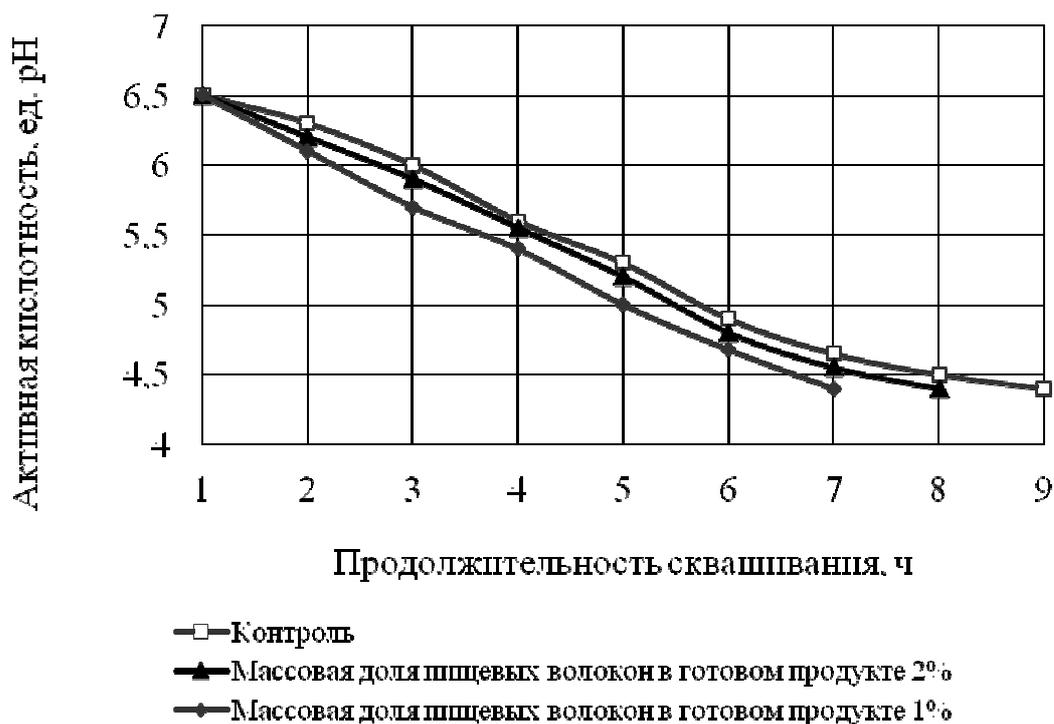


Рисунок 4.23 – Кривые кислотообразования (кисломолочные микроорганизмы «AiVi» серия Lbs 22.11R 2)

Определено изменение pH в процессе сквашивания молока молочнокислыми микроорганизмами «DANISCO» серии YO MIX 401, «Lactoferm» серии YO 441, «AiVi» серии Lbs 22.11R 2, с массовой долей ПВ 1 и 2% в готовом сгустке при температуре $42 \pm 2^\circ\text{C}$. Начальная кислотность составляла 6,5. В процессе сквашивания происходило снижение активной кислотности, вследствие чего среда становилась более кислой. Графики изменения активной кислотности в процессе сквашивания молока различными молочнокислыми микроорганизмами имели типовой характер изменения рисунок 4.21 – 4.23. В течение первых четырех часов происходило наиболее интенсивное изменение активной кислотности. Активная кислотность среды за четыре часа сквашивания кисломолочными микроорганизмами «DANISCO» серия YO MIX 401 снижается в интервале с pH 6,5 до pH 4,8-4,5; «Lactoferm» серия YO 441 снижается в интервале с pH 6,5 до pH 4,9-4,7. А кисломолочными микроорганизмами за пять часов «AiVi» серия Lbs 22.11R 2 снижается в интервале с pH 6,5 до pH 4,9-4,68.

При дальнейшем сквашивании происходит замедление процесса сквашивания, однако наблюдается стабильное уменьшение активной кислотности. На развитие кисломолочных микроорганизмов в процессе сквашивания оказывает влияние и среда, в которой происходит их развитие. При производстве структурированных продуктов средой для развития кисломолочных микроорганизмов является сгусток, стабилизированный различными веществами. Структура молочных сгустков после сквашивания молочнокислыми микроорганизмами «DANISCO» серии YO MIX 401, «Lactoferm» серии YO 441, «AiVi» серии Lbs 22.11R 2 приведена на рисунок 4.12 – 4.14.

Проведенные эксперименты по содержанию в готовом продукте молочнокислых микроорганизмов показали, что замена молока, частью вносимой в виде мелкодисперсной суспензии свекловичных пищевых волокон на флотированной творожной сыворотке, влияет на их рост рисунок 4.24 и 4.25. Количество бактерий болгарской палочки при использовании закваски YO-MIX 401, фирмы DANISCO остается практически на том же уровне, что и в контрольном образце (рис.4.24). В свою очередь содержание термофильных стрептококков увеличивается в сотни раз, по сравнению с контрольным образцом (рис. 4.25). За контрольный образец был выбран кисломолочный напиток приготовленный на натуральном молоке, с применением стабилизаторов, сквашенный закваской прямого внесения YO-MIX 401, фирмы DANISCO.

Так как термофильные стрептококки ответственны в первую очередь за нарастание кислотности молочнокислых сгустков, вышеприведенные результаты объясняют уменьшение времени сквашивания при внесении в нормализованную смесь суспензии пищевых волокон. Резкое увеличение количества молочнокислых микроорганизмов при добавлении волокон объясняется появлением твердого субстрата аналогично увеличению количества бифидобактерий в кишечнике при симбиозе с лактобактериями,

подготавливающих субстрат для них [76]. Так как количество микроорганизмов болгарской палочки, как показывают результаты опытов, сильно зависит от применяемой закваски, для формирования органолептических свойств (вкуси запах), важен правильный подбор закваски (с *Lactobacillus Bulgaricus* связывают вкусовые качества готового продукта).

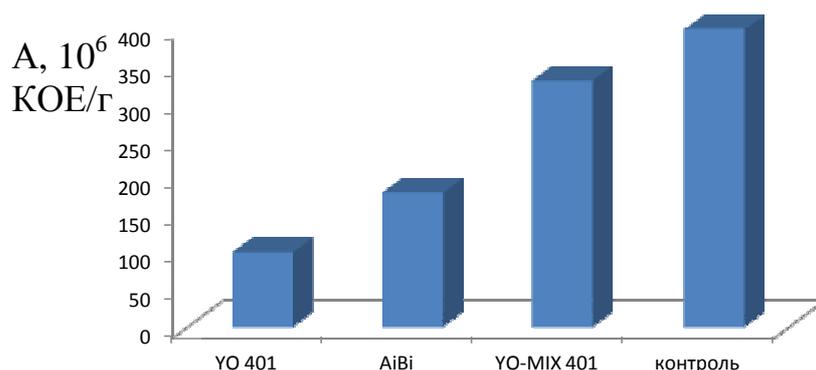


Рисунок 4.24 – Содержание болгарской палочки в готовом продукте, при использовании разных видов заквасок

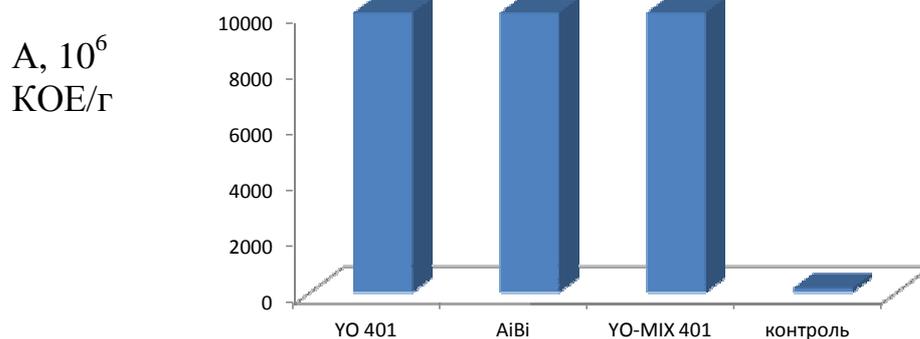


Рисунок 4.25 – Содержание термофильного стрептококка в готовом продукте, при использовании разных видов заквасок

Глава 5 Разработка технологий кисломолочных напитков с биологически ценными добавками

5.1 Технология кисломолочного напитка с добавлением сухого порошка перепелиного яйца

На основании изученных литературных данных, с учетом имеющихся ТУ для выработки кисломолочных напитков была предложена следующая технологическая схема производства (рисунок 5.1):



Рисунок 5.1 – Блок – схема процесса производства кисломолочного напитка

В ходе испытаний, исследовали несколько видов полученных напитков, которые отличались по массовой доле вносимого сухого порошка перепелиного яйца (компонент обогатитель).

Компонент обогатитель вносится после процесса очистки и нормализации по жиру и белку молока, на стадии приготовления нормализованной смеси, вместе с другими рецептурными компонентами.

Нормализацию по массовой доле жира проводили по средствам добавления к молоку сырью обезжиренного молока или сливок, для получения продукта с заданным содержанием массовой доли жира. При несоответствии содержания массовой доли белка в молоке сырье, проводили нормализацию, посредством добавления сухого обезжиренного молока или молочно-белковых концентратов. Процесс приготовления нормализованной смеси молока проводится в обычных производственных условиях.

Внесение добавок начинают с крахмала, в виде сухого порошка, желатин вносится совместно с сахаром-песком, во избежание образования желатиновых жгутов в молочных трубопроводах. Внесение обогатителя – порошка перепелиных яиц проводят совместно с добавлением сахара-песка, без предварительной обработки, непосредственно в молочную смесь.

Экспериментально установлено, что дозировка компонента обогатителя 1% от массы нормализованной смеси, не влияет на органолептические свойства продукта, а с увеличением дозы, в готовом продукте преобладает рыбный привкус. Для уточнения оптимальной дозировки внесения компонента-обогатителя были проведены исследования по степени денатурации сывороточных белков, от которой зависит повышение гидратационных свойств казеина и способность хорошо удерживать сыворотку в сгустке (таблица 5.1).

Таким образом, выбранная дозировка компонента обогатителя 1 % незначительно влияет на структурно-механические свойства продукта, и при этом не является основным фактором, определяющим консистенцию.

Таблица 5.1 – Степень денатурации сывороточных белков в зависимости от массы вносимого компонента обогатителя

Компонент обогатитель	Масса компонента обогатителя на 100 г. напитка	Степень денатурации, %
Сухой порошок перепелиного яйца, г	0,0	92,0
	0,5	88,2
	1,0	87,6
	1,5	78,69
	2,0	73,81

При разработке оптимальной дозы вносимого компонента обогатителя учитывались не только органолептические свойства продукта, формирующие спрос потребителя, но и физико-химические показатели качества, которые должны отвечать требованиям для данной ассортиментной группы продуктов.

В результате изучения влияния обогатителя (в оптимальной дозировке) на состав продукта в ходе проведения исследований методом кислотного гидролиза был определен аминокислотный состав напитка (таблица 3.1 глава 3). Также проводились исследования по изучению влияния сухого порошка перепелиных яиц на свойства и срок хранения продукта.

Гомогенизацию нормализованной молочной смеси по массовой доли жира и белка необходимо проводить при температуре $55 \pm 3^\circ\text{C}$ и давлении 15 ± 2 МПа, для повышения прочности и улучшения консистенции белковых сгустков и исключения образования жировой пробки на поверхности продукта.

Кроме уничтожения микроорганизмов при пастеризации нормализованной смеси преследуется цель – улучшение консистенции готового продукта, разрушение ферментов молока, лучшее развитие микрофлоры закваски. При высокой температуре происходит денатурация сывороточных белков, вследствие чего повышаются гидратационные свойства казеина и его способность к образованию более плотного сгустка, хорошему удерживанию сыворотки в процессе хранения.

Затем пастеризованную нормализованную смесь охлаждают до оптимальной температуры сквашивания и немедленно вносят в него закваску прямого внесения, состоящую из следующих типов бактерий:

- Streptococcus Termofilus;
- Laktobacilus Bulgaricus.

Проводят перемешивание и оставляют нормализованную пастеризованную смесь в покое, для нарастания кислотности и образования кисломолочного сгустка продукта.

При достижении заданного параметра кислотности проводят перемешивание и охлаждение, для прекращения процесса кислотообразования, тем самым блокируя жизнедеятельность и развитие молочнокислых микроорганизмов.

Далее при необходимости вносятся фруктовые наполнители, и продукт направляется на розлив и укупорку. Затем расфасованный продукт направляется в холодильную камеру, где хранится не менее 12 часов. В это время молочнокислые микроорганизмы не развиваются, накопленные продукты молочнокислого брожения, придают продукту специфические свойства, набухают белки, что вызывает уменьшение свободной влаги, и ведёт к образованию плотной и однородной консистенции. По окончанию созревания готовый продукт направляют на реализацию.

Рецептура кисломолочного напитка приведена в таблице 5.2 (молоко нормализовано по массовой доле жира и белка).

Для заквашивания нормализованной смеси использовать закваски прямого внесения, состоящие из культур термофильного молочнокислого стрептококка и болгарской палочки. Дозировка внесения согласно рекомендациям фирм производителей заквасочных культур.

Таблица 5.2 – Рецептура кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца

Наименование компонента	Закладка, %	
	Полужирный м.д.ж. 1,2-2,5%	Классический м.д.ж. 2,6-4,5%
Молоко нормализованное	87,78	88,2
Сухой порошок перепелиного яйца	1,0	1,0
Крахмал	2,22	2,0
Желатин	2,0	1,8
Сахар	7,0	7,0
Итого	100	100
Фруктовый наполнитель	10% от массы нормализованной смеси	8% от массы нормализованной смеси
Сухие вещества, не менее%	22,0	22,0

Образцы кисломолочного напитка были исследованы на хранимоспособность, в соответствии с МУК 4.2.1847-04, которые устанавливают порядок проведения и методологию санитарно-эпидемиологической оценки обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Отбор проб проводили на 1, 5 и 7 сутки. Полученные данные при проведении микробиологического анализа приведены в таблице 5.3. В течение 7 суток патогенная микрофлора не выявлена.

Таблица 5.3 – Результаты микробиологических испытаний кисломолочного напитка с сухим порошком перепелиного яйца, в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01

Наименование показателей	НД, на соответствие, которому проводится испытание	Наименование показателей				
		Золотистые стафилококки	БГКП (колиформы)	Патогенные м/орг., в том ч. Сальмонеллы	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
1 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено
5 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено
7 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено

На основании полученных результатов было решено продлить испытания готового продукта, для увеличения срока хранения.

В соответствии с МУК 4.2.1847-04 для скоропортящихся продуктов питания существует коэффициент запаса, который равен 1,3, для продуктов со сроком хранения от семи до тридцати суток. Отбор проб проводили на 1, 5, 7, 12, 14, 15 и 16 сутки. Развитие плесневых грибов и дрожжей наблюдается на 7 сутки, и продолжают свое развитие до 14-х суток. В соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01, количество плесневых грибов и дрожжей не должно превышать значение 50 КОЕ/г. Полученные данные рисунок 5.2 показывают, что содержание патогенной микрофлоры не превышают это значение на 15 сутки.

