

Ф.В. Перцевой, П.В. Гурский, В.И. Ладыка
О.В. Пасько, Л.З. Шильман, И.В. Симакова
Н.Ф. Перцевой, М.В. Обозная, З.Ч. Гарнцарек

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВОРОГА И ИНГРЕДИЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Монография

Под редакцией Ф.В. Перцевого, П.В. Гурского

RU
science
RU-SCIENCE.COM
Москва
2020

УДК 637.1
ББК 36.992
О-22

Рецензенты:

- М.Ф. Кравченко**, профессор кафедры технологии и организации ресторанного хозяйства Киевского национального торгово-экономического университета, д-р техн. наук, проф.
П.П. Пивоваров, профессор кафедры пищевых технологий в ресторанной индустрии Харьковского государственного университета питания и торговли, д-р техн. наук, проф.

Авторы:

- Ф.В. Перцевой**, заведующий кафедрой технологии питания Сумского национального аграрного университета, д-р техн. наук, проф.,
П.В. Гурский, профессор кафедры оборудования и инжиниринга перерабатывающих и пищевых производств Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко, канд. техн. наук,
В.И. Ладька, академик НААН, ректор Сумского национального аграрного университета, д-р с.-х. наук, проф.,
О.В. Пасько, заведующая кафедрой гостинично-ресторанного бизнеса и туризма Российского университета дружбы народов, д-р техн. наук, проф.,
Л.З. Шильман, профессор кафедры технологии питания Сумского национального аграрного университета, канд. техн. наук,
И.В. Симакова, профессор кафедры технологии питания Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова, д-р техн. наук,
Н.Ф. Перцевой, старший преподаватель кафедры технологии мяса Харьковского государственного университета питания и торговли, канд. техн. наук,
З.Ч. Ганцарек, профессор Экономического университета во Вроцлаве, д-р с.-х. наук

Обоснование технологии кулинарной продукции с использованием творога
О-22 и ингредиентов растительного происхождения : монография / кол. авторов ; под ред. Ф.В. Перцевого, П.В. Гурского. — Москва : РУСАЙНС, 2020. — 364 с.

ISBN 978-5-4365-6355-8

Монография содержит концентрированную и систематизированную научную информацию, которая представлена текстовой формой, рисунками, схемами, таблицами и технологическими расчетами, относительно использования молочного и растительного сырья в технологиях кулинарной продукции.

Монография предназначена для преподавателей, аспирантов и студентов, которые занимаются научной работой.

Ключевые слова: ионообмен, гидратация белка, влагоудерживающая способность, энергия активации, эмульгирование, структурообразование, межмолекулярные связи, термостойкость.

УДК 637.1
ББК 36.992

ISBN 978-5-4365-6355-8

© Коллектив авторов, 2020
© ООО «РУСАЙНС», 2020

Оглавление

Введение	7
Глава 1. Общая характеристика молочных белков	10
1.1 Пищевая и биологическая ценность молочных белков	10
1.2 Физико-химические свойства белков молока	12
1.3 Функционально-технологические свойства белков молока	20
1.4 Теоретические основы получения молочных белков	28
1.5 Структурно-механические свойства молочных белков	34
1.6 Использование молочных белков в технологии кулинарной продукции .	35
Литература к главе 1	40
Глава 2. Современные тенденции развития технологий структурированной продукции на основе творога нежирного и перспективы использования ядра семян подсолнечника	45
2.1. Анализ современного состояния и перспективы развития технологий структурированной продукции на основе творога	45
2.2. Характеристика химического состава, функционально-технологических свойств белка творога	47
2.3. Обоснование замораживания творога для создания его запасов	50
2.4. Перспективы использования концентрата ядра семян подсолнечника и желатина в составе полуфабриката творожного структурированного.....	53
2.4.1. Характеристика химического состава ядра семян подсолнечника и анализ технологий белковых продуктов его переработки.....	53
2.4.2. Анализ функциональных свойств желатина	60
Литература к главе 2	67
Глава 3. Научное обоснование технологии паст закусочных	83
3.1. Обоснование выбора компонентов модельной системы паст закусочных на основе творога.	83
3.1.1. Выбор и обоснование концентрации творога нежирного как белковой основе.	83
3.1.2. Выбор и обоснование концентрации корректора активной кислотности рН и соли-плавителя.....	86
3.1.3. Выбор и обоснование концентрации жировой компоненты	97
3.1.4. Изучение функционально-технологических свойств полисахаридов (прочности, длительности структурообразования, температуры плавления, термостойкости)	104
3.1.5. Обоснование выбора агара как структурообразователя	110
3.2. Исследование влияния рецептурных компонентов на технологические показатели модельной системы паст закусочных	116
3.2.1 Влияние рецептурных компонентов на температуру тепловой обработки.	116

3.2.2 Влияние рецептурных компонентов на продолжительность структурообразования.	117
3.3 Обоснование параметров тепловой обработки модельной системы паст закусочных.	119
3.3.1 Исследование температуры и длительности обработки.	119
3.3.2 Исследование изменений форм связи влаги.	130
3.3.3 Моделирование процесса тепловой обработки.	132
3.4 Исследование структурно-механических характеристик модельной системы паст закусочных.	135
3.5 Исследование изменений фракционного состава белкового комплекса в модельной системе паст закусочных.	141
3.6 Изучение влияния соотношения основных компонентов в модельной системе паст закусочных на органолептические показатели.	143
Литература к главе 3.	147

Глава 4. Научное обоснование технологии полуфабриката творожного структурированного. 155

4.1. Аналитическое обоснование технологии полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника.	155
4.2. Обоснование содержания основных рецептурных компонентов.	160
4.2.1 Обоснование содержания творога размороженного как белковой основы.	160
4.2.2. Характеристика функционально-технологических свойств концентрата ядра семян подсолнечника.	170
4.2.3. Обоснование выбора структурообразователя.	175
4.2.4. Выбор и обоснование жировой компоненты.	179
4.3. Исследование структурно-механических характеристик.	186
4.4. Исследование потерь влаги.	189
4.5. Исследование комплексообразования ингредиентов модельной системы полуфабриката творожного структурированного.	193
4.5.1. Изучение эффективной вязкости и энергии активации растворов.	193
4.5.2. Исследование надмолекулярной структуры модельных растворов.	199
4.5.3. Определение функционально-технологических свойств гелей модельной системы.	200
4.5.4. Изучение теплоты испарения и энергии связи влаги гелей модельных растворов.	204
4.5.5. Определение форм связи влаги гелей модельных растворов методом термограмм дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК).	205
4.5.6. Исследование ИК-спектров высушенных пленок гелей модельных растворов.	208
4.5.7. Исследование белково-фракционного состава модельных растворов.	212
Литература главе 4.	217

Глава 5. Научное обоснование технологии творожного продукта мягкого	221
5.1. Изучение функционально-технологических свойств основных видов растительного сырья творожного продукта мягкого	221
5.2. Исследование органолептических показателей модельной системы творожного продукта мягкого и принципы разработки рецептуры	223
5.3. Изучение изменения поверхностных явлений модельной системы творожного продукта мягкого	229
5.4. Исследование структурно-механических свойств модельной системы творожного продукта мягкого	232
5.5. Исследование изменений связи влаги модельной системы творожного продукта мягкого.....	238
5.5.1. Исследование ВУС.....	239
5.5.2. Исследование изменения влажности в зависимости от продолжительности воздействия высокой температуры.....	243
5.5.3. Определение кинетических параметров эндотермических процессов.....	246
Литература к главе 5	249
Глава 6. Разработка технологии паст закусочных на основе творога нежирного.	253
6.1. Разработка рецептуры и технологии паст закусочных	253
6.2. Исследование физико-химических характеристик паст закусочных в процессе хранения.....	258
6.2.1 Изменения структурно-механических характеристик.....	258
6.2.2 Изменения активной кислотности.....	260
6.2.3 Исследование потерь влаги.....	261
6.3. Исследование пищевой и биологической ценности паст закусочных на основе творога нежирного	263
6.4. Исследование органолептических показателей качества паст закусочных на основе творога нежирного.....	270
6.5. Разработка рекомендаций по использованию паст закусочных в составе кулинарной продукции предприятий ресторанного хозяйства.....	280
Литература к главе 6	282
Глава 7. Разработка технологии полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника	286
7.1. Разработка рецептуры и технологии полуфабриката творожного структурированного	286
7.2. Исследование структурно-механических характеристик полуфабриката творожного структурированного в процессе хранения	290
7.3. Исследование пищевой и биологической ценности полуфабриката творожного структурированного.....	292
7.4. Исследование органолептических показателей качества полуфабриката творожного структурированного.....	299

7.5 Разработка рекомендаций по использованию полуфабриката творожного структурированного в составе кулинарной продукции	302
Литература к главе 7	305

Глава 8 Разработка технологии творожного продукта мягкого и изучение показателей его качества **307**

8.1. Разработка рецептуры и технологии творожного продукта мягкого (ТПМ)	307
8.2. Определение химического состава творожного продукта мягкого	312
8.3. Исследование белкового состава творожного продукта мягкого	316
8.4. Изучение биологической ценности творожного продукта мягкого	318
8.4.1. Определение аминокислотного сора	318
8.4.2. Исследование переваривания белков в условиях <i>in vitro</i>	319
8.5. Исследование структурно-механических свойств творожного продукта мягкого	320
8.6. Изучение влияния термической обработки на технологические свойства творожного продукта мягкого	324
8.6.1. Изменение термостойкости	324
8.6.2. Изменение температуры плавления	329
8.7. Исследование изменений свойств творожного продукта мягкого при хранении	331
8.7.1. Изучение микробиологических показателей	331
8.7.2. Исследование физико-химических изменений	332
8.7.3. Исследование текстурных свойств	335
8.7.4. Исследование ВУС	337
8.7.5. Определение изменения ЯМР	339
8.7.6. Исследование влияния низких температур на содержание свободной и связанной влаги	341
8.7.7. Динамика потери массы творожным продуктом мягким в процессе хранения	343
8.8. Исследование влияния замораживания на изменение свойств творожного продукта мягкого	345
8.8.1. Изучение микробиологических показателей в процессе низкотемпературного хранения творожного продукта мягкого	346
8.8.2. Исследование физико-химических изменений творожного продукта мягкого в процессе низкотемпературного хранения	346
8.8.3. Исследование текстурных свойств творожного продукта мягкого после низкотемпературного хранения	348
8.8.4. Исследование ВУС творожного продукта мягкого после низкотемпературного хранения	349
8.8.5. Исследование химического состава творожного продукта мягкого после низкотемпературного хранения	351
8.8.6. ИК-спектроскопический анализ творожного продукта	353
8.8.7. Исследование микроструктуры творожного продукта	356
Литература к главе 8	360

Введение

Современные условия развития пищевой промышленности и предприятий ресторанного хозяйства ставят перед работниками сферы питания задачи по разработке и внедрению конкурентоспособных и экономически выгодных технологий готовой продукции при одновременном улучшении ее вкусовых характеристик, потребительских свойств, повышении качества, пищевой ценности и расширении ассортимента.

В условиях рыночной экономики предлагаемые пути совершенствования ассортимента в значительной степени регулируются потребительским спросом. На современном этапе развития и внедрения новых технологий, когда значительный сырьевой потенциал остается неиспользованным, проблема обеспечения населения продуктами питания с высокими потребительскими свойствами, пищевой и биологической ценностью является особенно важной.

В последние годы все больше внимания уделяется молоку и молочным продуктам, которые являются наиболее ценными в пищевом и биологическом отношении, а также широко используются как рецептурные компоненты в составе различных блюд.

Естественно, что, учитывая дефицит полноценных белков в питании населения при наличии широкого ассортимента молочных продуктов, особая роль принадлежит молочным белкам, поскольку они характеризуются высокой пищевой и биологической ценностью. Белки сбалансированы по наиболее необходимым для организма человека веществам, которые обеспечивают его рост, развитие и жизнедеятельность.

Поэтому особенно широкое развитие получили научно-исследовательские работы теоретического и практического характера по изучению и использованию белков молока, их комплексного выделения и обработки.

Вопросами получения молочных белков занимались отечественные и зарубежные исследователи. Некоторые методы выделения белков молока предложил и обосновал проф. Дьяченко П.Ф., которые и до сих пор широко используются не только в нашей стране, но и за рубежом. В указанном направлении работали Затирка А.Ф., Козлов В.Н., Карпунина Л.И., Гурский П.В, работы которых направлены на использование молочных белков в технологии кулинарной продукции.

За последние годы произошли значительные изменения в технологиях и технике производства молочных продуктов, введены принципиально новые способы обработки молока. Новые направления переработки молока позволяют повысить пищевую ценность молочных продуктов.

В связи с вышеизложенным, изучение технологий переработки молока и разработка на его основе новых продуктов питания с учетом современных тенденций и изменений, которые сложились в настоящее время, являются актуальными и своевременными.

Монография содержит материалы, которые включают характеристику и обзор современных способов комплексной переработки молока и получения на основе молочного белка кулинарной продукции.

В **первой** главе приведена общая характеристика молочных белков; рассмотрены их физико-химические, функционально-технологические и структурно-механические свойства, а также представлены теоретические основы выделения молочных белков.

Во **второй** главе рассмотрены современные тенденции развития технологий структурированной продукции, приведены общая характеристика молочных белков, их технологические свойства, пищевая и биологическая ценность и анализ способов их выделения. Приведены перспективы использования концентрата ядра семян подсолнечника и желатина в составе полуфабриката творожного структурированного.

Третья глава посвящена научному обоснованию технологии паст закусочных на основе творога нежирного с добавлением масла рафинированного дезодорированного в качестве жировой компоненты и агара как структурообразователя; смоделирован процесс тепловой обработки; определены структурно-механические характеристики модельной системы паст и влияние соотношения основных компонентов на их органолептические показатели.

В **четвертой** главе представлены исследования по научному обоснованию технологии полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника и желатина в качестве структурообразователя с добавлением масла рафинированного дезодорированного и пищевого растительного жира как жировой компоненты.

В **пятой** главе представлены исследования по научному обоснованию технологии продукта творожного мягкого с добавлением муки рисовой, кукурузной, пшеничной, гречневой и использованием концентратов ядра арахиса, грецкого ореха и семян подсолнечника. Приведены исследования органолептических показателей и принципы разработки рецептуры.

Шестая глава посвящена разработке рецептурного состава и технологии паст закусочных на основе творога нежирного и технологии кулинарной продукции с использованием паст закусочных. Исследованы пищевая и биологическая ценность паст закусочных, показатели безопасности потребления, сроки и условия хранения; разработан комплексный показатель качества; смоделировано распределение относительного коэффициента качества в зависимости от оптимального содержания основных рецептурных компонентов и температуры тепловой обработки.

Седьмая глава посвящена разработке рецептурного состава и технологии полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника и желатина. Исследованы структурно-механические свойства, пищевая и биологическая ценность и органолептические показатели.

Восьмая глава посвящена разработке рецептурного состава и технологии продукта творожного мягкого с добавлением растительного сырья. Исследо-

ваны биологическая ценность, структурно-механические свойства, особенности изменений показателей качества продукта при хранении и замораживании.

Надеемся, что данная работа будет полезна инженерам-технологам, которые работают в молочной перерабатывающей отрасли, в ресторанном бизнесе, аспирантам, преподавателям и студентам, которые хотят углубить свои знания в данном научном направлении.

Глава 1. Общая характеристика молочных белков

1.1 Пищевая и биологическая ценность молочных белков

Молоко - это ценный пищевой продукт, который имеет большое значение в питании человека, поскольку молоко и молочные продукты содержат весь спектр пищевых веществ, в том числе и незаменимых, необходимых организму человека. Это многокомпонентная сбалансированная система, обладающая высокими питательными, иммунологическими и бактерицидными свойствами.

Все вещества, входящие в состав молока, легко и наиболее полно усваиваются организмом человека (белок - на 96%, жир - 95%, углеводы - 98%).

Молоко является источником пищевых белков высокой биологической ценности. Общее количество белков в молоке колеблется от 2,9 до 4,0% [1 ... 5].

Белки являются самым важным компонентом коровьего молока, которые занимают доминирующее место в процессах обмена, происходящих в живых организмах, и при построении клеток. Белки являются основой всех живых организмов и выполняют много функций: структурную, транспортную, защитную, каталитическую, гормональную и др.

По своему составу и структуре молочные белки специфичны и нигде в природе больше не встречаются. Степень чистой утилизации молочных белков в организме человека составляет 75%.

В состав молока входят три группы белков: казеин - около 80% всех белков молока, сывороточные белки - около 20% белковых веществ молока и белки оболочек жировых шариков - около 1% всех белков молока. Основные фракции белков молока приведены в табл. 1.1 [2, 5, 6, 7].

Основа белковых молекул - аминокислоты, соединенные между собой пептидными связями. Молочные белки характеризуются оптимальным соотношением аминокислот (в том числе незаменимых), близким к аминокислотному составу человеческого организма. Известно более 20 аминокислот, 18 из них обнаружены в молочном белке, в том числе 8 незаменимых. Большая часть из них (метионин, триптофан, изолейцин, фенилаланин, валин, лейцин) в белке молока содержится в количествах, значительно превышающих их содержание в белках мяса, рыбы и растительных продуктов.

Белки молока в своем составе имеют углерод, кислород, водород, азот, фосфор и серу. Однако определяющими для характеристики белков является азот, сера и фосфор.

В состав белков молока входят как циклические, так и ациклические аминокислоты - нейтральные, кислые и основные, причем преобладают кислые. Основные белки молока по сравнению с глобулярными белками других пищевых продуктов содержат довольно много лейцина, изолейцина, лизина, глутаминовой кислоты, α_2 -казеин - серина и пролина. По содержанию и соотноше-

нию незаменимых аминокислот белки молока относятся к биологически полноценным белкам [1, 8, 9].

Таблица 1.1 – Состав и содержание белков в коровьем молоке

Белки	Содержание в молоке	
	г/кг	%
1	2	3
Казеины, всего	26,0	79,5
в том числе:		
α _{S1} -казеин	10,0	30,6
α _{S2} -казеин	2,6	8,0
β -казеин	10,1	30,8
χ -казеин	3,3	10,1
Сывороточные белки, всего	6,3	19,3
в том числе:		
α -лактоальбумин	1,2	3,7
β -лактоглобулин	3,2	9,8
альбумин сыворотки крови	0,4	1,2
иммуноглобулины	0,7	2,1
протеозопептоны	0,8	2,4
Белки оболочек жировых шариков	0,4	1,2
Общесодержание белков	32,7	100,0

Результаты исследований пищевой и биологической ценности пищевых продуктов показывают, что среди их большого количества именно молоко и молочные продукты являются наиболее идеальными и занимают значительное место в решении вопроса обеспечения населения полноценными белками животного происхождения.

Биологическая ценность белков молока характеризуется высоким аминокислотным скором. В белках содержится значительное количество незаменимых аминокислот. Для белков молока типично высокое содержание глутаминовой кислоты, причем в казеине ее содержится значительно больше, чем в сывороточных белках. Кроме того, казеин характеризуется высоким содержанием пролина, валина и аргинина [5, 6, 8, 9].

Казеин молока является источником биологически активных пептидов, в частности гликомакропептидов. Под действием химозина они отщепляются от χ -казеина и способствуют формированию белковых сгустков высокой степени дисперсности, определяющих высокую скорость гидролиза α _S- и β -казеина.

По физиологическим свойствам к гликомакропептидам близки фосфопептиды, что отщепляются от α _{S1}-казеина в тонком отделе кишечника во время пищеварения, а также компоненты протеозопептонов, образующихся из β -казеина. Данные фрагменты казеина устойчивы к дальнейшему протеолитическому расщеплению, образуют растворимые комплексы с кальцием и способствуют абсорбции кальция и фосфора в кишечнике.

Во время гидролиза белков молока в желудочно-кишечном тракте могут образовываться экзоморфины или болеутоляющие пептиды. Теоретически считается, что экзоморфины поступают в кровь и участвуют в изменении общего гормонального фона организма. По мнению исследователей, β -казоморфины, что являются фрагментами β -казеина, в кишечнике при дальнейшем ферментативном гидролизе могут образовывать гексапептид и более мелкие пептиды, обладающие свойствами иммуномодуляторов, то есть веществ, стимулирующих развитие иммунных систем младенцев. Они могут повышать фагоцитарную активность макрофагов и устойчивость организма к некоторым инфекциям.

Некоторый дефицит серосодержащих аминокислот, в основном цистина, характерен для казеина, но ими богаты сывороточные белки. Наличие серы в сывороточных белках обусловлено присутствием серосодержащих аминокислот: метионина, цистина, цистеина. Они влияют на изменения белков в процессе переработки, например на денатурацию и органолептические показатели при тепловой обработке.

Сывороточные белки характеризуются высоким содержанием двух других наиболее дефицитных аминокислот: лизина и триптофана. Поэтому введение сывороточных белков в рецептуры при изготовлении пищевых продуктов, способствует увеличению их биологической ценности, характеризующееся улучшением степени сбалансированности аминокислотного состава.

Пищевая ценность молочных белков повышается благодаря сочетанию белковых молекул с витаминами, особенно витаминами группы В, минеральными веществами - Са, Mg, К и Na, а также липидами, что улучшает усвоение отдельных аминокислот организмом [3, 5, 6].

Таким образом, белки молока являются белками высокой пищевой и биологической ценности как по составу аминокислот, так и по скорости перевариваемости в желудочно-кишечном тракте, а также обладают важными биохимическими и физиологическими свойствами.

1.2 Физико-химические свойства белков молока

Физико-химические свойства молока как единой полидисперсной системы прежде всего обусловлены свойствами его компонентов и взаимодействий между ними. И именно белки молока оказывают значительное влияние на указанные свойства.

Казеин. Одним из основных представителей белков молока является казеин, количество которого в молоке колеблется от 2,1 до 2,8%. Элементарный состав нефракционированного казеина следующий, %: углерод - 53,10; водород - 7,10; кислород - 22,80; азот - 15,40; сера - 0,82; фосфор - 0,80.

Казеин можно получить путем свертывания обезжиренного молока при его подкислении до рН 4,6 ... 4,7.

Очищенный казеин представляет собой аморфный порошок белого цвета, без запаха и вкуса, практически нерастворимый в воде, но растворим в слабых

растворах щелочей, солей щелочных и щелочно-земельных металлов и минеральных кислот. Казеин является гетерогенным белком, то есть во время электрофореза образует несколько фракций с разной подвижностью, различающихся по составу и свойствам [1, 2, 8, 9].

В растворе казеин имеет ряд свободных функциональных групп, обуславливающих его заряд, характер взаимодействия с водой (гидрофильные свойства) и способность вступать в химические реакции.

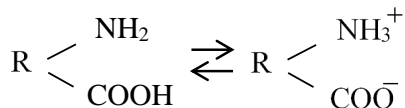
С полярными группами, находящимися на поверхности и внутри казеиновых мицелл (-NH₂, -COOH, -OH и др.), связаны ионная форма и молекулярная адсорбция, что играет существенную роль в гидратации белковых молекул и стабильности коллоида белка. Ионную форму казеина обеспечивают свободные полярные группы белка - карбоксильные и аминные, находящиеся в сильно гидратированном состоянии. Гидратная оболочка состоит из нескольких слоев, прочность связи которых с полярной группой постепенно уменьшается с удалением от центра зарядов молекул воды.

Первый слой - это ориентированные неподвижные молекулы воды, прочно связанные с белком - то есть связанная вода, гидратационная влага молекулярной адсорбции. Остальные слои - влага полимолекулярной адсорбции, что при определенных условиях не отличается от свободной. Связанные полярные группы белка - пептидные главных полипептидных цепочек, гидроксильные, сульфгидрильные обеспечивают молекулярную адсорбцию вследствие возникновения заряда за счет смещения общей пары электронов к одному из атомов.

Полярные группы белка обычно связывают около 1,9 г воды на 1 г белка. Способность казеина связывать воду характеризует его гидрофильные свойства, зависящие от структуры, величины заряда белковой молекулы, pH среды, степени измельчения белковых веществ, концентрации солей и других факторов [1, 7, 8].

По pH 6,6...6,7 свежего молока казеин имеет отрицательный заряд. Равенство положительных и отрицательных зарядов (изоэлектрическое состояние белка) наступает в кислой среде с pH 4,6...4,7 (или 4,6...5,0).

Казеин, как и все белки, содержит одновременно аминные (-NH₂) и карбоксильные(-COOH) группы, которые в растворе находятся в виде NH₃⁺ и COO⁻. То есть, казеин имеет свойства амфотерного электролита (амфолита, амфиона). Количество свободных карбоксильных групп в казеине больше, чем аминных, поэтому он имеет кислую реакцию:

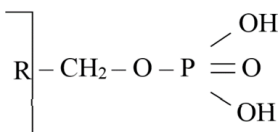


В молоке казеин имеет явно выраженные кислые свойства. Его свободные карбоксильные группы дикарбоновых аминокислот и гидроксильные группы фосфорной кислоты легко взаимодействуют с ионами солей щелочных и щелочно-земельных металлов (Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺), образуя казеинаты. Во время

йодирования тирозина, который входит в состав белка, образуется йодказеин, который широко применяется в молочной и хлебопекарной промышленности для ликвидации йодной недостаточности у населения.

Свободные аминокруппы казеина могут взаимодействовать с альдегидами, например, с формальдегидом. Эта реакция лежит в основе определения содержания белков в молоке методом формольного титрования [1, 2, 8].

Казеин представляет собой смесь фосфопротеидов (рис. 1.1), содержащих остатки фосфорной кислоты (органический фосфор), присоединенные к аминокислоте серин сложноэфирной связью. В результате многолетних исследований установлено, что казеин можно разделить на следующие основные фракции: α_{s1} -, α_{s2} - β -, χ -казеин, остальные его фракции– производные от основных [10...15].



Казеин Серинфосфорная кислота

Рис.1.1. Фрагмент казеина (фосфопротеид)

Все фракции казеина – фосфопротеиды, которые содержат разное количество остатков фосфорной кислоты. α_s -казеин имеет в полипептидной цепочке восемь остатков фосфорной кислоты, β -казеин – четыре и χ -казеин – один. Этим определяется их чувствительность к ионам кальция. Наиболее чувствительны к ионам кальция α_s -казеин и β -казеин. Они образуют кальциевые мостики, агрегируют и выпадают в осадок [1, 2, 7].

Фракции α_{s1} -, α_{s2} - β -, χ -казеина хорошо изучены. Их можно выделить в достаточно чистом виде; известны их аминокислотный состав и частично структура. В молоке казеин находится в виде коллоидного раствора геля (доли высокодисперсной вещества равномерно распределены в жидкой среде) в форме казеинаткальцийфосфатного комплекса (ККФК), образованный сочетанием казеината кальция с коллоидным фосфатом кальция [10 ... 12, 17 ... 24]. В спокойном состоянии при повышении кислотности или внесении сычужного фермента молочный белок свертывается (коагулирует), образуя при этом сгусток-гель (твердую желеобразную систему). Во время старения сгусток (гель) сжимается и из него выделяется вода (сыворожка) с растворенными в ней веществами (синерезис) [10 ... 12, 16, 23 ... 27].

Фракции казеина являются очень активными, склонными к ассоциированию (агрегатированию) белками. В водных растворах при наличии кальция мономеры фракций образуют ассоциаты различных форм и размеров. При этом они взаимодействуют не только между собой, но и друг с другом. Ассоциация казеина зависит от температуры, pH и ионной силы молока.

α_{s1} -Казеин - главный компонент белка (молекулярная масса от 22000 до 24000 Да), наиболее электрофоретически подвижный и чувствительный к действию ионов кальция. Он отличается от других фракций повышенным содержанием лизина, аспарагиновой кислоты, тирозина, пониженным содержанием лейцина, пролина, фенилаланина и отсутствием цистеина.

β -Казеин не чувствителен к действию ионов кальция при температуре 4°C, а при температуре 35 °C осаждается при взаимодействии с ними. При определенных условиях он может гидролизиться под действием плазмينا молока, в результате чего образуются фрагменты β -казеина, что ранее назывались γ -казеином (молекулярной массой от 12000 до 20000 Да) и компонентами протеозопептонов (молекулярной массой от 4000 до 14000 Да). Это приводит к тому, что в результате длительного хранения молока происходит ухудшение его технологических свойств. β -Казеин характеризуется повышенным содержанием валина, лейцина, пролина, пониженным содержанием аланина, аспарагиновой кислоты и отсутствием цистеина.

χ -Казеин (молекулярная масса 19000 Да), в отличие от других фракций, содержит цистеин, значительное количество треонина, аланина, незначительное количество метионина и глицина, является фосфогликопротеидом, не чувствителен к ионам кальция, поэтому, располагаясь на поверхности мицеллы казеина, он выполняет защитную функцию по отношению к α_s - и β -казеинам. χ -Казеин содержит углеводы и чувствителен к сычужному ферменту, под действием которого распадается на гидрофобный пара- χ -казеин (выпадающий в осадок) и гидрофильный гликомакропептид (остается в растворе и отделяется вместе с сывороткой). χ -Казеин содержит только один фосфосериновый остаток (возможно, что некоторые компоненты имеют два остатка), поэтому практически не присоединяет ионы кальция, то есть не теряет растворимость в их присутствии. При ассоциации с α_{s1} - и β -казеинами χ -казеин образует стабильные мицеллы и таким образом защищает их от осаждения ионами кальция [1, 2, 6, 7, 8].

Электронно-микроскопическими исследованиями было установлено, что ККФК состоит из мицелл сферической формы, которые, в свою очередь, состоят из меньших частиц - субмицел. Учеными было предложено несколько разновидностей моделей мицелл казеина, из которых, по нашему мнению, более рациональной является модель, предложенная Г.Н. Крусь [10, 24 ... 26]. По ее теории казеиновая мицелла в основном состоит из трех видов субмицел (А) – α_s -казеин + χ -казеин, (В) – α_s -казеин + β -казеин и (С) – β -казеин + χ -казеин (рис.1.2).

Образование субмицел (А) происходит преимущественно за счет сил гидрофобного и электростатического взаимодействий [22]. Формирование субмицел (В) происходит в результате гидрофобного и электростатического взаимодействий, а также за счет ионов кальция или коллоидного фосфата кальция (КФК). Субмицеллы (В) взаимодействуют друг с другом с помощью КФК и образуют комплекс, который представляет собой основную часть ядра мицеллы.

При этом во взаимодействие с субмицеллами (В) вступают субмицеллы (С) и отдельные субмицеллы (А).

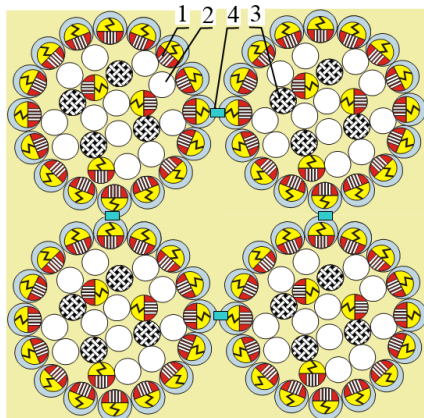


Рис. 1.2. Модель казеиновой мицеллы (по Крусь Г.Н.): 1 – субмицелла А (α_s - и χ - казеин); 2 – субмицелла В (α - и β - казеин); 3 – субмицелла С (β - и χ - казеин и др...); 4 – «кальциевый мостик»

Субмицеллы представляют собой агрегатированные фракции казеина, соединенные между собой гидрофобными связями и кальциевыми мостиками. Соединение субмицелл в мицеллы, очевидно, происходит с помощью фосфата кальция и кальциевых мостиков.

Окончательно мицелла формируется, когда содержание χ -казеина превышает критическую концентрацию мицеллообразования. В этом случае χ -казеин в субмицеллах (А) проявляет себя как типичное поверхностно-активное вещество. Субмицеллы (А), стремясь к самоассоциации, захватывают ядро мицеллы и осаждаются на его поверхности. При этом между субмицеллами (А) и (В) образуются связи с помощью КФК и рост мицеллы прекращается. Субмицеллы (А) располагаются на поверхности мицеллы таким образом, что N-конец χ -казеина ориентирован внутрь мицеллы, а С-конец χ -казеина располагается на поверхности. При этом большая часть поверхности мицеллы покрыта С-концом χ -казеина, что имеет нитевидную, разветвленную за счет углеводов структуру и образует своеобразное так называемое «волосяное покрытие» на поверхности мицеллы. Внутри мицеллы концентрируются чувствительные к ионам кальция субмицеллы (В и С) [22]. То есть мицелла построена таким образом, что гидрофобные участки молекул казеина скрыты внутри, а гидрофильные группы χ -казеина, образуют гидратные оболочки толщиной с моно- или бимолекулярный слой, расположены снаружи. Кроме того, казеиновые мицеллы благодаря основным и кислотным группам атомов имеют разную полярность, поэтому между мицеллами одновременно действуют силы притяжения и отталкивания. Мини-

мальные силы отталкивания наблюдаются в изоэлектрическом состоянии казеина [17, 18, 22, 24 ... 27].

Мицеллы казеина обладают свойствами гидрофильного золя, который при определенных условиях может обратно перейти в гель. Они представляют собой коллоидную фазу смешанного состава, обладая свойствами гидрофильного и гидрофобного золя. Кроме того, в составе мицелл казеина в желудочно-пищеварительном тракте транспортируются очень важные для организма человека соли кальция, фосфора и магния.

Мицеллы имеют пористую структуру, так как наряду с казеином и неорганическими компонентами содержат большое количество воды – 0,7...4 г H₂O на 1 г белка. Сравнительно малая часть этой воды (0,5 г на 1 г белка) связана с белком и относится к так называемой связанной воде. Остальное количество воды иммобилизуется (поглощается) внутренней частью мицелл. Соотношение между α_{S1} -, α_{S2} -, β -и γ -казеинами в мицелле может составлять 3: 1:3:1; 3:0,8:3:1 и др. В табл. 1.2 приведены усредненные физические параметры казеиновых мицелл [1 ... 3, 8].

Таблица 1.2 Усредненные физические параметры казеиновых мицелл

Параметры	Характеристика
Диаметр, нм	130... 160
Площадь поверхности, см ²	$8 \cdot 10^{10}$
Объем, см ³	$2,1 \cdot 10^{-15}$
Плотность (гидратированной мицеллы), кг/м ³	1063,2
Масса, г	$2,2 \cdot 10^{-15}$
Массовая доля воды, %	63
Степень гидратации, г H ₂ O на 1 г белка	3,7
Молекулярная масса мицеллы гидратированной	$1,3 \cdot 10^9$
Молекулярна масса мицеллы дегидратированной	$5 \cdot 10^5$
Количество пептидных цепей (молекулярной массой 30000) в мицелле	10^4
Количество мицелл в 1 см ³ молока	$10^{14} \dots 10^{16}$

В свежем молоке казеин находится в виде мицелл почти сферической формы. Средний диаметр его частиц составляет 70...100 нм (с колебаниями от 40 до 300 нм), а молекулярная масса – около 10⁸ Да. В свою очередь казеиновые мицеллы состоят из субъединиц (субмицел) диаметром 8...15 нм и молекулярной массой 250000 ... 300000 Да.

Сывороточные белки. Под термином «сывороточные белки» обычно понимают группу азотистых соединений молока, остающихся в плазме молока (сыворотке) после осаждения казеина при рН 4,6 ... 4,7.

Главными представителями сывороточных белков следует считать β -лактоглобулин и λ -лактоальбумин: первый составляет около 50% (50...54%) от общей массы этих белков, второй – около 20% (20...25%). Остальное количество сывороточных белков приходится на альбумин сыворотки крови, иммуноглобулины, лактоферрин и другие минорные белки [2, 6, 7].

β -лактоглобулин и λ -лактоальбумин и иммуноглобулины выполняют важные биологические функции и имеют большое промышленное значение вследствие высокого содержания незаменимых и серосодержащих аминокислот. Из сыворотки их выделяют в нативном состоянии с помощью ультрафильтрации и применяют для обогащения различных пищевых продуктов.

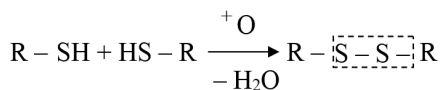
Альбумин сыворотки крови содержится в молоке в незначительных количествах и используется при производстве альбуминного сыра. *Лактоферрин*, несмотря на малое содержание, выполняет важные биологические функции и необходим для организма младенцев.

Кроме перечисленных белков сыворотка содержит компоненты протеолитической фракции, которые являются фрагментами β -казеина и другие белки, характеризующиеся ферментативными и гормональными свойствами.

В отличие от казеина сывороточные белки не ассоциируют друг с другом и не осаждаются в изоэлектрической точке, их молекулярная масса колеблется в широком интервале – от 14,1 до 66,3 кДа и выше. Они проявляют генетический полиморфизм, полипептидные цепи белковых молекул не содержат фосфорных эфиров, отличаются большим количеством серосодержащих аминокислот.

Сывороточные белки характеризуются равномерным распределением полярных и неполярных аминокислот вдоль полипептидной цепи, низким содержанием пролина, поэтому имеют компактную глобулярную конформацию со значительной спирализацией цепей и средним диаметром от 15 до 50 нм. Они не гидролизуются плазмином и сычужным ферментом, по сравнению с казеином менее чувствительны к кальцию, но более чувствительны к нагреванию. Из-за малого размера их количество в молоке превышает число казеиновых мицелл примерно в 1500 раз.

β -лактоглобулин составляет 50...54% белков сыворотки (или 7...12% всех белков молока). Его изоэлектрическая точка находится при pH 5,1, в сыром молоке он находится в виде димера, состоящего из двух полипептидных цепей с молекулярной массой по 18000 Да каждая. При нагревании молока до температуры 30° С β -лактоглобулин распадается на мономеры, которые при дальнейшем нагревании агрегируют за счет образования S-S-связей:



Тепловая денатурация β -лактоглобулина приводит к коагуляции агрегированного белка (он коагулирует почти полностью при температуре 85 ... 100° С).

Во время пастеризации молока денатурированный β -лактоглобулин вместе с $Ca(PO_4)_2$ выпадает в осадок в составе молочного камня и образует комплексы с χ -казеином казеиновых мицелл (осаждаясь вместе с ними во время коагуляции казеина).

Образование в результате тепловой обработки) молока комплекса β -лактоглобулин - χ -казеин значительно ухудшает атаку χ -казеина сычужным ферментом и влияет на термостойкость казеиновых мицелл [1, 2, 8].

λ -лактальбумин. В сывороточных белках λ -лактальбумин занимает второе место после β -лактоглобулина (его содержание составляет 20...25% сывороточных белков, или 2...5% общего количества белков). λ -лактальбумин имеет молекулярную массу около 14000 Да, его молекула представляет собой одну полипептидную цепь, состоящую из 123 аминокислотных остатков, содержит четыре дисульфидных связи (-S-S-). Для сравнения, молекула β -лактоглобулина содержит две дисульфидные связи и одну свободную сульфгидрильную группу (SH-группу), что способствует его быстрому агрегированию после денатурация.

Имуноглобулины. В обычном молоке иммуноглобулинов содержится мало, в молозиве они составляют основную массу (до 90%) сывороточных белков.

Имуноглобулины относят к группе высокомолекулярных белков, имеющих свойства антител. Антитела – вещества, образующиеся в организме животного при введении в него различных чужеродных белков (антигенов) и нейтрализующие их вредное действие. Итак, выделение антител связано с иммунными реакциями организма. Иммуноглобулины молока имеют четко выраженные свойства агглютининов (от лат. Agglutinare - приклеивать) - веществ, вызывающих склеивание и выпадение в осадок микробов и других клеточных элементов.

Имуноглобулины молока имеют большую молекулярную массу (150000 Да и выше), в своем составе содержат углеводы, термолабильны, то есть коагулируют при нагревании молока до температуры выше 70 °С [2, 3, 7, 8].

Лактоферрин – это гликопротеид с молекулярной массой около 76000 Да, содержащий железо. Этот белок выполняет транспортную функцию – связывает и переносит в организме младенца железо; кроме того, он обладает защитными свойствами – задерживает развитие нежелательной кишечной микрофлоры (*E. coli* и др.). В молоке содержится в малых количествах (менее 0,3 мг / г), в молозиве его в 10 ... 15 раз больше.

Белки оболочек жировых шариков. К ним относятся белки, которые являются структурными элементами оболочек жировых шариков и способствуют их стабильности во время тепловой обработки. Они могут быть прочно встроенными во внутренний липидный слой оболочки, пронизывать ее или располагаться на внешней поверхности оболочки. Это, как правило, гликопротеиды молекулярной массой от 15000 до 240000 Да, содержащие 15 ... 50% углеводов и характеризующиеся разной растворимостью в воде. Некоторые из них имеют свойства ферментов. Важный белковый компонент оболочки – нерастворимый в воде (гидрофобный) гликопротеид с молекулярной массой более 60000 Да. Он прочно встроен во внутренний слой оболочки и сохраняется на поверхности жировых шариков во время тепловой и механической обработки молока (сливок) [8].

Изучение физико-химических, функционально-технологических, питательных свойств и биологической ценности молочного белка имеет большое значение для науки и практики при создании новых продуктов. Поведение белков молока вследствие воздействия на них различных факторов, по мнению многих авторов, является теоретической основой для разработки новых и усовершенствования существующих способов выделения белков.

1.3 Функционально-технологические свойства белков молока

Необходимо отметить, что белки молока характеризуются ценными функциональными свойствами (водосвязывающей способностью, вязкостью, гелеобразованием, эмульгированием, пенообразованием и др.), что позволяет использовать их в качестве важных компонентов при создании различных комбинированных пищевых продуктов.

Гидратация белков. Белки молока обладают способностью к связыванию воды и ее удержанию, что влияет не только на консистенцию и структуру готового продукта, но и на технологию производства и способность к хранению таких молочных продуктов как сыры.

Большое практическое значение с точки зрения технологии имеет способность казеина связывать воду. При определенных условиях казеин может связывать значительное количество воды – около 3,7 г на 1 г белка (табл. 1.2). Гидрофильные свойства казеина зависят от структуры, величины заряда молекул, pH среды, концентрации в нем солей, а также других факторов.

От гидрофильных свойств казеина зависит устойчивость мицелл белка в сыром, пастеризованном и стерилизованном молоке. Это способствует росту его термостойкости, что позволяет нагревать молоко не только до температуры пастеризации (72...95 °С), но и до температуры стерилизации 143 °С, не вызывая его денатурации. Во время высокотемпературной обработки молока, в результате взаимодействия казеина с сывороточными белками его гидрофильные свойства усиливаются. Интенсивность этого взаимодействия и температура непосредственно влияют на структурно-механические свойства (прочность, эластичность, выделение сыворотки) сгустка при получении творога. Гидрофильные свойства казеина также определяют водосвязывающую и влагоудерживающую способности готового продукта.

Гидрофильные свойства казеина не только определяют устойчивость белковых частиц в молоке во время его тепловой обработки, но и влияют на ход некоторых технологических процессов.

Формирование водосвязывающей и влагоудерживающей способности в результате взаимодействия системы "белок-вода" является одной из важнейших функций молочного белка. Скорость и устойчивость связывания воды зависит главным образом от состояния, свойств и концентрации белковых веществ. На влагоудерживающую способность белков существенно влияют их природные свойства: наличие заряженных полярных и свободных полипептидных групп; пространственная структура белка; величина удельной поверхности белковых

частиц. Значительное влияние также имеют и условия гидратации: величина рН среды, характеризующая уровень ионизации аминокрупп; степень денатурационных изменений, способствующих снижению сорбции воды белком вследствие роста межбелковых взаимодействий; концентрация и свойства электролитов в системах солей-плавителей [1, 3, 6, 9].

Коагуляция белков. При производстве кисломолочных продуктов и сыров используют способность белков к коагуляции и денатурации.

Белки молока в водных растворах находятся в виде коллоидных частиц, размеры которых колеблются от 1 до 200 нм. Устойчивость коллоидных систем обусловлена наличием на поверхности частиц электрического заряда и гидратной оболочки. Изменение электрического заряда и нарушения гидратной оболочки приводят к осаждению (коагуляции) частиц. Глобулярные белки, к которым относится и казеин, за счет преобладания в них остатков кислых аминокислот получают в растворах избыток отрицательного заряда. При определенных условиях (нагрев молока, увеличение концентрации ионов водорода и кальция вследствие введения кислот и хлорида кальция) отрицательный заряд казеина можно снизить. Величина рН, при которой наблюдается равенство положительных и отрицательных зарядов, называется изоэлектрической точкой.

Для казеина изоэлектрическая точка находится в пределах рН 4,6 ... 4,7. При этом значении рН белковые частицы теряют способность передвигаться в электрическом поле. Гидратация казеина в таких условиях проявляется слабо, и наблюдается самая низкая его стабильность. Силы электрического отталкивания между белковыми молекулами в этой точке минимальны. Это приводит к тому, что белки в изоэлектрической точке агрегируют (укрупняются) и коагулируют (выпадают в осадок). Во время коагуляции происходит обратимое осаждение белков, то есть при определенных условиях их снова можно перевести в нативное состояние. Свойство казеина осаждаться в изоэлектрической точке используют для производства всех кисломолочных продуктов и сыров [8, 9].

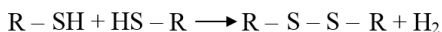
Денатурация белков. Одно из важнейших изменений белков - их денатурация. Она может быть вызвана влиянием следующих факторов:

- высокие температуры;
- давление и напряжение сдвига;
- ультрафиолетовое или ионизирующее излучение;
- действие ферментов, органических растворителей (спирт, ацетон), других химических веществ, реагирующих с функциональными группами на поверхности белка и др.

Денатурация – это потеря белками природных свойств (физико-химических, биологических, функциональных) в результате изменения структуры белка по сравнению с его нативным состоянием. В результате денатурации происходит разворачивание третичной и вторичной структур и высвобождение расположенных внутри них функциональных групп. Разрыв гидрофобных связей, поддерживающих третичную и вторичную структуры белков, ведет к разворачиванию нативной специфической структуры молекул белков и образованию произвольной конфигурации. Связи, ранее поддерживавшие структуру,

высвобождаются и могут по-новому ориентироваться. Функциональные группы, которые сначала располагались внутри глобул белков, теперь также участвуют в формировании связей, вступают во взаимодействие с другими молекулами белка. При этом белок теряет природные свойства, например, растворимость, агрегирует и коагулирует.

Тепловой денатурации в основном подвергаются сывороточные белки, которые являются наиболее термолабильной частью белков молока (ККФК свежего молока денатурирует без потери растворимости). В процессе пастеризации и стерилизации в них происходят сравнительно глубокие изменения. Сначала происходит их денатурация, то есть конформационные изменения белковых молекул с нарушением третичной и вторичной структур, в результате которых компактно свернутая молекула превращается в бессистемно образованный клубок; дальше наступает агрегация денатурированных частиц за счет взаимодействия SH-групп:



Денатурация большинства сывороточных белков молока начинается при сравнительно низких температурах нагрева - в интервале 62 ... 78 °С. Степень денатурации (и агрегатирования) белков зависит от температуры, продолжительности ее воздействия на молоко и рН раствора [1 ... 4, 7 ... 9].

Термолабильные сывороточные белки способны оседаться под действием кислоты с рН 4,6 ... 4,7 после предварительной тепловой обработки молока или сыворотки (кипячением в течение 30 мин). К термостабильным белкам молока, которые не коагулируют под влиянием предшествующей тепловой обработки при рН 4,6, относится лишь незначительная часть сывороточных белков.

Доказано, что тепловая обработка молока при температуре 85...87 °С с выдержкой в течение 5...10 мин и 93...95 °С с выдержкой 2...3 мин приводит к агрегации почти полностью денатурированных частиц сывороточных белков [22].

Установлены оптимальные режимы коагуляции для максимального выхода белков: рН 4,4...4,6; температура 90 °С, выдерживание 240 с, при которых выход белков составляет 93% [29, 30, 31].

По данным Агравал С. П. и Х. Питер (Германия) нагревание до температуры 90 °С вызывает денатурацию до 60% сывороточных белков [32].

Автор [33] считает, что сывороточные белки денатурируют практически полностью при нагревании молока до 100 °С.

Исследованиями степени денатурации сывороточных белков при различных температурах и продолжительности выдержки установлено, что сывороточные белки денатурируют полностью при температуре 95 °С и выдерживании 30 мин [34].

Из представленных данных, очевидно, что в интервале температур 91...95 °С происходит наиболее полная денатурация сывороточных белков, но при этом следует учитывать нежелательные изменения в молоке при длительном воздействии высоких температур.

Происходящие изменения, объясняются тем, что инертные в нативных белках функциональные группы белковых цепей (сульфидные, фенольные, гидроксильные и др.) активно вступают в химические реакции. Это обуславливает молекулярные взаимодействия в денатурированных белках, способность их молекул к агрегации и образованию комплексов с другими белками, в частности с казеином [35, 37].

Высвобождение SH-групп в молоке в результате термообработки начинается при 75 °С. Согласно исследованиям ученых в ряде работ отмечено, что взаимодействие сывороточных белков с казеином происходит в том случае, если во время термообработки молока денатурирует более 50% сывороточных белков. Однако при этом способность молока к сычужному свертыванию ухудшается [34, 36, 38, 39].

Из сывороточных белков наиболее термолабильны иммуноглобулины и сывороточный альбумин. β -лактоглобулин и λ -лактоальбумин относятся к более термостабильным белкам. Тепловая денатурация β -лактоглобулина приводит к коагуляции агрегированного белка (он коагулирует почти полностью при 85...100 °С). Кроме того, β -лактоглобулин образует комплексы с χ -казеином казеиновых мицелл и осаждается вместе с ними во время коагуляции казеина. Этот комплекс значительно уменьшает влияние на χ -казеин сычужного фермента и снижает термостойкость белков молока.

Тепловая денатурация β -лактоглобулина протекает по общепринятой схеме: разворачивание белковых молекул - агрегация денатурированного белка.

Тепловая денатурация это четырехстадийный процесс. На первой стадии при повышении температуры молока до 40 °С и выше происходит диссоциация димера β -лактоглобулина на два мономера. Дальнейшее повышение температуры (до 70 °С и выше) на второй стадии сопровождается конформационными изменениями мономеров β -лактоглобулина: молекулы постепенно разворачиваются с высвобождением SH-групп. Присутствие одной тиольной группы на одну молекулу белка очень важно для последующих реакций, которые способствуют образованию агрегатов β -лактоглобулина и тем самым препятствуют повторному свертыванию полипептидных цепей. Третья стадия процесса тепловой денатурации происходит при температуре выше 75 °С и характеризуется образованием с помощью S-S-связей агрегатов белка небольшого размера. В течение четвертой стадии, скорость которой значительно ниже скорости третьей стадии, из небольших агрегатов образуются сравнительно крупные агрегаты [1, 2, 7, 8].

После нагревания при невысоких температурах (70...80 °С) только небольшая часть денатурированных (развернутых) молекул β -лактоглобулина сможет восстановить свою нативную структуру. Обратимость денатурации, вероятно, зависит от температуры нагрева и продолжительности выдержки при ней.

При температуре выше 135 °С происходит дестабилизация остаточной структуры β -лактоглобулина, то есть наблюдается полное обратное разворачивание полипептидных цепей белка

Термолabile также иммуноглобулины, которые денатурируют при температуре выше 70 °С.

Самым термостойким из сывороточных белков является λ -лактоальбумин. Для полной его коагуляции необходимо нагревание молока до температуры 114 °С, однако температура денатурации белка составляет всего 62 °С. Большая устойчивость λ -лактоальбумина к нагреванию обусловливается обратимостью денатурированного белка; после охлаждения наблюдается восстановление его нативной структуры за счет самопроизвольного повторного свертывания цепей (рис. 1.3). Этот процесс называется *ренатурацией*. Обратимость денатурации при pH 6...7 составляет около 90% [1, 7, 9].



Рис. 1.3. Повторное свертывания цепей λ -лактальбумина

Как правило, глобулярные белки после термического разворачивания молекул проявляют склонность к агрегации, что препятствует повторному свертыванию полипептидных цепей при охлаждении.

Высокая степень ренатурации термически денатурированного λ -лактоальбумина, по мнению многих авторов, объясняется способностью белка стабилизировать свою третичную структуру с помощью кальция. λ -Лактоальбумин является металлопротеидом, который связывает определенное количество Ca^{2+} , удаление которого сопровождается конформационным изменением структуры белка и значительно замедляет ренатурацию. Очевидно, при термическом разворачивании λ -лактоальбумин теряет кальций, который в процессе охлаждения снова присоединяется к белку и способствует восстановлению его третичной структуры.

Казеин, в отличие от обычных глобулярных белков, имеет очень высокую термостабильность. Такая высокая тепловая стабильность казеина объясняется специфической структурой белка (большое содержание пролина, отсутствие свободных сульфгидрильных групп и т. д.), которому уже в нативном состоянии присущи все признаки денатурации. Экспериментальные данные свидетельствуют, что казеин при нагревании до температуры 140 °С не проявляет эндотермического теплового эффекта, характерного для процесса разворачивания структуры глобулярных белков.

Гидролиз белков молока. Вместе с тем во время тепловой обработки, особенно при высоких температурах стерилизации, в казеинаткальцийфосфат-

ном комплексе происходит целый ряд физико-химических изменений, которые могут негативно влиять на технологические свойства и пищевую ценность молока. Так, могут происходить гидролиз пептидных связей, дефосфорилирование, дегидратация казеина, его комплексообразование с денатурированными сывороточными белками, лактозой и т. д. В результате этих процессов могут наступать дезинтеграция казеиновых мицелл или, наоборот, увеличение их размера, что приводит к ухудшению сычужного свертывания молока, коагуляции белков при хранении молочных продуктов и др.

При распаде белков происходит гидролиз пептидных связей, в результате чего образуются сначала протеозы, пептоны, полипептиды, олигопептиды, затем аминокислоты и, наконец, вторичные продукты распада – аммиак, амины, сероводород. Разрыв пептидных связей и образование свободных аминокислот во время гидролиза (расщепления) полипептидов играет большую роль во время созревания сыров, производстве кисломолочных продуктов и т. д. [1, 8, 9].

Гидролиз казеина (в первую очередь χ -казеина и в меньшей степени α_1 - и β -казеина) при высвобождении различных пептидов после воздействия на молоко высоких температур был изучен рядом авторов. Так, при 110...140 °С в результате гидролиза пептидных связей в χ -казеине наблюдается освобождения гликомакропептидов. При этом снижается степень гидратации казеиновых мицелл. Как показали исследования, термически отщепленные гликомакропептиды аналогичны гликомакропептидам, высвобождающимся во время действия на казеин сычужного фермента. Как известно, χ -казеин играет важную роль в стабилизации казеиновых мицелл, в том числе и во время тепловой обработки, поэтому гидролиз около 20% всего χ -казеина может вызвать тепловую коагуляцию белков молока.

Тепловое дефосфорилирование казеина, то есть гидролиз фосфорноэфирных связей с удалением из β - и α_1 -казеина части органического фосфора, может снизить суммарный отрицательный заряд казеиновых мицелл и вызвать электростатическое напряжение в системе. Дефосфорилирование казеина наступает при температурах выше 100 °С. После дефосфорилирования ухудшается способность казеина связывать кальций, часть его отщепляется от казеината кальция, наступает дестабилизация мицелл, а также их полимеризация, то есть в итоге снижается термостойкость белков молока [1 ... 3, 6 ... 8].

Комплексообразование белков молока. Большой практический интерес вызывает способность казеина (главным образом χ -казеина, а возможно и α_2 -казеина) образовывать при нагревании комплексы с денатурированными сывороточными белками.

Образование комплексов начинается при сравнительно низких температурах (80...95 °С). Количество сывороточных белков (в основном β -лактоглобулина), присоединяемых к казеину, зависит не столько от температуры, сколько от длительности тепловой обработки и может составлять 42...68%. Основным видом связи, которая способствует образованию комплексов белков, считаются дисульфидные мостики, однако не отрицается также участие других видов связей (гидрофобных и др.).

Очевидно, степень взаимодействия β -лактоглобулина с казеином, обусловленная их количественным соотношением в молоке, температурой и рН обработки, влияет на размер казеиновых мицелл. Большинство исследователей отмечают повышение среднего размера казеиновых мицелл после тепловой обработки молока как следствие агрегации, ассоциации казеина с денатурированным β -лактоглобулином, так и отложения на поверхности мицелл коллоидного фосфата кальция. Вместе с тем некоторые авторы указывают, что в процессе тепловой обработки наряду с увеличением размера казеиновых мицелл происходит значительное увеличение количества очень мелких частиц, свидетельствует о дезинтеграции мицелл. Однако при этом преобладает процесс агрегации частиц казеина и повышения вязкости молока [1, 7...9].

Пенообразующая способность. Белки молока обладают также пенообразующим свойством, если они обработаны щелочными или ферментными препаратами определенных концентраций. Это свойство используют в производстве продуктов с мелкоячеистой пенной структурой, например мороженого [9].

Эмульгирующая способность белковых веществ проявляется только в растворах, поэтому важной характеристикой для белков является гидратация и растворение. При этом важнейшей функцией белков является их способность адсорбироваться на поверхности раздела фаз с ориентацией гидрофобных и гидрофильных участков в направлении родства с внешней средой. Эта способность зависит от значений активной кислотности рН, ионной силы и температуры. Стабилизирующая способность эмульсий вода / жир и жир / вода для белков основана на способности образовывать на поверхности раздела фаз прочные адсорбционные слои, выполняющие роль структурно-механического барьера, препятствующего коалесценции жировой фазы, и способствует повышению вязкости дисперсионной среды, снижает влияние гравитационных сил на устойчивость эмульсии, а также снижает эффект различных плотностей составляющих компонентов систем [2, 3, 9].

К функционально-технологическим свойствам белков молока относят некоторые специфические свойства, которые играют определенную роль в осуществлении технологических процессов при производстве молочных продуктов, а именно: термостойкость молока, сычужное свертывание и др.

Термостойкость – способность молока выдерживать нагревание при высоких температурах без видимой коагуляции белков. Основными показателями устойчивости белковых молекул в растворе является поверхностный заряд и степень гидрофильности частиц. То есть, факторы, уменьшающие отрицательный заряд казеиновых мицелл и степень их гидратации, будут снижать и термостойкость молока.

К ним относят количественные и качественные изменения химического состава молока, и в первую очередь, фракционных соединений казеина, степень денатурации сывороточных белков, солевой состав и рН молока. Колебания состава молока зависят от времени года, стадии лактации, породы коровы, рационов кормления и т.д.

Важная роль в проявлении этого свойства принадлежит казеину. С нагревом свежего молока до 120 °С заметных изменений в казеине не происходит. С нагревом молока до температуры выше 130 °С с некоторой выдержкой казеин коагулирует. Благодаря этому свежее молоко можно подвергать и пастеризации, и стерилизации без угрозы свертывания белков.

Одной из причин высокой термостойкости казеина считают высокое содержание пролина и низкий - серосодержащих аминокислот (цистина и цистеина) по сравнению с сывороточными белками.

На термостойкость казеина существенное влияние оказывают солевой состав молока, размер и величина заряда мицелл казеина и степень гидратации его частиц [3, 5 ... 8].

Термостойкость казеина обусловлена главным образом, его кислотностью и солевым балансом; зависит она от равновесия между катионами (кальций, магний и др.) и анионами (цитраты, фосфаты и др.). Избыток тех или иных разрушает солевое равновесие системы, что может привести к коагуляции белков.

Сычужное свертывание– способность молока сворачиваться под действием сычужного фермента с образованием достаточно плотного сгустка. На сычужное свертывание молока влияют в первую очередь содержание казеина и ионов кальция: чем выше их содержание, тем быстрее свертывается молоко и образуется более плотный белковый сгусток.

Продолжительность сычужной коагуляции белков и плотность сгустка зависят от концентрации ионов водорода в молоке. С уменьшением рН молока реакция протекает быстрее, плотность сгустка больше.

Скорость свертывания белков и плотность сгустка зависят от содержания казеина в молоке: чем он больше, тем выше плотность молока, быстрее произойдет коагуляция белков и сгусток будет плотнее.

Вызванные тепловой обработкой изменения структуры и размера мицелл казеина влияют на скорость получения сычужного сгустка. После пастеризации при температуре выше 80 °С и УВТ-обработки при 135...150 °С продолжительность сычужного свертывания молока увеличивается в несколько раз по сравнению с продолжительностью сычужного свертывания сырого молока (стерилизованное молоко практически теряет способность к сычужному свертыванию). Увеличение продолжительности свертывания молока объясняется (наряду с изменением солевого состава) комплексобразованием денатурированного β-лактоглобулина с казеином, в результате чего ухудшается его атакуемость сычужным ферментом.

Глобулы жира не способствуют образованию сгустка хорошей консистенции. Чем большее количество крупных жировых шариков в молоке, тем меньше плотность сгустка [1, 2, 4, 6, 7].

Следует добавить, что явления коагуляции и свертывания могут быть как желательными, так и нежелательными в производстве и хранении молока и молочных продуктов. Желательны такие виды коагуляции и свертывания, которые целенаправленно вызывают такие явления:

- сычужное свертывание во время сквашивания молока в производстве сыра;

- кислотное свертывание в производстве кисломолочных напитков;
 - кислотная коагуляция для получения казеина-сырца;
 - кислотная коагуляция для получения копреципитатов молочных белков.
- Нежелательны коагуляция и свертывание, связанные с ухудшением качества молочных продуктов, а именно:
- тепловая коагуляция свежего и сгущенного молока;
 - желирование сгущенного молока во время хранения;
 - коагуляция гомогенизированных молочных продуктов после ультрапастеризации;
 - коагуляция замороженного, а затем размороженного молока.

Расщепление белков в сыром молоке вызывают нативный фермент плазмин, протеолитические ферменты микрофлоры молока и внесенной закваски.

В процессе хранения сырого молока профермент нативной протеазы плазминоген переходит в плазмин, что вызывает распад β -казеина с образованием γ -казеина и фосфопептидов.

Степень и глубина расщепления белков сырого молока микроорганизмами зависит от многих факторов, главными из которых являются состав и активность их протеолитических ферментов [1, 2, 8, 9].

Таким образом, физико-химические и функционально-технологические свойства тесно связаны между собой, а также с составом молока, его органолептическими показателями, пищевой ценностью и определенным образом определяют экономическую эффективность переработки молока на те или иные молочные продукты.

1.4 Теоретические основы получения молочных белков

При производстве различных молочных продуктов получают сопутствующие продукты (обезжиренное молоко, пахту и сыворотку). В них остается более 50% ресурсов молочного белка. Поэтому необходим поиск резервов их максимального использования на пищевые цели. Из разных направлений переработки обезжиренного молока широкое распространение получило производство молочных белков, к которым относятся казеин и казеинаты, казецин и копреципитаты (казеин с сывороточными белками) в растворимой и нерастворимой форме, а также концентраты сывороточных белков [40 ... 42].

Согласно предложенной классификации E.Voss и D.Prokopenk (Германия) жидкие и пастообразные молочные белки содержат влаги до 80% и делятся на [43]:

- продукты, содержащие казеин и сывороточные белки (копреципитат-сырец; белки, полученные из обезжиренного молока с помощью гель-фильтрации, обратного осмоса и ультрафильтрации);
- продукты, содержащие только казеин (казеин-сырец, жидкий казеинат);
- продукты, содержащие только сывороточные белки (концентраты растворимых и нерастворимых сывороточных белков).

В соответствии с классификацией молочных белков, методы их выделения могут быть разделены на:

- методы выделения основного белка - казеина (кислотный, сычужный, сычужно-кислотный, ультрафильтрации)
- методы выделения сывороточных белков (термокальциевый и термокислотные).

Кроме того, применяются и методы комплексного выделения белков молока (совместно казеина с сывороточными белками) – термокальциевый и термокислотный [42, 44, 45].

Сегодня существует много способов выделения и тепловой обработки белков молока, лежащих в основе технологических процессов производства молочно-белковых продуктов.

Все они базируются на нарушении равновесия и стабильности коллоидной системы молока и имеют свои преимущества и недостатки.

Кислотная коагуляция осуществляется в основном за счет молочной кислоты, которая накапливается в процессе молочнокислого брожения или кислоты, внесенной извне. Современные представления о кислотной коагуляции белков молока изложены в работах [44, 46, 47].

В казеиновых глобулах на поверхности преобладают отрицательные электрические заряды, что объясняется преимуществом карбоксильных и гидроксильных групп над аминными группами. При внесении молочной кислоты ионы водорода H^+ постепенно связываются электроразряженными группами COO^- и нейтрализуются. При этом число отрицательных зарядов на поверхности казеиновых глобул уменьшается и, через некоторое время, достигается равновесие положительных и отрицательных зарядов казеиновых частиц. В результате нейтрализации отрицательно заряженных групп в зоне активной кислотности при значении pH 4,6...4,7 частицы казеина теряют устойчивость и агрегируют. Казеиновые частицы, подвергшихся коагуляции, объединяются и уплотняются, формируется пространственная сетка с включенными в нее веществами молока – образуется сгусток.

В процессе кислотной коагуляции сывороточные белки не коагулируют, так как не подвергаются денатурации. Они сохраняют нативное состояние и удаляются из сгустка вместе с сывороткой [44, 45].

Во время *гидролитического расщепления* фосфоамидных связей высвобождаются группы аргинина. Увеличение количества щелочных групп приводит к сдвигу изоэлектрической точки казеина от pH 4,6 ... 4,7 до 5,0 ... 5,2 и образованию параказеина. С другой стороны, гидроксильные группы фосфорной кислоты связывают ионы кальция и создают мостики между частицами параказеина, что приводит к образованию сычужного сгустка [42].

Сывороточные белки под действием сычужного фермента не коагулируют и во время синерезиса через цепочки казеинового сгустка удаляются вместе с сывороткой.

Во время *комбинированного воздействия* на казеин сычужного фермента и молочной кислоты, которое имеет место при сычужно-кислотной коагуляции, казеин при переходе в параказеин смещает изоэлектрическую точку от pH 4,6

до 5,2. При этом сгусток образуется быстрее, чем при кислотной коагуляции. Технологический процесс сокращается на 2...4 ч.

Особенно расширилась номенклатура методов выделения белков из молока благодаря фундаментальным теоретическим исследованиям в области химии белков, и в частности белков молока, на основе которых были разработаны новые технологии. Например, все большее распространение получают методы термокальциевого и термокислотного свертывания белков молока для получения копреципитатов [46, 48, 49, 50, 51].

Учитывая то, что высокотемпературная коагуляция обеспечивает комплексное выделение почти всех белковых веществ, которые содержатся в молоке, при минимальных затратах времени, необходимо изыскивать пути более широкого ее применения для получения различных видов молочно-белковых продуктов.

Все технологические процессы производства молочного белка характеризуются общностью этапов: 1) нагревание сырья (обезжиренного молока) до заданной температуры; 2) смешивание с коагулянтom (раствором хлорида кальция или кислот) в определенной пропорции; 3) выдерживание смеси для формирования и закрепления сгустка; 4) разрезание сгустка 5) отделение сыворотки; 6) промывание белка; 7) прессование; 8) соление; 9) фасовка; 10) охлаждение; 11) замораживание; 12) хранение.

В 1962 году была создана экспериментальная линия непрерывного получения молочного пищевого белка производительностью 5 тыс. л / час по обезжиренному молоку [52].

В 1971 г. применение пищевого молочного белка для колбасного производства дало значительный экономический эффект. Однако производство и использование такого белка ограничено из-за низкой устойчивости влажного продукта при хранении [53, 54].

В настоящее время в мире известно два принципиально отличных друг от друга направления в процессе выделения белков из молока. Они были предложены в пятидесятые годы: кислотное - в США, кальциевое - в СССР [52].

Осаждение белков молока ионами кальция впервые предложено и теоретически обосновано проф. Дяченко П.Ф. в 1953 году [46, 55 ... 57].

В промышленности многих стран мира получают молочный белок способом термокальциевого коагуляции [46, 50, 58, 59, 60, 61].

Термокальциевый способ выделения белков молока осуществляется следующим образом: молоко (цельное или обезжиренное) нагревается до температуры 90 ... 93 °С и в него при непрерывном перемешивании добавляют 40%-ный раствор хлористого кальция из расчета 0,15...0,2% от общего количества молока, перерабатываемого материала. После быстрого комплексного свертывания белковых веществ молока образовавшаяся сыворотка сливается, а белковая масса промывается водой и подпрессовывается [44, 46].

Нагревание молока с использованием хлористого кальция как коагулянта приводит к коагуляции казеина с одновременной коагуляцией термолабильных сывороточных белков, а затем к образованию комплекса между казеином и сывороточными белками и их совместного осаждения.

Сущность *термокальциевой коагуляции* белков молока заключается в следующем. Казеин и сывороточные белки находятся в молоке в коллоидно-дисперсном состоянии. Мицеллы казеина обладают свойствами гидрофильного золя, который при определенных условиях может перейти в гель. Стабилизации казеина способствует электрический заряд на поверхности глобул и равновесное состояние катионов и анионов, находящихся в плазме молока. При избыточном количестве ионов Ca^{++} происходит их взаимодействие с ОН группами фосфорной кислоты, входящей в молекулу казеина. При этом отрицательный заряд частиц снижается и наступает равновесие положительных и отрицательных зарядов, при которой достигается максимальная неустойчивость частиц казеина и происходит его коагуляция. Кроме того, хлористый кальций обладает сильным дегидратирующим свойством и, уменьшая гидратные оболочки вокруг мицелл казеина, способствует дестабилизации и коагуляции казеина [45].

Недостатком способа является наличие постороннего привкуса в полученном коагуляте белков молока, который вносится солями кальция, ощущение уплотненной твердой консистенции продуктов, а иногда его крупинчатости за счет дегидратации белковой массы, осложнения тепловой обработки полученного продукта (растирание до гомогенного состояния, смешивание с другими компонентами) из-за его уплотненной консистенции.

Кроме того, при массовом применении этого способа для выделения белков молока требуется значительное количество дефицитного реактива - пищевого хлористого кальция. Поскольку раствор хлористого кальция имеет горький привкус, который после выделения белковых веществ передается и молочной сыворотке, последняя не может быть использована для пищевых целей, что также является недостатком рассматриваемого способа выделения белков молока.

На основе исследований, проведенных профессором П.Ф.Дяченко, предложен процесс *кальциевой коагуляции* молочных белков, то есть получения пищевого молочного белка. С 1969 года начато внедрение данной технологии в производство молочных белков [55, 63].

Дальнейшие исследования показали возможность и целесообразность промышленного использования предложенного способа выделения белков.

На основе теоретических разработок П.Ф.Дяченко и К.К.Ростроса ведутся исследования по совершенствованию технологии получения влажного молочного белка на основе кальциевой коагуляции в направлении создания непрерывной линии по производству белка.

Была предложена технология производства молочного белка с различным содержанием кальция путем регулирования рН коагуляции и количества раствора хлорида кальция [53, 65].

Способ кальциевой коагуляции молочных белков при высокой температуре нашел свое развитие в работах австралийских ученых. Используя оборудование для поточного производства казеина, они в 1964 году предложили промышленную технологию производства пищевого белка непрерывным способом [50].

В 1952 в США Скоттом был запатентован способ *термокислотной коагуляции* белкового комплекса [66].

Авторы Козлов В.Н., Затирка А.Ф. и другие отмечают, что термокислотный способ получил широкое применение в практике работы предприятий молочной промышленности. При этом получаемые коагуляты используются в производстве продуктов питания [40, 45].

Термокислотный способ имеет многочисленные преимущества перед термокальциевым. Он также позволяет осуществлять комплексное выделение казеина и сывороточных белков молока, но конечный продукт не имеет отмеченных ранее недостатков органолептических показателей.

Сущность метода, в котором применяется термокислотная коагуляция белков молока сводится к тому, что быстрая, почти мгновенная, коагуляция белков молока достигается введением в него молочной кислоты, накопившейся в закваске молочнокислых стрептококков при молочнокислом брожении, или содержится в молочной сыворотке, полученной при изготовлении сыра кислотным или сычужно-кислотным способом.

Способ получения молочного белка из обезжиренного молока *с помощью молочной кислоты* был детально разработан Мюллером [67, 68]. Обезжиренное молоко нагревают до 92 °С и выдерживают 15 мин для коагуляции сывороточных белков, затем смешивают с кислотой при pH 4,3...4,35. Полученный молочный белок содержит казеин и сывороточные белки.

Осуществляется этот способ в следующей последовательности. Молоко (цельное или нежирное) нагревают до температуры 91...95 °С (но не ниже 90 °С), вносят в него закваску молочнокислых стрептококков или кислую творожную сыворотку в количестве 25...30%. После коагуляции белковых веществ образовавшуюся сыворотку удаляют, а белковую массу подпрессовывают и охлаждают. Применение указанного способа выделения белковых веществ молока по степени эффективности не уступает способу, описанному ранее, но зато приближает процесс к естественному образованию молочно-белкового сгустка, то есть к традиционному выделению белков кислотным способом, как это имеет место, например, при изготовлении творога [69].

Несмотря на отмеченные преимущества, плотная консистенция молочно-пищевого белка затрудняет его использование для изготовления творожных изделий, паст и кремов, консистенция которых должна быть нежной, без комочков уплотненного белка и крупинчатости.

Другим важным аспектом, связанным с совершенствованием технологии кисломолочных продуктов в направлении более полного использования потенциала молока, является повышение температуры пастеризации молока.

Анализ литературных источников [70, 71] показал, что в современных технологиях производства творога внимание уделяется комплексной переработке молока с полным использованием всех его составных частей.

Совершенствование технологических процессов при производстве творога наряду с казеином обеспечивает использование и сывороточных белков, осажденных вместе с ним. Согласно этому способу сывороточные белки осаждали вместе с казеином, и полученный комплекс выделяли из молока.

Западногерманская фирма Westfalia Separator предложила способ получения творога, который основан на выделении сывороточных белков с помощью высокотемпературной обработки обезжиренного молока. С целью повышения выхода готового продукта молоко пастеризуют при температуре 85...90 оС с выдержкой в течение 2...3 мин. Повышение температуры тепловой обработки исходного молока вызывает изменение структуры сывороточных белков. При следующем свертывании молока примерно половина сывороточных белков осаждается одновременно с казеином и выход сыра увеличивается на 10%. Однако во время высокотемпературной тепловой обработки молока растет влагоудерживающая способность полученного молочно-белкового сгустка, что затрудняет отделение сыворотки [72, 73].

Более полного использования белков молока при производстве творога можно достичь также путем использования кислой сыворотки в качестве коагулянта [73].

В мире наблюдается все больший рост производства молочного белка. Ведущими странами в производстве казеина и его производных является Новая Зеландия и Австралия. Производство молочного белка развивается также во Франции, Польше, Чехии, Болгарии, Германии и других странах.

Большое внимание во многих странах, и особенно в Австралии и Новой Зеландии, уделяется производству копреципитатов [53, 74, 75].

Несколько технологий по получению молочного белка разработано и запатентовано в Чехии. Одна из них заключается в осаждении белков из молока с помощью добавления к нему 0,1 ... 0,2% раствора хлористого кальция при 80...100 оС с последующим отделением сыворотки и промывкой холодной водой. Затем к осадку добавляется смесь кальция, цитрата натрия и калия или полифосфатные соли в количестве 1...3% и такое же количество поваренной соли, после чего продукт текстурируется и охлаждается. Это позволяет повысить степень использования молочных белков на 20% по сравнению с традиционным получением казеина, а получаемый продукт, имеющий значительные водосвязывающие и эмульгирующие свойства, может хорошо смешиваться с другими компонентами [75].

По другой технологии молоко заквашивается до значений рН 5,2 ... 5,5, к нему добавляется 0,2% раствор хлористого кальция и нагревается в течение 10 мин до 85 ... 90 °С [75].

Во Франции запатентован способ осаждения казеина или сывороточных белков с помощью комбинации подкисления и нагрева, используемый для производства сыра [75].

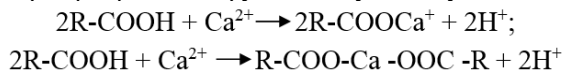
Применение таких способов производства молочных белков, как обратный осмос, ультра-, диафильтрация и электродиализ сдерживается высокой стоимостью оборудования, несовершенством конструкций установок, низкими характеристиками прочности мембран, трудностями их регенерации и использования фильтрата [76].

Реализация способа выделения белков молока с помощью полисахаридов требует создания специального оборудования и сдерживается дефицитом пектина [76].

Приведенный анализ способов выделения белков молока доказывает, что термокислотный способ является одним из перспективных способов, обеспечивающих комплексное выделение составных частей молока. Поэтому необходимо изыскивать пути совершенствования способа термокислотной коагуляции с целью получения конечного продукта с заданными свойствами для изготовления изделий на его основе.

1.5 Структурно-механические свойства молочных белков

Главными белковыми компонентами казеиновых мицелл являются α_{S1} -, α_{S2} -, β - и χ -казеины (рис 1.2), основными минеральными компонентами - кальций и фосфор. В небольших количествах мицеллы содержат цитрат кальция, магний, калий и натрий. Углеводная часть казеиновых мицелл представлена сиаловой кислотой, галактозой и галактозамином. Кальций и фосфор в казеиновых мицеллах содержатся в двух формах; неорганический кальций входит в состав коллоидного фосфата и цитрата кальция, органический кальций присоединен к фосфатным и карбоксильным группам казеина. Ионы кальция взаимодействуют с остатками фосфорной кислоты, соединяясь с одной или двумя ее гидроксильными (ОН) группами; кроме того, они присоединяются к карбоксильным группам (COO⁻) казеина. В противном случае кальций имеет свободную связь и может образовывать кальциевый мостик между расположенными одна против другой серинфосфатными группами двухмолекул казеина:



Такой кальций играет определенную роль при образовании казеиновых мицелл и называется структурообразующим, так как соединяет две молекулы казеина. Кальциевые мостики способствуют агрегации коллоидных частиц казеина при сычужной и кальциевой коагуляции.

Фосфор коллоидного фосфата кальция, так же как и кальций, считают неорганическим фосфором, а фосфор, входящий в состав казеина - органическим фосфором. Соединять молекулы казеина между собой наподобие кальциевых мостиков (рис. 1.2) может и неорганический фосфор в виде коллоидного фосфата кальция, который наряду с ионами кальция может присоединяться к серинфосфатных групп молекул казеина.

Согласно расчетам Немет и Шерагы [...] гидрофобные взаимодействия усиливаются при повышении температуры до 60 °С, а затем начинают ослабевать. При температуре ниже 5 °С гидрофобные взаимодействия будут минимальными.

Взаимодействие разноименно заряженных групп под действием электростатических сил обычно не имеет существенного значения в стабилизации белковых мономеров и полимеров. В водных растворах ионизированные группы окружены диполями воды и взаимодействие между ними ослаблено. Однако одновременное привлечение многих ионизированных групп при взаимодей-

ствии участков белковых субъединиц, усиленных гидрофобным окружением, может создавать достаточно сильную электростатическую стабилизацию белков или способствовать их агрегированию.

Особый интерес представляют электростатические взаимодействия между фосфатными и карбоксильными группами фракций казеина с катионом Ca^{2+} . Выполняя роль мостика при соединении двух фосфатных групп казеина кальций способствует снижению его отрицательного заряда. При этом появляется возможность для гидрофобного взаимодействия субмицел, что способствует их агрегации.

Водородные и дисульфидные связи присутствуют в субмицелах в незначительных количествах и не влияют на стабилизацию субмицел. Поэтому можно сделать вывод, что главную роль в формировании и стабилизации субмицел и мицелл казеина играют гидрофобные взаимодействия, а также определенное значение имеют электростатические взаимодействия [1, 2, 4, 9].

1.6 Использование молочных белков в технологии кулинарной продукции

В современных условиях производства молочные предприятия большое внимание уделяют расширению ассортимента продукции с низкой себестоимостью и высокой пищевой ценностью. При этом отмечается растущий интерес производителей и потребителей к закусочной продукции с пластично-вязкою пастообразной консистенцией. Применение сычужных сыров как белкового сырья для изготовления данной продукции для большинства пищевых предприятий проблематично в плане доставки, энергоёмкости и достаточно высокой себестоимости. Поэтому особый интерес вызывает возможность применения молочных белков в виде творога, которым обеспечена большая часть молочных предприятий, как белковой основы в технологиях кулинарной продукции заведений ресторанного хозяйства. По своим функциональным свойствам творог может быть использован как основное белковое сырьё в технологии пластично-вязких продуктов [77].

Творог – продукт, имеющий высокую пищевую и биологическую ценность, обусловленную достаточно большим содержанием белка и минеральных веществ (кальция, фосфора, железа, магния и др.), необходимых в ежедневном рационе каждого человека. Для увеличения выхода творога на ~8% в современных технологиях эффективно применяются закваски прямого внесения (DVS-культур) и молокосвертывающего фермента CHY-MAX . Состав данного фермента характеризуется 100%-ным содержанием химозина, как активного фермента, который имеет направленное расщепляющее действие на χ -казеин, что обуславливает получение качественного сгустка с выделением прозрачной зеленоватой сыворотки без наличия белка.

При производстве творога коагуляция белков (с разрушением коллоидной системы молока) происходит со снижением отрицательного заряда казеина и переходом его в изoeлектрическое состояние добавлением, отдельно или в ком-

плексе, кислот (кислотная коагуляция), сычужного фермента (сычужная коагуляция), добавлением хлорида кальция (кальциевая коагуляция).

Сущность процесса сычужного свертывания молока до сих пор полностью не выяснена. Известно лишь, что процесс коагуляции белка происходит поэтапно. Основным белок молока - казеин - состоит из нескольких фракций, из которых только одна - χ -казеин - гидролизуется химозином. Гидролизу подвергаются одновременно многочисленные пептидные связи, и χ -казеин расщепляется как в растворимой, так и в нерастворимой фракциях. Как продукт гидролиза идентифицирован гликопротеид с содержанием углеводов до 28%. Нерастворимую фракцию, которая образуется в результате гидролиза χ -казеина химозином, называют пара- χ -казеином. Неглубокий гидролиз χ -казеина химозином приводит к потере его защитного коллоидного действия в молоке, следствием чего является осаждение других компонентов казеина ионами Ca^{2+} .

На *первом этапе* протеаза атакует гидрофильную часть пептидной цепи χ -казеина и отщепляет гидрофильный макропептид, который быстро растворяется в сыворотке. Этот процесс сопровождается повышением гидрофобности образованного пара- χ -казеина. При преобразовании казеина в параказеин на момент свертывания молока глубоких химических изменений в молекулах казеина не происходит. Молекулярная масса параказеина и казеина в начале процесса коагуляции практически одинакова. Коллоидные свойства казеина при превращении в параказеин также существенно не изменяются.

На *втором этапе* процесса коагуляции белка параказеин осаждается (флокулирует) при наличии ионов кальция и образует коагулят, который захватывает в свою сетку все компоненты молока и постепенно уплотняется. Подобный эффект самопроизвольного уплотнения белкового сгустка называют синерезисом. Его следствием является отделение сыворотки. Скорость синерезиса можно увеличить за счет увеличения поверхности сгустка. Это достигается разрезанием сгустка на зерна кубической формы и провариванием зерна.

Химизм действия сычужного фермента на казеин заключается в гидролизе его фосфоамидной связи (P-N) без отщепления фосфорной кислоты. В то же время освобождаются щелочные гуанидиновые и фосфорные группы, в результате чего изоэлектрическая точка казеина смещается с pH 4,6 до pH 5,0...5,2, характерной для параказеина. В результате действия сычужного фермента появляются функциональные группы (ОН), которые и связывают ионы кальция, образуя «кальциевые мостики» между молекулами параказеина. За счет подобного агрегирования частиц параказеина и образуется белковый гель. То есть, без наличия в системе ионов кальция агрегирование частиц параказеина осуществляться не может.

Если же происходит кислотное свертывание молока, то казеин выделяется в чистом виде без кальциевых солей при кислотности до 60... 70 °Т и концентрации водородных ионов, обеспечивающих активную кислотность, близкую к изоэлектрической точке (pH 4,7). При сычужном свертывании титруемая кислотность составляет 18... 23 °Т, а концентрация водородных ионов – pH 6,2. В этих условиях казеин свертывается вместе с кальциевыми солями и образует плотный сгусток, из которого и формируют творог. Таким образом, сгустки, полученные в результате

кислотного и сычужного свертывания молока, существенно отличаются друг от друга.

Под действием сычужного фермента молоко свертывается не сразу, а в течение определенного времени. При свертывании молоко переходит из жидкого состояния в структурированное. Под образованием сетки мицеллярных цепей, или коагуляцией, понимают предварительную дестабилизацию мицелл казеина (флокуляцию, без обязательного видимого появления флоккул) и слипание флокулированных мицелл (агломерацию). Реологические характеристики сгустка зависят от природы и количества межмицеллярных связей а также от скорости коагуляции. Молоко свертывается в два этапа: первый - энзимный или кислотный, а второй - физико-химический. На свертывание белка температура больше влияет на втором этапе. При смешанной коагуляции одновременно происходят два основных процесса - кислотный и энзимный, в результате чего происходит и кислотная, и сычужная коагуляция. При кислотной коагуляции казеин коагулирует при pH 4,6...4,7, а при энзимно-кислотной изоэлектрическая точка смещается к pH 5,2. В процессе смешанной коагуляции в образовании структуры сгустка принимают участие и кальциевые мостики, которые образуются между частицами параказеина. Поэтому выход творога при применении сычужно-кислотной коагуляции выше, чем выход творога, который получают в результате только кислотной коагуляции. Смешанную сычужно-кислотную коагуляцию применяют при производстве творога, мягких сыров и сыров, которые вызревают под влиянием развития плесени.

Фаза коагуляции, детали которой до сих пор остаются недостаточно изученными, представляет собой биохимическую реакцию, приводящую к агрегатированию мицелл. При этом речь может идти о гидрофобной связи между остатками пара- χ -казеина, о солевых мостиках (кальций и фосфат кальция) между α_{s1} -, α_{s2} - и β -казеинами, возможно, о дисульфидных мостиках между частицами пара- χ -казеина и др. Мицеллярный пара- χ -казеин имеет выраженный гидрофобный характер, то есть в результате бимолекулярной реакции гидрофильная в целом исходная мицелла приобретает гидрофобные участки, в результате чего появляется поверхность раздела фаз и соответственно увеличивается и свободная (избыточная) межфазная энергия, которая, как следует из принципа Гиббса-Гельмгольца, в дисперсных системах стремится самопроизвольно уменьшиться.

Этот процесс приводит к снижению энтропии системы в результате увеличения доли упорядоченных элементов в структуре окружающей воды (гидрофобные взаимодействия между молекулами пара- χ -казеина и молекулами воды сопровождаются увеличением энтропии и переходом системы в более выгодное энергетическое состояние). Также энергетически выгодным для системы является объединение мицелл в единую, компактную структуру, обеспечивающую наименьший контакт гидрофобных областей с водой. В свою очередь, контакты между одинаковыми гидрофобными областями также приводят к уменьшению свободной энергии системы.

Необходимо отметить, что химический состав творога меняется в зависимости от его жирности (табл. 1.3). Нежирный творог имеет содержание белков на $\sim 6 \pm 2\%$ больше, чем жирный.

Таблица 1.3 - Химический состав творога

Творог	Содержание, %				
	жира	влаги	белков	лактозы	зола
Жирный	18±1	65±2	14...16	1,9...2,1	1,5...2,0
Полужирный	9±1	73±2	14...17	2,0...2,5	1,7...1,5
Нежирный	–	80±2	18...22	1,5...2,0	1,3...1,6

По содержанию свободных аминокислот (табл. 1.4) [4] творог, полученный непрерывным способом на основе коагуляции белков в потоке, несколько уступает полученному периодическим способом, но имеет лучшую влагоудерживающую способность.

Очевидно, различия в содержании свободных аминокислот в твороге исследуемых видов обусловлены тем, что при производстве традиционного творога закваска действует в лучших условиях и более длительное время, чем при производстве творога в коагуляторе. Однако, содержание свободных аминокислот в твороге, произведенном непрерывным методом при коагуляции белков в потоке, можно повысить, подбирая соответствующее количество бактериальной закваски.

Таблица 1.4 - Аминокислотный состав белков творога

Аминокислота	Содержание в твороге, приготовленном			
	периодическим способом, мг в 100 г		непрерывным способом, мг в 100 г	
	продукта	сухих веществ	продукта	сухих веществ
Лизин	3,02	9,21	2,45	7,29
Гистидин	0,14	0,42	0,12	0,37
Аргинин	0,18	0,54	0,15	0,46
Аспарагиновая кислота	1,09	3,33	0,73	2,16
Треонин	0,53	1,61	0,26	0,78
Серин	0,68	2,07	0,27	0,82
Глутаминовая кислота	6,42	19,57	3,46	10,31
Пролин	2,73	8,31	1,54	4,58
Глицин	1,22	3,73	0,72	2,16
Аланин	0,44	1,35	0,32	0,94
Валин	0,36	1,08	0,22	0,64
Метионин	0,35	1,05	0,20	0,60
Изолейцин	0,49	1,49	0,13	0,38
Лейцин	0,23	0,69	0,14	0,42
Тирозин	0,88	2,69	0,53	1,59
Фенилаланин	0,48	1,47	0,33	0,97
Всего	19,23	58,61	11,57	34,47

Данные табл. 1.4 свидетельствуют также о высокой биологической ценности творога, которая обусловлена содержанием в нем всех эссенциальных аминокислот (лизина, триптофана, треонина, валина, метионина, изолейцина, лейцина, фенилаланина).

Характеризуя химический состав творога, следует принять во внимание его высокую калорийность: у 1 кг жирного творога она составляет 2330 ... 2530 ккал, 1 кг нежирного - 750 ... 860 ккал, 1 кг говядины – около 1350 ккал, 1 кг рыбы – около 460 ккал.

В твороге, полученном непрерывным способом, в среднем содержится ~124,2 мг% Са, периодическим способом ~ 117,5 мг%, а фосфора соответственно ~90,3 и ~77,0 мг%.

Творог, полученный на основе коагуляции белков молока непрерывным способом в потоке, имеет влагоудерживающую способность на 6...8% больше, чем полученный периодическим способом, вероятно в результате частичной денатурации сывороточных белков при пастеризации молока, которая на 8...10°C выше, чем при производстве периодическим способом (табл. 1.5).

Таблица 1.5 - Зависимость влагоудерживающей способности молочного белка творога от температуры пастеризации

Способ получения творога	Температура пастеризации молока, °C	Влагоудерживающая способность белка, %
Периодический	76...82	46...48
Непрерывный	86...90	52...56

В процессе высокотемпературной обработки молока происходит взаимодействие денатурированного β-лактоглобулина с казеиновыми мицеллами. Сывороточные белки молока имеют большую гидрофильность по сравнению с казеином, в результате чего повышается его влагоудерживающая способность и термостойкость. В свою очередь гидрофильные свойства казеина влияют на способность кислотного и кислотно-сычужного сгустка удерживать и выделять влагу. Изменение гидрофильных свойств казеина необходимо учитывать при выборе режима пастеризации в процессе производства кисломолочных продуктов, в частности творога.

Творог имеет тиксотропную структуру коагуляционного типа (способную восстанавливаться после механического разрушения). Между белковыми частицами расположены жидкие слои, которые уменьшают прочность структуры но, вместе с тем, придают ей пластичность и эластичность. Правильно подобранный штаммовый состав заквасочных культур позволяет регулировать активную кислотность сгустка и удерживать величину pH в диапазоне 4,5...4,8, что важно для получения плотного сгустка и формирования вкуса продукта.

В промышленных условиях получают творог со стандартным содержанием жира, сухих веществ и влаги. Но в различных промышленных партиях такого творога будет разная величина соотношения массовой доли жира и массовой доли сухого остатка (МДСО), а также величина соотношения массовой доли влаги и МДСО. Поэтому при применении творога в рецептурном составе паст

закусочных, как белковой основы, следует контролировать вышеупомянутые параметры.

Творог нежирный – исходный продукт для получения пастообразных продуктов, можно рассматривать как концентрированную суспензию частиц казеина в растворе белков, солей и других гидрофильных веществ. В качестве исходного сырья в промышленном производстве творог является незначительной составной частью белковой основы пастообразной продукции. Свежий нежирный творог формирует характерный вкус плавленого сыра, увеличивает в нем содержание белка, улучшает консистенцию и повышает активную кислотность. По традиционным технологиям плавленых сыров творог в рецептурную смесь вносится в пределах ~15 ... 20% от общего количества рецептурных компонентов.

Однако, в рассмотренных литературных источниках почти отсутствует информация об использовании творога как основного белкового сырья при выработке пастообразной закуской продукции. То есть, в условиях дефицита молочного сырья разработка технологий паст с использованием творога, как основного белкового сырья на наш взгляд является перспективным [77].

Литература к главе 1

1. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова. – 3-е изд., перер. – СПб : ГИОРД, 2001. – 320 с.
2. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 344 с.
3. Степанова, Л.И. Справочник технолога молочного производства [Текст] В 3 т. Т.1. Цельномолочные продукты. – СПб : ГИОРД, 1999. – 384 с.
4. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / Г.В. Твердохлеб [и др.]. – М. : ВО Агропромиздат, 1991. – 463 с.
5. Кученев, П.В. Молоко и молочные продукты [Текст] / П.В. Кученев. – М. : Россельхозиздат, 1985. – 81с.
6. Машкін, М.І. Молоко і молочні продукти [Текст] / М.І. Машкін. – К. : Урожай, 1996. – 336 с.
7. Шалыгина, А.М. Общая технология молока и молочных продуктов [Текст]: учебное пособие для студентов высш. учеб. Заведений / А. Шалыгина, Л. Калинина. – М. : КолосС, 2004. – 198 с.
8. Горбатова, К.К. Химия и физика белков молока [Текст] / К.К. Горбатова. – М. : Колос, 1993. – 192 с.
9. Пивоваров, П.П. Теоретична технологія продукції громадського харчування [Текст] : навч. посібник. Частина 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П.П.Пивоваров. – Харків : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.
10. Камышан, В. М. Влияние технологических режимов рафинации масел на их качество, антиоксидантную стабильность и сроки хранения [Текст] / В. М. Камышан, А. В. Тырсына [и др.] // Масложировая пром-сть. – 2005. – № 2. – С. 24–25.

11. Камышан, Е.М. Адсорбционная очистка растительных масел [Текст] / Е.М. Камышан, А.В. Тырсина [и др.] // Масложировая пром-сть. – 2004. – № 1. – С. 14 – 16.
12. Orthofer, Frank. Emulsifiers and their role in low-fat andigr [Text] / Frank Orthofer, Don McCaskill. – 1994. – 111, 9. – С. 561 – 562.
13. O. Sullivan, A. C. Whey protein denaturation [Text] / O. Sullivan A. C. – J. Society Dairy Techn. – 1971. – Vol. 24. – P. 45.
14. ДСТУ 1434-92. Сыры плавленые. Украинский ассортимент. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 01.01.93. – К. : Изд-во стандартов, 1992. – 15 с.
15. Денисова, Е. А. Ароматизаторы в производстве плавленых сыров [Текст] / Е. А. Денисова // Сыроделие маслоделие. – 2004. – № 4. – С. 17–18.
16. Ed. Charalambous, George. Food emulsifiers: chemistry, technology, functional properties and applications [Text] / Ed. Charalambous George, Doxastakis George. – Amsterdam, 1989. – Vol. 19, 20. – 549 p.
17. Лобова, Т.В. Повышение биологической ценности плавленых сыров [Текст] / Т.В. Лобова // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 2. – С. 30.
18. Lee, B. Stud biochemique de la fonte des fromages sur in systeme model [Text] / B. Lee. – Cong. InterLait. – 1987. – P. 133.
19. Чагаровский, А. П. Новые виды плавленых сыров повышенной биологической ценности [Текст] / А. П. Чагаровский, И. А. Гришин [и др.] // Тезисы докладов второй Всесоюзной конференции Проблемы индустриализации общественного питания страны. – X. : 1989. – С. 227–278.
20. Нечаев, А.П. Пищевые добавки: понятие, аспекты современного использования в пищевых технологиях, проблемы, тенденции развития [Текст] / А.П. Нечаев // Пищевая пром-сть. – 1998. – № 6. – С. 12–15.
21. Асафов, В.А. Перспективы использования растительного сырья в производстве молочных продуктов [Текст] / В. А. Асафов, О.Г. Фоломеева // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 37–38.
22. Клавер, Франк. Эмульгаторы в пищевой промышленности [Текст] // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки / Франк Клавер. – 2000. – № 9. – С. 34–35.
23. ГОСТ 30004.2. Майонезы. Правила приемки и методы испытаний [Текст]. – Введ. 01.01.96. – К. : Госстандарт Украины, 1995. – 18 с.
24. Жариков, А. И. Краткие курсы по основам современных технологий переработки мяса, организованные фирмой «Протеин Технолоджиз Интернешнл» США. Курс 1 Эмульгированные и грубо-измельченные мясопродукты [Текст] / А. И. Жариков. – М. : 1994. – 154 с.
25. Мостовая, Л.Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Мостовая Людмила Николаевна. – Харьков, 2001. – 304 с.
26. Патент № 31699 А Україна, МКИ, А 23 L 1/24. Спосіб отримання соусів емульсійного типу [Текст] / Пивоваров П. П., Гринченко О. О., Большакова В. А., Ванецян С. Р., Мостова Л. М. ; заявник та патентовласник ХДУХТ. – № 98105571; заявл. 23.10.98; опубл. 5.12.2000, Бюл. № 7. – П – 2 с.
27. Гринченко, О.А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции на основе полуфабрикатов функциональных композиций

[Текст] : дис. ... д-ра. техн. наук / Гринченко Ольга Алексеевна. – Харьков, 2005. – 386 с.

28. Дьяченко, П.Ф. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / П.Ф. Дьяченко. – М. : Пищ.пром-сть. – 1974. – 447 с.

29. Избаш, Е.А. Степень использования белков молока при коагуляции разными способами [Текст] // Обзор инф. Исследование процессов коагуляции в мол. пром-ти ММПЦНИИТЭИмясомолпром. – М., 1973. – С.35-37.

30. Материалы XXI Межлунар. молочного конгресса. Т.2. – М. : Агропромиздат, 1985. – 326 с.

31. Gavel, J. Influence of conditions for pasteurization of milk and coagulation of proteins on the efficiency and quality of protein preparation [Text] / Gavel, J., Zmaricki S. Lanicki A., Fersho E. and Lasecka E. // Brief communi-cations to the XXI Int. Dairycongress. – Moskow, 1982. – v.1., book 2. – p. 73.

32. Инихов, Г.С. Методы анализа молока и молочных продуктов [Текст] / Г. Инихов, Н. Брио. – М. : Пищ.пром-сть, 1971. – 423 с.

33. Ростроса, Н.К. Справочник по цельномолочному производству [Текст] / Н.К. Ростроса. – М. : Пищ. пром-сть, 1976. – 344 с.

34. Алексеева, Н.Ю. Состав и свойства молока как сырья для молочной промышленности [Текст] : справочник / Н.Ю. Алексеева. – М. : Агропромиздат, 1986. – 239 с.

35. Вессер, Р. Технология получения и переработки молока [Текст] / Р. Вессер. – М. : Колос, 1971.

36. Darling, D.F. Heat stability of milk [Text] / D.F. Darling // Dairy Res.-1980. – v. 47. – N2. – P.199-210.

37. Renner, E. Chemical and physico-chemical aspects. New monograph on UHT-milk [Text] / E. Renner // BulletinIDF. – 1981. – Doc. 133. – P. 49-64.

38. Алексеева, Н.Ю. Современные достижения в области белков молока [Текст] / Н.Ю. Алексеева, Ю.В. Павлова, Н.И. Шишкин / Агро НИИТЭИмясомолпром. – М., 1988. – 31с.

39. Pierre, A. Mineral and protein equilibria between the colloidal and soluble phases of milk uf how temperature [Text] / A. Pierre, G. Brule // J. Dairy Res. – 1981. – v. 48. – N3. – P. 417-423.

40. ОСТ 49.108-76. Белок молочный пищевой [Текст]. – М. : Минмясомолпром СССР. – 1976.

41. Павлов, В.А. Рациональные направления в производстве МБК ЦНИИТЭИМП [Текст] / В. Павлов, Ч. Дубровин. – М., 1985. – 42 с.

42. Технология цельномолочных продуктов и молочно-белковых концентратов [Текст] / Е.А. Богданова [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1989. – 311 с.

43. Rahn, O. Physik der Milchwirtschaft [Text] / O. Rahn, P. Sharp. – Parey, Berlin, 1928.

44. Горбатова, К.К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К.К. Горбатова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 344 с.

45. Козлов, В.Н. Технология молочно-белковых продуктов [Текст] / В. Козлов, А. Загирка. – К : Урожай, 1988. – 168 с.

46. Дьяченко, П.Ф. Исследование белков молока [Текст] / П.Ф. Дьяченко // Тр. ВНИМИ. – М. : Пищ.пром-сть. – С.73.
47. Тепел, А. Химия и физика молока [Текст] / А. Тепел.– М. : Пищ. пром., 1979.– 623 с.
48. Ростроса, Н.К. Технология молока и молочных продуктов [Текст] / Н.К. Ростроса. – М. : Пищ пром-ость, 1980.
49. Mullr,L.L. CO-precipitatesanaidtonewfoodusesofmilkproteins[Text] / L.L. Mullr //TheMilkIndustri. – 1971. – v. 68. – N1. – P. 26-28.
50. Buchanan, R.A. The manufacture of "calcium coprecipitate" [Text] / R.A. Buchanan, N.S. Show, I.E. Hayes // Aust. J. of D. Techn. – 1965. – N9. – P. 139-142.
51. Smith, G.M. The production and utilization of milk proteins [Text] / G.M. Smith // Milk Ind. – 1975. –V.76. – N2. – P.25.
52. Получение и использование белков молока [Текст] : сборник / Под ред. Э.Р. Ставровой. – Минск : Наука и техника, 1973. – 170 с.
53. Липатов, Н.Н. Направления и достижения научных исследований в области молочной промышленности [Текст] / Н.Н. Липатов, Н.А. Горно-стайская // Обзор. инф. по материалам XIX междунар. конгресса по мол. делу ЦНИИТЭИмясомолпром СССР. – 1976. – 35 с.
54. Шамгин, В.К. Разработка технологии производства сухого молочного белка [Текст] / В.К. Шамгин, Н.В. Нехведович // Получение и использование белков молока: сборник. – Минск : Наука и техника, 1973. – С. 26-41.
55. Дьяченко, П.Ф. Способ получения пищевого казеина [Текст] / П.Ф. Дьяченко, И.Н. Влодавец, Е.А. Богомолва // Обзор.информ. мол. пром-сть. – 1953. – №6.
56. Инструкция по организации и порядку проведения микробиологических исследований пищевых продуктов и оценке их качества / Утв. Минздра-вом УССР 30.12.88. – Киев, 1988.
57. Новиков, О.П. Методы извлечения белковых веществ из творожной сыворотки [Текст] / О.П. Новиков, А.Т. Борисов, В.Е. Степанятов // ЦНИИТЭИмясомолпром. – М. , 1981. – 19 с.
58. Дьяченко, П.Ф. Исследование состава казеинат-кальцийфосфатного комплекса молока [Текст] / П.Ф. Дьяченко, Н.Ю. Алексеева // Мол.пром-сть. – 1968. – №3. – С.2-22.
59. Дьяченко, П.Ф. Сравнительная ценность сухого молочного белка и обезжиренного молока в комбикормах [Текст] / П.Ф. Дьяченко [и др.] // Животноводство. – 1976. – №3. – С.48-58.
60. Дьяченко, П.Ф. Изменения казеинаткальцийфосфатного комплек-са при выработке сыра, включая чеддеризацию [Текст] / П.Ф. Дьяченко [и др.] // Тр. XVIII Междунар. молочн. Конгресса. – Сидней, 1970. – М. : Пищ. пром-сть,1972. – 391 с.
61. D'yachenko, P.F. Role of calcium in the structure of casein complex of milk Brief communications 20th international dairy congress [Text] / P.F. D'yachenko. – Paris, 1978. – P. 288.

62. Ростроса, Н.К. Производство молочно-белковых концентратов на основе высокотемпературной коагуляции белков обезжиренного молока [Текст] / Н.К. Ростроса // Обзор. информ. ЦНИИТЭИмясомолпром. – М, 1986. – С. 1-8.

63. Ростроса, Н.К. Производство молочно-белковых продуктов на основе совместной коагуляции казеина и сывороточных белков [Текст] / Н.К. Ростроса, П.Ф. Дьяченко // ЦНИИТЭИмясомолпром. – М., 1969. – С. 14-15.

64. Конева, О.И. Экспериментальная установка для поточной коагуляции при производстве казеина [Текст] / О.И. Конева, В.К. Сташенко, А.В. Перепечко.

65. Конева, С.И. Разработка технологических параметров получения низкокальциевого копреципитата непрерывным способом [Текст] / С.И. Конева, Н.В. Нехведович, В.С. Трофимов // Повышение эффективности производства МБК. – М. : Агропромиздат. – С. 85.

66. Gurr, M.I. Milk products: Contribution to nutrition and health [Text] / M.I. Gurr // J. Soc. Dairy Tekhnol. – 1992. – 45. – N 3. – p. 61-67.

67. Muller, L.L. Studies of co-precipitates of milk proteins [Text] / L. Muller, N. Show // AustJ. of D. Techn. – 1967. – N-3. – P. 12-16.

68. Pat. CSIRO N 403065. [Text] / Miller L.L., Hayes J.F., Buchanan R.A., Snow N.S. – Austral, 1970.

69. Липатов, Н.Н. Производство творога: теория и практика [Текст] / Н.Н. Липатов. – М. : Пищ. пром., 1973. – 237 с.

70. Порозова, Л.Ф. Основные тенденции развития молочной промышленности США и стран Западной Европы [Текст] / Л.Ф. Порозова, Г.В. Борисова, А.М. Епихина, О.Н. Миронова // Обзор, инф. ЦНИИТЭИмясомолпром. – М., 1983. – 34 с.

71. Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика [Текст] / П.Ф. Рокицкий. – Минск, 1973. – 379 с.

72. Богданова, Е.А. Влияние тепловой обработки при производстве творога на структурно-механические свойства и дисперсность белкового сгустка [Текст] / Е.А. Богданова // Обзор, информ. мол. пром-сть. – 1966.- №8. – С. 11-12.

73. DieMolkereli-Zeitung. WeltderMilch [Text] / DieMolkereli-Zeitung. – 1981. – Bd 35. – N20. – p. 628, 629, 632, 633.

74. Храмов, А.Г. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки [Текст] / А. Г. Храмов, Э.Ф. Кравченко, К.С.Петровский [и др.]. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – С. 43-48.

75. Mann, E.J. Milchprotein-copraezipitaten [Text] / E.J. Mann // Molkerizeitung Well. – 1984. – t. 38. – p.40.

76. Шалыгина, А.М., Файзиев Д.С, Садиев Р.С. Степень использования белков обезжиренного молока и сыворотки при термокислотной коагуляции [Текст] / А.М. Шалыгина, Д.С. Файзиев, Р.С. Садиев // Мол. пром-сть. – Вып. II, 1992. – 45-47 с.

77. Гурский П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисло-молочного нежирного [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Гурський Петро Васильович. – Харків, 2009. – 353 с.

Глава 2. Современные тенденции развития технологий структурированной продукции на основе творога нежирного и перспективы использования ядра семян подсолнечника

2.1. Анализ современного состояния и перспективы развития технологий структурированной продукции на основе творога

Система питания современного человека находится в тесной связи с социально-экономическим положением государства. Высокий уровень бедности населения, низкий прожиточный минимум, ухудшение качества пищевых продуктов в условиях экономического кризиса, а также увеличение потребления продуктов питания промышленного производства приводят к существенному ухудшению пищевого статуса и состояния здоровья населения, особенно у детей и молодежи [24, 28, 29, 85, 108, 236, 238].

Процессы глобализации, которые происходят в сфере обеспечения населения продуктами питания, а также на фоне мирового экономического кризиса, когда большинство производителей стремятся удешевить свою продукцию за счет использования пищевых добавок, появляется реальная угроза ухудшения качества пищевых продуктов.

Одним из ведущих в структуре пищевой промышленности является рынок молока и молочных продуктов. Основными факторами, сдерживающими развитие отечественного рынка молочной продукции являются: сокращение поголовья коров, низкое качество молока-сырья, устаревшие технологии, несоответствие отечественных норм и требований европейским по качеству молока [144]. Согласно статистическим данным [10, 31, 78, 86, 118, 203, 204] с 1990 объемы производства молока в сократились на 54,3%, прежде всего за счет сельскохозяйственных предприятий, а фактическими монополистами по производству молока как сырья в течение 2000-2018 гг. выступают соответственно небольшие хозяйства и частные подворья. Такая тенденция создает проблемы для развития молочной отрасли, прежде всего из-за технологической несостоятельности частных хозяйств населения обеспечить высокое качество молочного сырья [85, 103...106].

Указанные негативные тенденции развития молочного скотоводства привели к сокращению объемов поставок сырья для промышленной переработки практически вчетверо за период 1990-2010 гг. [103...106, 144, 153].

Вместе с тем, в течение всего периода наблюдается тенденция к снижению годового потребления населением молока и молочных продуктов в общем объеме на 46,6% или 373 кг (в 1990) до 241 кг (в 2018 г..) на одного человека, что соответствует 54,3% от рациональной нормы потребления [242].

Творог и изделия на его основе очень популярны в нашей стране. Когда речь заходит о диетах и наиболее полезных продуктах, то невозможно обойтись без творога [4, 72, 103...105].

Высокое содержание полноценного молочного белка, кальция и фосфора, разное количество жира делают этот продукт незаменимым для всех, кто занимается здоровым питанием [24, 28...30, 32, 108, 223, 224].

В той или иной форме творог входит в рацион примерно 80% населения. Стандартная 100-граммовая пачка творога удовлетворяет среднесуточную потребность в белке на 70%. Белок, содержащийся в твороге, имеет полноценный аминокислотный состав и легко усваивается организмом. Жир, входящий в состав творога, очень важен для рационального питания людей. Он восполняет энергетические затраты и выполняет структурно-пластические и защитные функции в организме. Молочный жир имеет наиболее сложный химический состав из всех жиров животного и растительного происхождения. Однако его жирнокислотный состав не является идеальным. Повысить биологическую ценность творога можно путем модификации жирнокислотного состава за счет применения растительных масел. Кроме того, одновременное использование белкового сырья молочного и растительного происхождения в условиях высокой стоимости и дефицита качественного молочного сырья, а также роста конкуренции со стороны импортной продукции позволяет обеспечить ее конкурентоспособность, расширить ассортимент и снизить себестоимость [52, 203].

В современных условиях производства молочные предприятия большое внимание уделяют расширению ассортимента продукции с низкой себестоимостью и высокой пищевой ценностью. При этом отмечается растущий интерес производителей и потребителей к продукции на основе творога. Поэтому в этом смысле особый интерес вызывает возможность применения творога как белковой основы по его функциональным свойствам в технологиях структурированных продуктов [106, 107, 110...113, 146].

Творог как исходный компонент для получения продуктов структурированных можно рассматривать как концентрированную суспензию частиц казеина в растворе белков, солей и других гидрофильных веществ [18, 66, 67, 72].

Из литературных источников [3, 4, 7, 16, 18, 22, 34, 35, 47, 48, 70, 71, 74, 80, 147, 239] известно, что технология производства традиционной структурированной продукции на основе творога, как правило, не предусматривает использование белково-липидного сырья растительного происхождения. Формирование структуры и обеспечение высокой питательной ценности достигается за счет использования жиросодержащих рецептурных компонентов, в составе которых жир находится в эмульгированном виде, то есть «естественных» эмульсий – молока, сливок, сметаны, молочного жира, меланжа.

Однако, в последние годы наметилась тенденция создания комбинированной структурированной продукции с заданным составом и свойствами. Такие продукты должны отвечать не только современным медико-биологическим требованиям, но и традициям и привычкам, сложившимся у населения [119]. Среди комбинированных продуктов широкое распространение получили продукты на основе творога нежирного с добавлением компонентов растительного

происхождения. На сегодняшний день разработано много технологий продуктов, предусматривающих использование сои, пектина, ячменно-солодового экстракта, злаковых культур [130, 132, 134, 147, 190, 192].

При проведении тепловой обработки структурированной продукции на основе творога с высоким содержанием жира происходит снижение плотности белкового сгустка, выплавка молочного жира, что приводит к деформации изделий. Для предотвращения этого используют сырье, выполняющее роль структурообразователя (яйца, мука, манная крупа) за счет денатурации белков яиц, образования клейковинного каркаса белков муки, или поглощение воды клейстеризующимся крахмалом [40, 41]. Другие виды сырья, которые предлагаются (некоторые молочные продукты, сахар), вместе соструктурообразованием способствуют регулированию пищевой и биологической ценности готовых блюд. Внесение различных видов наполнителей (овощных, плодово-ягодных, крупяных и т.д.) позволяет при уменьшении некоторого количества белка и жира повышать содержание таких важных ингредиентов как пищевые волокна, минеральные вещества, витамины.

Введение растительных компонентов в структурированную продукцию на основе творога позволяет не только экономно расходовать молочное белковое сырье, но и обогатить комбинированный пищевой продукт углеводами, витаминами, ценными белками и минеральными веществами [80, 110...113, 142, 173, 175, 177...181]. Растительные и животные белки, дополняя друг друга, создают достаточно активные в биологическом отношении аминокислотные комплексы, обеспечивающие внутритканевой синтез. Следовательно, суммарная аминокислотная формула становится биологически более ценной. Именно поэтому в последнее время структурам структурированной продукции на основе творога с использованием сырья растительного происхождения уделяется значительное внимание со стороны специализированных научных учреждений и производителей [44].

По сравнению с молочным жиром растительные масла имеют ряд преимуществ, обусловленных отсутствием холестерина, наличием витаминов, незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, которые способствуют выведению холестерина.

Анализируя известные разработки, можно констатировать, что при производстве структурированной продукции на основе творога широкое распространение приобретают добавки на основе растительного сырья, позволяющие получить готовую продукцию с повышенной пищевой и биологической ценностью, разнообразным рецептурным составом, за счет чего можно расширить асортимент и снизить себестоимость.

2.2. Характеристика химического состава, функционально-технологических свойств белка творога

Казеин относится к фосфопротеидам [202], то есть содержит остатки фосфорной кислоты (органический фосфор), присоединенные к аминокислоте серин моно-эфирной связью (О-Р), α_s -казеин имеет в полипептидной цепи восемь остатков фосфорной кислоты, β -казеин - четыре и χ -казеин - один.

С полярными группами, находящимися на поверхности и внутри казеиновых мицелл (NH_2 , COOH , OH и др.), связаны ионная и молекулярная адсорбция, что играет существенную роль в гидратации белковых молекул. От ионной адсорбции во многом зависит стабильность коллоида белка. Ионную адсорбцию обеспечивают свободные полярные группы белка - карбоксильные, аминные, гидроксильные, образуя на белковой молекуле полярные центры, они диссоциируют в растворах, приобретают заряд, вокруг которого и ориентируются диполи воды, которые послойно располагаются у центров белковой молекулы, образуя гидратную оболочку.

Первый слой - это ориентированные неподвижные молекулы воды, прочно связанные с белком - связанная, гидратационная влага молекулярной адсорбции. Остальные слои - влага полимолекулярной адсорбции, что при определенных условиях не отличается от свободной. Связанные полярные группы белка - пептидные главных полипептидных цепочек, гидроксильные, сульфгидрильные обеспечивают молекулярную адсорбцию вследствие возникновения заряда за счет смещения общей пары электронов к одному из атомов. Возникновение разности потенциалов и вызывает ориентацию диполей воды [138...141].

Полярные группы белка связывают значительное количество воды $\sim 1,9$ г на 1 г белка. Способность казеина связывать воду характеризует его гидрофильные свойства. Последние зависят от структуры, величины заряда белковой молекулы, pH среды, степени измельчения белковых веществ, концентрации солей и других факторов. Они имеют большое практическое значение в технологиях структурированных продуктов [45, 72, 138, 217].

В процессе обработки и переработки молока большой интерес для исследований представляют изменения, которые происходят с белками молока. В молоке содержится в среднем 2,9 ... 4% белков, в том числе 2,3 ... 2,9% казеина и 0,5 ... 0,8% сывороточных белков. Главным белком молока является казеин. Он составляет 78 ... 85% от общего количества белков молока, сывороточные белки - 15 ... 22% [45, 66, 67].

В процессе высокотемпературной обработки молока происходит взаимодействие денатурированного β -лактоглобулина с казеиновыми мицеллами. Сывороточные белки молока имеют большую гидрофильность по сравнению с казеином, в результате чего повышается его влагоудерживающая способность и термостойкость. В свою очередь гидрофильные свойства казеина влияют на способность кислотного и кислотно-сычужного сгустка удерживать и выделять влагу. Изменение гидрофильных свойств казеина учитывают при выборе режима пастеризации в процессе производства творога [72, 201, 241].

Термостабильность, способность коагулировать под влиянием ряда факторов: нагрев, гидратация, протеолитического расщепления и т.д., играют вполне определенную важную роль в осуществлении технологических процессов при выработке молочных продуктов, в том числе творога [45, 80, 104, 157, 161].

Творог нежирный, в котором молочный белок (казеин), как основная составляющая часть, представленный в форме казеинкальцийфосфатного комплекса (ККФК) [66] с выраженными гидрофобными связями в основном за счет «ка-

льцевых мостиков» пара- γ -казеина (рис. 2.1). Гидрофобные взаимодействия таких белков приводят к образованию скоплений белковых частиц (мицелл), объединенных в единую структуру, которая обеспечивает наибольший контакт белков с водой [45, 66, 67].



Рис. 2.1. Гидрофобные связи между частицами пара- γ -казеина в твороге

От гидрофильных свойств казеина и продуктов его распада зависят водосвязывающая и влагоудерживающая способности и консистенция творога. Итак, гидрофильные свойства казеина не только определяют устойчивость белковых частиц в молоке при его обработке, но и влияют на ход некоторых технологических процессов. Казеин, как и все белки, содержит одновременно аминные - NH₂ и карбоксильные - COOH группы, в растворе находящиеся в виде NH₃⁺ и COO⁻. То есть, казеин имеет свойства амфотерного электролита (амфолита, амфиона). Количество свободных карбоксильных групп в казеине больше, чем аминных, поэтому он имеет кислую реакцию [45, 49, 66, 67, 217].

Скорость и устойчивость связывания воды зависит главным образом от состояния, свойств и концентрации белковых веществ. На влагоудерживающую способность белков, которые исследованы в работах [7, 45, 48, 50, 85], существенно влияют их природные свойства: наличие заряженных полярных и свободных пептидных групп; пространственная структура белка; величина удельной поверхности белковых частиц. Большое значение также имеют и условия гидратации: величина pH среды; степень денатурационных изменений; концентрация и свойства электролитов в системах плавильных солей.

Большое значение с точки зрения технологии имеет способность казеина связывать воду. Это способствует росту его термостойкости, что позволяет нагревать молоко не только до температуры пастеризации 72 ... 95 °C, но и до температуры стерилизации в пределах 150 °C, не вызывая его свертывания. Во время высокотемпературной обработки молока, в результате взаимодействия казеина с сывороточными белками его гидрофильные свойства усиливаются. Интенсивность этого взаимодействия и температура непосредственно влияют на структурно-механические свойства а также водосвязывающую и влагоудерживающую способности готового продукта [201, 217].

Формирование водосвязывающей и влагоудерживающей способности в результате взаимодействия системы «белок-вода» является одной из важней-

ших функций молочного белка, дает возможность для его использования в производстве структурированного продукта на основе творога.

Изучение химического состава, физико-химических показателей, биологической ценности, питательных свойств, а также поведения белков молока вследствие воздействия на них различных факторов, является теоретической основой для совершенствования существующих и разработки новых способов выделения белков и продукции на их основе [45, 92].

Исходя из того, что коллоидная система «белок-вода», которой является ККФК, находится в равновесном состоянии, и учитывая склонность к денатурации белка творога при нагревании, авторами [67, 72, 139, 217] доказано, что для увеличения гидрофильности и обеспечения агрегативного равновесия молочного белка при нагревании необходимо повысить его отрицательный заряд. Таким образом творог может быть использован как белковая основа, а казеин молока в форме ККФК, как стабилизатор гетерогенной системы в рецептуре структурированной продукции.

2.3. Обоснование замораживания творога для создания его запасов

При общем годовом объеме производства творога более 20 тыс. т в Украине выработка его в течение года неравномерна [20, 78, 160]. Для выравнивания потребления часть творога замораживают летом и сохраняют в таком виде в течение 3-12 месяцев, реализуя в период малого поступления молока на переработку, предварительно размораживая. Качество творога при этом зависит от условий, в которых проводятся замораживание, хранение и размораживание. Данный процесс сегодня еще слабо изучен.

На необходимость длительного хранения указывает четко выраженный характер сезонности в производстве творога. В условиях расширения производства и становления рынка молока и молочных продуктов, холодильное консервирование позволяет сохранить качество творога на межсезонный период, создавая достаточное количество резервов для производства и торговли.

На современном этапе развития во всем мире замораживание считают наиболее эффективным и перспективным способом продления сроков хранения. Низкие температуры притормаживают протекание микробиологических и биохимических процессов, которые могут привести к изменению качественных показателей продукта [89, 114].

Исследования в области низкотемпературного хранения молочных продуктов послужили основой для изучения и совершенствования технологии хранения творога [9, 27, 38, 59, 68, 69, 89, 154, 191]. Органолептические свойства его при длительном хранении могли ухудшаться в результате активности ферментов, подвижности воды и качества тароупаковочного материала. Низкие температуры холодильной обработки позволяют сохранять качество творога в течение 6-8 месяцев при температуре -8°C . Непродолжительное увеличение сроков хранения творога в течение 7...14 суток может гарантироваться другими

способами, а именно использованием стабилизаторов структуры и соответствующей тепловой обработкой [159].

Решая задачу изготовления полуфабриката творожного структурированного, необходимо организовать резервирование основного рецептурного ингредиента - творога, и в течение всего года поставлять на рынок высококачественную, полноценную продукцию.

Однако, проблемы при замораживании, хранении и размораживании нельзя считать окончательно решенными, несмотря на значительное количество мнений, рекомендаций, часто противоречий источников [2, 15, 16, 27, 38, 54, 59, 68].

Не затрагивая противоречий, на наш взгляд, целесообразно рассмотреть процесс замораживания и хранения творога с двух позиций. Сравнив современные результаты исследований по хранению творога, можно констатировать, что некоторые авторы занимались замораживанием, некоторые хранением при низких температурах, некоторые размораживанием, но отсутствуют данные, где бы были представлены результаты исследования технологического процесса. низкотемпературного резервирования творога, Особо следует отметить, что стадии этого процесса тесно взаимосвязаны между собой неизбежно будут влиять на результаты осуществления последней - размораживание [55, 89, 126].

Вторая позиция заключается в том, что раньше, до 2007 г. предприятия Украины работали по нормативной документации СССР. При этом производился творог нежирный (содержание жира - 0,4 ... 0,6%) и жирный (содержание жира - 9% и 18%).

С 2007 был утвержден стандарт Украины на творог (ДСТУ 4554; 2007 приказ №76 от 04.04.07) [165] где приведена его классификация: творог нежирный с массовой долей жира менее 2% и этот показатель не нормируется; творог с массовой долей жира более 2% до 18%. Физико-химические показатели этого творога приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4- Характеристика физико-химических показателей творога

Показатель	Норма
Массовая доля жира, %	более 2 до 18
Массовая доля белка, %, не меньше чем	14
Массовая доля влаги, %	от 65 до 80
Кислотность титрованная, °Т, в пределах	от 170 до 250
Фосфатаза	не разрешается
Температура при выпуске предприятия-производителя, °С, не выше	4±2
Примечание: показатель массовой доли жира не нормируют для творога нежирного	

Изучению особенностей хранения различных видов творога и творожных изделий в замороженном виде посвящены многочисленные исследования, проведенные в нашей стране и во многих других странах [2, 14...16, 19...21, 54, 55, 114, 126, 154, 191, 231].

По исследованиям Анистратовой О.В. и других [14] перспективным способом холодильной обработки творога является быстрое его замораживание в потоке воздуха, расфасованным в блоки по 0,20...6,0 кг и упакованным в полимерную пленку. Известен другой способ. Творог в виде блока замораживали на контактной поверхности скороморозильных аппаратов в интервале температур от -10 до -15 °С [14, 15, 19, 20, 21]. Высокое качество гарантируется в течение 8...12 месяцев при температуре в холодильной камере -18 °С. Но размораживание в воздушной среде при температуре 20...35 °С приводило к потерям массы 18% и выше [14, 15, 19, 20, 21].

Для увеличения срока хранения творога домашнего исследователи [2, 14, 15] предложили проводить замораживание творожного зерна воздушным способом при температуре -30 °С в скороморозильном аппарате с последующим хранением в течение 6...8 месяцев, но небольшие объемы производства не позволили распространить эту технологию замораживания для увеличения сроков хранения.

Таким образом, применением низких температур замораживания достигается существенное увеличение практических сроков сохранения первоначального качества творога. В связи с этим, целесообразно рассмотреть вопрос поведения основного компонента – воды в ходе процесса замораживания и последующего низкотемпературного хранения.

Изучению структуры и свойств воды посвящено большое количество исследований, но до сих пор не существует единого мнения о структурной модели воды, и не объяснены закономерности ее взаимодействия с другими веществами. Основным событием в изучении проблемы взаимодействия воды является классификация форм и видов связей влаги в материалах, созданная академиком П. А. Ребиндером [149].

Особенности поведения воды и водных растворов объясняются высокой энергией водородных связей и особенно внутримолекулярной связи О-Н. В области низких температур подвижность молекул Н-О-Н упорядочивается, меняется их структура с образованием кристаллической решетки [89, 138, 140, 141].

На основании многочисленных исследований В. Спиес[...] сделал вывод, что быстрое замораживание предотвращает значительное диффузионное перераспределение влаги и растворимых веществ и способствует образованию мелких, равномерно распределенных кристаллов льда. Процесс кристаллообразования, как правило, изменяется пропорционально скорости замораживания по мере перемещения межфазного перехода от периферии к центру продукта. Для поверхностных слоев продукта характерна мелкокристаллическая структура. В таком случае, тканевые структуры и микроструктура пищевых продуктов остаются невредимыми [13, 49, 51, 69].

Хорошо известно, что скорость кристаллизации обуславливает время воздействия гипертонических растворов на структуру белка, вызывая большую или меньшую степень его денатурации. В результате этого белковые молекулы теряют свои первоначальные свойства и приобретают новые. Среди ученых не существует единого мнения о влиянии скорости замораживания на стабильность белков [13...15, 19, 20, 21, 69]. Некоторые из них считают, что для полу-

чения качественного продукта скорость замораживания должна быть высокой, другие, что замораживание должно быть медленным [2, 13...15, 19, 20, 21, 69]. Сокращение длительности воздействия солевых растворов на структуру белка творога при быстром замораживании снижает степень их изменений. Кроме того, рациональные скорости кристаллизации неодинаковы для разных объектов замораживания. Так, микроскопические исследования показали, что структура сохраняется лучше при соблюдении высоких скоростей замораживания [14,15, 19, 20, 21].

Во время исследования влияния температурных колебаний на качество размороженного продукта при хранении многими учеными [2, 14,15, 19, 20, 21, 87] установлено ухудшение качества продуктов при непрерывном колебании температуры за счет протекания физико-химических процессов в кристаллической структуре льда. Причиной этого были неустойчивые прочностные свойства кристаллической решетки замороженных гетерогенных продуктов, от поверхности размороженного продукта до его центра, и состояние их определяется скоростью замораживания.

Таким образом, сохранить качество размороженного продукта в течение всего срока хранения возможно при соблюдении постоянной температуры в холодильной камере [2,13...15, 19, 20, 21, 69, 87].

2.4. Перспективы использования концентрата ядра семян подсолнечника и желатина в составе полуфабриката творожного структурированного

2.4.1. Характеристика химического состава ядра семян подсолнечника и анализ технологий белковых продуктов его переработки

С учетом современных данных теоретических и научно-исследовательских работ авторами [53, 110...113, 122, 142, 173, 175] приведены возможные пути применения продуктов переработки ядра семян подсолнечника - жмыха, шрота, муки и изолятов. Освещены области всех направлений, ассортимент комбинированной пищевой продукции и добавок, которые могут быть воспроизведены в многокомпонентных продуктах как пищевого, так и функционального назначения (табл. 2.5).

Учеными [161] разработана технология мягкого сыра, полученного термомокислотной коагуляцией с использованием подсолнечного жмыха холодного прессования безлузговых семян. Была установлена целесообразность внесения жмыха в нормализованное или обезжиренное молоко в количестве 1,5% при температуре 50 °С. Было установлено, что при этом увеличивалась массовая доля белка в молочно-растительной смеси и влажность творожного сгустка, прочность белкового каркаса сгустка уменьшалась, выделение сыворотки при синерезисе сгустка замедлялось, в результате выход творога увеличивался.

Второй вид жмыха из необрушенных семян подсолнечника вносили в количестве 3% в коагуляционную сыворотку с увеличенной до 120

°Ткислотностью, пастеризовали при 75-80 °С с выдержкой 5-7 мин. с последующим фильтрованием и добавлением 8% сухой сыворотки.

Исследователями [207] были разработаны модифицированные белковые добавки из шрота подсолнечника, которые имеют повышенную биологическую ценность, жиро- и влагоудерживающую способности, с целью обогащения белком мясных и кондитерских изделий. С их использованием были разработаны рецептуры фарша для производства колбас,пельменей, а также бисквита.

Таблица 2.5- Использование продуктов переработки ядра семян подсолнечника в составе пищевой продукции

Пищевой продуктыли до- бавка	Вид добавки из подсолнечника	Массоваядоля добавки
Молочная промышленность		
Мягкий термокислотный творог	Жмыхиз ядра семянподсолнечни- ка	1,5 %
Коагуляционнаясыворотка	Жмыхиз семянподсолнечника	3,0 %
Мясная промышленность		
Фарш для колбас, пель- меней	Модифицированная белковая до- бавка из шрота	3-10 %
Вареные колбасы	Изолят белка подсолнечника	2,1-2,2 %
Паштет мясной запеченный	Мукаиз ядра семян подсолнечника	3-10 %
Фарш для котлет	Мукаиз ядра семян подсолнечника	64-76 %
Кондитерская промышленность		
Бисквит	Модифицированная белковая до- бавка из шрота	3-10 %
Конфеты изпралине	Жмыхиз семянподсолнечника	10-15 %

Улучшение технологических свойств проводили ферментативной модификацией подсолнечного шрота в течение 30 мин.при температуре 20°С препаратом с высокой протеиназой активностью, полученным проращиванием семян подсолнечника при температуре 25°С и продолжительности 96 ч.При этом выделенные из шрота три белковые фракции содержали белка более чем в два раза больше по сравнению с другими фракциями.

Как показали исследования, действие ферментативного препарата вызвало глубокую деструкцию белковых глобул, что способствовало росту относительной биологической ценности белковых добавок на 10-50%, а также приводило к увеличению их жиро- и влагоудерживающей способностей на 30 и 65% соответственно.

Известен способ производства вареных колбас [132], включающий использование в составе фарша изолята белка подсолнечника в количестве 2,1-2,2% от массы набора сырья и энергетической добавки.

Предложено использование муки ядра семян подсолнечника в составе мясного запеченного паштета с низкой калорийностью, который предназначен для профилактического питания. В рецептурную смесь, содержащую мясное сырье и вспомогательные компоненты вводили муку ядра семян подсолнечника в ко-

личестве 3-10% от общей массы смеси. Использование муки ядра семян подсолнечника обуславливало получения готового продукта с высокими органолептическими свойствами, повышенной пищевой и биологической ценностью, улучшенными реологическими характеристиками.

Разработан пищевой концентрат [134], который может быть использован при изготовлении фарша для котлет, паштетов. Авторами предложены рецептуры фарша для котлет, в котором в качестве пищевого белка используют пищевую белковую муку из ядра семян подсолнечника в количестве 64,0-76,0% от общей массы пищевых концентратов, а также гречневую крупу, овощи и специи.

Среди мировых производителей Украина занимает третье место по валовому сбору семян подсолнечника, который является традиционной масличной культурой и стратегическим сырьем Украины. В последнее время наблюдается увеличение валового сбора подсолнечника, что произошло за счет расширения посевных площадей и увеличения урожайности почти на 30%. По данным [243] в 2019 гн Украине было произведено 14,5 млн. т подсолнечника.

В настоящее время реестр сортов подсолнечника включено около 300 образцов, различающихся по разным признакам. В Украине культивируют много сортов и гибридов подсолнечника. Подсолнечник, используемый в качестве промышленного сырья, подразделяют на несколько типов. По жирнокислотному составу триацилглицеролов различают подсолнечник линолевого и олеинового типов. По назначению выделяют кондитерский и масличный тип подсолнечника. Кроме этих типов, отдельно выделяют гибридный подсолнечник [65, 145, 146]. При государственной регистрации сорта высокоолеинового направления должны содержать не менее 60,0% олеиновой кислоты, пальмитинового направления - пальмитиновой кислоты не менее 7,0%, масляного направления - не менее 48,0% растительного масла [23, 25, 216].

Белковый комплекс ядра представлен запасными белками, белками-ферментами и токсичными белками - ингибиторами протеолитических ферментов. Запасные белки семян подсолнечника находятся в сложных алейроновых зернах, содержащих в себе аморфную белковую зону некристаллического белка и образованный фосфорным фитином белковый глобод [57], каталитические белки входят в структуру биомембран [90, 91]. В семенах подсолнечника также широко представлены соединения белков с липидами и углеводами.

Запасные белки семян подсолнечника представлены 11S- и 7S-глобулинами, в меньших количествах присутствуют 2S-белки, представляющие собой продукты распада запасных белков на полипептиды, низкомолекулярные глобулины, альбумины, некоторые ферменты, ингибиторы протеолитических ферментов [57, 88].

Основным запасным 11S-глобулином ядра семян подсолнечника является гелиантинин, состоящий из шести сферических субъединиц в виде тригональной призмы и имеет молекулярную массу около 300 кДа. Полипептидная цепь гелиантинина содержит 10% α -спирали и 30% β -конформации. 7S-белки состоят из двух или четырех типов субъединиц.

Токсичные белки относятся к низкомолекулярным белкам альбумино-глобулиновой группы с молекулярной массой около 20 кДа [88].

Также исследователями [56] разработан способ классификации образцов по содержанию белка в ядре семян подсолнечника в пересчете на абсолютно сухое сырье [57], где содержание белка варьирует от 14% до 34,0%.

Белки ядра семян подсолнечника содержат все незаменимые аминокислоты, которых содержится в 100 г ядра больше, чем в коровьем молоке (табл. 2.6). По содержанию незаменимых аминокислот белок подсолнечника превышает семена многих сельскохозяйственных культур.

Таблица 2.6 - Характеристика аминокислотного состава белка ядра семян подсолнечника и белка коровьего молока

Продукт	Незаменимые аминокислоты, мг/100								Заменимые аминокислоты, мг/100									
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин	Аланин	Аргинин	Аспарагиновая кислота	Гистидин	Глицин	Глутаминовая кислота	Пролин	Серин	Тирозин	Цистин
Белок ядра семян подсолнечника	1071	694	1343	710	390	885	337	1049	858	1785	1789	523	1130	4124	1180	792	544	396
Белок коровьего молока	191	189	324	261	84	153	50	171	98	122	218	90	47	717	302	186	184	27

Фракционный состав белка ядра семян подсолнечника [99, 195] характеризуется наличием альбуминовой, глобулиновой, глютелиновой фракций. Причем в белковом составе ядра с высоким содержанием масла преобладает альбуминовая, а с низким - глобулиновая фракция [123...125, 128...135, 146] (табл. 2.7)

Таблица 2.7 Фракционный состав белка семян подсолнечника

Общий азот	Белковый азот			Небелковый азот
	альбуминов	глобулинов	глютелинов	
9,56-10,51	0,20-0,43	6,10-6,47	1,17-2,52	1,22-1,54

В клеточных стенках ядра семян подсолнечника находится большая часть углеводов, таких как пектиновые вещества, гемицеллюлоза (1,06...1,95%), в пределах 1,99...2,05% присутствует целлюлоза, которая прочно связана с гемицеллюлозой клеточных стенок. Содержание моносахаридов - глюкозы, фруктозы, галактозы - в ядре семян подсолнечника составляет 0,31...0,48%, а олигосахаридов - 1,0...1,2%, из которых 49...51% приходится на сахарозу, 32...36% на рафинозу.

Зольные элементы в семенах подсолнечника на 90% состоят из макроэлементов, находящихся в виде оксидов (% от массы золы): P_2O_5 - 35,4-41,1; K_2O - 24,5-28,4; Na_2O - 7,4; CaO - 7,6-17,0; MgO - 12,3-17,9; Fe_2O_3 - 1,6. Из микроэлементов в семенах подсолнечника присутствуют (мг/1 кг сухой массы): В - 21,0; Мп - 18,0; Сu - 8,1; Zn - 52,5. В ядре семян подсолнечника находится 2,89...4,93% золы [194].

Значительное место в технологиях пищевых продуктов занимают белковые и белково-липидные продукты переработки ядра семян подсолнечника. В зависимости от технологии, обеспечивающей различную концентрацию белка в полученных продуктах, последние классифицируются следующим образом (табл. 2.8).

Таблица 2.8. Характеристика продуктов переработки ядра семян подсолнечника и шрота

Наименование	Содержание белка, % от сухих веществ
Мука (полужирная или обезжиренная)	40...50
Концентрат	50...80
Изолят	80...90

Муку полужирную или обезжиренную получают после тщательной очистки и измельчения обезжиренных семян чаще всего гексаном. Хлопья обезжиренной муки направляют на отгонку растворителя, затем на сушку и измельчение [57, 200].

Концентрат ядра семян подсолнечника (КЯСП) представляет собой обезжиренную муку, из которой удалена часть простых и сложных углеводов, минеральных солей и других водорастворимых веществ.

Известно две группы методов получения концентратов - сухие и жидкостные. Сухие методы основаны на воздушной сепарации с использованием предварительно обезжиренных и измельченных масличных семян в результате разницы в воздушном потоке по плотности, форме, величине компонентов, из которых состоит мука семян подсолнечника (алеироновые зерна, обломки клеточных стенок с цитоплазмой, которая к ним прилегает, остатки мембран сферосом, группы неповрежденных и полуразрушенных клеток и другие компоненты) [207...213].

Жидкостные методы получения белковых концентратов в зависимости от типа обработки и вида промывочного раствора имеют общую задачу - удаление из продуктов переработки семян углеводов, минеральных солей и других водорастворимых веществ.

Возможность получения белковых концентратов жидкостным методом появилась при разработке методов экстракции масел водой из масличных семян.

Сущность методов заключается в измельчении очищенных семян, смешивании их с водой, кислотным или другим раствором (например спиртовым) для образования дисперсии, в которой протеин присутствует в растворенном виде. После этого дисперсию разделяют на твердое вещество и белково-

липидную эмульсию, которую в свою очередь, делят на масляную эмульсию и белковые вещества, которые затем осаждаются из экстракта.

Полученные после сушки белковые вещества представляют собой белковые концентраты, содержащие в своем составе липиды (до 10-15%) и другие вещества. Логическим развитием этого метода в связи с задачей получения белковых концентратов, явились методы получения белковых концентратов. Многочисленные разновидности методов получения белковых концентратов предусматривают использование продуктов из разных этапов переработки семян подсолнечника.

Получение белковых концентратов из семян подсолнечника связано со сложностями, которые определяются наличием хлорогеновой кислоты, которая вызывает образование нежелательного цвета и уменьшает биологическую ценность.

Белковый изолят из семян представляет собой высокоочищенный от небелковых компонентов продукт с содержанием белка ~90%. Схема производства белковых изолятов состоит из следующих этапов: экстрагирования белков при щелочном значении pH, последующего осаждения белка в изoeлектрической точке, центрифугирования, нейтрализации, сушки и стерилизации.

Анализируя общий химический состав продуктов переработки ядра семян подсолнечника (табл. 2.9) следует отметить, что содержание белков в среднем находится в муке - 43,3%, в концентрате - 68,4%, а в изоляте - 86,3%.

Таблица 2.9. Характеристика средних показателей химического состава и энергетической ценности продуктов переработки ядра семян подсолнечника

Продукты белковые	Содержание, %					Энергетическая ценность, кДж/100 г
	Влаги	Белков	Углеводов	Золы	Липидов	
Мука(полужирная или обезжиренная)	8,1	43,3	38,9	6,1	2,1	1457,9
Концентрат	5,7	68,4	18,9	3,8	1,2	1511,6
Изолят	5,0	86,3	3,01	2,9	0,8	1592,1

С точки зрения биологической ценности, кроме общего содержания белка достаточно весомым является и его качество, характеризующееся в первую очередь, содержанием незаменимых аминокислоты их соотношением. Как видно из табл. 2.10 сумма эссенциальных аминокислот в муке в среднем составляет 33,33%, в концентрате - 32,49%, а в изоляте - 32,94%. Это позволяет констатировать, что продукты переработки ядра семян подсолнечника имеют высокую пищевую и биологическую ценность.

Классическая схема производства изолятов приобрела много различных вариантов. Основные изменения касаются подготовки шротов к экстрагированию и выбора растворителя и особенно осадителя белков после экстракции. Заключительные этапы центрифугирования, сушки и стерилизации определяются совершенствованием технологии и оборудования для этих процессов (суперцентрифугирование, вакуум-микроволновая сушка и т.п.). Эти изменения спо-

способствуют увеличению выхода и улучшению качества изолированного белка при его относительно постоянном содержании 90-95%.

Таблица 2.10. Содержание незаменимых аминокислот белка в продуктах переработки ядра семян подсолнечника

Продукты белковые	Незаменимые аминокислоты								Сумма
	Валин	Лейцин	Изолейцин	Лизин	Метионин	Треонин	Триптофан	Фенилаланин	
Мука(полужирная или обезжиренная)	5,41	6,75	3,68	2,33	2,37	2,75	1,19	5,83	31,31
Концентрат (КЯ-СП)	5,37	6,83	4,63	2,23	2,38	3,73	1,17	6,10	32,49
Изолят	5,49	6,90	4,72	2,41	2,42	3,62	1,23	6,15	32,94

Сырьем для получения белковых продуктов из семян может служить именно семена, полуобезжиренный жмых, обезжиренные шроты, то есть побочные продукты производства масел, которые могут использоваться в пищевых целях.

Как было отмечено, актуальной задачей совершенствования липидной составляющей структурированной продукции на основе творога является модификация ее жирнокислотного состава. Одним из эффективных путей решения данной задачи является использование растительных масел, которые по сравнению с молочным жиром имеют ряд преимуществ, обусловленных отсутствием холестерина, наличием ряда витаминов, высоким содержанием незаменимых полиненасыщенных жирных кислот, которые способствуют выведению холестерина, обуславливают способность снижать риск возникновения сердечно-сосудистых заболеваний и определяют собственную биологическую значимость. Растительные масла достаточно широко используются при изготовлении структурированной продукции и наиболее полно отвечают требованиям здорового питания.

Сравнительным анализом жирнокислотного состава растительных масел, которые являются перспективными для использования в составе нового структурированного творожного полуфабриката доказана целесообразность привлечения масла подсолнечного рафинированного дезодорированного, содержащего полиненасыщенные жирные кислоты, в частности, линолевую жирную кислоту (до 75%), относящуюся к группе эссенциальных кислот, и олеиновую (до 39%), которая проявляет действие, свойственное биотину. Кроме того важная роль в питании отводится токоферолам, фитостеринам, каротиноидам, которые также присутствуют в подсолнечном масле. Согласно данным [49] содержание витамина Е в подсолнечном нерафинированном масле составляет 50...75мг /100 г масла.

Итак, сравнивая полученные данные по аминокислотному составу белка творога (табл. 2.2) и КЯСП (табл. 2.10), можно констатировать, что привлече-

ние в состав нового полуфабриката творожного структурированного КЯСП, а также масла подсолнечного рафинированного дезодорированного позволит эффективно скорректировать его аминокислотный и жирнокислотный составы, позволит обогатить другими незаменимыми пищевыми веществами.

2.4.2. Анализ функциональных свойств желатина

Желатин - соединение, которое одновременно обладает студне- и пенообразующими свойствами, что обусловлено его строением. Это водорастворимый продукт разложения, деструкции или расщепления нерастворимых в воде коллагеновых волокон. Желатин - это гелеобразователь действующей первоосновой которого является глютин. Белковый продукт, который не имеет вкуса и запаха, представленный смесью линейных полипептидов с различной молекулярной массой (50000...70000Да) и их агрегатов с молекулярной массой до 300000Да.

Желатин - белковое вещество, изготавливается, как правило, только из высококачественного и преимущественно свежего коллагенсодержащего сырья: кожи, сухожилий, хрящей, костей животных. Наиболее чистую его форму так называемый «рыбий клей», получают из рыбьих пузырей,. В зависимости от способа экстракции (кислотной и щелочной) различают два типа желатина [50, 156].

Ф. Гофмейстер рассматривает процесс образования желатина из коллагена как гидролиз, при котором коллагенприсоединяет молекулы водыобразованием глютина. Он считал, что коллаген представляет собой ангидрид глютина и рассматривал переход коллагена в глютин как обратный процесс, поскольку при нагревании глютина до 130 °С образуется продукт со свойствами, которые отличаются от свойств глютина: в воде этот продукт набухал в меньшей степени и в раствор переходил очень плохо.

А.И. Зайдес, подтверждая, что в результате сухого нагрева при температуре 130 ... 170 °С желатин (глютин) становится нерастворимым не только в воде, но и в растворах кислот и щелочей, показала, что потерю растворимости нельзя рассматривать как преобразование в коллаген, поскольку структура желатина после нагревания отличается от структуры коллагена еще в большей степени.

А. Генгросс и Е. Стиасин [50] считают, что преобразование коллагена в глютин следует рассматривать как дезагрегацию, то есть как расщепление без разрыва цепей главных валентностей.

Предложена [156] схема расщепления коллагена, по которой коллаген под действием различных веществ меняется в двух направлениях - разрыхления и переформирования. Розрыхленный коллаген при обработке горячей водой образует продукты выплавки (желатин), переформированный коллаген переходит в продукты распада, которые не образуют гели.

На основе работ С.А. Павлова, С.И. Соколова, Н. Чернова глютин можно рассматривать составленным из отдельных молекулярных цепей коллагена. Однако, молекулярные цепи глютина содержат больше свободных карбоксильных групп, чем молекулярные цепи коллагена, поскольку в процессе предвари-

тельной обработки коллагена и при воздействии на него горячей воды происходит гидролиз аминных групп с выделением аммиака. Поэтому, считают, что расщепление коллагена, связанное с нарушением или разрывом межмолекулярных связей внутри цепей без заметного разрушения этих связей, является основным правилом для преобразования коллагена в желатин.

Коллаген - основной белковый компонент волокнистых соединительных тканей, служащих в организмах млекопитающих и рыб, главным образом, для восприятия и смягчения растягивающих нагрузок.

Особенностями состава коллагена определяются его свойства. Высокое содержание аминокислот (пирролидиновых циклов) приводит к образованию большого числа пептидных связей, возникающих при их участии и атомов водорода. Создание третичной структуры в коллагеновой системе с помощью дисульфидных мостиков невозможно [156]. Исключительно высокое содержание в коллагене таких аминокислот, которые нарушают спиральную структуру, дает основание предполагать, что коллаген не образует спиралей.

По аминокислотному составу коллаген занимает особое место среди белков. Он является единственным протеином животного происхождения, который содержит большое количество оксипролина, глицина и пролина. Наличие оксипролина - также почти уникальный признак коллагена. Серы в коллагене содержится очень мало. Цистеин практически отсутствует, а метионин - единственная серосодержащая аминокислота в его составе. [50].

Структура коллагенового волокна состоит из трех отдельных пептидных цепей, скрученных в левосторонние спирали, которые в свою очередь скручены в правостороннюю суперспираль [94]. Каждый аминокислотный остаток цепи повернут вокруг оси на 120° , а три остатка составляют один полный виток. Шаг каждой спирали - около 9 \AA . Коллагеновая цепь в основном состоит из четырех аминокислотных остатков, расположенных в определенной последовательности: глицин-пролин-оксипролин-глицин, которые обозначаются Gly-Pro-Hydro-Gly [51, 156, 193].

Исследователями рассматриваются в основном две модели структуры коллагена [153, 192], согласно которым в каждом третьем положении полипептидной цепи находится глицин. Поэтому пептидные цепи коллагена представлены в виде триплетов: Pro-Hydro-Gly, Pro-X-Gly, X-Y-Gly. Где X и Y обозначены аминокислотные остатки, отличные от пролина и оксипролина. Существенная разница между моделями коллагена - число межцепочных водородных связей. Модели Крика и Рича [192] предусматривают существование одной водородной связи на трипептидную единицу. В модели Раманчандрана предусматривается создание двух водородных связей, если остаток после глицина НЕ аминокислота. В нативном состоянии коллаген существует только в присутствии воды [51, 155, 193].

При нагревании в растворе коллаген денатурирует. При этом происходит переход из полукристаллического нативного состояния в аморфное, неупорядоченное. Температура конформационного перехода коллагена зависит от содержания аминокислот.

Упорядоченная и зафиксированная с помощью водородных связей конфигурация мономерных молекул коллагена легко разрушается при нагревании до 40 °С монодисперсного коллагенового раствора в присутствии кислоты. Полный и резкий переход осуществляется в узком температурном интервале в течение нескольких минут. Распад упорядоченной молекулярной структуры идет в одном из следующих направлений.

Если между цепями нет дополнительных связей, то в результате распада образуется три беспорядочно свернутых клубка, образованных одиночными пептидными цепочками.

В противном случае, когда две цепи соединены одной или большим количеством ковалентных связей, денатурация приводит к возникновению двух частей.

Третий случай - две или более поперечных ковалентных связей могут соединить три цепи. Процесс денатурации уничтожает все следы вторичной структуры, но три цепи не могут отделиться и хранятся в растворе как единое целое. Эту трехцепочную структуру называют γ - компонента [155, 193].

Можно констатировать, что любой данный препарат гетерогенный по мере внутримолекулярной полимеризации, даже если он монодисперсный по структуре тропоколлагеновых стержней. Внутримолекулярная гетерогенность скажется лишь при преобразовании системы в желатин.

Желатин состоит из длинных цепей аминокислот, соединенных пептидными связями. Он занимает особое место среди других белков. В водных растворах при достаточно высокой температуре пептидные цепи желатина принимают конфигурацию хаотично свернутого клубка [193].

Кислотные и основные функциональные группы аминокислотных боковых цепей придают желатину свойства полиэлектролита. Эти электрически заряженные участки цепей участвуют в регулировании взаимодействия молекул желатина между собой и с молекулами растворителя. Они влияют на вязкость и другие гидродинамические свойства системы. Итак, для понимания и характеристики желатиновой системы необходимо принимать во внимание избыточный и общий заряды молекулы желатина, природу ионогенных групп и их внутреннее распределение.

Желатин состоит из полимерных цепей, построенных из аминокислот одной левой конформации и имеет вытянутую зигзагообразную форму с направленными в разные стороны боковыми цепями [50].

Гидрофобные боковые цепи размещаются преимущественно с одной стороны плоскости полипептидной цепи, а гидрофильные - с другой. При растворении в воде макромолекула приобретает форму спирали. Отношение длины такой спирали к ее ширине находится в пределах 1: 15 ... 1: 20.

В холодной воде желатин не растворяется, но набухает, поглощая 5 ... 50-тикратное количество воды с образованием прочных, упругих желе. Вода, поглощенная при набухании, находится в двух состояниях: в связанном коллоидными частицами силами притяжения, эта вода плохо испаряется из желе и называется «водой гидратации»; вода в свободном состоянии, которая находится между молекулами желатина, называется «водой набухания». Последняя

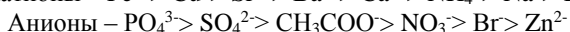
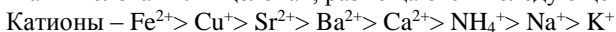
легко испаряется при сушке желатина. Желатин образует химические соединения с кислотами, щелочами и солями.

При нагревании набухший желатин легко переходит в раствор, поэтому процесс набухания можно рассматривать как начальную стадию растворения. На первой стадии этого процесса (при гидратации желатина) происходит сжатие системы желатин - вода (контракция) с выделением тепла. Максимальная теплота набухания 1г сухого желатина составляет 139 ... 150 Дж.

Набухание сначала проходит очень быстро, затем постепенно замедляется и наконец, поглощение воды желатином прекращается. С повышением температуры скорость набухания желатина несколько увеличивается, что обусловлено ускорением диффузии воды в набухающий желатин. Степень набухания желатина в значительной степени зависит от pH. По данным Фишера, кислоты, которые повышают набухание желатина находятся в такой последовательности:

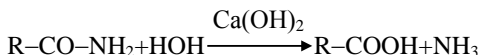


В разбавленных щелочах желатин набухает меньше, чем в кислотах. При добавлении нейтральных солей к кислотам и щелочам набухание снижается, иногда оно бывает меньше, чем в воде. Влияние солей объясняется совместным действием анионов и катионов. Катионы и анионы, которые уменьшают набухание желатина в кислотах или щелочах, размещаются в следующем порядке:



Желатин обладает амфотерными свойствами. Электрохимический характер растворов желатина, как и растворов других белковых веществ, зависит от концентрации водородных и гидроксильных ионов в растворе. При определенном значении pH раствора в молекуле желатина содержится одинаковое количество положительных и отрицательных зарядов. Эта величина pH соответствует изоэлектрической точке желатина.

В изоэлектрической точке молекулы желатина не переносятся ни к аноду, ни к катоду. Изоэлектрическая точка желатина, полученного из коллагенсодержащего сырья, обработанного известковой суспензией, находится в пределах pH 4,7...5,0. Изоэлектрическая точка нативного коллагена находится в пределах pH 6,5 ... 7,8. Такой резкий переход изоэлектрической точки обусловлен отщеплением аммиака, главным образом, при гидролизе амидных групп остатков аспаргиновой и глутаминовой кислот в результате обработки коллагенсодержащего сырья известковой суспензией. В результате отщепления аммиака высвобождаются карбоксильные группы:



При кислотном способе обработки коллагенсодержащего сырья амидные группы сохраняются. Изоэлектрическая точка желатина, полученного кислотным способом, колеблется в пределах pH 8,0 ... 9,0. В изоэлектрической точке некоторые качественные показатели желатина, например, вязкость, набухание, температура плавления желе, прозрачность, имеют минимальные значения, а способность растворов желатина к свертыванию (коагуляции), осаждению - максимальное значение.

При температуре ниже 40 °С в растворах желатина происходит конформационный переход макромолекул желатина из формы статического клубка в коллагеноподобные спирали. В результате большого количества межмолекулярных связей из пересыщенных растворов желатина образуются агрегаты макромолекул, то есть частицы новой лиофильной фазы. Их накопление вызывает в дальнейшем возникновение прочных дисперсных структур. Соединение частиц новой полимерной фазы с образованием контактов приводит к появлению объемной структуры геля, который характеризуется твердоподобными механическими свойствами.

Природа связей, участвующих в образовании трехмерной сетки желе в растворах желатина, до сих пор достаточно не изучена. Существуют различные противоречивые взгляды. Большинство исследователей считают, что основная роль принадлежит взаимодействию между полярными группами (солеподобные связи) [50], другие отдают предпочтение гидрофобным связям [155], некоторые считают возможным существование водородных связей [193]. Считают также, что в студнеобразовании принимают участие все перечисленные типы связей [220]. Для подтверждения последнего предположения, как наиболее вероятного, В.Н.Измайловой, В.А.Пчелиним, Самир Абу Али был проведен ряд исследований [155]. Авторы изучали влияние концентрации, рН, ионной соли и мочевины на температуру плавления желе желатина. В результате опытов было установлено, что при низких концентрациях желатина до 2,0% в процессе студнеобразования значительную роль играют связи между функциональными группами.

В студнях средней концентрации (от 2,0 до 20,0%) значительную роль играют также водородные связи, а в студнях с концентрацией выше 20,0% контакты обеспечиваются еще и гидрофобными связями.

В работе [51, 155] авторы исследовали структуру желе при переходе спираль-клубок. В результате исследований было установлено, что при температуре 36 °С и выше существуют только молекулы желатина в состоянии статического клубка. При охлаждении до 20 °С скорость образования спиралей увеличивается, что связано с образованием водородных связей, которые скрепляют спираль при этой температуре. При температурах 17 ... 20 °С происходит уменьшение подвижности молекул и сегментов, что затрудняет образование спиральных конформаций, а также при этих температурах большая часть молекул желатина из формы статического клубка переходит в спиральную конформацию. Также авторами установлено, что переход от конформации спиралей в конформацию статического клубка для молекул желатина не зависит от того, находятся молекулы в растворе или принимают участие в образовании структуры желе.