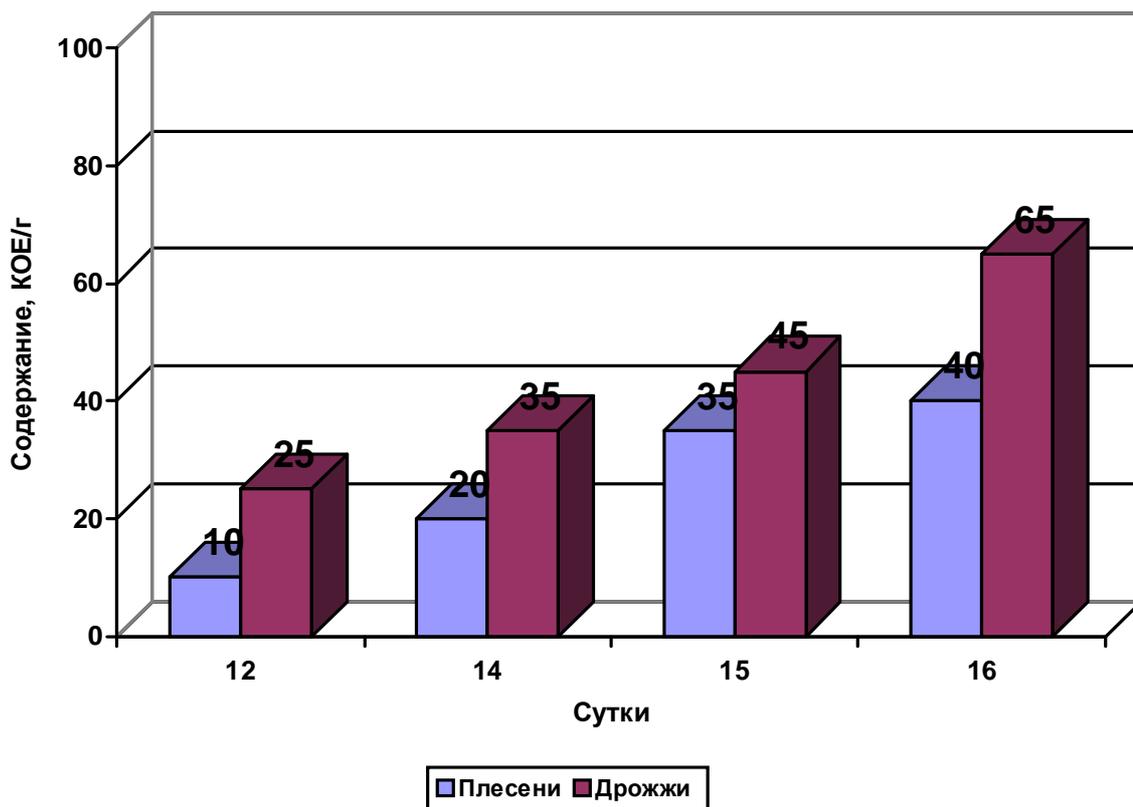


Рисунок 5.2 – Общее содержание плесеней и дрожжей в кисломолочном напитке с добавлением сухого порошка перепелиного яйца

За конечный срок хранения кисломолочного напитка, в соответствии МУК 4.2.1847-04, выбраны 10 суток. На протяжении всех исследований наблюдалось незначительное увеличение активной кислотности. На 10 сутки рН кисломолочного напитка составляла 4,3. В течение всего времени хранения БГКП не обнаружено.

Определение аминокислотной сбалансированности и биологической ценности

Относительную биологическую ценность кисломолочного напитка, оценивали с использованием показателя аминокислотного сора:

$$X = (AK_n / AK_{ni}) \cdot 100 , \quad (5.1)$$

где AK_n – массовая доля n-ой незаменимой аминокислоты в исследуемом белке, г/100 г белка;

AK_{ni} – массовая доля n-ой незаменимой аминокислоты в идеальном белке (по эталону), г/100 г белка.

Аминокислота, имеющая наименьшее значение, лимитирует биологическую ценность продукта. Данные по сравнительным значениям аминокислотного состава и сора кисломолочного напитка приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Биологическая ценность кисломолочного напитка

Незаменимая аминокислота	Справочная шкала ФАО/ВОЗ		Кисломолочный напиток			
			Контроль		Опытный образец	
	А, мг/г	АС	А, мг/г	АС	А, мг/г	АС
Валин	50	100	40,3	80,6	42,8	85,6
Изолейцин	40	100	40,9	102,3	41,8	104,7
Лизин	55	100	62,5	113,6	65,6	119,3
Лейцин	70	100	91,0	130,0	92,5	132,1
Треонин	40	100	40,0	100	41,0	102,5
Фенилаланин + тирозин	60	100	58,1	96,8	68,1	113,5
Метионин + цистин	35	100	73,8	210,7	74,2	212,0

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение сухого порошка перепелиного яйца приводит к увеличению биологической ценности кисломолочного напитка, по всем свободным аминокислотам.

Коэффициент различий аминокислотного сора (КРАС) рассчитывали по формуле:

$$KPA\text{C} = \sum_{1}^n \frac{\Delta PAK}{n}, \quad (5.2)$$

где ΔPAK – разность аминокислотных скоров, каждой из незаменимых аминокислот с первой лимитирующей аминокислотой;

n – число аминокислот.

Теоретическое значение биологической ценности (%) определяли по формуле:

$$БЦ = 100 - KPA\text{C}, \quad (5.3)$$

Для обогащенного кисломолочного напитка лимитирующей аминокислотой является валин. Анализ аминокислотного состава кисломолочного напитка свидетельствует о его высокой биологической ценности, значение которой составило 66,89 %, КРАС – 33,11 %.

Таблица 5.5 Показатели утилитарности аминокислот

Незаменимая аминокислота	Кисломолочный напиток, усл. ед.	
	Контроль	Опытный образец
Валин	1	1
Изолейцин	0,79	0,82
Лизин	0,70	0,72
Лейцин	0,62	0,65
Треонин	0,80	0,84
Фенилаланин + тирозин	0,82	0,75
Метионин + цистин	0,38	0,40

Наивысший показатель предполагаемой утилизации у валина в обоих образцах. Коэффициент утилитарности аминокислотного состава белков является суммарным показателем, характеризующим сбалансированность незаменимых аминокислот по отношению к эталону. В идеале показатель u должен быть равен или приближен к 1. Для контрольного образца он составил 0,68, а для разрабатываемого образца кисломолочного напитка - 0,69. Так как в опытном образце коэффициент утилитарности несколько выше, то сбалансированность аминокислот лучше.

5.2 Разработка технологии кисломолочного напитка с использованием сыворотки

На основании полученных данных в главе 4, для выработки кисломолочного напитка была предложена следующая технологическая схема производства кисломолочного напитка с применением сухой подсырной сыворотки (вариант I) и с заменой доли натурального молока флотированной творожной сывороткой (вариант II) (рисунок 5.3):



Рисунок 5.3 – Блок-схема процесса производства кисломолочного напитка с добавлением сыворотки

Технологическая схема предусматривает использование стандартного оборудования и не усложняет процесс производства продукта. Дополнительно в традиционную схему предлагается ввести участок, для приготовления флотированной творожной сыворотки.

Вариант I.

По данным полученным в главе 4, определена оптимальная доля внесения воды и подсырной сыворотки в сухом виде, 20 % от массы нормализованной смеси, направляемой на производство кисломолочного напитка.

В нормализованное по массовой доле жира и белка молоко вносят компоненты в следующем порядке – восстановленная подсырная сыворотка, пектин, желатин и сахар, совместно, во избежание образования желатино – пектиновой пробки в трубопроводе, компонент обогатитель сухой порошок перепелиного яйца вместе с сахаром. Проводится перемешивание и набухание в течение часа. Все последующие операции проводятся аналогично технологической блок-схеме приведенной на рисунке 5.1.

Для производства сухой подсырной сыворотки требуются высокие энергозатраты и сложное дорогостоящее оборудование, оказывающие огромное влияние на доступность продукта в розничных торговых сетях. Поэтому особый интерес представляет применение творожной сыворотки для замены части молока в рецептуре кисломолочных напитков [14,79,82,83]. В свою очередь применение творожной сыворотки ведет к решению проблемы молочных предприятий, по ее утилизации. Однако использование творожной сыворотки без предварительной обработки придает готовому продукту горьковато-кислый привкус.

В связи с этим было предложено использование творожной сыворотки после мембранной электрофлотации, в процессе которой происходит частичное удаление белка из сыворотки, а так же переход из кислой среды в нейтральную и затем в слабо щелочную. Изменение рН флотированной творожной сыворотки определяется временем обработки. Установлено, что значением рН флотированной сыворотки равное 7, является оптимальным, так как близко к активной кислотности молока, и не оказывает влияния при производстве. При этом она обладает приятным молочным, слабо солоноватым вкусом. Исключением является случай, когда кислотность молока сырья повышается в процессе хранения, более 20°Т. В этом случае необходимо увеличивать время

обработки, до получения рН флотированной творожной сыворотки 8-10. Положительный результат достигается, при использовании молока с титруемой кислотностью до 22°Т. При этом готовый продукт обладает ровной и нежной консистенцией, без белковых хлопьев.

Вариант II.

Творожную сыворотку и электролит вносят в установку для мембранной электрофлотации таким образом, чтобы не происходило смешивание двух сред. Для этого сначала приливают такое количества электролита, чтобы его уровень не находился выше ацетатцеллюлозной мембраны. Затем одновременно проводят подачу электролита и сыворотки в двухкамерную емкость, следя за равномерностью подачи электролита в левой части и творожной сыворотки в правой части емкости.

При проведении процесса электрофлотации происходит выделение пены на поверхности сыворотки, которая в последствие удаляется и может направляться на производство белковых концентратов. Конструкция полупромышленной установки для мембранной электрофлотации приведена на рисунке 5.4.

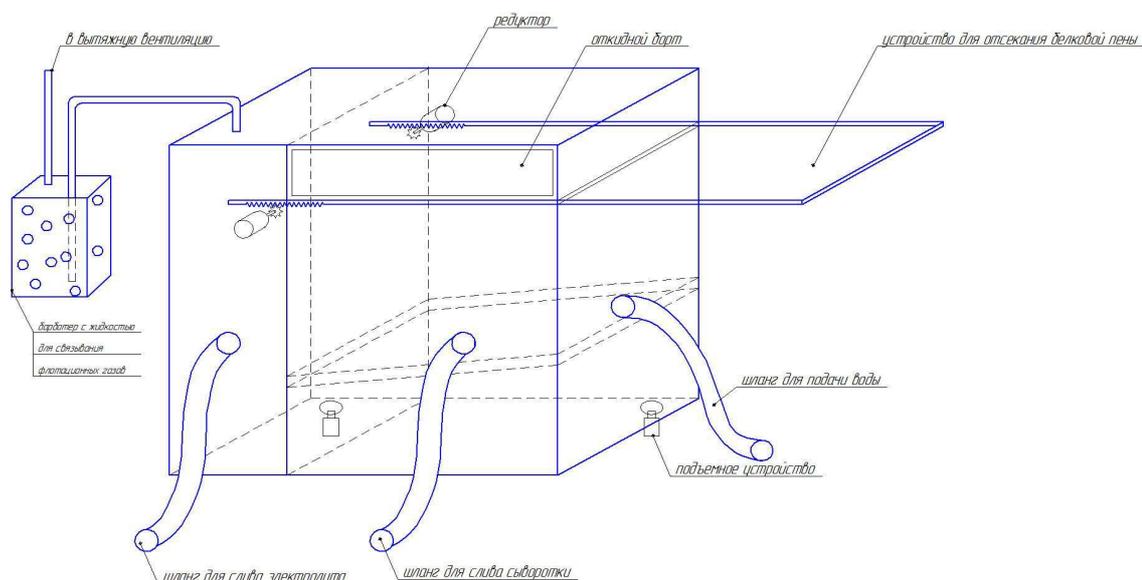


Рисунок 5.4 – Полупромышленная установка мембранной электрофлотации

Флотированная творожная сыворотка подается в нормализованное молоко, по массовой доле жира и белка, а затем вносятся остальные

рецептурные компоненты. Далее приготовленная рецептурная смесь перемешивается и набухает в течение часа. Перед процессом пастеризации проводится межоперационный контроль содержания сухих веществ в рецептурной смеси. Последующие операции проводятся аналогично технологической блок-схеме приведенной на рисунке 5.1.

Рецептуры кисломолочного напитка приведены в таблице 5.4, предварительно проводят нормализацию молока по массовой доле жира и белка.

Таблица 5.4 – Рецептура кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца и разных видов сывороток

Наименование компонента	Закладка, %	
	Полужирный м.д.ж. 1,2-2,5%	Классический м.д.ж. 2,6-4,5%
Молоко нормализованное	75,73	75,56
Сухой порошок перепелиного яйца	1,0	1,0
Вода	11,7 Z	12,5 Z
Сыворотка сухая подсырная	1,24	1,24
Сыворотка творожная флотированная	12,94	13,74
Пектин	1,11	0,9
Желатин	2,22	1,8
Сахар	7,0	7,0
Итого	100	100
Фруктовый наполнитель	10% от массы нормализованной смеси	8% от массы нормализованной смеси
Сухие вещества, не менее%	22,0	22,0

Для заквашивания нормализованной смеси следует использовать закваски прямого внесения, состоящие из культур термофильного молочнокислого стрептококка и болгарской палочки. Дозировка внесения согласно рекомендациям фирм производителей заквасочных культур.

5.3 Разработка технологии кисломолочного напитка с применением мелкодисперсной суспензии пищевых волокон (ПВ) в флотированной творожной сыворотке

Несмотря на то, что используемые в технологии кисломолочных продуктов заквасочные культуры способствуют формированию структуры готовой продукции, очень часто заданные свойства корректируют совместным использованием микроорганизмов и стабилизаторов. Учитывая, что многие стабилизаторы по своему химическому составу представляют собой ростостимулирующие вещества, целесообразно провести исследования, позволяющие доказать целесообразность совместного использования кисломолочных микроорганизмов, активированных стабилизационными системами.

Выше изложенные технологии предполагают использование высокотемпературной обработки молока, которая необходима для интенсивной денатурации белков молока, при этом повышаются гидратационные свойства казеина и его способность к образованию более плотного сгустка, хорошо удерживающего сыворотку. Этому способствует участие денатурированных сывороточных белков при образовании структуры молочного сгустка. В свою очередь высокие температуры, также негативно влияют на нативные свойства молока, подвергая необратимым изменениям белки, углеводы, и другие компоненты.

Однако применение высоких температур не всегда дает желаемый результат, и в процессе хранения готового продукта все же происходит выделение сыворотки (синерезис) на поверхности готового продукта, что в кисломолочных продуктах является пороком консистенции. Для устранения этого порока используют стабилизаторы и эмульгаторы (модифицированный крахмал, желатин и др.), поэтому стоит острая задача по поиску оптимальных качественных и количественных соотношений этих компонентов в рецептуре кисломолочных напитков.