По классификации П.А. Ребиндера, пространственно структурированные системы можно разделить на два типа: коагуляционные (тиксотропно-обратимые) со слабыми структурными связями и конденсационно-кристаллизационные (необратимо разрушающиеся) - с сильными связями [155].

Гели - пространственно структурированные студни полимеров - представляют собой упругие твердые тела и образуются уже при концентрации 1% и выше. С точки зрения реологии, гели - это вязкоэластичные жидкости.

В пищевых гелях полимерные молекулы не связаны поперечными и ковалентными связями. Вместо этого они удерживаются вместе с помощью комбинации слабых межмолекулярных сил: водородных связей, электростатических сил, сил Ван-дер-Ваальса и гидрофобных взаимодействий. Поперечные связи - это не точечные взаимодействия, они имеют большие сегменты из двух или больше полимерных молекул, обычно в четко выраженных структурах, так называемых переходных зонах. Образование геля по сути является процессом образования переходных зон (рис. 2.3).

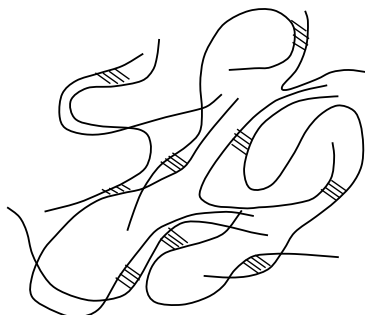


Рис. 2.3 – Принципиальная схема каркаса геля

Для изучения свойств пищевых гелей необходимо понять, каким образом образуются переходные зоны, то есть соответствующие молекулярные структуры и межмолекулярные силы, обеспечивающие им стабильность. Существует высокая степень взаимодействия: отдельно молекулярные силы слишком слабы, но вместе они образуют стабильную поперечную связь. Эти поперечные связи не постоянные, а свободные, поскольку они непрерывно разрываются и образуются вновь.

Механизм гелеобразования, вероятно, предполагает неспецифические взаимодействия. При этом одинаково важны гидрофобные связи, водородные связи и электростатические силы.

В настоящее время существует два объяснения механизма ассоциации цепей, приводящие к образованию желатиновых гелей: кристаллизация (модель бихромчатых мицелл), или локальная ассоциация цепей вследствие конформационного перехода глобула-спираль, и восстановление коллагеновой структуры без дальнейшей агрегации и образования микрокристаллов.

Это подтверждается в работах [51, 155]. В процессе гелеобразования формируются метастабильные коллагеноподобные структуры. Брэдбери и Мартин [155] выделяют три основных процесса, происходящих в системе при гелеобразовании: образование асимметричных цепных элементов, установление межцепочных контактов, увеличение упорядоченности желатиновых систем.

Первый из этих трех процессов - внутримолекулярный, последние два зависят от межмолекулярных взаимодействий. Гелеобразование включает образование сегментов с коллагеновой конформацией и межсегментную стабилизацию водородными связями. Межцепочные водородные связи образуются между асимметричными цепными элементами, которые обладают внутренней упорядоченностью, что обеспечивает прочные межцепочные контакты, которые приводят к образованию трехмерной сетки геля.

Таким образом, в результате охлаждения раствора желатина сначала происходит внутримолекулярная перестройка части пептидных цепей в коллагеновую складчатость. Образование складок, подобных полиглициновым, стабилизированных водородными, межамидными и карбонильными группами, происходит и при образовании коллагеновой складчатости.

Желатиновые гели образуются обратно при охлаждении желатинового раствора. При температурах ниже 40 °C в растворах желатина происходит конформационный переход макромолекулы желатина из статической глобулы в коллагеноподобные спирали. В результате большого числа межмолекулярных связей из пересыщенных растворов желатина образуются агрегаты макромолекул, то есть частицы новой лиофильной фазы.

Их накопление вызывает в дальнейшем возникновение прочных дисперсных структур. Сращивание частей новой полимерной фазы с образованием контактов приводит к появлению объемной структуры геля, твердоподобной, характеризующейся механическими свойствами [51, 155, 156, 193].

Авторы [155] показали, что в очень разбавленных желатиновых гелях переходные зоны полностью межмолекулярные, по меньшей мере - на начальных стадиях. Результаты исследования кинетики гелеобразования подтверждают этот вывод [155, 196, 198]. Реакция приближается к зависимости третьего порядка от концентрации на ранних стадиях гелеобразования, снижаясь до второго порядка по мере протекания реакции. Среднее количество остатков аминокислот составляет 142. Это представляет около 16 витков в тройной спиральной структуре коллагена.

Гелеобразование - процесс кинетический и скорость нарастания прочности гелей тем больше, чем выше концентрация белка в системе. Скорость гелеобразования желатина наибольшая в изоэлектрическом состоянии и уменьшается при переходе в кислую или щелочную область. Скорость структурообразования и величина предельной прочности гелей желатина увеличивается при понижении температуры. Прочность структуры гелей желатина с увеличением концентрации возрастает.

Самая функциональная особенность желатина - образование высокоэластичного термообратимого геля с точкой плавления, которая находится на уровне температуры человеческого тела (менее 37 °C) - ниже, чем у пектина, каррагинана, агара, которые дают менее эластичные и более ломкие гели.

Устойчивость гелей к термическому разрушению повышается, когда гели формируются медленно или закаленный гель прогревался перед плавлением, а также в том случае, когда температура охлажденного геля повышается с меньшей скоростью, чем 12 °C за 1 ч.

Эти данные указывают на то, что не все поперечные связи одинаково устойчивы и выдержка при повышенной температуре медленного образования геля способствует возникновению устойчивых поперечных связей за счет слабых. Быстрое охлаждение вызывает более хаотичное образование слабых и менее организованных разветвленных областей. Это подтверждает важность термической предыстории агрегатов или геля желатина для их устойчивости.

Снижение температуры приводит к более быстрому росту числа спиралей; основное количество спиралей (80%) появляется на ранней стадии созревания геля примерно через час, а дальнейшее увеличение количества спиралей происходит существенно медленнее.

Процесс гелеобразования в водных студней желатина при 20 °С практически заканчивается через 7 суток. При этом на 75-85% этот процесс завершается уже через 24 часа.

Литература к главе 2

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей : [пер. с англ.] / А. Адамсон. – М. : Мир, 1979. – 360 с.
2. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой ; под ред. Э. Алмаши, А. Ф. Наместникова; пер. с венг. О.А. Воронова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.
3. Алямовский И. Г. Исследования в области технологии пищевых продуктов / И. Г. Алямовский, Н. А. Головкин, Г. Б. Чижов // Холодильная техника. – 1981. – № 5. – С. 53.
4. Арет В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с.
5. Арсеньева Л. Ю. Методологічні підходи до розроблення нових видів хлібобулочних виробів зі збалансованим хімічним складом / Л. Ю. Арсеньева, В. Ф. Доценко // Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи : IX міжнар. наук.-практ. конф. : матеріали. – К. : НУХТ, 2005. – С. 105–106.
6. Асафов В. А. Перспективы использования растительного сырья в производстве молочных продуктов/ В. А. Асафов, О. Г. Фоломеева // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 37–38.
7. Баль-Прилиппо Л. В. Значення води у формуванні якості харчових продуктів / Л. В. Баль-Прилиппо, О. М. Ляшенко // Молочное дело. – 2010. – № 8. – С. 8–12.
8. Баранов Б. А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : спец. 05.18.16 «Технология продуктов общественного питания»/ Б. А. Баранов. – СПб., 2000. – 240 с.
9. Бартенев Г.М. Физика полимеров / Г. М. Бартенев, С. Я. Френкель. – Л.: Химия, 1990. – 419с.

10. Басати З. К. Формирование потребительских свойств и исследование качества рассольных сыров с применением биологически активных добавок : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / З. К. Басати. – СПб., 2007. – 16 с.
11. Басовский Л. Е. Прогнозирование и планирование в условиях рынка / Л. Е. Басовский. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 260 с.
12. Белов Г. А. Технология сыра: справочник / Г. А. Белов, И. П. Бузов, К. Д. Буткус ; под общ. ред. Г. Г. Шилера. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 312 с.
13. Березов Т. Т. Биологическая химия : учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин ; под ред. акад. АМН СССР С. С. Дебова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Медицина, 1990. – 528 с.
14. Анистратова О. В. Разработка способа холодильной обработки молока и творога с использованием жидкого азота : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.16 «Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств» О. В. Анистратова. – Калининград., 2011. – 23 с.
15. Большаков С. А. Холодильная техника и технология продуктов питания / С. А. Большаков. – М. : Академия, 2003. – 224 с.
16. Большакова В. А. Технология паст эмульсионного типа с использованием зернобобовой сировины : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / В. А. Большакова. – Х., 2001. – 20 с.
17. Боровиков В. П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – [2-е изд.]. – СПб. : Питер, 2003. – 688 с.
18. Бровкин С. И. Хлебопекарные свойства кукурузной муки / С. И. Бровкин, Л. Я. Ауэрман. – М. : ЦИНТИПИЩЕПРОМ, 1961. – 28 с.
19. Бурмакин А. Г. Справочник по производству замороженных продуктов / А. Г. Бурмакин. – М. : Пищевая пром-сть, 1970. – 464 с.
20. Буянова И. В. Замораживание и хранение крупных сыров: особенности поведения молочной кислоты / И. В. Буянова // Сыроделие и маслоделие. – 2004. – № 1. – С. 21–23.
21. Буянова И. В. Разработка и исследование технологии замораживания и низкотемпературного хранения твердых сыров: дисс. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 / Буянова Ирина Владимировна. – Кемерово, 2006. – 326 с.
22. Власова Ж. А. Качество молока для производства сыра / Ж. А. Власова, Б. Г. Цугкиев // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 34–35.
23. Влияние сезонных особенностей состава молока на сыропригодность / [Т. Г. Прошкина, А. Н. Белов, Н. И. Одегов, Е. В. Шалимова] // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 3. – С. 28–31.
24. Вода в пищевых продуктах / [пер. с англ. под ред. Р. Б. Дакуорта]. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.
25. Волков Г. О. Разработка и товароведная оценка мягких сыров с крупяными добавками : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук :

спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания»/ Г. О. Волков. – Кемерово, 2009. – 18 с.

26. Выродов И.П. Физико-химическая природа процессов набухания зерна / И. П. Выродов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2001. – № 1. – С. 9–11.

27. Гаврилова Н.Б. Технология мягкого порционного сыра из восстановленного молока/Н.Б.Гаврилова, О. В. Пасько, Л. Г. Германская // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 1. – С. 33–34.

28. Голубев В.Н. Функциональные свойства пектинов и крахмала / В. Н. Голубев, С.Ю. Беглов, А. В. Поджуев //Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки. – 2000. – № 1. – С. 14–18.

29. Голубева Л. В. Перспективы использования СОМ в производстве сыров с чеддеризацией сырной массы / Л. В. Голубева, А.Б. Авакимян, Г. М. Смольский // Вестник Воронежской государственной технологической академии. – 2010. – № 3. – С. 30–32.

30. Голубева Л. В. Хранимоспособность молочных консервов / Л. В. Голубева, Л. В. Чекулаева, К. К. Полянский. – М. : Дели принт, 2001. – 115 с.

31. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов / А. В. Горбатов. – М: Пищевая пром-сть, 1979. –383 с.

32. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов : справочник / А. В.Горбатов– М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 286 с.

33. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 344 с.

34. Гришин М.А. Криоконцентрирование молочного сырья / М.А. Гришин, О. Т. Бурдо, Ф.Р. Атлуханов // Мясная и молочная промышленность. – 1990. – № 6. – С. 21–43.

35. Губа Е. Н. Разработка и исследование потребительских свойств твердых сычужных сыров функционального назначения : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / Е. Н. Губа. – Краснодар, 2009 – 24 с.

36. Гуль В. В. Структура и механические свойства полимеров : [учеб. для хим.-технол. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. / В. В. Гуль, В. Н. Кулезнев. – М. : Лабиринт, 1994. – 367 с.

37. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі кисломолочного сиру нежирного :дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Гурський Петро Васильович. – Х., 2008. – 175 с.

38. Гуськов К. Г. Реология пищевых масс / К. Г. Гуськов, Ю. А. Мачихин, Л. Н. Лунин. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1970. – 208 с.

39. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіо-нуклідів Cs¹³⁷, Sr⁹⁰ в продуктах харчування та питній воді» : ДГН № 256-06. – [Чинні від 2006-05-03]. – К. : Держстандарт України, 2006. – 14 с.

40. Дибирасулаев М.А.Влияние холодильной обработки на питательную ценность пищевых продуктов / М. А. Дибирасулаев, И. И. Соколова //Холодильная техника. – 1991. – № 10. – С. 17–20.

41. Диланян З. Х. Сыроделие / З. Х. Диланян. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 378 с.
42. Дмитровська Г. П. Сирки глазурані. Продукти молоковні сиркові та сирково-рослинні / Г. П. Дмитровська // Молочное дело. – 2010. – № 1. – С. 8–10.
43. Доморощенко М.Л. Современные технологии получения пищевых белков из соевого шрота / М. Л. Доморощенко // Пищевая промышленность. – 2001. – №4. – С. 6–10.
44. Дьяков А.Г. Система управления спектрометром ЯМР / А.Г. Дьяков, А.Ф. Даниленко // Сборник научных трудов НТУ ХПИ. Информатика и моделирование. – 2003. – № 26. – С. 119–123.
45. Дьяконов В. П. Компьютерная математика. Теория и практика / В. П. Дьяконов. – М. : Нолидж, 2001.–1296 с.
46. Дьяченко П. Ф. Атакуемость фракций казеина протеолитическими ферментами / П.Ф. Дьяченко, Е.А. Жданова // Приклад, биохим. и микробиол. – 1965. – Т. 1. – С. 49–51.
47. Економіка підприємства : підручник / [за заг. ред. С. Ф. Покропивного]. – [2-ге вид., перероб. та доп.]. – К. : КНЕУ, 2000. – 528 с.
48. Журбина Т. С. Разработка технологии и оценка потребительских свойств сырного продукта с использованием картофельного пюре : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания»/ Т. С. Журбина. –Новосибирск, 2007. – 16 с.
49. Сизова Н.В. Определение токоферолов как липидных антиоксидантов в растительных маслах и животных жирах / Н.В. Сизова // Химиярастительного сырья. – 2013.– №1. С. 157-163.
50. Зимон А. Д. Коллоидная химия : [учебник для вузов] / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – 3-е изд., доп. и исправл. – М. : АГАР, 2001. – 320 с.
51. Зобкова З. С. О консистенции кисломолочных продуктов / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова // Молочная пром-сть. – 2002. – № 11. – С.27–29.
52. Зобкова З.С. Растительные жиры в молочных продуктах / З.С. Зобкова, С.К. Кутилина // Молочная пром-сть. – 1999. – №1. – С. 13–16.
53. Зонтаг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г. Зонтаг, К. Штрэнге ; пер. с нем. под ред. О. Г. Усырова. – Л. : Химия, 1973. – 152 с.
54. Измайлова В. Н. Структурообразование в белковых системах / В. Н. Измайлова, П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1974. – 268 с.
55. Инвестиционный проект молочной товарной фермы[Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://agroprim.com>.
56. Инихов Г. С. Методы анализа молока и молочных продуктов: справочное руководство / Г. С. Инихов, Н. П. Брио. – М. : Пищевая пром-сть, 1971. – 423 с.
57. Инновационная технология натуральных сырно-овощных начинок для кондитерских изделий панкейков, круассанов / [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, Е. И. Лазаренко и др.] // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф.,

присвяч. 45-річчю ХДУХТ, 18 жовтня 2012 р. : тези у 2 ч. Ч. 1 / ХДУХТ, 2012. – С. 161–163.

58. Інноваційні технології натуральних вітамінних добавок із ягід та нових видів заморожених молочно-рослинних десертів // [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Г. В. Носіченко та ін.] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі / Харківський державний університет харчування та торгівлі. – 2011. – Вип. 2 (14). – С. 62–71.

59. Інноваційні технології функціональних тонізуючих напоїв та дресінгів з використанням молочної сироватки та наноструктурованого плодовоовочевого поре / [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, А. А. Берестова та ін.] // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса, 2010. – Вип. 2 (38). – С. 239–244.

60. Как влияет замораживание и низкотемпературное хранение на качество сыров / [И. В. Буянова, О. В. Кригер, И. О. Ларина, В. О. Буянов] // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 22–23.

61. Клинок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология / Э. Клинок ; пер. с англ. А. В. Зильбермана. – М. : Мир, 1991. – 484 с.

62. Коновалова Т.М. Жиры немолочного происхождения для плавленных сырных продуктов/ Т. М. Коновалова// Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 3. – С. 32–33.

63. Конц К. Исследование пригодности молока и молочных продуктов для замораживания / К. Конц, К. Фехер // Развитие теоретических основ и практики холодильной технологии пищевых продуктов : сб. науч. трудов. – Л., 1986. – С. 75–78.

64. Кострицька О. О. Удосконалення технології сиру кисломолочного із застосуванням високотемпературного оброблення молока: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Кострицька Олена Олександрівна. – К., 2009. – 123с.

65. Крუსь Г.Н. Концепция сычужной коагуляции казеина / Г.Н.Крუსь // Молочная пром-сть. – 1990. – № 5. – С. 43–45.

66. Крუსь Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.

67. Кузнецов В. В. Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности : справочник / В. В. Кузнецов. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 480 с.

68. Кушманова О. Д. Руководство по практическим занятиям по биологической химии / О. Д. Кушманова, Г.М. Ивченко ; под ред. А.А. Покровского. – М.: Медицина, 1974. – 424с.

69. Лагони Х. Влияние хранения молока и сливок при низких температурах на стабильность коллоидов молока / Х. Лагони, К. Петере // 17-й Междунар. конгресс по молочному делу : материалы. – М.: Пищевая пром-сть, 1971. – 164 с.

70. Лепилкина О. В. Особенности производства сырных продуктов с растительным жиром / О. В. Лепилкина, А. В. Чубенко, В. Е. Шутов // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 6. – С. 34–36.

71. Лепилкина О. В. Пищевая ценность сырных продуктов с растительными жирами / О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 20–21.

72. Липатов Н. Н. Восстановленное молоко / Н.Н.Липатов, К. И. Тарасов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
73. Липатов Н.Н. Производство творога: теория и практика/ Н.Н.Липатов. – М.:Пищевая пром-сть, 1973. – 273 с.
74. Лисиченок О. В. Разработка технологии и оценка потребительских свойств сырного продукта «Особый» : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания»/ О. В. Лисиченок. –Новосибирск, 2007. – 16 с.
75. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.
76. Майоров А. А. О проблемах сезонности и сыропригодности молока / А. А. Майоров, И. М. МIRONENKO, А. А. Байбикова // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 1. – С. 10–12.
77. Майоров А. А. Производство мягких сыров / А. А. Майоров, В. М. Силаева // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 10–14.
78. МакКена Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б. М. МакКена ; пер. с англ. под. науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базарновой. – СПб. : Профессия, 2008. – 480 с.
79. Малкин А.Я. Реология: концепции, методы, приложения : [пер. с англ.] / А. Я. Малкин, А. И. Исаев. – СПб.: Профессия, 2007. – 560 с.
80. Масла растительные. Метод измерения перекисного числа : ГОСТ 26593-85. – [Введ. 1986-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 5 с.
81. Масла растительные. Методы определения кислотного числа : ГОСТ 5476-80. –[Введ. 1981-07-01]. – М. : Госстандарт, 1987. – 9 с.
82. Маслов А. М. Инженерная реология в пищевой промышленности / А. М. Маслов. – Л. : ЛТИХП МВ и ССО РСФСР, 1977. – 88 с.
83. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981.– 216 с.
84. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов :МБТиСН № 5061-89. – [Введ. 1990-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 125 с.
85. Метельська Н. С.Формування асортименту плавлених сирів підвищеної біологічної цінності :автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товарознавство харчових продуктів» / Н. С. Метельська. –К., 2005. – 21 с.
86. Методи контролю якості харчової продукції : [навч. посібник для студ. вищих навч. закл. технол. спец.] / [О. І. Черевко, Л. М. Крайнюк, Л. О. Касілова та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2005. – 230 с.
87. Мишенина З. А. О возможности хранения замороженного творога при температуре минус 12⁰ С / З. А. Мишенина, Н. Н. Фильчакова // Холодильная техника. – 1984. – № 4. – С. 31–34.
88. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення Salmonella : ДСТУ EN 12824:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт, 2005. – 25 с.
89. Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування Listeria monocytogenes : ДСТУ ISO 11290-

1-2:2003. – [Чинний від 2003-10-02]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 18 с.

90. Могильный В. А. Использование пищевых волокон в молочной промышленности / В. А. Могильный // Молокопереработка. – 2010. – № 5. – С. 37.

91. Модели оценки, анализа и прогнозирования социально-экономических систем : монография [под ред. Т. С. Клебанова, Н. А. Кизима]. – Х. : ИНЖЭК, 2010. – 280 с.

92. Молоко и молочные продукты. Метод определения *Staphylococcus aureus* : ГОСТ 30347-97. – [Введ. 1997-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 10 с.

93. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества : ГОСТ 3626-73. – [Введ. 1974-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 12 с.

94. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира: ГОСТ 5867-91. – [Введ. 1992-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 11 с.

95. Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу : ГОСТ 26809-86. – [Введ. 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.

96. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности: ГОСТ 3624-93. – [Введ. 1994-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 11 с.

97. Молоко і молочні продукти. Визначення *Salmonella* : ДСТУ IDF 93A:2003. – [Чинний від 2003-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2003. – 14 с.

98. Молоко. Методы определения белка : ГОСТ 25179-90. – [Введ. 1991-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.

99. Мордвинова В. А. Вопросы стандартизации при выработке мягких сыров / В. А. Мордвинова, И. Л. Остроухова, Н. Н. Оносовская // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 2. – С. 19–20.

100. Мордвинова В. А. Технологические аспекты производства сырных продуктов / В. А. Мордвинова, О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 15–17.

101. Мостовая Л.Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Мостовая Людмила Николаевна. – Х., 2001. – 180 с.

102. Мусина О. Н. Краткий обзор мировых тенденций по теме «Мягкий сыр и творог» / О. Н. Мусина, М. В. Желнов // Молочное дело. – 2010. – № 8. – С. 8.

103. Мусина О. Н. Молочно-белковые продукты с нетрадиционным зерновым сырьем / О. Н. Мусина // Молочная промышленность. – 2006. – № 11. – С. 24–25.

104. Мусина О. Н. Перспективы использования бобовых культур в молочной промышленности / О. Н. Мусина // Молочное дело. – 2010. – № 2. – С. 38–40.

105. Мусина О. Н. Поликомпонентные сыры / О. Н. Мусина // Молочное дело. – 2010. – № 4. – С. 28–30.

106. Мусина О. Н. Ретроспективный анализ создания комбинированных продуктов в отечественном сыроделии / О. Н. Мусина // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 5. – С. 28–29.
107. Нанотехнології заморожених кріопаст із плодів та овочів з унікальними характеристиками – добавок для функціональних молочних продуктів / [Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, С.М. Лосєва та ін.]/ Молокопереробка. – К., 2010. – Вип. 1. – С. 24–29.
108. Нечаев А.П. Пищевые добавки : учеб. пособие / А.П. Нечаев, А.А.Кочеткова, А.Н. Зайцев. – М. : Колос, 2001. – 256 с.
109. Николаев Б. А. Структурно-механические свойства мучного теста / Б. А. Николаев. – М.: Пищевая пром-сть, 1976. – 247 с.
110. Новые технологии функциональных оздоровительных продуктов: монография / [В. В. Погарская, А. И. Черевко, Р. Ю. Павлюк и др.]. – Х. : ХГУПТ, 2007. – 262 с.
111. Ожгихина Н. Н. Органолептическая оценка молокосодержащих продуктов / Н. Н. Ожгихина, Л. И. Тетерева // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 5. – С. 26–28.
112. Оноприйко В. А. Механизм адгезии сырных зерен / В. А. Оноприйко // XXXVIII науч.-техн. конф. по итогам работы проф.-преп. состава СевКавГТУ за 2008 год / Северо-Кавказский государственный технический университет. – 2009. – Т. 1. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. – Ставрополь, 2009. – 218 с.
113. Оноприйко В. А. Пенетрометр для сыра / В. А. Оноприйко // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 6. – С. 44–45.
114. Оноприйчук О. О. Удосконалення технології сиркових виробів із зерновими інгредієнтами : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / О. О. Оноприйчук. – К., 2008. – 22 с.
115. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство : ДСТУ ISO 6658:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 26 с.
116. Особенности технологии термизированных (пастеризованных) сквашенных молочных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://food-forum.com.ua>.
117. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия вузов Пищевая технология. – 2003. – № 2. – С. 94–96.
118. Остриков А. Н. Исследование форм связи влаги в топинамбуре методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2004. – № 7. – С. 33–35.
119. Остроумов Л. А. Холодильное консервирование твердых сычужных сыров / Л. А. Остроумов, О. Н. Буянов, И. В. Буянова // Пищевая промышленность. – 1998. – № 4. – С. 78–79.

120. Падохин В. А. Физико-механические свойства сырья и пищевых продуктов : учебное пособие / В. А. Падохин, Н. Р. Кокина. – Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т, Институт химии растворов РАН, 2007. – 128 с.

121. Пат. 2119750 Российская Федерация, МКП⁶ А 23 С 19/076. Способ получения мягкого сыра / Шалдеева Н. В. – № 97108155/13 ; заявл. 29.05.97 ; опубл. 10.10.98, Бюл. № 14.

122. Пат. 2124297 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076, А 23 С 19/093. Способ получения мягкого сыра / Классен Н. В., Ким Г. Н., Ким И. Н. – № 98102216/13 ; заявл. 16.02.98 ; опубл. 10.01.99.

123. Пат. 2169476 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076, А 23 С 9/20. Способ получения мягкого сыра для детского питания / Липатов Н. Н., Кузнецов В. В., Кузнецова И. М., Сажинов Г. Ю., Зубова С. В. – № 2000101637/13 ; заявл. 20.01.2000 ; опубл. 27.06.2001.

124. Пат. 2170517 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076. Способ получения мягкого сыра из соевой эмульсии / Никулин П. А., Фещенко Т. Т., Родионов А. Г., Мавроди В. Г. – № 99114267/13 ; заявл. 29.06.99 ; опубл. 20.04.2001., Бюл. № 7.

125. Пат. 2210923 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076. Способ производства сыра мягкого без созревания с пшеничными зародышевыми хлопьями / Смирнова И. А., Гутова С. В. – № 2001121409/13 ; заявл. 30.07.2001 ; опубл. 27.08.2003, Бюл. № 17.

126. Пат. 2212804 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076, 19/02, 23/00. Способ получения диетического комбинированного мягкого сыра / Остроумов Л. А., Смирнова И. А., Юрченко Н. А., Кильмухаметова О. И., Бобырева Л. Я. – № 200133363/13 ; заявл. 20.12.00 ; опубл. 27.09.03, Бюл. № 27.

127. Пат. 2285425 Российская Федерация, МПК А 23 С 19/068. Способ получения комбинированного мягкого сыра / Юрченко Н. А., Кильмухаметова О. И., Лисиченок О. В., Лунева Н. М. – № 2004113184/13 ; заявл. 13.04.04 ; опубл. 20.11.06, Бюл. № 29.

128. Пат. 45798 А Україна, МПК G 01 N 24/00. Спосіб визначення кількості вологи у харчових продуктах / Торяник О. І., Дьяков О. Г. – № 2001074759 ; заявл. 09.07.01 ; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4.

129. Пат. 6780445 США, МПК⁷ А 23 С 9/12, А 23 С 19/00. Способ производства сыра улучшенного качества и установка для его осуществления (System and method for making enhanced cheese) / Rhodes Ken. № 09/562482 ; заявл. 01.05. 2000; опубл. 24.08.2004 ; НПК 426/36. (Англ).

130. Перцевой Ф. В. Дослідження структурно-механічних показників сирного продукту м'якого з використанням борошна кукурудзи / Ф. В. Перцевой, В. В. Рубіна, М. В. Обозна // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2009. – Вип. 88 : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. – С. 223–229.

131. Пивоваров П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування : навч. посібник в 4 ч. Ч. 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.

132. Пивоваров П. П. Теоретичні основи технології громадського харчування : навч. посібник в 4 ч. Ч. 2. Вуглеводи в технологічному процесі виробництва продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко. – Харків : ХДАТОХ, 2001. – 162 с.

133. Пивоваров П. П. Теоретичні основи технології харчових виробництв : навч. посібник в 4 ч. Ч. 4. Вода та її значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продуктів харчування / П. П. Пивоваров, Д. Ю. Прасол. – Харків : ХДАТОХ, 2003. – 48 с.

134. Пищевая химия / [А. П. Нечаев, С.Е. Траунбенберг, А. А. Кочеткова и др.] ; под ред. А.П. Нечаева. – [2-е изд., перераб. и испр.]. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 640 с.

135. Плавленные сыры, обогащенные натуральными источниками пищевых волокон / Л. М. Захарова [и др.] // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 24–25.

136. Поверхностное натяжение и прилипание воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.okeani.ru>.

137. Поголів'я корів в Україні надалі зменшується [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zik.com.ua>.

138. Покровский А.А. Атакуемость белков протеолитическими ферментами / А. А. Покровский, И. П. Ертанов // Вопросы питания. – 1965. – № 3. – С. 38–45.

139. Практическая химия белка: [пер. с англ.] / [под ред. А. Дарбре]. – М.: Мир, 1989. – 623 с.

140. Продукты пищевые и вкусовые. Методы культивирования микробиологических анализов: ГОСТ 26670-85. – [Введ. 1985-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.

141. Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов : ГОСТ 26668-85. – [Введ. 1986-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 6 с.

142. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов : ГОСТ 10444.12-88. – [Введ. 1990-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 8 с.

143. Продукты пищевые. Метод определения железа : ГОСТ 26928-86. – [Введ. 1988-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 4 с.

144. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий семейства Enterobacteriaceae : ГОСТ 29184-91. – [Введ. 1993-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 7 с.

145. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий): ГОСТ 30518-97. – [Введ. 2001-07-01]. – К.: Госстандарт Украины, 2001. – 10 с.

146. Производство восстановленных и рекомбинированных молочных продуктов : обзорная информация / Н. Н. Липатов [и др.]. – М. : ЦНИИТЭИ, 1981. – 50 с.

147. Разработать предложения по унификации методов определения функциональных свойств растительных белков : отчет о НИР № 01850019372 / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т жиров. – Л., 1985. – 45 с.

148. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания : метод. указания / А. С. Ратушный, В. Г. Топольник. – М.: Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.
149. Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах / П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1974. – 268 с.
150. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / А. Б. Горальчук [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 63 с.
151. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник [под ред. Ю. А. Мачихина]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
152. Рогов И. А. Электрофизические методы в холодильной технике и технологии / И. А. Рогов, Б. С. Бабакин, В. А. Выгодин. – М.: Колос, 1996. – 326 с.
153. Роздова В. Ф. Растительные белки в составе плавленых сырных продуктов/ В. Ф. Роздова // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 3. – С. 36–37.
154. Ростроса Н.К. Изучение комплексной коагуляции казеина и сывороточных белков молока при производстве белковых продуктов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук / Н. К. Ростроса. – М., 1986. – 23 с.
155. Ростроса Н. К. Производство молочно-белковых продуктов на основе совместной коагуляции казеина и сывороточных белков / Н. К. Ростроса, П. Ф. Дьяченко. – М. : ЦНИИТЭИмясомолпром, 1969. – 32 с.
156. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного : дис. канд. техн. наук : 05.18.04/ Рудакова Тетяна Василівна. – К., 2006. – 155с.
157. Рынок молока в Украине: сезонный рост цен на сырое молоко [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.agriagency.com.ua>.
158. Санина Т. В. Вопросы регулирования структурно-механических свойств теста / Т. В. Санина, Е. И. Пономарева. – Воронеж : Воронежская гос. технол. акад., 1998. – 72 с.
159. Седюкин В. К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции / В. К. Седюкин, В. Д. Дурнев, В. Г. Лебедев. – М. : Филант : Рилант, 2000. – 328 с.
160. Сири м'які. Загальні технічні умови : ДСТУ 4395:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 7 с.
161. Системи управління безпечністю харчових продуктів : ДСТУ 4161. – [Чинний від 2003-07-01]. – К. : Держспоживстандарт, 2003. – 18 с.
162. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / [О. Н.Сафонова, Ф. В.Перцевой, А. Л.Фощан и др.] ; под ред. О. Н. Сафоновой. – Х. :ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. – 200 с.
163. Скоупс Р. Методы очистки белков: [пер. с англ.] / Р. Скоупс. – М.: Мир, 1985. – 358 с.
164. Скурихин И.М. О методах определения содержания минеральных веществ в продуктах / И. М. Скурихин //Вопросы питания. – 1981. – № 2. – С. 10–15.

165. Смирнова И. А. Влияние содержания жира на консистенцию сыров / И. А. Смирнова, Д. В. Доня, С. В. Манылов // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 2. – С. 28–29.
166. Смоляр В.И. Рациональное питание / В. И. Смоляр.– К.: Наук. думка, 1991. – 386 с.
167. Смыков И. Т. Структурные изменения в гетерогенных белково-жировых системах / И. Т. Смыков // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 48–52.
168. Снегова В. Н. Применение растительных жиров, в том числе ЗМЖ, при производстве сырных продуктов / В. Н. Снегова // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 31–32.
169. Снегова В. Н. Сенсорный анализ при контроле качества / В. Н. Снегова // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 2. – С. 45.
170. Снегова В. Н. Тенденции в пищевой промышленности / В. Н. Снегова // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 13.
171. Снегова В. Н. Фокус на снижение содержания насыщенных жирных кислот / В. Н. Снегова, Е. А. Тюленева // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 18.
172. Соловьева М. С. Разработка технологии творожного продукта на основе сухих компонентов / М. С. Соловьева, Л. А. Забодалова // Молочное дело. – 2010. – № 5. – С. 14–15.
173. Соя. Польза и вред сои. Соевые продукты. Кому показана соя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.citydoctor.ru>.
174. Спивакова Л. В. Микроструктура плавленого сыра /Л. В. Спивакова, Ю. А. Дуденков, Н. А. Жеребцов // Молочная пром-сть. – 1987. – № 8. – С. 25–28.
175. Справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия /Р. Ш. Абиев [и др.]. – СПб. : Профессионал, 2004. – 838 с.
176. Степанова Л. И. Использование растительных жиров в сырных продуктах/ Л. И. Степанова // Молочная промышленность. – 2005. – № 10. – С. 56.
177. Степанова Л. И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. В 3 т. Т. 1. Цельномолочные продукты / Л. И. Степанова. – СПб. : ГИОРД, 1999. – 384 с.
178. Стойко А. Заменители молочного жира в свете мировых тенденций / А. Стойко // МОЛОКОПереработка. – 2010. – № 8. – С. 6–7.
179. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / [А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др.] ; под ред. А. В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.
180. Стурова Ю. Г. Влияние технологических факторов на органолептические показатели сыра / Ю. Г. Стурова, М. П. Щетинин // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 36–37.
181. Сучасний стан питання якості та безпечності молока та молочних продуктів в Україні / Л. М. Хомічак, Г. Д. Гуменок, Л. В. Баль-Прилипка, Ю. В. Слива // Молочное дело. – 2010. – № 4. – С. 8–14.
182. Суюнчев О. А. Малоотходные технологии мягких рассольных сыров / О. А. Суюнчев // Молочное дело. – 2010. – № 4. – С. 36–37.

183. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. – [Введ. 1996-01-01]. – К.: Госстандарт Украины, 1998. – 16 с.
184. Сырье и продукты пищевые. Метод определения свинца: ГОСТ 26932-86. – [Введ. 1986-12-01]: сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – С. 55–63.
185. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка : ГОСТ 26934-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.
186. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия : ГОСТ 26933-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
187. Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди: ГОСТ 26931-86. – [Введ. 1986-12-01]: сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – С. 41–54.
188. Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка: ГОСТ 26930-86. – [Введ. 1987-01-01]: сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – С. 34–40.
189. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути: ГОСТ 26927-86. – [Введ. 1986-01-01]: сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – С. 14–28.
190. Твердохлеб Г. В. Технология молочных продуктов / Г. В. Твердохлеб. – М.: Агропромиздат, 1999. – 463 с.
191. Технология крахмала и крахмалопродуктов / [Н. Н. Трегубов и др.]; под ред. Н. Н. Трегубова. – [5-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 472 с.
192. Технология молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь [и др.]; под ред. А. М. Шальгиной. – М.: КолосС, 2004. – 455 с.
193. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов : монография / [Ф. В. Перцевой, Ю. А. Савгира, А. Л. Фоцан и др.]; под ред. Ф. В. Перцевого. – Х.: ХГАТОП, 1998. – 177 с.
194. Технологія харчової та кулінарної продукції з використанням білків молока : монографія / [Ф. В. Перцевой, П. В. Гурський, С. Л. Юрченко та ін.]. – Х.: ХДУХТ, 2010. – 225 с.
195. Тильгнер Д.Е. Органолептический анализ пищевых продуктов / Д.Е.Тильгнер. – М.: Пищепромиздат, 1962. – 338 с.
196. Тимофеевская С. А. Гелеобразование в сырных продуктах на основе сухого молока и растительных жиров / С. А. Тимофеевская // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2008. – № 3. – С. 942.
197. Тиняков Г.Г. Микроструктура молока и молочных продуктов. / Г. Г. Тиняков, В. Г. Тиняков. – М.: Пищевая пром-сть, 1972. – 256 с.
198. Товароведение зерна и продуктов его переработки : учебник / [А. В. Мясникова, Ю. С. Ралль, Л. И. Трисвятский, И. С. Шатиглов]; под ред. Л.А. Трисвятского. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Колос, 1978. – 496 с.
199. Торяник А.И. Молекулярная подвижность и структура водных систем: дисс. ...д-ра хим. наук / А.И.Торяник. – Донецк, 1978. – 368 с.
200. Урьев Н.Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс / Н. Б. Урьев, М.А. Талейсник. – М.: Пищевая пром-сть, 1978. – 239 с.
201. Фаррар Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР / Т. Фаррар, Э. Беккер. – М.: Мир, 1973. – С. 163.

202. Филипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам / Г. О. Филипс, П. А. Вильяме; пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
203. Формування смако-ароматичних компонентів у сирних продуктах із заміниками молочного жиру / [Г. Ф. Насирова, Я. Ф. Жукова, Ф. А. Федін, К. В. Пашук] // Молочное дело. – 2010. – № 6. – С. 36–40.
204. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян. – [3-е изд.]. – М.: Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
205. Химический состав пищевых продуктов : справочник в 2 кн. Кн. 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / [под ред. Н.М. Скурихина и М.Н. Волгарева]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
206. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов / ред. А. А. Покровский. – М.: Пищевая пром-сть, 1977. – 227 с.
207. Химия и биохимия бобовых растений / [пер. с англ. К. С. Спектрова]; под ред. М.Н. Запрометова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
208. Чекулаева Л.В. Технология продуктов консервирования молока и молочного сырья / Л.В. Чекулаева, К.К. Полянский, Л.В. Голубева. – М.: Дели принт, 2002. – 249 с.
209. Черников М.П. Протеолиз и биологическая ценность белков / М.П. Черников. – М.: Медицина, 1975. – 231 с.
210. Черников М. П. Скорость гидролиза α , β и χ -казеина трипсином и химотрипсином и влияние денатурирующих факторов на ферментативный гидролиз χ -казеина / М. П. Черников, Е. Я. Стан // Биохимия. – 1970. – Т. 35, № 3. – С. 463–469.
211. Шергина И. А. Классификация и особенности производства мягких сыров / И. А. Шергина // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 8–10.
212. Шидловская В. П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов : справочник / В. П. Шидловская. – М.: КолосС, 2004. – 360 с.
213. Шидловская В. П. Справочник технолога молочного производства / В. П. Шидловская. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 296 с.
214. Щербаков В. Г. Химия и биохимия переработки масличных семян / В. Г. Щербаков. – М.: Пищевая пром-сть, 1977. – 164 с.
215. Эксперт: в Украине может подорожать молоко [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://korrespondent.net>.
216. Юрченко Н. А. Мягкие сыры с люпиновым концентратом / Н. А. Юрченко // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 2. – С. 17.
217. Ярошкевич А. П. О физической структуре мицелл казеина. XXI Международный конгресс по молочному делу / А. П. Ярошкевич. – М.: Пищевая пром-сть, 1982. – Т. 1, кн. 2. – С. 143.
218. Allen K. W. In Aspects of Adhesion / K. W. Allen, D. J. Alner. – London : Univ. of London Press, 1969. – 11 p.

219. Applewhite T. H. Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs / T. H. Applewhite // The American Oil Chemists Society. – 1989. – 575 p.
220. Doxastakis G. Novel macromolecules in food systems / G. Doxastakis, V. Kiosseoglou. – Elsevier, 2000. – 448 p.
221. Eliasson A. C. Carbohydrates in food / A. C. Eliasson. – CRC/Taylor & Francis, 2006. – 546 p.
222. Eliasson A. C. Starch in food: structure, function and applications / A. C. Eliasson. – Abington : Woodhead Pub., 2004. – 605 p.
223. El-Shobery M.A. Kinetics of coagulum synthesis / M.A. El-Shobery, S.O. Shalaby // Egypt. J. Dairy Sci. – 1992. – № 1. – P. 151–158.
224. Fox Patrick F. Fundamentals of cheese science / Patrick F. Fox, P. F. Fox. – Aspen : Springer, 2000. – 587 p.
225. Functional properties of food macromolecules / [S. E. Hill, D. A. Ledward, J. R. Mitchell, J. R. Mitchell]. – Springer, 1998. – 348 p.
226. Goldberg I Functional foods: designer foods, pharmafoods, nutraceuticals / I. Goldberg. – New York : Chapman & Hall, 1994. – 571 p.
227. Groscland F. Genetic aspects of casein research. / F. Groscland, J. C. Mercier, Ribadeau Dumas // Neth. Milk Dairy J. – 1973. – Vol. 27. – P. 328.
228. Hudson B. J. F. New and developing sources of food proteins / B. J. F. Hudson. – London : Springer, 1994. – 369 p.
229. Laemmli U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4 / U. K. Laemmli // Nature. – 1970. – 227. – P. 680–685.
230. Milk proteins chemistry and molecular biology / Ed. H. A. McKenzie. – 1970. – Vol. 1.
231. Phillips G. O. Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Abington : Woodhead Publishing Limited, 2009. – 944 p.
232. Rinzler C. A. The new complete book of food: a nutritional, medical, and culinary guide / C.A. Rinzler, M. Kroger, J.E. Brody. – New York : Infobase Publishing, 2009. – 474 p.
233. Scott R. Cheesemaking practice / R. Scott, R. K. Robinson, R. A. Wilbey. – New York : Springer, 1998. – 449 p.
234. Slyke L. Science and Practice of Cheese-Making / L. Slyke, C. Pablow. – Bedford : Applewood Books, 2008. – 516 p.
235. Souheng W. Polymer Interface and Adhesion / W. Souheng. – New York and Bael: Marcel Dekker, Inc., 1982. – 337 p.
236. Technologies of food products on the base of milk protein : monograph / [F. Pertsevoy, P. Hurskyi, S. Yurchenko and oth.]. – Kharkiv (Ukraine); Wroclaw (Poland) ; San Sebastian (Spain), 2009. – 206 p.
237. Thickening and Gelling Agents for food / Editer by Alan Imeson, Academie & Professional, UK. – 1994. – P. 343–389.
238. Thom C. Book of Cheese / C. Thom, W. Fisk. – Bedford : Applewood Books, 2008. – 420 p.
239. Walstra P. Dairy science and technology / P. Walstra, J. T. M. Wouters, T. J. Geurts. – Marcel : CRC/Taylor & Francis, 2006. – 782 p.

240. Walstra P. Dairy technology: principles of milk properties and processes / P. Walstra. – Marcel : Marcel Dekker, 1999. – 727 p.

241. Yada R. Y. Proteins in food processing / R. Y. Yada. – Abington : Woodhead Publishing, 2004. – 686 p.

242. Мошковская О.А. Аналіз сучасного стану молока продуктового під комплексу України, проблем його розвитку та шляхів їх вирішення. Агросвіт, 2019, 18, 16-23.

243 Электронный ресурс Latifundist.com

Глава 3. Научное обоснование технологии паст закусочных

3.1. Обоснование выбора компонентов модельной системы паст закусочных на основе творога

3.1.1. Выбор и обоснование концентрации творога нежирного как белковой основе

Новые пищевые продукты, изготовленные на основе молочного белка, занимают все больший сегмент продуктового рынка и составляют значительную долю в рационе питания населения.

Анализ рынка закусочной пастообразной продукции показал, что она характеризуется незначительным ассортиментом и представлена, пастами на основе твердых и мягких сыров с использованием молочного жира или композиции молочный жир –растительное масло, и частичным использованием (до 20%) в рецептуре творога [1 ... 14].

Важно отметить, что на рынке практически отсутствуют пасты на основе творога нежирного с добавлением растительного масла в качестве основного жирового компонента. На наш взгляд главной проблемой для внедрения данной продукции, изготовленной промышленным способом, является отсутствие научных основ ее производства.

Реализация принципов научного обоснования использования в производстве паст творога нежирного, который является источником функционального белка (раздел 2), с одной стороны, повысит эффективность технологии за счет уменьшения затрат на приготовление белковой основы, а с другой – обеспечит ее социальное значение для улучшения показателей качества конечного продукта вследствие возможности регулирования калорийности и пищевой ценности.

В рамках разработанной рабочей гипотезы и стратегии для использования масла рафинированного дезодорированного в данной технологии важным является обоснование технологических условий и параметров, обеспечивающих активацию белков, перевод их в растворимое состояние, увеличение гидратации и концентрирования белков в дисперсионной среде, которые будут выполнять роль поверхностно-активных веществ на стадии эмульгирования для облегчения диспергирования жировой фазы и получения стабильной эмульсии.

Стабильность белково-жировой эмульсии в течение тепловой обработки и хранения можно обеспечить путем увеличения энергетического потенциала белковой основы под действием щелочных регуляторов pH, перевод белков в более гидратированное состояние и обеспечение их растворимости при высвобождении из ККФК кальция, который может принимать участие в образовании пространственной сетки, а также введением сульфитированных полисахаридов для связывания свободной влаги и стабилизации структуры продукта в целом.

Учитывая равновесное состояние коллоидной системы «белок-вода», которой является ККФК, и склонность к денатурации белка при нагревании, проведенными исследованиями было установлено (рис. 3.1), что увеличение гидрофильности белковой основы до 75% обеспечивает агрегативное равновесие и устойчивость белка во время нагрева в пределах 70 ... 95 °С.

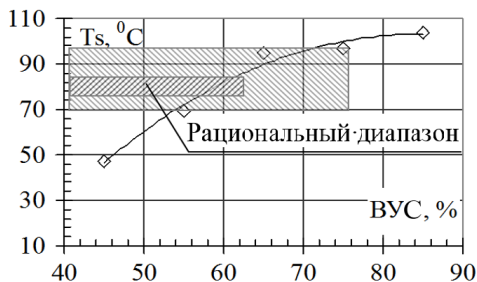


Рис. 3.1. Зависимость термической устойчивости белковой основы от ВУС

За критерий оценки роста гидрофильности принимали влагоудерживающую способность (ВУС) белковой основы пасты закусочной (рис. 3.1). Для установления зависимости влагоудерживающей способности творога от рН исследовали изменения буферной емкости белковой основы вследствие изменения энергетического состояния белка.

Для обоснования механизма ионообмена исследовали гидратацию белка, меняя активную кислотность белковой основы в нейтральную сторону с помощью веществ, которые способны осаждать поливалентные ионы: натрия двууглекислого, тринатрийполифосфата, цитрата натрия и гидроксида кальция (рис. 3.2).

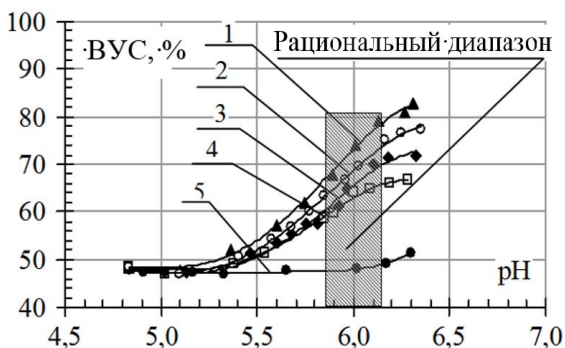


Рис. 3.2 - Зависимость ВУС белковой основы от активной кислотности 1- Na двууглекислый; 2 тринатрийполифосфат; 3 Na двууглекислый + цитрат Na; 4 цитрат Na; 5-Са (ОН)₂; ВУС,% Рациональный диапазон

Установлено, что при внесении в белковую основу гидроксида кальция в интервале активной кислотности pH 4,8...6,2 не происходит разрушения «кальциевых мостиков». Буферная емкость белка при этом не увеличивается и находится на уровне $48 \pm 1\%$. При внесении в белковую основу пасты закусочной реагентов, имеющих в своем составе катион Na^+ , происходит рост активной кислотности и увеличения ВУС [4, 15, 16, 17].

Анализ проведенных исследований (рис. 3.2) показал, что при добавлении натрия двууглекислого, тринатрийполифосфата, цитрата натрия активная кислотность белковой основы пасты закусочной растет в пределах pH 5,5 ... 6,2. При этом влагоудерживающая способность в интервале pH 5,0 ... 5,5 сначала увеличивается медленно от $48 \pm 1\%$ до $54 \pm 2\%$, а в интервале pH 5,5 ... 6,2 увеличивается существенно от $54 \pm 2\%$ до $78 \pm 2\%$.

Кривые зависимости ВУС белковой основы от pH подтверждают роль катионов Na^+ в разрушении «кальциевых мостиков» и увеличении ВУС от $48 \pm 1\%$ до $78 \pm 2\%$ в интервале pH 5,0...6,2. Особенно важное значение имеет активная кислотность после значения pH 5,5, которая характеризует начало значительного увеличения влагоудерживающей способности.

Следовательно, повышение отрицательного заряда белковой основы достигнуто смещением изоэлектрической точки в нейтральную сторону от pH $4,8 \pm 0,2$ к $6,0 \pm 0,2$, что способствовало росту ее буферной емкости до $80 \pm 2\%$ (рис. 3.2) и увеличению термической устойчивости до 95 ± 2 °C (рис. 3.1), что согласуется с основными принципами рабочей гипотезы разработки технологии паст закусочных на основе творога нежирного [4, 5].

Для определения рациональной концентрации белковой компоненты для дальнейшего ее использования в процессе эмульгирования проводили исследования вязкости (рис. 3.3) белковой основы с различным содержанием творога нежирного.

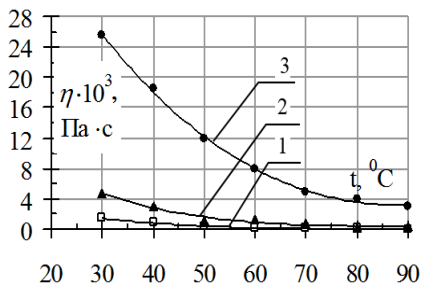


Рис. 3.3. Зависимость вязкости белковой основы пасты закусочной от температуры при содержании творога нежирного: 1 - 30%; 2 - 40%; 3 - 50%

Установлено, что при концентрации 30 и 40% творога нежирного динамическая вязкость в температурном диапазоне 90 ... 60 °C существенно не отличается и составляет $\sim 80 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Снижение температуры в диапазоне 50 ... 30 °C приводит к росту вязкости системы в пределах $100...420 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Увеличе-

ние содержания творога нежирного в белковой основе до 50% приводит к заметному росту вязкости в температурном диапазоне 90...60 °С в пределах $300...800 \cdot 10^{-3}$ Па·с и к значительному росту в пределах $1200...280 \cdot 10^{-3}$ Па·с в диапазоне температур 50 ... 30 °С.

Итак, на наш взгляд, для использования творога нежирного в технологии пасты закусочной необходимо активизировать белок с целью повышения его водосвязывающей активности. Белок должен дополнительно гидратироваться при условии, что в молекулах увеличится количество гидрофильных групп в результате ответной реакции, или возникнет контакт этих групп с водой при изменении конформации белковых молекул. Такие условия возникают при увеличении рН среды (корректировка активной кислотности) в результате добавления различных реагентов (натрия двууглекислого, цитрата натрия и др.), ионы Na^+ которых частично обмениваются с ионами Ca^{2+} белковой основе. Несмотря на то, что активная кислотность свежизготовленного творога находится в пределах $\text{pH } 4,8 \pm 0,2$ [18, 19, 20], в качестве корректора активной кислотности для белковой основы вполне возможно использовать натрий двууглекислый, который в результате гидролиза может обеспечить необходимый ионный обмен (рис. 3.2) и увеличить буферную емкость белка.

3.1.2. Выбор и обоснование концентрации корректора активной кислотности рН и соли-плавителя

При подборе соли-плавителя нужно учитывать ее активность и свойства белкового сырья. Азотистые соединения в твороге представлены несколькими фракциями. Он содержит нерастворимые и водорастворимые белки, а также пептиды, аминокислоты, амины и другие азотистые соединения [5].

Низкомолекулярные белковые фракции адсорбируются на поверхности высокомолекулярных фракций, придавая последним повышенную устойчивость в водных растворах и способствуя связыванию воды, набуханию, а в некоторых случаях (при определенных соотношениях между фракциями) переходу белка в растворимое состояние. Однако в большинстве случаев для полного растворения белка необходимо усиление связи между белком и водной «оболочкой».

Действие солей-плавителей связана с их адсорбцией на поверхности белка. Анионы многоосновных кислот имеют большую адсорбционную способность и связываются с белками творога, придавая им отрицательный заряд [16, 18 ... 20].

Соли с многовалентными анионами и одновалентными катионами в растворе проявляют щелочные свойства. При введении в белковую основу полностью замещенных солей между ними и белками, а также между продуктами их распада и минеральными солями происходят обменные реакции. В результате этого в смеси образуются легко растворимые белковые соли с одновалентными катионами. Процесс характеризуется увеличением рН белковой основы и переходом белка в растворимое состояние, что способствует его устойчивости при высокотемпературной тепловой обработке. Белковая основа из творога нежирного, прошедшего тепловую обработку в присутствии щелочных или из ос-

новых солей, имеет щелочной привкус, что значительно ухудшает ее качество. Поэтому в технологии закусочной продукции следует применять средние и слабокислые соли кислот [4, 5, 21, 22].

Для обоснования выбора соли-плавителя исследовали два основных физико-химических процесса, происходящих в результате разрушения ККФК под действием ионов Na^+ соли плавильной и тепловой обработки в температурном интервале 80 ± 2 °С: декальцинирование, которое определяли комплексонометрическим титрованием [23 ... 25] с использованием трилона Б и металохромного индикатора мурексида (рис.3.4) и пептизацию белковых мицелл, которую рассчитывали как отношение растворимого белка к общему его содержанию (табл. 3.1) в белковой основе пасты закусочной [26].

Исследованиями декальцинирования белковой основы (рис. 3.4) установлено, что увеличение концентрации в пределах 1 ... 3%: тринатрийполифосфата обеспечивает переход кальция в ионную форму от 40 до 90 мг, цитрата натрия - от 21 до 62 мг, смеси цитрата натрия и натрия двууглекислого в соотношениях 3: 1, 4: 1, 5: 1 соответственно обеспечивают от 38 до 86 мг от 36 до 84 мг, от 30 до 71 мг ионного кальция в белковой основе [27].

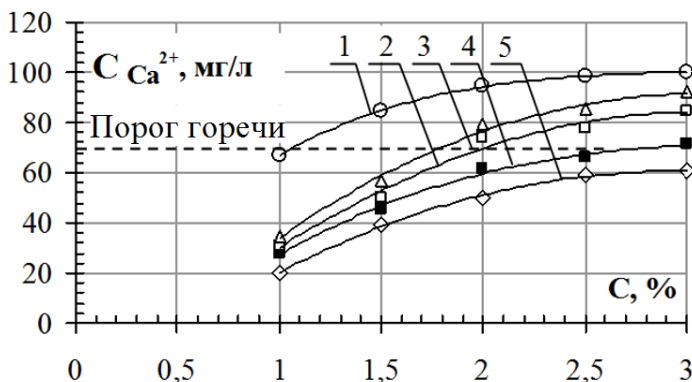


Рис. 3.4 - Зависимость концентрации ионов Ca^{2+} белковой основы от содержания соли плавильной: 1 тринатрийполифосфат; 2-цитрат Na + натрий двууглекислый (3: 1); 3-цитрат Na + натрий двууглекислый (4: 1); 4-цитрат Na + натрий двууглекислый (5: 1); 5-цитрат Na

Стоит отметить, что соль-плавитель тринатрийполифосфат обеспечивает гидратацию белка на ~10% больше, чем цитрат натрия, но уже при концентрации $1 \pm 0,1\%$, которая соответствует $\text{pH } 5,8 \pm 0,2$ предоставляет белковой основе мыльный (щелочной) привкус и послевкусовую горечь (табл. 3.1), тогда как цитрат натрия аналогично влияет на вкусовые свойства при концентрации $3,5 \pm 0,2\%$. Горечь вызывают ионы кальция, которых, вследствие декальцинирования во время ионообмена между Na^+ и Ca^{2+} , в белковой основе пасты было больше на ~30% чем при взаимодействии с цитратом натрия [4, 5, 21, 27].

В результате пептизации казеиновые мицеллы разрушаются до более мелких размеров, увеличивая поверхность белка и количество гидрофильных групп, которые контактируют с водой. Происходит дальнейшая иммобилизация свободной влаги. Количество связанной воды возрастает, а свободной влаги уменьшается (рис. 3.5).

Таблица 3.1 Влияние соли-плавителя на степень пептизации белка белковой основы

Концентрация, %	Степень пептизации, %				
	Тринатрийполифосфат	Цитрат натрия	Цитрат натрия натрий двууглекислый в соотношении		
			3:1	4:1	5:1
0,5	18,1 ±1,2	14,6 ±1,1	19,5 ±1,2	18,3 ±1,2	17,5 ±1,2
1,0	25,4 ±1,3	23,1 ±1,3	28,0 ±1,3	26,7 ±1,3	25,0 ±1,3
1,5	52,0 ±1,5	46,8 ±1,4	55,1 ±1,5	54,4 ±1,5	53,1 ±1,5
2,0	62,3 ±1,5	50,4 ±1,5	65,3 ±1,5	64,9 ±1,5	63,3 ±1,5
2,5	64,8 ±1,6	62,5 ±1,5	68,4 ±1,6	65,8 ±1,6	65,0 ±1,6
3,0	68,6 ±1,7	64,3 ±1,6	72,4 ±1,8	70,5 ±1,8	69,4 ±1,8

Сенсорная оценка влияния степени декальцинирования белка на органолептические показатели по пятибалльной шкале (табл. 3.2) показала, что вкусовые качества белковой основы лучшие при использовании смеси цитрата натрия и двууглекислого натрия в соотношении 5: 1.

Таблица 3.2 Зависимость органолептической оценки белковой основы паст закусочных от содержания ионного кальция (Ca²⁺) при концентрации соли-плавителя 2,0±0,1%

Наименование соли-плавителя	Органолептическая оценка с учетом коэффициента весомости, бал						
	внешний вид	консистенция	цвет	запах	вкус	Общая	
							0,12
Тринатрийполифосфат	0,46	1,20	0,30	0,82	0,81	3,56	
Цитрат натрия	0,48	1,05	0,30	0,92	1,38	4,33	
Цитрат натрия с натрием двууглекислым в соотношении:	3:1	0,48	1,15	0,30	0,85	1,18	3,96
	4:1	0,49	1,13	0,30	0,90	1,26	3,99
	5:1	0,50	1,20	0,30	0,96	1,54	4,55

Полученные результаты позволили обосновать технологию паст закусочных на основе творога нежирного: активная кислотность белковой основы должна быть в пределах pH 5,8 ... 6,2 и соответственно ВУС белка - 58 ... 75%. Данные условия необходимы для предотвращения денатурации белка во время его нагрева при температуре 80±2 °C в течение тепловой обработки (рис.3.1). Учитывая, что значение активной кислотности творога нежирного, как правило, колеблется в пределах 4,7...5,2, величину pH до требуемых значений целесообразно регулировать добавлением двууглекислого натрия в

количестве $0,4 \pm 0,1\%$ и цитрата натрия в количестве $2 \pm 0,2\%$ от общего объема компонентов белковой основы паст закусочных.

Для установления рациональных концентраций натрия двууглекислого, как корректора активной кислотности, и цитрата натрия, как соли плавилиной, исследования влагоудерживающей способности белка проводили в два этапа: смещали рН белковой основы в нейтральную сторону одним из реагентов, фиксируя другой.

На первом этапе исследований, для определения влияния натрия двууглекислого на кинетику влагоудерживающей способности белка, смещали рН белковой основы в нейтральную сторону к $6,5 \pm 0,2$, добавляя раствор с концентрацией цитрата натрия в пределах $0,0 \dots 3,0\%$ и фиксируя при этом концентрацию раствора натрия двууглекислого в следующих значениях: $0,3$, $0,4$, $0,5$ и $0,6\%$ (рис. 3.5).

За счет гидролиза натрия двууглекислый при концентрации $0,3\%$ обеспечивает 54% ВУС белковой основы, при концентрации $0,4\%$ - 72% , при концентрации $0,5\%$ - 76% , при концентрации $0,6\%$ - 88% .

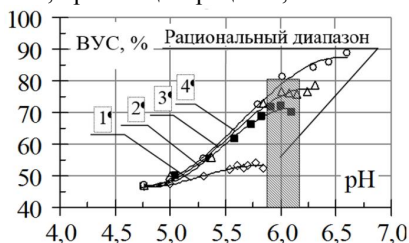


Рис. 3.5. Зависимость ВУС белковой основы от активной кислотности при концентрации натрия двууглекислого: 1 – $0,3\%$, 2 – $0,4\%$; 3 – $0,5\%$; 4 – $0,6\%$

Рациональное значение ВУС по термической устойчивости (рис. 3.1) белковая основа приобретает при добавлении натрия двууглекислого в количестве $0,4 \dots 0,5\%$. При этом значение активной кислотности возрастает до $\text{pH } 6,2 \pm 0,1$, а ВУС белковой основы увеличивается до $75 \pm 2\%$.

Таким образом натрия двууглекислый в данной концентрации положительно влияет на процесс гидратации при подготовке белковой основы к тепловой обработке (рис 3.6).

Рост гидратации белка во время сдвига рН в щелочную сторону натрием двууглекислым можно объяснить схемой ионного обмена (рис. 3.6), в результате которого увеличивается его гидрофильность, частично разрушается ККФК и уменьшаются размеры белковых мицелл [20].

Данная реакция подтверждает роль катионов и анионов в ионном обмене в белке творога, в росте при этом рН и увеличении ВУС белка. Анион натрия двууглекислого вытесняет из мицелловой цепочки кальций и, адсорбционно связываясь с параказеином, усиливает его отрицательный заряд. При этом рН смеси смещается в щелочную сторону, а изоэлектрическая точка белка - в кис-

люю. В результате казеин значительно увеличивает свою буферную емкость, набухая в течение созревания белковой основы и сохраняет свое агрегативное равновесие. Катион натрия, присоединяясь через серинфосфатную группу к молекуле казеина, которая, вследствие потери катиона кальция, получила отрицательный заряд, образует легко растворимую белковую соль - казеинат натрия, повышает общую растворимость белка.

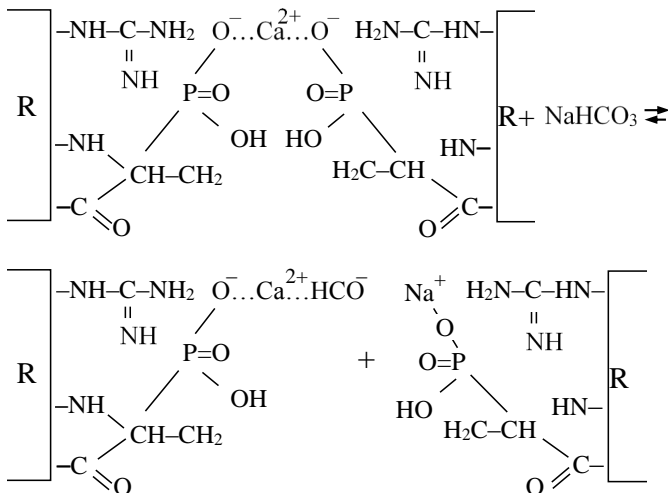


Рис.3.6.Ионный обмен при добавлении натрия двууглекислого к белковой основе паст закусочных

На втором этапе исследований (рис. 3.7) для определения влияния цитрата натрия на влагоудерживающую способность белка, pH белковой основы смещали в нейтральную сторону к $6,5 \pm 0,2$, добавляя раствор с концентрацией двууглекислого натрия в пределах $0,0 \dots 1,1\%$ и фиксируя при этом концентрацию раствора цитрата натрия в пределах: $1,0 \pm 0,1\%$, $2,0 \pm 0,1\%$, $3,0 \pm 0,1\%$

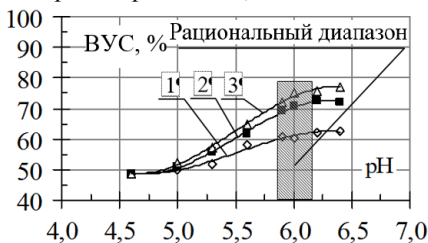


Рис. 3.7. - Зависимость влагоудерживающей способности (ВУС) белковой основы от активной кислотности при концентрации цитрата натрия: 1-1,0%, 2-2,0%; 3-3,0%

Цитрат натрия концентрацией $1,0 \pm 0,1\%$ обеспечивает $70 \pm 1\%$ ВУЗ белковой основы, концентрацией $2,0 \pm 0,1\%$ – $75 \pm 2\%$, а при концентрации $3,0 \pm 0,1\%$ – $78 \pm 2\%$.

Анализ графиков показал, что при увеличении концентрации цитрата натрия от $2 \pm 0,1$ до $3 \pm 0,1\%$ значения ВУС увеличиваются незначительно – на 4% , но при этом значительно возрастает активная кислотность – рН $6,2 \dots 6,7$ и снижаются вкусовые свойства.

Следующий рост активной кислотности происходит за счет гидролиза цитрата натрия (рис. 3.8), что обеспечивает ионный обмен, дальнейшее разрушение ККФК (рис. 3.9), увеличивая буферную емкость белка [20, 27].

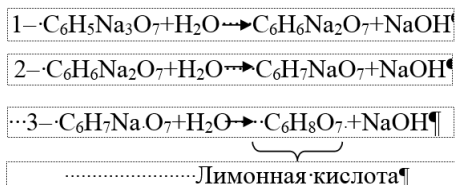


Рис. 3.8. Схема гидролиза цитрата натрия (1,2,3 – этапы гидролиза)

Установлено, что рациональное значение активной кислотности, которое обеспечивает необходимые условия для гидратации белка, должно находиться в пределах рН $5,9 \dots 6,0$ (рис. 3.5, 3.7).

Мощный анион, адсорбционно связываясь с параказеином, образует растворимую лимонную соль казеина (рис. 3.9), усиливает его отрицательный заряд, вследствие чего белок значительно увеличивает свою гидрофильность, набухает в течение созревания белковой основы и сохраняет свое агрегатно-равновесие.

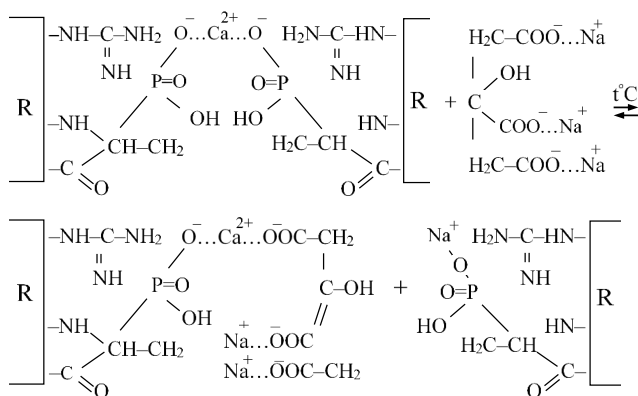


Рис. 3.9. Ионный обмен при добавлении цитрата натрия к белковой основе паст закусочных

Именно поэтому белки выдерживают длительное время нагрева при температуре 80 ± 2 °С при тепловой обработке и не денатурируют [4, 20, 22, 28]. Такой схемой ионного обмена объясняется рост гидратации белка при смещении рН цитратом натрия, в результате чего разрушается ККФК, уменьшаются размеры белковых мицелл и увеличивается гидрофильность белка [20].

Для определения рационального времени созревания проводили исследования ВУС белковой основы с разной концентрацией цитрата натрия.

Установлено (рис. 3.10), что во время созревания белковой основы паст закусочных ВУС увеличивается в течение первых $(28\pm 2)\times 60$ с и в зависимости от концентрации цитрата натрия $1,0\pm 0,1$, $2,0\pm 0,1$, $3,0\pm 0,1\%$ соответственно составляет: 64 ± 2 , 75 ± 2 , $77\pm 2\%$. В течение последующих $(20\pm 2)\times 60$ с ВУС растет только на $3,0\pm 0,5\%$, вероятно, в результате уменьшения активности белка вследствие достижения максимально возможного значения ВУС исследуемой белковой системы.

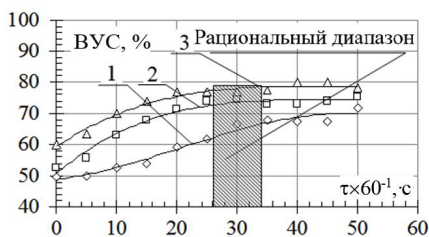


Рис. 3.10. Зависимость ВУС от продолжительности созревания белковой основы при концентрации натрия двууглекислого 0,4% и цитрата натрия, %: 1 - 1,0; 2 - 2,0; 3 - 3,0

Таким образом, смесь натрия двууглекислого концентрацией $0,4\pm 0,1\%$ в качестве корректора рН и цитрата натрия как соли плавильной концентрацией $2\pm 0,2\%$ (рациональные концентрации) после созревания в течение $(28\pm 2)\times 60$ с, обеспечат увеличение ВУС белковой основы до $75\pm 2\%$, что позволит повысить ее термическую устойчивость в процессе тепловой обработки до 95 ± 2 °С (рис. 3.10).

Вода является основной составной частью большинства продуктов, что обуславливает их товароведческие технологические характеристики (консистенцию, структуру, сочность), определяет их органолептические показатели, а также устойчивость при хранении [29]. Благодаря своим структурным связям она характеризуется различными свойствами, доступностью, что позволяет принципиально разделить ее по этим признакам на свободную и связанную. Поэтому в технологии продуктов питания наряду с такой характеристикой как общая влажность, выделяют не менее важные показатели - связанная влага, влагоудерживающая способность. Соотношение свободной и связанной влаги часто является доминирующим показателем, характеризующим технологическую, товароведческую и микробиальную стабильность продуктов.

В белковых продуктах, одним из которых является паста *Bar*, вода содержится в различных формах. Часть влаги представлена свободной водой, а часть ее - так называемой «связанной водой». Основные биологические молекулы - нуклеиновые кислоты, белки, липиды находятся в смеси модели паст в гидратированном состоянии, то есть окружены достаточно плотным слоем из молекул воды. Биомолекулы с водой образуют единую систему, которую нельзя разделить на компоненты без разрушения ее сущности [28, 29 ... 31].

Связанная вода, прочно удерживается различными компонентами пищевых продуктов за счет химической и физической связи, всегда существует вблизи растворенной неводной компоненты. Она имеет пониженную молекулярную подвижность и другие свойства, присущие связанной воде (не может быть растворителем, не может в системе перемешиваться самостоятельно, а только вместе с макромолекулами при определенной скорости седиментации, вязкости, диффузии). Она не замерзает даже при температуре минус 40 °C и отличается от воды свободной структурой [29]. К сожалению, четкого раздела между этими видами воды не существует, потому что связанная вода может иметь широкий спектр «связанности» [29, 32, 33]. Так вода в пищевых продуктах может находиться в полостях, порах и капиллярах, образованных в продукте, а также в сорбированном состоянии на поверхности, в виде гидратной и кристаллогидратной воды, а также в других видах. Молекулы воды при этом остаются достаточно подвижными, что вполне достаточно для наблюдения за ними методом спинового эха ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [29, 34 ... 37].

При использовании данного метода в исследуемых образцах за критерий, характеризующий формы связи влаги в белковой основе, принимали значение продолжительности спин-спиновой релаксации T_2 , что является характеристическим временем разделения фаз магнитных моментов (рис.3.11) за счет создания локального магнитного поля ближайшими соседями, и определяет степень подвижности протонов водорода, а значит и общую молекулярную подвижность воды в белковой основе, после ее созревания [34]. При этом учитывали то, что время релаксации ЯМР зависит от химического окружения исследуемых ядер [36, 38], поэтому на скорость перераспределения энергии в спиновой системе будут влиять спин-спиновое взаимодействие и молекулярная подвижность воды. Таким образом, T_2 в эксперименте характеризует взаимодействие воды с белком (энергию связи). Для установления кинетики изменений скорости релаксации диполя воды на импульсной установке ЯМР был избран универсальный метод спинового эха [34, 35, 37].

После обработки экспериментальных данных по каждому исследуемому образцу установлена зависимость величины амплитуд сигнала эха (рис. 3.11) в зависимости от интервала τ_i между зондирующими импульсами при концентрации натрия двууглекислого $0,4 \pm 0,05\%$ и разной концентрации цитрата натрия в белковой основе.

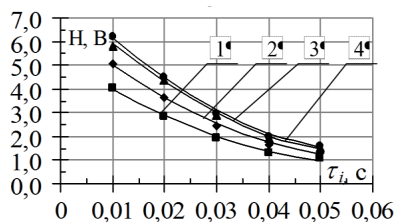


Рис. 3.11. Зависимость изменений амплитуд сигнала эха от интервала τ_i между зондирующими импульсами в белковой основе паст закусочных с различным содержанием цитрата натрия: 1 - 0%, 2 - 1,0%, 3 - 2,0%, 4 - 3,0%

Значения амплитуд сигнала эха исследуемых образца белковой основы без цитрата натрия и образца с концентрацией цитрата натрия $1,0 \pm 0,1\%$ отличаются друг от друга на $1 \pm 0,1$ В; образцов с концентрацией цитрата натрия $1,0 \pm 0,1\%$ и $2,0 \pm 0,1\%$ также отличаются друг от друга на $1 \pm 0,1$ В; образцов с концентрацией цитрата натрия $2,0 \pm 0,1\%$ и $3,0 \pm 0,1\%$ - всего на $0,25 \pm 0,05$ В. Это свидетельствует о том, что увеличение концентрации цитрата натрия более $2,0 \pm 0,1\%$ существенно не влияет на величину амплитуды.

После математической обработки результатов измерений амплитуд [36, 38] определяли время спин-спиновой релаксации T_2 в зависимости от концентрации цитрата натрия в белковой основе паст закусочных (рис. 3.12).

Установлено, что зависимость T_2 от концентрации цитрата натрия в диапазоне $1,0 \dots 3,0\%$ имеет вид плавной кривой (рис. 3.12), которая характеризует тенденцию уменьшения значения T_2 с увеличением концентрации цитрата натрия в белковой основе. Это объясняется ростом влагоудерживающей способности белка в результате ионного обмена, что приводит к уменьшению количества свободной воды в белковой основе паст закусочных.

Из приведенного графика (рис. 3.12) видно, что продолжительность спин-спиновой релаксации диполя воды в белковой основе паст при увеличении концентрации цитрата натрия в пределах от 0% до $1,0 \pm 0,1\%$ уменьшается на $0,007$ с, в пределах от $1,0 \pm 0,1\%$ до $2,0 \pm 0,1\%$ - на $0,004$ с, в пределах от $2,0 \pm 0,1\%$ до $3,0 \pm 0,1\%$ - на $0,002$ с, то есть установлена тенденция уменьшения молекулярной подвижности и роста количества воды, связанной белком с увеличением содержания цитрата натрия в белковой основе паст закусочных.

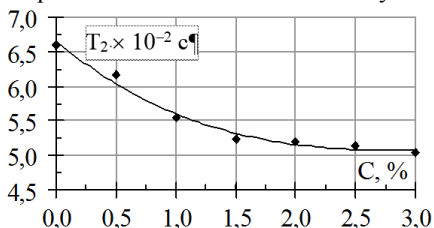


Рис. 3.12. Зависимость продолжительности спин-спиновой релаксации диполя воды в белковой основе паст закусочных от концентрации цитрата натрия

То есть данными исследованиями подтверждено, что концентрация цитрата натрия $2 \pm 0,2\%$ является рациональной и ее дальнейшее увеличение в белковой основе паст закусочных существенно не повлияет на количество связанной воды.

Рентгеновский анализ упорядоченности структуры белковой основы паст закусочных (рис. 3.13) проводился на стационарном рентгеновском аппарате ДРОН-3 [39]. Из рентгеновских дифрактограмм образцов №1, №2 и №3 видно, что они характеризуются аморфным рентгеновским спектром, который охватывает область углов 2θ от 14° до 36° .

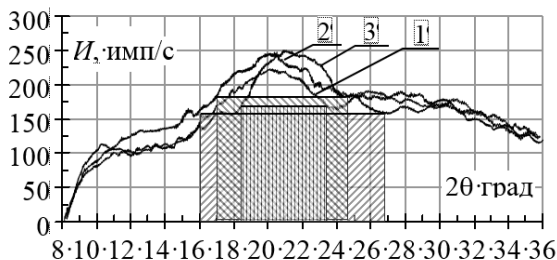


Рис. 3.13. Зависимость интенсивности дифракционной линии от угла отражения в белковой основе паст закусочных при концентрации цитрата натрия: 1 - $1,0 \pm 0,1\%$; 2 - $2,0 \pm 0,1\%$; 3 - $3,0 \pm 0,1\%$

Максимум интенсивности дифракционной линии наблюдается при угле отражения $2\theta = 20,5^\circ$, что соответствует межплоскостному расстоянию $d = 4,30 \text{ \AA}$, которую находили по формуле Вульфа-Брэгга [40, 42].