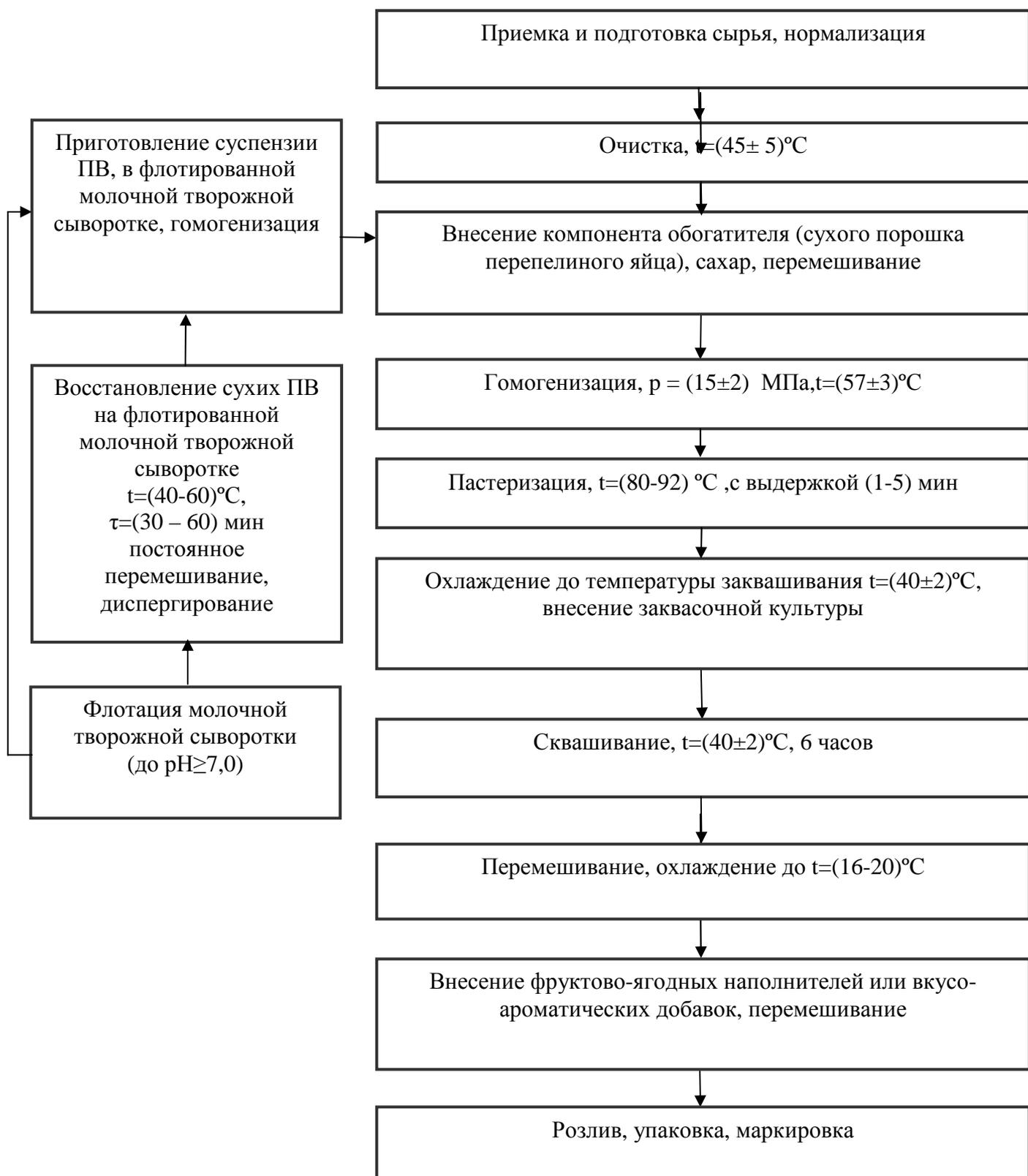


Рисунок 5.5 – Схема процесса производства кисломолочного напитка с применением суспензии ПВ в флотированной сыворотке

Процесс мембранной электрофлотации творожной сыворотки проводится аналогично процессу, описанному выше в технологии производства кисломолочного напитка с флотированной сывороткой $pH \geq 7,0$ и компонентом обогатителем.

В качестве стабилизационной системы применяли растительные ПВ, полученные из жома сахарной свеклы (отход сахара-производства) рисунок 5.5. Эти волокна вырабатываются в сухом виде и в виде влажных зерен. Для применения их в пищевой промышленности, необходимо проводить предварительную обработку, перед внесением в рецептурную смесь.

Для этого сухие ПВ из расчета 1% по абсолютно сухому веществу в готовом продукте восстанавливают (гидратируют) при определенной температуре в течение часа, в флотированной творожной сыворотке. Затем гидратированные ПВ направляются на участок приготовления мелкодисперсной суспензии волокон, который состоит из емкости, насоса и молочного гомогенизатора. Восстановленные ПВ в флотированной сыворотке гомогенизируют, до получения мелкодисперсной суспензии и направляют для смешивания с молоком, рецептурные компоненты вносятся после внесения гомогенизированной суспензии ПВ в флотированной сыворотке.

Предварительная обработка влажных зерен ПВ заключается в измельчении зерен на более мелкие частички, добавлении флотированной творожной сыворотки и гомогенизации до однородной структуры, которую проводят аналогично гомогенизации восстановленных ПВ. В качестве оборудования для измельчения влажных зерен ПВ можно использовать куттер, измельчитель, насос диспергатор и другое пищевое промышленное оборудование.

Выше описанные технологические блок-схемы предполагают повышенные температурные режимы пастеризации $(90 \pm 3)^\circ\text{C}$ нормализованной рецептурной смеси. Введение в рецептурную смесь суспензии ПВ в флотированной сыворотке, позволяет снизить интервал температур, в процессе пастеризации. Предлагаемый температурный режим пастеризации $(80-92^\circ\text{C}, \tau =$

4-6 мин.). При этом идет воздействие более низкой температуры пастеризации на нормализованную рецептурную смесь, что сохраняет нативные свойства молока и повышает пищевую и биологическую ценность готового продукта.

Полученная суспензия ПВ в флотированной молочной творожной сыворотке (как и сами ПВ), обладает сильнейшими гидрофильными свойствами, это растительное сырье, содержащее в своем составе природный полимер целлюлозо – пектиновый комплекс (пектин на целлюлозе). Такое сочетание высокомолекулярных полисахаридов является дополнительным каркасом удерживающим влагу (сыворотку) кисломолочного напитка. В связи с этим необходимость высокотемпературных режимов, а так же использование стабилизационных систем отпадает, при этом получаемый кисломолочный сгусток, обладает хорошими структурно-механическими свойствами.

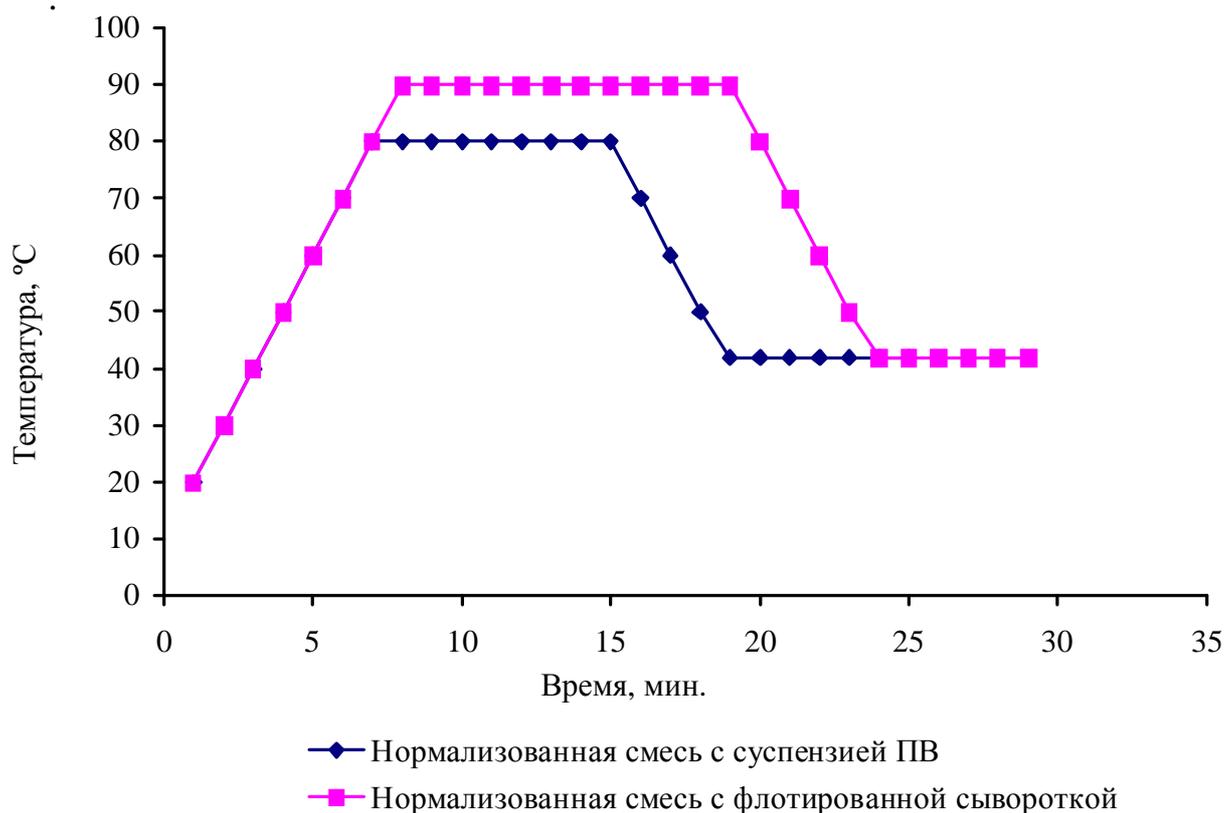


Рисунок 5.6 – Время достижения температуры пастеризации, выдержка, охлаждение до температуры заквашивания

Представленная на рисунке 5.6 температурная обработка нормализованной рецептурной смеси предусматривает использование серийно выпускаемого оборудования и не усложняет процесс производства готового продукта. Снижение температурных режимов пастеризации сокращает временной интервал процесса пастеризации и уменьшает энергозатраты, необходимые для выхода и поддержания, заданных температурных параметров, что в свою очередь отразится на себестоимости готового продукта.

Пищевые волокна по своей сути – есть ничто иное как, пребиотический комплекс, создающий условия для нормального развития микрофлоры кишечника организма человека, с которым не сравнится ни один стабилизатор.

Предлагаемая технология обеспечивает ускоренное нарастание титра кислотности в процессе сквашивания при использовании закваски YOU MIX 401 рисунок 5.7.

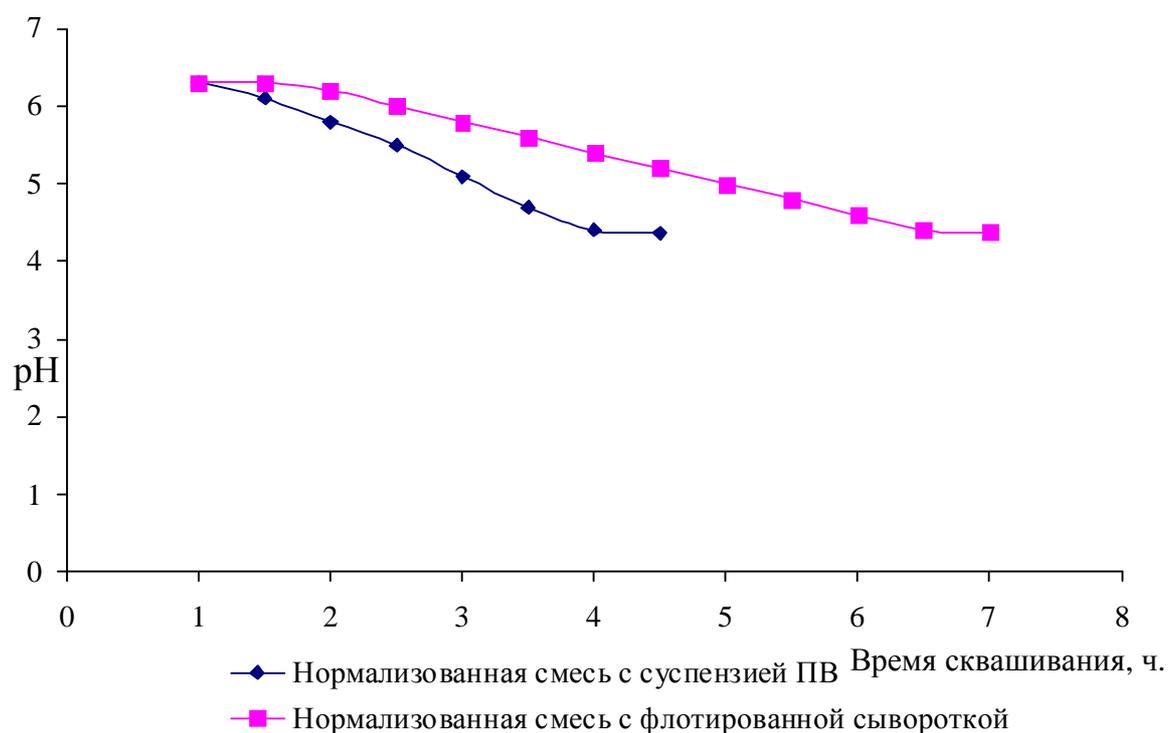


Рисунок 5.7 – Изменение активной кислотности в процессе сквашивания

Проведенные исследования показали, что время сквашивания сокращается минимум на один час тридцать минут. Такой эффект достигается за счет пребиотической системы – гомогенизированная мелкодисперсная

суспензия ПВ (целлюлозо-пектиновый комплекс) в флотированной молочной творожной сыворотке, которая создает наилучшие условия и увеличивает рост микроорганизмов входящих в состав заквасочной культуры.

В [65] проводили исследования заквасочных культур «AiVi», «Lactoferm». Влияние различных стабилизаторов на процесс сквашивания молочнокислыми микроорганизмами таблица 5.5.

Таблица 5.5 – Продолжительность сквашивания молока кисломолочными микроорганизмами

Стабилизатор	Наименование	
	LbS 22.11(R2)	YO-441
КМЦ Акуцель 3265	7,0±0,4	5,5±0,3
КМЦ 4500-6000	6,5±0,4	6,0±0,3
КМЦ 6000-9000	6,5±0,4	6,0±0,3
КМЦ Акуцель 2785	7,5±0,4	6,5±0,4
Контроль	10,5±0,6	7,0±0,4

В результате получены данные, свидетельствующие о влиянии стабилизационных систем, содержащих элементы целлюлозы на процесс нарастания кислотности и образования кисломолочного сгустка. В ходе исследования установлено [65], что с увеличением массовой доли стабилизатора продолжительность времени, необходимого для сквашивания кисломолочными бактериями, уменьшается, что обусловлено повышением их активности в более вязкой среде, а также тем, что стабилизатор можно расценить как дополнительный фактор роста для микроорганизмов.

Нами были проведены исследования продолжительности сквашивания нормализованной рецептурной смеси молочнокислыми микроорганизмами AiVi LbS 22.11(R2), Lactoferm YO-441, DANISCO YO-MIX 401. Отмечено, что с применением суспензии ПВ, продолжительность сквашивания на закваске YO-MIX 401 наименьшая.

В процессе сквашивания микроорганизмы расщепляют лактозу до моносахаридов, которые в свою очередь являются питательной средой для молочнокислых бактерий. Процесс брожения и нарастания титра кислотности сокращается за счет внесения дополнительного количества молочного сахара вносимого с флотированной творожной сывороткой с кислотностью

приближенной к кислотности молока, а также за счет мономеров входящих в состав пектина привносимого с суспензией ПВ.

Определение момента готовности сгустка перед перемешиванием осуществляется визуально, по прочности, а также по вязкости и нарастанию кислотности, для напитка кисломолочного рН сгустка должен быть 4,4-4,5.

Далее продукт перемешивают, при необходимости добавляют фруктовый наполнитель и фасуют. Затем упакованный кисломолочный напиток направляется в холодильную камеру для созревания и хранения.

В процессе производства особое внимание уделяется качеству сырья, которое должно соответствовать нормам, установленным на территории РФ, а так же технологическим режимам производства. В течение технологического процесса проводится строгий контроль следующих параметров:

- температура;
- давление;
- активная кислотность (рН).

Рецептуры кисломолочного напитка приведены в таблице 5.7, предварительно проводят нормализацию молока по массовой доле жира и белка.

Образцы кисломолочного напитка были исследованы на хранимоспособность, в соответствии с МУК 4.2.1847-04, которые устанавливают порядок проведения и методологию санитарно-эпидемиологической оценки обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Отбор проб проводили на 5, 10, 12, 14, и 18 сутки. Полученные данные при проведении микробиологического анализа приведены в таблице. На протяжении всего срока хранения в течение 18 суток патогенная микрофлора не выявлена таблица 5.6.

Установленный срок хранения 14 суток кисломолочного напитка в соответствии с МУК 4.2.1847-04 – 14 суток.

Таблица 5.6 – Результаты микробиологических испытаний кисломолочного напитка с сухим порошком перепелиного яйца и суспензией ПВ в флотированной сыворотке, в соответствии с СанПиН 2.3.2.1078-01

Наименование показателей	НД, на соответствие, которому проводится испытание	Наименование показателей				
		Золотистые стафилококки	БГКП (колиформы)	Патогенные м/орг., в том ч. Сальмонеллы	Плесени, КОЕ/г	Дрожжи, КОЕ/г
5 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено
10 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено
12 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено
14 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено
18 сутки	Значение показателей по НД	В 1,0 г не допуск.	В 0,1 г не допуск.	В 25 г не допуск.	Не более 50,0	Не более 50,0
	Фактически	В 1,0 г не выдел.	В 0,1 г не выдел.	В 25 г не выдел.	Не обнаружено	Не обнаружено

Таблица 5.7 – Рецептúra кислomолочного напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца и суспензии ПВ в флотированной творожной сыворотке

Наименование компонента	Закладка, %	
	Полужирный м.д.ж. 1,2-2,5%	Классический м.д.ж. 2,6-4,5%
Молоко нормализованное	74,0	72,0
Сухой порошок перепелиного яйца	1,0	1,0
Сыворотка творожная флотированная	16	19
Пищевые волокна	1,0	1,0
Сахар	7,0	7,0
Итого	100	100
Фруктовый наполнитель	6% от массы нормализованной смеси	5% от массы нормализованной смеси
Сухие вещества, не менее%	18,0	18,5

Для заквашивания нормализованной смеси использовать закваски прямого внесения, состоящие из культур термофильного молочнокислого стрептококка и болгарской палочки. Дозировка внесения согласно рекомендациям фирм производителей заквасочных культур.