Наличие дифракционного максимума на линиях «жидкостного» типа может свидетельствовать о тенденции частиц к упорядочению. При этом более высокая степень упорядоченности наблюдается в образцах №2 и №3 при концентрации цитрата натрия в белковой основе паст закусочных соответственно 2 и 3%. Образцы №2 и №3 имеют более четко выраженный дифракционный максимум, кроме того, на дифрактограмме появился еще дополнительный максимум с $d = 3,49 \text{ \AA}$..

После естественного подсушивания на воздухе при температуре 20°C и влажности воздуха 75% в течение 24 ч в образцах зафиксировано заметное увеличение интенсивности основного максимума до $d = 4,33 \text{ \AA}$, что может служить доказательством роста степени упорядоченности структуры вследствие уменьшения диффузионного фона в образцах из-за потери слабосвязанной воды. При этом данные эффекты более выражены в образцах №2 (рис. 3.14) и №3, интегральная полуширина дифракционной линии (заштрихованная область) которых меньше и составляет соответственно 0,108 и 0,107 радиана, тогда как у образца №1 она несколько больше и составляет 0,119 радиана. Площадь под кривой пропорциональна количеству частиц, создающих это отражения.

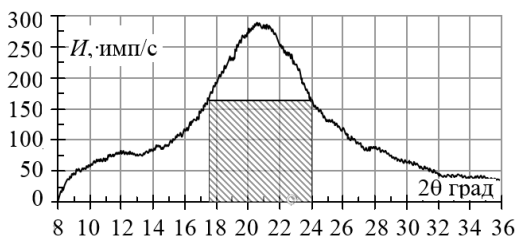


Рис. 3.14. Зависимость интенсивности дифракционной линии от угла отражения белковой основы паст закусочных после естественного высушивания

По полуширине дифракционной линии оценивали эффективный средний размер частиц [41,42]. Расчетами получили величину размера частиц для образца №1 $D = 12\text{Å}$, для образца №2 $D = 13,3\text{Å}$, а для образца №3 $D = 13,6\text{Å}$. То есть размеры частиц образцов отличаются на незначительную величину $1,1...1,3\text{Å}$ и можно считать, что они почти одинаковы.

Если предположить, что белковая основа паст закусочных состоит не из единичных слоев, а из очень тонких пакетов, состоящих из 2, 3, 4 слоев, то путем сопоставления расчетной и экспериментальной интенсивности отражения можно аналитически исследовать ее на достоверность (рис. 3.15).

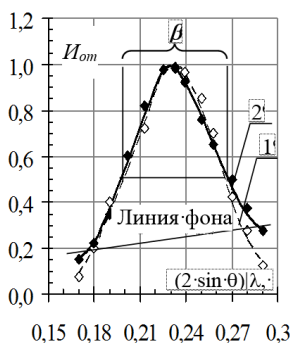


Рис. 3.15. Зависимость интенсивности дифракционной линии от угла отражения: 1 - расчетная, 2 - экспериментальная

Кривую интенсивности $I_{от}$ принимали в абсолютных единицах. То есть, в исследованиях можно сравнивать не только форму, но и высоту кривых интенсивности образцов белковой основы паст закусочных с разной концентрацией цитрата натрия. Межплоскостное атомарное расстояние может быть «визитной карточкой» для идентификации конкретного вещества.

Как показали расчеты, форма и высота кривой для $N = 3$ и $x = 1$ хорошо совпадает с экспериментальной кривой (рис. 3.15) при этом рассчитанный размер частиц для 3-х слойного пакета практически совпадает с размером частиц, полученным экспериментально для образца №2: $3 \times 4,30 = 13\text{Å}$.

Следовательно, можно предположить, что белковая основа паст закусочных состоит из хаотично ориентированных частиц толщиной не более 13Å вдоль нормали к отражающим атомным плоскостям.

Экспериментальными исследованиями белковой основы паст закусочных было установлено, что на упорядоченность структуры влияет концентрация цитрата натрия. По полуширине дифракционной линии и высоте максимума можно утверждать, что образцы №2 и №3 имеют более упорядоченную структуру по сравнению с образцом №1, что подтверждает концентрацию цитрата натрия в пределах $2 \pm 0,2\%$, полученную в предыдущих исследованиях.

Таким образом, рентгеновскими исследованиями упорядоченности структуры были подтверждены результаты предыдущих исследований (рис. 3.7, 3.12), что для белковой основы паст закусочных рациональной концентрацией натрия двууглекислого является $0,4 \pm 0,1\%$ и цитрата натрия – $2 \pm 0,2\%$, которые обеспечат необходимые условия для тепловой обработки.

3.1.3. Выбор и обоснование концентрации жировой компоненты

Известно, что, как правило, в качестве жировой компоненты в закусочной продукции современного продуктового рынка в основном используется молочный жир, входящий в состав белковой основы твердых сыров, а также в виде сливок или сливочного масла. Молочный жир придавал закускам сливочный вкус и консистенцию [4, 5].

Однако значительное снижение производства молока и его высокая стоимость в Украине обусловили дефицит молочного жира, применяемого в производстве значительного количества молочных продуктов. Кроме того, новые экономические условия рынка заставляют производителей искать для его замены менее дефицитное и дешевое жировое сырье с одновременным повышением биологической и пищевой ценности. Это привело к широкому использованию различных жиров и масел и их композиций для частичной или полной замены молочного жира. Основное требование при замене молочного жира растительным маслом – это повышение пищевой и биологической ценности и органолептических показателей молочных продуктов с возможным уменьшением содержания холестерина. Этим требованиям не во всем отвечает пальмовое масло.

Жидкие растительные масла содержат жизненно важные эссенциальные полиненасыщенные жирные кислоты, а также витамин Е (токоферолы), который играет значительную роль в организме человека [43 ... 45]. Физико-химические свойства молочного жира и некоторых растительных масел по данным отечественных ученых приведены в табл. 3.3.

Вкус и запах растительного заменителя молочного жира должен имитировать характерный вкус или быть нейтральным и устойчивым в процессе хранения готового продукта.

Таблица 3.3 Физико-химические свойства молочного жира и некоторых растительных масел

Наименование	Температура, °С		Число омыления	Йодное число
	плавления	застывания		
Молочный жир	28...33	18...23	220...234	28...45
Масло подсолнечное	—	-16...-19	186...194	119...145
Масло кукурузное	—	-10...-20	187...190	111...113

Использование масла рафинированного дезодорированного в качестве жировой компоненты дает возможность не только сократить расходы и повысить производительность, но и расширить ассортимент, производить продукцию с меньшим содержанием холестерина или вообще без него, сбалансировать содержание насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. и является альтернативой замене молочного жира пальмовым маслом.

Известно, что в молочном жире эссенциальных кислот крайне мало: линолевая кислота содержится в пределах 1,5...4,4%, линоленовая – 0,2... ,1%, в то время как в подсолнечном масле содержание линолевой кислоты достигает ~ 60% [43,44].

По данным автора [46], расхождение в вязкости различных дезодорированных рафинированных масел незначительное и составляет в диапазоне температур 90...70 °С $(1,2 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$ Па·с, а в диапазоне температур 50 ... 30 °С - $(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Для установления рациональной концентрации масла во время его эмульгирования в белковую основу паст закусочных проводили исследования динамической вязкости с различным содержанием масла подсолнечного (рис. 3.16) и эмульгирующей способности белковой основы (рис. 3.17).

Исследованиями влияния температуры на вязкость белковой основы паст закусочных с различным содержанием масла рафинированного дезодорированного – 15; 20; 25% – установлено, что динамическая вязкость в температурном диапазоне 90...60 °С почти одинакова и составляет $\sim 50 \cdot 10^{-3}$ Па·с

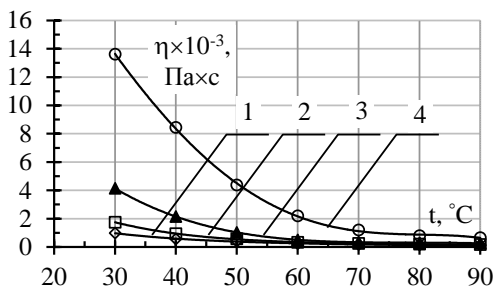


Рис. 3.16. Зависимость вязкости белковой основы паст закусочных от температуры при содержании масла подсолнечного: 1 - 15%, 2 - 20%, 3 - 25%, 4 - 30%

Снижение температуры в диапазоне 50...30 °С способствует росту вязкости в пределах 100 ... 400•10⁻³ Па·с. Увеличение содержания масла в белковой основе до 30±2% значительно повышает вязкость в температурном диапазоне 90...60 °С в пределах 75...200•10⁻³ Па·с и существенно повышает ее в пределах 480...1350•10⁻³ Па·с в диапазоне температур 50...30 °С, что может ухудшить условия эмульгирования.

Известно, что эмульгирование– это процесс, происходящий со значительными затратами энергии [47], поэтому его целесообразно осуществлять в зоне с низкой вязкостью, именно этим объясняется выбор в качестве рациональной концентрации масла 25±2% при температуре 30...40 °С и вязкостью белковой основы 280...400•10⁻³ Па·с.

Эмульгирующую способность белковой основы паст закусочных (рис. 3.17) изучали установлением точки инверсии фаз при эмульгировании, изменяя концентрацию одного из основных компонентов белковой основы по стандартной методике [48, 49] при температуре 35...40 °С, влажности 77,6% с частотой мешалки 25 с⁻¹.

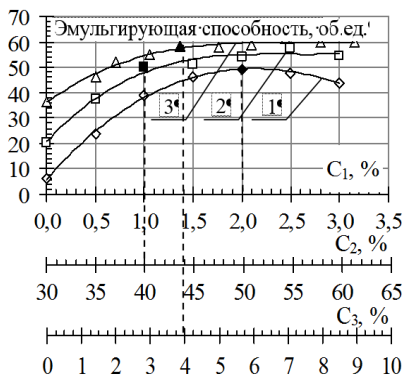


Рис. 3.17. Зависимость эмульгирующей способности белковой основы паст закусочных от концентрации основных компонентов: 1 - цитрата натрия (C₁), 2 - творога нежирного (C₂), 3 – молока сухого обезжиренного (C₃)

Установлено, что с увеличением концентрации цитрата натрия она растет и при концентрации 2,0% достигает максимального значения - 50 об. ед. масла. При дальнейшем увеличении концентрации эмульгирующая способность снижается, вероятно, вследствие роста рН (рис. 3.17).

Установлено, что с увеличением содержания творога нежирного от 30 до 40% эмульгирующая способность белковой основы интенсивно растет. При увеличении содержания творога нежирного до 50% эмульгирующая способность замедляется и составляет 54 об. ед. вследствие существенного повышения вязкости, что подтверждается предыдущими исследованиями (рис. 3.3).

Добавление к белковой основы сухого обезжиренного молока в качестве дополнительного эмульгатора до 4,0% способствует повышению эмульгирующей способности.

щей способности до 56 об. ед. масла при содержании творога нежирного 40%, очевидно, вследствие роста содержания поверхностно-активных веществ.

Для продукции эмульсионного типа с длительным сроком хранения важным показателем является устойчивость эмульсии. Ее определяли по содержанию неразрушенной эмульсии после двукратного центрифугирования с промежуточным нагреванием до 90 °С. Установлено, что содержание неразрушенной фазы модельной эмульсии (табл. 3.4) зависит от содержания жира, концентрации белоксодержащих компонентов белковой основы и концентрации цитрата натрия.

Таблица 3.4 Показатели устойчивости модельной эмульсии паст закусочных

Наименование компонента	Концентрация, %	Массовая доля неразрушенной модельной эмульсии, % от содержания жиров			
		20	40	60	80
Творог нежирный	30	24	66	84	94
	40	60	83	86	96
	50	76	88	94	98
	60	78	90	96	98
Сухое молоко нежирное	0	38	63	76	88
	4	56	78	82	92
	6	60	83	86	96
	8	86	94	98	98
Цитрат натрия	0	22	31	40	48
	1	42	58	64	81
	2	60	83	88	96
	3	62	80	86	94

Анализ таблицы показывает, что устойчивость модельных эмульсий паст закусочных с содержанием жира 20...80% характеризует массовая доля неразрушенной структуры в пределах соответственно 24...98%, что зависит от содержания основных белоксодержащих компонентов, масла и активной кислотности белковой основы, которая зависит от концентрации цитрата натрия.

Для исследования стабильности эмульсии до и после тепловой обработки строили диаграммы по стандартной методике (рис. 3.18, 3.19), заключающейся в измерении объема жировой и водной фаз, которые отделились от общего объема вследствие разрушения эмульсии [50]. Анализ диаграмм показал, что агрегативная стабильность модельной эмульсии к тепловой обработке высока и составляет 96...98% и почти не зависит от содержания белоксодержащих компонентов и масла в пределах концентраций, которые исследовались (рис. 3.18). Однако кинетическая стабильность низкая и при содержании масла $20 \pm 1\%$ в модельной эмульсии при содержании сухого молока $6,0 \pm 0,5\%$ и творога нежирного $30 \pm 2\%$, $40 \pm 2\%$, $50 \pm 3\%$ соответственно составляет $30 \pm 2\%$, $65 \pm 2\%$, $78 \pm 2\%$. Увеличение содержания масла от 20 до 80% повышает стабильность эмульсии при концентрации творога: 30% на 65%, 40% на 31%, 50% на 20%.

Установлено, что тепловая обработка при температуре 80 ± 2 °С способствует повышению кинетической стабильности модельной эмульсии паст закусочных почти в 1,5 раза (рис. 3.19).

После тепловой обработки стабильность эмульсии, содержащей $20 \pm 1\%$ масла, растет при содержании творога нежирного: $30 \pm 2\%$ от 30 до 70%, $40 \pm 2\%$ от 65 до 84%, $50 \pm 2\%$ от 78 до 94% вероятно вследствие увеличения связывания воды белком.

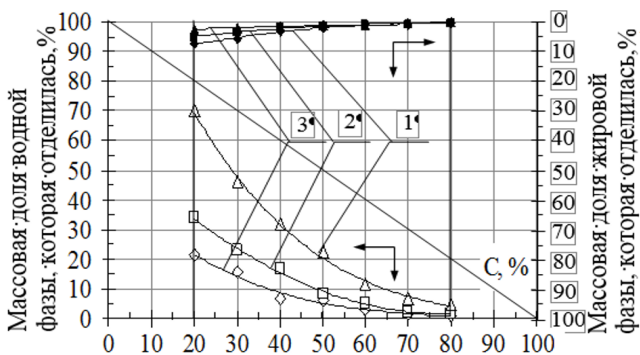


Рис. 3.18. Зависимость устойчивости модельной эмульсии от концентрации масла до тепловой обработки при содержании творога нежирного, %: 1 - 30; 2 - 40; 3 - 50

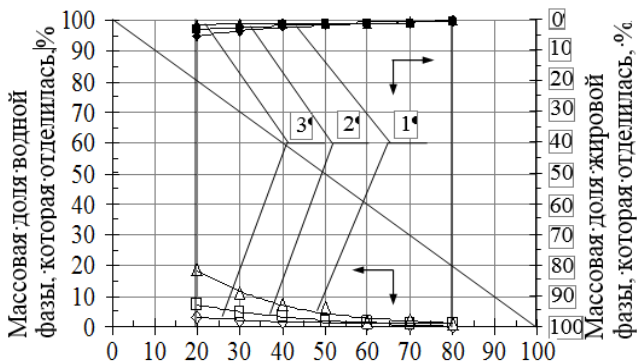


Рис. 3.19. Зависимость устойчивости модельной эмульсии от концентрации масла подсолнечного после тепловой обработки при содержании творога нежирного, %: 1 - 30; 2 - 40; 3 - 50

Итак, исследованиями доказано, что содержание жира в модельной эмульсии паст закусочных может иметь широкий диапазон от 20 до 60% при сохранении агрегативной устойчивости. Целесообразным является внесение в белковую основу сухого молока в количестве $4 \pm 1\%$, что при содержании творога нежирного $40 \pm 2\%$ повышает эмульгирующую способность на 28 ± 2 об. ед. Подтверждена рациональная концентрация цитрата натрия в белковой основе $2 \pm 0,2\%$, что обеспечивает наибольшую эмульгирующую способность. Также

для обеспечения высокой кинетической устойчивости модельной эмульсии паст закусочных, кроме проведения тепловой обработки, необходимо ввести в рецептуру структурообразователь с высокой водосвязывающей способностью.

На представленной микрофотографии (увеличение в 1200 раз) структура творога нежирного имеет вид сетчатого каркаса (рис. 3.20), образованного казеиновыми мицеллами (стрелка 1 указывает на скопление казеиновых мицелл, которые образуют белковый каркас, стрелка 2 на участки, занятые водной фазой).

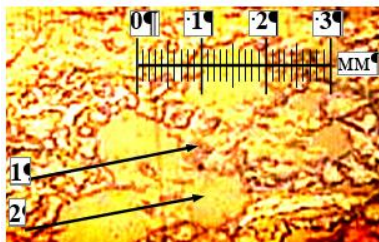


Рис. 3.20. Микрофотография структуры творога нежирного до внесения цитрата натрия

Исследование изменений микроструктуры модельной эмульсии [51, 52] паст закусочных были направлены на визуальное подтверждение качественных изменений, происходящих во время созревания белковой основы (рис. 3.20, 3.21а, б) и изменений микроструктуры модельной эмульсии под влиянием натрия двууглекислого, цитрата натрия и тепловой обработки (рис. 3.22, 3.23).

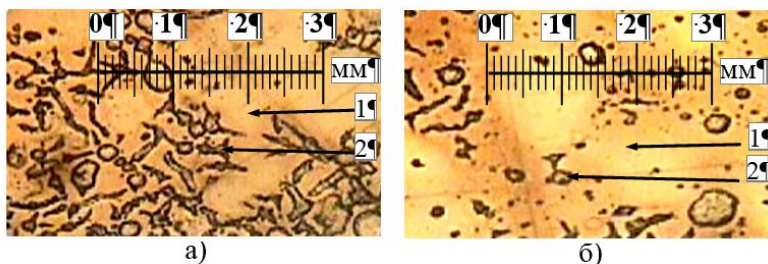


Рис. 3.21. Микрофотографии структуры белковой основы с натрием двууглекислым и цитратом натрия после дозревания в течение: а – $(10 \pm 2) \times 60$ с; б – $(28 \pm 2) \times 60$ с

На микрофотографиях (рис. 3.21, а, б) стрелка 1 указывает на участки с однородной структурой, стрелка 2 - на остатки белкового каркаса и казеиновых мицелл, которые образовывали этот каркас.

При добавлении растворов: корректора pH - натрия двууглекислого и соли плавильной - цитрата натрия и созревания белковой основы в течение $(28 \pm 2) \times 60$ с происходит разрушение мицеллярной структуры белка (рис. 3.21,б) в результате реакции обмена, то есть присоединение Na^+ цитрата натрия через серинфосфатную группу к молекуле казеина (рис. 3.9), которая, вследствие поте-

ри катиона кальция, получила отрицательный заряд, повышает растворимость всего белка. То есть, цитрат натрия, как и натрий двууглекислый, участвует в реакции обмена, еще больше разрушая при этом ККФК в течение созревания белковой основе. Таким образом, в результате гидролиза цитрата натрия во время созревания белковой основы происходит дальнейшее разрушение «кальциевых мостиков», что подтверждается микроисследованиями структуры (рис. 3.21), до эмульгирования и тепловой обработки с присоединением в цепочках мицелл к параказеину катиона натрия, улучшает растворимость белка и присоединение мощного аниона, что значительно увеличивает гидратацию и растворимость белка, за счет образованного цитрата кальция (рис. 3.9). Легко растворимая лимонная соль мешает слипанию частиц белка и увеличивает его гидрофильность [5, 16, 19, 20].

Итак микрофотографиями структуры подтверждено, что после добавления натрия двууглекислого и цитрата натрия к белковой основе паст закусочных и созревания в течение $(28 \pm 2) \times 60$ с (рис. 3.21, б) микроструктура значительно изменяется вследствие разрушения белкового каркаса и дополнительного связывания воды после соответствующих обменных реакций, проходящих в белковой основе, происходит частичная гомогенизация и увеличивается ее однородность.

Разрушение кальциевых комплексов, соответствующая величина рН и значительная гидрофилизация белка (рис. 3.5 ... 3.9) приводят к уменьшению размеров мицелл и появлению в белковой основе более гидратированных субмицел типа А, В, С (рис. 1.2), а также отдельных молекул белка и аминокислот. Белковая суспензия становится более однородной.

После эмульгирования масла в белковую основу паст закусочных и тепловой обработки при температуре 80 ± 2 °С образуется эмульсия (рис. 3.22, 3.23) из жира и воды в среде твердоподобного сильно гидратированного белка.

Микрофотографиями (рис. 3.22, а, б) подтверждено, что при концентрации цитрата натрия $1,0 \pm 0,1\%$, $1,5 \pm 0,1\%$ в модельной эмульсии паст закусочных образуется пористая несвязанная структура (стрелка 1 указывает на участки с однородной структурой, стрелка 2 на участки с частицами нерасплавленного белка).

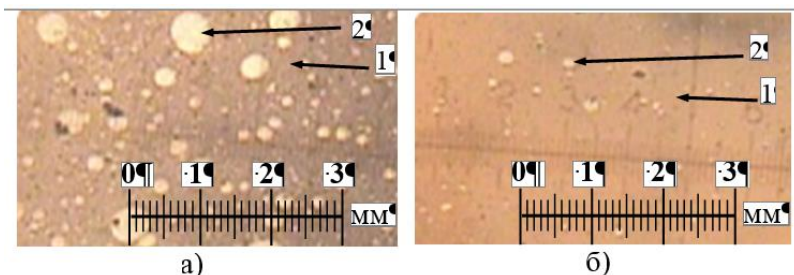


Рис. 3.22. Микрофотографии структуры модельной эмульсии паст закусочных при концентрации цитрата натрия: а) 1,0%; б) 1,5%

При концентрации цитрата натрия $2,0 \pm 0,1\%$ и $3,0 \pm 0,1\%$ модельная эмульсия паст закусочных имеет однородную структуру (рис. 3.23) со свойствами характерными для данного продукта.

Анализ микрофотографий показал, что микроструктуры модельной эмульсии паст закусочных с концентрациями цитрата натрия $2,0 \pm 0,1\%$ и $3,0 \pm 0,1\%$ (рис. 3.23, а, б) почти не отличаются. На микрофотографиях стрелка 1 указывает на участки с однородной структурой, стрелка 2 на участки с капельками жира, возникшими во время его коалесценции.

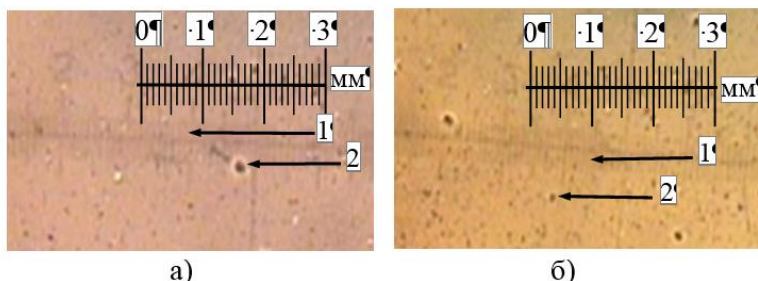


Рис. 3.23. Микрофотографии структуры модельной эмульсии паст закусочных при концентрации цитрата натрия: а - $2,0\%$; б - $3,0\%$

Исследованиями микроструктуры модельной системы после тепловой обработки (рис. 3.22, 3.23) подтверждено, что натрий двууглекислый как корректор рН и цитрат натрия, как соль-плавитель, разрушают мицеллярное строение молочного белка, существенно влияют на структуру модельной эмульсии паст закусочных и увеличивают степень пептизации белковой компоненты (табл. 3.1).

Итак, доказано влияние натрия двууглекислого и цитрата натрия на повышение рН белковой основы паст закусочных и увеличение при этом ее влагоудерживающей и эмульгирующей способностей, подтверждено, что при концентрации натрия двууглекислого как корректора рН в пределах $0,4 \pm 0,1\%$, и концентрации цитрата натрия $2 \pm 0,2\%$, как соли-плавителей обеспечиваются необходимые условия для получения модельной эмульсии паст закусочных.

3.1.4. Изучение функционально-технологических свойств полисахаридов (прочности, длительности структурообразования, температуры плавления, термостойкости)

Технологические аспекты получения закусочной продукции с эмульсионной структурой базируются на создании высокодисперсных и устойчивых во времени эмульсионных систем, характеризующихся повышенной усвояемостью по сравнению с продуктами, в которых жир находится в неэмульгированном виде.

подавляющее большинство комбинированных продуктов, к которым относятся и пасты закусочные на основе творога нежирного, учитывая большой

спектр химического состава и природы ингредиентов, являются сложными системами с единой внутренней структурой и общими физико-химическими свойствами. Для стабилизации структуры, создания необходимой консистенции продукции данного типа и структурно-механических свойств используются пищевые добавки, которые специально вводят в рецептурный состав для реализации технологических задач.

Важным аспектом в технологии продукции эмульсионного типа является стабилизация полученных эмульсий. Стабилизация (достижение определенных физических, физико-химических и других характеристик и поддержка их во времени) осуществляется путем введения веществ, повышающих прочность, структурную вязкость адсорбционных межфазных слоев, сокращающих продолжительность структурообразования, или изменением технологических параметров обработки рецептурной смеси или готовой продукции, влияющих на изменение структурно-механических свойств – вязкости, прочности, упругости и др. [53 ... 56].

В технологии пастообразных закусок эмульсионного типа использование систем, выполняющих роль стабилизаторов водной и жировой фаз является актуальным. Основные требования, к ним предъявляемые, следующие:

- совместимость с дисперсной фазой и дисперсионной средой;
- способность обеспечивать сохранность продукта в процессе хранения без синерезиса;
- пригодность продукта к кулинарной обработке;
- регулируемая скорость структурообразования и возможность трансформации системы из вязкого в пастообразное состояние;
- способность обеспечивать необходимую консистенцию продукта;
- отсутствие токсического и аллергического действия;
- низкая стоимость, доступность.

Комплекс требований к функциональным свойствам веществ, используемых самостоятельно или в составе композиций для стабилизации эмульсионных продуктов, предусматривает такие характеристики, как текучесть, тиксотропия, степень и скорость набухания, отсутствие синерезиса во время производства и хранения, стабильность реологических и свойств и др.

В технологиях продукции эмульсионного типа в роли эмульгатора и стабилизатора технологических систем активно используются белковые вещества, традиционно занимающие доминирующее положение, особенно когда с развитием современных научных достижений, ассортимент этих веществ и источники их получения значительно расширились [28, 53, 54, 57] .

Кроме того, для обеспечения устойчивости к расслоению данной продукции и ее стабильности во времени в рецептуру также дополнительно вводятся структурообразователи белковой природы - желатин, белки молока, яиц, муки и др. Наряду с белками в качестве стабилизаторов широко используются структурообразователи полисахаридной природы - крахмал, пектин, каррагинан, а также сульфатированные полисахариды - агар, агароид, фуцеларан и др. [56, 58 ... 61].

Эти вещества применяются в производстве широкого ассортимента пищевых продуктов: кондитерских изделий, молочных, рыбных, мясных продуктов, напитков, мороженого, майонезов и т.д. Они создают и стабилизируют нужную консистенцию продукта; гелеобразователи, как нетрудно предположить, образуют гель - структурированную коллоидную систему с жидкой дисперсионной средой, которой является вода. Каркас представляет собой попеременно сшитые полимерные цепи гелеобразователя [62 ... 64].

В образовании пространственной сетки студня участвуют комбинации межмолекулярных сил: водородных связей, электростатических сил, гидрофобного и молекулярного взаимодействия. Во время студнеобразования растворов полимеров равнодействующая указанных сил определяет процесс перехода раствор-студень.

При контакте водорастворимых полисахаридов с водой молекулы растворителя сначала проникают с образованием связей в наименее организованные участки цепи макромолекул. Такая начальная гидратация ослабляет оставшиеся связи в звеньях, способствует проникновению воды и сольватации наиболее организованных участков цепи. Этот процесс проходит через переходную стадию гелеобразования, когда частицы набухают и увеличиваются в объеме, благодаря силам когезии между макромолекулами. Если межмолекулярные связи относительно слабые, они могут быть достаточно легко разрушены в результате механического воздействия или нагрева. При этом биополимер (полисахарид или белок) растворяется полностью [64].

Все гидроколлоиды –высокомолекулярные гидрофильные вещества, при диспергировании растворяются или набухают в воде с образованием коллоидных растворов, студнеобразных желе или псевдостудней. При этом некоторые гидроколлоиды могут вступать во взаимодействие с эмульгаторами, образовывать с ними ассоциаты разных порядков, способствуют созданию более крепких межфазных адсорбционных слоев [64].

Основными критериями выбора вида студнеобразователями в наших исследованиях были безопасность и безвредность для человеческого организма, высокая студнеобразующая и влагосвязывающая способности. Преимущество отдавалось использованию натуральных студнеобразователей, которые могут синтезироваться живыми организмами и разлагаться в естественных условиях, то есть экологически чистым высокомолекулярным пищевым полимерам, к которым можно отнести желатин, агар, агароид, фуцелларан, каррагинан [59 ... 61, 62 ... 65].

Несмотря на то, что студни желатина имеют достаточно низкую температуру плавления 25 ... 35 °С [65], на наш взгляд рациональными для использования в технологии паст закусочных на основе творога являются студнеобразователи полисахаридной природы: агар, агароид, каррагинан, фуцелларан, имеющие широкий комплекс функционально-технологических свойств и высокую эффективность действия [27, 54 ... 56, 58 ... 61, 62 ... 65].

Агар, фуцелларан и агароид - сульфатированные галактаны красных морских водорослей, относящиеся к группе фитоколлоидов. Они растворимы в горячей воде, дают коллоидные растворы с высокой вязкостью и образуют при

охлаждении прочные студни даже при небольшой (1 ... 3%) концентрации. Основным углеводным ингредиентом их является водорастворимый галактан, содержащий галактозу (D и L-ряда), 3,6-ангидрогалактозу, серную кислоту, присоединенную к галактану с помощью сложно-эфирной связи. К каррагинанам относят несколько типов родственных полисахаридов, в том числе агароид, получаемый из филори, и фуцелларан, который вырабатывается из фуцеллярии. Они имеют однотипного строения углеводный каркас и отличаются содержанием 3,6-ангидрогалактозы, количеством и распределением сульфата [27, 58 ... 61, 62 ... 65].

Для выбора студнеобразователя и его рациональной концентрации в технологии пасты закусочной на основе творога обезжиренного проводили исследование функциональных свойств: кинетики прочности и продолжительности структурообразования методом, основанном на определении массы нагрузки, необходимой для разрушения структуры желе в зависимости от концентрации (рис.3.24; 3.25) на приборе Валента по ГОСТ 26185-84; температуры плавления и термостойкости растворов структурообразователя методом, основанном на визуальном определении точки плавления растворов желе (рис.3.26; 3.27).

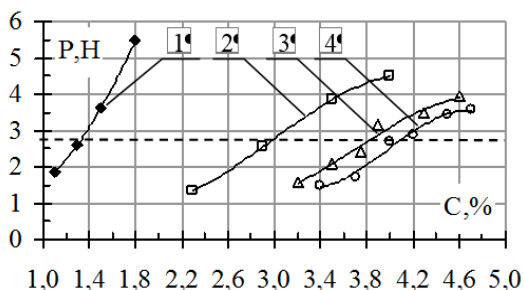


Рис. 3.24 - Зависимость прочностистудней полисахаридов от концентрации: 1 - агар; 2 - фуцелларан; 3 - агароид; 4 - каррагинан

Исследованиями (рис.3.24.) Установлено, что прочность желе 2,75 Н обеспечивается агаром при наименьшей концентрации - 1,3%. Для обеспечения данной прочности желе фуцелларана в растворе требуется больше почти в 2 раза, а каррагинана и агароида – почти в 3 раза (табл.3.5).

Из анализа графиков кинетики прочности растворов полисахаридов (рис.3.24) видно, что для обеспечения соответствующей прочности желе структурообразователи можно расположить в такой последовательности (при условии адекватного увеличения концентрации): агар; фуцелларан; агароид; каррагинан.

Исследование продолжительности структурообразования желе полисахаридов различной концентрации (рис.3.25) при температуре 20 °С показали, что агар концентрацией 1,3% имеет наименьшее время структурообразования.

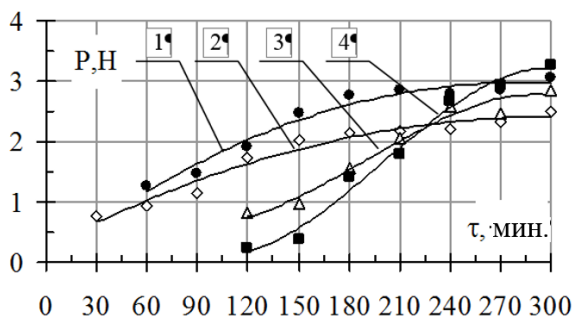


Рис. 3.25- Зависимость прочности студней полисахаридов от продолжительности структурообразования: 1 фуцеллан; 2-агар; 3-агароид; 4-каррагинан

Как видно из рис.3.25 при температуре 20 ± 5 °С, желе агара концентрацией 1,3% начинает структурироваться через 30 мин., фуцеллана концентрацией 3,0% - через 60 мин., агароида и каррагинана концентрацией соответственно 4,0 и 4,5% - через 120 мин. Быстрее структурируется желе агара – 180 ± 5 мин. (табл.3.5) медленнее каррагинана – 260 ± 10 мин. Кроме того, при концентрации 1,3% и при данных температурных условиях фуцеллан, агароид, каррагинан не структурируются совсем.

Таблица 3.5. Функционально-технологические свойства студней полисахаридов

Наименования	Значение при концентрации, %			
	агар	фуцеллан	агароид	каррагинан
Прочность, Н	1,3±0,1	2,9±0,2	3,9±0,3	4,0±0,3
Длительность структурообразования, ×60 с	2,75±0,5			
Температура тепловой обработки, °С	180±3	210±5	240±5	260±8
Термостойкость, с	80±2	60±1	55±1	52±1
при 50±2°С	600±10	360±8	200±5	50±5
при 25±2°С	2000±8	1400±5	980±3	800±3

Исследование температуры плавления растворов желе (рис.3.26) показали, что агар концентрацией 1,1...2,0% плавится в температурном интервале 73...90 °С, фуцеллан концентрацией 2,2...3,3% плавится в температурном интервале 53...68 °С, агароид концентрацией 3,3...4,5% плавится в температурном интервале 48...60 °С, каррагинан концентрацией 2,5...4,7% плавится в температурном интервале 46...55 °С.

Анализом температур плавления растворов полисахаридов подтверждено, что агар концентрацией 1,3% имеет температуру плавления 80 ± 2 °С, которая практически совпадает с температурой плавления паст закусочных 75...85 °С. Другие структурообразователи имеют значительно более низкую температуру

плавления: фуцелларан концентрацией 2,9% – 58 ± 1 °С, агароид концентрацией 3,9% – 55 ± 1 °С, каррагинан концентрацией 4,0% – 52 ± 1 °С.

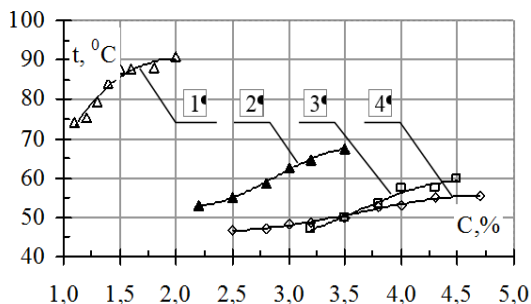


Рис. 3.26 Зависимость температуры плавления растворов студнеобразователей от концентрации: 1- агар; 2 -фуцелларан; 3-агароид; 4-каррагинан

Исследование термостойкости растворов структурообразователей (рис.3.27) полисахаридной природы с концентрациями, которые обеспечивают равноценную прочность желе показали, что наиболее термостойким является агар.

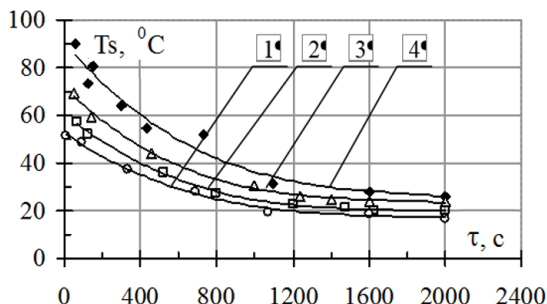


Рис. 3.27. Зависимость термостойкости растворов студнеобразователей от продолжительности структурообразования: 1 каррагинан; 2-агароид; 3-фуцелларан; 4-агар

При температуре 50 ± 2 °С (начало плавления пасты) термостойкость агара составляет 600 ± 10 с, фуцелларана 360 ± 8 с, агароида 200 ± 5 с, каррагинана 50 ± 5 с. С понижением температуры до 25 ± 2 °С (начало охлаждения пасты) термостойкость увеличивается агара на 1400 ± 8 с и составляет 2000 ± 8 с, фуцелларана на 1040 ± 5 с и составляет 1400 ± 5 с, агароида на 780 ± 3 с и составляет 980 ± 3 с, каррагинана на 750 ± 3 с и составляет 800 ± 3 с.

3.1.5. Обоснование выбора агара как структурообразователя

Исследование влияния температуры на кинетику динамической вязкости желе агара, агароида, фуцелларана и каррагинана одинаковой концентрации $1,3 \pm 0,1\%$ (рис.3.28) на вискозиметре Хеплера показали, что раствор агароида имеет наименьшую вязкость, а каррагинана наибольшую [66].

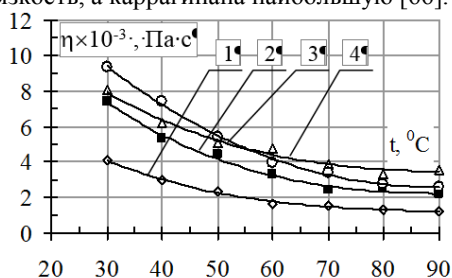


Рис. 3.28. Зависимость вязкости от температуры при концентрации $1,3 \pm 0,1\%$ желе: 1 - агароид, 2 - агар, 3 - каррагинан, 4 - фуцелларан

Установлено (рис.3.28), что в температурном интервале плавления пасты закусочной 80 ± 5 °С вязкость растворов полисахаридов составляет: агароида $1,3 \pm 0,1 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, агара - $2,5 \pm 0,2 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, фуцелларана - $2,8 \pm 0,1 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, каррагинана - $3,7 \pm 0,2 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$.

В температурном интервале охлаждения пасты закусочной 25 ± 2 °С вязкость агароида составляет $4,1 \pm 0,1 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, агара - $7,2 \pm 0,2 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, фуцелларану - $8,0 \pm 0,5 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, каррагинан - $8,5 \pm 0,5 \cdot 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$.

При концентрациях агароида, фуцелларана, каррагинана, которые обеспечивают структурообразование желе (рис.3.25), вязкость студнеобразователей будет значительно больше. То есть агар имеет меньшую вязкость при равных условиях и меньше влияет на энергозатраты при технологическом процессе.

Известно, что энергия активации характеризует скорость процесса студнеобразования, энтальпия характеризует прочность, энтропия характеризует упорядоченность структуры [67]. Для расчета энергии активации, энтальпии и энтропии в полулогарифмических координатах строили графики (рис.3.29) зависимости логарифма вязкости студнеобразователей от температуры $\ln \eta = f(1/T) \cdot 1000$, имеющих четко прямолинейный характер и определяли $tg \alpha$ угла наклона линий, характеризующий интенсивность изменения логарифмических кривых на графике.

Как видно из рис.3.29 графики имеют точку перелома при температуре 70 ± 5 °С, характеризующей эндотермический процесс, который происходит с некоторым поглощением тепла в интервале температур $60 \dots 70$ °С, вероятно, вследствие разрыва физико-механических и физико-химических связей влаги с продуктом при тепловой обработке.

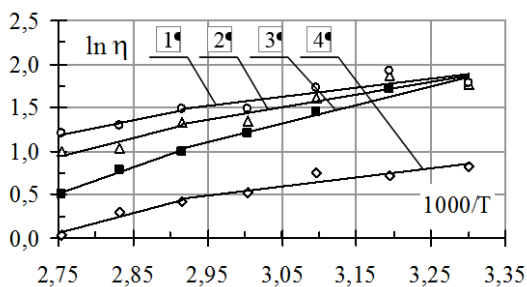


Рис. 3.29 Зависимость логарифма вязкости растворов студнеобразователей концентрации 1,3% от температуры: 1 каррагинан; 2-фурцелларан; 3-агар; 4-агароид

Установлено (рис.3.30), что энергия активации вязкого течения агароида существенно меньше энергии активации других желе с одинаковой концентрацией, что указывает на большую скорость процесса при соответствующей концентрации.

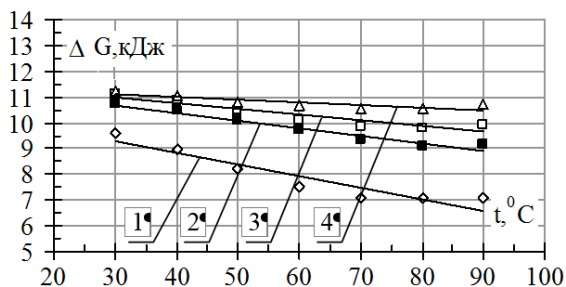


Рис. 3.30. Зависимость энергии активации вязкого течения растворов студнеобразователей при концентрации 1,3% от температуры: 1 агароид; 2-агар; 3-фурцелларан; 4-карагинан

Как видно из графика (рис.3.30) уменьшение температуры в диапазоне 90...30 °С способствует увеличению энергии активации вязкого течения. Так, у агароида она растет на 2,4 кДж/кг, у агара на 1,8 кДж/кг, у фурцелларана на 1,2 кДж/кг, у каррагинана на 0,5 кДж/кг. Уменьшение скорости роста вязкого течения характеризует рост процесса студнеобразования.

То есть агароид имеет большую студнеобразующую способность, и при высоких температурах во время технологического процесса с ним легче работать, чем с другими структурообразователями.

Расчетами зависимости энтальпии вязкого течения от температуры студнеобразователей при одинаковой концентрации (рис.3.31) установлено, что агар имеет большее значение энтальпии, чем другие полисахариды при одинаковых условиях в диапазоне температур 30...60 °С – 18,6±0,3 кДж/кг, а в диапазоне 70...90 °С – 24,2±0,5 кДж/кг. Каррагинан имеет наименьшее значение энтальпии

в диапазоне температур 30...60 °С – $8,5 \pm 0,3$ кДж/кг, а в диапазоне 70...90 °С – $12,5 \pm 0,2$ кДж/кг.

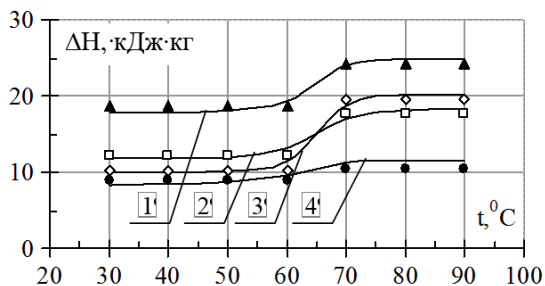


Рис. 3.31 Зависимость энтальпии растворов студнеобразователей при концентрации 1,3% от температуры: 1-агар; 2-фуцелларан; 3-агароид; 4-каррагинан

Из анализа графиков (рис. 3.31) видно, что студни всех полисахаридов при температуре 70 ± 2 °С имеют тенденцию к резкому повышению энтальпии на: $5,6 \pm 0,3$ кДж/кг у агара, $10,1 \pm 0,5$ кДж/кг у агароида, $6,1 \pm 0,2$ кДж/кг у фуцелларана, $4,2 \pm 0,1$ кДж/кг у каррагинана. Это указывает на то, что в температурном интервале 60...70 °С происходит эндотермический процесс с интенсивным поглощением теплоты во время плавления, который и приводит к повышению теплового эффекта, что согласуется с предыдущими исследованиями. При температуре 30 ± 2 °С и концентрации $1,3 \pm 0,1\%$ энтальпия агара составляет $18,2 \pm 0,3$ кДж/кг, агароида – $10,1 \pm 0,2$ кДж/кг, фуцелларана – $12,5 \pm 0,5$ кДж/кг, каррагинана – $8,5 \pm 0,3$ кДж/кг.

Для уточнения динамики прочности полисахаридов при одинаковой температуре 30 °С рассчитывали зависимость энтальпии вязкого течения растворов агара, агароида, фуцелларана и каррагинана от концентрации (рис.3.32).

Установлено (рис.3.32), что энтальпию 7,0 кДж/кг при температуре 30°С имеют студни концентрацией: агар-1,3%, фуцелларан -1,6%, агароид-2,0% каррагинан-2,8%.

Итак, анализом графиков зависимости энтальпии желе от концентрации (рис. 3.32) подтверждены результаты предыдущих исследований (рис.3.24), что агар имеет более прочную структуру, чем фуцелларан и агароид, а каррагинан имеет наименьшую энтальпию, а значит и меньшую прочность структуры при данных условиях.

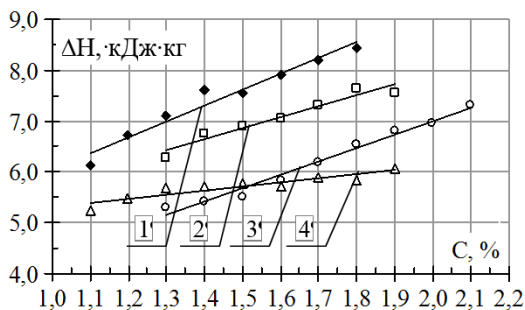


Рис. 3.32. Зависимость энтальпии растворов студнеобразователей при температуре 30°C от концентрации: 1-агар; 2-фуцелларан; 3-агароид; 4-каррагинан

Расчетами зависимости энтропии вязкого течения от температуры студнеобразователей при одинаковой концентрации (рис.3.33), установлено, что агар имеет большую упорядоченность структуры по сравнению с другими полисахаридами.

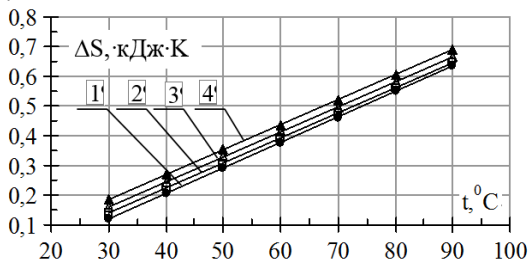


Рис. 3.33 Зависимость энтропии растворов студнеобразователей концентрации 1,3% от температуры: 1-агар; 2-агароид; 3-фуцелларан; 4-каррагинан

Так при температуре 30 ± 2 °C, при одинаковой концентрации студнеобразователей энтропия агара составляет $0,14 \pm 0,02$ кДж/К и она меньше энтропии: агароида на $\sim 0,01$ кДж/К фуцелларана на $\sim 0,04$ кДж/К, каррагинана на $\sim 0,07$ кДж/К.

Исследованиями кинетики энтропии полисахаридов (рис.3.33) установлено, что при охлаждении желе в температурном интервале $90 \dots 30$ °C энтропия уменьшается у агара на $0,47 \pm 0,1$ кДж/К, у агароида на $0,50 \pm 0,1$ кДж/К, у фуцелларана на $0,52 \pm 0,1$ кДж/К, у каррагинана также на $0,52 \pm 0,1$ кДж/К, а значит соответственно возрастает упорядоченность структуры желе.

Агароид имеет наименьшую вязкость при данной концентрации, высокую студнеобразующую способность, но также меньшую упорядоченность и прочность структуры, требует для использования его в рецептуре пасты закусочной большей концентрации – $3,9 \dots 4,2\%$.

Фуцелларан и каррагинан имеют также меньшую упорядоченность структуры и слабую студнеобразующую способность, меньшую прочность, то

есть также требуют больших концентраций: соответственно 2,9...3,2 и 3,9...4,1%. Они имеют большую динамическую вязкость среди исследуемых желе, а значит негативно влияют на энергетические показатели продукта во время технологического процесса. Кроме того, они дороже стоят, поэтому ухудшают экономические показатели готового продукта.

Агар имеет меньшую вязкость, чем фуцелларан и каррагинан, лучшую упорядоченность структуры и меньшую энергию активации вязкого течения, то есть большую скорость протекания процесса. Кроме того агар имеет большую прочность уже при концентрации 1,3%, чем другие полисахариды.

Исследование функционально-технологических свойств желе с использованием полисахаридов проводили в пределах прочности 2,75 Н аналога – пасты «Крещатик». Установлено, что прочность желе 2,75 Н обеспечивается агаром при наименьшей концентрации - $1,3 \pm 0,1\%$. Для обеспечения данной прочности желе фуцелларана в растворе требуется больше почти в 2 раза, а каррагина - и агароида – почти в 3 раза (табл. 3.5).

Исследование температуры тепловой обработки растворов полисахаридов показали, что для агара концентрацией 1,1...2,0% она лежит в температурном интервале 73...90 °С, для фуцелларана концентрацией 2,2...3,5% - в температурном интервале 53...68 °С, для агароида концентрацией 3,3 ... 4,5% - в температурном интервале 48...60 °С, для каррагинана концентрацией 2,5...4,7% - в температурном интервале 46...55 °С.

Итак, анализом температур тепловой обработки желе полисахаридов (табл. 3.5) подтверждено, что для агара при концентрации $1,3 \pm 0,1\%$ она составляет 80 ± 2 °С и практически совпадает с температурой тепловой обработки паст закусочных. Другие структурообразователи имеют значительно более низкую температуру тепловой обработки: фуцелларан при концентрации $2,9 \pm 0,2\%$ - 58 ± 1 °С, агароид при концентрации $3,9 \pm 0,3\%$ - 55 ± 1 °С, каррагинан при концентрации $4,0 \pm 0,3\%$ - 52 ± 1 °С

Исследование термостойкости студней полисахаридной природы с концентрациями, которые обеспечивают равноценную прочность, показали (табл. 3.5), что наиболее термостойким является агар. При температуре 50 ± 2 °С термостойкость агара составляет 600 ± 10 с, фуцелларана - 360 ± 8 с, агароида - 200 ± 5 с, каррагинана - 50 ± 5 с. С понижением температуры до 25 ± 2 °С (охлаждение паст) термостойкость увеличивается агара на 1400 ± 8 с и составляет 2000 ± 8 с, фуцелларана на 1040 ± 5 с и составляет 1400 ± 5 с, агароида на 780 ± 3 с и составляет 980 ± 3 с, каррагинана на 750 ± 3 с и составляет 800 ± 3 с.

По результатам расчетов табл. 3.6 видно, что в интервале плавления пасты закусочной при температуре 80 ± 5 °С энергия активации агароида составляет 7,0 кДж/кг, агара - 9,25 кДж/кг, фуцелларана - 9,95 кДж/кг, каррагинана - 10,55 кДж/кг. В интервале охлаждения пасты закусочной при температуре 30 ± 5 °С энергия активации агароида составляет 9,35 кДж/кг, агара - 10,65 кДж/кг, фуцелларана - 11,0 кДж/кг, каррагинана - 11,05 кДж/кг [27 , 68].

Таблица 3.6. Зависимость энергии активации вязкого течения, энтальпии и энтропии от температуры желе концентрацией 1,3±0,1%

Студне-образователь	Показатель	Температура, °С						
		30	40	50	60	70	80	90
Агар	Энергия активации кДж/кг	10,6±0,1	10,4±0,1	10,0±0,1	9,8±0,1	9,5±0,1	9,3±0,1	9,0±0,1
Агароид		9,3±0,2	8,8±0,2	8,4±0,2	7,9±0,2	7,5±0,2	7,0±0,2	6,6±0,2
Фурилларан		11,0±0,3	10,8±0,3	10,5±0,3	10,4±0,3	10,2±0,3	9,9±0,3	9,7±0,3
Каррагинан		11,1±0,2	10,6±0,2	10,5±0,2	10,6±0,2	10,6±0,2	10,5±0,2	10,5±0,2
Агар	Энтальпия, кДж/кг	17,9±0,1	18,0±0,1	18,2±0,1	19,2±0,1	24,8±0,1	25,0±0,1	25,0±0,1
Агароид		10,0±0,1	10,0±0,1	11,0±0,1	12,4±0,1	18,6±0,1	20,0±0,1	20,0±0,1
Фурилларан		12,3±0,1	12,3±0,1	12,4±0,1	13,0±0,1	17,4±0,1	17,6±0,1	17,6±0,1
Каррагинан		8,0±0,1	8,2±0,1	8,3±0,1	10,0±0,1	11,1±0,1	11,2±0,1	11,2±0,1
Агар	Энтропия, кДж/°К	0,12±0,1	0,21±0,1	0,29±0,1	0,38±0,1	0,46±0,1	0,54±0,1	0,62±0,1
Агароид		0,13±0,1	0,22±0,1	0,3±0,1	0,39±0,1	0,48±0,1	0,56±0,1	0,63±0,1
Фурилларан		0,15±0,1	0,24±0,1	0,32±0,1	0,41±0,1	0,5±0,1	0,58±0,1	0,65±0,1
Каррагинан		0,18±0,1	0,26±0,1	0,35±0,1	0,44±0,1	0,52±0,1	0,61±0,1	0,68±0,1

Таким образом, исследованиями кинетики динамической вязкости растворов агара, агароида, фурилларана, каррагинана одинаковой концентрации 1,3±0,1%, по вискозиметру Хеплера, как возможных структурообразователей пасты закусочной и расчетами энергии активации вязкого течения, энтальпии, энтропии (рис.3.30 ... 3.33) подтверждено, что агар с концентрацией 1,3±0,1% имеет лучшие функциональные характеристики по сравнению с другими полисахаридами.

Учитывая характеристики прочности желе полисахаридов, скорости процесса вязкого течения, упорядоченности структуры и динамической вязкости и учитывая концентрации структурообразователей, можно предположить, что в рамках рабочей гипотезы рациональным при данных условиях является агар как структурообразователь для модельной системы паст закусочных на основе творога нежирного. Введение его в рецептуру позволит дополнительно корректировать структурно-механические характеристики для получения необходимых показателей.

3.2. Исследование влияния рецептурных компонентов на технологические показатели модельной системы паст закусочных

3.2.1 Влияние рецептурных компонентов на температуру тепловой обработки

Движущей силой технологического воздействия является нагрев (рис. 3.34 ... 3.36) рецептурной смеси паст закусочных, белковая компонента которых в результате механического воздействия во время перемешивания, ионообменного действия соли-плавителя и теплового воздействия переходит в растворимую форму, что обеспечивает образование водно-жировой эмульсии в среде твердopodobного сильно гидратированного белка.

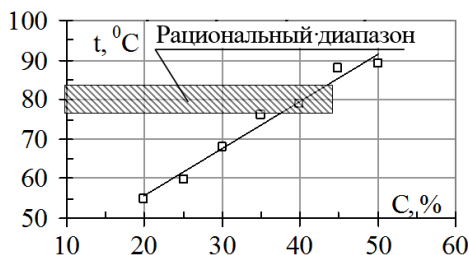


Рис.3.34. Зависимость температуры тепловой обработки модельной системы паст закусочных от содержания творага нежирного

Кроме того, температура тепловой обработки является важным параметром, влияющим на потери массы и на конечное качество готового продукта за счет испарения воды.

Учитывая предыдущие исследования паст закусочных на основе творага нежирного (рис. 3.17...3.19, 3.21...3.23), влияние рецептурных компонентов на температуру тепловой обработки (рис. 3.34...3.36) определяли при нагревании в температурном интервале 55 ... 95°C после структурообразования [14, 27, 46].

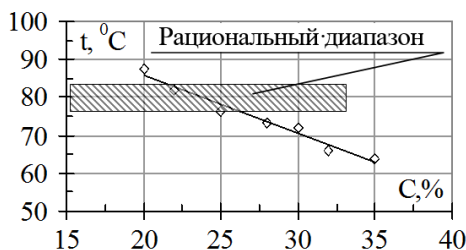


Рис. 3.35. Зависимость температуры тепловой обработки модельной системы паст закусочных от содержания масла

Основные тепловые процессы, протекающие в модельной системе паст при тепловой обработке в данном интервале характеризует повышение гидратационной способности белка под воздействием температуры и частичное удаление воды, слабо связанной с белком. Исследование проводили, изменяя концентрацию одного из основных рецептурных компонентов и фиксируя другие в пределах рациональных значений.

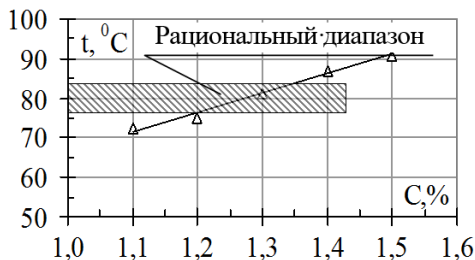


Рис. 3.36. Зависимость температуры тепловой обработки модельной системы паст закусочных от содержания агара

Увеличение концентрации творога на 10% (рис. 3.34) повышает температуру тепловой обработки паст закусочных на 12 ± 3 °C; увеличение концентрации масла на 10% (рис. 3.35) снижает температуру тепловой обработки паст закусочных на 8 ± 2 °C; увеличение концентрации агара на 0,1% (рис. 3.36) повышает температуру тепловой обработки паст закусочных на 11 ± 2 °C.

Стоит отметить, что увеличение содержания рецептурных компонентов модельной системы паст закусочных: творога в диапазоне 20...50% повышает температуру тепловой обработки с 55 ± 2 до 90 ± 2 °C, агара в диапазоне 1,1...1,5% - повышает температуру тепловой обработки с 73 ± 2 до 90 ± 2 °C, масла в диапазоне 20 ... 35 % - снижает температуру тепловой обработки с 85 ± 2 до 63 ± 2 °C.

В среднем при содержании основных компонентов модельной системы продукта в пределах рациональных концентраций температура тепловой обработки модельной системы паст закусочных составляет 80 ± 2 °C.

3.2.2 Влияние рецептурных компонентов на продолжительность структурообразования

Исследование влияния основных рецептурных компонентов паст закусочных на продолжительность структурообразования в зависимости от содержания каждого ингредиента (рис. 3.37; 3.38, 3.39) проводили при температуре 20 ± 2 °C, с помощью статической нагрузки [68], фиксируя при этом содержание других основных компонентов на основании ранее проведенных аналитических и экспериментальных исследований (рис. 3.3, 3.16 ... 3.19, 3,34 ... 3.36).

Установлено, что увеличение содержания творога нежирного в рецептуре модельной системы паст закусочных от 30 до 50% уменьшает продолжитель-

ность структурообразования при температуре 20 ± 2 °С, от $(120 \pm 2) \times 60$ с до $(70 \pm 2) \times 60$ с (рис. 3.37).

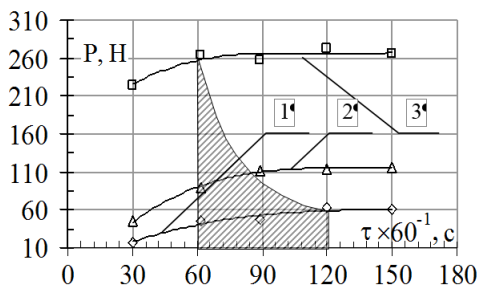


Рис. 3.37. Зависимость прочности модельной системы паст закусочных от продолжительности структурообразования при содержании творага нежирного: 1 - 30%; 2 - 40%; 3 - 50%

Модельная система паст закусочных при содержании творага нежирного 30% начинает структурироваться через $(120 \pm 2) \times 60$ с, при содержании 40% - через $(90 \pm 2) \times 60$ с, при содержании 50% - через $(70 \pm 2) \times 60$ с.

Увеличение содержания масла растительного в рецептуре в пределах 20...30% приводит к увеличению продолжительности структурообразования модельной системы паст закусочных от $(100 \pm 2) \times 60$ с до $(120 \pm 2) \times 60$ с (рис. 3.38).

Модельная система паст закусочных начинает структурироваться при содержании масла растительного: 20% через $(100 \pm 2) \times 60$ с, 25% - через $(120 \pm 2) \times 60$ с, 30% - через $(130 \pm 2) \times 60$ с.

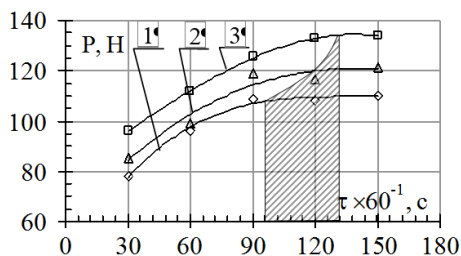


Рис. 3.38. Зависимость прочности модельной системы паст закусочных от продолжительности структурообразования при содержании масла растительного:

1 - 20%, 2 - 25%, 3 - 30%

Установлено, что введение в рецептуру модельной системы паст закусочных агара существенно сокращает продолжительность структурообразования. Анализом графиков (рис. 3.39) доказано, что при температуре 20 ± 2 °С, модельная система паст закусочных начинает структурироваться при содержании агара: $1,1 \pm 0,1\%$ через $(90 \pm 2) \times 60$ с, $1,3 \pm 0,1\%$ - $(70 \pm 2) \times 60$ с, $1,5 \pm 0,1\%$ - $(50 \pm 2) \times 60$ с.

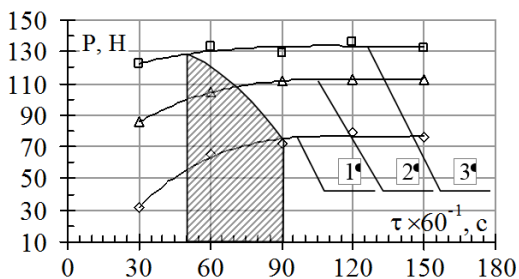


Рис. 3.39. Зависимость прочности модельной системы паст закусочных от продолжительности структурообразования при содержании агара: 1 - 1,1%, 2 - 1,3%, 3 - 1,5%

Итак, основные рецептурные компоненты концентраций: творог $40 \pm 2\%$, агар $1,3 \pm 0,1\%$ и масло растительное $25 \pm 1\%$ в целом обеспечивают продолжительность структурообразования модельной системы паст закусочных в течение $(90 \pm 5) \times 60$ с.

3.3 Обоснование параметров тепловой обработки модельной системы паст закусочных

3.3.1 Исследование температуры и длительности обработки

Большинство физических и химических процессов сопровождается поглощением (эндотермические преобразования) или выделением (экзотермические преобразования) тепла, причем некоторые из них могут проходить как в прямом, так и обратном направлениях: плавление-кристаллизация, кипения-конденсация, полиморфные превращения. Все эти процессы можно изучать, фиксируя изменения массы и температуры образца [69 ... 72].

Определение кинетических параметров эндотермических процессов (рис. 3.40), происходящих с изменением массы при неизотермических условиях, осуществляли с помощью дифференциальной термогравиметрии (ДТГ) и дифференциального термического анализа (ДТА) на дериватографе. В основу этих методов положено предположение, что в условиях постоянной скорости нагрева, значение степени изменения массы или поглощение тепла системой в области фиксированного начала и максимального развития процесса, пропорциональны константе скорости преобразования для каждого значения температуры [72].

Экспериментальные исследования потерь влаги, которая имеет различные формы связи с белком, проводили на основе анализа кривых изменения массы (ТГ), дифференциальной термогравиметрии (ДТГ и ДТА) и температуры (Т) при таких условиях съемки: навеска модели паст 180 ± 2 мг, скорость нагрева образцов 5 ± 1 град/60 с при неизотермических условиях, спай термопары помещен в образец.

Пики кривой ДТГ (рис. 3.40) указывают на процессы, происходящие с уменьшением массы. Можно предположить, что потеря массы опытных образ-

цов связана с удалением воды из модельной системы паст закусочных в результате теплового воздействия. Кривые ДТГ и ДТА направлены в сторону уменьшения температуры, то есть можно считать, что процесс является эндотермическим.

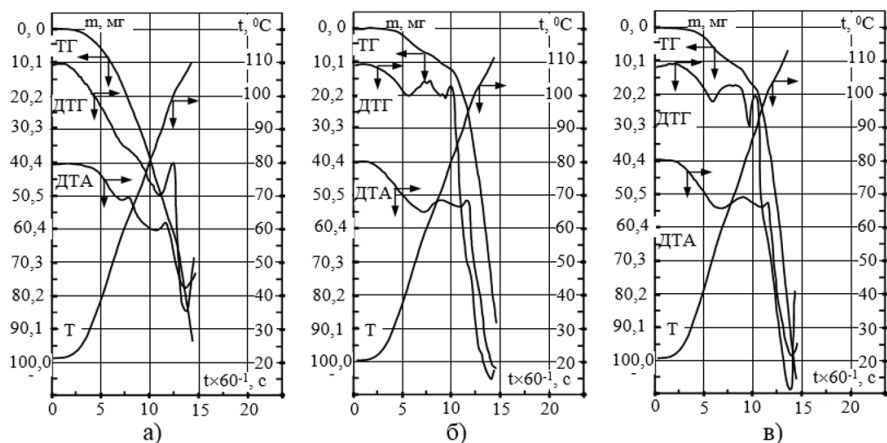


Рис. 3.40. Зависимость потери массы (ТГ), скорости потери массы (ДТГ), тепловых эффектов (ДТА) при неизотермических условиях от продолжительности тепловой обработки модельной системы и температуры (Т) при содержании цитрата натрия: а - 1%, б - 2%, в - 3%

Итак, установлено, что процесс разложения всех образцов белковой основы паст закусочных происходит эндотермически в три стадии с потерей массы вследствие испарения воды. На кривых зафиксировано по три эндозффекта, положение которых для каждого образца разное в зависимости от содержания основных компонентов [71, 72].

Каждая стадия характеризует соответствующий процесс, который происходит в модельной системы паст закусочных под действием температурного воздействия. Первая стадия (температура $55 \pm 1^\circ\text{C}$) характеризует начало процесса тепловой обработки, вторая (температура $82 \pm 2^\circ\text{C}$) - завершение процесса тепловой обработки, третья (температура $110 \pm 3^\circ\text{C}$) - процесс разрушения структуры из-за значительных потерь воды в результате ее интенсивного испарения.

Максимальные значения (пики) температур, характеризующих стадии термического разложения образцов модельной системы паст закусочных, приведены в табл.3.7.

Сравнительный анализ термоаналитических кривых (ТГ, ДТГ, ДТА) образцов с различным содержанием цитрата натрия показал, что скорость процесса разложения белковой основы паст закусочных с концентрацией цитрата натрия $1 \pm 0,1\%$ существенно выше на первой и второй стадии (начало и конец процесса тепловой обработки), чем при концентрации цитрата натрия $2 \pm 0,1\%$ и $3 \pm 0,1\%$ [71].

Таблица 3.7. Характеристика стадий разложения образцов модельной системы паст закусочных

Содержание цитрата, %	Положение максимумов ДТГ, °С		
	1 стадия	2 стадия	3 стадия
1,0±0,1	65±1	88±2	105±3
2,0±0,1	58±1	85±2	108±3
3,0±0,1	61±1	94±2	110±3

На всех стадиях разложения экспериментальных образцов происходит потеря массы вследствие испарения воды. Наибольшие потери массы наблюдаются для образца с концентрацией цитрата натрия $1,0 \pm 0,1\%$ в первой и второй стадиях и достигают $11,0 \pm 0,5\%$ (19,8 мг). Потери массы для образцов с концентрацией цитрата натрия $2,0 \pm 0,1\%$ и $3,0 \pm 0,1\%$ значительно меньше и соответственно составляют на первой стадии $2,1 \pm 0,5\%$ (3,6 мг) и $2,6 \pm 0,5\%$ (4,7 мг) на второй стадии $3,2 \pm 0,5\%$ (5,15 мг) и $4,4 \pm 0,5\%$ (8 мг). То есть более термостабильным является образец модельной системы паст закусочных с концентрацией цитрата натрия $2,0 \pm 0,1\%$.

При нагревании в температурном интервале 30...58 °С (I диапазон) интенсивность выделения воды из белковой основы паст закусочных с концентрацией цитрата натрия $1,0 \pm 0,1$, $2,0 \pm 0,1$, $3,0 \pm 0,1\%$ соответственно составляет $6,2 \pm 0,4$; $2,6 \pm 0,2$; $2,4 \pm 0,2\%$. Это может быть не связанная вода, которая находится в полостях системы.

В температурном интервале 50...75 °С (II диапазон) интенсивность выделения воды меняется и составляет соответственно $8,8 \pm 0,5\%$; $3,5 \pm 0,2\%$; $2,2 \pm 0,2\%$. Это может быть механически связанная вода, которая находится в ячейках кисломолочного сгустка, который образуется в результате коагуляции казеина и формирования из жировых шариков соединительных мостиков между белковыми стромами.

В температурном интервале 75...90 °С (III диапазон) наблюдается значительный эндотермический пик, отражающий тепловые процессы, которые происходят в модельной системе пасты во время тепловой обработки и характеризуют повышение гидратационной способности белка под воздействием температуры и частичное удаление воды слабо связанной с белком. Интенсивность выделения воды соответственно составляет $7,2 \pm 0,4$; $3,2 \pm 0,2$; $2,2 \pm 0,2\%$.

При нагревании белковой основы паст закусочных выше 90 °С в интервале 105...110 °С (IV диапазон) на кривых ДТА и ДТГ наблюдается глубокий эндотермический пик, отражающий тепловые процессы, характеризующие удаления воды с различными формами связи вследствие разрушения белковой системы. Очевидно, в этих температурных интервалах происходит удаление воды, связанной адсорбционными центрами коллоидной системы. Интенсивность выделения воды при этом соответственно составляет $18,2 \pm 0,5$; $26,9 \pm 0,5$; $33,0 \pm 0,5\%$.

Между первыми двумя эндопиками (табл. 3.7) происходит некоторое замедление потери влаги вследствие ее связывания белком под действием температуры. При этом энергия, подводимая к образцам, расходуется на протекание деструкционных процессов в смеси модельной системы паст закусочных. Это

подтверждается наличием трех эндотермических пиков поглощения тепла в указанных интервалах температур на кривой ДТГ. С учетом величины потерь массы при соответствующей температуре T процесс дегидратации модельной системы количественно оценивали расчетом энергии активации E (рис.3.42). Для расчета энергии активации, обработки экспериментальных данных по термоаналитическим кривым (ТГ, ДТГ, ДТА) образцов с различным содержанием цитрата натрия в полулогарифмических координатах строили графики зависимости потерь массы от температуры $\ln m - 2 \ln T = f(1000/T)$ (рис. 3.41).

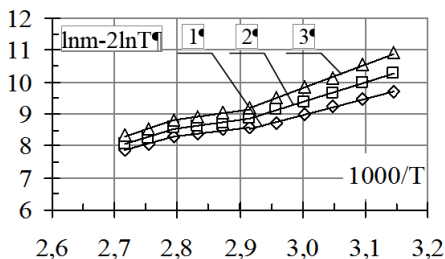


Рис. 3.41. Логарифмическая зависимость потерь массы от температуры модельной системы паст с различным содержанием цитрата натрия: 1 - 1,0%, 2 - 2,0%, 3 - 3,0%

На графиках точки излома совпадают с температурами первого и второго эндотермических пиков (начала и конца процесса тепловой обработки) кривой ДТГ различных образцов. По данным графикам определяли температурные интервалы, характеризующие определенную энергию активации. Для ее определения по графической зависимости $\ln m - 2 \ln T$ от $1000/T$, которая имеет четко выраженный прямолинейный характер, находили тангенсы угла наклона линий, и рассчитывали энергию активации.

Полученные термографические данные подтверждают, что увеличение концентрации цитрата натрия в модельной системе паст закусочных повышает энергию связи молекул воды с белком (рис.3.42). Образец смеси модельной системы с концентрацией цитрата натрия $2,0 \pm 0,1\%$ имеет большую энергию активации по сравнению с другими образцами, что указывает на его большую термостабильность [71 ... 73].

Рассчитанное значение величин кажущейся энергии активации процесса тепловой обработки характеризует величину связывания влаги белковой основой паст закусочных с различным содержанием цитрата натрия: $1,0 \pm 0,1$, $2,0 \pm 0,1$, $3,0 \pm 0,1\%$, что при неизотермических условиях исследования соответственно составляет $24,6 \pm 1$; $33,2 \pm 1$; $31,5 \pm 1$ кДж / моль.

Полученные результаты коррелируют с величинами тепловых эффектов для температурного интервала проведения процесса и согласуются с исследованиями молекулярной подвижности воды на импульсном спектрометре ЯМР [74 ... 78] (рис. 3.12), с рентгеновскими исследованиями (рис.3.13) упорядоченности структуры белковой основы паст закусочных [41 , 42].

Максимумы эндопиков на кривых ДТА и ДТГ совпадают, это означает, что при данных температурах происходит реакция, которая приводит не к химическому или физическому превращению белка, а к разрыву физико-механических и физико-химических связей влаги с белковой основой.

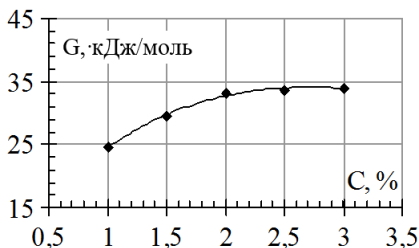


Рис.3.42. Зависимость энергии активации от концентрации цитрата натрия в модельной системе паст закусочных

С целью определения динамики потерь влаги, имеющей различные формы связи с белком [71], при тепловой обработке в модельной системе паст закусочных с различным содержанием агара оценку массы кинетически неравновесных молекул воды осуществляли по экспериментальным кривым методом термогравиметрии (ДТГ) и дифференциального термического анализа (ДТА) при неизотермических (рис. 3.43, 3.44) и изотермических условиях (рис. 3.48, 3.49).

С помощью дериватограммы модельной системы паст закусочных можно определить характерные температуры степеней дегидратации, деструкции белковых веществ (рис. 3.45, 3.46) и температурные интервалы устойчивости промежуточных соединений подтверждены пиками эндотермических эффектов, сопровождающихся испарением влаги и возможным выделением газоподобных фракций.

При нагревании в температурном интервале $35...55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (I диапазон - начало полиморфных преобразований белка) возникает эндотермический пик во всех образцах, что отражает тепловые процессы, которые происходят в модельной системе паст во время интенсивного выделения воды. Вследствие теплового воздействия потери воды модельной системой паст закусочных без агара и с агаром концентрацией $1,1 \pm 0,1$, $1,3 \pm 0,1$, $1,5 \pm 0,1\%$ соответственно составляют $11,0 \pm 0,5$; $5,8 \pm 0,3$; $4,8 \pm 0,2$; $3,2 \pm 0,2\%$. Это может быть свободная не связанная или механически связанная вода, которая находится в полостях системы.

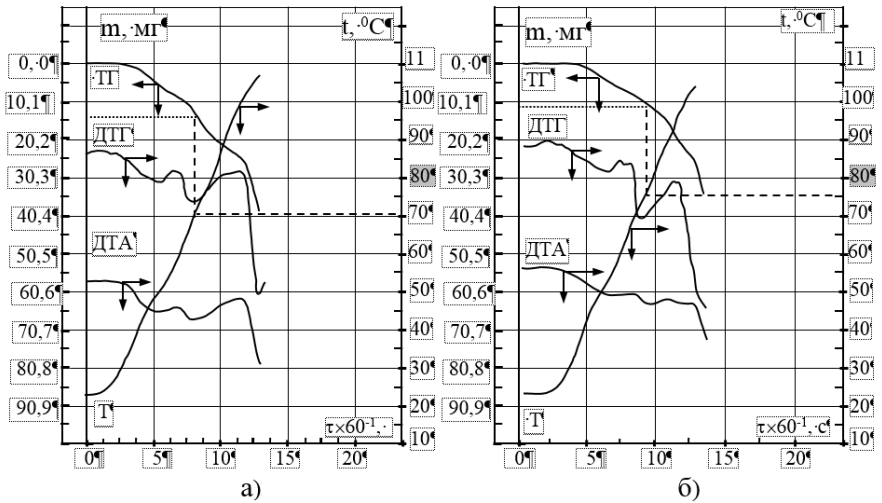


Рис. 3.43. Зависимость потери массы (ТГ), скорости потери массы (ДТГ), тепловых эффектов (ДТА) при неизотермических условиях от продолжительности тепловой обработки модельной системы при содержании творога нежирного 40%, масла растительного 25%, агара: а - 0,0%, б - 1,1%

В температурном интервале 55 ... 75 °С (II диапазон - основной диапазон тепловой обработки для модельной системы паст) возникает эндотермический пик в образцах без агара при температуре 70 ± 2 °С, а при концентрации агара $1,1 \pm 0,1\%$ при температуре 75 ± 2 °С, который отражает тепловые процессы, происходящие модельной системе паст при тепловой обработке. Интенсивность выделения воды в соответствии с концентрацией агара меняется и составляет $7,6 \pm 0,5$; $5,9 \pm 0,5$; $4,4 \pm 0,2$; $3,7 \pm 0,2\%$. Это может быть часть механически связанной воды, которая находится в ячейках белоксодержащей компоненты, и осмотически связанная вода при формировании эмульсии.

В температурном интервале 56 ... 86 °С (II диапазон - основной диапазон тепловой обработки для модельной системы паст при концентрации агара $1,3 \dots 1,5\%$) на кривой ДТА возникает эндотермический пик в образцах с содержанием агара $1,3 \pm 0,1\%$ при температуре 80 ± 2 °С и при концентрации $1,5 \pm 0,1\%$ при температуре 85 ± 2 °С, который отражает тепловые процессы, происходящие в модельной системе паст при завершении процесса тепловой обработки и характеризуют повышение гидратационной способности белка под воздействием температуры и частичное удаление адсорбционно связанной воды, слабо связанной с белком. Интенсивность потеря воды в соответствии с концентрацией агара составляет $10,2 \pm 0,5$; $5,4 \pm 0,2$; $4,3 \pm 0,1$; $3,4 \pm 0,1\%$.

В температурном интервале 95...115 °С (Шдиапазон - деструктивных изменений для модельной системы паст с любой концентрацией агара) возникает глубокий эндотермический пик во всех образцах, который отражает тепло-

вые процессы, происходящие в модельной системе паст при разрушении структуры белка с выделением газообразных фракций.