5.4 Оценка безопасности производства кислomолочных напитков

Безопасность и качество является одним из наиболее важных аспектов производства продукции пищевой промышленности. Данной проблеме уделяется большое внимание по причине более высоких требований к продукции со стороны потребителей и роста конкуренции. Главными критериями в странах Еврейского Союза служат не их вкусовые качества, а гарантии безопасности.

На принципах обязательного снижения потенциальных рисков построена система НАССР (НАССР – Hazard analysis and critical control points – анализ рисков и определение критических контрольных точек). Она нацелена на

предупреждение возникновения условий, способствующих возникновению потенциальных рисков при производстве, хранении и реализации пищевой продукции.

Для получения положительных результатов при внедрении плана ХАССП необходимо эффективное функционирование обязательных программ, которые должны быть документированы (Санитарный регламент Программы предупредительных мероприятий) и регулярно подвергаться инспекции, как со стороны соответствующих полномочных органов, так и самим предприятием.

Изучая состав, свойства и качество готового продукта перед его употреблением необходимо убедиться, что:

- на протяжении всего срока годности не появятся посторонние привкусы, запахи, изменения цвета;
- отсутствуют биологические, химические факторы загрязнения и он безопасен для потребления;
- органолептические показатели имеют наилучшие показатели, при данных условиях производства или сбыта.

Безопасный и качественный продукт, гарантированно при соблюдении перечисленных факторов. Применение системы ХАССП на предприятии позволит оценивать серьёзность и вероятность возникновения рисков, а так же осуществлять контроль всего технологического процесса. При проведении анализа потенциальных рисков необходимо рассматривать все возможные типы потенциально опасных факторов: микробиологические, химические, физические и органолептические. Полученные результаты необходимо сравнивать с нормируемыми и критическими показателями с целью корректировки технологических процессов. На рисунке 5.8 – 5.10 приведены блок – схемы НАССР производства кисломолочного напитка, где:

- а – физико-химический контроль;
- б – микробиологический контроль;
- в – визуальный контроль;
- г – органолептический контроль.

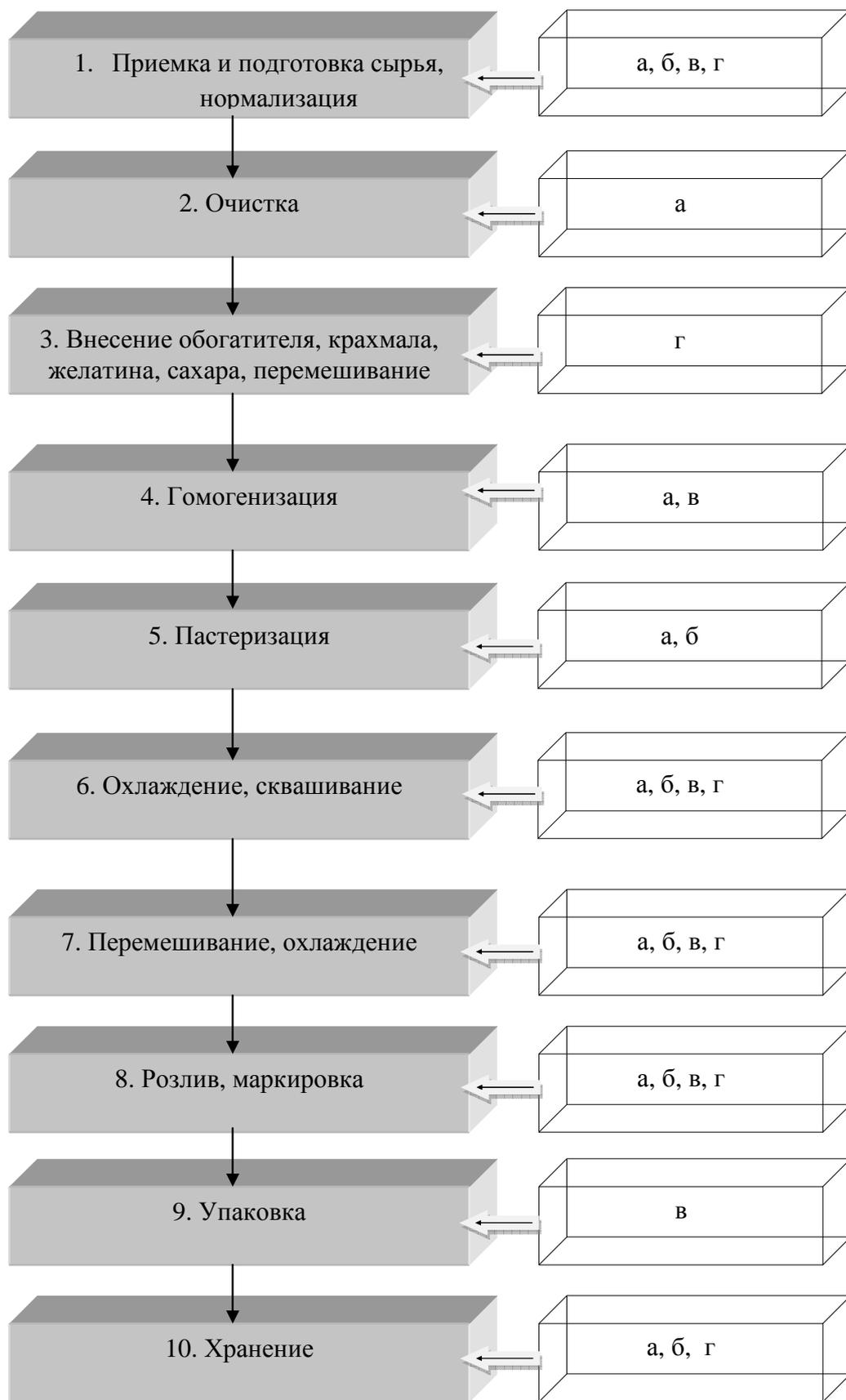


Рисунок 5.8 – Схема ХАССП производства молочнокислого напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца

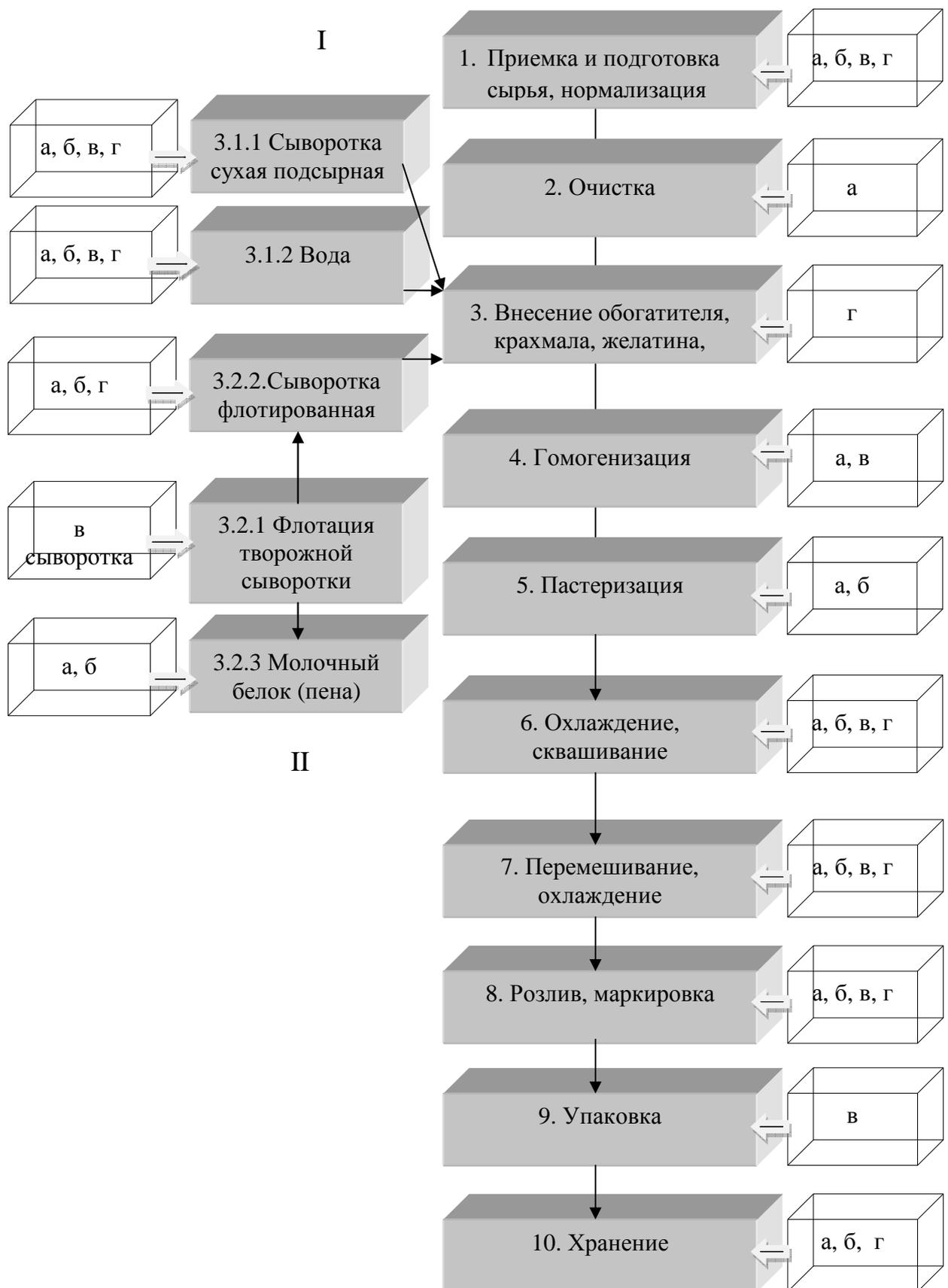


Рисунок 5.9 – Схема ХАССП производства молочнокислого напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца и разных видов сыворотки

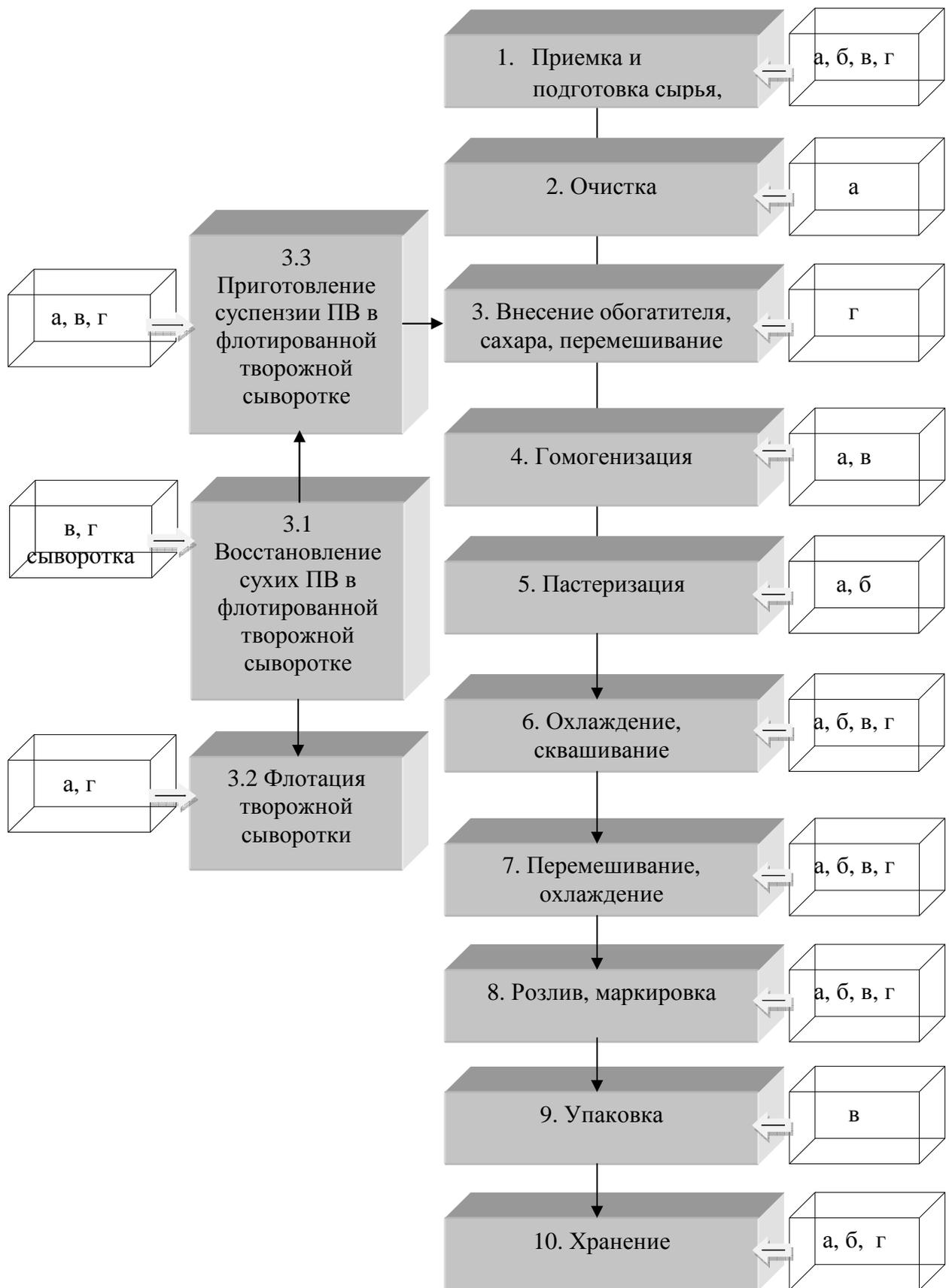


Рисунок 5.10 – Схема ХАССП производства молочнокислого напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца и суспензии ПВ в флотированной творожной сыворотке

В таблице 5.8 – 5.10 приведен перечень критических контрольных точек (ККТ) для схем производства кисломолочного напитка.

Таблица 5.8 – Критические контрольные точки для схемы производства кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца

ККТ	Наименование операции технологического процесса	Наименование контрольных параметров
ККТ 1	операция 1	ингибирующие вещества
ККТ 2	операция 5	температура пастеризации, время выдержки
ККТ 3	операция 6	температура, pH
ККТ 4	операция 8	БГКП, дрожжи, плесневые грибы, патогенные микроорганизмы
ККТ 5	операция 10	БГКП, дрожжи, плесневые грибы, патогенные микроорганизмы, <i>Staphylococcus aureus</i>

Таблица 5.9 – Критические контрольные точки для схемы производства кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца и разных видов сыворотки

ККТ	Наименование операции технологического процесса	Наименование контрольных параметров
ККТ 1	операция 1	ингибирующие вещества
ККТ 2	операция 3.2.2	pH
ККТ 3	операция 5	температура пастеризации, время выдержки
ККТ 4	операция 6	температура, pH
ККТ 5	операция 8	БГКП, дрожжи, плесневые грибы, патогенные микроорганизмы
ККТ 6	операция 10	БГКП, дрожжи, плесневые грибы, патогенные микроорганизмы, <i>Staphylococcus aureus</i>

Таблица 5.10 – Критические контрольные точки для схемы производства кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца и суспензии ПВ в флотированной сыворотке

ККТ	Наименование операции технологического процесса	Наименование контрольных параметров
ККТ 1	операция 1	ингибирующие вещества
ККТ 2	операция 3.2	рН
ККТ 3	операция 5	температура пастеризации, время выдержки
ККТ 4	операция 6	температура, рН
ККТ 5	операция 8	БГКП, дрожжи, плесневые грибы, патогенные микроорганизмы
ККТ 6	операция 10	БГКП, дрожжи, плесневые грибы, патогенные микроорганизмы, <i>Staphylococcus aureus</i>

Регулярное наблюдение и контроль, оценка всех аспектов комплексной переработки молочного сырья и реализации готовой продукции, создает условия для соответствия технологических параметров заданным нормативам и критическим пределам.

Экономическая эффективность работы приведена в приложениях

Достаточный уровень рентабельности (42%) производства разработанной технологии кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиного яйца и суспензии пищевых волокон во флотированной творожной сыворотке позволяет выделить достаточные средства, чтобы окупить затраты на внедрение данной технологии и проводить активную рекламно – коммерческую деятельность.

Выводы:

1. Обоснован выбор порошка перепелиных яиц, творожной сыворотки, пектина и свекловичных пищевых волокон в качестве пищевых добавок к кисломолочным напиткам.
2. Разработана методика для исследования кинетики механической релаксации в пищевых средах и создана установка для ее реализации. Определены кинетические характеристики механической релаксации для кисломолочных напитков с добавлением суспензии пищевых волокон в флотированной творожной сыворотке.
3. Определена и установлена доза сухого порошка перепелиных яиц, соответствующая 1 % от массы нормализованной смеси, обеспечивающая увеличение пищевой и биологической ценности кисломолочного напитка.
4. Предложена новая пищевая добавка – суспензия свекловичных пищевых волокон на сыворотке, прошедшей обработку методом мембранной электрофлотации. Разработана количественная физическая модель, связывающая реологические параметры суспензии с концентрацией, температурой, скоростью движения, молекулярными характеристиками волокон
5. На основе изучения структурно-механических, микроструктурных характеристик, а также определения влагосвязывающей способности в различных условиях установлено, что рост прочности кисломолочных напитков с заменой части молока суспензией пищевых волокон на сыворотке связан с уменьшением объема крупных участков дисперсионной среды между участками, занятыми белково-пектиновыми образованиями. Определена массовая доля свекловичных пищевых волокон в продукте, обеспечивающая наиболее приемлемые структурно-механические характеристики – 1%.
6. Разработаны рецептуры и технологии кисломолочных напитков с добавлением порошка перепелиных яиц, композиции флотированной сыворотки с желатином и пектином, суспензии свекловичных пищевых волокон в флотированной сыворотке.

7. Разработаны проекты технической документации, производственная апробация технологий и опытно-производственные выработки проводились в условиях завода по производству кисломолочных продуктов ООО «Узловский молочный комбинат» (Тульская область), Выявлена экономическая целесообразность и социальная значимость предложенных технологий и рецептур обогащённых кисломолочных напитков.

Список литературы.

1. Антипова, Л.В., Нам До, А.Х. Свойства желатина из вторичных продуктов переработки прудовых рыб / Л.В. Антипова // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – №1. – С.26.
2. Антипова, Л.В., Нам До, А.Х. Исследование возможности применения протеолитических ферментных препаратов в технологии желатина из новых видов сырьевых источников / Л.В. Антипова // Вестник ВГТА. – 2011.- №3.- С.26-31.
3. Антипова, Л.В., Морковкина, И.А., Попов, В.И. Использование молочного и растительного сырья как основа для функциональных напитков / Л.В. Антипова // Изв. Вузов. Пищевая технология. – 2012. – №2. – С.3.
4. Антипова, Л.В. Физические методы контроля сырья и продуктов в мясной промышленности. Лабораторный практикум / Л.В. Антипова, Н.Н. Безрядин, С.А. Титов, Б.Л. Агапов, А.Л. Лавренов. – СПб: ГИОРД, 2006. – 200 с.
5. Арет, В.А., Байченко Л.А. Использование результатов ротационной вискозиметрии пшеничного теста в расчетах трубопроводов [Электронный ресурс] / В.А. Арет, Л.А. Байченко, А.Ф. Денисенко, Л.К. Николаев, А.С. Щербаков // Научный журнал «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2013. – №1.- Режим доступа: [http://processes open-mechanics.com](http://processes.open-mechanics.com).
6. Бабаян, М.Л. Влияние полисахаридов на внутриклеточный метаболизм: физиологические аспекты и возможности клинического применения. [Электронный ресурс] / М.Л. Бабаян // Интернет журнал «Лечащий врач». – 2011. – №6. – Режим доступа: [htt ://www. Vrach. Ru](http://www.Vrach.Ru) 24/2011/06/1543522.
7. Бессонов, В.В. Взаимодействие пищевых волокон с различными функциональными ингредиентами пищи / В.В. Бессонов, Е.Н. Бабгарин, Н.Д. Горшунова, П.А. Семенова, А.П. Нечаев // Вопросы питания. – 2012. – Т.81. – № 3. – С. 41-46.

8. Беличенко, А.М. Роль безалкогольного напитка в здоровом питании человека 21 века / А.М. Беличенко, Г.Л. Филонова // Пиво и напитки. – 1998. – №3. – С.39-41.
9. Васильева, Р.А. Напитки из творожной сыворотки / Р.А. Васильева, Г.Б. Лев. // Изв. Вузов. Пищевая технология. – 1998. – №2. – С.41-42.
10. Воронцов, В.В. Влияние различных факторов на реологические свойства комбинированных кисломолочных продуктов / В.В. Воронцов, М.Н. Шахова, С.В. Бутова, А.А. Глазкова В.В. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – №7. – С.48.
11. Гапонова, Л.В. Переработка и применение молочной сыворотки / Л.В. Гапонова, Т.А. Полежаева, Н.В. Волотовская // Молочная промышленность. – 2003.- №2.- С.52-53.
12. Гитова, М.Е. Антиоксидантная активность изолята катионных сывороточных белков / М.Е. Гитова, С.А. Комолов, Н.А. Тихомиров // Вопросы питания. – 2012. – Т.81. – №6. – С. 37-41.
13. Голубев, В.Н. Пектин.: химия, технология, применение / В.Н. Голубев, И.П. Шелухина. – М.: Изд-во АТН РФ, 1995. – 387с.
14. Голубева, Л.В. Структурно-механические свойства кисломолочных напитков с биологически ценными добавками/ Л.В. Голубева, С.А. Титов, Н.П. Довгун // Вестник ВГАУ, 2013.-№3-С. 141- 148
15. Голубева, Л.В. Перспективные направления в улучшении консистенции вареного сгущенного молока с сахаром / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, Н.П. Довгун // Сибирский государственный медицинский университет. «Естествознание и гуманизм». Сборник научных работ. – Томск. – 2004. – Т.2. – №2. – С. 82.
16. Голубева, Л.В. Перспективы использования перепелиных яиц в технологии функциональных молочных продуктов / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, О.В. Шинкаренко, Н.П. Довгун // Материалы XLIII отчетной научной конференции за 2004 год: в 3 ч.- Воронеж. гос. технол. акад.- Воронеж. – 2005. – Ч.1. – С. 73.

17. Голубева, Л.В. Некоторые аспекты повышения биологической ценности кисломолочных напитков / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, О.В. Шинкаренко, Н.П. Довгун // Материалы третьей всероссийской научно-технической конференции «Вузовская наука – региону». – Вологда. – 2005. – Т.2. – С.228-229.
18. Голубева, Л.В. Пути повышения витаминного состава молока пастеризованного / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, О.В. Шинкаренко, Н.П. Довгун // Сборник научных трудов участников межрегионального научно-практического семинара «Теория и практика новых технологий в производстве продуктов питания». – Омск. – 2005. – С.30.
19. Голубева, Л.В. Особенности денатурации сывороточных белков кисломолочного напитка / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, О.В. Шинкаренко, Н.П. Довгун // Материалы третьей всероссийской научно-технической конференции «Вузовская наука – региону». – Вологда. – 2005. – Т.2. – С.235-236.
20. Голубева, Л.В. Влияние жесткости воды на растворимость порошка перепелиных яиц / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, Н.П. Довгун // Материалы XLIV отчетной научной конференции за 2005 год: в 3 ч. – Воронеж. гос. технол. акад. Воронеж. – 2006. – Ч.1. – С.163.
21. Голубева, Л.В. Некоторые аспекты использования сухого порошка перепелиных яиц в технологии производства йогурта / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, О.В. Шинкаренко, Г.Г. Грачев, Н.П. Довгун // Международная научно-практическая конференция «Новые мировые тенденции в производстве продуктов из мяса птицы и яиц» ВНИИПП. – 2006. – с.37.
22. Голубева, Л.В. Новый ассортимент молочных продуктов с использованием перепелиных яиц / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, О.В. Шинкаренко, Н.П. Довгун // Молочная река. – №3. – 2005. – С.14-15.
23. Голубева, Л.В. Влияние дозировки сухого порошка перепелиного яйца на процесс сквашивания кисломолочных продуктов / Л.В. Голубева, Д.В. Ключникова, О.В. Шинкаренко, Н.П. Довгун // Алтайский государственный

- технический университет. Ползуновский альманах. – 2006. – №2. – С.219-220.
24. Голубева, Л.В. Методика определения растворимости сухих молочных продуктов на основе кондуктометрических измерений / Л.В. Голубева, С.А. Титов, Н.П. Довгун // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – №12.
25. Голубева, Л.В. Разработка рецептурно-компонентного решения состава молочного коктейля / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, Н.П. Довгун, Е.А. Лесняк // Пищевая промышленность. – 2012. – №12.
26. Голубева, Л.В. Формирование консистенции молочного коктейля / Л.В. Голубева, О.И. Долматова, Н.П. Довгун, В.А. Чугуевская // Пищевая промышленность. – 2013. – №1.
27. Глотова, И.А. Новые биополимерные композиты для получения пищевых добавок / И.А.Глотова, Е.Н. Макаркина, Е.Е. Нургаева, М.В. Проляева // Изв.вузов. Пищевая технология. – 2012. – № 4.
28. Данилов, М.Б. Комбинированная закваска на основе лакто- и бифидобактерий / М.Б. Данилов // Молочная промышленность. – 2001. – №7. – С. 20.
29. Демидов, С.Ф. Исследование температурного поля инфракрасной нагревательной системы для сушки зародышей зерна пшеницы и ржаных отрубей [Электронный ресурс] / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, С.С. Беляева, В.И. Марченко // «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2013. – №1. – Режим доступа: [http://processes open-mechanics.com](http://processes.open-mechanics.com).
30. Демидов, С.Ф. Методика расчёта установки инфракрасной сушки пшеничных зародышей Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Беляева С.С., Демидов А.С. [Электронный ресурс] / «Процессы и аппараты пищевых производств». -2013. – №1. – Режим доступа: <http://processes open-mechanics.com>.
31. Донченко, Л.В. Безопасность пищевого сырья и продуктов питания / Л.В. Донченко, В.В. Натыкта. – М.: Пищепромиздат, 1999. – 356 с.

32. Донченко, Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов: Учебное пособие – М.: ДеЛи, 2000. – 255 с.
33. *Lactobacillus_delbrueckii_substr._bulgaricus*/ru.wikipedia.org/wiki (Интернет-источник).
34. Дунец, Е.Г. Детоксикационные свойства пектин содержащих пищевых систем / Е.Г. Дунец, Г.М. Зайко // Изв. Вузов. Пищевая технология. – 2008. – №4. – С.43-44.
35. Захарова, Л.М. Кисломолочные белковые продукты с зерновыми добавками / Л.М. Захарова // Молочная промышленность. – 2005. – №5.- С.62.
36. Заика Н. А. Разработка технологии кисломолочного десерта для функционального питания // автореф. дис. . канд. техн. наук : 05. 18 04 . / Заика Наталья Александровна. Улан-Удэ, - 2003. - 23 с.
37. Измайлова, В.Н. Поверхностные явления в белковых системах / В.Н. Измайлова, Г.П. Ямпольская, Б.Д. Сумм. – М.: Химия, 1988. – 240 с.
38. Зобкова, З. С. Пищевые волокна / З. С. Зобкова // Молочная промышленность. - 2007. - N 10. - С. 30
39. Интернет-источник <http://www.les-oeufs.com/valeurs-nutritionnelles/oeuf-de-caille.html>
40. Карпанская, Т.А. Влияние свекловичных пищевых волокон на реологические свойства пряничного теста без сахара // Т.А. Карпанская, И.Б.Красина, Н.А. Тарасенко, П.С. Красин // Изв. Вузов. Пищевая технология. – 2012. – №5-6.- С.44-46.
41. Кожебокова, К.Н. Использование вторичных продуктов в производстве мясных изделий / К.Н. Кожебокова, М.М. Мусульманова, Н.И.Ильина // Тез. докл. 2 Всес. научн конф. «Проблемы индустр. обществ. питания страны». – Харьков. – 1989. – С. 218-219.
42. Колесников, В.А. Пищевые волокна – производство и использование [Электронный ресурс] / В.А.Колесников., А.И.Артемьев. – Режим доступа: <http://www-agroyug.ru/page/item/-id-539>.

43. Кондратенко, В.В. Состояние функциональных групп пектиновых веществ в водных средах / В.В Кондратенко, Т.Ю Кондратенко // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2012. – №4.- С.42-43.
44. Коновалова, Е.А. Особенности функционально-технологических свойств пищевых волокон в мучных кондитерских изделиях / Е.А. Коновалова, И.Б.Красина, Н.А. Тарасенко, А.Б. Бузукарь, Ю.Н. Никонович // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – №5-6. – С.35-36.
- 45.Красина, И.Б. Применение стевиозида и пищевых волокон в кондитерских изделиях из сахара / И.Б. Красина, Т.А. Карпанская, Н.К. Данович, А.В.Красюк // Камсцель Fw 200.- 2010. – №4. – С.43-44.
46. Красина, И.Б. Роль пищевых волокон в формировании качества вафель / И.Б. Красина, О.И. Дксахилова, И.А. Тарасенко, Н.А.Зубко // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2009. – № 4. – С.44-46.
47. Корнеева, О.С. Влияние полисахаридных комплексов на сорбционные свойства пищевых биосистем / О.С. Корнеева, Л.Э. Глаголева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – №3. – С.47-49.
48. Косенко, Т.И. Применение пектина / Т.И. Косенко, В.В.Нелина, Л.В.Донченко, Н.С. Карпович, Г.Н.Игнатьева. – Краснодар: Ассоциация «Пектин», 1992 – 51 с.
49. Рогов, И. А. Химия пищи: Белки. Структура, функции, роль в питании / И.А. Рогов, Л. В. Антипова, Н. И. Дунченко, Н. А. Жеребцов. – М.: Колос, 2000. – 384 с.
50. Кузнецова, Г.Г. Влияние пребиотического кисломолочного продукта на микробиоту толстой кишки, гематологические показатели и иммунный статус крыс / Г.Г. Кузнецова, Э.Н. Трушина, О.К. Мустафина, А.В. Черкашин, С.Ю. Батищева, В.В. Семенихина, С.А. Шевелева // Вопросы питания. – 2012. – №3. – Т.81. – С. 18-24.
51. Лосева, В.А. Производство сахара и новых продуктов с использованием электрохимической активности / В.А. Лосева, А.А. Ефремов. // Монография.