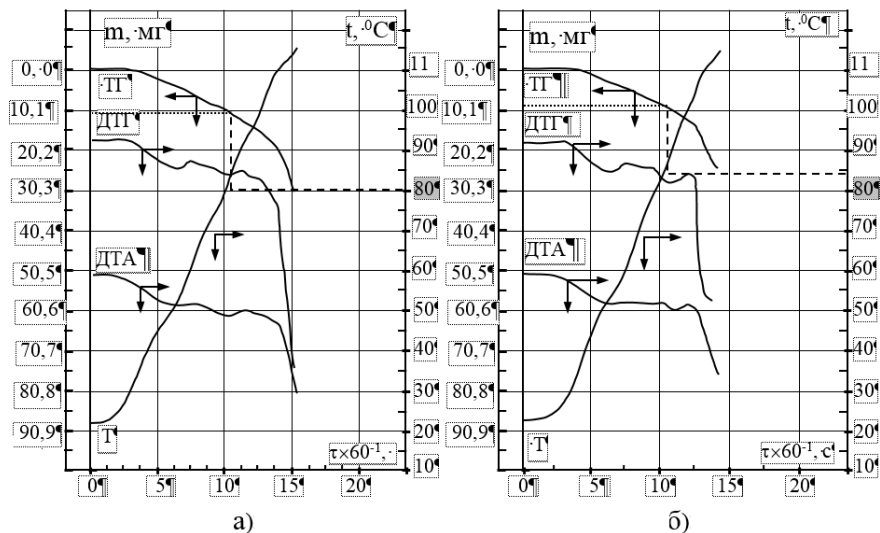


Рис. 3.44. Зависимость потери массы (ТГ), скорости потери массы (ДТГ), тепловых эффектов (ДТА) при неизотермических условиях от продолжительности тепловой обработки модельной системы при содержании творага нежирного 40%, масла растительного 25%, агара: а - 1,3%, б - 1,5%

Для получения данных о механизме удаления влаги по кривой ТГ рассчитывали степень изменений массы α (рис. 3.45) и строили зависимость $|\lg \alpha|$ от величины обратной температуры $1000/\text{K}$ (рис. 3.46), которая выполнялась для интервала $55 \dots 95 \text{ } ^\circ\text{C}$, так как именно в этом диапазоне наиболее интенсивно проходят процессы дегидратации модельной системы паст закусочных о чем свидетельствуют эндоефекты на графиках дериватограмм (рис.3.43, 3.44) .

Скорость изменения массы, соответствующей процессу дегидратации, использовали для получения зависимости изменения массы от температуры. Для этого по кривой ТГ для постоянных температурных интервалов в $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ находили изменение массы Δm_1 образца, соответствующей количеству воды, высвобождаемого при данном изменении температуры.

Степень изменения массы α (рис. 3.45) рассчитывали как отношение Δm_1 к общему количеству воды, содержащейся в модельной системе, удаленной в конце процесса дегидратации по кривой ДТГ. Общая потеря массы при нагревании до $95 \text{ } ^\circ\text{C}$ паст закусочных без агара (образец 1) составляет 15,5%, при концентрации агара 1,1% (образец 2) - 14,85%, 1,3% (образец 3) - 12,5% и 1,5% (образец 4) - 9,92%.

Полученные кривые ТГ в координатах α - t (рис. 3.45) имеют S-образный вид, характеризующий формы взаимодействия воды и сухих веществ паст закусочных с разной концентрацией агары и, как результат этих взаимодействий, различия в скорости высвобождения воды во время тепловой обработки. Итак, кривые зависимости изменения массы модельной системы паст закусочных от температуры позволяют изучить кинетику неравноценных форм связи влаги и отражают разную скорость дегидратации готового продукта.

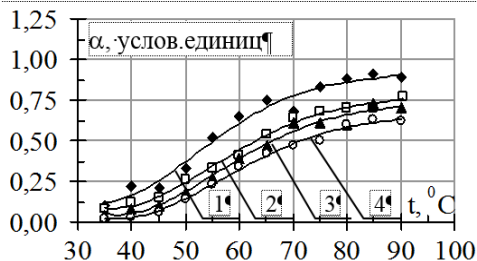


Рис.3.45. Зависимость степени изменений массы в модельной системе паст закусочных от температуры при содержании агары: 1 - 0,0%, 2 - 1,1%, 3 - 1,3%, 4 - 1,5%

На первой стадии при температуре 310...323К (рис. 3.46 участок АБ) происходит удаление «свободной» или механично связанной (капиллярной) влаги, которая имеет невысокую энергию связи с продуктом. Сначала высвобождается вода, образующая структурную сетку молекул воды, связанных между собой водородными связями. При этом десорбция капиллярной воды характеризуется более низкими величинами энергии активации по сравнению с водой, высвобождающейся на второй стадии процесса. На второй стадии (участок БВ), в процессе нагрева при температуре 323...358К, часть осмотически и иммобилизованно связанной влаги, содержащейся в замкнутых ячейках белковых мицелл, высвобождается из-за разворачивания их полипептидных цепей в результате нарушения мицеллярных и гидрофобных взаимодействий белков с водой.

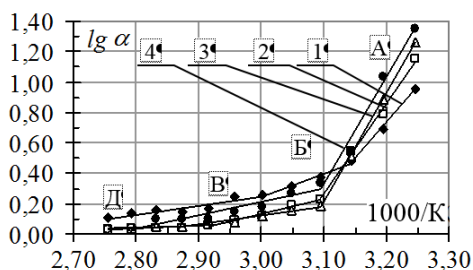


Рис. 3.46. Зависимость логарифма степени изменений массы модельной системы паст закусочных от температуры при содержании агары: 1 - 0,0%, 2 - 1,1%, 3 - 1,3%, 4 - 1,5%

В интервале температур 358 ... 363К на третьей стадии (участок ВД) начинается высвобождение незначительной части слабо связанной адсорбционной влаги полимолекулярных слоев внутри частиц модельной системы. Вода, которая при этом выделяется, образует несколько следующих слоев молекул более прочно связанных с белком модельной системы паст закусочных.

При температуре 363 ... 388К, вероятно, происходит деструкция белковых веществ модельной системы паст закусочных, что сопровождается окончанием интенсивной потери массы. Глубокий пик эндотермического эффекта при температуре 388 К, достоверно характеризует процесс высвобождения молекул прочно связанной адсорбционной влаги и химически связанной влаги с выделением газообразных фракций и разрушением структуры белка.

Итак, при нагревании при неизотермических условиях температурный интервал удаления слабо связанной влаги примерно одинаков и в образце без агара составляет 35 ... 45 °С в других образцах находится в диапазоне 35 ... 50 °С, температурный интервал удаления осмотически связанной влаги с увеличением содержания агара: 0,0; 1,1 ± 0,1; 1,3 ± 0,1; 1,5 ± 0,1% соответственно растет и составляет 45 ... 68 °С, 50 ... 72 °С, 50 ... 80°С, 50 ... 85 °С. Интервал температур, характеризующий удаление адсорбционно связанной влаги с ростом концентрации агара соответственно сокращается и составляет 68 ... 90 °С, 72 ... 90 °С, 80 ... 90 °С, 85 ... 90 °С. Масса образца резко снижается только при температуре выше 95 °С, что можно объяснить сложностью макромолекулярной структуры модельной системы паст закусочных, очевидно, вследствие введения в рецептуру агара, что обеспечивает более высокий уровень сшивки макромолекул (рис. 4.47) и замедляет процесс дегидратации [70, 71] . При температуре выше 115 ± 3 °С наблюдается полное разложение модельной системы паст закусочных с деструкцией белка и потерей всей влаги, содержащейся в системе.

Микрофотографией (рис. 3.47 а) микроструктуры модельной системы паст закусочных во время тепловой обработки подтверждено, что после введения агара образуется структурная сетка, которая после следующих (2±1)×60 с тепловой обработки визуально почти не наблюдается (рис. 3.47, б), очевидно вследствие сшивки с макромолекулами белка. На микрофотографиях стрелки 1, 2 указывают на элементы структурного каркаса, образованного агаром.

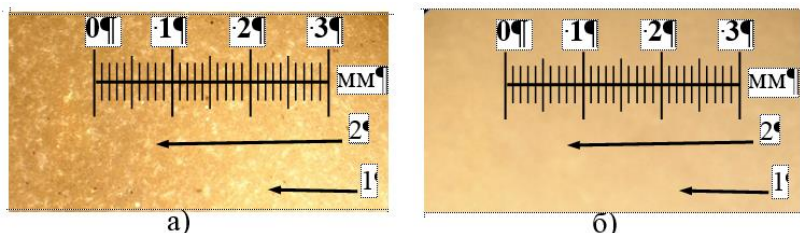


Рис. 3.47. Микрофотографии структуры модельной системы паст закусочных во время тепловой обработки: а - после внесения агара, б - через (2 ± 1) × 60 с

Таким образом, анализ полученных данных позволил установить температурные зоны, характеризующие три стадии выпаривания влаги (рис. 3.38) с различной энергией, которые образуются при тепловой обработке паст закусовых в зависимости от концентрации агара.

Из анализа дериватограмм (рис. 3.48, 3.49) установлено, что агар повышает температуру тепловой обработки с 75 ± 2 °С при концентрации $1,0 \pm 0,1\%$ до 95 ± 2 °С при концентрации $1,5 \pm 0,1\%$, что согласуется с предыдущими исследованиями (рис. 3.28), а также уменьшает потери влаги из продукта на $1,5 \dots 3\%$ при тепловой обработке за счет удержания ее в белковом каркасе (рис.3.47).

Для определения рациональной продолжительности процесса тепловой обработки образцов с различным содержанием агара термогравиметрические исследования проводили в изотермических условиях (рис.3.48, 3.49), приняв максимальную температуру тепловой обработки 90 ± 2 °С по результатам предыдущих исследований (рис.3.43, 3.44).

Как показали исследования, при изотермических условиях процесс потери массы вследствие испарения воды в течение тепловой обработки во всех образцах модельной системы паст закусовых происходит эндотермически в две стадии.

На кривых ДТГ зафиксировано по два эндоефекта в температурных интервалах в соответствии с содержанием агара в рецептуре паст: при концентрации 0,0% -45 и 72 °С; 1,1% - 50 и 75 °С; 1,3% - 50 и 78 °С; 1,5% - 50 и 80 °С [146, 147, 203].

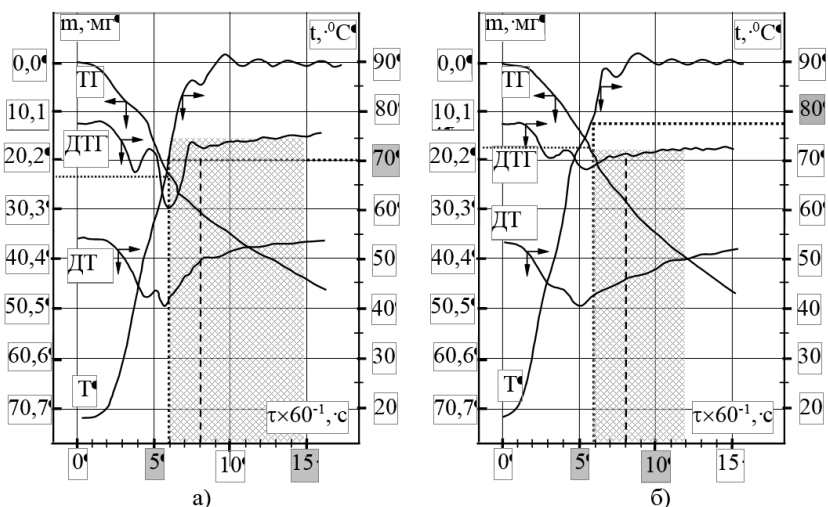


Рис. 3.48. Зависимость потери массы (ТГ), скорости потери массы (ДТГ), тепловых эф-тов (ДТА) при изотермических условиях от продолжительности тепловой обработки модельной системы при содержании творога нежирного 40%, масла растительного 25%, агара: а - 0,0%, б - 1,1%

Поскольку модельная система паст закусочных по формам связи влаги относится к коллоидным капиллярно-пористым системам, то влага в ней связана с белком за счет физико-механических и физико-химических связей [70, 71]. Возможно, влагоудерживающая способность модельной системы паст закусочных зависит, в основном, от содержания механически и адсорбционно связанной воды [79, 80].

Из анализа дериватограмм (рис. 3.48, 3.49) установлено, что основные тепловые процессы, которые проходят в модельной системе паст при тепловой обработке, характеризующие гидратационную способность белка под воздействием температуры, цитрата натрия и агары, а также частичное удаление воды слабо связанной с белком, происходящих в течение $(8 \pm 2) \times 60$ с, при этом потери влаги за это время зависят от концентрации агары: $0,0$; $1,1 \pm 0,1$; $1,3 \pm 0,1$; $1,5 \pm 0,1\%$ и составляют соответственно $30,3 \pm 1$; $18,5 \pm 0,5$; $16,2 \pm 0,5$; $15,1 \pm 0,5\%$. При дальнейшем нагревании паст закусочных в течение еще $(2 \pm 0,5) \times 60$ с происходит выравнивание температур по массе продукта и потерь влаги примерно еще на $10 \dots 20\%$.

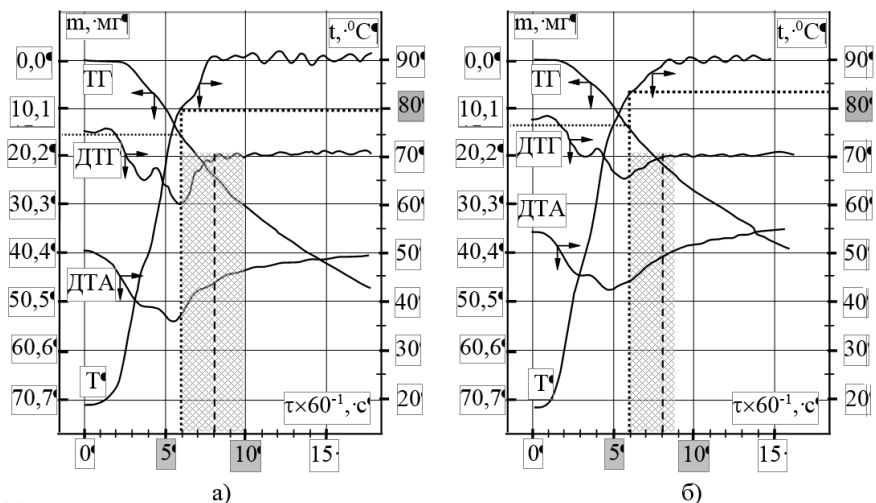


Рис. 3.49. Зависимость потери массы (ТГ), скорости потери массы (ДТГ), тепловых эффектов (ДТА) при изотермических условиях от продолжительности тепловой обработки модельной системы при содержании творага нежирного 40%, масла растительного 25%, агары: а - 1,3%, б - 1,5%

Итак, термогравиметрические исследования образцов паст закусочных с различным содержанием агары позволяют оценить изменения количества свободной и связанной влаги, затраты энергии на процесс дегидратации, а также установить рациональную продолжительность процесса тепловой обработки паст в течение $(8 \pm 2) \times 60$ с.

3.3.2 Исследование изменений форм связи влаги

Количественное содержание влаги в продукте, а также соотношение свободной и связанной воды играют важную роль в структурообразовании готового продукта и стабилизации системы закусочных паст [27].

Для определения изменений времени спин-спиновой релаксации диполя воды (рис.3.50) от концентрации компонентов модельной системы паст закусочных на всех стадиях технологического процесса исследования проводили по методу «спинового эха» [74, 75, 77, 79, 80].

Установлено, что зависимости времени спин-спиновой релаксации диполя воды (T_2) от рецептурных компонентов имеют вид плавных кривых (рис.3.50), характеризующих тенденцию уменьшения значения T_2 с увеличением концентрации цитрата натрия. Каждая кривая характеризует влияние того или иного рецептурного компонента. Так в результате внесения масла подсолнечного в рецептурный состав смеси, подготовленной к тепловой обработке, T_2 уменьшается на $3 \cdot 10^{-2}$ с. После тепловой обработки паст закусочных T_2 уменьшается еще на $6 \cdot 10^{-2}$ с, а внесение в рецептурный состав агара уменьшает время спин-спиновой релаксации на $12 \cdot 10^{-2}$ с.

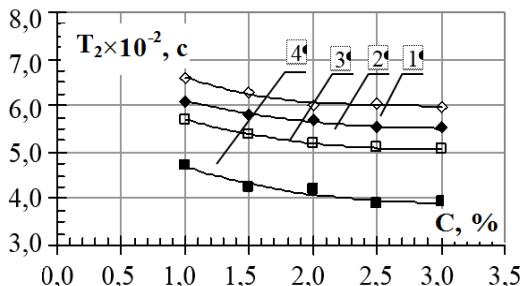


Рис. 3.50. Зависимость времени спин-спиновой релаксации диполя воды модельной системы паст закусочных от концентрации цитрата натрия до тепловой обработки: 1 - без масла подсолнечного, 2 - с маслом; после тепловой обработки с маслом: 3 - без агара, 4 - с агаром

Это объясняется влиянием технологических факторов на рост влагоудерживающей способности белка, что приводит к уменьшению количества «свободной» воды в пасте закусочной (рис. 3.51).

Из приведенных графиков видно, что внесение в рецептуру масла подсолнечного, агара, а также термическая обработка уменьшают время спин-спиновой релаксации диполя воды в пасте закусочной. Увеличение в рецептуре цитрата натрия в пределах концентраций от 1,1% до 2,0% уменьшает T_2 на $5 \cdot 10^{-2}$ с., В пределах концентраций от 2,0% до 3,0% - на $1 \cdot 10^{-2}$ с.

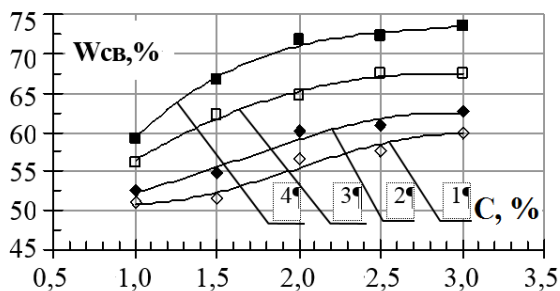


Рис. 3.51. Зависимость массовой доли связанной воды в модельной системе паст закусочных от концентрации цитрата натрия до тепловой обработки: 1 - без масла, 2 - с маслом; после тепловой обработки с маслом: 3 - без агара, 4 - с агаром

После проведенных расчетов по полученным данным кинетики спиновой релаксации диполя воды паст исследовано влияние основных компонентов на кинетику связывания воды белком паст закусочных на различных стадиях ее изготовления (рис.3.51) в зависимости от концентрации соли-плавителя.

Установлена тенденция роста количества связанной воды с внесением масла подсолнечного, которое эмульгируется в смесь модели паст, и существенный рост связанной воды после внесения агара и тепловой обработки. Кроме того увеличение концентрации цитрата натрия в пасте закусочной также приводит к росту количества воды, связанной белком. Как видно из характера кривой (рис. 3.51), увеличение концентрации цитрата натрия в готовом продукте более 2,0% существенно не влияет на количество «связанной» воды (табл. 3.8).

Из анализа графиков (рис.3.51) видно, что белок модельной системы паст закусочных с концентрацией цитрата натрия $2,0 \pm 0,2\%$ перед технологической обработкой способен связывать до $56 \pm 2\%$ влаги, после эмульгирования подсолнечного масла количество связанной влаги увеличивается еще на 3,0%, а после тепловой обработки белок модельной системы паст закусочных способен связывать до $65 \pm 1\%$ влаги.

После введения в рецептуру агара этот показатель увеличивается еще на 6% и составляет $71 \pm 1\%$. В образце модельной системы паст закусочных с концентрацией цитрата натрия $1 \pm 0,1\%$ количество связанной воды меньше на 12% по сравнению с образцом с концентрацией цитрата натрия $2 \pm 0,1\%$ и составляет $60 \pm 2\%$, а у образца с концентрацией цитрата натрия $3 \pm 0,1\%$ больше чем на 2% по сравнению с образцом с концентрацией цитрата натрия $2 \pm 0,1\%$ и составляет $73 \pm 2\%$.

Таблица 3.8. Массовая доля связанной влаги в модельной системе паст закусочных на различных стадиях технологического процесса

Содержание цитрата Na, %	Содержание творога нежирного, %	Доля влаги, связанной белковой основой, %			
		до тепловой обработки		после тепловой обработки	
		без масла	с маслом	без агара	с агаром
0	40	55,15±0,5	55,15±0,6	55,15±0,7	55,15±0,8
1	40	52,63±0,5	54,85±0,5	57,36±0,5	62,55±0,5
2	40	60,06±0,5	62,45±0,5	64,84±0,5	71,73±0,5
3	40	62,31±0,5	64,23±0,5	68,04±0,5	73,54±0,5

Итак, установлено, что во время эмульгирования масла массовая доля воды, связанной белковой основой модельной системы паст при концентрации цитрата натрия $2,0 \pm 0,1\%$, растет на $4,8 \pm 0,1\%$, проведение тепловой обработки при температуре $80 \pm 2^\circ\text{C}$ способствует увеличению связанной воды в модельной системе паст закусочных на $5,2 \pm 0,1\%$, а введение в рецептуру агара в качестве структурообразователя увеличивает массовую долю связанной воды еще на $6,8 \pm 0,1\%$.

3.3.3 Моделирование процесса тепловой обработки

Для проверки адекватности эффективного использования и влияния основных компонентов на температуру тепловой обработки модельной системы паст закусочных с целью оптимизации их концентраций, определения оптимальных границ температуры тепловой обработки, на основе экспериментальных данных (рис. 3.26 ... 3.28, 3.34 ... 3.36, 3.40, 3.43, 3.44) нами проведено моделирование процесса тепловой обработки модельной системы паст закусочных в зависимости от концентраций основных ингредиентов. При этом учитывали, что переменными параметрами процесса являются температура и продолжительность обработки.

Методами корреляционно-регрессионного анализа в рамках парных моделей: творог нежирный-маслоподсолнечное (рис.3.52), творог нежирный-агар (рис.3.53) были определены рациональные концентрации компонентов модельной системы паст закусочных. За основу принималась адекватность физико-химической модели процесса тепловой обработки, сходство форм связи факторов, а не только коэффициенты терминации [81 ... 84].

Для определения общих оптимальных зон температуры тепловой обработки в нормированном пространстве на основе экспериментальных данных было проведено моделирование кинетики изотерм тепловой обработки, установлены оптимальные границы концентраций ингредиентов модельной системы паст закусочных: творога нежирного, масла подсолнечного, агара, которые соответственно составляют $38...44\%$; $23,0...27,5\%$; $1,22...1,34\%$.

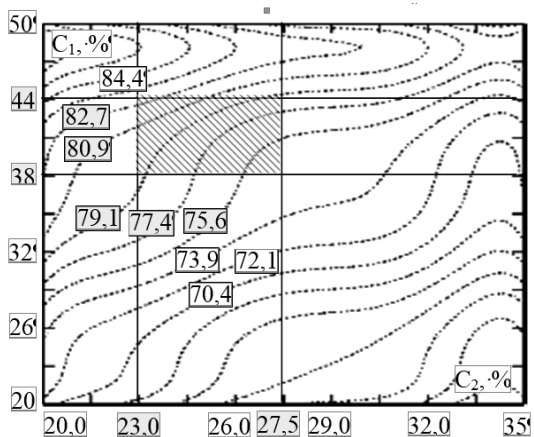


Рис.3.52. Зависимость линейных значений температуры обработки модели пасты от концентрации основных компонентов: C_1 -творог нежирный; C_2 – масло подсолнечное рафинированное дезодорированное

Полученными зависимостями линий равных значений температуры как функции от концентрации основных компонентов $t_{nl} = f(C_1; C_2)$ в рамках модели (рис.3.52) доказано, что при концентрации творога 38...44% и масла подсолнечного рафинированного дезодорированного 23,0... 7,5 % оптимальная температура тепловой обработки находится в пределах 78 ± 3 °С.

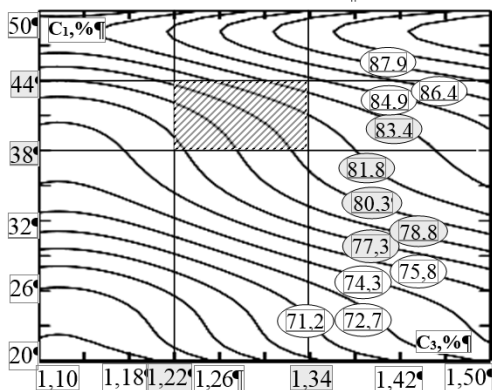


Рис. 3.53. Зависимость линий равных значений температуры обработки модели пасты от концентрации основных компонентов: C_1 -творог нежирный; C_3 -агар

Полученные зависимости линий равных значений температуры $t_{nl} = f(C_1; C_3)$ как функции от концентрации основных компонентов: творога 38 ... 44%, агара 1,22 ... 1,34% в рамках модели (рис.3.53) показали, что оптимальная

температура тепловой обработки данной модельной системы паст закусочных находится в пределах 80 ± 3 °С.

Согласно критерию Фишера не менее 94% статистической зависимости температуры тепловой обработки от концентрации основных компонентов модельной системы паст закусочных (рис. 3.52 ... 3.54) описывается полученными линии регрессии [81, 83].

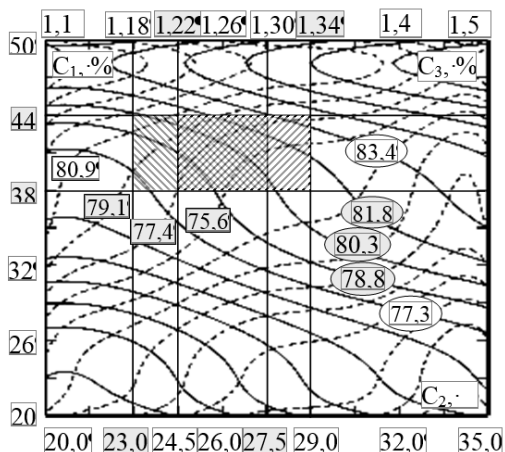


Рис. 3.54. Зависимость температуры обработки модельной системы от оптимальных значений концентрации ингредиентов: C_1 - творог; C_2 - масло, C_3 - агар

После определения рациональных границ параметров была построена трехмерная модель (рис. 3.54) зависимости температуры тепловой обработки от концентрации двух параметров (варианты).

Нормированием концентрации основных ингредиентов относительно рациональных границ, получили наглядный геометрический образ линий равных значений температуры тепловой обработки модельной системы паст закусочных для разных пар зависимостей (рис. 3.54).

Проведенное математическое моделирование позволило определить оптимальные значения основных компонентов в базовой рецептуре модельной системы паст закусочных: творог- $40 \pm 2\%$, масло рафинированное- $25 \pm 1\%$, агар- $1,3 \pm 0,1\%$ и температуру тепловой обработки в пределах 80 ± 2 °С, что согласуется с предыдущими экспериментальными исследованиями.

Предложенная нами модельная система паст закусочных в своем составе не содержит традиционного белкового сырья, характерного для данной продукции - твердых сычужных сыров, кроме того, в качестве жировой компоненты используется масло рафинированное дезодорированное поэтому технология изготовления паст закусочных требует создания определенного комплекса условий для нормального протекания процесса тепловой обработки и получе-

ния конечного продукта удовлетворяющего необходимым потребностям потребителя [27, 82, 85, 86].

3.4 Исследование структурно-механических характеристик модельной системы паст закусочных

Структурно-механические свойства реальных тел, дисперсных и высокомолекулярных систем непосредственно связаны с молекулярными взаимодействиями в этих телах, особенностями строения и теплового движения их структурных элементов - мицелл, субмицел и макромолекул, с взаимодействием этих элементов друг с другом и с молекулами дисперсионной среды. Таким образом, структурно-механические свойства характеризуют возникновение в системе структур разного вида. С одной стороны, упруго-пластично-вязкостные свойства, с другой стороны – прочностные свойства модельной системы паст определяют характер ее деформационных процессов и процессов разрушения.

Структурно-механические свойства (деформацию, относительные: упругость, пластичность, эластичность) определяли с помощью эласто-пластометра Толстого Д.М. [87...90] путем изучения деформации сдвига модельной системы паст закусочных, расположенной между пластинами. Экспериментальные данные выражали в виде кривых ползучести (рис. 3.55; 3.56; 3.57), строя зависимость относительной деформации от времени действия напряжения $\gamma=f(\tau)$ [88].

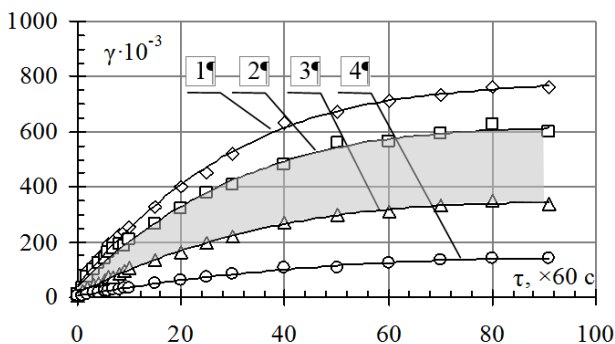


Рис. 3.55. Кинетика кривых ползучести модельной системы пасты закусочной с различным содержанием творага нежирного: 1 - 25%, 2 - 30%, 3 - 40%, 4 - 50%

Разработка новой технологии паст закусочных требует глубоких исследований структурно-механических свойств сырья, полуфабрикатов и готовых продуктов, необходимых для правильного ведения технологических процессов, их механизации и автоматизации. От этих свойств в большой степени зависит прохождение различных процессов: тепловых, механических

диффузных, которые обуславливают вкусовые качества и усвояемость готового продукта [90 ... 92].

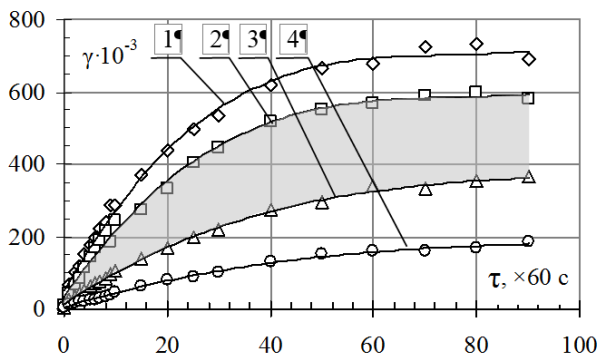


Рис. 3.56. Кинетика кривых ползучести модельной системы паст закусочных с различным содержанием масла: 1 - 15%, 2 - 20%, 3 - 25%, 4 - 30%

По результатам исследований влияния концентрации основных рецептурных компонентов на кинетику деформации и проведенных вычислений реологические характеристики модельной системы паст закусочных приведены в табл.3.9, 3.10, 3.11.

Таблица 3.9. Зависимость структурнотруктурно-механических характеристик модельной системы паст закусочных от содержания творога при содержании масла 25 %, агара 1,3 %

Обозначение	Наименование показателя	Содержание творога, %			
		25	30	40	50
$\gamma_{зв}$	Обратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	420,80 ¹	338,20	187,30	56,20
$\gamma_{нез}$	Необратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	359,20	297,80	181,70	99,80
$\gamma_{заг}$	Общая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	780,00	636,00	369,00	156,00
P	Напряжениесдвига, Па	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливость, Па^{-1}	$2,39 \cdot 10^{-2}$	$1,94 \cdot 10^{-2}$	$1,13 \cdot 10^{-2}$	$4,77 \cdot 10^{-3}$
$G_{пр}$	Условно мгновенный модуль упругости, Па	2289,0	3433,5	5722,5	8692,4
$G_{ел}$	Высоко-эластичный модуль, Па	80,44	99,49	180,08	623,59
η	Вязкость, $\text{Па} \times \text{с}$	$4,88 \cdot 10^5$	$5,84 \cdot 10^5$	$9,57 \cdot 10^5$	$1,75 \cdot 10^6$
K	Отношение $\gamma_{зв} / \gamma_{заг}$	0,54	0,53	0,51	0,36
Pr	Относительная упругость, %:	1,83	1,50	1,55	2,41
Pl	Относительная пластичность, %:	46,05	46,82	49,24	63,97
El	Относительная эластичность, %:	52,12	51,68	49,21	33,61
Θ	Период релаксации, с	6280,60	6039,29	5481,95	3010,71

Анализ кривых ползучести модельной системы паст закусочных (рис. 3.47, 3.48, 3.49) показал, что при напряжении смещения $32,7 \pm 1,5$ Па после (50 ... 60) $\times 60$ с нагрузки общая деформация для всех исследуемых образцов с различным содержанием рецептурных компонентов остается неизменной, то есть при да-

льнейшей продолжительности нагрузки возникает ползучесть модельной системы закусочных паст. Это свидетельствует о том, что сдвиговые нагрузки на верхнюю пластину были подобраны правильно [27, 87, 88, 90, 93, 94].

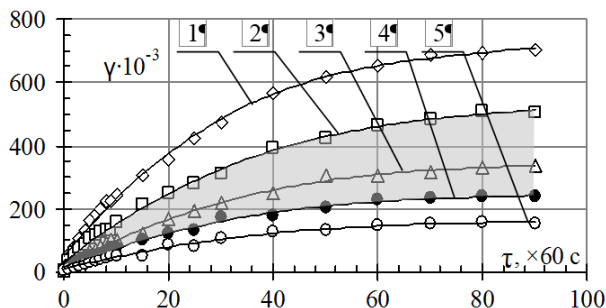


Рис. 3.57. Кинетика кривых ползучести модельной системы паст закусочных с разным содержанием агара: 1 – 1,1%, 2 – 1,2%, 3 – 1,3%, 4 – 1,4%, 5 – 1,5%

Как видно из кривых ползучести модельной системы паст закусочных, наиболее текучими являются образцы: с содержанием творога $25 \pm 2\%$ с общей деформацией $780,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$; с содержанием масла рафинированного дезодорированного $15 \pm 5\%$ с общей деформацией $740,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$ и с содержанием агара $1,1 \pm 0,2\%$ с общей деформацией $721,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$.

Таблица 3.10. Зависимость структурно-механических характеристик модельной системы паст закусочных от содержания масла при содержании творога нежирного 40%, агара 1,3%

Обозначение	Наименование показателя	Содержание масла, %			
		15	20	25	30
$\gamma_{\text{зв.}}$	Обратимая деформация, $\text{м} \cdot 10^{-5}$	451,30	370,70	184,39	60,90
$\gamma_{\text{нез.}}$	Необратимая деформация, $\text{м} \cdot 10^{-5}$	288,70	249,30	187,04	134,10
$\gamma_{\text{заг.}}$	Общая деформация, $\text{м} \cdot 10^{-5}$	740,00	620,00	371,43	195,00
P	Напряжения сдвига, Па	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливость, Па^{-1}	$2,26 \cdot 10^{-2}$	$1,90 \cdot 10^{-2}$	$1,14 \cdot 10^{-2}$	$5,96 \cdot 10^{-3}$
$G_{\text{мг.}}$	Условно мгновенный модуль упругости, Па	4291,88	4905,00	5722,50	7785,71
$G_{\text{ел.}}$	Высоко-эластичный модуль, Па	73,70	89,83	183,02	576,72
η	Вязкость, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$6,07 \cdot 10^{-5}$	$7,03 \cdot 10^{-5}$	$9,35 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-6}$
K	Отношение $\gamma_{\text{зв.}} / \gamma_{\text{заг.}}$	0,61	0,60	0,50	0,31
Pr	Относительная упругость, %	1,03	1,08	1,54	2,15
Pl	Относительная пластичность, %	39,01	40,21	50,36	68,77
El	Относительная эластичность, %	59,96	58,72	48,10	29,08
θ	Период релаксации, с	8383,28	7972,04	5271,75	2485,71

Наиболее устойчивыми к сдвиговому напряжению являются образцы с содержанием: творога $50 \pm 2\%$ с общей деформацией $158,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$; масла $30 \pm 5\%$ с общей деформацией $188,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$; агара $1,5 \pm 2\%$ с общей деформацией $153,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$.

δ_m (табл. 3.9, 3.10, 3.11), что согласуется с органолептическими показателями продукта [95 ... 97].

Установлено, что концентрации творога $40 \pm 2\%$, масла $25 \pm 2\%$, агара $1,3 \pm 0,1\%$ (рис. 3.52...3.54) в модельной системе паст закусочных являются рациональными и позволяют регулировать консистенцию готового продукта в пределах, характерных для пастообразных продуктов.

Из анализа таблиц зависимости модулей от концентрации рецептурных компонентов видно, что условно мгновенный модуль упругости возрастает: в диапазоне концентраций творога 20...30% на $17,2 \pm 0,5\%$, в диапазоне 30 ... 40% - на $33,2 \pm 0,5\%$, а в диапазоне 40...50% - на $40,8 \pm 0,5\%$; в диапазоне концентраций масла 15 ... 20% на $12,5 \pm 0,2\%$ в диапазоне 20...25% - на $14,3 \pm 0,2\%$, а в диапазоне 25 ... 30% - на $44 \pm 1,2\%$; в диапазоне концентраций агара 1,1 ... 1,3% на $33,3 \pm 1,3\%$, а в диапазоне 1,3 ... 1,5% - на $49,3 \pm 1,2\%$. Увеличение содержания творога в рецептуре модельной системы паст выше 40% вызывает резкий рост модуля упругости, что приводит к уплотнению структуры, возможно, вследствие усиления межмолекулярного действия молочного белка и перехода пастообразной структуры в ломтиковую. Увеличение содержания масла в рецептуре модельной системы паст выше 30% вызывает резкий рост модуля упругости, что приводит к вязкой структуре, возможно, вследствие роста межмолекулярных связей белка с маслом, роста его эмульгирующей способности из-за уменьшения свободной влаги в рецептуре. Увеличение содержания агара в рецептуре модельной системы паст выше $1,5 \pm 0,1\%$ вызывает резкий рост модуля упругости, что приводит к значительному уплотнению структуры, возможно, вследствие усиления пространственного каркаса структурообразователя и перехода пастообразной структуры в ломтиковую, а затем в твердую.

Уменьшение содержания творога в рецептуре модельной системы паст ниже 30% вызывает существенное уменьшение модуля упругости и приводит к текучести структуры, возможно, вследствие ослабления межмолекулярного действия молочного белка и перехода пастообразной структуры в текучую. Уменьшение содержания масла в рецептуре модельной системы паст ниже $20 \pm 2\%$ также приводит к уменьшению модуля упругости и приводит к текучести структуры, возможно, вследствие ослабления связей влаги с белком из-за ее избытка в рецептуре. Уменьшение содержания агара в рецептуре модельной системы паст ниже $1,2 \pm 0,1\%$ вызывает существенное уменьшение модуля упругости и приводит к увеличению текучести структуры, возможно, вследствие ослабления пространственного каркаса структурообразователя и разрушения пастообразной структуры.

Влияние рецептурных компонентов в модельной системе паст закусочных на величину высокоэластичного модуля (табл. 3.9, 3.10, 3.11) в целом не существенно, который растет медленно и имеет значительное увеличение только при концентрации: творога нежирного $50 \pm 5\%$, масла $30 \pm 2\%$, агара $1,5 \pm 0,1\%$.

Таблица 3.11. Зависимость структурно-механических характеристик модельной системы паст закусочных от содержания агара и содержания творога нежирного 40 %, масла 25 %

Обозначение	Наименование показателя	Содержание агара, %				
		1,0	1,2	1,3	1,4	1,5
$\gamma_{зв}$	Обратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	392,30	290,40	205,30	157,20	109,90
$\gamma_{нез}$	Необратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	328,70	226,60	157,70	80,80	43,10
$\gamma_{заг}$	Общая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	721,00	517,00	363,00	238,00	153,00
P	Напряжениесдвига, Па	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливость, Па^{-1}	$2,2010^{-2}$	$1,5810^{-2}$	$1,1110^{-2}$	$7,2810^{-3}$	$4,6810^{-3}$
$G_{пр}$	Условно мгновенный модуль упругости, Па	3815,0	4302,6	5722,5	6812,5	11275,8
$G_{ел}$	Высоко-эластичный модуль, Па	85,22	115,63	163,84	214,57	305,61
η	Вязкость, $\text{Па} \times \text{с}$	$5,3210^5$	$7,6610^5$	$1,5210^6$	$2,1310^6$	$4,0010^6$
K	Отношение $\gamma_{зв}/\gamma_{заг}$	0,544	0,56	0,57	0,66	0,72
$Пр$	Относительная упругость, %:	1,19	1,47	1,57	2,02	1,90
$Пл$	Относительная пластичность, %:	45,59	43,83	43,44	33,95	28,17
$Ел$	Относительная эластичность, %:	53,22	54,70	54,98	64,03	69,93
Θ	Период релаксации, с	2607,36	6806,25	9548,84	10252,17	13457,14

Результаты расчетов относительной пластичности, эластичности и упругости (табл. 3.9, 3.10, 3.11) подтверждают, что обеспечивают пластические свойства модельной системы паст концентрация творога в диапазоне $40 \pm 2\%$; концентрация масла в диапазоне $25 \pm 2\%$; концентрация агара в диапазоне $1,3 \pm 0,1\%$. Как видно из таблиц пластичность и эластичность в данном диапазоне содержания компонентов имеют наименьшее расхождение: творог - $4,7 \pm 0,8\%$; масло - $10 \pm 1,2\%$; агар - $12 \pm 1,5\%$.

Увеличение содержания творога в рецептуре модельной системы паст выше 45% приводит к повышению пластичности на $21,4 \pm 1,2\%$ (табл.3.9), к значительному росту упругости на $63,4 \pm 1,2\%$ и к существенному снижению эластичности на $34,6 \pm 1,2\%$. Такое снижение эластичности и рост упругости приводят к хрупкости текстуры. Увеличение содержание масла в рецептуре модельной системы паст выше 28% (табл. 3.10), приводит к повышению пластичности на $20,2 \pm 1,0\%$, к росту упругости на $9,4 \pm 0,6\%$ и к снижению эластичности на $26,9 \pm 1,3\%$. Увеличение содержание агара в рецептуре модельной системы паст более 1,4% (табл.3.11), приводит к значительному снижению пластичности на $35,1 \pm 1,5\%$, повышению эластичности на $21,4 \pm 1,2\%$, росту упругости на $25,2 \pm 0,5\%$. Такое снижение пластичности, рост упругости и эластичности приводит к гумистой текстуре.

Изучение релаксации напряжений (рис. 3.58 ... 3.60) не только позволяет сравнивать образцы между собой, но и имеет важное практическое значение. В процессе релаксации напряжений снижаются упругие и повышаются пластические свойства структуры [27, 89, 90, 93].

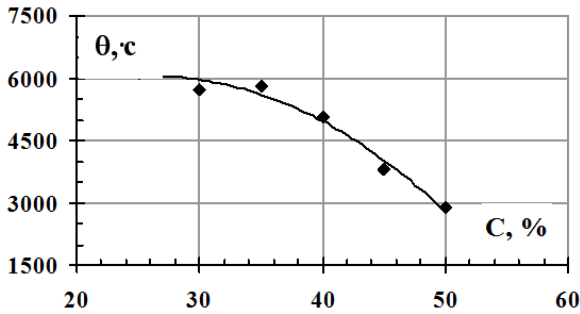


Рис. 3.58. Зависимость релаксации модельной системы паст закусочных от содержания творага нежирного

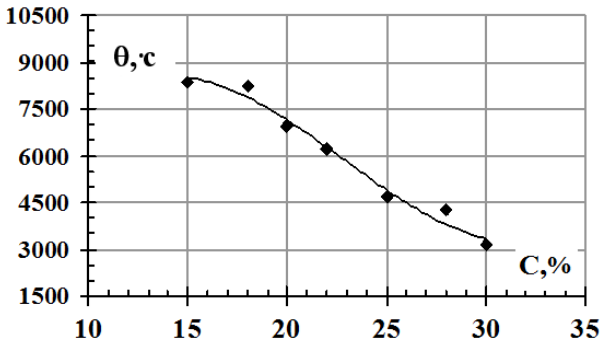


Рис. 3.59. Зависимость релаксации модельной системы паст закусочных от содержания масла

Период релаксации характеризует скорость процесса, то есть скорость перехода системы из неравновесного термодинамического состояния, вызванного внешними воздействиями, в состояние термодинамического равновесия [27, 87, 89]. За это время при увеличении концентрации творага в рецептуре модельной системы паст в пределах 30...40%; напряжение уменьшается почти в 1,2 раза; при увеличении концентрации масла в рецептуре паст в пределах 20...25% уменьшается почти в 1,3 раза; при увеличении концентрации агара в рецептуре модельной системы паст в пределах 1,2 ... 1,4% возрастает почти в 1,5 раза.

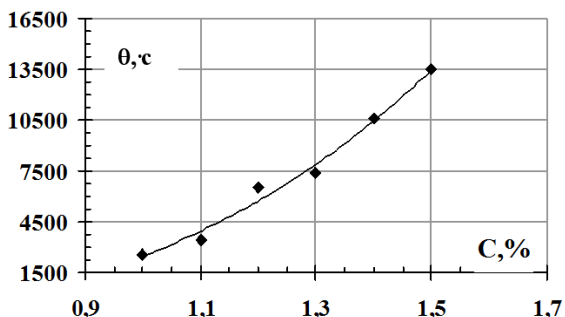


Рис.3.60. Зависимость релаксации модельной системы паст закусочных от содержания агара

В диапазоне концентраций творога 30...40% в рецептуре время релаксации модельной системы паст закусочных уменьшается на 1000 ± 10 с и при содержании $40 \pm 2\%$ составляет 5000 с. В диапазоне концентраций масла 20...25% время релаксации модельной системы паст закусочных уменьшается на 2500 с и при содержании $25 \pm 2\%$ составляет 4800 с, что свидетельствует о росте пластических свойств и об уменьшении эластичных, а значит положительно влияет на условия вымешивания и фасовки. В диапазоне концентраций агара 1,1...1,3% время релаксации модельной системы паст закусочных увеличивается на 3500 с и при содержании $1,4 \pm 0,1\%$ составляет 8500 с, что свидетельствует о росте упругих и эластичных свойств и уменьшении пластических, а значит негативно влияет на условия вымешивания и фасовки [27, 98].

3.5 Исследование изменений фракционного состава белкового комплекса в модельной системе паст закусочных

Учитывая несовместимость термодинамических процессов, происходящих в молочном белке и агаре во время тепловой обработки и структурирования, исследовали процесс структурообразования модельной системы паст закусочных на основе творога нежирного за счет белок-полисахаридных взаимодействий, что может приводить к изменению их молекулярных масс. Поэтому в рамках данных исследований было изучено изменение фракционного состава белков модельной системы в процессе тепловой обработки (табл. 3.12), а также изменения молекулярных масс белковых веществ [99, 100] при структурировании (рис. 3.53).

Таблица 3.12. Изменение содержания азотистых веществ модельной системы паст закусочных во время структурирования

Показатель	Модельная система паст закусочных			
	до тепловой обработки		после тепловой обработки	
	Содержание, %	от $N_{\text{общ}}$, %	Содержание, %	от $N_{\text{общ}}$, %
Масовая доля СОМО	14,5	—	15,4	—
Общий азот ($N_{\text{общ}}$),	9,7	100	9,2	100
в том числе: белковый азот	8,9	91,75	8,7	94,57
небелковый азот	0,8	8,25	0,5	5,43

Из анализа табл. 3.12 видно, что 91,75% азотистых веществ в модельной системе паст закусочных представлены белковым азотом. Количество небелкового азота составляет 8,25% от общего содержания азотистых веществ. Количество общего азота модельной системы паст после тепловой обработки уменьшилось на 0,50%, что является величиной недостоверной. Значительных изменений по перераспределению белкового и небелкового азота также не наблюдается. Итак, процесс ионотропного гелеобразования не влияет на содержание белковых веществ в целом, не вызывает нежелательных преобразований, следствием чего является их незначительная потеря.

Однако, данные по изменению общего количества азотистых веществ не дают полной информации о качественных и количественных преобразованиях белковых фракций модельной системы пасты до и после тепловой обработки.

Можно предположить, что структурирование в данной системе может протекать как за счет ионотропного структурирования вследствие воздействия цитрата натрия (рис. 3.13), а также за счет образования белок-белковых и белок-полисахаридных комплексов с помощью соответствующего растворителя.

Одновременно для подтверждения данной гипотезы были проведены исследования модельной системы паст по определению молекулярных масс белков методом гель-хроматографии (рис. 3.61).

Были идентифицированы белковые компоненты модельной системы паст закусочных без агара с молекулярными массами ~ 100000 Да (13,89%) - иммуноглобулины, ~ 25000 Да (0,29%) - α_s -казеин, ~ 24000 Да (4,8%) - β -казеин, ~ 19000 Да (2,17%) - γ -казеин, ~ 18000 Да (78,8%) - β -лактоглобулин.

В структурированной модельной системе паст закусочных с агаром содержание белковых компонентов несколько изменилось. Доля высокомолекулярной фракции (иммуноглобулины) уменьшилась на 8,68% и составляет 5,21%, а низкомолекулярных увеличилась и соответственно составляет: α_s -казеин - 2,04%, β -казеин - 6,52%, γ -казеин - 3,34, β -лактоглобулин-82,9%.

Вероятно, за счет сорбции части белков на своей поверхности агар переводит их в слабо растворимую форму, создавая структурную сетку, в результате чего после ресуспензирования в фосфатно-солевом буфере и центрифугирования белкового геля седиментирующие белковые комплексы переходят в осадок, а в супернатанте остаются полностью растворимые белки, концентрация которых уменьшается, и соответственно меняется соотношение фракций.

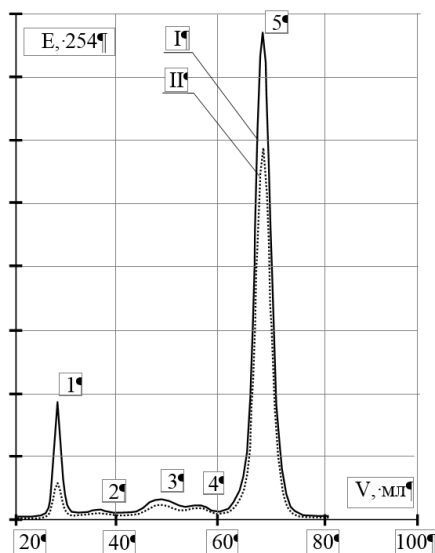


Рис.3.61. Хроматограммы белок-полисахаридного взаимодействия модельной системы пасты закусочной на основе творога нежирного (I-без агара, II-с агаром): 1-иммуноглобулин, 2 - α_s -казеин, 3 - β -казеин, 4 - χ -казеин, 5 - β -лактоглобулин

Значительное повышение доли низкомолекулярных фракций, особенно χ -казеина и β -лактоглобулина, способствует их сорбции на высокомолекулярных фракциях, придавая последним повышенную устойчивость в водных растворах и усиление связывания воды, что согласуется с предыдущими исследованиями (рис.3.36, 3.40 ... 3.42, 3.41, 3.44 ... 3.47, 3.51).

3.6 Изучение влияния соотношения основных компонентов в модельной системе паст закусочных на органолептические показатели

Согласно классификации структур пищевых продуктов, предложенной П.А. Ребиндером, закусочную продукцию в зависимости от содержания воды можно отнести к дисперсным системам со структурами коагуляционного или коагуляционно-конденсационного типа. Пасты закусочные на основе творога нежирного с достаточно высоким содержанием воды, которая играет роль дисперсионной среды, образует прослойки между белковыми частицами и молекулами, относясь к структурам коагуляционного типа. Взаимодействие между ними происходит через эти слои, главным образом за счет Ван-дер-ваальсовых сил сцепления [27, 52, 54, 59].

Структуру модельной системы паст закусочных на основе творога нежирного упрощенно можно представить в виде трехмерного сетчатого белкового каркаса, в ячейках которого относительно равномерно распределены жир и вода. Белки обуславливают прочные, упругие и эластичные свойства модельной системы паст, жир влияет на пластичность, а вода - на вязкость.

Образующийся при этом пространственный белковый каркас модели паст закусочных непрочный и обладает тиксотропией - способностью быстро восстанавливаться после разрушения. Причем консистенция меняется от мягкой, пластичной, слегка упругой до нежной, слегка текучей. После разрушения структура восстанавливается через некоторое время, которое тем меньше, чем больше воды содержится в рецептуре.

При снижении содержания воды в модельной системе паст закусочных толщина водных слоев между белковыми частицами уменьшается. Это способствует возникновению других, более крепких, по сравнению с Ван-дер-Ваальсовыми, сил взаимодействия между фрагментами белковых молекул. Прочность структуры при этом растет. Тиксотропные свойства частично сохраняются, но время, необходимое для восстановления структуры после разрушения, существенно увеличивается. При достижении определенного предела влаги в рецептуре теряется способность к самовольному восстановлению структуры после ее разрушения. Теперь для того, чтобы восстановить разрушенные связи, необходимо приложить дополнительное напряжение, что вызывает пластические деформации.

Снижение количества воды в пасте закусочной вызывает качественные изменения ее структуры. Из коагуляционной она превращается в коагуляционно-конденсационную, отличающуюся от коагуляционных большей прочностью и упругостью, отсутствием тиксотропии, возможностью появления крошливости [27, 52].

Экспериментальными исследованиями установлено, что химический состав модельной системы паст закусочных также может быть различен в рамках научно обоснованных значений: содержание белка 7,4...12,5%, влаги - 54...68%, жира в сухом веществе - 40...60%. Диапазоны изменений этих показателей позволяют регулировать текстурные характеристики готового продукта. Белки составляют основу (80%), сухого обезжиренного молочного остатка (СОМО), другая часть СОМО представлена минеральными солями. Такой состав позволяет рассматривать модельную систему как трехкомпонентную физико-химическую систему. Для наглядности изложения модельная система представлена в линейном приближении (рис. 3.62). Нелинейные эффекты от концентраций основных компонентов будут учтены дальше (рис.5.13, 5.14).

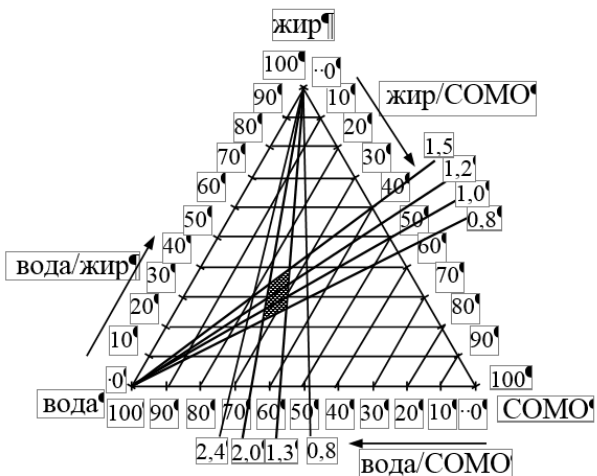


Рис. 3.62. Соотношение вода / СОМО, вода/жир, вода/СОМО модельной системы паст закусочных на основе творога нежирного

Состояние трехкомпонентных систем однозначно определяется (при постоянных давлении и температуре) двумя переменными – концентрациями (%) массовых долей жира и воды. Концентрация третьей компоненты (СОМО) определяется из условия $z=100-(x+y)$. На основе исследований зависимости предельного напряжения сдвига модельной системы от содержания влаги (рис. 3.63) и органолептических исследований консистенции (рис. 3.64), используя известный в физической химии графический метод анализа состава трехкомпонентных систем (метод концентрационного треугольника) (рис. 3.62) [13], была установлена зависимость изменений структуры модельной системы паст закусочных от соотношения основных рецептурных компонентов. Так при концентрации 60% масла в сухом веществе модельной системы паст и соотношению вода/СОМО в пределах 0,8...1,3 соответствует консистенции (рис. 3.64), что определяется как плотная с предельным напряжением сдвига 260...240 Па; в пределах 1,3...2,0 - как нежная, пластичная с предельным напряжением сдвига 240...170 Па; в пределах 2,0...2,4 - как мажущаяся, текучая с предельным напряжением сдвига 170...110 Па. При концентрации 40% масла в модельной системе и соотношению вода / СОМО в пределах 0,8...1,3 с предельным напряжением сдвига 150...120 Па соответствует консистенции, которая определяется как грубая, вязкая; в пределах 1,3...2,0 с предельным напряжением сдвига 120...80 Па - как пластическая, текучая; в пределах 2,0...2,4 с предельным напряжением сдвига 80...50 Па - как студенистая.

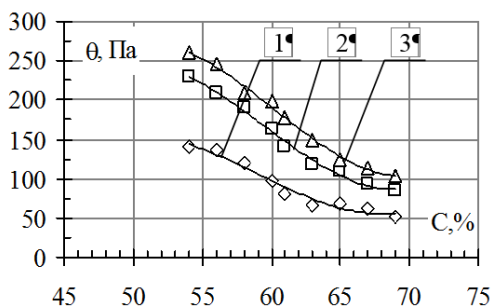


Рис.3.63. Зависимость предельного напряжения сдвига модельной системы паст закусочных от влаги при содержании масла в СОМО: 1 - 40%, 2 - 50%, 3 - 60%

Исследованиями предельного напряжения сдвига модельной системы паст закусочных с различным содержанием масла рафинированного дезодорированного в сухом веществе (рис. 3.63) установлено, что увеличение влаги в пределах 54 ... 68% в рецептуре модели с концентрацией масла $40 \pm 3\%$ приводит к уменьшению предельного напряжения сдвига на 88 ± 5 Па, с концентрацией масла $50 \pm 3\%$ - на 150 ± 10 Па, с концентрацией масла $60 \pm 3\%$ на 160 ± 10 Па. При содержании влаги в модельной системе $55 \pm 3\%$ увеличение концентрации масла в сухом веществе в пределах 40 ... 50% приводит к росту предельного напряжения сдвига на 90 ± 5 Па, в пределах 50 ... 60% - на 40 ± 3 Па. При содержании влаги в $65 \pm 3\%$ эти показатели уменьшаются в 2 раза и соответственно составляют 40 ± 3 Па и 20 ± 2 Па.

Органолептическими исследованиями консистенции модельной системы паст (рис. 3.64) было установлено, что недостаточное количество жира в системе не обеспечивает необходимого ослабления связей белковых молекул и как следствие – формируется грубая консистенция продукта. Значительное повышение влаги не приводит к положительным результатам, так как она придает продукту лишнюю вязкость, которая оценивается органолептически как «липкость», увеличивает текучесть структуры и приближает ее к желеобразному состоянию [12, 27, 49, 59]. Избыточное количество жира в системе при недостаточном количестве влаги повышает ее пластичность и упругость, приводит к грулости системы и переводит ее из пастообразной в ломтиковую форму.

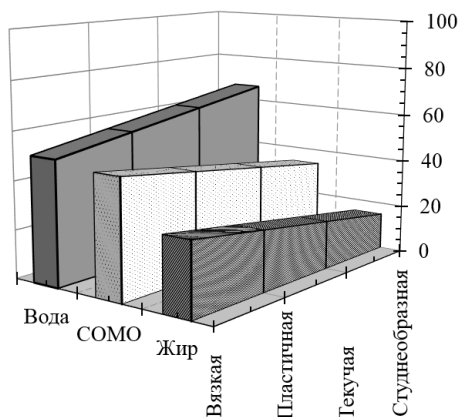


Рис. 3.64- Влияние соотношения вода/СОМО на консистенцию модельной системы паст закусочных

Таким образом варьирование соотношения между водной фазой и сухими веществами в пределах 0,8...2,4 и содержания масла рафинированного дезодорированного в сухом веществе в пределах 40...60% позволит регулировать консистенцию паст закусочных эмульсионного типа со свойствами, характерными для данного продукта в необходимых пределах [12, 27, 49]. Дополнительное расширение диапазона регулирования реологических характеристик паст закусочных, предоставление им необходимых органолептических свойств обеспечивается введением в рецептуру агара как структурообразователя с содержанием $1,3 \pm 0,1\%$.

Литература к главе 3

1. Чагаровский, А. П. Новые виды плавленых сыров повышенной биологической ценности [Текст] / А. П. Чагаровский, И. А. Гришин [и др.] / Тезисы докладов второй Всесоюзной конференции «Проблемы индустриализации общественного питания страны». – 1989. – С. 227–278.
2. Снегирева, И. А. Использование пищевых эмульсий в производстве плавленых сыров [Текст] / И. А. Снегирева, А. М. Соколов // Молочная промышленность. – 1993. – № 5. – С. 17–18.
3. Асафов, В. А. Перспективы использования растительного сырья в производстве молочных продуктов [Текст] / В. Асафов, О. Фоломеева // Сыроделие и маслоделие. – 2001. – № 1. – С. 37–38.
4. Баркан, С. М. Плавленые сыры [Текст] : учеб. пособие / С. М. Баркан, М. Ф. Кулешова. – М. : Прищевая пром-сть, 1967. – 283 с.
5. Кулешова, М. Ф. Плавленые сыры [Текст] : учеб. пособие / М. Кулешова, В.Тиняков. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 174 с.
6. Кудряшева, А. А. Пицца XXI века и особенности ее создания [Текст] / А. А.Кудряшева // Пищевая пром-сть. – 2000. – № 1. – С. 66 – 68.

7. Чагаровский, А. П. Основные направления совершенствования технологии и расширения ассортимента плавленых сыров [Текст] / А. П. Чагаровский, Е. А. Избаш, А. Ф. Затирка. – К. : Знание, 1990. – 20 с.
8. Щедушнов, Д. Е. Сырные пасты – необходимая альтернатива [Текст] / Д. Е. Щедушнов // Масла и жиры. – 2004. – № 12. – С. 10.
9. Кутузова, Т. Л. Влияние растительных жиров на свойства сыра [Текст] / Т. Л. Кутузова, Л. И. Степанова // Молочна пром-сть. – 2002. – № 6. – С. 31–32.
10. Захарова, Н. П. Плавленые сыры с комбинированной жировой фазой [Текст] / Н. П. Захарова, Т. М. Коновалова, В. Г. Долгошинова // Тезисы докладов научно-практической конференции «Производство масла комбинированного: особенности выработки, ассортимент, качество». – Углич. – 2000. – С. 40–42.
11. Пат. 6780445 США, МПК⁷ А 23 С 9/12, А 23 С 19/00. Способ производства сыра улучшенного качества и установка для его осуществления. System and method for making enhanced cheese: Cacique, Inc., Rhodes Ken. – № 09/562482, заявл. 01.05. 2000 ; опубл. 24.08.2004 ; НПК 426/36. – 4 с.
12. Захарова, Н. П. Структурообразование плавленых сырах [Текст] / Н. П. Захарова, О. В. Лепилкина, Т. М. Коновалова, Г. Б. Бухарина // Сыроделие и маслоделие. – 2002. – № 2. – С. 27–28.
13. Захарова, Н. П. Товароведческая классификация плавленых сыров [Текст] / Н. П. Захарова // Сыроделие и маслоделие. – 2000. – № 2. – С. 6–11.
14. Сборник технологических инструкций по производству плавленых сыров [Текст]. – Углич, 1996. – 273 с.
15. Захарова, Н. П. Влияние уровня активной кислотности сырья на формирование структуры плавленого сыра [Текст] / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, О. В. Лепилкина, Е. В. Коновалова // Тезисы доклада научной конференции. – Углич. – 1995. – С. 372–373.
16. Захарова, Н. П. Роль соли-плавителя в формировании качества плавленых сыров [Текст] / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, В. Г. Долгошинова // Сыроделие. – 2000. – № 1. – С. 21–23.
17. Литвинова, Е. В. Основные показатели белка молочного с альгинатом кальция [Текст] / Е. В. Литвинова, Л. П. Жукова // Молочная пром-сть. – 2002. – № 9. – С. 21–23.
18. Липатов Н. Н. Производство творога: Учеб. пособие. / Н. Н. Липатов. – М.: Пищевая пром-сть, 1991. – 270 с.
19. Никифорова, Т. А. Цитраты – пищевые добавки XXI века [Текст] / Т. А. Никифорова // Пищевые ингредиенты и добавки. – 2002. – № 2. – С. 38–39.
20. Перцевий Ф. В. Роль іонного обміну у виробництві паст делікатесних на основі сиру кисломолочного знежиреного [Текст] / Ф. В. Перцевий, Ю. О. Савгіра, П. В. Гурський // Молочна промисловість. – 2004. – № 3. – С. 28–29.
21. Fuknshima, M. Use of phosphates in cheese processing. Phosphates in model systems Milchwissenschaft [Text] / M. Fuknshima, F. M. De Man. – 1972. – Bd. 27. – № 8, – P. 473–477.
22. Горбатова, К. К. Биохимия молока и молочных продуктов [Текст] / К. К. Горбатова. – М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 344 с.

23. ГОСТ 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция [Текст]. – Введ. 01.01.98. – Минск : Изд-во Межгосударственный совет по стандартизации метрологии и сертификации, 1998. – 25 с.
24. Корешков, А. П. Основы аналитической химии [Текст]. В 2 т. Т 2. Теоретические основы. Количественный анализ / А. П. Корешков – М. : Химия. – 1971. – 455 с.
25. Крусъ, Г.Н. Методы исследования молока и молочных продуктов [Текст] / Г. Н. Крусъ, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
26. ГОСТ 25179-90. Молоко. Методы определения белка [Текст]. – Введ. 01.01.91. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.
27. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисло-молочного нежирного [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Гурський Петро Васильович. – Харків, 2009. – 353 с.
28. Пивоваров, П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування [Текст] : навч. посібник. Частина 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Харків : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.
29. Пивоваров, П. П. Теоретичні основи технології харчових виробництв [Текст] : навч. посібник. Частина 4. Вода та її значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продуктів харчування / П. П. Пивоваров, Д. Ю. Прасол. – Харків : ХДАТОХ, 2003. – 48 с.
30. Пивоваров, П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування [Текст] : навч. посібник. Частина 3. Ліпіди та їх значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Харків : ХДАТОХ, 2002. – 90 с.
31. Дакуорт, Р. Б. Вода в пищевых продуктах [Текст] / Р. Б. Дакуорт: пер с англ. – М. : Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.
32. Ростроса, Н. К. Изучение комплексной коагуляции казеина и сывороточных белков молока при производстве белковых продуктов [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. К. Ростроса. – М. , 1986. – 23 с.
33. Фаррар, Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР [Текст] / Т. Фаррар, Э. Беккер. – М. : Мир, 1973. – 163 с.
34. Торьяник, А. И. Определение влагосодержания в пищевых продуктах методом ЯМР [Текст] : методическое пособие для аспирантов / А. И. Торьяник, А. Г. Дьяков, Д. А. Торьяник. – Х. : ХГУПТ, 2003. – 20 с.
35. Пат. 45798 А Україна, МПК G 01 N 24/00. Спосіб визначення кількості вологи у харчових продуктах [Текст] / Торьяник О. І., Дьяков О. Г. – №2001074759 ; заявл. 09.07.01 ; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4. – 4 с.
36. Гуляев-Зайцев, С.С. Формы связи воды в пастообразном плавленом сыре [Текст] / С.С. Гуляев-Зайцев, А.А. Бовкун, И.Д. Атаманенко // Молочная пром-сть. – 2003. – № 2. – С. 32–33.
37. Торьяник, А. И. Молекулярная подвижность и структура водных систем [Текст] : дисс. ... д-ра хим. наук / Торьяник Александр Иванович. – Донецк, 1978. – 368 с.

38. Дьяков А. Г. Система управления спектрометром ЯМР [Текст] / А. Г. Дьяков, А. Ф. Даниленко // Сборник научных трудов НТУ ХПИ Информатика и моделирование. – 2003. – № 26. – С.119–123.
39. Паспорт и инструкция по эксплуатации. Аппарат рентгеновский стационарный ДРОН-3 [Текст]. – М. : Мир, 1979. – 102 с.
40. Катц, И. Р. Рентгенография высокомолекулярных веществ, коллоидов, животных и растительных тканей [Текст] / И. Р. Катц; пер. с нем. [под ред. проф. А. И. Рабиновича]. – М. : Глав. ред. хим. литературы, 1937. – 327 с.
41. Китайгородский, А. И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел [Текст] / А. И.Китайгородский. – М. : Гос. изд. технико-технич. литературы, 1952. – 588 с.
42. Гурський П. В. Дослідження впливу концентрації солі плавильної на упорядкованість структури пасти закусочної на основі сиру кисломолочного нежирного [Текст] / П. ВГурський // Молочна промисловість. – 2006. – № 2 (27). – С. 32–33.
43. Григорьева, В. Н. Смеси растительных масел – биологически полноценные продукты [Текст] / В. Н. Григорьева, А. Н. Лисицын // Масложировая пром-сть. – 2005. – № 1. – С. 8–9.
44. Каталог «Витамины и каротиноиды фирмы «Хоффманн – Ла Рош» для пищевой промышленности» [Текст]. – М., 1998. – С. 27–32.
45. Перцевой, Ф.В. Технология получения растительных масел и пищевых продуктов, обогащенных каротиноидами [Текст] : монография / Ф. В. Перцевой, Ю. А. Савгира, Н. В. Камсулина [и др.]. – Х. : ХГАТОП, 2002. – 229 с.
46. Перцевой, Ф. В. Разработка технологии получения икры белковой красной [Текст] : дис. ... канд. тех. наук / Перцевой Федор Всеволодович. – М., 1983. – 173 с.
47. Абрамзон, А. А. Эмульсии [Текст] / А. А. Абрамзон. – М : Химия, 1972. – 448 с.
48. Гуров, А. И. Методы оценки эмульгирующих свойств пищевых белков [Текст] / А. И.Гуров // Пищевая и перерабатывающая пром-сть. – 1987. – № 1. – С. 61–63.
49. Гуров, А. И. Новые методы оценки эмульгирующих свойств белков [Текст] /А. И. Гуров, Н. В. Лозинская [и др.]. // Труды всеоюз. совещ. Физическая химия структурирования пищевых белков. – Таллин : Таллинский политех. ин-т, 1983. – С. 648– 649.
50. ГОСТ 30004.2. Майонезы. Правила приемки и методы испытаний [Текст]. Введ. 01.01.96. – К. : Госстандарт Украины, 1995. – 18 с.
51. Тиняков, Г. Г. Микроструктура молока и молочных продуктов. [Текст] / Г. Г. Тиняков, В. Г. Тиняков. – М.: Пищевая пром-сть, 1972. – 256 с.
52. Перцевий Ф. В. Колоїдно-хімічні перетворення в процесі виготовлення паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного [Текст] / Ф. В. Перцевий, Ю. О. Савгіра, П. В. Гурський // Молочна промисловість. – 2004. – № 6 (15). – С. 8–9.

53. Мостовая Л.Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала: дис... канд. техн. наук [Текст] / Л.Н.Мостовая. – Харьков, 2001. – 304 с.

54. Гринченко О.А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции на основе полуфабрикатов функциональных композиций: дис... д-ра. техн. наук [Текст] / О.А.Гринченко. – Харьков, 2005. – 386 с.

55. Колесникова М. Б. Емульгуючі та стабілізуючі властивості полісахаридів і їх використання в технології емульсійних соусів [Текст] / М. Б. Колесникова, Л. М. Крайнюк, П. П. Пивоваров // Вісник ДОНДУЕТ. – 1999. – № 4. – С. 97–103.

56. Тарасова Л.И. Полисахариды как стабилизаторы майонезных эмульсий [Текст] / Л.И.Тарасова, Г.П.Михайлова, А.С.Стеценко и др. // Пищевая промышленность. – 1994. – №11. – С.8.

57. Буянова, И. В. Качество сырья для сырных паст [Текст] / И. В.Буянова, Е. С.Красавина // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 6. – С. 73–74.

58. Кочеткова А. А. Пищевые гидроколлоиды: теоретические заметки [Текст] / А. А. Кочеткова // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2000. – № 1. – С. 10–11.

59. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов: Монография [Текст] / Ф.В. Перцевой, Ю.А. Савгира, А.Л. Фошан и др. ; под ред. Ф. В. Перцевого. – Х.: ХГАТОП, 1998. – 177 с.

60. Иванова Е.А. Полисахариды – компоненты новых продуктов [Текст] / Е. А. Иванова // Пищевая промышленность. – 1991. – № 1. – С.86.

61. Бакулина О.Н. Галактоманнаны: аспекты использования [Текст] / О.Н.Бакулина // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. – №1. – 2000. – С. 20–21.

62. Атаев М.М. О пищевых студнях производных альгиновой кислоты и некоторых других полисахаридов морских водорослей: Дис...канд. техн. наук. [Текст] / М.М.Атаев -М. -1992. -188с.

63. Бабин И.П. Исследование пищевых студней некоторых полисахаридов морских водорослей: Дис...канд. техн. наук. -М., 1975. -139 с.

64. Браудо Е.Е. Структурообразование гелеобразующих полисахаридов в пищевых системах: Дис...канд. техн. наук. [Текст] / Е.Е.Браудо –М, 1990. -179 с.

65. Перцевой Ф.В. Разработка технологии получения икры белковой красной дис...канд. тех. наук. [Текст] / Ф.В.Перцевой -М.: 1983. 173 с.

66. Рео-Вискозиметр по Хепплеру Техническое описание, способ употребления и возможности применения. – VEBMLWPRUFGERATE-WERK MEDINGEN/DRESDEN: 1983. – 22 с.

67. Корешков А.П. Основы аналитической химии: в 2 т. [Текст] / А.П.Корешков – М.: Химия, – Т 2: Теоретические основы. Количественный анализ. – 1971. – 455 с.

68. Гурський П. В. Дослідження міцності та тривалості структуроутворення розчинів драглів для використання в пастах закусочних. [Текст] / П. В.Гурський // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресто-

ранного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун–т харчування та торгівлі. – Х., 2007. – Вип. 1 (5). – С. 78–82.

69. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа. [Текст] / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия ВУЗОВ Пищевая технология. – № 2. – 2003. – С. 94–96.

70. Остриков А. Н. Исследование форм связи влаги в топинамбуре методом дифференциально-термического анализа. [Текст] / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. –2004. – № 7. – С. 33–35.

71. Дослідження процесу плавлення сирної пасти за допомогою дериватографа Q-1000 [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, А. Л. Фощан, Л. О.Чуйко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун–т харчування та торгівлі. – Х., 2005. – Вип. 2. – С. 35–41.

72. Пилоян Г.О. Введение в теорию термического анализа. [Текст] / Г.О.Пилоян – М.: Наука, 1964. – 284 с.

73. Корешков А.П. Основы аналитической химии: в 2 т. [Текст] / А.П.Корешков – М.: Химия, – Т 2: Теоретические основы. Количественный анализ. – 1971. – 455 с.

74 Фаррар Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР. [Текст] / Т. Фаррар, Э. Беккер. –М.: Мир, 1973. – С. 163.

75. Пат. 45798 А Україна, МПК G 01 N 24/00. Спосіб визначення кількості вологи у харчових продуктах. [Текст] /Торяник О. І., Дьяков О. Г. – №2001074759; заявл. 09.07.01; опубл. 15.04.2002; Бюл. № 4.

76. Дьяков А.Г. Система управления спектрометром ЯМР.[Текст] / А.Г. Дьяков, А.Ф. Даниленко // Сборник научных трудов НТУ ХПИ Информатика и моделирование – 2003. – № 26. – С.119–123.

77. Вода в пищевых продуктах /Под ред. Р.Б. Дакуорта. [пер. с англ.] – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.

78. Полянский К.К. Дифференциальный термический анализ пищевых жиров.[Текст] / К.К. Полянский, С.А. Снегирев, О.Б. Рудаков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 85 с.

79. Торяник А. И. Определение влагосодержания в пищевых продуктах методом ЯМР: Методическое пособие для аспирантов. [Текст] / А. И. Торяник, А. Г. Дьяков., Д. А. Торяник – Х.: ХГУПТ, 2003. – 20 с.

80. Дослідження стану води в сирній масі на імпульсному спектрометрі ЯМР [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, О. Г. Дьяков, Н. В.Федак // Вісник Харківського нац. техн. ун–ту сільськ. госп. імені П. Василенка : зб. наук. праць / Харківський нац. техн. ун–т сільськ. госп. імені П. Василенка. – Х., 2005. – Вип. 38 : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробки та харчових виробництв. – С. 135–142.

81. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания: Метод. указания[Текст] /

А. С. Рагушный, В. Г. Топольник. – М.: Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.

82. Системные исследования технологий переработки продуктов питания. [Текст] / О.Н.Сафонова, Ф.В.Перцевой, А.Л.Фощан и др.; под ред. О.Н. Сафоновой. – Х.:ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. – 200 с.

83. Дьяконов В.П. Компьютерная математика. Теория и практика. [Текст] / В.П. Дьяконов. – М.: Нолидж. 2001.–1296 с.

84. Полевич В.В. Моделювання технологічних процесів і розробка прогресивного обладнання для переробки харчової сировини: Дис... д-р.техн.наук. [Текст] / В.В.Полевич– Харків, 2002. – 271 с.

85. Гурський П. В. Моделювання процесу плавлення пасти закусочної на основі сиру кисломолочного знежиреного[Текст] / П. В. Гурський, В. В. Полевич, Ф. В. Перцевий // Вісник Харківського нац. техн. ун-ту сільськ. госп. імені П. Василенка : зб. наук. праць / Харківський нац. техн. ун-т сільськ. госп. імені П. Василенка. – Х., 2007. – Вип. 38 : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв. – С. 173–177.

86. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів. [Текст] /Т. В. Рудакова. – К., 2006. – 19 с.

87. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник /Под ред. Ю. А. Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

88. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов: Справочник / А.В.Горбатов– М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 286 с.

89. Какимов А.К. Исследование релаксационных характеристик плавляемых сыров.[Текст] /А.К. Какимов, Ж.Х. Какимова, Н.Б. Гаврилова//Сыроделие и маслоделие. – 2004. – №2. – С. 38–40.

90. Перцевий Ф. В. Дослідження впливу сиру кисломолочного на реологічні характеристики пасти закусочної [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський // Молочна промисловість. – 2005. – №7 (22). – С. 30–32.

91. Структурообразование плавляемых сырах [Текст] / Н.П. Захарова, О.В. Лепилкина, Т.М. Коновалова, Г.Б. Бухарина // Сыроделие и масло-делие. – №2. – 2002. – С. 27–28.

92. Классификация плавляемых сыров / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, О. В. Лепилкина, Т. М. Коновалова// Сыроделие. – № 1. – 2000. – С.16–20.

93. Перцевий Ф. В. Дослідження впливу олії рафінованої на реологічні характеристики пасти закусочної [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, Д. О. Бідюк // Обладнання та технології харчових виробництв : зб. наук. праць / Донецький нац. ун-т економіки і торгівліім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2006. – Вип. 15. – С. 174–179.

94. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизації розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник [Текст] / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, М. І. Погожих, В. В. Полевич, О. О. Гринченко, П. В. Гурський. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 68 с.

95. ISO 6658:1985. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство // www.ars_russia.com.
96. ISO 11036:1994. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры // www.ars_russia.com.
97. Тильгнер Д.Е. Органолептический анализ пищевых продуктов [Текст] / Д.Е.Тильгнер – М.: Пищепромиздат, 1962. – 338 с.
98. Малинина И.Л. Практические аспекты технологий производства комбинированных молочных продуктов.[Текст] / И.Л. Малинина, А.А. Мухин //Пищевая пром-сть. – 2001. – №2. – С.22–23.
99. ЗахароваН. П. Молекулярно-массовое распределение казеинов в золь-фазе параказеина. [Текст] / Н. П. Захарова, Н. Ю. Соколова, Е. В. Кононова и др. // Молочна пром-сть. – 1995. – № 1 – С. 29–30.
100. Детерман Г.С. Гель-хроматография. Учеб.пособ. / Г.С. Детерман – М: Мир, 1970. – 252 с.

Глава 4. Научное обоснование технологии полуфабриката творожного структурированного

4.1. Аналитическое обоснование технологии полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника

Новые пищевые продукты, изготовленные на основе молочного белка, все больше завоевывают продуктовый рынок и занимают действующее место в рационе населения.

На фоне нынешних кризисных явлений в молочной отрасли Украины, которые проявляются в росте дефицита молочного сырья, в частности, творога, а также при отрицательных изменениях в структуре питания населения Украины и развития незаменимых нутриентов актуализируется вопрос поиска альтернативных источников белкового сырья, обеспечение им предприятий ресторанного хозяйства и расширения ассортимента за счет создания новой продукции с повышенной питательной ценностью.

Хранение творога при температуре 2 ... 6 ° С расфасованным в флаги, ящики, упакованным в пергамент, в потребительскую тару из полимерных материалов, кашированную фольгу и полиэтиленовую пленку не позволяет обеспечить его длительное хранение [1].

Учитывая это и в связи с сезонностью заготовок, а также с уменьшением количества молока для обеспечения перерабатывающих производств творогом целесообразно его резервировать путем замораживания. Современные технологии холодильной обработки и хранения пищевой продукции по сравнению с другими методами консервирования, имеют широкий ряд преимуществ. Они в значительной мере сохраняют высокое качество творога, минимизируют изменения пищевой ценности и органолептических показателей, а также существенно снижают потери массы этого продукта за время хранения, увеличивая при этом в разы сроки хранения [2; 3;4].

Большой резерв белка и богатый химический состав имеет ядро семян подсолнечника, который является ведущей культурой Украины и традиционно используется во многих технологиях пищевой продукции. Отдельно следует выделить целый ряд продуктов переработки ядра - мука, концентраты, изоляты, гидролизаты, текстураты белка, которые получают после добычи масла с целью концентрирования ценного компонента - белка. Анализом рынка пищевой продукции с привлечением белковых продуктов переработки ядра семян подсолнечника установлено (табл. 1.1), что ее ассортимент очень узкий. Следует отметить, что в технологиях структурированной продукции на основе творога бел-

ковые продукты переработки ядра семян подсолнечника, в частности концентраты, не используются совсем. Основным сдерживающим фактором внедрения этих технологий является отсутствие научных основ их использования.

Нами был получен концентрат ядра семян подсолнечника на специальном экспериментальном стенде (рис. 4.2) методом холодного прессования при температуре не выше 50 °С изочищенного ядра семян подсолнечника. Предполагалось создание полуфабриката творожного структурированного, в рецептурный состав которого входило бы следующее сырье как носитель питательной ценности и функционально-технологических компонентов: творог нежирный размороженный - как белковая основа, полученный концентрат ядра семян подсолнечника - как белковый обогатитель, смесь растительных масел - как жировая компонента и желатин быстрорастворимый - как структурообразователь.

Таким образом, разработка научно обоснованной технологии полуфабриката творожного структурированного с реализацией широких функционально-технологических свойств его составляющих предоставят возможность внедрения новых способов привлечения этого сырья в состав структурированной продукции на основе творога нежирного с регулируемыми структурно-механическими свойствами, питательной ценностью, аминокислотным и жирнокислотным составом .

На основании приведенных выше предпосылок разработана рабочая гипотеза создания полуфабриката творожного структурированного. Предложенная рабочая гипотеза предполагает применение следующих основных принципов:

- использование творога нежирного размороженного как белковой основы;
- привлечение концентрата ядра семян подсолнечника как носителя функционально-технологических веществ (белка);
- использование масла подсолнечного рафинированного дезодорированного как источника полиненасыщенных жирных кислот,
- пищевого растительного жира в качестве дополнительного жирового компонента и регулятора структуры;
- использование желатина быстрорастворимого как структурообразователя;
- обеспечение условий перевода молочного белка в растворимое состояние;
- обеспечение высокой агрегативной и кинетической устойчивости эмульсионной системы;
- обеспечение заданных структурно-механических свойств готового продукта;
- создание продукта, безопасного в санитарно-гигиеническом и микробиологическом отношении.

С учетом приведенных принципов нами разработана модель инновационной стратегии (рис 3.1) создания полуфабриката творожного структурированного.

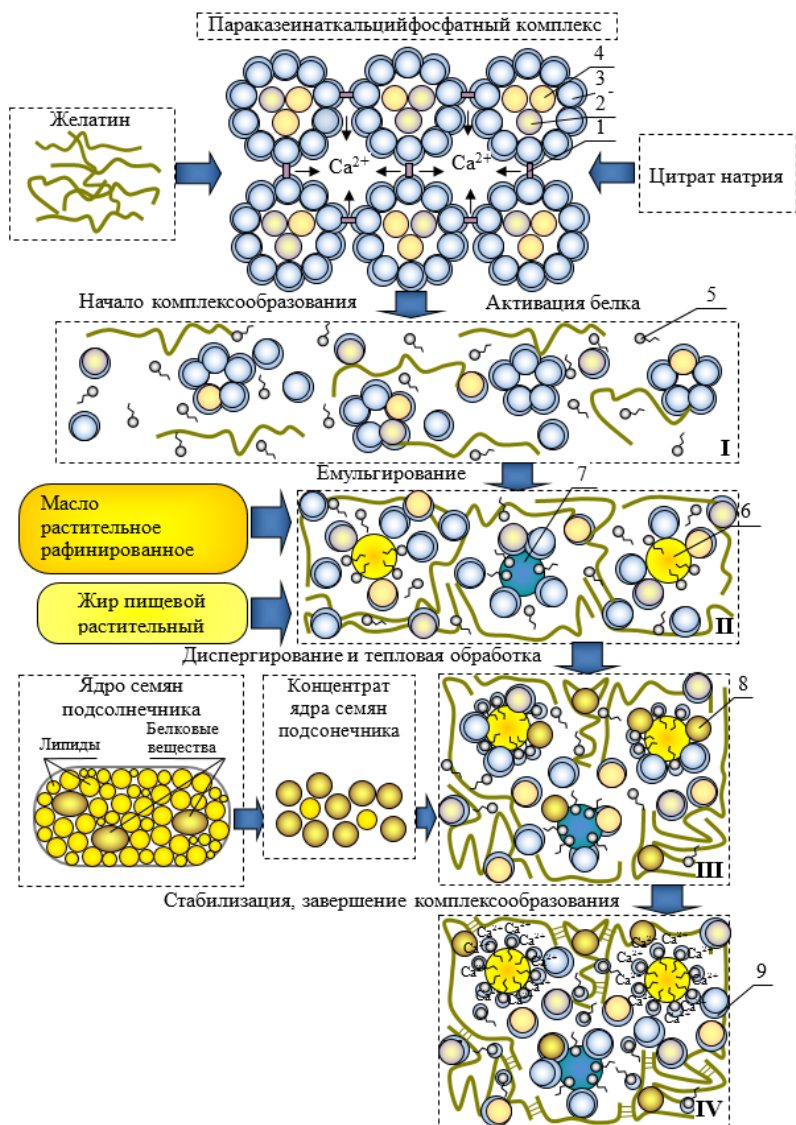


Рис. 4.1. Модель инновационной стратегии разработки полуфабриката творожного структурированного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника: 1 - кальциевый мостик; 2 - субмицелла (А); 3 - субмицелла (В); 4 - субмицелла (С); 5 - поверхностно-активные вещества; 6 - эмульгированный жир; 7 - эмульгированная влага; 8 - белок семян подсолнечника; 9 - гидратная оболочка субмицеллы.

В основе инновационной стратегии лежит разработка технологии полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного замороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника в качестве дополнительного источника белковых веществ, реализация функционально-технологических свойств белков животного и растительного происхождения, обеспечение высокой эмульгирующей способности и устойчивости полученной системы, а также ее структурообразование с помощью желатина с заданными структурно-механическими свойствами.

В рамках разработанной инновационной стратегии важным является установление технологических параметров, обеспечивающих подготовку молочного-растительного сырья, перевод белка творога в растворимое состояние, получение эмульсионной системы как основы готового продукта.

Особенностью технологии полуфабриката творожного структурированного является использование творога нежирного замороженного с добавлением к нему цитрата натрия, что обеспечивает необходимый ионообмен. При этом, вследствие гидролиза цитрата натрия происходит разрушение «кальциевых мостиков» молочного белка, увеличивается гидратация и он переходит в растворимое состояние.

Добавление к этой белковой системе желатина будет способствовать комплексообразованию и созданию дисперсионной среды для дальнейшего эмульгирования смеси растительных жиров (рис. 4.1).

В полученную эмульсионную систему на основе комплекса белков творога нежирного и желатина добавляется концентрат ядра семян подсолнечника, при диспергировании которого образуется сложная полидисперсная коллоидная эмульсионная система. Поверхностно-активными веществами при образовании и стабилизации такой эмульсии могут выступать водорастворимые белки концентрата ядра семян подсолнечника, творога и желатина - альбумины и псевдоглобулины.

Таким образом, совместное использование молочного и растительного сырья при осуществлении определенных научно обоснованных технологических операций, способное придавать технологической системе определенные свойства, отличные от их простой смеси, с образованием трехмерной сетчатой структуры, которая может быть использована для стабилизации гетерогенных систем.

На основе приведенной гипотезы и инновационной стратегии (рис. 4.1) была разработана модель технологической системы (рис. 4.2) получения полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного замороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника.

Модель технологической схемы предусматривает следующие подсистемы: Е - «Подготовка компонентов»; D - «Получение белковой основы»; С - «Образование эмульсионной системы»; В - «Образование дисперсной эмульсионной системы»; А - «Получение полуфабриката творожного структурированного», в пределах каждой из которых реализуется четко определенная цель

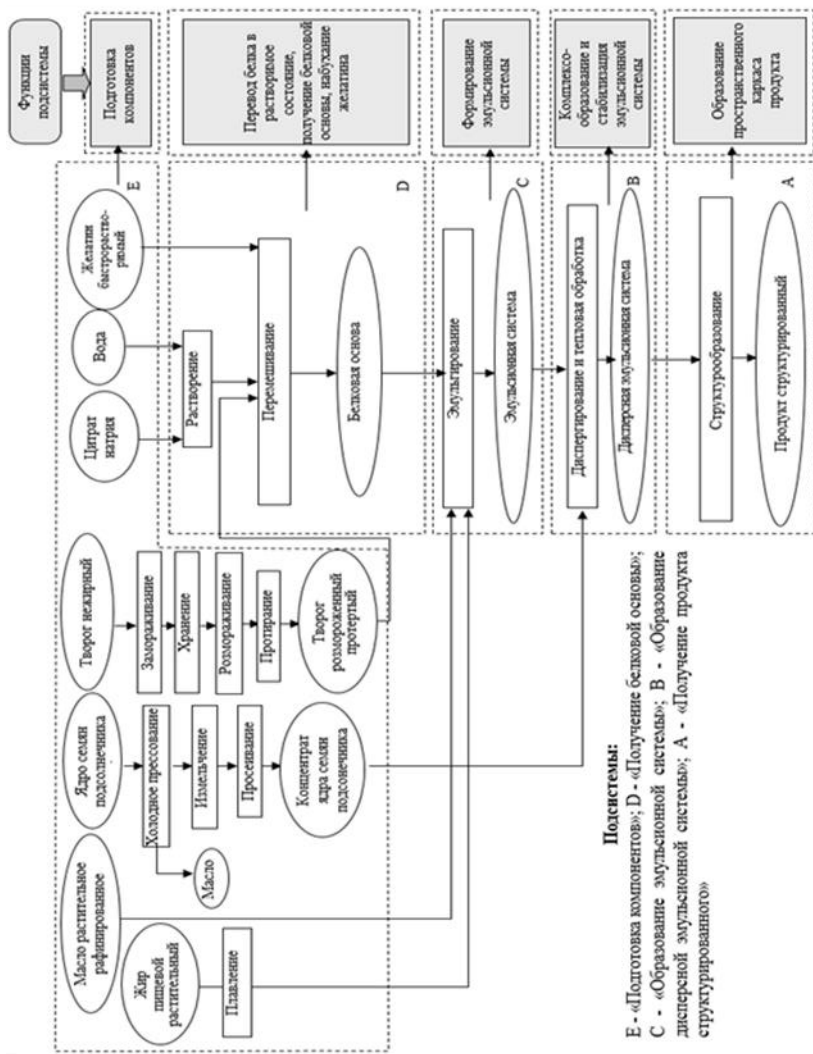


Рис. 4.2. Модель технологической системы получения полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного замороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника: А, В, С, D, E – подсистемы

Разработанные модели (рис. 4.1, 4.2) позволяют стратегически определиться с необходимыми теоретическими и экспериментальными исследованиями для их реализации наиболее экономически выгодным способом.

Следующий этап был направлен на проведение необходимых аналитико-экспериментальных работ, как в пределах каждой из подсистем, так и в пределах технологической схемы в целом.

4.2. Обоснование содержания основных рецептурных компонентов

4.2.1 Обоснование содержания творога размороженного как белковой основы

На качество творога влияют масса фасовки и материал единичной упаковки, способ замораживания, температура и продолжительность низкотемпературного хранения, способ размораживания.

Вышеизложенное послужило основанием для изучения результатов технологического процесса холодильной обработки творога, включающий следующие стадии:

- фасовки и упаковки;
- замораживания;
- хранения;
- размораживания.

Согласно нормативному документу масса творога нежирного размороженного мелкой фасовки в случае упаковки в пергамент и полиэтиленовую пленку должна быть не более 0,5 кг, мы приняли массу 0,2 кг, а также блочной фасовки – не более 6, 0 кг.

Был исследован творог нежирный с концентрацией жира $\leq 2\%$. Творог фасовали и упаковывали брикетами массой по 0,2 кг в пергамент и вкладывали в коробки с вкладышами из полиэтиленовой пленки, а также блоками массой по 6,0 кг, упакованные в полиэтиленовую пленку. После этого замораживали, хранили и размораживали (табл. 4.1 ... 4.5).

Режимы замораживания, хранения, размораживания были избраны следующие (табл. 4.1).

Замораживание медленное, при котором творог при температуре 4 ± 1 °C перемещается в камеру с температурой воздуха минус 8 ± 1 °C, после снижения температуры продукта до минус 8 ± 1 °C, его перемещают в следующую камеру с температурой минус 18 ± 1 °C, а затем в следующую, с температурой минус 25 ± 1 °C. Замораживание проходит свободным конвекционным способом до средней конечной температуры соответственно минус 8 ± 1 °C, минус 18 ± 1 °C, минус 25 ± 1 °C. Скорость замораживания составляет $(0,5 \dots 2)$ °C/ч.

Таблица 4.1. Режимы замораживания, хранения и размораживания творога нежирного

Наименование	Температура
Замораживание медленное	постепенное снижение температуры от $4 \pm 1^\circ\text{C}$ до: I – $-8 \pm 1^\circ\text{C}$; II – $-18 \pm 1^\circ\text{C}$; III – $-25 \pm 1^\circ\text{C}$
Замораживание быстрое	$-25 \pm 1^\circ\text{C}$
Хранение	$-8 \pm 1^\circ\text{C}$; $-18 \pm 1^\circ\text{C}$; $-25 \pm 1^\circ\text{C}$
Размораживание медленное	$+10 \dots 15^\circ\text{C}$ до температуры в продукте $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$
Размораживание быстрое	$+40 \dots 45^\circ\text{C}$ до температуры в продукте $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$
Размораживание двухстадийное: – первая стадия; – вторая стадия	$20 \pm 1^\circ\text{C}$ до температуры в продукте $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$, $40 \dots 45^\circ\text{C}$ до температуры в продукте $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$

Замораживание быстрое. Упакованный творог при температуре $4 \pm 1^\circ\text{C}$ перемещается в холодильную камеру с температурой минус $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Скорость замораживания составляет $(10,0 \pm 0,5)^\circ\text{C/ч}$.

Хранение. Заранее замороженный творог хранится при температуре не выше минус $8 \pm 1^\circ\text{C}$. При этом режиме осуществляют транспортировку замороженного творога в авторефрижераторах. Температура минус $18 \pm 1^\circ\text{C}$ и минус $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Эти температурные режимы применяются на пищевых производствах.

Размораживание медленное. Принят диапазон температур $10 \dots 15^\circ\text{C}$ до температуры в середине продукта $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ в течение $72 \times 60^2\text{с}$,

Размораживание быстрое. При температуре воздуха $40 \dots 45^\circ\text{C}$, в течение $(6 \dots 12) \times 60^2\text{с}$ до температуры в продукте $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$. Уровень температуры находится в пределах температуры денатурации белков, поднимать температуру выше указанного диапазона нецелесообразно.

Размораживание двухстадийное. Сначала при температуре воздуха $20 \pm 2^\circ\text{C}$ до температуры в продукте $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$, затем $40 \dots 45^\circ\text{C}$ до температуры в продукте $0 \pm 1,0^\circ\text{C}$ продолжительностью $(9 \dots 12) \times 60^2\text{с}$.

При проведении экспериментов технологического процесса холодильной обработки (табл. 4.2, 4.3,) были взяты образцы творога полученного кислотнo-сычужным способом. Творог полученный этим способом, был выбран с позиции его большей выработки, по сравнению с кислотным. Кроме этого, творог, выработанный кислотнo-сычужным способом, по сравнению с творогом, произведенным кислотным способом, отличается более высоким содержанием свободных аминокислот [5], что объясняется продолжительностью сквашивания и влиянием сычужного фермента, который обладает протеолитическим действием [6, 7] и обеспечивает пластическую и однородную текстуру.

При этом брали образцы: творог нежирный, с содержанием жира не более 2% и белка не менее 20%, а титруемая кислотность в пределах $170 \dots 250^\circ\text{T}$.

Таблица 4.2. Результаты исследований технологического процесса холодильной обработки творога нежирного при быстром способе замораживания

Показатель		Значение в зависимости от вида упаковки массы нетто								
Вид упаковки		пергамент			пленка					
Масса нетто, кг		0,2			6,0					
Хранение	Температура, °С	-8±1	-18±1	-25±1	-8±1	-18±1	-25±1	-8±1	-18±1	-25±1
	Продолжительность, мес.	12								
Потери массы при способе размораживания, %	Медленное	10,3±0,5	8,6±0,4	7,5±0,3	9,0±0,4	7,9±0,3	6,8±0,3	14,8±0,7	13,7±0,6	12,9±0,6
	быстрое	4,3±0,2	4,2±0,2	3,9±0,2	4,2±0,2	3,0±0,2	3,6±0,2	5,6±0,3	5,0±0,2	4,6±0,2
	двухстадийное	4,6±0,2	4,2±0,2	3,8±0,2	4,4±0,2	3,4±0,1	3,9±0,2	6,2±0,3	5,7±0,2	4,9±0,2

Из табл. 4.2 и 4.3 видно, что вид упаковки и масса фасовки влияют на величину потерь массы творога после замораживания, хранения и размораживания. При упаковке продукта в полиэтиленовую пленку эти потери снижаются. Продолжительность процесса обусловлена малой поверхностью теплообмена размораживаемого блока при большей массе.

Изменение массы творога наблюдается при изменении температуры хранения. Так при температуре минус $8 \pm 1,5$ °С потери массы при размораживании медленным способом творога, фасованного блоками составили $17,9 \pm 0,7\%$, а при температуре минус $25 \pm 1,5$ °С, при тех же условиях - $15,0 \pm 0,7\%$. На основе анализа результатов табл. 4.2 и табл. 4.3 и наблюдений в процессе экспериментов, а также дегустационных оценок можно отметить, что величина температуры влияет на морфологическое строение, которое формирует качество продукта.

Кроме того большое значение имеет стабильность температуры замораживания. Чем ниже температура, по утверждению автора [2] минус $25 \pm 1,5$ °С, тем в большей степени спонтанно образуется большее количество центров кристаллизации льда, что практически не вызывает ощутимых изменений текстуры творога. Не исключено, что при размораживании мелких, равномерно распределенных кристаллов льда, влага распределяется по всей массе. Следовательно, можно предположить, что мелкие кристаллы льда, которые образуются в середине творожного зерна творога, разрушают его не существенно.

Особо следует подчеркнуть, что для сохранения качества и уменьшения потерь массы творога одна из главных ролей в технологическом процессе холодильной обработки отводится способу размораживания.

Таблица 4.3. Влияние холодильной обработки творога нежирного при медленном способе замораживания на потери массы

Показатель		Значение в зависимости от вида упаковки и массы нетто								
Вид упаковки		пергамент			пленка					
Масса нетто, кг		0,2						6,0		
Хранение	Температура, °С	-8±1	-18±1	-25±1	-8±1	-18±1	-25±1	-8±1	-18±1	-25±1
	Продолжительность, мес.	12								
Потери массы при способе раз мораживания, %	медленное	17,8±0,9	17,0±0,8	16,1±0,9	17,4±0,8	16,8±0,8	15,3±0,7	21,8±0,2	19,9±0,0	18,4±0,9
	быстрое	11,4±0,5	11,2±0,5	10,7±0,5	11,0±0,5	10,8±0,5	10,3±0,5	16,0±0,8	15,3±0,7	15,0±0,7
	двухстадийное	11,6±0,5	11,6±0,5	10,8±0,5	11,0±0,5	10,8±0,6	10,5±0,5	16,1±0,7	15,9±0,8	15,3±0,7

После быстрого замораживания и хранения размораживание быстрым способом до $(6...12) \times 60^2$ с позволяет уменьшить потери до 3,6 ... 4,6%; двухстадийный способ размораживания снижает потери до 3,9 ... 4,9%, продолжительность этого способа не существенно отличается от быстрого способа; медленный способ размораживания продолжительностью до 72×60^2 с также позволяет сократить потери творога до 6,8 ... 12,9% (табл. 4.4).

После медленного замораживания и хранения, размораживание при медленном способе продолжительностью до 72×60^2 с приводит к максимальным потерям массы творога (17,4 ... 21,8%).

Таблица 4.4. Влияние технологических стадий процесса холодильной обработки на потери массы творога нежирного

Технологический процесс холодильной обработки			Потери, %
замораживание	хранение, мес	размораживание, с	
медленное	12	быстрое $(6...12) \times 60^2$	10,3...15,0
медленное	12	двухстадийное $(9...12) \times 60^2$	10,5...15,3
медленное	12	медленное до 72×60^2	17,4...21,8
быстрое	12	быстрое $(6...12) \times 60^2$	3,6...4,6
быстрое	12	двухстадийное $(9...12) \times 60^2$	3,9...4,9
быстрое	12	медленное до 72×60^2	6,8...12,9

При медленном способе замораживания и температур выше минус 18 ± 1 °С центры кристаллизации воды образуются неравномерно, что способствует образованию крупных кристаллов, при таянии которых при размораживании творога, образуется крупчатая и рассыпчатая структура с неравномерным выделением влаги по всей массе, и частичное ее свободное выделение из продукта со снижением влагоудерживающей способности (рис. 4.3).

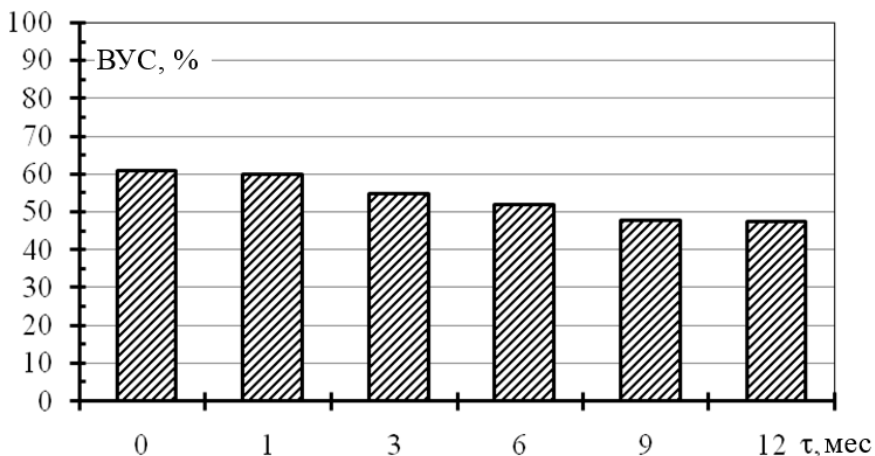


Рис 4.3. Зависимость влагоудерживающей способности творога нежирного от продолжительности хранения при температуре минус 25°С.

Полученные результаты изучения эффективной вязкости, влагоудерживающей способности, предельного напряжения сдвига свидетельствуют, что после быстрого замораживания, хранения и быстрого размораживания вышеназванные показатели уменьшаются. Так эффективная вязкость снижается на 9 ... 13 Па·с, влагоудерживающая снижается на 8 ... 12% (рис. 4.3), а предельное напряжение сдвига снижается на 27...49 Па (табл. 4.5). Это связано, на наш взгляд, с уменьшением агрегативной устойчивости сгустка белка творога.

Эти результаты совпадают с исследованиями [88], из которых можно констатировать, что прочность структуры творога уменьшается при холодильной обработке.

Таким образом замораживание, хранение и размораживание сопровождается преобразованием влаги, которая содержится в твороге в кристаллы льда, что влияет на теплофизические и структурно-механические свойства. Нарушение связей влаги с белками приводит к ухудшению его гидрофильных свойств [8]. Уменьшение эффективной вязкости творога (табл. 4.5), которая характеризует реологические свойства, вероятно связано с разрушением структурной сетки белкового комплекса творога.

В процессе холодильной обработки в твороге происходят изменения его качества (рис. 4.2 ... 4.5). Они зависят от температуры, вида упаковки, массы и способа замораживания и размораживания творога [9;10;11; 12]. На органолептические свойства последнего влияют биохимические изменения молочного жира, которые, как правило, развиваются в двух направлениях: гидролитический распад и окисление. При низких температурах преобладают окислительные процессы, в результате чего жир прогоркает[13].

Таблица 4.5. Результаты исследований влияния холодильной обработки на эффективную вязкость, влагоудерживающую способность, предельное напряжение сдвига творога нежирного

Показатель		Значение в зависимости от вида упаковки, массы нетто и температуры								
		пергамент			пленка					
		0,2 кг					6,0 кг			
		-8±1,5	-18±1,5	-25±1,5	-8±1,5	-18±1,5	-25±1,5	-8±1,5	-18±1,5	-25±1,5
Эффективная вязкость, Па×с	до замораживания	71,4±2,5	71,4±3,5	71,4±3,5	71,4±3,5	71,4±3,5	71,4±3,5	71,4±3,5	71,4±3,5	71,4±3,5
	после размораживания	60,1±3,0	59,2±3,0	58,3±2,9	59,1±2,9	59,3±2,9	57,9±2,8	58,3±2,9	59,0±2,9	59,4±2,9
Влагоудерживающая способность, %	до замораживания	61,1±3,0	61,1±3,0	61,1±3,0	61,1±3,0	61,1±3,0	61,1±3,0	61,1±3,0	61,1±3,0	61,1±3,0
	после размораживания	49,8±2,4	49,8±2,5	50,0±2,5	48,2±2,4	49,1±2,4	49,2±2,4	48,1±2,4	48,4±2,4	48,9±2,4
Предельное напряжение сдвига, Па	до замораживания	472±23	468±23	484±24	496±25	479±24	468±23	470±23	463±23	481±24
	после размораживания	437±22	430±21	435±21	441±22	428±21	420±21	430±21	418±21	440±22

Изменения в молочном жире устанавливают контролем образования свободных жирных кислот (кислотное число) и первичных продуктов окисления (перекисное число) [13; 14...24].

Опытные образцы брали перед замораживанием, в процессе замораживания, после размораживания и в процессе хранения. Установлено, что кислотное число жира творога расфасованного массой 0,2 кг в течение всего срока хранения имеет более высокие показатели, по сравнению с сыром кисло-молочным нежирным, расфасованным массой 6,0 кг (рис. 4.4).

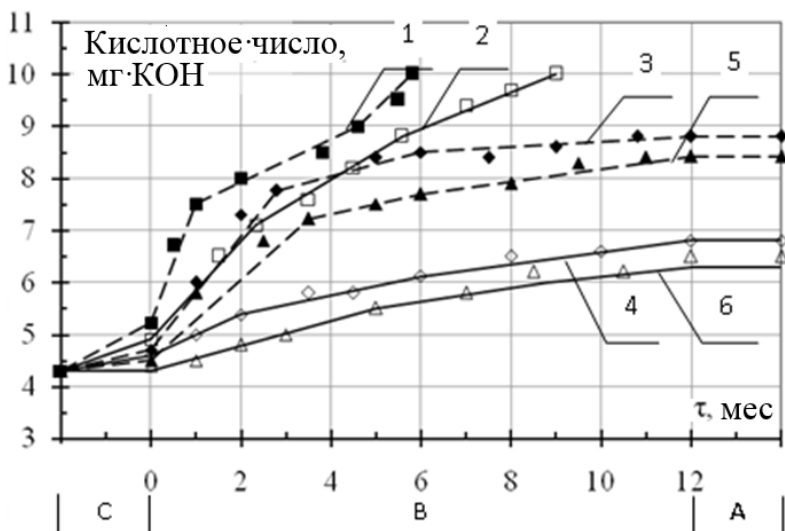


Рис. 4.4. Изменение кислотного числа жира творога нежирного при медленном замораживании (С), хранении (В), быстром размораживании (А) при температуре: 1, 2 - -8 ± 1 °С; 3, 4 - -18 ± 1 °С; 5, 6 - -25 ± 1 °С (- творог массой 6 кг, --- творог массой 0,2 кг)

Из полученных данных видно, что при медленном замораживании творога массой 0,2 кг при температуре минус 8 ± 1 °С кислотное число увеличивается на 23,0%, минус 18 ± 1 °С - на 16,6%, минус 25 ± 1 °С - на 11,2%.

При быстром замораживании кислотное число жира творога массой 0,2 кг меняется в меньшей степени; при температуре минус 8 ± 1 °С на 4,3%, минус 18 ± 1 °С - на 3,5%, минус 25 ± 1 °С - на 2,9% (рис 4.5).

Установлено, что при хранении изменения этих показателей зависят от температуры хранения и скорости замораживания. Так в образцах быстрозамороженных через 6 месяцев хранения при температуре минус 18 ± 1 °С кислотное число жира творога нежирного увеличилось на 20,8%. В образцах медленно размороженного продукта - при температуре минус 18 ± 1 °С - 44,1%. Усиление окислительных процессов в медленно замороженном сыре кисломолочном является следствием биохимических изменений, которые продолжают при процессе замораживания, и при увеличении количества дестабилизированной жира [8], что подвергается в большей степени процессам окисления.

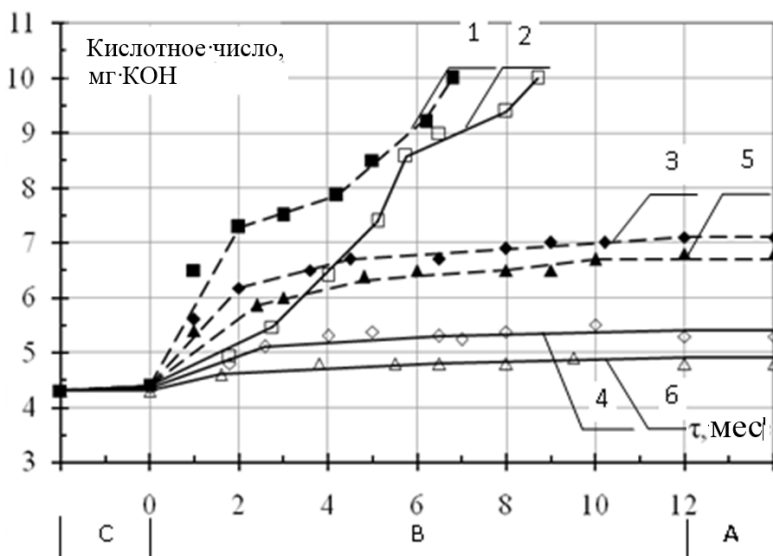


Рис. 4.5. Изменение кислотного числа жира творога при быстром замораживании (С), хранении (В), быстром размораживании (А) при температуре: 1, 2 - -8 ± 1 °С; 3, 4 - -18 ± 1 °С; 5, 6 - -25 ± 1 °С (— творог массой 6 кг, - - - творог массой 0,2 кг)

С понижением температуры хранения до -25 ± 1 °С биохимические изменения жира замедлились и его кислотные числа через 6 месяцев хранения в медленно замороженном твороге нежирном увеличились на 32,6%. В быстро замороженном твороге этот показатель увеличился лишь на 12,9%.

Перекисные числа жира творога нежирного в процессе быстрого замораживания практически не изменились (рис. 4.7), а в процессе медленного замораживания увеличились (рис. 4.6).

При температуре хранения -8 ± 1 °С протекания биохимических процессов молочного жира более интенсивный. Через 6 месяцев хранения перекисное число жира творога нежирного увеличилось в 2,4 раза при быстром и в 2,8 раза при медленном замораживании.

При температуре хранения -18 ± 1 °С в жире быстро размороженного творога фасовкой 6 кг перекисное число оставалось в допустимом диапазоне в течение 10 месяцев, а при температуре -25 ± 1 °С - более 12 месяцев.

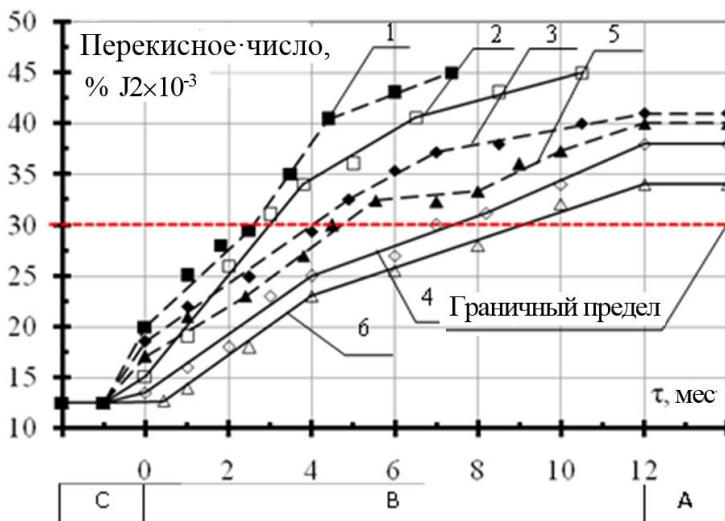


Рисунок 4.6. Изменение перекисного числа жира творога при медленном замораживании (С), хранении (В), медленном размораживании (А): 1, 2 - творог, замораживания и хранения при температуре $-8 \pm 1^\circ\text{C}$; 3, 4 - при температуре $-18 \pm 1^\circ\text{C}$; 5, 6 - при температуре $-25 \pm 1^\circ\text{C}$ (– творог массой 6 кг, - - - творог массой 0,2 кг)

Также нами было изучено влияние вида фасовки и упаковки на качество продукта размороженного быстрым способом. Установлено, что интенсивное увеличение перекисного числа происходит в сыре кисломолочном фасованного 0,2 кг, что связано с большими окислительными изменениями молочного жира из-за увеличения поверхности контакта продукта с кислородом воздуха. Кроме того, это более выражено в твороге при температуре хранения минус $8 \pm 1^\circ\text{C}$. Перекисное число творога за 6 месяцев его хранения при температуре минус $25 \pm 1^\circ\text{C}$ в блоках массой 6,0 кг увеличивается в 1,28 раза, в брикетах массой 0,2 кг - в 1,92 раза.

Из проведенных опытов установлено, что интенсивность окислительных изменений жира творога зависит от способа замораживания и размораживания, режимов хранения, вида упаковки и массы фасовки.

При медленном замораживании скорость образования первичных продуктов окисления более интенсивная, что вызывает влияние на процесс окисления молочного жира при дальнейшем хранении.

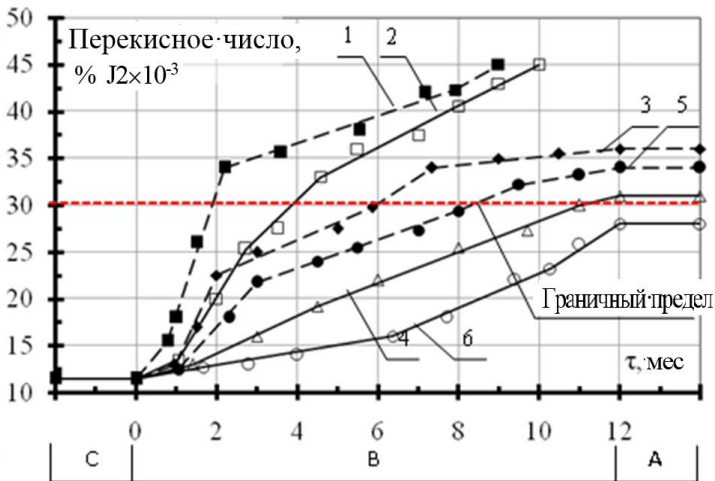


Рис. 4.7. Изменение перекисного числа жира творога при быстром замораживании (С), хранении (В), быстром размораживании (А) при температуре: 1, 2 -8 ± 1 °C; 3, 4 -18 ± 1 °C; 5, 6 -25 ± 1 °C (— творог массой 6 кг, - - - творог массой 0,2 кг)

В быстрозамороженном и быстро размороженном твороге окислительные процессы жира при хранении менее интенсивные и остаются в допустимом диапазоне $-0,03\%$ для творога нежирного массой 6,0 кг при температуре минус 25 ± 1 °C до 12 месяцев и для творога 0,2 кг при температуре минус 25 ± 1 °C до 8 месяцев.

Схема технологического процесса холодильной обработки творога, приведенная на рис. 3.8, позволяет хранить продукт в замороженном состоянии до 12 месяцев, с минимальными потерями массы продукта, с достаточно высокими органолептическими и качественными показателями.

Подсистема D - «Подготовка творога к замораживанию». Для этого творог упаковывают в пергамент и полиэтиленовую пленку массой не более 0,2 кг, или в пленку не более 6,0 кг.

Подсистема С - «Замораживание». Замораживают творог быстро до температуры минус 25 ± 1 °C. Процесс замораживания продолжается до достижения постоянной температуры внутри продукта.

Подсистема В - «Хранение». Хранится творог при температуре минус 18 ± 1 °C и минус 25 ± 1 °C в течение 12 месяцев. Особо надо подчеркнуть, что в помещении, где хранится продукт не должно быть колебаний температуры воздуха, она должна быть постоянной. Колебания температуры приводят к перекристаллизации мелких кристаллов в более крупные, и к нежелательным последствиям (ухудшение органолептических качеств и снижение физико-химических показателей, и, как следствие, ухудшение качества).

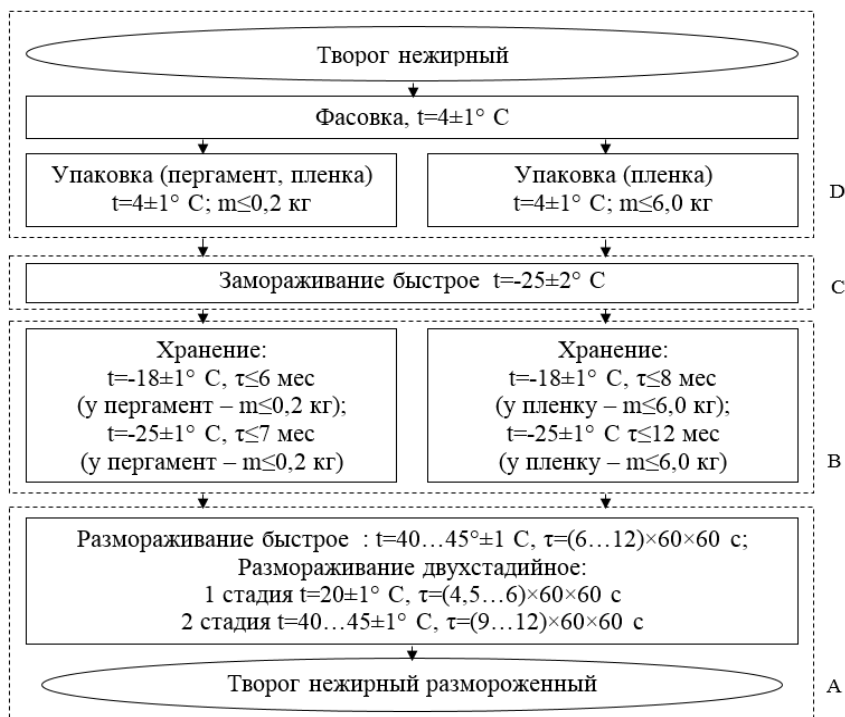


Рис. 4.8. Схема технологического процесса холодильной обработки творога нежирного размороженного

Подсистема А - «Размораживание». Быстрое размораживание уменьшает потери и сохраняет качество продукта. Режимы его проведения: $t = 40...45 \pm 1^\circ \text{C}$ в течение $(6...12) \times 60^2 \text{с}$. Двухстадийное размораживания делится на два этапа:

- размораживание при температуре $20 \pm 1^\circ \text{C}$ в течение $(4,5...6) \times 60^2 \text{с}$;
- размораживание при температуре $40...45 \pm 1^\circ \text{C}$ в течение $(9...12) \times 60^2 \text{с}$.

4.2.2. Характеристика функционально-технологических свойств концентрата ядра семян подсолнечника

Одним из видов растительного белкового сырья для использования в пищевых технологиях является ядро семян подсолнечника, которое имеет высокую биологическую ценность. По данным авторов [2; 25] белок ядра семян подсолнечника наиболее приближен к стандарту - белку куриного яйца по сравнению с другими растительными белками.

Ядро семян подсолнечника содержит от 25 до 57% растительных липидов, которые состоят из триглицеридов, жирных кислот и незначительного количества каротиноидов. В составе также присутствуют: белки (до 28%), углеводы (до 32%), дубильные вещества (до 1,8%), фитин (до 2,0%), кислоты (хлорогеновая, лимонная, винная) [25;26; 27; 28].

При переработке семян подсолнечника, кроме масла получают до 35% шрота (или жмыха), в котором содержится: белка 30 ... 36%, жира 5 ... 9%, углеводов 20%, пектина 20%, фитина 3,5% , минеральные вещества, вода и жирорастворимые витамины.

Для использования белка ядра семян подсолнечника в разрабатываемой технологии, нами был предложен новый способ получения концентрата ядра семян подсолнечника на специальном оборудовании - экспериментальный стенд (рис. 4.2) для получения масла из чистого ядра без лузги методом холодного прессования при температуре не выше 50 °С. В результате чего было получено два новых продукта: масло и концентрат ядра семян подсолнечника.

Экспериментальный стенд состоит из рабочей камеры 4, для подачи семян над камерой расположен бункер 5 с каналом подачи семян 6, рабочая камера имеет транспортно-размолочную зону 7 и выжимную зону 8, оснащенные нагревательными элементами. Рабочая камера заканчивается матрицей 10 с отверстиями 11 для выхода отжимок и каналом 12 в вале полого отжимного шнека для выхода масла. Привод установки состоит из мотор-редуктора 1 и муфты 2, соединяющейся с валом шнека 3. В середине рабочей камеры находится полый отжимной шнек 8 (рис.4.10).

Сначала включаются электронагревательные элементы 9, в результате чего стенка рабочей камеры 4 (рис.4.9) нагревается до заданной температуры. После пуска привода шнек 8 начинает вращаться. Через канал подачи 6 подаются семена, увлекаются витками 13 шнека 8 и перемещаются в межвитковое пространство шнека по полости рабочей камеры 4, уплотняясь, деформируясь по мере прессования вследствие уменьшения шага витков шнека и сокращения объема межвиткового пространства. Жестко фиксированные к внутренней стороне рабочей камеры 1 (рис 4.10) продольные ножи 2 вместе с шнеком 8 удерживают уплотненную массу семян от прокрутки, обеспечивая продольное перемещение массы в транспортно-размолочную зону 4 рабочей камеры 1.

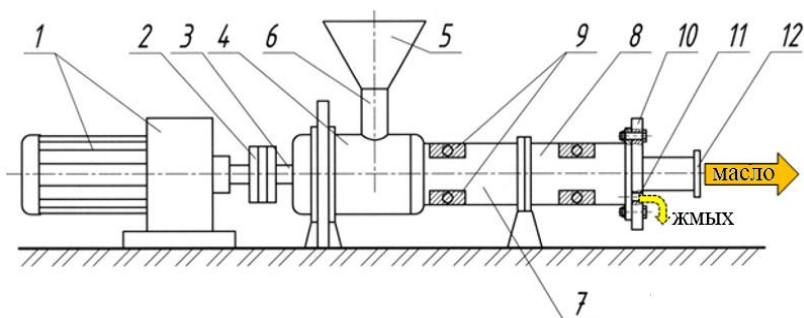


Рис. 4.9. Экспериментальный стенд для получения концентрата ядра семян подсолнечника: 1 мотор-редуктор; 2-муфта; 3-вал шнека; 4-рабочая камера; 5-бункер; 6-канал подачи семян; 7 транспортно-размолочная зона; 8-отжимная зона; 9 нагревательные элементы; 10-матрица 11-отверстия для выхода отжимок; 12-канал для выхода масла

Попадая в межвитковое пространство, где установлена группа дробильных насадок 14 (рис. 4.10), деформированные части семян размалываются. Продолжая сжиматься при вращении шнека 8 и разогреваясь, масса, прессуется, выделяет масло, которое через зерновые отверстия поступает внутрь шнека, а затем в канал 16 полого вала 10 и вытекает из пресса в емкости, а отжимки выдавливаются через отверстия 7 матрицы 6 в приемники для отжимок.

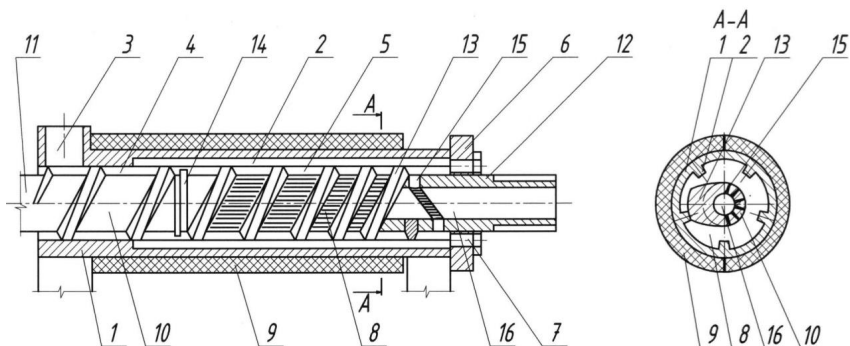


Рис. 4.10. Разрез рабочей камеры установки: 1 рабочая камера; 2-продольные ножи; 3- канал подачи семян; 4 транспортно-размолочная зона; 5-отжимная зона; 6-матрица 7-отверстия для выхода отжимок; 8 полый шнек; 9 нагревательные элементы; 10-вал шнека, 11-приводной конец вала; 12-выходной конец для масла; 13-витки шнека; 14-дробильная насадка; 15-зерновыеотверстия; 16-канал для выхода масла

Отгону масла к центральной зоне способствует приспособления во внутренней теплоотдающей поверхности рабочей камеры и выход газопаровоздушной смеси. При установке дополнительных дробильных насадок 14 в межвитковом пространстве отжимной зоны 5, в результате дополнительного перетирания и перемешивания массы, которая прессуется, процесс проходит с большей полнотой отжима масла. Нагревательные элементы 9 с внешней стороны имеют слой теплоизоляции.

Установлено (табл. 4.7), что органолептические показатели концентрата ядра семян подсолнечника позволяют эффективно применять его в составе полуфабриката творожного структурированного на основе творога размороженного за счет высокой дисперсности, нейтрального или слабого запаха подсолнечного масла и нейтрального вкуса. Идентифицировано и количественно определено 18 аминокислот (табл. 4.8), суммарное содержание эссенциальных аминокислот составляет 32,54%, что позволяет характеризовать концентрат ядра семян подсолнечника как продукт высокой биологической ценности.

Таблица 4.7. Характеристика органолептических показателей концентрата ядра семян подсолнечника

Показатель	Характеристика показателя
Внешний вид	Порошок тонкого размолас размерами частиц ≤ 50 мкм
Цвет	Белый со светло-серым оттенком
Запах	Нейтральный или слабый запах подсолнечного масла
Вкус	Нейтральный

Биологическую ценность белков концентрата ядра семян подсолнечника оценивали по расчетным значениям аминокислотного сора, коэффициента различия аминокислотного сора (КРАС), биологической ценности (БЦ) и коэффициента утилитарности белка (U) (табл. 4.9).

Важным показателем биологической ценности белка является не только наличие всех этих аминокислот, но и их сбалансированность [29]. Для оценки уровня треонина был рассчитан «треониновый» индекс (табл. 4.10).

Из табличных данных видно, что присутствуют лимитирующие кислоты - изолейцин, лейцин и лизин, другими аминокислотами белокперегружен

Таблица 4.8. Аминокислотный состав белка концентрата ядра семян подсолнечника

Наименованиеаминокислоты	Содержание, мг/100г
Общее количество аминокислот	48785
Незаменимые аминокислоты:	15874
Валин	2494
Изолейцин	1783
Лейцин	3193
Лизин	1824
Метионин	1002
Треонин	2274
Триптофан	856
Фенилаланин	2438
Заменимые аминокислоты	32911
Аланин	2204
Аргинин	4329
Аспаргиновая кислота	4339
Гистидин	1344
Глицин	2646
Глутаминовая кислота	9824
Пролин	2775
Серин	2035
Тирозин	1398
Цистин	1017

Таблица 4.9. Показатели биологической ценности белка концентрата ядра семян подсолнечника

Наименование аминокислоты	Требования ФАО/ВОЗ, мг/г белка	Концентрат ядра семян подсолнечника	
		аминокислоты, мг в 1 г белка	аминокислотный скор, %
Лизин	55	37,4	68,0
Треонин	40	46,6	116,5
Валин	50	51,1	102,2
Метионин+цистин	35	39,3	112,3
Изолейцин	40	36,5	91,3
Лейцин	70	65,5	93,6
Фенилаланин+тирозин	60	78,7	131,2
Триптофан	10	17,8	178,0
КРАС, %		43,6	
Биологическая ценность, %		56,4	
U		0,65	

Таблица 4.10. Сбалансированность аминокислотного состава белка концентрата ядра семян подсолнечника

Наименование аминокислоты	Стандартная шкала	Сбалансированность по «треониновому» индексу
Треонин	1,00	1,00
Лизин	1,10	0,80
Валин	1,50	1,00
Метионин	0,70	0,44
Изолейцин	1,40	0,78
Лейцин	1,70	1,40
Фенилаланин	1,10	1,06
Триптофан	0,25	0,38

Анализ соотношения по «треониновому» индексу показал, что белок концентрата ядра семян подсолнечника лимитирован по метионину.

Химические показатели концентрата ядра семян подсолнечника приведены в табл. 4.11

Из таблицы 3.11 видно, что белок в концентрате находится в пределах 45 ... 50%, жир до 10%, содержание влаги колеблется в диапазоне 6,3 ... 6,9%, а также около 2,7% клетчатки.

Таблица 4.11. Характеристика химических показателей концентрата ядра семян подсолнечника

Наименование показателя	Массовая доля, %	
	на сырую массу	на сухую массу
Влага	6,6±0,3	-
Белок	47,8±2,3	51,2
Жир	9,4±0,4	10,1
Клетчатка	2,7±0,1	2,9

Из исследований водоудерживающей, жирудерживающей и жироземмулирующей способностей видно, что концентрат ядра семечек является хорошим эмульгатором, который неплохо удерживает влагу, и в некоторой степени - жирудерживающий компонент (табл. 4.12).

Таблица 4.12. Характеристика технологических показателей концентрата ядра семян подсолнечника

Наименование показателя	Способность, %	Рекомендованные нормы при введении в пищевые продукты, %
Водоудерживающая	96,6±4,7	150...250
Жирудерживающая	16,6±0,9	50...150
Жироземмулирующая	53,5±2,5	20...80

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований разработанного нами концентрата ядра семян подсолнечника считаем его высокоэффективной пищевой добавкой, которая обладает широким спектром функционально-технологических свойств. Это позволяет рекомендовать ее для использования в рецептуре полуфабриката творожного структурированного на основе творога размороженного, что обогатит его растительными белками, жирными кислотами.

4.2.3. Обоснование выбора структурообразователя

Большинство комбинированных продуктов, к которым относится и полуфабрикат творожный структурированный на основе творога размороженного, учитывая большой спектр химического состава и природы ингредиентов, являются сложными гетерогенными системами с единой внутренней структурой и общими физико-химическими свойствами. Для стабилизации текстуры, создания необходимых структурно-механических свойств используются пищевые добавки, которые вводят в рецептурный состав при приготовлении.

Важным аспектом в продукции гетерогенного типа является стабилизация полученной эмульсионной системы. Стабилизация осуществляется путем введения веществ, регулирующих прочность, структурную вязкость адсорбционных межфазных слоев и влияющих на изменение структурно-механических свойств: вязкость, температуру структурообразования, плавления и др. [30;31; 32; 33].

Основные требования к стабилизаторам:

- совместимость с дисперсной фазой и дисперсионной средой;
- регулирование скорости структурообразования;
- способность обеспечивать сохранность продукта в процессе хранения без синерезиса и пригодность продукта к кулинарной обработке;
- способность обеспечивать необходимые структурно-механические свойства;
- отсутствие токсичного и аллергенного действия;
- низкая стоимость, доступность.

Основными критериями выбора вида структурообразователя в исследованиях были безопасность, безвредность, низкая вязкость и высокая студнеобра-

зующая способность. Из существующих структурообразователей в пищевых технологиях успешно используются желатин и сульфатированные полисахариды: агар, каррагинан, фуцелларан [30].

В табл. 4.13 приведены их прочность, температура структурообразования и плавления. Анализ данных свидетельствует, что прочность гелей структурообразователя зависит от его химического состава, концентрации, источников получения и их природы. Концентрацию каппа-каррагинана - 1,0%, агара - 1,0%, фуцелларана - 2,0% и желатина быстрорастворимого - 3,0%; было взято исходя из того, что это минимальные рациональные концентрации студнеобразователей, которые приняты за основу при производстве пищевых продуктов [32;34].

Таблица 4.13. Функционально-технологические свойства студнейструктурообразователей

Структуро-образователь	Прочность геля, г	Температура структурообразования, $t_{стр.}, ^\circ\text{C}$	Температура плавления, $t_{пл.}, ^\circ\text{C}$	$t_{пл.}-t_{стр.}, ^\circ\text{C}$
Каппа-каррагинан (1,0% раствор)	450±18	20,0±0,4	59,0±0,9	38,0±1,5
Агар (1,0% раствор)	375±17	33,0±0,5	76,0±0,9	43,0±1,4
Фуцелларан (2,0% раствор)	115±6	22,0±0,4	58,0±0,8	36,0±1,2
Желатин быстрорастворимый (3,0% раствор)	345±16	18,0±0,2	33,0±0,3	14,0±0,5

Увеличение концентрации гелеобразователя способствует нарастанию количества межмолекулярных связей, наиболее вероятно, водородных. Несмотря на большую энергию водородной связи (20 кДж/моль), рост концентрации структурообразователя способствует существенному росту прочности, температуры структурообразования, плавления, а также эффективной вязкости, что проявляется как уплотнение сетки геля. Понятно, что функционально-технологические показатели имеют выраженный концентрационный характер, а это влияет на структурно-механические и органолептические показатели.

Исследование функционально-технологических свойств гелейструктурообразователей (табл. 4.13) проводили в соответствии с прочностью структуры 335...355 г аналога –творожного продукта FetaLissima. Установлено, что прочность геля 335 ... 355 г обеспечивается желатином быстрорастворимым при концентрации 3,0%. Подобную прочность могут обеспечить также каппа-каррагинан, агар и фуцелларан, однако при этом ухудшаются структурно-механические свойства готового продукта.

Из рисунка 4.8 видно, что фазовый переход жидкость-гель происходит при максимальной температуре на уровне 33 °С - у агар, при 22 °С - у фуццелларана, при 20 °С - у каппа-каррагинана, при 18 °С - у желатина.

У геля желатина самая низкая температура гелеобразования и плавления.

Как видно из рис. 4.11 величины эффективной вязкости желатина ниже по сравнению с аналогичными показателями сульфатированных полисахаридов.

Известно [168], что в большей степени для молочных продуктов как структурообразователь используют желатин, который гораздо лучше совмещается с белками молока, учитывая похожую природу белков.

Установлено (рис. 4.11), что при температуре выше 80 °С вязкость растворов студнеобразователей составляет: для каппа-каррагинана - $3,1 \pm 0,2 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, для агара - $1,7 \pm 0,1 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, для фуццелларана в - $3,7 \pm 0,2 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, для желатина - $0,9 \pm 0,1 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$. В температурном интервале фазового перехода жидкости в гель вязкость растворов составляет для каппа-каррагинана - $9,6 \pm 0,4 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, для агара - $7,6 \pm 0,3 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, для фуццелларана - $7,9 \pm 0,3 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$, для желатина - $2,4 \pm 0,1 \times 10^{-3} \text{Па}\cdot\text{с}$.

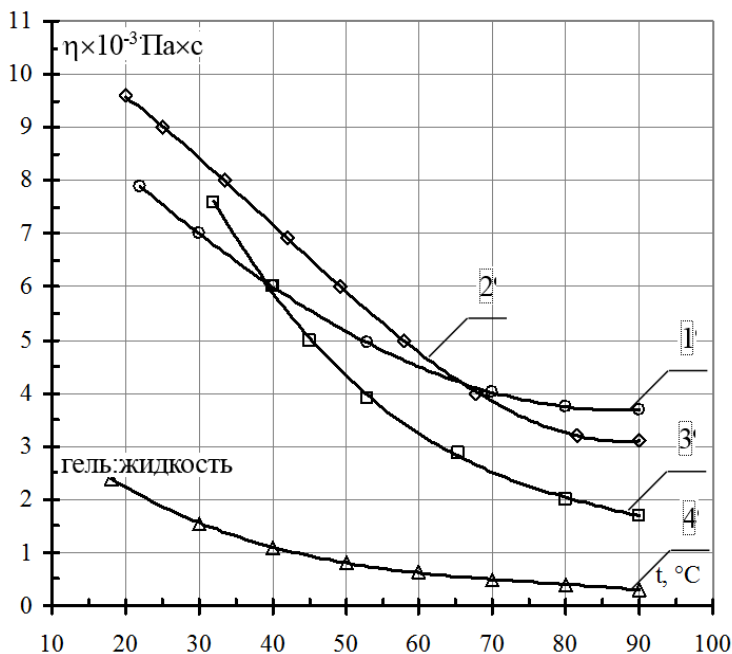


Рис. 4.11. Зависимость эффективной вязкости растворов структурообразователей от температуры: 1 - каппа-каррагинана - 1,0%, 2 - агара - 1,0%, 3 - фуццелларана - 2,0%, 4 - желатина - 3,0%

Таблица 4.14. Характеристика реологических показателей гелей и контрольного образца

Наименование, концентрация	Деформация, 10^{-4} м			Относительные		
	E_0	E_m	$E_{зал.}$	пластичность, %	упругость, %	эластичность, %
каппа-каррагинан (1,0% раствор)	2,74	4,29	0,75	17,5	63,9	36,1
Агар (1,0% раствор)	3,78	4,75	1,63	35,5	79,9	20,1
Фурцелларан (2,0% раствор)	8,81	14,21	4,59	32,3	69,0	31,0
Желатин быстрорастворимый (3,0% раствор)	3,40	4,00	1,60	40,0	85,0	15,0
Творожный продукт Feta Lissima	3,50	4,15	1,74	41,9	84,3	15,7

Из табл. 4.9 видно, что по функциональным свойствам желатин быстрорастворимый при концентрации 3%, лучше всего отвечает потребностям разрабатываемой технологии, и по мгновенной, максимальной, остаточной деформации, а также по относительным характеристикам – пластичности, упругости, эластичности – в наибольшей степени приближается к структурно-механическим характеристикам творожного продукта Feta Lissima, который был избран в качестве контрольного образца.

Гели каппа-каррагинана и агара имеют в своей структуре значительное количество агрегатов молекулярных спиралей и в большей степени они проявляют упруго-пластические, а одновременно с этим, в меньшей степени, - упруго-эластичные свойства. Гелям желатина в большей степени характерны упруго-эластичные свойства.

Очевидно, что от химического состава, природы веществ, входящих в состав геля, сила их взаимодействия придает им определенные механические свойства - пластичность, упругость, эластичность, вязкость, прочность, которые объективно характеризуют их структуру [35].

Для обеспечения термической стойкости белковой основы полуфабриката творожного структурированного при тепловой обработке и установления рациональных концентраций желатина быстрорастворимого, как структурообразователя и цитрата натрия, как регулятора pH, исследовали влагоудерживающую способность белка, связывая свободную влагу внесением желатина в сухом виде и влияя на pH белковой основы внесением цитрата натрия (рис. 4.12).

Анализ графиков (рис. 4.12) показал, что при увеличении концентрации цитрата натрия от $1 \pm 0,1$ до $3 \pm 0,1\%$ значения ВУС белковой основы при содержании желатина быстрорастворимого $1 \pm 0,1\%$, $2 \pm 0,1\%$, $3 \pm 0,1\%$ соответственно возрастает на 22%, 33% и 40%.

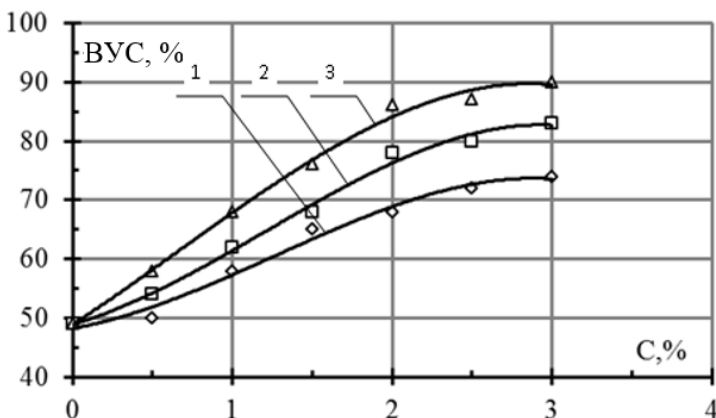


Рис. 4.12 Зависимость влагоудерживающей способности белковой основы от концентрации цитрата натрия при содержании желатина быстрорастворимого: 1-1%;2-2%; 3-3%

Итак, учитывая характеристики функционально-технологических свойств (прочность, температура структурообразования, плавления, процесс вязкого течения, концентрация студнеобразователя) и структурно-механических показателей (деформация мгновенная, максимальная, остаточная, относительная пластичность, упругость, эластичность) можно допустить, что рациональным при данных условиях является желатин быстрорастворимый как структурообразователь для модельной системы полуфабриката творожного структурированного на основе творога размороженного.

4.2.4. Выбор и обоснование жировой компоненты

Основным жировым компонентом молочных продуктов, в том числе и продуктов пастообразных, мягких, твердых, структурированных, выступает жир молочный. При этом он придает продуктам сливочный вкус и консистенцию [36;37].

Как известно, значительное снижение производства молока и его высокая себестоимость в Украине создали дефицит молочного жира, для применения в производстве молочных продуктов. Кроме того, новые экономические условия рынка заставили производителей искать ему замену на менее дефицитное, более дешевое жировое сырье с одновременным повышением биологической и пищевой ценности. Это привело к широкому использованию жиров различной природы и их композиций для частичной или полной замены молочного жира. Одним из таких жиров может быть масло подсолнечное рафинированное дезодорированное, использование которого позволяет повысить пищевую ценность и органолептические показатели молочных продуктов. Другим жиром является пищевой растительный жир, консистенция которого зависит от температуры и он может значительно влиять на структурно-механические характеристики продукта.

Масло подсолнечное содержит значительное количество важных эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот, которые играют значительную роль в организме человека [38]. Пищевой растительный жир в составе полуфабриката творожного структурированного позволит регулировать его структурно механические характеристики.

Для определения соотношения пищевого растительного жира и масла подсолнечного рафинированного дезодорированного, вносимых как жировой компонент в рецептуру полуфабриката творожного структурированного изучали их влияние на эффективную вязкость (рис. 4.13).

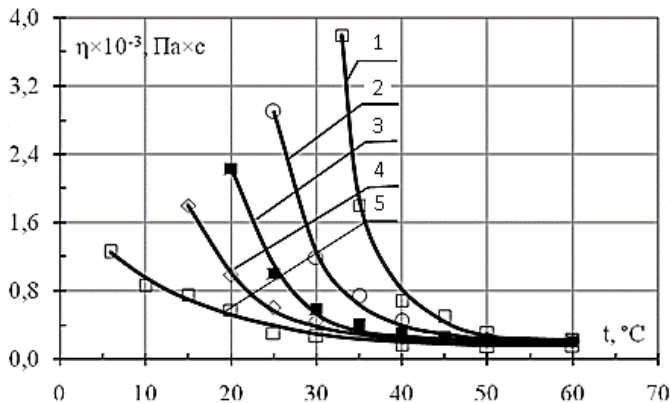


Рис. 4.13 Зависимость эффективной вязкости от температуры при соотношении масла и пищевого растительного жира: 1 - пищевой растительный жир; 2 - жир: масло - 1: 1; 3 - жир: масло - 1: 1; 4 - жир: масло - 1: 2; 5 - масло

Использование масла рафинированного дезодорированного и пищевого растительного жира в качестве жировой компоненты [8; 39; 40; 41; 42; 43; 44] позволяет не только расширить ассортимент, сбалансировать содержание полиненасыщенных жирных кислот, но и дает возможность дополнительно регулировать текстурные характеристики готового продукта. В молочном жире эссенциальных кислот очень мало: линолевая кислота содержится в пределах 1,5 ... 4,5%, линоленовая - 0,2 ... 0,21%, в то же время подсолнечное рафинированное дезодорированное масло содержит ~ 60% линолевой кислоты.

Установлено (рис. 4.13), что эффективная вязкость жировой компоненты масло: пищевой растительный жир в соотношении 1: 1 в большей степени приближается к вязкости геля желатина при концентрации 3%, избранного качества структурообразователя, и существенно не повлияет на процесс эмульгирования .

Известно, что эмульгирование – это процесс, происходящий с затратами энергии, следовательно его целесообразно осуществлять в зоне с низкой вязкостью, поэтому рациональной для эмульгирования считаем концентрацию жировой компоненты около 30% при температуре 30 ... 40 °С. Как показали

предыдущие исследования соотношения масла и пищевого растительного жира в жировой компоненте рациональным является соотношение 1: 1.

Эмульгирующую способность (рис. 4.15) молочно-растительной белковой основы полуфабриката творожного структурированного изучали установлением точки инверсии фаз при эмульгировании, изменяя концентрацию одного из основных компонентов рецептуры при температуре 30...40 °С с частотой мешалки $25 \pm 2\text{с}^{-1}$.

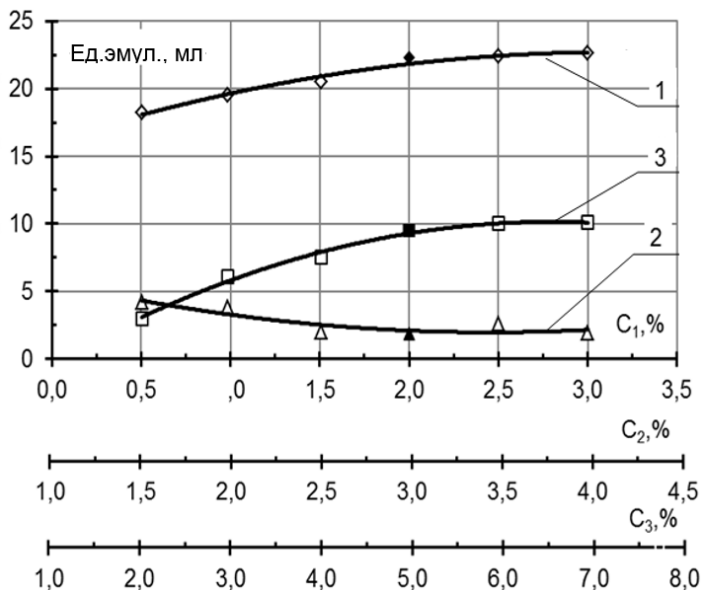


Рис. 4.15. Зависимость эмульгирующей способности белковой основы (творога нежирного размороженного) от концентрации основных компонентов: 1 - цитрата натрия (C_1), 2 - желатина (C_2), 3 - концентрата ядра семян подсолнечника (C_3)

Доказано (рис. 4.15), что добавление в конце эмульгирования концентрата ядра семян подсолнечника в пределах 3...7,0% способствует повышению эмульгирующей способности до 12 об. ед. масла, очевидно, вследствие роста содержания поверхностно-активных веществ. Добавление к белковой основе цитрата натрия в пределах 1... 3% способствует повышению эмульгирующей способности до 22 об. ед. масла, очевидно, вследствие роста pH. Добавление к белковой основе желатина в пределах 1 ... 5% вызывает незначительное снижение эмульгирующей способности от 2 об. ед. масла, что, наверное, связано с гидратационными изменениями основного белка творога размороженного и, очевидно, вследствие роста вязкости.

Установлено, что содержание неразрушенной фазы эмульсионной системы (табл. 4.15) зависит от содержания жира, концентрации компонентов.

Как видно из таблицы 4.15, при добавлении жировой компоненты - масла и пищевого растительного жира в соотношении 1: 1 в пределах 20 ... 50% в образец, содержащий 5% концентрата ядра семян подсолнечника, агрегативная устойчивость образованной эмульсионной системы растет в пределах 80,1...99,3%, кинетическая устойчивость растет в пределах 88,5...99,6%.

Таблица 4.15. Показатели устойчивости модельной эмульсии полуфабриката творожного структурированного

№	Содержание компонентов	Объем жи- ра,%	Агрегативная у- стойчивость,%	Кинетическая у- стойчивость,%
1	2	3	4	5
1	Творог нежирный 20%, желатин 3%, цитрат натрия 2%, концентрат ядра се- мян подсолнечника 5%	20	47,8	78,6
		30	64,4	87,5
		40	78,3	92,5
		50	85,5	94,6
2	Творог нежирный 30%, желатин 3%, цитрат натрия 2%, концентрат ядра се- мян подсолнечника 5%	20	66,9	84,5
		30	75,8	89,2
		40	88,5	93,4
		50	93,6	97,8
3	Творог нежирный 40%, желатин 3%, цитрат натрия 2%, концентрат ядра се- мян подсолнечника 5%	20	75,7	88,4
		30	81,6	93,5
		40	90,7	97,3
		50	95,9	98,6
4	Творог нежирный 30%, желатин 3%, цитрат натрия 2%, концентрат ядра се- мян подсолнечника 3%,	20	61,5	82,6
		30	73,4	86,3
		40	84,1	92,4
		50	89,7	95,1
5	Творог нежирный 30%, желатин 3%, цитрат натрия 2%, концентрат ядра се- мян подсолнечника 5%	20	80,1	88,5
		30	88,6	92,4
		40	90,2	95,5
		50	95,3	96,7
6	Творог нежирный 30%, желатин 3%, цитрат натрия 2%, концентрат ядра се- мян подсолнечника 7%,	20	88,6	92,3
		30	94,4	95,1
		40	95,0	97,2
		50	96,8	98,1
7	Творог нежирный 30%, концентрат яд- ра семян подсолнечника 5%, цитрат натрия 2%, желатин 1%	20	72,6	90,1
		30	81,4	93,2
		40	88,7	94,4
		50	90,5	96,5
8	Творог нежирный 30%, концентрат яд- ра семян подсолнечника 5%, цитрат натрия 2%, желатин 3%	20	85,2	84,6
		30	91,5	90,0
		40	92,3	92,5
		50	95,1	96,3
9	Творог нежирный 30%, концентрат яд- ра семян подсолнечника 5% , цитрат натрия 2%, желатин 5%	20	90,1	80,0
		30	95,2	84,5
		40	95,5	90,1
		50	96,3	94,6

Продолжение табл. 4.15

1	2	3	4	5
10	Творог нежирный 30%, концентрат ядра семян подсолнечника 5% желатин 3% цитрат натрия 1%	20	56,4	84,1
		30	67,6	90,6
		40	83,5	92,5
		50	89,8	95,6
11	Творог нежирный 30%, концентрат ядра семян подсолнечника 5% желатин 3% цитрат натрия 2%	20	73,7	90,4
		30	81,4	94,5
		40	89,8	96,6
		50	92,4	97,8
12	Творог нежирный, 30%; концентрат ядра семян подсолнечника 5% желатин 3%, цитрат натрия 3%	20	82,9	93,4
		30	88,5	97,5
		40	93,8	98,5
		50	95,9	98,8

В образце, содержащем 3% желатина, агрегативная устойчивость образованной эмульсионной системы возрастает в пределах 73,7 ... 98,3%, кинетическая устойчивость растет в пределах 84,6 ... 99,6%.

В образце, содержащем 2% цитрата натрия, агрегативная устойчивость образованной эмульсионной системы растет в пределах 85,2 ... 98,8%, а кинетическая устойчивость при этом возрастает в пределах 90,4 ... 99,7%.

Для исследования устойчивости эмульсии системы полуфабриката творожного структурированного строили диаграммы по стандартной методике (рис. 4.17 ... 4.20), заключающийся в измерении зависимости агрегативной и кинетической устойчивости от объема жира.

Анализ графиков (рис. 4.17 ... 4.20) показал, что добавление концентрата ядра семян подсолнечника в количестве $5 \pm 0,5\%$ к белковой основе полуфабриката творожного структурированного (творога нежирного размороженного) приводит к повышению агрегативной устойчивости до 88,6% и кинетической устойчивости до 92,4%. А добавление желатина быстрорастворимого в количестве $3,0 \pm 0,2\%$ приводит к повышению агрегативной устойчивости до 91,5% и снижению кинетической устойчивости до 90,0%.

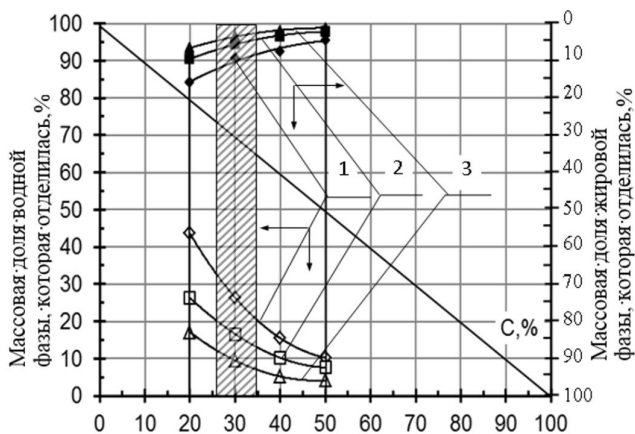


Рис. 4.17. Зависимость устойчивости эмульсионной системы от концентрации жировой компоненты при содержании цитрата натрия в рецептуре полуфабриката творожного структурированного, %: 1 - 1; 2 - 2; 3 - 3

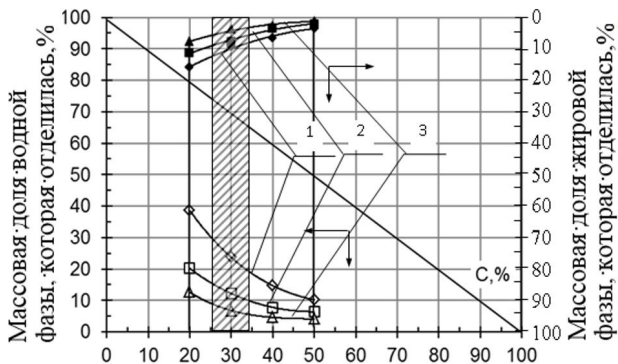


Рис. 4.18. Зависимость устойчивости эмульсионной системы от концентрации жировой компоненты при содержании концентрата ядра семян подсолнечника в рецептуре полуфабриката творожного структурированного, %: 1 - 3; 2 - 5; 3 - 7.