- Воронеж: Воронежская Государственная Технологическая Академия, 2010.
– 176с.
52. Мосийчук, Л.В. Оценка безопасности и диетической эффективности использования кисломолочного продукта при дизбактериозе у лиц с избыточной массой тела и ожирением / Л.В. Мосийчук // Вопросы питания. – 2013. – №2. – С. 7-41.
53. Мельникова, Е.И. Разработка технологии творога, обогащенного пшеничными пищевыми волокнами / Е.И. Мельникова, Е.С. Скрильникова, Е.С. Рудниченко // Изв.вузов. Пищевая технология. – 2012. – №4. – С.52-53.
54. Нечаев, А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцев. – М.: Колос, 2001. – 256с.
55. Никитина, Л.П. Клиническая витаминология / Л.П. Никитина, Н.В.Соловьева. – Чита, 2002. – 66 с.
56. Пащенко, Л.В. Разработка технологии бисквита диетической направленности / Л.В. Пащенко, С.А. Титов, Т.Н. Ильина, Е.Н. Фабричных // Хлебопродукты. – 2009. – №7. – С. 42-43.
57. Пащенко, Л.П. Электрохимия в технологии хлеба, макаронных и кондитерских изделиях: Учебное пособие / Л.П. Пащенко, Т.В. Санина, А.И. Бывальцев. – Воронеж: Вор.гос.технол.акад., 2001. – 233 с.
58. Патент 2223014 РФ МПК 6 СО 5К/36. – Модифицированная желатиновая основа для капсулирования многокомпонентных пищевых добавок на основе рыбных жиров / С.Р. Деркач., Н. Г. Воронько // БИПМ -15.10.2006.
59. Патент 2006168860 РФ МПК 6 СО7К 1/36. Микрокапсулы \ А.С., Даниско // БИПМ.-27.03.2007.
60. Патент РФ № 2422044- Способ получения пектина и пищевых волокон из тыквенного жома .заявитель: Лосева В.А., Путилина Л.Н., Матвейченко И.А., патентообладатель ВГТА., заявл.21.12.2009., опубл.27.06.2011.- 4 с.
61. Патент 2156593, МПК 7 А 23L 1/214, 1/308. Способ получения пищевого волокна из свекловичного жома /В.А Колесников, Ю.И. Молотилин. А.И.Артемьев и др.// Оpubл.27.09.2000-БгОА №27. – 203с.

62. Патент № R4 (11) 2100936(13)c1 . 10.0101998 Рф Способ приготовления закваски для получения лечебно-профилактического продукта «Нормофлор» и способ его получения (заявитель и патентообладатель Бевз И.И., Лизько И.И., Пархимович Г.А.), № 96103941/13, заявлен 28.02.1996 опубл.10.01.1998.- 5 с.
63. Полянский, К. К. Химия и физика молока и молочных продуктов: лабораторный практикум / К. К. Полянский, Л. Г. Кириллова, Н. С. Родионова, Е. И. Мельникова, Г. М. Смольский; Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2003. – 180 с.
64. Петров, Д. А. Разработка состава и технологии углеводно-белкового сквашенного напитка для спортивного питания : автореф. дис. канд. тех. наук 05.18.04. – СПб, 2009. – 23 с.
65. Позднякова, А. В. Исследование и разработка технологии структурированного кисломолочного напитка: автореф. дис. канд. тех. наук. – Кемерово, 2012. – 26с.
66. Попов, С. В. Иммуномодулирующее действие пектиновых полисахаридов: дис. ... доктора биологических наук: 03.01.04 – Сыктывкар, 2010.- 247 с.
67. Родионова, Н.С. Эффективность электрофлотационного выделения сывороточных белков / Н.С. Родионова, И.П. Щетилина // Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2003 . – № 6. – С. 75-76.
68. Ромоданова, В.А. Использование молочного сырья для получения пектинопродуктов на основе пектиновых концентратов / В.А. Ромоданова, Г.А. Скорченко, Л.М. Бондарчук, И.Н. Бондаренко, Н.С. Карпович, Л.В.Донченко // Научн. и практ. пути решения проблемы производства пектина: тез. докл. 1 Всерос. н.-т. Семинара. – Краснодар. – 1993. – С.60-61.
69. Ромоданова, В.А. Использование яблочного пектинового концентрата в производстве молочных продуктов / В.А. Ромоданова, И.А. Бондаренко // Тез. дкл. 3 н.-т. сем. «Электротехнология пектиновых веществ». – Краснодар. – 1992. – С.54.

70. Руднев, С.Д. Поверхностные свойства межклеточного вещества растительного сырья / С.Д. Руднев, А.М. Попов, Е.А. Шелеметьева // Изв. Вузов. Пищевая технология. – 2009. – № 4. – С.17-20.
71. Рублев, А.Л. Влияние комплексной лактат- и кальцийсодержащей пищевой добавки на реологические свойства йогурта [Электронный ресурс] / А.Л.Рублев, Л.А. Забодалова. – Режим доступа: [processes.open-mechanics.com>articles/348.pdf](http://processes.open-mechanics.com/articles/348.pdf).
72. Савченко, А.А. Витамины как основа иммунометаболической терапии / А.А.Савченко, Е.Н. Анисимова, А.Г. Борисов, А.Е. Кондаков. – Красноярск.: КрасГМУ, 2011. – 213с.
73. Свиридов, В.В. Влияние природы студнеобразования на свойства пищевых студней / В.В. Свиридов, А.В. Башкатова, Н.М. Птичлина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2012. – №1. – С.50.
74. Семёнова, Н.П. Стевия – растение XXI века / Н.П. Семёнова. – ДеЛи, 2010.- 160 с.
75. Сивухин, Д.В. Общий курс физики (в 5 томах) / Д.В. Сивухин. – М: Физматлит. – 3 т.- 654 с.
76. Степаненко, П.П. Микробиология молока и молочных продуктов / П.П. Степаненко. – М: Лира, 2002. – 413 с.
77. Тамим, А. Й. Йогурт и аналогичные кисломолочные продукты : научные основы и технологии / А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон.; пер.с англ.: под науч. ред Л. А. Забодаловой. – СПб.: Профессия, 2003. – 664 с.
78. Титов, С.А. Спектральные характеристики молочной сыворотки, прошедшей ультрафильтрационную обработку на установке с противодавлением / С.А.Титов, Н.П. Довгун // Материалы XLVIII Отчетной научной конференции. – 2009. – 3ч. – С. 171.
79. Титов, С.А. Гидратация в пищевых системах: физические основы и технология продуктов с заданными свойствами: дис. ... д-ра технических наук/ Воронеж, ВГУИТ. – 2012. – 495 с.

80. Харитонов, И.Б. Возможность использования добавок растительного происхождения при производстве кисломолочных продуктов [Электронный ресурс] / И.Б. Харитонов, Л.А. Силантьева. – Режим доступа: processes.open-mechanics.com/articles/354.pdf.
81. Хатко, З.Н. Пектиновая пленка при лечении гнойных ран и трофических язв / З.Н. Хатко, С.Г. Павленко // Материалы 5 научной Международной конференции «Современные проблемы экспериментальной и клинической медицины», Патаяя (Таиланд), 20-28 февраля 2008 г. Научно-теоретический журнал «Фундаментальные исследования». – Москва. – 2008.- №1. – с.150-151.
82. Храмцов, А.Г. Напитки нового поколения из молочной сыворотки / А.Г. Храмцов. М.А.Жилина., П.Г.Нестеренко и др. // Молочная промышленность. – 2006. – № 6. – С.87.
83. Храмцов, А.Г. Оригинальные напитки из молочной сыворотки / А.Г. Храмцов, С.В. Васильева, С.А. Рябцева, Т.С. Воротникова // Молочная промышленность. – 2006. – №6. – С.88-89.
84. Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А.Г. Храмцов. – Профессия, 2011. – 804 с.
85. Храмцов, А.Г. Молочная сыворотка / А.Г. Храмцов. – 2-е изд., перераб. и доп.- М: Агропромиздат, 1990. – 240 с.
86. Храмцов, А.Г. Научно-технические основы биотехнологии молочных продуктов нового поколения / А.Г. Храмцов, Б.М. Синельников, И.А. Евдокимов и др. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2002. – 118 с.
87. Храмцов, А.Г. Промышленная переработка нежирного молочного сырья / А.Г. Храмцов, К.К. Полянский, П.Г. Нестеренко, С.В. Василисин. – Воронеж: изд. ВГУ, 1992. – 192 с.
88. Шевелева, С.А. Характеристика бифидогенных свойств коллагенового сырья / С.А.Шевелева, С.Ю. Батищева // Вопросы питания. – 2012. – Т.81. – № 1.

89. Шендеров, Б.А. Медицинская микробная экология и функциональное питание / Б.А Шендеров.- М.: Грантъ, 1998 – Т.1.- 118 с.
90. Шуваева, Г.П. Ксиланаза микромицета *Rhizopus var microsporus* 595: препаративное получение, структурно-функциональные свойства, применение / Г.П. Шуваева, М.Г. Сысоева // Прикладная биохимия и микробиология. -2010. – Т.46. – № 6. – С. 693-699.
91. Щетилина, И. П. Совершенствование процесса выделения белков молока и молочной сыворотки методом электрофлотации / И. П. Щетилина.- Воронеж. гос. тех. акад. – Воронеж. – 2004.-130 с.
92. Эгамбердиев, Н.Б. Разработка безотходных биотехнологий новых видов продуктов брожения и пектина из местного нетрадиционного сырья: дисс. докт. техн. наук. – Краснодар, 1993. – 82 с.
- 93.Элаткина, А.Р. Лечение хронических болезней органов пищеварения / А.Р. Элаткина, -М. Медицина, 1994. – 336 с.
94. Amatayakul, T. Physical characteristics of set yogurt made with altered casein to whey protein ratios and EPS-producing starter cultures at 9 to 14 % total solids / T. Amatayakul // Food Hydrocolloids. – 2006. – №20.- pp. 314-324.
95. Based on combination of juice and milk – Galactica // Food Eng.. – 1988. – 60. – №11. – pp.62-64.
96. Beaulien, M. The formation of heat-induced protein aggregates in whey protein/pectin mixtures studied by size exclusion chromatography coupled with multi-angle laser light scattering detection / M. Beaulien, M. Corredig, S.L. Turgeon, L. Wicker, J.-L. Doullier // Food Hydrocolloids.- 2005. – №19. – pp. 803-812.
97. Dickinson, E. Casein and emulsions: interfacial properties and interactions / E. Dickinson // International Dairy Journal. – 1999. – №9 .- pp. 305-312.
- 98.Dickinson, E. Agregation in a concentrated model protein system: a mesoscopic simulation of β -casein self-assembly / E. Dickinson, S. Krishna // Food Hydrocolloids. – 2001. – №15. – pp. 107-115.

99. Einsatz von Rohstoffen natürlichen Ursprungs zur Qualitätsverbesserung von Backwaren/ Bollinger Hartmut//Brot und Backwaren, 1989. -,№9.-S.343-344.
100. Fox P., Finn A., Rios S.etal. Biological properties of milk proteins. Dairy Products in Human Health a Nutrition -Balkoma-Rotterdam 1994-p.97-111. ISBN 9054103590.
101. Gauhiainen, T. Blood Pressure lowering effect of lactobacillus helveticus fermented milk containing bioactive peptides Ile-Pro-Pro and Val-Pro-Pro: mechanistic, kinetic and clinical studies- Helsinki : Yliopistopaino, 2007 – 138 p.
102. Harris, P. Gelatin in food Gels \ Elsidier.- London.,1998. – pp. 233-289.
103. Ngarize, S. Studies on & albumin and whey protein interactions by FT-Raman spectroscopy and rheology / S. Ngarize, A. Adams, N.K. Howell // Food Hydrocolloids. – 2004. – №18. – pp. 49-59.
104. Roumen, R., HendricsT., Wevers R., et al // O Arch. Surg-1993,- Vol .128-p. 453-457.
105. www.lactina-ltd.com/rus/info-llb-st.php

Приложения

Экономическая эффективность работы

Для обеспечения эффективного производства необходимо наличие стабильно работающей производственной базы. При производстве кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиных яиц и ПВ в флотированной творожной сыворотке, не требует значительных капитальных затрат. Данная технология может быть реализована в рамках уже существующего производства.

При оценке технико – экономических показателей и оптимизации производства, а также производства новых видов продукции наиболее важными критериями являются минимум затрат на производство, который отражен в показателях себестоимости и максимум прибыли, обусловленной стратегией ценообразования. Предлагаемая технология может быть реализована на технологической линии производства кисломолочных напитков с установкой дополнительного оборудования.

Расчет средней себестоимости кисломолочного напитка с применением сухого порошка перепелиных яиц и ПВ в флотированной творожной сыворотке и оценка рентабельности производства приведены ниже. Все расчеты выполнены в ценах на второе полугодие 2013г. Планируемая месячная выработка 90 т. Сырье и основные материалы определяются исходя из норм расхода сырья и основных материалов согласно рецептуре таблица 5.11.

Таблица 5.11 – Рецептура кисломолочного напитка м.д.ж. 2,5%, кг на 1000кг продукта (без учета потерь)

Наименование сырья	Расход сырья, кг
Масса смеси (м.д.ж. 2,8%):	750,0
обезжиренное молоко (м.д.ж. 0,05%)	634,4
молоко цельное (м.д.ж. 3,4%)	115,6
Сухой порошок перепелиного яйца	10
Флотированная сыворотка	160
Пищевые волокна	10
Сахар	70
Итого	1000
Фруктовый наполнитель	60

Стоимость сырья применяемого при производстве 1 т готового продукта приведена в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Стоимость сырья применяемого при производстве 1 т готового продукта

Сырье		Стоимость, руб/кг	Расход, кг/т	Сумма, руб.
Масса смеси (м.д.ж. 2,8%):				
обезжиренное молоко (м.д.ж. 0,05%)		10	115,6	1156
молоко цельное (м.д.ж. 3,4%)		18	634,4	11419,2
Сухой порошок перепелиного яйца		140	10	1400
Флотированная сыворожка	творожная сыворожка	7,7	160	1232
	стоимость электроэнергии	0,3	160	48
Пищевые волокна		150	10	1500
Сахар		25	70	1750
Фруктовый наполнитель		90	60	5400
Итого				23905,2

Вспомогательные материалы. С учетом опытных выработок установлены величины затрат по статье вспомогательные материалы, составляющие 10% стоимости затрат на сырье и основные материалы:

$$23905,2 \times 0,1 = 2390,5 \text{ руб.}$$

Транспортно – заготовительные расходы. С учетом того, что часть сырья для выработки продукта получена на том же предприятии, транспортные расходы будут заключаться в доставке закупаемого сырья и материалов и составлять 5% от их стоимости:

$$23905,2 \times 0,05 = 1195,26 \text{ руб.}$$

Заработная плата основных рабочих.

Мастер цеха 1 чел. – 15000 руб/мес.

Рабочий 3 чел. – 8 500 руб/мес.
Лаборант 1 чел. – 11000 руб/мес.
Итого: 96500 руб/мес.

Соответственно 1 т готовой продукции будет стоить:

$96500 \div 90 = 1072,2$ руб $\sim 1,07$ тыс. руб.

Отчисления на социальные нужды составляют 28% от заработной платы:

$96500 \times 0,28 = 27020$ руб.

Расходы по содержанию и эксплуатации оборудования составляют 80% от заработной платы:

$96500 \times 0,8 = 77200$ руб.

Общественные расходы составляют 200% от заработной платы:

$96500 \times 2 = 193000$ руб.

Сумма всех расходов равна:

$(1072,2 + 27020 + 77200 + 193000) / 90 = 4374,7$ руб

Производственная себестоимость представляет собой сумму выше перечисленных статей калькуляции и составляет:

$23905,2 + 1195,26 + 2390,5 + 4374,7 = 31865,6$ руб/т

Коммерческие расходы составляют 10% от производственной стоимости:

$31865,6 \times 0,1 = 3186,56$ руб.

Полная себестоимость рассчитывается как сумма производственной себестоимости и коммерческих расходов:

$31865,6 + 3186,56 = 35052,16$ руб/т

Прибыль от реализации 1 т продукции рассчитывается как разница между ценой и полной себестоимостью:

$50000 - 35052,16 = 14947,84$ руб.

Рентабельность производства рассчитываем по формуле:

$R = (П/С) \times 100\%$

где П – прибыль от реализации 1 т продукта, руб;

С – полная стоимость 1 т продукта, руб.

$(14947,84 / 35052,16) \times 100 = 42,6\%$.

Разработанный кисломолочный напиток обладает повышенной пищевой ценностью и хорошими органолептическими показателями. Для успешного продвижения его на рынке необходимо уделить большое внимание внешнему виду и упаковке продукта, калькуляция себестоимости приведена в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Калькуляция себестоимости 1 т кисломолочного напитка

Статьи калькуляции	Стоимость, руб.
Сырье и основные материалы	23905,2
Вспомогательные материалы	2390,52
Транспортно-заготовительные расходы	1195,26
Заработная плата основных рабочих	1072,23
Отчисления на социальные нужды	300,21
Расходы по содержанию оборудования	857,77
Общезаводские расходы	2144,44
Производственная себестоимость	31865,61
Коммерческие расходы	3186,56
Полная себестоимость	35052,16
Оптовая цена	50000
Прибыль от реализации 1 т продукции	14947,84
Рентабельность производства, %	42,6

**Тенденции изменения молочно-кислых бактерий в кислomолочном напитке
в процессе сквашивания, в зависимости от содержания сухого порошка**

Время	Контрольный образец		0,5 г сухого порошка		1 г сухого порошка		2 г сухого порошка	
	Анаэр. Льм. bulgaricum	Str. thermophilus	Анаэр. Льм. bulgaricum	Str. thermophilus	Анаэр. Льм. bulgaricum	Str. thermophilus	Анаэр. Льм. bulgaricum	Str. thermophilus
10 ³⁰	6,7	1,8·10 ⁴	6,7	2,0·10 ⁴	6,7	2,2·10 ⁴	6,7	2,5·10 ⁴
11 ³⁰	5,9	3,6·10 ⁵	5,87	4,5·10 ⁵	6,0	1,2·10 ⁵	5,6	1,5·10 ⁵
12 ³⁰	5,5	2,8·10 ⁴	5,25	2,2·10 ⁴	5,32	7,5·10 ⁵	5,3	8,0·10 ⁵
13 ³⁰	5,1	1,7·10 ⁵	5,0	2,8·10 ⁵	5,0	2,6·10 ⁶	5,1	3,8·10 ⁶
14 ³⁰	4,9	2,2·10 ⁶	4,85	3,0·10 ⁶	4,8	7,1·10 ⁷	4,9	8,5·10 ⁷
15 ³⁰	4,7	3,8·10 ⁷	4,7	4,3·10 ⁷	4,75	6,9·10 ⁸	4,8	8,0·10 ⁸
16 ⁰⁰	4,4	4,0·10 ⁸	4,45	4,9·10 ⁸	4,5	4,6·10 ⁹	4,6	8,8·10 ⁹
8 ³⁰			4,7				4,7	

Посев производили каждый час, подсчет выросших колоний через 48 часов.
Для определения Льм. Bulgaricum – среда MRS (t° 37°) 72 ч анаэробные условия
Для определения Str. Thermophilus – среда M17 (t° 37°) 48 ч



Ирина Владимировна Мухоморова
Александр Владимирович Дубошук

**Тенденции изменения молочно-кислых бактерий в кислomолочном напите
в процессе сквашивания, в зависимости от содержания натурального перепелиного яйца**

Время	0,5 г натурального перепелиного яйца		1 г натурального перепелиного яйца		2 г натурального перепелиного яйца	
	pH	Анаэр. Lbm. bulgaricum	Str. thermophilus	pH	Анаэр. Lbm. bulgaricum	Str. thermophilus
10 ³⁰	6,7	10 ² ·10 ³	2,1·10 ⁴	6,7	10 ² ·10 ³	2,25·10 ⁴
11 ³⁰	5,9	4,55·10 ³	1,3·10 ³	5,85	5,2·10 ³	1,9·10 ³
12 ³⁰	5,2	2,8·10 ³	8,1·10 ³	5,3	2,6·10 ⁴	8,7·10 ³
13 ³⁰	5,0	3,0·10 ³	2,0·10 ⁶	5,0	3,5·10 ³	4,2·10 ⁶
14 ³⁰	4,8	3,3·10 ⁶	7,0·10 ⁷	4,9	3,7·10 ⁶	8,6·10 ⁷
15 ³⁰	4,5	4,35·10 ⁷	2,3·10 ⁸	4,75	5,2·10 ⁷	7,8·10 ⁸
16 ⁰⁰	4,45	5,1·10 ⁸	4,0·10 ⁹	4,4	5,4·10 ⁸	6,5·10 ⁹



В.А. Мухоморова
С.А. Мухоморова
С.А. Мухоморова

Воронежская государственная технологическая академия

ОКП 92 2469

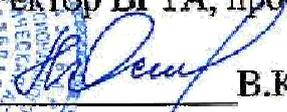
Группа Н 17
(ОКС 67.100.10)

СОГЛАСОВАНО
Главный государственный
санитарный врач по
Воронежской области
_____ М.И. Чубирко

« ____ » _____ 2005 г.



УТВЕРЖДАЮ
Ректор ВГТА, проф.


_____ В.К. Битюков

« 30 » марта 2005 г.

Ген. Директор ОАО
"Перепелиное хозяйство"
_____ О.В. Шинкаренко

« 24 » _____ 2005 г.

НАПИТОК КИСЛОМОЛОЧНЫЙ

Технические условия
ТУ 9224-017-02068108-2005
(Вводятся впервые)

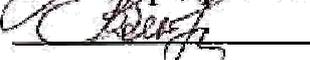
Дата введения в действие – 01.05.2005

РАЗРАБОТАНО: ВГТА

Зав. кафедрой технологии молока и
молочных продуктов, д.т.н., проф.


_____ Л.В. Голубева

к.т.н. кафедры ТММП


_____ Д.В. Ключникова
аспирант


_____ Н.П. Довгун

ОАО "Перепелиное хозяйство"

Руководитель проекта


_____ Г.Г. Грачев

Воронеж
2005

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
«ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ»

АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР

Юридический адрес: 394038, г. Воронеж,
ул. Космонавтов, 21
Телефон, факс: 2637761, 2636228,
e-mail: san@sanep.vrn.ru
ОКПО 75929854, ОГРН 1053600128889
ИНН/КПП 3665049241/366501001

Лицензия №77.99.03.001.Л.001043.08.05 от 01.08.2005
Действие до 01.08.2015г
Аттестат аккредитации №ГСЭН.RU. ЦОА.037
Зарегистрирован в Реестре Системы «20» октября 2011г.
Действителен до «20» октября 2016г.
Зарегистрирован в Едином реестре
№РОСС RU. 0001. 510125 «20» октября 2011г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 8852п
от 09 августа 2013г

НАИМЕНОВАНИЕ ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): йогурт с закваской УО
ЗАКАЗЧИК (НАИМЕНОВАНИЕ, ЮРИДИЧЕСКИЙ АДРЕС): Довгун Н.П., г. Воронеж, ул. Берег
реки Дон, д.29Б, кв.193.
ДАТА И ВРЕМЯ ОТБОРА ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): 05 августа 2013 11 час. 00 мин.
ДАТА И ВРЕМЯ ДОСТАВКИ ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): 05 августа 2013 12 час. 00 мин.
ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ: 05 августа 2013 - 09 августа 2013
ЦЕЛЬ ОТБОРА: определение количества *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*.
ЮРИДИЧЕСКОЕ ЛИЦО, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬ ИЛИ ФИЗИЧЕСКОЕ ЛИЦО,
У КОТОРОГО ОТБИРАЛАСЬ ПРОБА (ОБРАЗЕЦ):-
ОБЪЕКТ, ГДЕ ПРОИЗВОДИЛСЯ ОТБОР ПРОБЫ (ОБРАЗЦА):
КОД ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): АР 8851-10п
ДАТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ: 04-05.08.13
ДАТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ: 04-05.08.13
ТАРА, УПАКОВКА: потребительская
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ: проба отобрана и доставлена Довгуном Н.П. Акт отбора
от 05.08.2013г.

Лицо ответственное за оформление данного протокола

Руководитель (заместитель) ИЛЦ



М.П.

Коробейникова Е.М.

Попова Т.А.

Код образца (пробы): АР 8852-10п

Микробиологические показатели				
№ п/п	Определяемые показатели, единицы измерений	Результаты испытаний	Нормативы	ИД на методы испытаний
1	2	3	4	5
1	<i>S. thermophilus</i> , КОЕ/г, не менее	более 1×10^{11}	-	ГОСТ 10 444.11-89
	<i>L. bulgaricus</i> , КОЕ/г, не менее	менее 1×10^8	-	ГОСТ Р 51331-99

Исследования проводили:

Должность	Ф.И.О.	Подпись
Врач-бактериолог	Маляренко Е.Н.	

Заведующий бактериологической лабораторией


Подпись

И.М. Дегтярева

Протокол № 8852п

Общее количество страниц 2; страница 2

Протокол характеризует исключительно испытанный образец (пробу) и не может быть частично воспроизведен без согласия ИЛЦ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
«ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ»

АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР

Юридический адрес: 394038, г. Воронеж,
ул. Космонавтов, 21
Телефон, факс: 2637761, 2636228,
e-mail: san@sanep.vrn.ru
ОКПО 75929854, ОГРН 1053600128889
ИНН/КПП 3665049241/366501001

Лицензия №77.99.03.001.Л.001043.08.05 от 01.08.2005
Действие до 01.08.2015г
Аттестат аккредитации №ГСЭН.RU. ЦОА.037
Зарегистрирован в Реестре Системы «20» октября 2011г.
Действителен до «20» октября 2016г.
Зарегистрирован в Едином реестре
№РОСС RU. 0001. 510125 «20» октября 2011г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 8851п
от 09 августа 2013г

НАИМЕНОВАНИЕ ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): йогурт с закваской YO-Mix
ЗАКАЗЧИК (НАИМЕНОВАНИЕ, ЮРИДИЧЕСКИЙ АДРЕС): Довгун Н.П., г. Воронеж, ул. Берег
реки Дон, д.29Е, кв.193.
ДАТА И ВРЕМЯ ОТБОРА ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): 05 августа 2013 11 час. 00 мин.
ДАТА И ВРЕМЯ ДОСТАВКИ ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): 05 августа 2013 12 час. 00 мин.
ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ: 05 августа 2013 - 09 августа 2013
ЦЕЛЬ ОТБОРА: определение количества *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*.
ЮРИДИЧЕСКОЕ ЛИЦО, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬ ИЛИ ФИЗИЧЕСКОЕ ЛИЦО,
У КОТОРОГО ОТБИРАЛАСЬ ПРОБА (ОБРАЗЕЦ): -
ОБЪЕКТ, ГДЕ ПРОИЗВОДИЛСЯ ОТБОР ПРОБЫ (ОБРАЗЦА):
КОД ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): AP 8851-10п
ДАТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ: 04-05.08.13
ТАРА, УПАКОВКА: потребительская
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ: проба отобрана и доставлена Довгуном Н.П. Акт отбора
от 05.08.2013г.

Лицо ответственное за оформление данного протокола

Руководитель (заместитель) ИЛЦ



Коробейникова Е.М.

Попова Т.А.

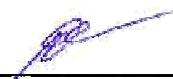
Код образца (пробы): АР 8851-10п

Микробиологические показатели				
№ п/п	Определяемые показатели, единицы измерений	Результаты испытаний	Нормативы	ИД на методы испытаний
1	2	3	4	5
1	S. thermophilus, КОЕ/г, не менее	более 1×10^{11}	-	ГОСТ 10 444.11-89
	L. bulgaricus, КОЕ/г, не менее	$3,3 \times 10^8$	-	ГОСТ Р 51331-99

Исследования проводили:

Должность	Ф.И.О.	Подпись
Врач-бактериолог	Маляренко Е.Н.	

Заведующий бактериологической лабораторией


Подпись

И.М. Дегтярева

Протокол № 8851п
Общее количество страниц 2; страница 2
Протокол характеризует исключительно испытанный образец (пробу)
и не может быть частично воспроизведен без согласия ИЛЦ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ПРАВ
ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И БЛАГОПОЛУЧИЯ ЧЕЛОВЕКА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
«ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ»

АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР

Юридический адрес: 394038, г. Воронеж,
ул. Космонавтов, 21
Телефон, факс: 2637761, 2636228,
e-mail: san@sanep.vrn.ru
ОКПО 75929854, ОГРН 1053600128889
ИНН/КПП 3665049241/366501001

Лицензия №77.99.03.001.Л.001043.08.05 от 01.08.2005
Действие до 01.08.2015г
Аттестат аккредитации №ГСЭН.RU. ЦОА.037
Зарегистрирован в Реестре Системы «20» октября 2011г.
Действителен до «20» октября 2016г.
Зарегистрирован в Едином реестре
№РОСС RU. 0001. 510125 «20» октября 2011г.

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ № 8853п
от 09 августа 2013г

НАИМЕНОВАНИЕ ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): йогурт с закваской АiVi

ЗАКАЗЧИК (НАИМЕНОВАНИЕ, ЮРИДИЧЕСКИЙ АДРЕС): Довгун Н.П., г. Воронеж, ул. Берег
реки Дон, д.29Е, кв.193.

ДАТА И ВРЕМЯ ОТБОРА ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): 05 августа 2013 11 час. 00 мин.

ДАТА И ВРЕМЯ ДОСТАВКИ ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): 05 августа 2013 12 час. 00 мин.

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЯ: 05 августа 2013 - 09 августа 2013

ЦЕЛЬ ОТБОРА: определение количества *S. thermophilus*, *L. bulgaricus*.

ЮРИДИЧЕСКОЕ ЛИЦО, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬ ИЛИ ФИЗИЧЕСКОЕ ЛИЦО,
У КОТОРОГО ОТБИРАЛАСЬ ПРОБА (ОБРАЗЕЦ):-

ОБЪЕКТ, ГДЕ ПРОИЗВОДИЛСЯ ОТБОР ПРОБЫ (ОБРАЗЦА):

КОД ПРОБЫ (ОБРАЗЦА): AP 8853-10п

ДАТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ: 04-05.08.13

ТАРА, УПАКОВКА: потребительская

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ: проба отобрана и доставлена Довгуном Н.П. Акт отбора
от 05.08.2013г.

Лицо ответственное за оформление данного протокола

Руководитель (заместитель) ИЛЦ



Коробейникова Е.М.

Полова Т.А.

Код образца (пробы): AP 8853-10п

Микробиологические показатели				
№ п/п	Определяемые показатели, единицы измерений	Результаты испытаний	Нормативы	ИД на методы испытаний
1	2	3	4	5
1	<i>S. thermophilus</i> , КОЕ/г, не менее	более 1×10^{11}	-	ГОСТ 10 444.11-89
	<i>L. bulgaricus</i> , КОЕ/г, не менее	$1,8 \times 10^8$	-	ГОСТ Р 51331-99

Исследования проводили:

Должность	Ф.И.О.	Подпись
Врач-бактериолог	Маляренко Е.Н.	

Заведующий бактериологической лабораторией


Подпись

И.М. Дегтярева

Протокол № 8853п

Общее количество страниц 2; страница 2

Протокол характеризует исключительно испытанный образец (пробу) и не может быть частично воспроизведен без согласия ИИЦ

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ № 935 от 17.09.2013 года

№ регистрации проб: 166

Наименование образца (пробы), дата изготовления, партии:

Проба № 935 — Йогурт ИЦ «Бирюч», дата выработки: 12.09.2013.

Акт отбора проб: 166

Заявитель: ОАО «Эфко» пилотная установка (Федорова)

Отбор произведен: лаборант Данченко Н.В.

Изготовитель: ООО «ЭФКО»

Объект, где производился отбор пробы (образца): Пилотная установка

Дата поступления образца: 12.09.2013 года

Дата проведения испытаний: 12.09.2013 — 17.09.2013 г

ИД на методику отбора: ГОСТ Р 54004-2010

Результаты испытаний:

Проба №935

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	ИД на метод исследований	Нормативный показатель	Результаты исследований
1	2	3	4	5	6
Микробиологические исследования:					
2	БГКП	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 0,01	Не обнаружены
3	Патогенная микрофлора в т.ч. сальмонеллы	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 25,0	Не обнаружены
4	S.aureus	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 1,0	Не обнаружен
5	Дрожжи	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружена
6	Плесень	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружена

Вывод: Образцы продукта соответствуют СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по исследуемым показателям.

Ответственный за оформление протокола:

Шихитова С.П.