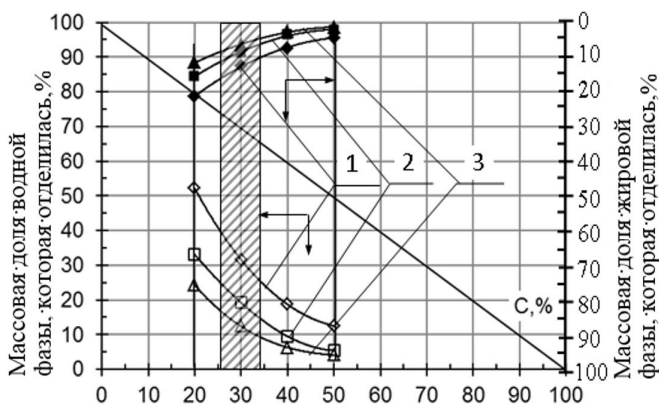


Рис. 4.19. Зависимость устойчивости эмульсионной системы от концентрации жировой компоненты при содержании творога в рецептуре полуфабриката творожного структурированного, %: 1 - 20; 2 - 30; 3 - 50

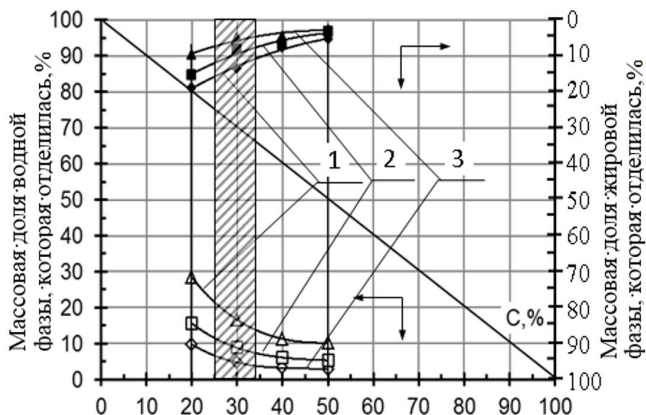


Рис. 4.20. Зависимость устойчивости эмульсионной системы от концентрации жировой компоненты при содержании желатина в рецептуре полуфабриката творожного структурированного, %: 1 - 1; 2 - 3; 3 - 5

Итак, исследованиями доказано, что содержание жира в модельной эмульсионной системе полуфабриката творожного структурированного может иметь широкий диапазон от 20 до 50% при сохранении кинетической устойчивости. На стадии завершения процесса эмульгирования целесообразным было введение в эмульсионную систему концентрата ядра семян подсолнечника в пределах $5,0 \pm 0,5\%$, что способствовало повышению эмульгирующей способности при содержании творога нежирного размороженного $50,0 \pm 5\%$ на 12 об. ед. масла. Подтверждена рациональная концентрация цитрата натрия в белковой основе $2,0\%$, что обеспечивает наибольшую эмульгирующую способность $22 \pm$

0,1 об. ед. Также для обеспечения высокой агрегативной устойчивости эмульсионной системы полуфабриката творожного структурированного, кроме проведения тепловой обработки, необходимо ввести в рецептуру желатин как структурообразователь с высокой водосвязывающей способностью.

4.3. Исследование структурно-механических характеристик

Исследование зависимости структурно-механических показателей модельной системы полуфабриката творожного структурированного от концентрации основных ингредиентов (рис. 4.21, 4.22, 4.23; табл. 4.16-4.18) проводились следующим образом: меняли концентрацию одного компонента при фиксированном значении других. Исследованиями подтверждены рациональные значения рецептурных компонентов полуфабриката творожного структурированного: концентрат ядра подсолнечника - 5%; желатин - 3%; масло подсолнечное - 15%; пищевой растительный жир - 15%.

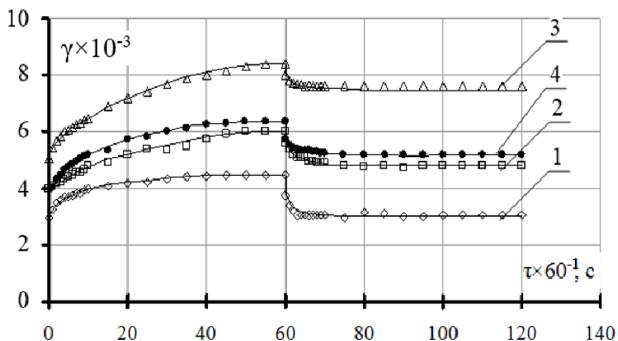
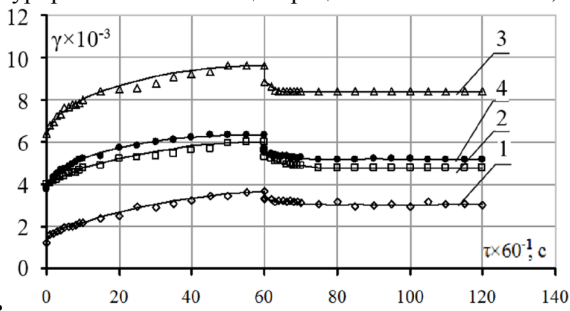


Рис. 4.21. Зависимость деформации релаксации модельной системы полуфабриката творожного структурированного от концентрации желатина: 1 - 1%; 2 -



3%; 3 - 5%; 4 - контроль

Рис. 4.22. Зависимость деформации релаксации модельной системы полуфабриката творожного структурированного от содержания концентрата ядра семян подсолнечника: 1 - 2,5%; 2 - 5%; 3 - 7,5%; 4 - контроль

Наиболее устойчивыми к сжимающему напряжению являются образцы с содержанием концентрата ядра подсолнечника 7,5% с общей деформацией 3696×10^{-5} м; с содержанием желатина 5% с общей деформацией 4496×10^{-5} м; растительного жира 30% с общей деформацией 4032×10^{-5} м; что согласуется с органолептическими показателями полуфабриката.

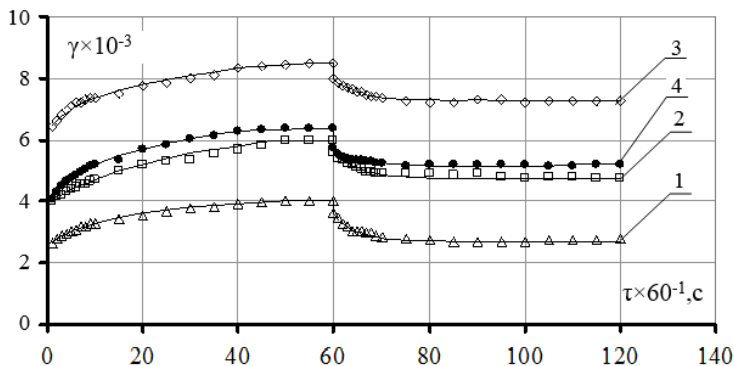


Рис. 4.23. Зависимость деформации релаксации модельной системы полуфабриката творожного структурированного от концентрации жировой компоненты: 1 - масло, 30% 2 - масло: пищевой растительный жир - 1:1, 30% 3 - пищевой растительный жир-30%; 4 - контроль

Как видно из кривых ползучести (рис 4.21, 4.22, 4.23), наиболее текучими являются образцы с содержанием концентрата ядра семян подсолнечника 2,5% с общей деформацией 9680×10^{-5} м; с содержанием желатина 1% с общей деформацией 8440×10^{-5} м; и с содержанием жировой компоненты 30% с общей деформацией 8496×10^{-5} м;

Таблица 4.16. Структурно-механические показатели модельной системы полуфабриката творожного структурированного с разной концентрацией желатина

Наименование показателя	Концентрация желатина, %		
	1	3	5
Обратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	7192	4688	4304
Необратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	1248	1344	192
Общая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	8440	6032	4496
Напряжение сдвига, Па	1249	1249	1249
Податливость, Па^{-1}	6,76	4,83	3,60
Условно мгновенный модуль упругости, Па	250,21	312,26	415,24
Высоко-эластичный модуль, Па	567,8	1815,5	963,8
Пластическая вязкость, $\text{Па} \times \text{с}, 10^6$	3,6	3,4	2,4
Отношение $\gamma_{\text{об.}} / \gamma_{\text{обц.}}$	0,85	0,78	0,96
Вязкость упругого последствия, $\text{Па} \times \text{с}, 10^5$	2,7	9,4	3,8

Таблица 4.17. Структурно-механические показатели модельной системы полуфабриката творожногоструктурированного с различным содержанием концентрата ядра семянподсолнечника

Наименование показателя	Содержание концентрата, %		
	2,5	5,0	7,5
Обратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	8432	4688	2160
Необратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	1248	1344	1536
Общая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	9680	6032	3696
Напряжение сдвига, Па	1249	1249	1249
Податливость, Па^{-1}	7,8	4,8	2,9
Условно мгновенный модуль упругости, Па	192,8	312,3	940,6
Высоко-эластичный модуль, Па	639,9	1815,5	1501,3
Пластическая вязкость, $\text{Па} \times \text{с}, 10^6$	3,6	3,4	2,9
Отношение $\gamma_{об.}/\gamma_{общ.}$	0,87	0,78	0,58
Вязкость упругого последействия, $\text{Па} \times \text{с}, 10^5$	3,2	9,4	5,2

Таблица 4.18. Структурно-механические показатели модельной системы полуфабриката творожного структурированного с содержанием жировой компоненты 30%

Наименование показателя	Жировая компонента		
	Масло растительное	Масло растительное: пищевойрастительный жир, (1:1)	Пищевой растительный жир
Обратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	8016	4688	3552
Необратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	480	1344	480
Общая деформация, $\text{м} \times 10^{-5}$	8496	6032	4032
Напряжение сдвига, Па	1249	1249	1249
Податливость, Па^{-1}	0,0068	0,0048	0,0032
Условно мгновенный модуль упругости, Па	222,4	312,2	494,1
Высоко-эластичный модуль, Па	520,4	1815,5	1219,8
Пластическая вязкость, $\text{Па} \times \text{с}, 10^6$	9,4	3,4	9,4
Отношение $\gamma_{об.}/\gamma_{общ.}$	0,94	0,78	0,88
Вязкость упругого последействия, $\text{Па} \times \text{с}, 10^5$	1,9	9,4	6,3

Из анализа таблиц 4.16 ... 4.18 зависимости модулей от концентрации рецептурных компонентов видно, что условно мгновенный модуль упругости в диапазоне концентраций концентрата ядра семян подсолнечника 2,5 ... 7,5% повышается на 79,6%, соответственно от 192,75 до 940,55 Па ; в диапазоне концентраций желатина 1...5% этот показатель возрастает на 39,7%; в диапазоне концентраций растительного масла 15 ... 30% условно мгновенный модуль упругости снижается на 28,8%, а для жировой компоненты (масло: пищевой растительный жир) по такимже параметрам он повышается на 36,8%.

Уменьшение содержания желатина ниже 1% вызывает существенное уменьшение модуля упругости и приводит к увеличению текучести структуры, возможно, вследствие ослабления пространственного каркаса структурообразователя и разрушения ломтиковой структуры. Уменьшение содержания масла ниже 15% приводит к увеличению модуля упругости и приводит к уплотнению структуры, возможно вследствие усиления связей влаги с белком из-за ее недостатка в системе.

Увеличение содержания желатина выше 3% вызывает резкий рост модуля упругости, что приводит к уплотнению структуры, возможно, вследствие усиления действия пространственного каркаса структурообразователя и перехода ломтиковой структуры в хрупкую, твердую. Увеличение содержания концентрата ядра семян подсолнечника выше 7,5% и содержания жира растительного выше 15% приводит к резкому повышению модуля упругости, что приводит к возникновению жесткой структуры. Увеличение содержания масла подсолнечного в рецептуре свыше 15% приводит к снижению модуля упругости, что приводит к вязкой структуре, возможно, вследствие снижения межмолекулярных связей белка с маслом, в результате гидрофильно-гидрофобного взаимодействия; кросту его эмульгирующей способности из-за уменьшения свободной влаги в рецептуре.

4.4. Исследование потерь влаги

Установлено, что процесс разложения всех образцов происходит эндотермически в две стадии. На кривых ДТА зафиксировано по два эндоэффекта, положение которых для каждого образца разное (рис. 4.24) [45].

Каждая стадия характеризует соответствующий процесс, который происходит в полуфабрикате творожного структурированного под действием тепла. Первая стадия характеризует - завершение процесса плавления, вторая - процесс разрушения структуры из-за значительных потерь воды в результате ее интенсивного испарения.

Максимальные значения температур, характеризующие стадии термического разложения образцов приведены в табл. 4.19.

Сравнительный анализ термоаналитических кривых (ТГ, ДТГ, ДТА, Т) образцов модельной системы полуфабриката творожного структурированного с различным содержанием концентрата ядра семян подсолнечника показал, что скорость процесса разложения образцов при содержании концентрата ядра семян подсолнечника 3% существенно выше и на первой стадии (начало и конец процесса плавления), и на второй стадии (процесс разрушения структуры) по отношению к образцам с содержанием концентрата ядра семян подсолнечника 5% и 7% [45; 46].

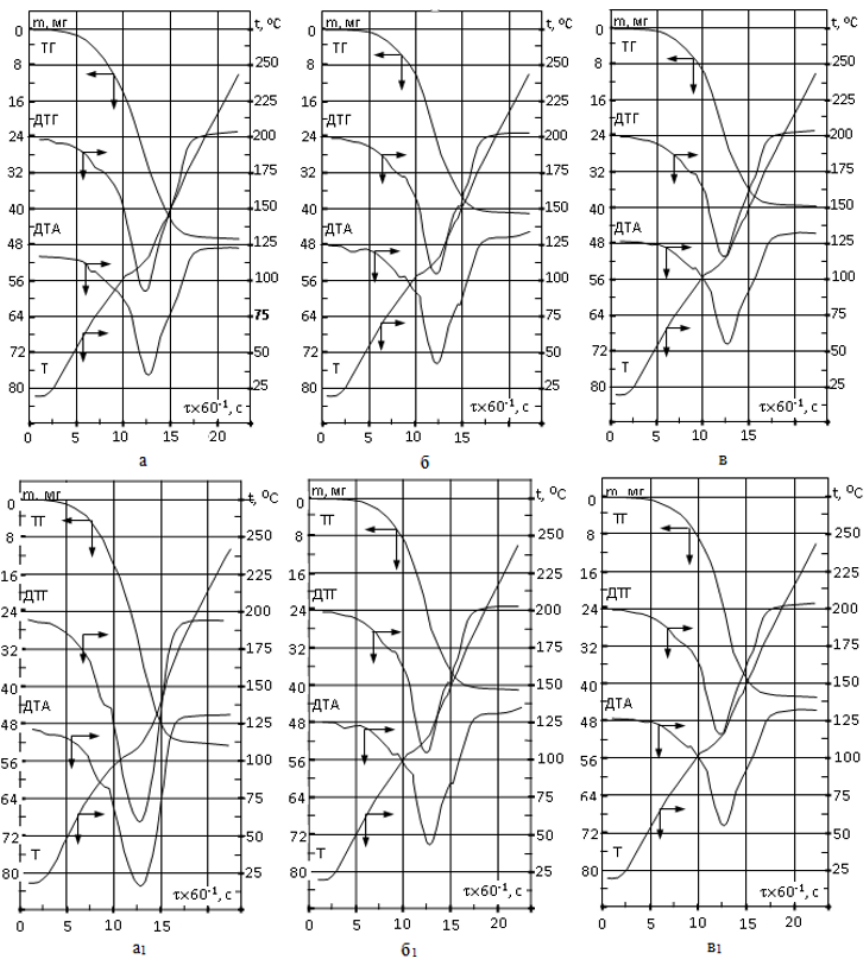


Рис. 4.24. Дериватогамы модельной системы полуфабриката творожного структурированного при содержании концентрата ядра семян подсолнечника: а) - 3%, б) - 5%, в) - 7%, и при содержании желатина: а1) - 1%, б1) - 3%, в 1) - 5%. Т - кривая нагрева; ТГ - кривая изменения массы; ДТГ - кривая скорости изменения массы; ДТА - дифференциальная кривая термического анализа теплоемкости

Таблица 4.19. Характеристика стадий разложения модельной системы полуфабриката творожного структурированного

Содержание, %		Положение максимумов ДТА, °С	
концентрата ядра семян подсолнечника	желатина	1 стадия	2 стадия
3		75	110
5		82	115
7		90	118
	1	87	112
	3	90	116
	5	92	120

На всех стадиях разложения экспериментальных образцов происходит потеря массы вследствие испарения воды.

Влияние содержания концентрата ядра семян подсолнечника. Наибольшие потери массы наблюдаются для образца с содержанием концентрата ядра семян подсолнечника 3% и на первой стадии достигают 4,1% (8,2 мг), на второй - 16,2% (32,4 мг). Потери массы для образцов с содержанием концентрата ядра семян подсолнечника 5% и 7% значительно меньше и соответственно составляют на первой стадии 3,0% (6,0 мг) и 2,9% (5,7 мг) и на второй стадии 11 1% (22,1 мг) и 10,8% (21,5 мг). То есть они более термостабильны.

Влияние содержание желатина. Наибольшие потери массы наблюдаются для образца с содержанием желатина 1% и на первой стадии достигают 5,1% (10,2 мг), на второй - 17,1% (34,1 мг). Потери массы для образцов с содержанием желатина 3% и 5% значительно меньше и соответственно составляют на первой стадии 2,8% (5,6 мг) и 2,4% (4,8 мг) и на второй стадии 11,0% (22,0 мг) и 10,2% (20,4 мг). То есть они более термостабильны.

Полученные термографические данные подтверждают, что содержание концентрата ядра семян подсолнечника в модельной системе полуфабриката творожного структурированного увеличивает энергетическую связь молекул воды с белком, уменьшая энергию активации воды. Образец полуфабриката творожного структурированного с содержанием концентрата ядра семян подсолнечника 3% имеет большую энергию активации среди исследуемых образцов, что указывает на его меньшую термостабильность (рис. 4.25).

Экспериментально показана возможность оценки значений ложной энергии активации с помощью кривых дифференциальной термогравиметрии (ДТГ) и температуры (Т) в условиях съемки: навеска полуфабриката творожного структурированного 200±2 мг, скорость нагрева образцов 5±1 град/мин. в воздушной среде печи при неизотермических условиях, спай термопары помещен в образец.

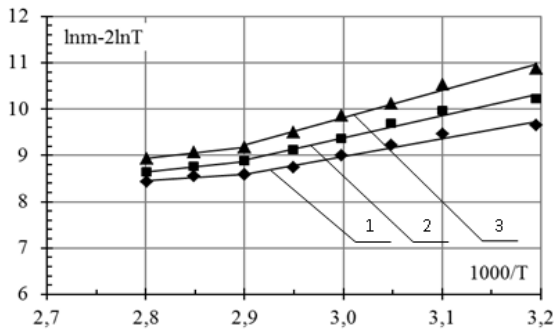


Рис. 4.25. Логарифмическая зависимость потерь массы модельной системой полуфабриката творожного структурированного от температуры с различным содержанием концентрата ядра семян подсолнечника 1 -3%; 2 - 5%; 3 - 7%

Установлено, что процесс разложения модельной системы полуфабриката творожного структурированного происходит эндотермически в две стадии с потерей массы вследствие испарения воды. Наиболее термостабильными являются образцы с содержанием концентрата ядра семян подсолнечника 5 и 7%, а также с содержанием желатина 3 и 5% (рис. 4.26).

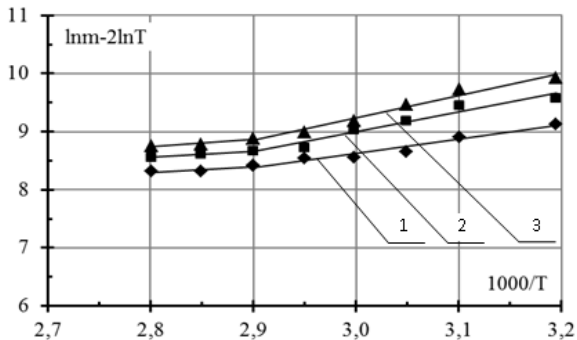


Рис. 4.26. Логарифмическая зависимость потерь массы модельной системой полуфабриката творожного структурированного от температуры с различным содержанием желатина: 1 - 1%; 2 - 3%; 3 - 5%

Рассчитано значение величин ложной энергии активации процесса температурной обработки, которая характеризует величину связывания влаги белком модельной системы полуфабриката творожного структурированного с различным содержанием концентрата ядра семян подсолнечника: 3%, 5%, 7%, что для неизотермических условий исследования составляет соответственно: 24,61; 28,17; 30,52 кДж/моль; и процесса плавления, что характеризует величину связывания влаги белком модельной системы полуфабриката творожного структурированного с различным содержанием желатина 1%, 3%, 5%, что для неизотермических условий исследования составляет соответственно: 24,61; 28,17; 30,52 кДж/моль.

зотермических условий исследования соответственно составляет: 1,7; 1,5; 1,2 кДж / моль.

Полученные термографические данные подтверждают, что содержание желатина в модельной системе полуфабриката творожного структурированного увеличивает энергетическую связь молекул воды с белком, уменьшая энергию активации воды. Образец с содержанием желатина 1% имеет большую энергию активации среди исследуемых образцов, что указывает на его меньшую термостабильность.

4.5. Исследование комплексообразования ингредиентов модельной системы полуфабриката творожного структурированного

4.5.1. Изучение эффективной вязкости и энергии активации растворов

Важной технологической характеристикой жидких систем является вязкость, которая определяет их поведение во время приготовления и фасовки различных пищевых продуктов. Эта способность обусловлена силами сцепления между молекулами и представляет собой сопротивление жидкости ее движению под действием внешних сил.

При любой скорости деформации в системе проходят два процесса: разрушение и восстановление структуры. Обобщающей характеристикой, описывающей состояние равновесия между этими процессами в постоянном потоке, является вязкость.

Проведенные предварительные исследования позволили установить рациональную концентрацию творога нежирного размороженного и других компонентов в полуфабрикате творожном структурированном.

Были определены следующие рациональные концентрации творога нежирного размороженного - в пределах $50,0 \pm 5\%$, концентрата ядра семян подсолнечника - $5,0 \pm 0,5\%$, желатина быстрорастворимого - $3,0 \pm 0,2\%$, цитрата натрия - $2,0 \pm 0,2\%$.

Для проведения дальнейших экспериментальных исследований на модельных системах нами было пересчитано количественное содержание казеината натрия в $50,0 \pm 5\%$ г творога нежирного размороженного, что составило - 7,7 г.

Важной составляющей реологических характеристик растворов пищевых веществ является эффективная вязкость. Величина эффективной вязкости зависит от межмолекулярных взаимодействий (рис. 4.27). В водных растворах белков и полисахаридов можно выделить три вида межмолекулярных взаимодействий: молекулярные взаимодействия между молекулами воды, макромолекулами и водой и между одинаковыми и разными макромолекулами, что находятся в данном растворе.

Из рис. 4.27 видно, что растворы, содержащие только белок, имеют два прямолинейных участка различной энергией активации. Уменьшение величины E доказывает, что межмолекулярные связи в исследуемых растворах отве-

чают не химическим, а молекулярным или Ван-дер-Ваальсовым силам, которые ослабевают с повышением температуры и при температуре 50...60 °С в зависимости от природы растворенного вещества достигают определенной минимальной величины.

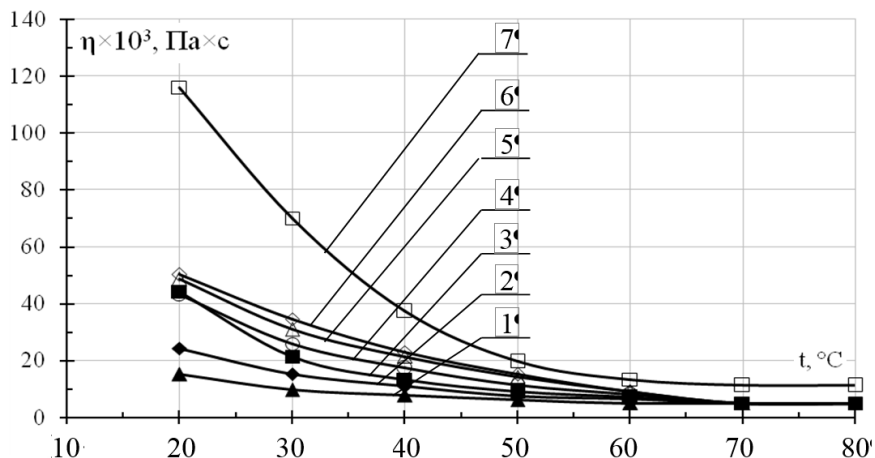


Рис. 4.27. Зависимость эффективной вязкости модельных растворов от температуры: 1 - 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 2 - 3,0 г желатина, 97,0 мл воды; 3 - 3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 4 - 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 5 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 97,0 мл воды; 6 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 7 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника, 97,0 мл воды

Исследование эффективной вязкости модельных растворов пищевых веществ, входящих в состав полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника позволяет дать качественную оценку сопоставимой величины межмолекулярных взаимодействий и формы частиц в растворах. Все эти растворы содержат одинаковое количество воды (табл.4.20).

Таблица 4.20. Состав растворов модельной системы

№	Желатин быстро-растворимый, г	Казеинат натрия, г	Цитрат натрия, г	Концентрат ядра семян подсолнечника, г	Вода питьевая, мл
1	2	3	4	5	6
1	-	7,7	-	-	97,0
2	3,0	-	-	-	97,0
3	3,0	7,7	-	-	97,0

Продолжение табл. 4.20

1	2	3	4	5	6
4	-	7,7	2,0	-	97,0
5	3,0	-	2,0	-	97,0
6	3,0	7,7	2,0	-	97,0
7	3,0	7,7	2,0	5,0	97,0

Для раствора, содержащего концентрат ядра семян подсолнечника, зависимость $\ln\eta$ от $1/T$ имеет два прямолинейных участка (рис. 4.30), что обусловлено существованием межмолекулярных взаимодействий различной силы. Наибольшая энергия активации E наблюдается для раствора желатина с казеинатом натрия, где при низких температурах существует прочная пространственная структура белкового геля, образованного в результате смешивания глобулярного казеина и фибриллярного желатина. Добавление цитрата натрия приводит к снижению энергии активации растворов. Комплекс, который образуется за счет водородных связей при взаимодействии цитрата натрия с белками, делает гидрофобными молекулы казеината натрия и желатина. Энергия межмолекулярных связей при этом уменьшается, особенно при повышении температуры. Исключение наблюдается только для раствора, содержащего концентрат ядра семян подсолнечника. Дисперсная система концентрата с частицами, которые содержат остатки жира, согласно уравнению Эйнштейна, имеет большую вязкость, чем другие модельные растворы и, соответственно, большую энергию активации E_2 межмолекулярного взаимодействия, что и видно из результатов исследования (табл. 4.28).

Эффективная вязкость воды очень существенно зависит от температуры и уменьшается от $1,005 \cdot 10^{-3}$ МПа \cdot с при 20 °С до $0,3565 \cdot 10^{-3}$ МПа \cdot с при температуре 80 °С. Зависимости относительной вязкости от температуры исследуемых растворов представлены на рис. 4.28 ... 4.30.

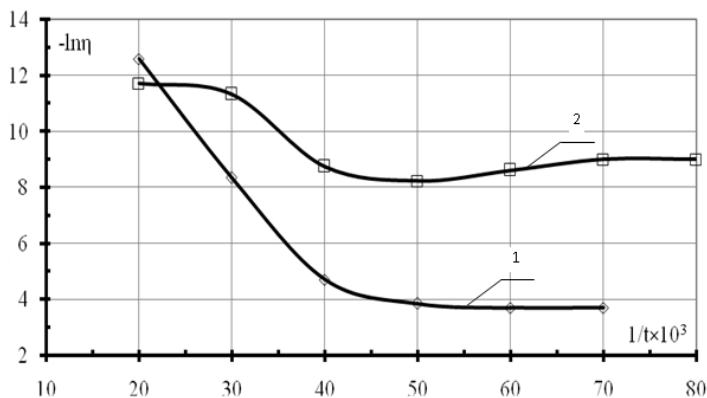


Рис. 4.28. Зависимость логарифма относительной вязкости модельных растворов от температуры: 1 - 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 2 - 3,0 г желатина, 97,0 мл воды

Установлено, что ход зависимости относительной вязкости от температуры раствора казеината натрия с цитратом натрия (кривая 4 на рис. 4.29) отличается от других растворов. Рост вязкости этого раствора в интервале температур $T = 20...40$ °С свидетельствует, что между цитратом натрия и казеинатом натрия образуется не очень прочная химическая связь. Анион цитрата натрия имеет три отрицательных заряда и, вероятно, связывается с положительно заряженными аминогруппами глобулярного казеината натрия.

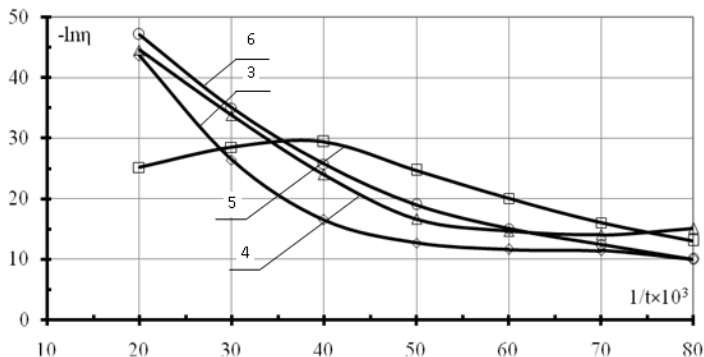


Рис. 4.29. Зависимость логарифма относительной вязкости модельных растворов от температуры: 3 - 3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 97,0мл воды; 4 - 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 5 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия 97,0 мл воды; 6 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды

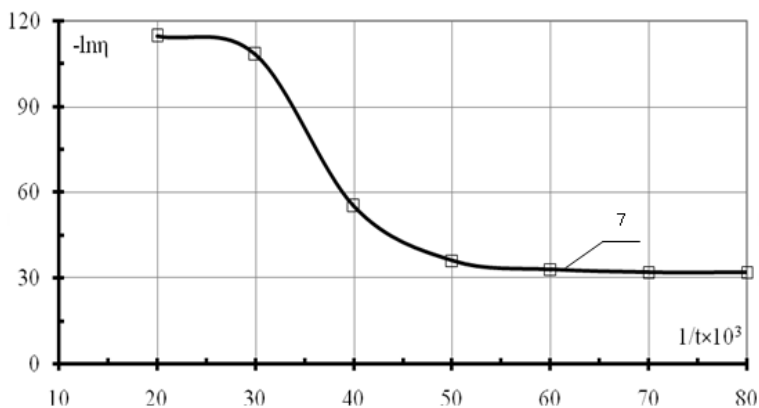


Рис. 4.30. Зависимость логарифма относительной вязкости от температуры модельного раствора: 7 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника, 97,0 мл воды

Из рисунков 4.28-4.30 видно, что наибольшие молекулярные силы имеет раствор с добавлением ядра семян подсолнечника. Белок частиц концентрата ядра семян подсолнечника взаимодействует с молекулами казеината натрия и желатином и изменяет структуру в целом, таким образом значительно повышает вязкость.

Для всех растворов и при всех температурах рассчитаны коэффициенты α (в уравнении Эйнштейна). Зависимость α от температуры приведена на рис. 4.31 ... 4.34.

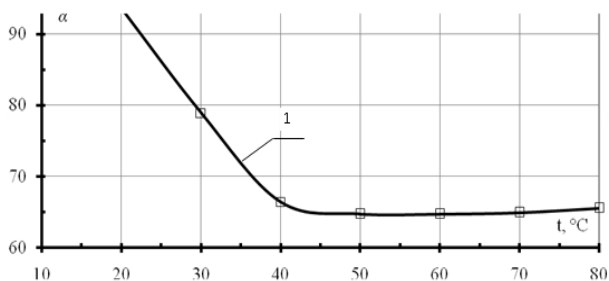


Рис. 4.31. Зависимость коэффициента α в уравнении Эйнштейна от температуры модельных растворов: 1 - 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды;

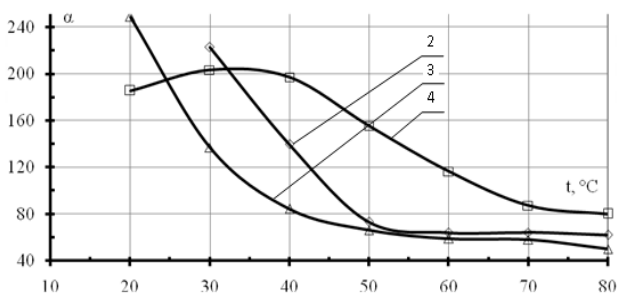


Рис. 4.32. Зависимость коэффициента α в уравнении Эйнштейна от температуры модельных растворов: 2 - 3,0 г желатина, 97,0 мл воды; 3 - 3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 4 - 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеинатуна-трию, 97,0 мл воды;

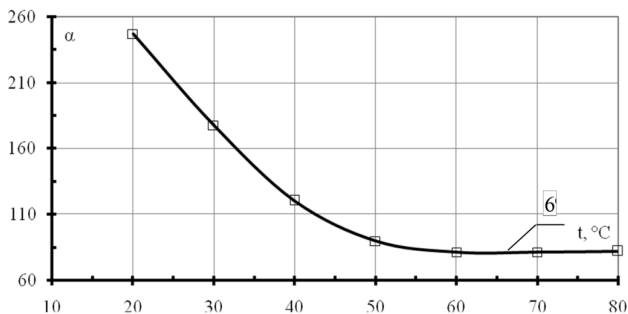


Рис. 4.33. Зависимость коэффициента α в уравнении Эйнштейна от температуры модельных растворов: 6 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды

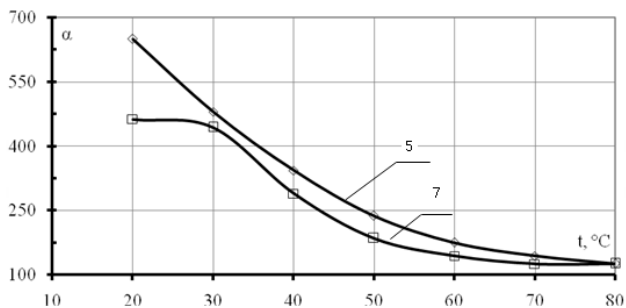


Рис. 4.34. Зависимость коэффициента α в уравнении Эйнштейна от температуры модельных растворов: 5 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия 97,0 мл воды; 7 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника, 97,0 мл воды.

Все кривые идут к минимуму α , то есть к анизодиаметричности, которая достигается при температуре 50 ... 60 °С. Химическая связь, которая образуется между цитратом натрия и казеинатом натрия (кривая 3 на рис. 4.32), повышает α , но замедляет снижение α при повышении температуры.

Исследованиями эффективной вязкости и энергии активации модельных растворов составляющих веществ полуфабриката творожного структурированного в зависимости от температуры установлено, что смешивание растворов казеината натрия и желатина приводит к значительному увеличению вязкости, а при уменьшении температуры ниже 30 °С образуется пространственная фиксированная прочная структура геля. Показано, что существует слабая химическая связь между казеинатом натрия и цитратом натрия.

Повышение температуры снижает анизодиаметричность частиц в растворах составляющих веществ продукта, и исследования эффективной вязкости растворов дает возможность качественно оценить межмолекулярные взаимодействия в полуфабрикате творожном структурированном.

4.5.2. Исследование надмолекулярной структуры модельных растворов

Известно, что при определенных концентрациях в растворе молекулы белков, полисахаридов, таких структурообразователей, как желатин, агар, фурицелларан и др., образуют частицы, скопление которых называют надмолекулярной структурой. Исследование такой структуры позволит объяснить механизмы студнеобразования в этих системах.

Особый интерес вызывает исследование надмолекулярной структуры сложных пищевых объектов, которые содержат белки разного типа. К таким объектам относится и разработанный нами новый полуфабрикат творожный структурированный. В его состав входят белки, которые отличаются пространственной структурной организацией - глобулярный казеин и фибриллярный желатин.

Для исследования нами были выбраны модельные растворы составляющих веществ полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника, состав которых приведен в табл. 4.21.

Таблица 4.21. Состав модельных растворов

№ з/п	Желатин быстрорастворимый, г	Казеинат натрия, г	Вода, мл
1	3,0	-	97
2	3,0	0,05	97
3	3,0	0,2	97

Результаты расчетов радиуса надмолекулярных частиц (НМЧ) и их концентрации в модельных растворах приведены в табл. 4.22.

Таблица 4.22. Результаты расчетов радиуса НМЧ и их концентрации в модельных растворах

№ з/п	Радиус НМЧ, см	Концентрация НМЧ, N, част/см ³
1	$5,5 \cdot 10^{-6}$	$1075 \cdot 10^7$
2	$8,8 \cdot 10^{-6}$	$290 \cdot 10^7$
3	$122,2 \cdot 10^{-6}$	$0,37 \cdot 10^7$

Из результатов, приведенных в табл. 4.22, видно, что при добавлении казеината натрия к раствору желатина, размер частиц увеличивается, а их концентрация резко уменьшается. Это свидетельствует о взаимодействии между молекулами глобулярного казеината натрия и фибриллярного желатина. В результате чего в растворах, содержащих желатин и казеинат натрия, при охлаждении будет образовываться пространственная прочная структура белкового геля.

Таким образом доказано существование взаимодействия между молекулами глобулярного казеината натрия и фибриллярного желатина в модельных растворах пищевых веществ, а в растворах, содержащих эти компоненты, при охлаждении будет образовываться пространственная прочная структура белко-

вого геля. Установлено, что, изменяя концентрацию и соотношение казеината натрия и желатина, можно управлять процессом студеобразования в пищевых системах.

4.5.3. Определение функционально-технологических свойств гелей модельной системы

Исследование кинетики структурообразования 3,0%-ного раствора быстрорастворимого желатина (табл. 4.23, рис. 4.35) при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$ показало, что после $(25 \dots 35) \times 60^2$ с прочность гелей оставалась на уровне 345 ... 365 г. Как видно из графика продолжительность формирования структуры гелей разного состава заканчивается практически после 25×60^2 с (рис. 4.35).

Таблица 4.23. Состав модельных растворов геля

№	Желатин быстрорастворимый, г	Цитрат натрия, г	Казеинат натрия, г	Концентрат ядра семян подсолнечника, г	Вода, мл
1	3,0				97,0
2	3,0	2,0			97,0
3	3,0		7,7		97,0
4	3,0	2,0	7,7		97,0
5	3,0			5,0	97,0
6	3,0	2,0	7,7	5,0	97,0

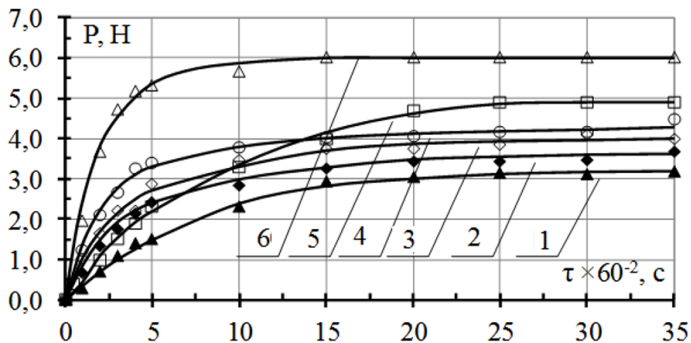


Рис. 4.35 Зависимость прочности гелей модельных растворов от продолжительности структурообразования: 1 - 3,0 г желатина; 2 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия; 3 - 3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия; 4 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия; 5 - 3,0 г желатина, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника; 6 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника

Особый интерес представляет кинетика структурообразования желатина в присутствии цитрата натрия и – в большей степени – казеината натрия (рис 4.35, кривые 2, 3, 4). В начальный момент фазового перехода жидкость-гель в первые $2,5 \times 60^2$ с прочность геля желатина с цитратом натрия и, особенно, же-

латина с казеином натрия, имеет существенный рост по сравнению с чистым желатином (кривая 1). Совместное добавление к желатину цитрата натрия и казеината натрия в этом же отрезке времени первоначального процесса структурообразования (кривая 4) в большей степени укрепляет гель по сравнению с образцами (2 и 3).

Повышение прочности геля желатина с добавлением цитрата натрия происходит в результате электростатического взаимодействия между аминокруппами макромолекул с анионами солей органических кислот. Такое взаимодействие снижает число положительных зарядов в молекулах желатина и приводит их к гидрофобизации с соответствующим изменением конформации молекул. Следствием этого бывает усиления межмолекулярных водородных связей и такое изменение спиралей коллагеновой складчатости, которая приводит к увеличению числа переходных зон каркаса геля и росту его прочности.

Добавление казеината натрия к желатину укрепляет структуру системы геля, на наш взгляд, за счет смешивания глобулярного казеина и фибриллярного желатина, которое способствует образованию их комплекса, а очевидно, и изменению молекулярной массы.

В табл. 4.24 приведены результаты исследования прочности гелей, температуры структурообразования, плавления и разницы между ними. Модельные растворы, которые исследуются по температуре плавления образованных гелей, располагаются в следующий ряд $b > 1$, который подобен ряду их расположения по прочности образованных гелей, по вязкости образованных растворов и температуре структурообразования.

При добавлении к желатину ингредиентов (цитрата натрия, казеината натрия, концентрата ядра семян подсолнечника) температуры структурообразования и плавления увеличиваются, а разница между этими температурами ($t_{пл} - t_{стр}$) уменьшается. Вероятно, это связано с близким расположением структурных элементов геля при его образовании и плавлении [47; 48]. Кроме того, добавление ингредиентов к желатину может снижать энергию активации образования надмолекулярных структур.

Снижение величины ($t_{пл} - t_{стр}$) обусловлено наличием в модельных растворах, содержащих казеинат натрия, цитрат натрия и особенно концентрат ядра семян подсолнечника, двойных молекулярных спиралей как основных узлов сетки гелей.

Увеличение прочности, температуры структурообразования и плавления в присутствии ингредиентов можно объяснить изменением количества водородных связей [50], потому что факторами, которые меняют сетку водородных связей, в первую очередь являются снижение температуры структурирования, а также плавления при добавлении солей органических кислот, спиртов, желе различной природы и т.д. [34].

Таблица 4.24. Показатели прочности, температуры структурообразования, плавления геля модельных растворов

№ модельного раствора	Прочность геля модельных растворов, г	Температура структурообразования геля, $t_{стр}$, °С	Температура плавления геля, $t_{пл}$, °С	$t_{пл} - t_{стр}$, °С
1	345 ± 16	19,0 ± 0,2	33,0 ± 0,3	14,0 ± 0,5
2	371 ± 14	21,5 ± 0,3	34,5 ± 0,3	13,0 ± 0,5

№ модельного раствора	Прочность геля модельных растворов, г	Температура структурообразования геля, $t_{стр}, ^\circ\text{C}$	Температура плавления геля, $t_{пл}, ^\circ\text{C}$	$t_{пл}-t_{стр}, ^\circ\text{C}$
3	401 ±15	24,0 ±0,2	35,0 ±0,2	11,0±0,4
4	427 ±16	25,0 ±0,3	36,0 ±0,4	10,0±0,7
5	441 ±17	28,5 ±0,4	36,5 ±0,4	8,0±0,8
6	597 ±18	30,0 ±0,5	37,0 ±0,5	7,0±0,7

Исследованиями гелей модельных систем полуфабриката творожного структурированного на основе творога размороженного доказано, что содержание ингредиентов: цитрата натрия, казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника увеличивает термическую устойчивость (рис. 4.36).

Установлено, что при температуре 30 °С 3,0%-ный гель желатина имеет термостойкость 480 ± 21 с, а при добавлении казеината натрия термостойкость возрастает до 720 ± 34 с. Присутствие цитрата натрия, казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника в составе геля приводит к максимальной термостойкости, которая при этом составляет около 1200 с.

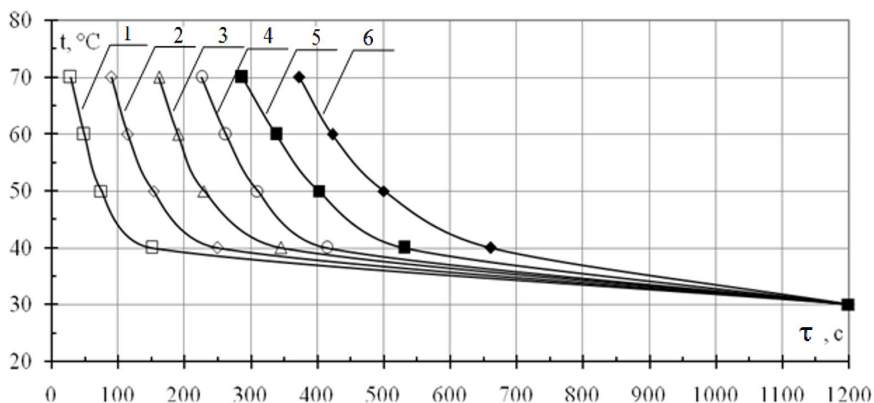


Рис. 4.36. Зависимость продолжительности термической устойчивости геля модельных растворов от температуры: 1 - 3,0 г желатина, 97,0 мл воды; 2 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия 97,0 мл воды; 3 - 3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 97,0мл воды; 4 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды; 5 - 3,0 г желатина, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника, 97,0 мл воды; 6 - 3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 7,7 г казеината натрия, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника, 97,0 мл воды

Особо следует отметить, что гели, которые исследовались по термостойкости располагаются в следующий ряд $6 > 5 > 4 > 3 > 2 > 1$. Такая же закономерность аналогична для ряда расположения по прочности, по температуре структурообразования и плавления.

Также определяли прочность межфазных адсорбционных слоев модельных растворов, в состав которых входят нутриенты полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного.

Состав модельных растворов, выбранных для исследования прочности межфазных адсорбционных слоев на основе казеината натрия приведены в табл. 4.25.

Таблица 4.25. Состав модельных растворов на основе казеината натрия

№ з/п	Казеинат натрия	Желатин быстрорастворимый, г	Цитрат натрия, г	Концентрат ядра семян подсолнечника, г	Вода питьевая, мл
1	7,7	-	-	-	97,0
2	7,7	3,0	-	-	97,0
3	7,7	-	2,0	-	97,0
4	7,7	3,0	2,0	-	97,0
5	7,7	3,0	2,0	5,0	97,0

Результаты расчетов предельного напряжения сдвига межфазных адсорбционных слоев представлены в табл. 4.26.

Таблица 4.26. Результаты исследований предельного напряжения сдвига межфазных адсорбционных слоев модельных растворов

Наименование показателя	№ модельного раствора				
	1	2	3	4	5
Предельное напряжение сдвига межфазных адсорбционных слоев, P_s , мН/м	0,0819	0,0710	0,2730	0,1256	0,5350

Расчеты предельного напряжения сдвига межфазных адсорбционных слоев для исследуемых растворов показали, что наиболее прочный межфазный адсорбционный слой образуется у раствора № 5, содержащего смесь казеината натрия, желатина, цитрата натрия и концентрата ядра семян подсолнечника, что обусловлено образованием прочного белкового комплекса между концентратом ядра семян подсолнечника, казеинатом натрия и желатином. Добавление цитрата натрия уменьшает прочность межфазного адсорбционного слоя, а добавление желатина способствует образованию более прочного адсорбционного слоя.

Исследование кинетики структурообразования 3,0%-ного раствора быстрорастворимого желатина при температуре 20 ± 1 °С показало, что после $(25 \dots 35) \times 60 \times 60$ с прочность гелей остается на уровне 345 ... 365 г. Добавление цитрата натрия, казеината натрия, концентрата ядра семян подсолнечника увеличивают прочность структуры. Эти добавки увеличивают температуру структурообразования и плавления, а разницу между ними - уменьшают. Содержание ингредиентов увеличивает термическую устойчивость гелей модельных систем. Присутствие желатина, цитрата натрия и концентрата ядра семян подсолнечника увеличивает предельное напряжение сдвига межфазных адсорбционных слоев.

4.5.4. Изучение теплоты испарения и энергии связи влаги гелей модельных растворов

Теплота испарения воды гелей модельных растворов, рассчитанная по термографическими данным, приведена в табл. 4.27.

Таблица 4.27. Влияние добавок на изменение теплоты испарения воды гелей модельных растворов

Содержание гелей модельных растворов	Теплота испарения, кДж/моль	
	до 30°C	свыше 70°C
3,0 г желатина, 97,0 мл воды	47,01	44,88
3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды	49,53	45,39
3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 97,0 мл воды	45,83	39,21
3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 2,0 г цитрата натрия, 97,0 мл воды	58,47	46,74
3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 2,0 г цитрата натрия, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника, 97,0 мл воды	79,56	48,13

Полученные данные подтверждают, что все добавки, входящие в исследуемые гели, независимо от их природы повышают теплоту испарения воды. При низких температурах, когда система находится в структурированном состоянии теплота испарения выше. Это свидетельствует о том, что влага в гелях более прочно связана, чем при высоких температурах, когда система находится в расплавленном состоянии. В зависимости от вида добавки теплота испарения гелей модельных растворов при температуре до 30 °С больше, чем при температуре выше 70 °С и находится в пределах от 2,13 до 31,41 кДж/моль. Особенно это заметно при добавлении к гелям модельных растворов казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника.

Из табл. 4.27 видно, что добавленные к желатину ингредиенты увеличивают энергию связи молекул воды, а совместное присутствие в исследуемых системах цитрата натрия, казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника существенно увеличивает.

Мы рассчитали энергию связи молекул воды, результаты расчета приведены в табл. 4.28.

Таблица 4.28. Влияние добавок на изменение энергии связи молекул воды гелей модельных растворов

Состав гелей модельных растворов	Энергия связи молекул воды, кДж/моль	
	до 30°C	после 70°C
3,0 г желатина, 97,0 мл воды	42,13	35,47
3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 97,0 мл воды	45,06	41,74
3,0 г желатина, 2,0 г цитрата натрия, 97,0 мл воды	48,83	43,19
3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 2,0 г цитрата натрия, 97,0 мл воды	62,15	44,38
3,0 г желатина, 7,7 г казеината натрия, 2,0 г цитрата натрия, 5,0 г концентрата ядра семян подсолнечника, 97,0 мл воды	84,36	46,57

Как было отмечено в предыдущих главах, совместное присутствие цитрата натрия, казеината натрия и особенно концентрата ядра семян подсолнечника значительно повышает функционально-технологические свойства гелей (прочность, скорость структурообразования, температуру плавления и гелеобразования, термостойкость). Сравнение теплоты испарения и энергии связи воды с вышеупомянутыми показателями позволяет утверждать о корреляции этих показателей. С ростом скорости структурообразования, температуры плавления, гелеобразования и термостойкости повышается теплота испарения воды и энергия ее связи.

4.5.5. Определение форм связи влаги гелей модельных растворов методом термограмм дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК)

Учитывая, то что полуфабрикат творожный структурированный - это сложная гетерогенная система, относится к продуктам с повышенным содержанием влаги, связывание которой является характеристикой продукта, экспериментально исследовано (рис. 4.37...4.39) влияние основных рецептурных компонентов на связывание воды и продолжительность гелеобразования в модельных система полуфабриката структурированного, происходящие во время нагрева и охлаждения и установлены температурные диапазоны фазовых переходов.

Характер изменения сигнала ДСК для первого образца, содержащего желатин (рис. 4.37), свидетельствует о необратимости процесса, протекающего при термоциклировании. При первом нагревании наблюдается характерный экзотермический процесс при температурах 30 ... 45 °С, что свидетельствует об образовании первичной гидратной структуры и связывании влаги. При этом молекулы воды располагаются между элементами надмолекулярных структур, увеличивая объем полимера (набухание). Однако при дальнейшем повышении температуры до 45 ... 50 °С наблюдается эндотермический переход, связанный с разворачиванием макромолекул. При этом скорость набухания резко снижается, о чем свидетельствует отсутствие тепловых эффектов при $t = 55 \dots 65 \text{ } ^\circ\text{C}$

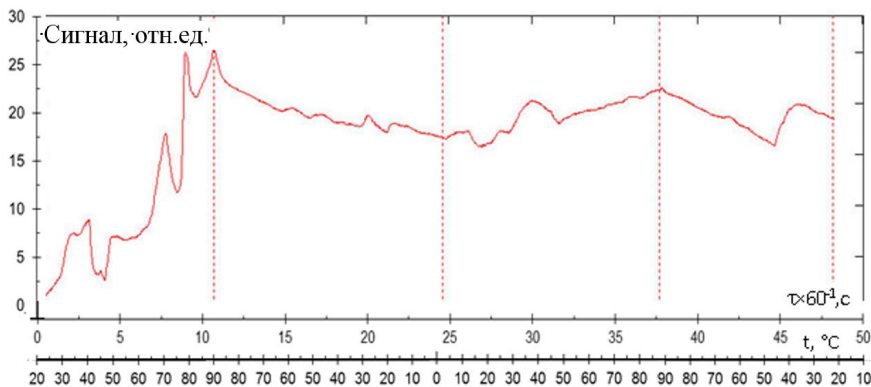


Рис. 4.37. ДСК-кривые нагрева-охлаждения геля модельного раствора с содержанием желатина 3,0%

При дальнейшем нагревании до температур 70 ... 90 °С вновь наблюдался экзотермический переход. Это явление, по-видимому, вызвано вторым внутриструктурным этапом набухания системы, при котором, с увеличением коэффициента диффузии, молекулы воды начинают проникать внутрь макромолекул, образуя новые внутриструктурные связи.

Процесс набухания системы продолжается в течение следующих трех этапов термоциклирования. Это подтверждается оценкой теплового эффекта, проведенной ниже. При этом образуется устойчивая дисперсная структура, в которой с понижением температуры начинают образовываться межмолекулярные комплексы вследствие уменьшения подвижности молекул растворителя, о чем свидетельствуют экзотермические процессы в диапазоне температур 30 ... 40 °С: $\tau = (20, 30, 43) \times 60$ с.

При этом для всех экспериментов рассчитывалось количество теплоты в диапазоне 20 ... 90 °С (общего для всех циклов) в относительных единицах (количество теплоты переданное в первом цикле принималось за 100%). Для первого образца $Q_{эф} = -133\%$, означает, что количество теплоты, отведенной от образца при охлаждении больше на 133%, чем количество подведенной теплоты при нагревании. Это свидетельствует о необратимости процесса, в течение которого выделяется теплота набухания (структурирование системы).

Для второго образца, содержащего желатин и казеинат натрия (рис.4.38) также характерна необратимость процесса структурирования, однако она гораздо меньше, чем для первого – величина $Q_{эф} = -82\%$ – вероятно, вследствие более интенсивного структурирования модельной системы и уменьшения подвижности молекул воды.

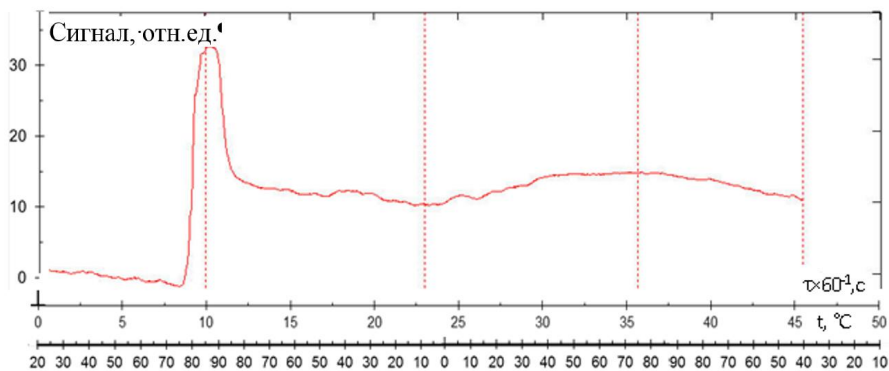


Рис. 4.38. ДСК-кривые нагрева-охлаждения геля модельного раствора содержащим желатина 3,0% и казеината натрия 7,7%¹

¹В перерасчете на рациональное количество (в пределах 50% творога нежирного) в рецептуру полуфабриката замороженного структурированного.

Третий и четвертый циклы термоциклирования практически симметричны. Это позволяет считать, что процесс структурирования через 45 мин. близок к завершению. Другой особенностью является то, что на первом цикле с увеличением температуры от 30 до 80 °С идет преимущественно эндотермический процесс разворачивания макромолекул, а не процесс гидратации надмолекулярной структуры и только при температурах $t > 85$ °С начинается процесс структурирования, молекулы воды начинают активно диффундировать внутрь макромолекул, образуя новые внутримолекулярные связи. Последующие нагрев и охлаждение (3, 4 циклы) практически не меняют дисперсные свойства системы.

Третий образец (рис. 4.39) существенно отличается от двух других. Во-первых, наглядно видна практическая обратимость термоциклирования (симметричный вид ДСП сигнала при термоциклировании). Это подтверждается расчетами величины $Q_{эф}$ = 16%, (результатирующий тепловой эффект близок к нулю). Во-вторых, величина $Q_{эф}$ положительная, то есть подведенное количество теплоты к образцу больше, чем отданное при охлаждении. Это свидетельствует о том, что преобладает процесс тепловой деструкции модельной системы. Если в первом цикле наблюдается экзотермический процесс, то есть процесс гелеобразования модельной системы при $t = 30...40$ °С, то уже во втором цикле наблюдается эндотермический процесс разрушения структуры при $t = 95 ... 85$ °С.

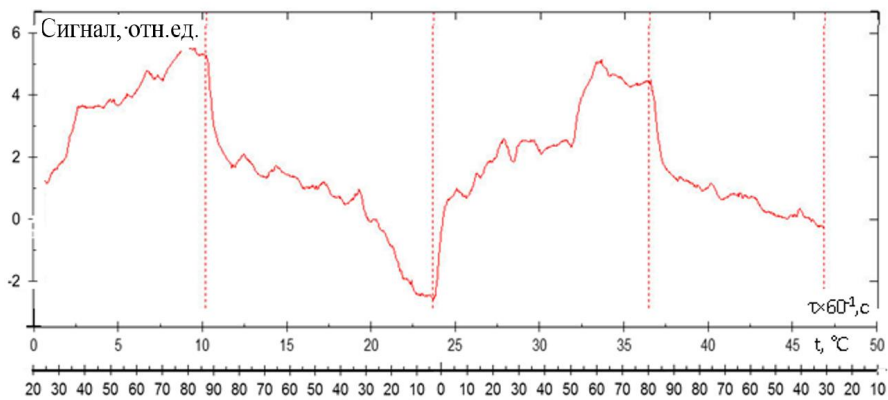


Рис. 4.39. ДСК-кривые нагрева-охлаждения геля модельного раствора с содержанием желатина 3,0% и концентрата ядра семечек 5%

Сигнал, отн.ед.

Итак, можно считать, что для этого образца продолжительность структурирования примерно равна продолжительности первого этапа - 10×60 с. Таким образом экспериментально доказаны рациональные количества компонентов полуфабриката творожного структурированного - желатина 3%, творога нежирного размороженного 50,0%, концентрата ядра семечек 5%.

4.5.6. Исследование ИК-спектров высушенных пленок гелей модельных растворов

Учитывая рецептурный состав полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника, нами были приготовлены образцы студня желатина, состав которых приведен в табл. 4.29.

Таблица 4.29. Состав образцов высушенных пленок геля модельных растворов

№ п/п	Желатин быстрорастворимый, г	Казеинат натрия, г	Цитрат натрия, г	Концентрат ядра семян подсолнечника, г	Вода питьевая, мл
1	3,0	-	-	-	97,0
2	3,0	7,7	-	-	97,0
3	3,0	-	2,0	-	97,0
4	3,0	-	-	5,0	97,0
5	3,0	7,7	2,0	-	97,0
6	3,0	7,7	-	5,0	97,0

На рис. 4.40-4.45 приведены ИК-спектры высушенных пленок студней желатина. На спектре наблюдается характерная для всех белков широкая полоса при 3300 см^{-1} , обусловленная валентными колебаниями связи N-H в группах -NH_2 , принимающих участие в образовании водородных связей, и валентными колебаниями связей в группах O-H при $3400\text{-}3200\text{ см}^{-1}$. Полосы поглощения $3100\text{-}3050\text{ см}^{-1}$ и $1650\text{-}1600\text{ см}^{-1}$ соответствуют валентным и деформационным колебаниям связи N-H в группах NH_3^+ . С валентными колебаниями связи C-N связаны пики поглощения $1350\text{-}1300\text{ см}^{-1}$. Полосы в пределах $1480\text{-}1430\text{ см}^{-1}$ обусловлены деформационными колебаниями симметричных связей CH_2 . Поглощение в диапазоне $1250\text{-}1220\text{ см}^{-1}$ может быть связано с деформационными колебаниями связей C-H. Полосы поглощения, лежащие в пределах $1150\text{-}1075\text{ см}^{-1}$ и $1210\text{-}1100\text{ см}^{-1}$ обусловлены валентными колебаниями связей C-O в группах CH-OH и C-OH , относящихся к вторичным и третичным спиртам.

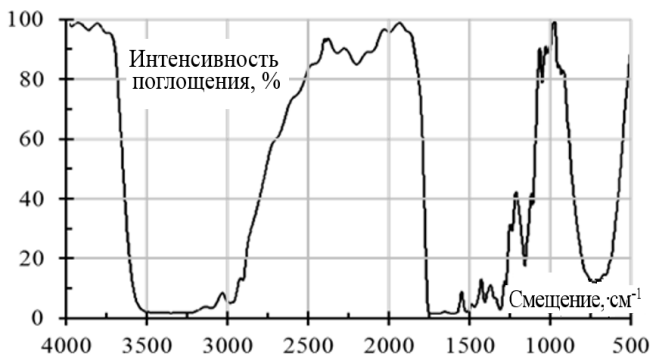


Рис. 4.40. ИК-спектр высушенной пленки геля модельного раствора желатина

ИК-спектры высушенных пленок геля желатина с добавлением составляющих веществ полуфабриката творожного структурированного (образцы 2-6, табл. 4.29) снимались относительно высушенной пленки желатина (образец № 1) и представлены на рис. 4.41 ... 4.45.

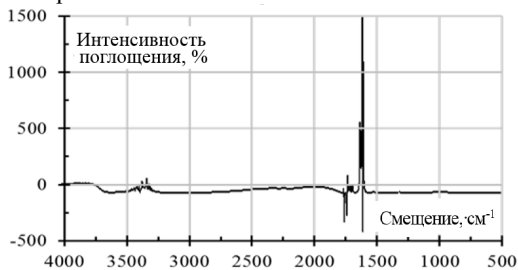


Рис. 4.41. ИК-спектр высушенной пленки геля модельного раствора желатина с казеинатом натрия

При сравнении этих спектров между собой видно, что на каждом из них есть две области пиков, которые находятся в пределах $3460-3142\text{ см}^{-1}$ и $1700-1516\text{ см}^{-1}$. Количество пиков в этих областях, интенсивности поглощения и волновые числа пиков для каждого из образцов разные. В табл. 4.30 приведены характеристики пиков ИК-спектров исследуемых образцов.

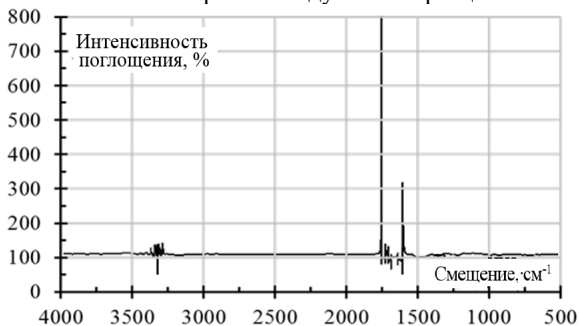


Рис. 4.42. ИК-спектр высушенной пленки геля модельного раствора желатина с цитратом натрия

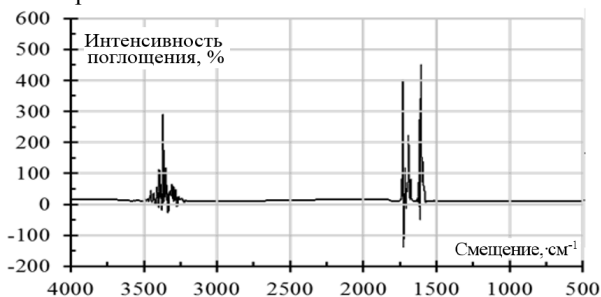


Рис. 4.43. ИК-спектр высушенной пленки геля модельного раствора желатина с концентратом ядра семян подсолнечника

Результаты исследования ИК-спектров гелей желатина с добавлением составляющих веществ полуфабриката творожного структурированного показывают, что область $3460-3142\text{ см}^{-1}$ соответствует валентным колебаниям -ОН и валентным колебаниям связи N-H в группах -NH₂, участвующих в образовании водородных связей. Интенсивность этих полос поглощения растет в ряду образцов 2, 5, 6, 3,4.

Расширение области $3332-3141\text{ см}^{-1}$ для образца № 3 свидетельствует о перераспределении водородных связей. Смещение области в сторону больших частот колебаний свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей для образцов №№ 4, 5, 6.

Область пиков поглощения $1700-1600\text{ см}^{-1}$ соответствует деформационным колебаниям N-H и для всех исследуемых образцов смещена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей. Величина смещения полос в высокочастотную область для образцов №№ 3-6 одинакова, а для образца № 2 больше на $13-15\text{ см}^{-1}$. По интенсивности поглощения пиков поглощения в этой области образцы располагаются в ряд образцов №№ 2, 5, 4, 3, 6.

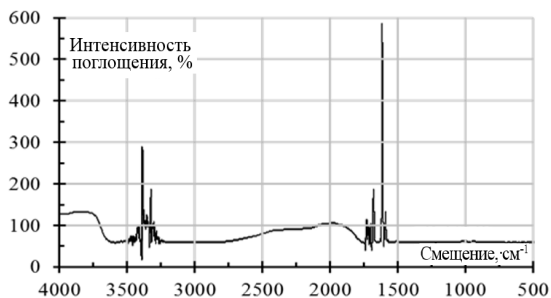


Рис. 4.44. ИК-спектр высушенной пленки геля модельного раствора желатина с казеинатом натрия цитратом натрия

Область $1560-1500\text{ см}^{-1}$ соответствует деформационным не плоскостным колебаниям COO- в результате диссоциации карбоксильных групп в водных растворах. Сильные пики поглощения в этой области наблюдаются для образцов №№ 2, 4, 5. Для образца № 6 пики поглощения, соответствующие деформационным колебаниям N-H, настолько сильны, что вклад колебаний групп COO- незначителен.

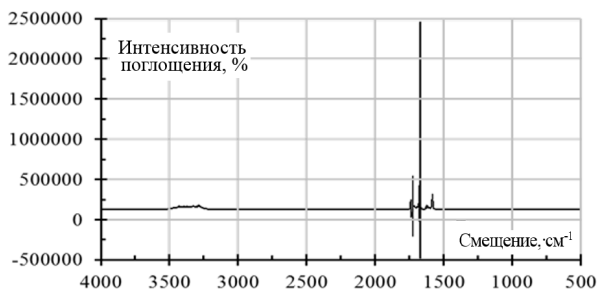


Рис. 4.45. ИК-спектр высушенной пленки геля модельного раствора желатина казеинатом натрия концентратом ядра семян подсолнечника

Для всех образцов кроме третьего происходит увеличение межмолекулярных связей, о чем свидетельствует значительное смещение области валентных колебаний групп ОН в сторону больших частот.

Таблица 4.30. Результаты исследования ИК-спектров высушенных пленок геля модельных растворов

Области пиков, см ⁻¹	Сильные пики, см ⁻¹	Интен-сти поглощ., %	Отнесение полос	Выводы
1	2	3	4	5
Образец № 2				
3339-3271	3338,56 3202,50 3271,77	80 110 130	Валентные колебания –ОН; валентные колебания связи N–H в группах NH ₂	Наибольшие пики соответствуют валентным колебаниям ОН.
1700-1534	1564,60 1546,05 1534,18	600 1180 1600	Деформационные колебания N–H в группах NH ₃ ⁺ и деформационные колебания COO ⁻	Область расширена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей. Наибольшие пики соответствуют деформационным колебаниям COO ⁻
Образец № 3				
3332-3141	3316,75 3297,47 3141,39	400 400 400	Валентные колебания –ОН; валентные колебания связи N–H в группах NH ₂	Расширение области свидетельствует о перераспределении водородных связей. Пики 3316,75 и 3141,39 соответствуют валентным колебаниям ОН.
1685-1534	1684,78 1661,20 1534,01	8200 400 2500	Деформационные колебания N–H в группах NH ₃ ⁺ и деформационные колебания COO ⁻	Область расширена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей. Наибольшие пики соответствуют деформационным колебаниям COO ⁻
Образец № 4				
3423-3196	3361,72 3337,18 3315,81	1200 3600 1300	Валентные колебания –ОН; валентные колебания связи N–H в группах NH ₂	Область смещена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей. Наибольшие пики соответствуют валентным колебаниям –ОН

Продолжение табл. 4.30

1	2	3	4	5
1687-1516	1671,34 1566,78 1542,13	5000 4200 5600	Деформационные колебания N–H в группах NH ₃ ⁺ и деформационные колебания COO ⁻	Область расширена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует о увеличении межмолекулярных связей. Пик 1542,13 соответствует деформационным колебаниям COO ⁻
Образец № 5				
3463-3220	3361,58 3348,28 3286,77	230 80 120	Валентные колебания –OH; валентные колебания связи N–H в группах NH ₂	Область расширена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей. Наибольшие пики соответствуют валентным колебаниям – OH
1686-1546	1626,10 1583,80 3546,59	100 120 550	Деформационные колебания N–H в группах NH ₃ ⁺ и деформационные колебания COO ⁻	Область смещена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей. Пик 1546,59 отвечает деформационным колебаниям COO ⁻
Образец № 6				
3440-3260	3336,50 3200,20 3267,67	70 100 140	Валентные колебания –OH; валентные колебания связи N–H в группах NH ₂	Область смещена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей.
1687- 1516	1674,57 1618,50 1620,61	400000 300000 2500000	Деформационные колебания N–H в группах NH ₃ ⁺ и деформационные колебания COO ⁻	Область смещена в сторону больших частот колебаний, что свидетельствует об увеличении межмолекулярных связей. Сильные пики смещены в сторону больших частот и соответствуют деформационным колебаниям N–H.

Таким образом, в результате анализа ИК-спектров высушенных пленок гелей желатина с добавлением составляющих веществ полуфабриката творожного структурированного исследуемые образцы по прочности созданной структуры можно разместить в ряд: образцы №№ 3, 2, 5, 4, 6. Эти результаты подтверждаются предыдущими исследованиями кинетики структуро-образования этих систем.

4.5.7. Исследование белково-фракционного состава модельных растворов

В состав нового продукта входят белки ядра семян подсолнечника, казеин и желатин. С целью исследования фракционного белкового состава были приготовлены их модельные растворы (табл. 4.31).

Таблица 4.31. Состав модельных растворов

№ п/п	Казеинат натрия, г	Желатин быстрорастворимый, г	Концентрат ядра семян подсолнечника, г	Вода, мл
1	-	3,0	-	97,0
2	7,7	-	-	97,0
3	-	-	5,0	97,0
4	7,7	3,0	-	97,0
5	-	3,0	5,0	97,0
6	7,7	-	5,0	97,0
7	7,7	3,0	5,0	97,0

На рис. 4.46-4.51 приведены результаты электрофоретического разделения белков различных фракций модельных растворов по молекулярным массам(Мм).

Анализ фракций белков, которые были получены в результате электрофоретического разделения исследуемых образцов, сравнение величин Мм фракций, относительное содержание которых к общему количеству белка наибольшее, показал, что для образца, содержащего только желатин (рис. 4.43), который представляет собой α - частицы коллагена, основные фракции имеют Мм = 80,41 (23,96%), мм = 55,68 (6,59%), мм = 43,08 (24,45%), мм = 35,96 (41,81%).

Для модельного раствора казеината натрия (рис 3.44) - Мм = 64,70 (24,45%), мм = 54,28 (24,77%), мм = 35,82 (18,03%), мм = 25 72 (4,55%), мм = 12,12 (2,71%), мм = 9,60 (7,14%).

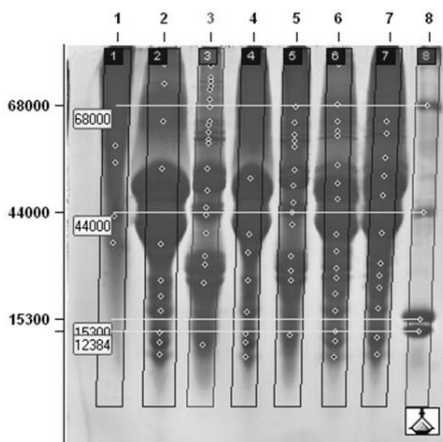


Рис 4.46. Электрофоретическое разделение белков различных фракций с молекулярными массами в SDS-ПААГ 12,5% модельных растворов: **1** - желатин; **2** - казеинат натрия; **3** - белки ядра семян подсолнечника; **4** - желатин и казеинат натрия; **5** - желатин и белки ядра семян подсолнечника; **6** - казеинат натрия и белки ядра семян подсолнечника; **7** - желатин, казеинат натрия и белки ядра семян подсолнечника; **8** - стандарт.

Для белков модельного раствора концентрата ядра семян подсолнечника (рис 4.46, 3) – Мм=69,52 (0,88%), Мм=67,78 (1,15%), Мм=64,03 (1,63%), Мм=60,92 (5,8%), Мм=59,91 (1,28%), Мм=54,40 (9,75%), Мм=49,47 (4,51%), Мм=45,30 (3,21%), Мм=43,47 (10,1%), Мм=38,60 (0,62%), Мм=32,57 (7,63%), Мм=30,00 (12,33%), Мм=25,01 (14,35%), Мм=9,07 (15,57%).

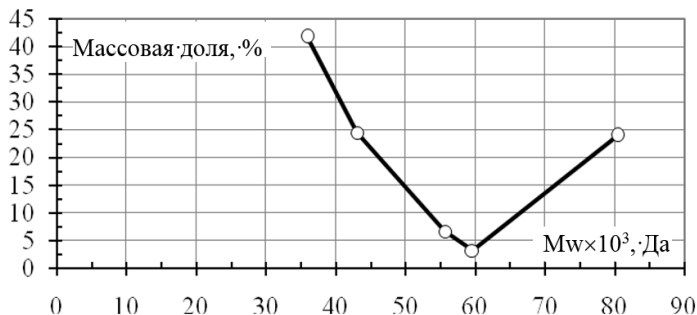


Рис 4.47. Молекулярно-массовое распределение белков модельного раствора желатина

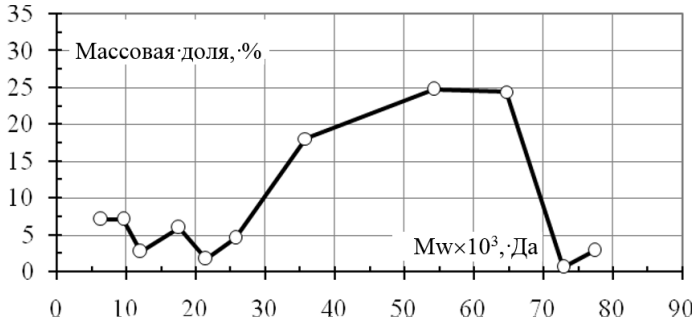


Рис 4.48—Молекулярно-массовое распределение белков модельного раствора казеината натрия

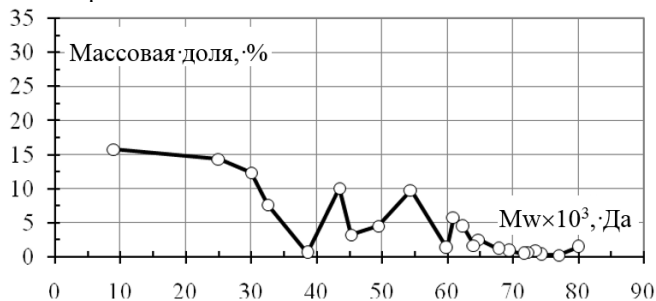


Рис 4.49—Молекулярно-массовое распределение белков модельного раствора концентрата ядра семян подсолнечника

В результате электрофоретического разделения модельного раствора желатина и казеината натрия (рис 4.46, 4) по сравнению с фракционным составом желатина (рис 4.47) и казеината натрия (рис 4.48) появляются новые фракции - $M_m = 52,26$ (34,44%), $m_m = 38,32$ (23,12%) и $M_m = 33,56$ (1,27%). Появление новых фракций с большими M_m может быть обусловлена взаимодействием белков казеината натрия и желатина.

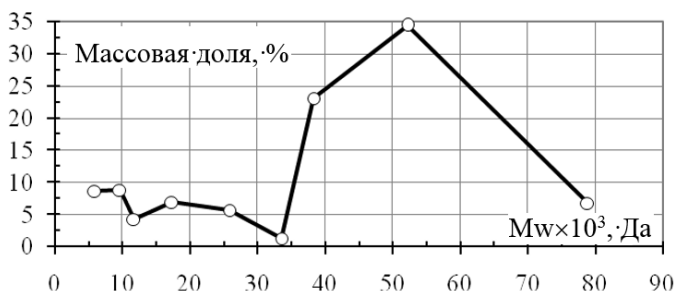


Рис 4.50—Молекулярно-массовое распределение белков модельного раствора желатина и казеината натрия

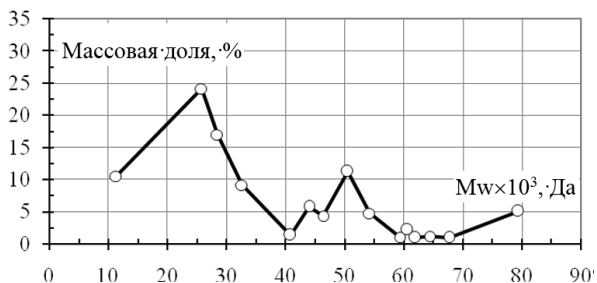


Рис 4.51—Молекулярно-массовое распределение белков модельного раствора желатина и концентрата ядра семян подсолнечника

Для модельного раствора желатина и концентрата ядра семян подсолнечника (рис 4.51) наблюдается появление пяти новых фракций по сравнению с составом желатина (рис 4.47) и концентрата ядра семян подсолнечника (рис 4.49). А фракции, присутствовавшие в образце концентрата ядра семян подсолнечника с $M_m = 49,47$ (4,51%), $m_m = 38,60$ (0,62%), $m_m = 30,00$ (12,33%), $m_m = 9,07$ (15,57%), отсутствуют в образце № 5.

Этот факт свидетельствует о взаимодействии белков желатина и концентрата ядра семян подсолнечника. Молекулярные массы новых фракций выше по сравнению с M_m фракций белков концентрата ядра семян подсолнечника.

В результате электрофоретического разделения модельного раствора казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника (рис 4.52) по сравнению с фракционным составом казеината натрия (рис 4.48) и концентрата ядра семян подсолнечника (рис 4.49) появляются новые фракции с $M_m = 55,10$ (4 ,

61%), $M_m = 50,94$ (11,64%), $M_m = 33,70$ (2,09%). Белковые фракции казеината натрия с $M_m = 54,28$ (24,77%) и концентрата ядра семян подсолнечника с $M_m = 54,40$ (9,75%), $m_m = 49,47$ (4,51%) и $M_m = 45,30$ (3,21%) отсутствуют (рис 4.52). Уменьшение фракций с большими M_m и образование комплекса белков с меньшими M_m может быть обусловлено, разрывом цепей казеината натрия под действием белков концентрата ядра семян подсолнечника.