Начальник лаборатории:

Хвова В.Г.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ № 950 от 21.09.2013 года

№ регистрации проб: 229

Наименование образца (пробы), дата изготовления, партия:

Проба № 950 — Йогурт ИЦ «Бирюч», дата выработки: 12.09.2013.

Акт отбора проб: 229

Заявитель: ОАО «Эфко» пилотная установка (Федорова)

Отбор произведен: лаборант Данченко Н.В.

Изготовитель: ООО «ЭФКО»

Объект, где производился отбор пробы (образца): Пилотная установка

Дата поступления образца: 16.09.2013 года

Дата проведения испытаний: 16.09.2013 — 21.09.2013 г

НД на методику отбора: ГОСТ Р 54004-2010

Результаты испытаний:

Проба №950

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	НД на метод исследований	Нормативный показатель	Результаты исследований
1	2	3	4	5	6
Микробиологические исследования:					
2	БГКП	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 0,01	Не обнаружены
3	Патогенная микрофлора в т.ч. сальмонелла	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 25,0	Не обнаружены
4	Salmonella	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 1,0	Не обнаружен
5	Дрожжи	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружены
6	Плесень	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружены

Вывод: Образцы продукта соответствуют СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по исследуемым показателям.

Ответственный за оформление протокола:

Щихатова С.П.

Начальник лаборатории:

Хисова В.Г.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ № 972 от 23.09.2013 года

№ регистрации проб: 269

Наименование образца (пробы), дата изготовления, партии:

Проба № 972 — Йогурт ИЦ «Бирюч», дата выработки: 12.09.2013.

Акт отбора проб: 269

Заявитель: ОАО «Эфко» пилотная установка (Федорова)

Отбор произведен: лаборант /Калашникова С.И.

Изготовитель: ООО «ЭФКО»

Объект, где производился отбор пробы (образца): Пилотная установка

Дата поступления образца: 18.09.2013 года

Дата проведения испытаний: 18.09.2013 — 23.09.2013 г

НД на методику отбора: ГОСТ Р 54004-2010

Результаты испытаний:

Проба №972

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	НД на метод исследований	Нормативный показатель	Результаты исследований
1	2	3	4	5	6
Микробиологические исследования:					
2	БГКП	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 0,01	Не обнаружены
3	Патогенная микрофлора в т.ч. сальмонеллы	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 25,0	Не обнаружены
4	Salmonis	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 1,0	Не обнаружен
5	Дрожжи	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружены
6	Плесень	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружена

Вывод: Образцы продукта соответствуют СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по исследуемым показателям.

Ответственный за оформление протокола:

Шихатова С.Л.

Начальник лаборатории:

Хвостя В.С.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ № 981 от 25.09.2013 года

№ регистрации проб: 312
 Наименование образца(пробы), дата изготовления, партия:
Проба № 981 — Йогурт ИЦ «Вирюч», дата выработки: 12.09.2013.
 Акт отбора проб: 312
 Заявитель: ОАО «Эфко» пилотная установка (Фёдоров)
 Отбор произведен: лаборант Данченко Н.В.
 Изготовитель: ООО «ЭФКО»
 Объект, где производился отбор пробы (образца): Пилотная установка
 Дата поступления образца: 20.09.2013 года
 Дата проведения испытаний: 20.09.2013 — 25.09.2013 г
 НД на методику отбора: ГОСТ Р 54004-2010

**Результаты испытаний:
 Проба №981**

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	НД на метод исследования	Нормативный показатель	Результаты исследований
1	2	3	4	5	6
Микробиологические исследования:					
2	БГКП	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 0,01	Не обнаружены
3	Патогенная микрофлора в т.ч. сальмонелла	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 25,0	Не обнаружены
4	S.aureus	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 1,0	Не обнаружен
5	Дрожжи	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружены
6	Плесень	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружена

Вывод: Образцы продукта соответствуют СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по исследуемым показателям.

Ответственный за оформление протокола

Жученко Л.В.

Начальник лаборатории:

Хвова В.Г.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ №1014 от 29.09.2013 года

№ регистрации проб: 395
 Наименование образца(пробы), дата изготовления, партия:
Проба № 1014— Йогурт ИЦ «Бирюч», дата выработки: 12.09.2013.
 Акт отбора проб: 395
 Заявитель: ОАО «Эфко» в пилотная установка (Фёдорова)
 Отбор произведен: лаборант Данченко Н.В.
 Изготовитель: ООО «ЭФКО»
 Объект, где производился отбор пробы (образца): Пилотная установка
 Дата поступления образца: 24.09.2013 года
 Дата проведения испытаний: 24.09.2013 — 29.09.2013 г.
 НД на методику отбора: ГОСТ Р 54004-2010

**Результаты испытаний:
 Проба №1014**

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	НД на метод исследований	Нормативный показатель	Результаты исследований
1	2	3	4	5	6
Микробиологические исследования:					
2	БГКП	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 0,01	Не обнаружены
3	Патогенная микрофлора в т.ч. сальмонелла	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 25,0	Не обнаружены
4	<i>S. aureus</i>	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 1,0	Не обнаружен
5	Дрожжи	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружены
6	Плесень	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружена

Вывод: Образцы продукта соответствуют СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по исследуемым показателям.

Ответственный за оформление протокола:

Шихатова С.П.

Начальник лаборатории:

Хлюева В.Г.



ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЯ №1046 от 05.10.2013 года

№ регистрации проб: 525
 Наименование образца(пробы), дата изготовления, партия:
 Проба № 1046— Йогурт ИЦ «Бирюч», дата выработки: 12.09.2013.
 Акт отбора проб: 525
 Заявитель: ОАО «Эфио» пилотная установка (Федорова)
 Отбор произведен: лаборант Максименко С.В.
 Изготовитель : ООО «ЭФКО»
 Объект, где производился отбор пробы (образца): Пилотная установка
 Дата поступления образца: 30.09.2013 года
 Дата проведения испытаний: 30.09.2013 — 05.10.2013 г
 НД на методику отбора: ГОСТ Р 54004-2010

**Результаты испытаний:
 Проба №1046**

№ п/п	Определяемые показатели	Единица измерения	НД на метод исследований	Нормативный показатель	Результаты исследований
1	2	3	4	5	6
Микробиологические исследования:					
2	БГКП	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 0,01	Не обнаружены
3	Патогенная микрофлора в т.ч. сальмонелла	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускаются в 25,0	Не обнаружены
4	Э.аитерис	г	ГОСТ 53944-2010	Не допускается в 1,0	Не обнаружен
5	Дрожжи	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружены
6	Плесень	КОЕ/г	ГОСТ 10444.12-88	-	Не обнаружена

Вывод: Образцы продукта соответствуют СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» по исследуемым показателям.

Ответственный за оформление протокола :

Жученко Л.В.

Начальник лаборатории:

Хлюева В.Г.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2305410

**СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НАПИТКА
КИСЛОМОЛОЧНОГО**

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная технологическая академия (RU), Шинкаренко Валерий Викторович (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2005106857

Приоритет изобретения 14 марта 2005 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 сентября 2007 г.

Срок действия патента истекает 14 марта 2025 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.Н. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2307515

СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ НАПИТКА МОЛОЧНОГО

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная технологическая академия (RU), Шинкаренко Валерий Викторович (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2005106854

Приоритет изобретения 14 марта 2005 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 октября 2007 г.

Срок действия патента истекает 14 марта 2025 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов

ООО «Узловский молочный комбинат»

301602, Тульская область, Узловский район,
Дубовское шоссе, д.3
Тел: +7(48731) 5-22-92
факс: +7(48731) 5-70-90
e-mail: mail@uzmolkom.ru
www.uzmolkom.ru



Узловский Молочный Комбинат

Акт №1

от 10.07.13г

о проведении дегустации флотированной творожной сыворотки.

На базе исследовательского отдела ООО «УМК» проведена дегустация флотированной творожной сыворотки. Образцы представлены на дегустацию комиссии, состоящей из 7 сотрудников ООО «УМК».

Результаты органолептической оценки сведены в таблицу:

№ п/п	Наименование образца	Цвет	Вкус
1	Контроль, творожная сыворотка	Зеленый	Кислый, вкус сыворотки
2	Сыворотка флотированная $\tau=20$ мин	Светло зеленый	Слабо кислый, послевкусие сыворотки
3	Сыворотка флотированная $\tau=30$ мин	Светлый с зеленоватым оттенком	Вкус обезжиренного молока
4	Сыворотка флотированная $\tau=40$ мин	Светлый с желтоватым оттенком	Вкус обезжиренного молока сладковато-солонватый
5	Сыворотка флотированная $\tau=45$ мин	Светлый с желтоватым оттенком	Вкус обезжиренного молока, солонватый

Председатель Совета директоров

ООО «Узловский Молочный Комбинат»

Руководитель исследовательского отдела ООО «УМК»



Величковский В.Н.

Автандилян Б.Н.

ООО «Узловский молочный комбинат»

301602, Тульская область, Узловский район,
Дубовское шоссе, д.3
Тел: +7(48731) 5-22-92
факс: +7(48731) 5-70-90
e-mail: mail@uzmolkom.ru
www.uzmolkom.ru



Узловский Молочный Комбинат

Акт №1

от 10.07.13г

о проведении испытания суспензии пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки.

На базе исследовательского отдела ООО «УМК» проведены испытания пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки при производстве йогурта. Образцы представлены на дегустацию комиссии, состоящей из 7 сотрудников ООО «УМК».

Результаты органолептической оценки сведены в таблицу:

№ п/п	Наименование образца	Консистенция	Вкус и запах
1	йогурт, выработанный на производстве – контроль.	Плотная	Чистый кисломолочный, без постороннего запаха
2	йогурт без фруктового наполнителя, выработанный с использованием пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки, в количестве 1% сухого вещества пищевого волокна и 16 % флотированной сыворотки, от массы исходной смеси.	Плотная	Чистый кисломолочный, в меру сладкий, без постороннего запаха
3	йогурт без фруктового наполнителя, выработанный с использованием пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки, в количестве 0,5% сухого вещества пищевого волокна и 16 % флотированной сыворотки, от массы исходной смеси.	Слабая	Чистый кисломолочный, в меру сладкий, без постороннего запаха
4	йогурт без фруктового наполнителя, выработанный с использованием пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки, в количестве 1,5% сухого вещества пищевого волокна и 16 % флотированной сыворотки, от массы исходной смеси.	Плотная	В теплом виде продукт по вкусу практически не отличался от контрольного образца. В созревшем образце 3 из 7 человек отметили нехарактерный привкус («мучной», «пшеничный», «травяной»)

Председатель Совета директоров

ООО «Узловский Молочный Комбинат»

Руководитель исследовательского отдела ООО «УМК»



Величковский В.Н.

Б.Н. Автандилян

ООО «Узловский молочный комбинат»

301602, Тульская область, Узловский район,
Дубовское шоссе, д.3
Тел: +7(48731) 5-22-92
факс: +7(48731) 5-70-90
e-mail: mail@uzmolkom.ru
www.uzmolkom.ru



Узловский Молочный Комбинат

Акт №1

от 10.07.13г

о проведении испытания суспензии пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки.

На базе исследовательского отдела ООО «УМК» проведены испытания пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки при производстве йогурта. Образцы представлены на дегустацию комиссии, состоящей из 7 сотрудников ООО «УМК».

Результаты органолептической оценки сведены в таблицу:

№ п/п	Наименование образца	Консистенция	Вкус и запах
1	йогурт, выработанный на производстве – контроль.	Плотная	Чистый кисломолочный, без постороннего запаха
2	йогурт без фруктового наполнителя, выработанный с использованием пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки, в количестве 1% сухого вещества пищевого волокна и 16 % флотированной сыворотки, от массы исходной смеси.	Плотная	Чистый кисломолочный, в меру сладкий, без постороннего запаха
3	йогурт без фруктового наполнителя, выработанный с использованием пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки, в количестве 0,5% сухого вещества пищевого волокна и 16 % флотированной сыворотки, от массы исходной смеси.	Слабая	Чистый кисломолочный, в меру сладкий, без постороннего запаха
4	йогурт без фруктового наполнителя, выработанный с использованием пищевого волокна «Эколайтnative» и флотированной творожной сыворотки, в количестве 1,5% сухого вещества пищевого волокна и 16 % флотированной сыворотки, от массы исходной смеси.	Плотная	В теплом виде продукт по вкусу практически не отличался от контрольного образца. В созревшем образце 3 из 7 человек отметили нехарактерный привкус («мучной», «пшеничный», «травяной»)

Председатель Совета директоров

ООО «Узловский Молочный Комбинат»

Руководитель исследовательского отдела ООО «УМК»



Величковский В.Н.

Б.Н. Автандилян



Узловский Молочный Комбинат

ООО «Узловский молочный комбинат»

301602, Тульская область, Узловский район,
Дубовское шоссе, д.3
Тел: +7(48731) 5-22-92
факс: +7(48731) 5-70-90
e-mail: mail@uzmolkom.ru
www.uzmolkom.ru

Васильев В.Н.
Утверждаю
Председатель совета директоров
ООО «Узловский Молочный Комбинат»
Величковский В.Н.
«22» августа 2013 г.

АКТ

опытно-производственной выработки кисломолочного напитка с применением суспензии пищевых волокон на флотированной творожной сыворотке

Настоящий акт составлен представителем ООО «Узловский Молочный Комбинат»: руководителем Департамента исследований и разработок Автандилян Б.Н. и соискателем на ученую степень кандидата технических наук Довгун Н.П., по результатам опытно-производственной выработки кисломолочного напитка с применением суспензии пищевых волокон на флотированной творожной сыворотке.

Напиток кисломолочный с массовой долей жира 3,2%, вырабатывали по следующей производственной рецептуре, кг/100 кг продукта:

Наименование сырья	Расход сырья, кг
Молоко сырье м.д.ж. 3,4%	720
Сухой порошок перепелиного яйца	10,0
Сыворотка творожная флотированная	190,0
Пищевые волокна	10,0
Сахар	70,0
Итого	1000,0
Закваска прямого внесения Danisco YO-MIX 401	

Пищевые волокна восстанавливали в флотированной творожной сыворотке при температуре 35 – 50°C, и проводили измельчение до получения суспензии пищевых волокон. Затем суспензию пищевых волокон гомогенизировали при температуре 50 – 70°C и давлении 20,0 МПа. Гомогенизованную однородную мелкодисперсную суспензию пищевых волокон добавляли в нормализованное по массовой доле жира и белка молоко, перемешивали и вносили оставшиеся рецептурные компоненты. После составления молочной нормализованной смеси проводили гомогенизацию (55±5°C; 12,5-17,5 МПа), пастеризацию (t=80-92°C с выдержкой 5 мин), охлаждение до 40±2°C. Закваску использовали прямого внесения (термофильный стрептококк и болгарская палочка), которую вносили в резервуар при включенной мешалке, смесь перемешивали в течении 15-30 мин. Скваживание проводили в резервуаре в течении 4-6 часов до достижения кислотности 90°Т.



Узловский Молочный Комбинат

Охлажденный до 18 – 20°C кисломолочный сгусток фасовали в потребительскую тару и направляли в камеру хранения (4±2°C).

Готовый продукт по органолептическим и физико-химическим показателям соответствовал требованиям ГОСТ Р 51331-99 «Йогурты. Общие технические условия».

Таким образом, проведенная опытно-промышленная выработка позволяет рекомендовать использование гомогенной мелкодисперсной суспензии пищевых волокон на флотированной творожной сыворотке, при производстве кисломолочных напитков. Это положительно сказывается на качестве готового продукта, интенсифицирует процесс сквашивания, повышает структурно-механические свойства, и обеспечивает увеличение пищевой и биологической ценности.

Акт подписали:

Генеральный директор

Э.М.Афромеев

Руководитель Департамента исследований и разработок

Б.Н.Автандилян

Технолог экспериментального участка

О.В.Савина

Начальник лаборатории

Ю.А.Владимирова

Контролер готовой продукции

А.С.Гриднев

Соискатель ученой степени кандидата технических наук

Н.П.Довгун