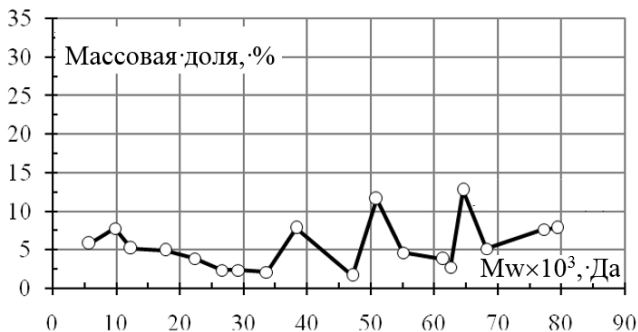


Рис 4.52—Молекулярно-массовое распределение белков модельного раствора казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника

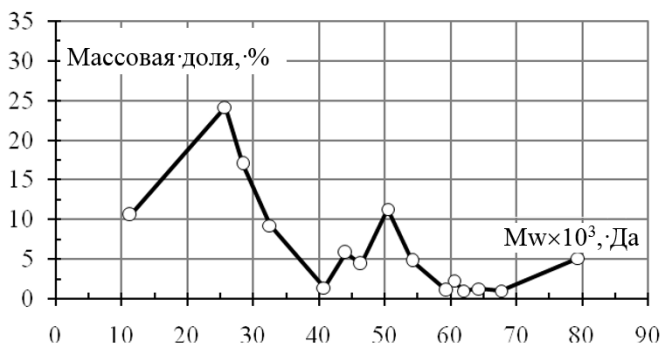


Рис 4.53—Молекулярно-массовое распределение белков модельного раствора желатина, казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника

Для модельного раствора желатина, казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника (рис 4.53) наблюдается появление новых десяти белковых фракций, M_m которых выше белковых фракций исследуемых образцов желатина, казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника (рис 4.47-4.49). Это свидетельствует об образовании связей между белками ядра семян подсолнечника, желатина и казеината натрия.

Качественный анализ полученных результатов электрофоретического разделения белков различных фракций с молекулярными массами исследуемых образцов, показал, что между белками казеината натрия и α -частицами колла-

гена (желатина) образуются связи, белки ядра семян подсолнечника также взаимодействуют с α -частицами коллагена с образованием молекул с большей Мм. Между белками казеината натрия и концентрата ядра семян подсолнечника образуются связи, однако происходит, вероятно, разрыв цепей казеината натрия, в результате чего образуются белки с меньшими Мм, а образованные связи не являются ковалентными, а вероятно имеют электростатическую природу.

Литература к главе 4

1. Скурихин И.М. О методах определения содержания минеральных веществ в продуктах / И. М. Скурихин // Вопросы питания. – 1981. – № 2. – С. 10–15.
2. Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes* : ДСТУ ISO 11290-1-2:2003. – [Чинний від 2003-10-02]. – К. : Держспоживстандарт України, 2005. – 18 с.
3. Мусина О. Н. Перспективы использования бобовых культур в молочной промышленности / О. Н. Мусина // Молочное дело. – 2010. – № 2. – С. 38–40.
4. Нечаев А.П. Пищевые добавки : учеб. пособие / А.П. Нечаев, А.А.Кочеткова, А.Н. Зайцев. – М. : Колос, 2001. – 256 с.
5. Липатов Н. Н. Восстановленное молоко / Н.Н.Липатов, К. И. Тарасов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
6. Крусь Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусь, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
7. Кузнецов В. В. Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности : справочник / В. В. Кузнецов. – СПб. : ГИОРД, 2006. – 480 с.
8. Практическая химия белка: [пер. с англ.] / [под ред. А. Дарбре].– М.: Мир, 1989. – 623 с.
9. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой ; под ред. Э. Алмаши, А. Ф. Наместникова; пер. с венг. О.А. Воронова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.
10. Кушманова О. Д. Руководство по практическим занятиям по биологической химии / О. Д. Кушманова, Г.М. Ивченко ; под ред. А.А. Покровского. – М.: Медицина, 1974. – 424с.
11. Пат. 2210923 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076. Способ производства сыра мягкого без созревания с пшеничными зародышевыми хлопьями / Смирнова И. А., Гутова С. В. – № 2001121409/13 ; заявл. 30.07.2001 ; опубл. 27.08.2003, Бюл. № 17.
12. Технология крахмала и крахмалопродуктов / [Н. Н. Трегубов и др.]; под ред. Н. Н. Трегубова. – [5-е изд., перераб. и доп]. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 472 с.
13. Продукты пищевые и вкусовые. Методы культивирования микробиологических анализов: ГОСТ 26670-85. – [Введ. 1985-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.

14. Молоко и молочные продукты. Метод определения *Staphylococcus aureus* : ГОСТ 30347-97. – [Введ. 1997-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 10 с.

15. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества : ГОСТ 3626-73. – [Введ. 1974-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 12 с.

16. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира: ГОСТ 5867-91. – [Введ. 1992-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 11 с.

17. Молоко и молочные продукты. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу : ГОСТ 26809-86. – [Введ. 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 11 с.

18. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности: ГОСТ 3624-93. – [Введ. 1994-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 11 с.

19. Молоко і молочні продукти. Визначення *Salmonella* : ДСТУ IDF 93A:2003. – [Чинний від 2003-01-01]. – К. : Держстандарт України, 2003. – 14 с.

20. Молоко. Методы определения белка : ГОСТ 25179-90. – [Введ. 1991-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.

21. Мордвинова В. А. Вопросы стандартизации при выработке мягких сыров / В. А. Мордвинова, И. Л. Остроухова, Н. Н. Оносовская // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 2. – С. 19–20.

22. Мордвинова В. А. Технологические аспекты производства сырных продуктов / В. А. Мордвинова, О. В. Лепилкина // Сыроделие и маслоделие. – 2010. – № 4. – С. 15–17.

21. Мостовая Л.Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Мостовая Людмила Николаевна. – Х., 2001. – 180 с.

22. Мусина О. Н. Краткий обзор мировых тенденций по теме «Мягкий сыр и творог» / О. Н. Мусина, М. В. Желнов // Молочное дело. – 2010. – № 8. – С. 8.

23. Мусина О. Н. Молочно-белковые продукты с нетрадиционным зерновым сырьем / О. Н. Мусина // Молочная промышленность. – 2006. – № 11. – С. 24–25.

24. Мусина О. Н. Перспективы использования бобовых культур в молочной промышленности / О. Н. Мусина // Молочное дело. – 2010. – № 2. – С. 38–40.

25. Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella* : ДСТУ EN 12824:2004. – [Чинний від 2005-07-01]. – К. : Держспоживстандарт, 2005. – 25 с.

26. Инихов Г. С. Методы анализа молока и молочных продуктов: справочное руководство / Г. С. Инихов, Н. П. Брио. – М. : Пищевая пром-сть, 1971. – 423 с.

27. Инновационная технология натуральных сырно-овощных начинок для кондитерских изделий панкейков, круассанов / [Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, Е. И. Лазаренко и др.] // Прогресивна техніка та технології харчових вироб-

ництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг : Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 45-річчю ХДУХТ, 18 жовтня 2012 р. : тези у 2 ч. Ч. 1 / ХДУХТ, 2012. – С. 161–163.

28. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.

29. Арет В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с.

30. Зобкова З. С. О консистенции кисломолочных продуктов / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова // Молочная пром-сть. – 2002. – № 11. – С.27–29.

31. Масла растительные. Методы определения кислотного числа : ГОСТ 5476-80. – [Введ. 1981-07-01]. – М. : Госстандарт, 1987. – 9 с.

32. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного : дис. канд. техн. наук : 05.18.04/ Рудакова Тетяна Василівна. – К., 2006. – 155с.

33. Снегова В. Н. Применение растительных жиров, в том числе ЗМЖ, при производстве сырных продуктов / В. Н. Снегова // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 31–32.

34. Технология переработки продуктов питания с использованием модификаторов : монография / [Ф. В. Перцевой, Ю. А. Савгира, А. Л. Фошан и др.] ; под ред. Ф. В. Перцевого. – Х. : ХГАТОП, 1998. – 177 с.

35. Перцевой Ф. В. Дослідження структурно-механічних показників сирного продукту м'якого з використанням борошна кукурудзи / Ф. В. Перцевой, В. В. Рубіна, М. В. Обозна // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Х., 2009. – Вип. 88 : Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв. – С. 223–229.

36. Зимон А. Д. Коллоидная химия : [учебник для вузов] / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – 3-е изд., доп. и исправл. – М. : АГАР, 2001. – 320 с.

37. Смоляр В.И. Рациональное питание / В. И. Смоляр.– К.: Наук. думка, 1991. – 386 с.

38. Вода в пищевых продуктах / [пер. с англ. под ред. Р. Б. Дакуорта]. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.

39. БарановБ. А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : спец. 05.18.16 «Технология продуктов общественного питания»/ Б. А. Баранов. – СПб., 2000. – 240 с.

40. Волков Г. О. Разработка и товароведная оценка мягких сыров с крупяными добавками : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания»/ Г. О. Волков. –Кемерово, 2009. – 18 с.

41. Лагони Х. Влияние хранения молока и сливок при низких температурах на стабильность коллоидов молока / Х. Лагони, К. Петере // 17-й Междунар. конгресс по молочному делу : материалы. – М.: Пищевая пром-сть, 1971. – 164 с.

42. Пат. 2170517 Российская Федерация, МПК⁷ А 23 С 19/076. Способ получения мягкого сыра из соевой эмульсии / Никулин П. А., Фещенко Т. Т., Родионов А. Г., Мавроди В. Г. – № 99114267/13 ; заявл. 29.06.99 ; опубл. 20.04.2001., Бюл. № 7.

43. Химия и биохимия бобовых растений / [пер. с англ. К. С. Спектрова] ; под ред. М.Н. Запрометова. – М : Агропромиздат, 1986. – 336 с.

44. Черников М. П. Скорость гидролиза α_s , β и χ -казеина трипсином и химотрипсином и влияние денатурирующих факторов на ферментативный гидролиз χ -казеина / М. П. Черников, Е. Я. Стан // Биохимия. – 1970. – Т. 35, № 3. – С. 463–469.

45. Гурский П. В. Технология паст закусочных на основе кисломолочного сыра нежирного : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16 / Гурский Петро Васильевич. – Х., 2008. – 175 с.

46. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия вузов Пищевая технология. – 2003. – № 2. – С. 94–96.

47. Баранов Б. А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : спец. 05.18.16 «Технология продуктов общественного питания»/ Б. А. Баранов. – СПб., 2000. – 240 с.

48. Бартнев Г.М. Физика полимеров / Г. М. Бартнев, С. Я. Френкель. – Л.: Химия, 1990. – 419с.

Глава 5. Научное обоснование технологии творожного продукта мягкого (ТПМ)

5.1. Изучение функционально-технологических свойств основных видов растительного сырья творожного продукта мягкого

Опираясь на исследования ведущих специалистов, мы пришли к выводу, что роль функционально-технологических свойств сухих порошков, полученных во время технологической переработки растительного белкового сырья и воды-растворителя, в процессе производства творожных продуктов изучена недостаточно глубоко [1; 2]. Такие исследования необходимы ввиду производства творожных продуктов высокого качества вследствие появления возможности управлять физико-химическими и структурно-механическими характеристиками. Известно, что мука кукурузная содержит до 18% от общей массы водорастворимого белка альбумина, а ядра арахиса - около 97% глобулинов, что непосредственно влияет на способность белков взаимодействовать с водой [3; 4; 5].

Исследуемое растительное сырье подвергалось механической обработке - помолу - до размера частиц около 50 мкм (средняя дисперсность муки разных видов). С целью исследования возможных фракций, взаимодействующих при вводе муки кукурузной, представлены данные по функционально-технологическим характеристикам кукурузного крахмала. Температурные параметры определения ВУС выбраны с учетом технологического процесса производства сыров - второго нагревания, во время которого следует вводить растительные компоненты с целью минимизации технологических потерь и повышения доступности белков и углеводов к действию пищеварительных ферментов, улучшения реологических характеристик [6].

С целью доказать целесообразность введения растительных добавок во время второго нагревания - в отношении способности связывать влагу - и не нарушая основные температурные режимы классической технологии сыров представлены результаты определения ВУС при $20\pm 2^\circ\text{C}$, $34\pm 2^\circ\text{C}$, $55\pm 2^\circ\text{C}$ и $65\pm 2^\circ\text{C}$. В табл. 5.1 представлены результаты исследований основных функционально-технологических свойств (ВУС и ЖУС) некоторых видов растительного сырья, которое на основе литературных источников, можно использовать при изготовлении творожных продуктов в Украине.

Анализ данных табл. 5.1 показывает, что повышение температуры, в частности с $34\pm 2^\circ\text{C}$ до $55\pm 2^\circ\text{C}$ способствует существенному повышению ВУС различных видов муки и крахмала. Происходит набухание полисахаридов, клейстеризация крахмала, содержащегося в сырье; влага удерживается в основном вследствие химического взаимодействия [3; 7]. Зерновые в своем составе содержат значительное количество белка, обладающего гидрофильными свойствами; при этом полисахариды муки не только удерживают свободную влагу,

но и взаимодействуют с белковыми молекулами, образуя устойчивую коллоидную дисперсию.

При повышении температуры с 34 ± 2 до $55 \pm 2^\circ\text{C}$ для сырья, которое не содержит крахмала (концентраты и размолотые ядра), вследствие химического взаимодействия «белок-вода» и ряда взаимодействий нехимической природы образуется менее устойчивая система, ВУС которой не зависит от температуры. Повышение температуры обработки зерновых способствует подвижности молекул воды, сопровождающееся увеличением интенсивности гидратации за счет увеличения доступности активных центров в белке, крахмале и балластных веществах, содержащихся в сырье [7; 8; 9; 10].

Таблица 5.1. Сравнительная характеристика ВУС и ЖУС растительного сырья

Сырье	Показатель					
	ВУС, %					ЖУС, %
	$20 \pm 2^\circ\text{C}$	$34 \pm 2^\circ\text{C}$	$55 \pm 2^\circ\text{C}$	$65 \pm 2^\circ\text{C}$	$75 \pm 2^\circ\text{C}$	
С	С	С	С	С		
Крахмал кукурузный	40	45	90	95	85	35
Мука кукурузная	100	110	170	180	170	75
Мука овсяная	80	100	140	140	140	77
Мука рисовая	100	120	170	190	180	95
Мука пшеничная	73	90	120	125	100	92
Мука гречневая	150	210	320	340	320	24
Концентрат ядра арахиса	160	160	160	170	170	70
Концентрат ядра грецкого ореха	110	110	110	110	110	75
Концентрат ядра подсолнечника	160	160	160	170	170	75
Ядро арахиса	45	45	45	45	45	42
Ядро грецкого ореха	19	19	19	19	19	40
Ядро подсолнечника	50	50	50	50	50	42

В результате при повышении температуры до $65 \pm 2^\circ\text{C}$ завершаются процессы клейстеризации крахмала и образования коллоидной структуры. В диапазоне повышение температуры от 55 ± 2 до $65 \pm 2^\circ\text{C}$ ВУС зерновых незначительно повышается, в частности повышение ВУС муки кукурузной составляет чуть менее 6%, муки гречневой - примерно 6%, а рисовой муки - 12%.

В то же время ВУС концентратов ядер арахиса и подсолнечника повышается примерно на 6%. При повышении температуры до $75 \pm 2^\circ\text{C}$ процесс клейстеризации крахмала завершается и образуется коллоидная структура с определенной пространственной конфигурацией, а ВУС крохмалсодержащего сырья и, собственно, крахмала снижается [26].

Полученные данные показывают, что из всех видов растительного сырья, мука кукурузная и концентрат ядра арахиса имеют высокие показатели ВУС 170 и 160% (при температуре $55 \pm 2^\circ\text{C}$) и 180% и 170% (при температуре

65±2°C) соответственно. Результаты исследования показали, что относительно крахмала кукурузного мука кукурузная более весомо влияет на повышение ВУС и ЖУС; очевидно, имеет место взаимодействие белков и полисахаридов муки с водой.

Обнаруженное повышение показателей ВУС и ЖУС доказывает целесообразность технологической переработки масличных культур на концентраты методом холодного прессования. Поскольку имеет место удаление гидрофобного жира и увеличение площади взаимодействия воды с гидрофильными группами, имеющимися в сырье. По результатам исследований ВУС выявлено, что растительные добавки целесообразно вводить в систему при температуре (55...65)±2°C (при этой температуре определена ЖУС), а дальнейшее повышение температуры нецелесообразно.

5.2. Исследование органолептических показателей модельной системы творожного продукта мягкого и принципы разработки рецептуры

Очевидной проблемой при производстве сырных продуктов является невозможность использования параметров классических технологий сыров без внесения в них определенных корректив, связанных с изменением свойств сырья в результате использования дополнительных компонентов растительной природы, что влияет на процесс формирования структуры и основные технологические параметры производства [6; 11; 12; 13]. При использовании сухого обезжиренного молока в образовании структуры нового творожного продукта мягкого (ТПМ) будут принимать участие белки, отличающиеся по свойствам от белков цельного молока вследствие температурного фактора, способствующего денатурации белков. Кроме того, при производстве ТПМ применены различные растительные компоненты, существенно влияющие на органолептические показатели. Указанные обстоятельства послужили основанием для изучения органолептических показателей модельной системы ТПМ, которые в первую очередь формируют потребительский интерес, а также физико-химические свойства, влияющие на определение пищевой, биологической ценности, микробиологические показатели в процессе изготовления творожного продукта. Это позволит разработать научно обоснованные практические рекомендации по совершенствованию и оптимизации технологии ТПМ и повысить его качество, что является современной проблемой сыродельной области молочной промышленности.

В технологии ТПМ изъято СОМ до 10% и заменено растительными добавками: концентратом ядра арахиса(КЯА), мукой кукурузной(МК) и обоими этими компонентами в разном соотношении. В табл. 5.2 отражены органолептические показатели модельной системы ТПМс учетом замены СОМ от 2,5 до 10% на КЯА и МК и контрольного образца, который не предусматривает замены.

С помощью органолептического анализа образцов модельной системы ТПМ обнаружено, что замена 2,5% СОМ позволяет получить образцы, не уступающие контрольному образцу по внешнему виду, консистенции и рисунку, однако имеющие незначительные различия цвета, легкий привкус концентрата и муки. Учитывая направление разработки продукта с максимально возможной заменой молочного сырья на растительные компоненты с учетом экономии молока, изменения биологической и пищевой ценности продукта, органолептических показателей и ряда других свойств, замена СОМ 2,5% не имеет практического интереса.

Замена 5% молочного сырья приводит к появлению более нежной относительно предыдущих образцов консистенции - так называемой мягкости - и выраженного привкуса привлеченных растительных добавок. Образец с 5% - ной заменой молока на концентрат приобретает сероватый оттенок, что является непригодным для сыров; образец с мукой приобретает равномерный желтый цвет.

Таблица 5.2. Органолептические показатели модельной системы ТПМ и заменой СОМ на концентрат ядра арахиса и муку кукурузную

Замена СОМ, %	Растительное сырье	Внешний вид, консистенция	Вкусы запахи	Цвет	Рисунок
1	2	3	4	5	6
Контроль (без добавок)	—	Плотная, эластичная, ломкая на изгибе, однородная	Выраженный творожный, слегка кислый	Белый	Тесто без глазкови сглазками неправильной формы
	2,5		КЯА	Творожный с легким привкусом арахиса	
БК		Творожный с легким привкусом кукурузы	Белый с желтым оттенком		
5	КЯА	Нежная, упругая, слегка ломкая на изгибе, однородная	Творожный с выраженным привкусом арахиса	Белый с серым оттенком	
	БК	Пластичная, в меру плотная, ломкая на изгибе, однородная по всей массе	Творожный с привкусом кукурузы	Желтый равномерный по всему объему	
7,5	КЯА	Мажущая, рыхлая	Творожный с характерным привкусом арахиса	Белый с серым оттенком	
	БК	В меру плотная, крошливая	Творожный с выраженным привкусом кукурузы	Желтый, неравномерный	

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4	5	6
10	КЯА	Мажущая, слоистая	Выраженный вкус и запах свойственный растительным компонентам	Серый	Наличие небольших пустот
	БК	Мягкая, неоднородная, рассыпчатая		Желтый, неравномерный	Тесто без глазков

Результаты органолептических исследований свидетельствуют: замена более 5% СОМ негативно сказывается на всех органолептических показателях ТПМ, особенно на внешнем виде, консистенции.

Известно, что сывороточные белки образуют устойчивые необратимые студни, которым свойственны высокая прочность и когезия (сцепление). В процессе студнеобразования сывороточные белки образуют ионные по-новому ориентированные дисульфидные связи между молекулами белка [14; 15; 16; 17; 18; 19]. Поэтому для контрольного образца характерна плотная, эластичная, ломкая на сгибе, однородная консистенция. Более мажущая консистенция образцов с концентратом по сравнению с образцами с мукой, возможно, связана с ослаблением межмолекулярного взаимодействия пространственного каркаса вследствие попадания гидрофобных групп белков арахиса; в систему также попадают дополнительные жиры, которые усиливают гидрофобные свойства. К тому же белки арахиса водонерастворимы, то есть в творожном продукте они только набухают. В связи с этим, имеет место снижение межмолекулярного взаимодействия [20].

Известно, что мука кукурузная влияет на гидромодуль и свободную влагу в системе: с повышением концентрации муки гидромодуль уменьшается, то есть снижается количество свободной влаги в системе, которая обуславливает количество крепких водородных связей и прочный пространственный каркас [3; 10; 21]. Вероятно это связано с поглощением воды амилозой крахмала, набуханием полисахаридов и, вследствие этого – уменьшением доли свободной влаги, которая находится между молекулами белка в системе, следовательно, образованием меньшего количества водородных связей между молекулами белка. Вместе с тем, повышение концентрации муки кукурузной в системе приводит к накоплению клетчатки, которая обладает химической инертностью. Происходит процесс гидратации полисахаридов и их диффузия в окружающую водную среду. Система насыщается гидратированными полисахаридами, частицами инертной клетчатки и становится хрупкой. Таким образом, учитывая органолептические свойства модельной системы ТПМ, максимально возможная замена СОМ составляет 5% и дальнейшее ее увеличение не имеет смысла. Принимая во внимание определенное направление создания комбинированного продукта с различными растительными ингредиентами с целью регулирования показателей качества, необходимым оказывается представление органолептических показателей образцов с различным соотношением концентрата и муки

относительно друг друга (табл. 5.3). Данные табл. 5.3 свидетельствуют, что соотношение КЯА и МК как 1:1 обуславливает получение модельной системы ТПМ с высокими вкусоароматическими характеристиками и приятным равномерным цветом. Такой образец имеет самую высокую балльную оценку органолептических показателей в течение хранения относительно образцов с заменой на один компонент и контрольным (табл. 5.4) и, очевидно, является рациональным.

Высокие баллы характерны свежеприготовленным образцам ТПМ. Видно, что сумма баллов рационального образца на 14 сутки испытаний максимальная: составляет 99 из 100 возможных. Отмечены высокие баллы вкусоароматических показателей и консистенции. Принимая во внимание балльную оценку органолептических показателей (табл. 5.4), которые могут характеризоваться значительным количеством дестабилизирующих факторов и динамичностью их развития, особого внимания требуют вопросы обоснования и выбора из множества альтернативных решений эффективных для получения продукта высокого качества.

Таблица 5.3. Органолептические показатели модельной системы ТПМ с заменой 5% СОМ иразличным соотношением концентрата ядра арахиса и муки кукурузной

Образец	Внешний вид, консистенция	Вкус и запах	Цвет	Рисунок
1	2	3	4	5
Контроль (без добавок)	Плотная, эластичная, ломкая на сгибе, однородная	Выраженный творожный, слегка кисловатый	Белый	Тесто без глазков или с ячейками неправильной формы, которые равномерно распределены по всей массе
КЯА	Нежная, упругая, слегка ломкая на сгибе, однородная	Творожный с выраженным привкусом арахиса	Белый с сероватым оттенком	
Соотношение КЯА:МК (3 : 1)	Нежная, упругая, слегка ломкая на сгибе, однородная		Белый с желтоватым оттенком, равномерный по всей массе	
Соотношение КЯА:МК (1 : 1)	Нежная, эластичная, слегка ломкая на сгибе, однородная	Творожный, с наличием привкуса арахиса и кукурузы	Светло-желтый, равномерный по всей массе	

Продолжение табл. 5.3

1	2	3	4	5
Соотношение КЯА:МК (1 : 3)	Эластичная, в меру плотная, ломкая на сгибе, однородная по всей массе	Творожный характерным привкусом кукурузы легким привкусом арахиса	Желтый, неравномерный	
МК		Творожный характерным привкусом кукурузы		

Таблица 5.4. Балльная оценка органолептических показателей качества модельной системы ТПМ с разным рецептурным составом при замене 5% СОМ

Показатель, баллы	Образец											
	Контроль (без добавок)			КЯА 5%			КЯА 2,5%+ МК 2,5%			МК 5%		
	Хранение, сут.											
	0	14	28	0	14	28	0	14	28	0	14	28
Внешний вид (10)	10	8	6	10	10	8	10	10	8	10	9	9
Консистенция (25)	18	20	16	21	23	23	21	24	23	22	24	24
Вкусы запах (45)	43	41	40	43	43	41	45	45	41	45	44	43
Цвет (5)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Рисунок (10)	9	10	10	8	10	10	8	10	10	8	10	10
Упаковка (5)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Сумма баллов	90	89	82	92	96	92	94	99	92	95	97	96

Таблица 5.5. Обоснование балльной оценки органолептических показателей качества модельной системы ТПМ с разным рецептурным составом при замене 5% СОМ

Образец	Хранение, суток	Альтернатива	Показатели, балл						Стандартизированные ранги, Гц					
			X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
КЯА 5%	0	A1	10	21	43	5	8	5	7	1.5	4	5	2	5
	14	A2	10	23	43	5	10	5	7	5	4	5	6.5	5
	28	A3	8	23	41	5	10	5	1.5	5	1.5	5	6.5	5

Продолжение табл. 5.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
КЯА 2,5% + БК 2,5%	0	A4	10	21	45	5	8	5	7	1.5	8	5	2	5
	14	A5	10	24	45	5	10	5	7	8	8	5	6.5	5
	28	A6	8	23	41	5	10	5	1.5	5	1.5	5	6.5	5
БК 5%	0	A7	10	22	45	5	8	5	7	3	8	5	2	5
	14	A8	9	24	44	5	10	5	3.5	8	6	5	6.5	5
	28	A9	9	24	43	5	10	5	3.5	8	4	5	6.5	5

Применение статистических методов для решения этих проблем не всегда целесообразно, поскольку они не вполне могут предусматривать случайность и резкое изменение последовательности технологических процессов. В результате возникает необходимость применения методов, основанных на экспертном оценивании с целью учета факторов, которые будут влиять на технологический процесс в следующих периодах [22; 23].

Выбор рационального соотношения КЯА и БК подтвержден с помощью метода ранга. Для применения указанного метода введены следующие обозначения: замена 5% СОМ на КЯА при сроке хранения 0 дней, 14 дней и 28 дней - альтернативы, соответственно, А1, А2 и А3; замена 2,5% СОМ на КЯА вместе с МК 2,5% при сроке хранения 0 дней, 14 дней и 28 дней - альтернативы, соответственно, А4, А5 и А6; замена 5%СОМ на МК при сроке хранения 0 дней, 14 дней и 28 дней - альтернативы, соответственно, А7, А8 и А9. Обозначение органолептических показателей, оценивающих качество образцов следующее: x_1 - внешний вид, x_2 - консистенция, x_3 - вкус и запах, x_4 - цвет, x_5 - рисунок и x_6 - упаковка. Учитывая балльные оценки экспертов, проставленные образцам по органолептическим показателям, рассчитаны стандартизированные ранги, коэффициенты весомости и значимости для каждой из альтернатив (табл. 5.5, 5.6).

Таблица 5.6. Определение коэффициента весомости альтернатив модельной системы

ТПМ с разным рецептурным составом при замене 5% СОМ

Альтернатива	k_{ij}						Итого	k_i
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6		
А1	0,156	0,033	0,089	0,111	0,044	0,111	0,544	0,091
А2	0,156	0,111	0,089	0,111	0,144	0,111	0,722	0,120
А3	0,033	0,111	0,033	0,111	0,144	0,111	0,544	0,091
А4	0,156	0,033	0,178	0,111	0,044	0,111	0,633	0,106
А5	0,156	0,178	0,178	0,111	0,144	0,111	0,878	0,146
А6	0,033	0,111	0,033	0,111	0,144	0,111	0,544	0,091
А7	0,156	0,067	0,178	0,111	0,044	0,111	0,667	0,111
А8	0,078	0,178	0,133	0,111	0,144	0,111	0,756	0,126
А9	0,078	0,178	0,089	0,111	0,144	0,111	0,711	0,119

Максимальное значение $k_i = 0,146$ имеет образец, в котором соотношение КЯА и БК составляет один к одному (2,5% и 2,5%) на 14 сутки испытаний. Это значение позволяет выбрать наиболее привлекательную альтернативу - рациональное содержание КЯА и БК при замене молочной основы: соотношение КЯА и БК при замене молочной основы 5% составляет один к одному.

5.3. Изучение изменения поверхностных явлений модельной системы творожного продукта мягкого

В результате действия молокосвертывающего фермента образуется система - творожный сгусток или творожная масса (далее творожная масса). Творожная масса, произведенная из восстановленного молока представляет собой белковую матрицу, в которой уже имеются термически денатурированные белки; вследствие чего усложняется передвижение сыворотки по капиллярам. В конкретной технологии, где основным сырьем является сухое молоко с определенной частью уже денатурированных белков, препятствующих обезвоживанию [24; 25], целесообразно привлечь процесс второго нагревания при низких температурах (38...42°C) и длительностью около 15 мин, что способствует постепенному обезвоживанию белковой матрицы (удаляют до 30% сыворотки). Чтобы не препятствовать движению сыворотки, КЯА и МК рационально вводить в термически обработанную сырную массу (влажность ее составляет около $78 \pm 2\%$). На этом этапе следует проследить влияние растительных добавок на склеивание сырных зерен и изучить прочность адгезии творожной массы с учетом рецептурного состава.

Повышение температуры выше 42...44°C делает невозможным проведение эксперимента вследствие потери системой необходимой липкости. Тепловое воздействие увеличивает поверхностную энергию оболочек сырных зерен и уменьшает прочность адгезии; при этом повышается клейкость системы (рис. 5.1).

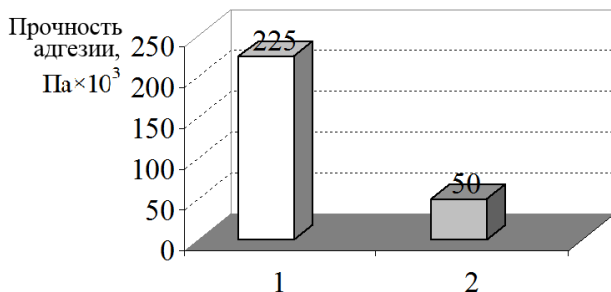


Рис. 5.1. Прочность адгезии творожной массы: 1 - творожная масса до термической обработки; 2 - творожная масса после термической обработки

Из рис. 5.1 видно, что самую высокую прочность адгезии имеет нетермообработанная творожная масса - около 225×10^3 Па. Термическая обработка творожной массы (второе нагревание) способствует снижению прочности адгезии до 50×10^3 Па. Это объясняется тем, что устойчивость казеиновых мицелл в творожном сгустке, главным образом, зависит от гидрофильных свойств казеина, так как вода образует вокруг мицелл гидратную оболочку, что обуславливает устойчивость системы.

В нативном белке пептидные группы экранированы внешней гидратной оболочкой или находятся внутри белковой глобулы и таким образом защищены от внешних воздействий. При денатурации белок теряет гидратную оболочку, в результате чего многие функциональные группы и пептидные связи белковой молекулы оказываются на поверхности и белок становится более реакционно способным; происходит агрегирование белковых молекул. После постановки творожного зерна, второго нагревания и введения растительных добавок были проведены исследования зависимости изменения прочности адгезии полученной творожной массы от содержания растительных добавок (рис. 5.2).

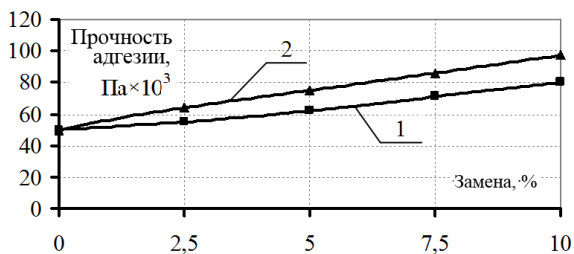


Рис. 5.2. Зависимость прочности адгезии термообработанной творожной массы от замены СОМ на КЯА и МК: 1 - КЯА; 2 - МК

Из рис. 5.2 видно, что чем больше заменено молочного сырья на растительные добавки, тем выше прочность адгезии творожной массы.

Увеличение замены молока на муку кукурузную до 10% относительно контроля повышает прочность адгезии до 97×10^3 Па; соответствующая замена СОМ на концентрат приводит к меньшему повышению - до 80×10^3 Па.

На рис. 5.3 представлены данные прочности адгезии творожной массы с общей заменой СОМ 5% и разным рецептурным составом. Рис. 5.3 свидетельствует о приближении прочности адгезии системы с соотношением КЯА и МК 1:1 (примерно 72×10^3 Па) к образцу только с мукой (75×10^3 Па), что указывает на более значительное влияние муки кукурузной на повышение адгезии творожной массы.

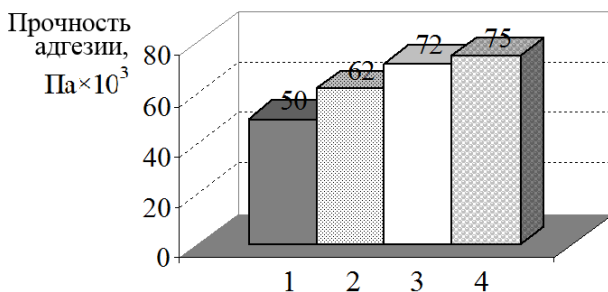


Рис. 5.3. Прочность адгезии термообработанной творожной массы: 1 - контроль (без добавок); 2 - с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса; 3 - с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 - с заменой СОМ на 5% муки кукурузной

Известно, что даже очень гладкие поверхности на самом деле неровные, шероховатые. При столкновении они контактируют не по всей площади, а лишь в ограниченном количестве точек, и адгезия оказывается незначительной. Сцепление поверхностей можно увеличить, введя между ними прослойку связующего вещества - адгезива. В творожном зерне свободная влага распределена между КЯА и МК, которые выступают адгезивами.

Вода, увлажняя поверхности, улучшает контакт между ними. Находясь в каркасе зерна, влага проникает в многочисленные капилляры, скорость заполнения которых зависит не только от вязкости адгезива и внешнего давления и термомеханического действия, но также от увлажняющей способности адгезива. Отмечается, что все хорошие органические адгезивы или имеют макромолекулярную природу, или содержат полимерный компонент [26; 27]. МК, являясь полимером, имеет в своем составе значительное количество гидрофильного крахмала и клетчатки. Когда адгезив содержит значительное количество функциональных групп, прочность каркаса будет расти; МК содержит группы ОН, сохраняя достаточную гибкость цепи. При повышении концентрации МК сближение частиц белка и сцепление их между собой происходит более интенсивно. К тому же свободная влага поглощается крахмалом и полимерами МК и сохраняется в них. Таким образом, система становится более равномерной по уровню соотношения гидрофильно-гидрофобных групп. Это, в свою очередь, приводит к повышению адгезии творожного сгустка при увеличении содержания МК в нем. Чем выше полярность их молекул, тем интенсивнее происходит увлажнение и соединение с полярным компонентом. Полярные группы кукурузного крахмала притягивают полярные группы ОН молекул воды в творожной массе, что способствует их распределению в системе и увлажнению и приводит к повышению адгезии такой системы [26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33]. То есть, МК обеспечивает дополнительное сцепление за счет влияния сил притяжения воды. Зато гидрофобные группы КЯА препятствуют действию этих сил; вследствие этого происходит снижение адгезии творожной массы. На основе вышеизложенного, основными факторами, влияющими на процессы при производстве творожного продукта являются межмолекулярные силы; имеет место адсорбционная, химическая, осмотическая и капиллярная связь влаги с компонентами системы, которые по-разному влияют на прочность ее адгезии, соответствуя определенным этапам обработки творожной массы [10; 15; 27; 34; 35; 36]. Выявлено, что повышение концентрации растительных добавок, особенно МК, способствует увеличению прочности адгезии. Адгезия неразрывно связана с группой структурно-механических свойств, которые дают более полное представление о существенных аспектах качества продукции [33; 35; 37; 38; 39; 40].

5.4. Исследование структурно-механических свойств модельной системы творожного продукта мягкого

Термообработанная творожная масса обладает некоторыми свойствами твердого тела - упругость, эластичность, прочность и др. [35; 38; 39]. Зависимость относительной деформации сдвига системы с разным рецептурным составом от времени действия напряжения выражена в виде кривых ползучести: творожной массы с заменой молочного сырья на КЯА (рис. 5.4), МК, (рис. 5.5). Для наглядного представления влияния рецептурного состава творожной массы на структурно-механические показатели целесообразно отдельно представить обобщающие данные о взаимном изменении структурно-механических характеристик творожной массы с заменой СОМ 5% и с различным содержанием рецептурных компонентов (рис. 5.6). Структурно-механические характеристики представлены, соответственно, в табл. 5.7, 5.8 и 5.9. Анализ рисунков показывает, что при напряжении сдвига около 32,7 Па после $(80...90) \times 60$ с нагрузки общая деформация исследуемых образцов меняется незначительно - нагрузка, выбрана для верхней пластины эластопластометра правильно.

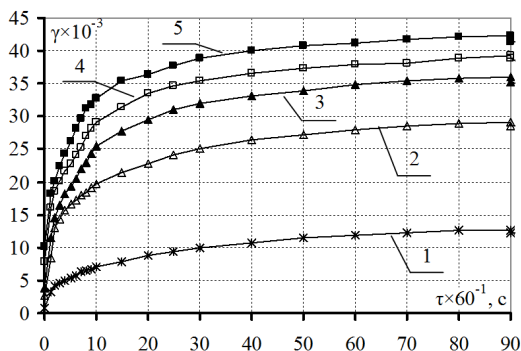


Рис. 5.4. Зависимость относительной деформации сдвига творожной массы с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса от времени действия напряжения: 1 - контроль (без добавок); 2 - 2,5%; 3 - 5%; 4 - 7,5%; 5 - 10%

Анализируя кривые ползучести рис. 5.4, видно, что увеличение замены СОМ на КЯА от 2,5 до 10% ведет к повышению общей деформации от $29,28 \cdot 10^{-3}$ м до $42,54 \cdot 10^{-3}$ м. То есть образец с 10% -ной заменой характеризуется наибольшей текучестью, а наименьшей - контрольный образец, общая деформация которого составляет $12,85 \cdot 10^{-3}$ м. Контрольный образец менее податлив в сравнении с образцами с заменой СОМ на КЯА - $39,0 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹. Увеличение замены ведет к значительному и равномерному повышению податливости относительно контроля: для образцов с заменой 2,5, 5, 7,5 и 10% податливость составляет, соответственно, от $89,54 \cdot 10^{-5}$, $111,0 \cdot 10^{-5}$, $120,0 \cdot 10^{-5}$ и $130,1 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹.

Контрольный образец имеет самый высокий условно мгновенный модуль упругости по сравнению с образцами с заменой - $20,24 \cdot 10^3$ Па. Повышение замены СОМ на КЯА в интервале 2,5...10% снижает этот показатель от $7,40 \cdot 10^3$ до $2,63 \cdot 10^3$ Па. Высокоэластичный модуль контрольного образца является максимальным ($3,93 \cdot 10^3$ Па). Повышение содержания КЯА в системе уменьшает данный показатель: в интервале замены 2,5 ... 10% изменение высокоэластичного модуля имеет интервал от $1,58 \cdot 10^3$ до $1,25 \cdot 10^3$ Па

Таблица 5.7. Структурно-механические характеристики творожной массы с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса

Наименование показателя		Замена. %				
		Контроль	2.5	5.0	7.5	10.0
1		2	3	4	5	6
γ _{обр.}	Обратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-3}$	9.93	25.10	31.64	34.90	38.60
γ _{н.обр.}	Необратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-3}$	2.91	4.18	4.53	4.35	3.94
γ _{общ.}	Общая деформация, $\text{м} \times 10^{-3}$	12.85	29.28	36.17	39.25	42.54
τ	Напряжение сдвига, Па	32.70	32.70	32.70	32.70	32.70
I	Податливость, Па^{-1}	39.0×10^5	89.54×10^5	111.0×10^5	120.0×10^5	$130,1 \times 10^5$
G _{упр.}	Условно мгновенный модуль упругости, Па	20.24×10^3	7.40×10^3	5.30×10^3	3.10×10^3	2.63×10^3
G _{эл.}	Высокоэластичный модуль, Па	$3,93 \times 10^3$	1.58×10^3	1.28×10^3	1.34×10^3	1.25×10^3
η	Пластическая вязкость, $\text{Па} \times \text{с}$	6.10×10^7	4.22×10^7	3.90×10^7	4.11×10^7	4.50×10^7
K	Отношение деформ. обр. к общ.	0.77	0.86	0.87	0.89	0.91
η _{упр.}	Вязкость упругого последействия, $\text{Па} \times \text{с}$	20.19×10^5	6.16×10^5	5.78×10^5	6.14×10^5	5.94×10^5
Упр	Относительная упругость, %	12.57	15.09	16,94	26.75	29.26
Пл	Относительная пластичность, %	22.69	14.29	12.51	11.09	9.27
Эл	Относительная эластичность, %	64.74	70.62	70,55	62.16	61.47
Θ	Период релаксации, с	1.84×10^4	$3,24 \times 10^4$	3.78×10^4	4.32×10^4	5.28×10^4

Пластическая вязкость контрольного образца максимальная - $6,10 \cdot 10^7$ Па × с. Замена на КЯА снижает данный показатель до значений (3,90 ... 4,50) • 10^7 Па × с, но не имеет взаимного определенного характера. Присутствие в системе КЯА повышает упругость: образец с максимальной заменой (10%) имеет максимальную упругость - 29,26%.

Пластичность контрольного образца максимальная (22,69%), содержание в системе концентрата снижает значение показателя, причем в интервале замены 2,5 ... 10% пластичность снижается от 14,29 до 9,27%.

По сравнению с контролем, изменение эластичности не имеет четкого характера: в интервале замены 2,5 ... 10% данный показатель снижается с 70,62 до 61,47%, причем резкое снижение эластичности наблюдается в пределах замены 5 ... 7,5% (примерно 8,4%). Расчеты показывают, что по отношению к контролю и с повышением замены СОМ на концентрат время релаксации повышается: время релаксации контрольного образца минимальное ($1,84 \cdot 10^4$ с), в интервале замены 2,5 ... 10% - составляет $3,24 \cdot 10^4 \dots 5,28 \cdot 10^4$ с.

Подобные изменения структурно-механических показателей наблюдаются в системе, в составе которой присутствует мука.

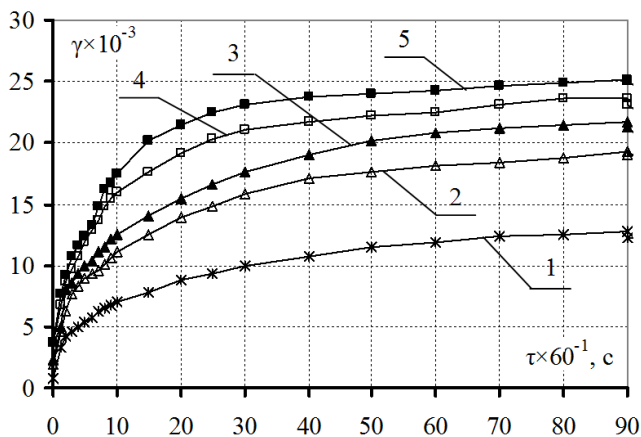


Рис. 5.5. Зависимость относительной деформации сдвига творожной массы с заменой СОМ на муку кукурузную от времени действия напряжения: 1 - контроль (без добавок); 2 - 2,5%; 3 - 5%; 4 - 7,5%; 5 - 10%

Таблица 5.8. Структурно-механические характеристики творожной массы с заменой СОМ на муку кукурузную

Наименование показателя		Замена. %				
		Контроль	2.5	5.0	7.5	10.0
$\gamma_{обр.}$	Обратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-3}$	9.93	15.60	18.46	20.30	22.55
$\gamma_{н.обр.}$	Необратимая деформация, $\text{м} \times 10^{-3}$	2.91	3.63	3,33	3.50	2.64
$\gamma_{общ.}$	Общая деформация, $\text{м} \times 10^{-3}$	12.85	19.23	21.78	23.80	25.19
τ	Напряжение сдвига, Па	32.70	32.70	32,70	32,70	32,70
$\dot{\Gamma}$	Податливость, Па^{-1}	$39,0 \times 10^5$	$58,8 \times 10^5$	$66,6 \times 10^5$	$72,79 \times 10^5$	$77,0 \times 10^5$
$G_{упр}$	Условно мгновенный модуль упругости, Па	$20,24 \times 10^3$	$12,74 \times 10^3$	$10,6 \cdot 10^3$	$7,3 \times 10^3$	$6,8 \times 10^3$

Наименование показателя		Замена. %				
		Контроль	2,5	5,0	7,5	10,0
G _{эл}	Высокоэластичный модуль, Па	3.93×10 ³	2,51×10 ³	2.13×10 ³	2,1×10 ³	1.84×10 ³
η	Пластическая вязкость, Па×с	6.10×10 ⁷	4.86×10 ⁷	5.3×10 ⁷	5,05×10 ⁷	6.69×10 ⁷
K	Отношение деформ. обр. к общ.	0.77	0.81	0.85	0.85	0,90
η _{упр}	Вязкость упругого последействия, Па×с	20.19×10 ⁵	12,38×10 ⁵	11,13×10 ⁵	11,49×10 ⁵	10.42×10 ⁵
Упр	Относительная упругость, %	12.57	13,35	14.23	18.82	19,09
Пл	Относительная пластичность, %	22.69	18.90	15.27	14.69	10.48
Эл	Относительная эластичность, %	9.93	15.60	18.46	20.30	22.55
Θ	Период релаксации, с	2.91×10 ⁴	3.63×10 ⁴	3,33×10 ⁴	3.50×10 ⁴	2.64×10 ⁴

Анализ кривых ползучести образцов творожной массы, которая содержит замену СОМ на МК показывает, что они имеют аналогичный характер с контролем и образцами с заменой на КЯА. Однако, общая деформация меньше: в интервале замены СОМ на МК 2,5 ... 10% общая деформация изменяется от $19,23 \cdot 10^{-3}$ до $25,19 \cdot 10^{-3}$.

По сравнению с контролем, присутствие МК способствует появлению текучести. Как и для образцов с концентратом, контрольный образец менее податлив по отношению к образцам с мукой. Увеличение замены на МК повышает податливость относительно контрольного образца: в интервале замены 2,5 ... 10% она меняется с $58,81 \cdot 10^{-5}$ до $77,0 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹, то есть вообще значения меньше, чем соответствующие значения податливости образцов творожной массы с концентратом. В интервале замены СОМ на МК 2,5 ... 10% условно-мгновенный модуль снижается от $12,74 \cdot 10^3$ до $6,80 \cdot 10^3$ Па.

Итак, для образцов с мукой сохраняется характер снижения условно-мгновенного модуля упругости относительно контроля, но, в сравнении с соответствующими значениями показателя образцов с концентратом, можно отметить, что в целом условно-мгновенный модуль в присутствии муки выше. Общие значения высокоэластичного модуля в присутствии муки в системе незначительно выше сравнении с системой с концентратом. Увеличение замены от 2,5 до 10% высокоэластичный модуль уменьшается от $2,51 \cdot 10^3$ до $1,84 \cdot 10^3$ Па.

Изменение пластической вязкости в присутствии муки не имеет определенного характера, но значение выше по сравнению с системой с концентратом. Характер изменения упругости образцов с мукой аналогичен образцам с концентратом, то есть увеличение замены ведет к увеличению показателя упругости: образец с заменой СОМ на МК 10% имеет максимальную упругость - 19,09%, а значение для указанной замены меньше, чем с заменой на концентрат. В интервале увеличения замены от 2,5 до 10% пластичность снижается от 18,90 до 10,48%.

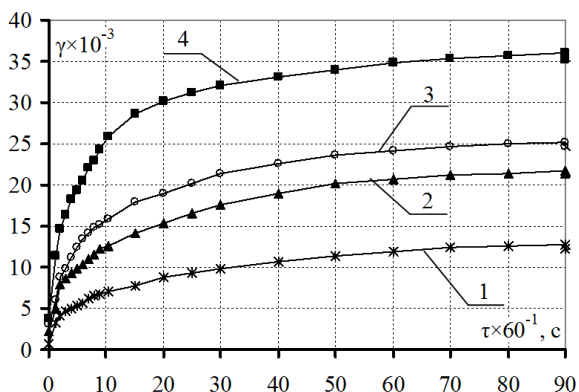


Рис. 5.6. Зависимость относительной деформации сдвига творожной массы от времени действия напряжения: 1 - контроль (без добавок); 2 - с заменой СОМ на 5% муки кукурузной; 3 - с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 - с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса

Общие значения пластичности незначительно повышаются относительно аналогичных значений показателя для системы с концентратом. Влияние рецептурного состава на эластичность не имеет четкого характера. Как для образцов с концентратом, в присутствии муки время релаксации повышается: в интервале замены на муку 2,5 ... 10% - от $2,32 \cdot 10^4$ с до $4,61 \cdot 10^4$ с; в общем присутствии муки уменьшает время релаксации по сравнению с концентратом.

Таблица 5.9. Структурно-механические характеристики творожной массы с различным содержанием растительных компонентов с общей заменой 5% СОМ

Наименование показателя	Контроль	КЯА	КЯА:БК 1:1	БК
$\gamma_{обр.}$ Обратимая деформация, $m \times 10^{-3}$	9,93	31,64	21,84	18,46
$\gamma_{н.обр.}$ Необратимая деформация, $m \times 10^{-3}$	2,91	4,53	3,43	3,33
$\gamma_{общ.}$ Общая деформация, $m \times 10^{-3}$	12,85	36,17	25,26	21,78
τ Напряжение сдвига, Па	32,70	32,70	32,70	32,70
I Податливость, Pa^{-1}	$39,0 \times 10^5$	$111,0 \times 10^5$	$77,26 \times 10^5$	$66,61 \times 10^5$
$G_{упр}$ Условно мгновенный модуль упругости, Па	$20,24 \times 10^3$	$5,30 \times 10^3$	$8,65 \times 10^3$	$10,6 \times 10^3$
$G_{эл}$ Высокоэластичный модуль, Па	$3,93 \times 10^3$	$1,28 \times 10^3$	$1,81 \times 10^3$	$2,13 \times 10^3$
η Пластическая вязкость, $Pa \cdot s$	$6,10 \times 10^7$	$3,90 \times 10^7$	$5,15 \times 10^7$	$5,3 \times 10^7$
K Отношение деформ. обр. к общ.	0,77	0,87	0,86	0,85
$\eta_{упр}$ Вязкость упругого последействия, $Pa \cdot s$	$20,19 \times 10^5$	$5,78 \times 10^5$	$9,68 \times 10^5$	$11,13 \times 10^5$
Упр Относительная упругость, %	12,57	16,94	14,96	14,23
Пл Относительная пластичность, %	22,69	12,51	13,57	15,27
Эл Относительная эластичность, %	64,74	70,55	71,47	70,50
Θ Период релаксации, с	$1,84 \times 10^4$	$3,78 \times 10^4$	$3,44 \times 10^4$	$3,0 \times 10^4$

Как видно из рис. 5.6, наибольшая текучесть присуща образцу, который содержит в своем составе только КЯА – общая деформация составляет $36,17 \cdot 10^{-3}$ м. Более устойчивым к действию сдвигового напряжения оказался контрольный образец с общей деформацией $12,85 \cdot 10^{-3}$ м. Общая деформация образца продукта с заменой СОМ на БК составляет $21,78 \cdot 10^{-3}$ м. Кривая ползучести образца с соотношением растительных компонентов 1:1, общая деформация которого составляет $25,26 \cdot 10^{-3}$, более похожа на кривую ползучести образца с мукой.

Податливость контрольного образца минимальная - $39,0 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹. Податливость образца, содержащего замену только на концентрат является самой высокой - $111,0 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹. Присутствие муки кукурузной незначительно снижает ее и приближает к контрольной величине. Для образца с соотношением растительных компонентов 1:1 и образца только с мукой значения податливости составляют, соответственно, $77,26 \cdot 10^{-5}$ и $66,6 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹.

Как установлено, контрольный образец характеризуется высоким условно мгновенным модулем упругости - $20,24 \cdot 10^3$ Па; образец с концентратом резко снижает этот показатель до $5,30 \cdot 10^3$ Па. Присутствие МК повышает условно мгновенный модуль упругости: для образца с соотношением растительных компонентов 1:1 и образца только с мукой условно мгновенный модуль упругости составляет, соответственно, $8,65 \cdot 10^3$ и $10,6 \cdot 10^3$ Па.

Закономерность изменения высокоэластичного модуля соответствует характеру изменения условно мгновенного модуля упругости. Высокоэластичный модуль контроля наивысший - $3,93 \cdot 10^3$ Па, а образца с концентратом - самый маленький ($1,28 \cdot 10^3$ Па). МК незначительно повышает значение данного показателя относительно образца с заменой на концентрат. Как выявлено, пластическая вязкость контрольного образца максимальная - $6,10 \cdot 10^7$ Па×с. Присутствие растительных компонентов снижает ее и существенное влияние на изменение пластической вязкости имеет КЯА: образец, содержащий в составе только концентрат имеет значение $3,90 \cdot 10^7$ Па×с. Зато, появление в системе муки значительно повышает данный показатель по сравнению с концентратом: пластическая вязкость образца с соотношением 1:1 с мукой, соответственно, $5,15 \cdot 10^7$ и $5,3 \cdot 10^7$ Па×с.

По результатам расчетов, наиболее упругим оказался образец с заменой на концентрат; наименее - контрольный образец. Повышение содержания муки снижает упругость по отношению к образцу с концентратом и приближает значение этого показателя к контролю. Относительная пластичность контрольного образца максимальная, содержание в системе растительных компонентов снижает значение показателя, причем в большей степени на снижение относительной пластичности влияет КЯА (характеризуется минимальным значением). Наименее эластичным является контрольный образец; растительные компоненты не имеют четкого характера влияния на эластичность. Расчеты показывают, что время релаксации контрольного образца является минимальным ($1,84 \cdot 10^4$ с). Присутствие в системе растительных компонентов повышает время релаксации таких образцов относительно контроля: замена на концентрат приводит к

более весомому увеличению времени релаксации (до $3,78 \cdot 10^4$ с), чем мука (до $3,0 \cdot 10^4$ с). Период релаксации образца с соотношением растительных компонентов 1:1 занимает промежуточное положение между значениями последних образцов ($3,44 \cdot 10^4$ с).

Анализ ряда структурно-механических характеристик творожной массы с разным рецептурным составом дает возможность установить следующее. Уменьшение времени релаксации контрольного образца указывает на повышение его пластических свойств и уменьшение эластичных, что положительно влияет на условия вымешивания [40; 41; 42; 43]. Повышение времени релаксации свидетельствует о росте упругих и эластичных свойств и уменьшении пластических, а значит негативно влияет на вымешивание, что особенно актуально для системы при повышении содержания КЯА.

5.5. Исследование изменений связи влаги модельной системы творожного продукта мягкого

Известно, что 20...25% влаги, содержащейся в сыре, связаны с белковыми веществами и удалить ее из творога можно только нарушив связь воды с белком, а в творожных продуктах - с белково-полисахаридными компонентами [44; 45; 46; 47; 48; 49; 50].

Как обнаружено, при введении в творожную массу концентрата ядра арахиса и муки кукурузной в систему попадают вещества белково-полисахаридной природы, которые способны поглощать влагу и удерживать ее. При соприкосновении с водой они начинают активно поглощать воду. Процесс набухания белков протекает во времени и сопровождается увеличением объема макромолекулы белка и изменением его механических свойств. Сначала набухание возникает за счет физических сил. Большая часть воды, поглощенная при набухании, свободна, захвачена механически сеткой из мембран и волокон белка. Белки КЯА и МК, а также крахмал муки составляют единую синергетическую систему, которая имеет непосредственное влияние на весь ход технологического процесса производства нового творожного продукта. После гидратации влага находится в продукте в порах в свободном и связанном состоянии и взаимодействует с пептидными связями и группами кислотного и основного характера (полярными боковыми цепями белка). Белки, имеющиеся в творожном продукте, преимущественно проявляют гидрофильные свойства при взаимодействии с водой. При этом они набухают, увеличивается их масса и объем. Набухание белков сопровождается их частичным растворением. Гидрофильность отдельных белков зависит от их строения. Имеющиеся в составе и расположенные на поверхности белковой макромолекулы гидрофильные, аминные и карбоксильные группы притягивают к себе молекулы воды, строго ориентируя их на поверхности молекулы [13; 51; 52].

5.5.1. Исследование ВУС

При нагревании склеивающая способность творожных зерен увеличивается (подтверждено вышеизложенными экспериментальными исследованиями), поскольку протекают процессы разрушения гидратационной оболочки частиц белка и сближение их между собой, уменьшается прочность адгезии. Следовательно, изменяется способность удерживать влагу: интенсивно происходит си-резис [41].

На рис. 5.7 приведена ВУС творожной массы до и после термической обработки (ТО). ВУС термически обработанной творожной массы по сравнению с нетермообработанной уменьшается примерно на 68,3%.

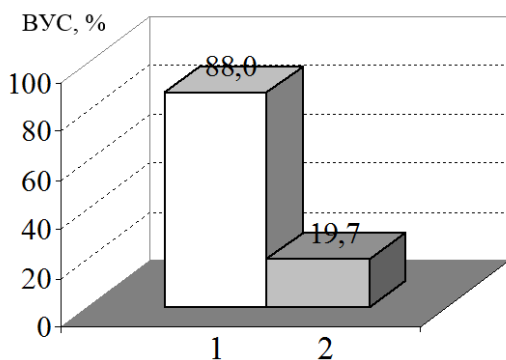


Рис. 5.7. Влагоудерживающая способность творожной массы: 1 - творожная масса до термической обработки; 2 - творожная масса после термической обработки

С целью отслеживания влияния рецептурных компонентов на смену форм связи влаги в творожной массе необходимо начать исследования на этапе добавления КЯА и МК в систему.

С помощью математического моделирования экспериментальных данных были установлены оптимальные режимы гидротермической обработки опытных образцов с заменой молочного сырья 5% на КЯА и МК в пропорции 2,5% КЯА + 2,5% МК при введении компонентов в творожную массу. Результативным показателем качества продукта была выбрана ВУС творожной массы. В ходе эксперимента температуру опытных образцов постепенно повышали с 35 до 75°C с продолжительностью от 10×60 с до 30×60 с (с шагом 5×60 с). Диапазон изменения показателей избран на основании аналитических исследований [17; 53; 54; 55; 56; 57; 58; 59]: повышение температуры выше 75°C нецелесообразно технологически и экономически, а термическая обработка более 30×60 с приводит к снижению качества готового продукта.

Значения входных переменных (температуры и длительности обработки), а также резульативного показателя ВУС, полученные в процессе эксперимента, приведены в табл. 5.10.

Графическое представление данных позволило определить тенденцию изменения значений исследуемых показателей. Линии трендов, приведенные на рис. 5.8, свидетельствуют, что с увеличением продолжительности нагрева образцов продукта, ВУС экспоненциально повышается. Такая тенденция наблюдается также с повышением температуры..

Таблица 5.10. Данные для определения оптимальных параметров гидротермической обработки творожной массы

Температура, °С	Продолжительность, $\tau \times 60$, с						
	0	5	10	15	20	25	30
	ВУС, %						
35	30	30	30	30	30	30	30
40	30	30	30	31	31	31	31
45	30	30	30,5	31	31	32	32
55	30	30,5	31	32	32	32	32
65	31	32,5	34	34	34	34	34
75	30	32	32,5	34	34,5	34	34

С помощью эконометрического анализа экспериментальных данных оценены характер этой связи и построен ряд регрессионных моделей. В результате получено уравнения регрессии, которые вместе с коэффициентами корреляции, приведены в табл. 5.11 (приложения E₁, E₂). Уравнения (табл. 5.11) отражают влияние факторов (температуры (t_i) и продолжительности нагрева образцов (τ_i)) на ВУС творожной массы (y_i) с заменой СОМ в пропорции 2,5% КАЯ + 2,5% МК.

Исходя из полученных значений коэффициентов, все полученные эконометрические модели являются адекватными. Проверка с помощью критерия Фишера свидетельствует об их статистической значимости по отдельным параметрам и в целом. Для определения общего влияния температуры и продолжительности нагрева на ВУС творожной массы рассчитаны коэффициенты и параметры множественной корреляции с проведением предварительного анализа, где z - ВУС,%; t - температура, °С; τ - продолжительность нагрева, с.

Проверка регрессионного уравнения по критерию Фишера с 95%-ной вероятностью свидетельствует, что оно адекватно описывает экспериментальные данные.

Рассчитанные и приведенные на рис. 5.9 парные коэффициенты корреляции характеризуют сравнительную силу влияния каждого из факторов на ВУЗ: больше влияет на ВУЗ температура t ($r=0,77$), затем - продолжительность нагрева τ ($r=0,44$). Вид поверхности, построенной на основе значений функции $z(t, \tau)$ приведены на рис. 5.10.

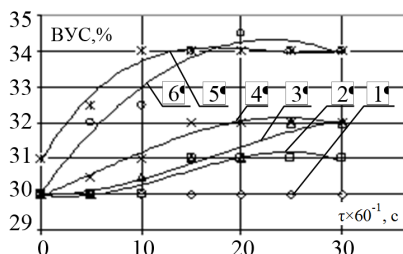


Рис. 5.8. Линии трендов экспериментальных данных: зависимость влагоудерживающей способности творожной массы от продолжительности и температуры термической обработки, °С: 1-35; 2-40; 3-45; 4-55; 5-65; 6-75

Таблица 5.11. Рассчитаны парные корреляционно-регрессионные модели зависимости влагоудерживающей способности творожной массы от продолжительности и температуры термической обработки

Независимый параметр	Модель	Коэффициент корреляции R
Зависимость ВУС от температуры нагрева		
$\tau = 0$	$y_1(t) = 22,541 + 5,664t^{0,08}$	0,416
$\tau = 5$	$y_2(t) = 27,898 + 0,028t^{1,17}$	0,895
$\tau = 10$	$y_3(t) = 17,864 + 3,458t^{0,34}$	0,854
$\tau = 15$	$y_4(t) = 20,566 + 1,702t^{0,48}$	0,971
$\tau = 20$	$y_5(t) = 26,424 + 0,083t^{1,07}$	0,982
$\tau = 25$	$y_6(t) = 16,410 + 4,271t^{0,33}$	0,960
$\tau = 30$	$y_7(t) = 16,410 + 4,271t^{0,33}$	0,960
Зависимость ВУС от продолжительности нагрева исследуемых образцов		
$t = 35$	$y_1(\tau) = 30$	
$t = 40$	$y_2(\tau) = 29,893 + 0,062\tau^{0,90}$	0,868
$t = 45$	$y_3(\tau) = 26,450 + 3,429e^{0,02\tau}$	0,970
$t = 55$	$y_4(\tau) = 29,934 + 0,340\tau^{0,57}$	0,944
$t = 65$	$y_5(\tau) = 30,980 + 1,369e^{0,26\tau}$	0,954
$t = 75$	$y_6(\tau) = 29,961 + 1,226e^{0,38\tau}$	0,958

Correlations (рациональный) Marked correlations are significant at $p < ,05000$ N=42 (Casewise deletion of missing data)			
Variable	t	τ	y
t	1,00	0,00	0,77
τ	0,00	1,00	0,44
y	0,77	0,44	1,00

Рис. 5.9. Парные коэффициенты множественной корреляции

Рациональная замена 2,5% КЯА и 2,5% БК

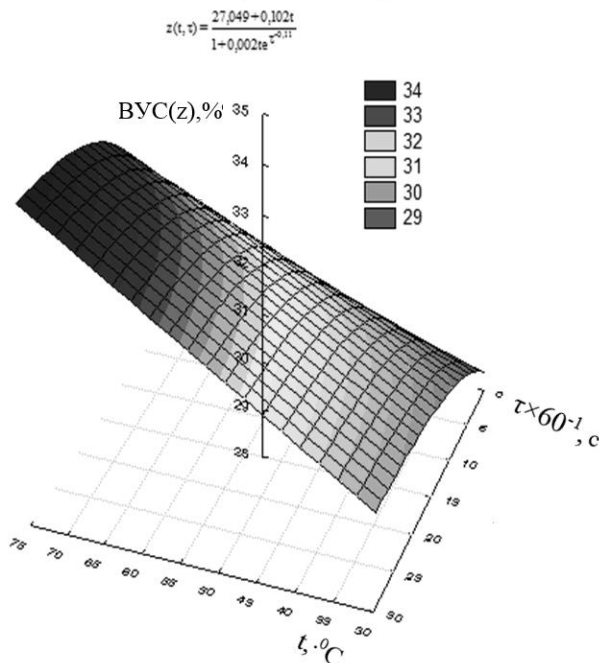


Рис. 5.10. 3D-график зависимости влагоудерживающей способности творожной массы от продолжительности и температуры термической обработки

Для дальнейшей обработки поверхности с целью получения оптимальных режимов термической обработки выполнен кластерный анализ показателей, который позволил классифицировать наборы данных. Были определены группы похожих между собой объектов, которые принято называть кластерами. Построенная дендограмма классификации позволила выделить три кластера для каждого из показателей. Были найдены их центры (эталон) с помощью метода «к-средних», рассчитано евклидово расстояние от точки эталона до объекта и доказана адекватность классификации. В результате были получены следующие диапазоны переменных сформированных кластеров (табл. 5.12).

Таблица 5.12. Диапазоны переменных кластеров

Кластер	t, °C	τ × 60, с	z, %
1	35 – 55	0 – 10	30 – 31
2	65 – 75	0 – 30	31 – 34,5
3	35 – 55	15 – 30	30 – 32

Анализ соотношений характеристик термической обработки образцов позволил установить, что третий кластер является лучшим, поскольку он удовле-

творяет условиям максимизации ВУС с минимизацией температуры обработки. Если представленную поверхность функции $z(t, \tau)$ разрезать плоскостями $t = 35^\circ$ и $t = 55^\circ$, а также $\tau = 15 \times 60$ с и $\tau = 30 \times 60$ с, то получим такой двумерный график с оптимальной зоной этих параметров (рис. 5.11).

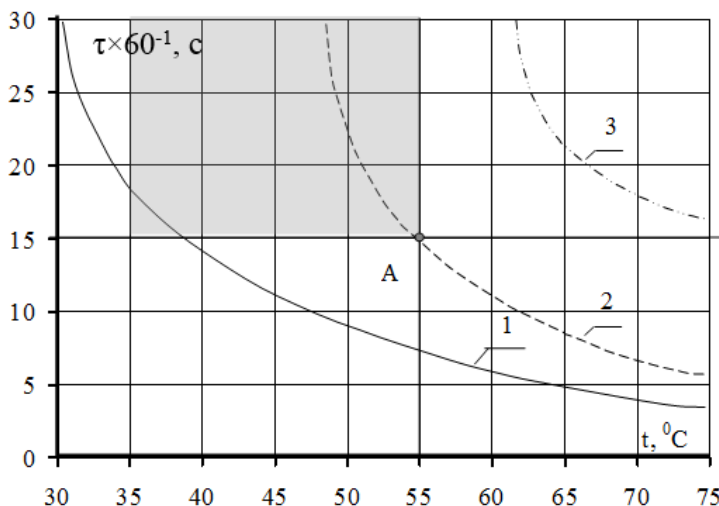


Рис. 5.11. Область выбора оптимальных режимов гидротермической обработки творожной массы 1 - ВУС 29%; 2 - ВУС 32%; ВУС 33%

На основании этих данных можно утверждать, что в рамках двухпараметрических моделей, центры кластеров переменных, которые исследовались, находятся на плоскости прямоугольника, стороны которого соответствуют предельным значениям параметров оптимизации. Точка А имеет лучшие характеристики и поэтому отвечает оптимальному режиму гидротермической обработки, а именно, когда температура составляет 55°C , продолжительность обработки - 15×60 с; ВУС при этих условиях достигает 32%. То есть, использование математического моделирования на данном этапе исследований позволило выявить рациональную замену молочного сырья на концентрат ядра арахиса и муку кукурузную, а также оптимизировать параметры термической обработки (второго нагревания) системы.

5.5.2. Исследование изменения влажности в зависимости от продолжительности воздействия высокой температуры

Возникает необходимость определить насколько вода ассоциирована с неводными компонентами, поскольку вода, сильнее связанная, имеет меньшую способность поддерживать процессы, которые портят творожный продукт. Разная природа и химический состав рецептурных компонентов творожного про-

дукта влияют на содержание и соотношение свободной и связанной влаги в нем. Свободная влага легко удаляется при высушивании [47; 48; 60]. Содержание влаги было определено термогравиметрическим методом с помощью весов-влажномеров при действии постоянной температуры 125°C. Исследованы образцы модельной системы ТПМ с заменой молочного сырья до 10% на КЯА и МК, как было определено выше - максимально допустимая замена с учетом органолептических характеристик готового продукта. Зависимость влажности творожного продукта от продолжительности сушки при замене молока на концентрат ядра арахиса и муку кукурузную приведена на рис. 5.12, из которого видно, что процесс удаления влаги из творожного продукта более замедленный для образца с МК. КЯА влияет на процесс удаления влаги менее интенсивно. Контрольный образец высушивается с $(10...12) \times 60$ с, при этом теряет около 98% свободной влаги. Образец с КЯА высушивается за $(12...14) \times 60$ с с потерями свободной влаги 98%, а образец с заменой на МК - за $(14 \dots 16) \times 60$ с и соответственно теряет 98% свободной влаги.

Для модельной системы ТПМ характерно, что контрольный образец быстрее, чем образцы с указанными заменами, достигает постоянной влажности, то есть быстрее высушивается. Итак, присутствие растительных компонентов замедляет процесс удаления свободной влаги. При этом мука существенно влияет на удаление свободной влаги. Значительное замедление процесса сушки модельной системы ТПМ с повышением концентрации в системе МК происходит, вероятно, из-заудержания влаги полимерами клеточных стенок, крахмалом, путем набухания белков.

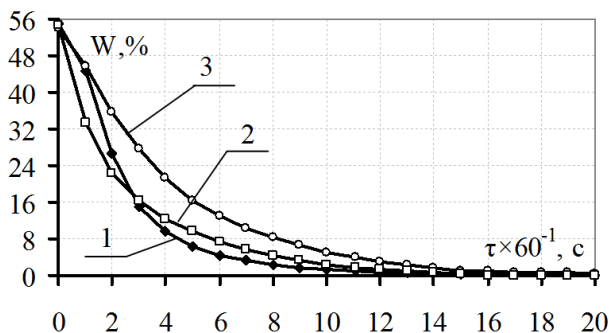


Рис. 5.12. Зависимость влажности ТПМ от продолжительности термической обработки: 1 - контроль (без добавок); 2 - с заменой СОМ на 10% концентрата ядра арахиса; 3 - с заменой СОМ на 10% муки кукурузной

Химические свойства зерновых обусловлены наличием гидроксильных и карбоксильных групп, что делает муку из них гидрофильной и способной взаимодействовать с белками молока. Присутствие крахмала усиливает гидрофильные свойства муки. Высокая влагоудерживающая способность муки кукурузной позволяет использовать ее в качестве стабилизатора в технологии творожного продукта.

Таким образом, мука кукурузная, как рецептурный компонент ТПМ, обуславливает наличие абсорбционно связанной влаги, то есть приводит к возникновению физико-химической формы связи влаги в продукте. Поскольку молекулы воды попадают внутрь частиц муки кукурузной, в результате возникает хемосорбция, что замедляет процесс сушки модельной системы творожного продукта. Следовательно, уменьшается доля свободной влаги, которая находится между молекулами белка творожного продукта.

Также с увеличением количества гидрофильных компонентов число поверхностных зарядов в продукте возрастает, что приводит к повышению коллоидной стойкости такого продукта. Присутствие в продукте КЯА незначительно ускоряет процесс удаления влаги. Это объясняется наличием в арахисе значительного количества нерастворимых в воде белков, которые способны к набуханию; влага удерживается с помощью физического взаимодействия. Очевидно, молекулы воды удерживаются за счет сил электростатического притяжения.

Целесообразно отметить присутствие масла в КЯА (10...12%) в отличие от МК. Предыдущими исследованиями установлено, что модельная система ТПМ, содержащая в своем составе КЯА и МК имеет значительную ВУС, что позволяет связывать свободную воду в продукте. При этом важной особенностью МК является повышенная способность к гидратации, что ведет к уменьшению потерь массы продукта на протяжении всего процесса производства, потерь влаги при хранении и, как следствие, к повышению срока годности.

Зависимость влажности модельной системы ТПМ с заменой 5% СОМ и различным содержанием растительных добавок от продолжительности сушки представлена на рис. 5.13.

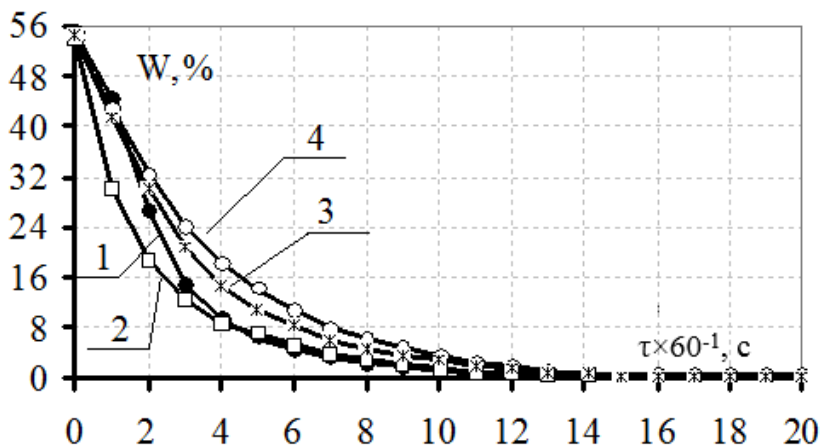


Рис. 5.13. Зависимость влажности ТПМ от продолжительности термической обработки: 1 - контроль (без добавок); 2 - с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса; 3 - с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 - с заменой СОМ на 5% муки кукурузной

По интенсивности удаления влаги образец с соотношением растительных компонентов 1:1 приближен к образцу, содержащему только МК: время удаления влаги, соответственно, $(12...13) \times 60$ с и $(13...14) \times 60$ с. Установлено, что присутствие МК, при равном соотношении растительных добавок, в большей степени влияет на прочность структуры модельной системы и повышает содержание связанной влаги.

Таким образом, повышение в системе концентраций МК и КЯА обуславливает изменение сил межмолекулярного взаимодействия, приводящие к удержанию влаги. Повышение концентраций компонентов позволяет ослабить влияние тепловой денатурации белков [47; 61], следовательно сохранить биологическую ценность таких образцов по сравнению с контрольными.

5.5.3. Определение кинетических параметров эндотермических процессов

Дериватография используется для определения теплоты и температур фазовых переходов, изучение процессов рекристаллизации, десольватации, терморазложения и химической совместимости. В ходе проведения исследования регистрируется изменение массы и термостабильности образца. [62; 63]. Физико-химические процессы можно изучать, фиксируя изменения массы и температуры образца.

Кинетические параметры эндотермических процессов, происходящих с изменением массы при неизотермических условиях, определены с помощью дифференциального термического анализа (ДТА) на дериватографе. В основу данных исследований положено предположение, что в условиях постоянной скорости нагрева значение степени изменения массы или поглощения тепла системой в области фиксированного начала и максимального развития процесса пропорциональны константе скорости преобразования для каждого значения температуры. Экспериментальные исследования потерь влаги, имеющей различные формы связи, проведены на основе анализа кривых изменения массы (ТГ), дифференциальной термогравиметрии (ДТА) и температуры (Т). Исследования кинетических параметров эндотермических процессов модельной системы ТПМ представлены для образцов с различным содержанием растительных компонентов при рациональной замене молочного сырья (рис. 5.14).

Пики кривой ДТА указывают на процессы, происходящие с уменьшением массы. Можно предположить, что потеря массы опытных образцов связана с удалением воды из продукта вследствие теплового воздействия.

Кривые ДТА направлены в сторону уменьшения температуры, таким образом можно считать, что процесс является эндотермическим.

На кривых зафиксировано эндоэффекты, положение которых для каждого образца разное в зависимости от содержания основных компонентов - концентрации ядра арахиса и муки кукурузной.

Сравнительный анализ термоаналитических кривых (ТГ и ДТА) опытных образцов показал, что скорость процесса разрушения каркаса контрольного образца самая высокая, поскольку потери массы данного образца (около 80 мг)

наибольшие. Для образца, содержащего только концентрат ядра арахиса потери массы несколько ниже - около 75 мг.

Потери массы образцов, в которых присутствует мука кукурузная, меньше и составляют для образца с заменой СОМ на концентрат и муку 1:1 примерно 64 мг, а для образца с заменой только на муку - 61 мг. То есть образец с максимальным содержанием муки кукурузной в условиях постоянной скорости нагрева теряет меньше влаги, которая очевидно, связана крахмалом и другими полимерами растительной добавки.

Пики кривых ДТА соответствуют следующим значениям температур при которых разрушается структура продукта. Контрольный образец характеризуется минимальной термостойкостью, поскольку имеет наименьшую температуру - около 95°C. Присутствие в системе растительных добавок, особенно муки кукурузной, повышает термостойкость образцов: температура разрушения структуры образца с концентратом - примерно 101°C, образца с соотношением добавок 1:1 - около 107°C, а образца только с мукой - 111°C.

Таким образом, введение растительных добавок (в большей степени муки кукурузной) приводит к повышению устойчивости продукта по отношению к действию высоких температур, а также к уменьшению потерь массы.

По результатам вышеизложенных экспериментальных исследований, посвященных научному обоснованию технологии нового творожного продукта с комбинированным составом, сделаны следующие выводы.

Изучением функционально-технологических свойств растительного сырья установлено, что концентрат ядра арахиса и мука кукурузная характеризуются высокими показателями ВУС - соответственно, 160% и 170%, которые измерены при температуре $55 \pm 2^\circ\text{C}$. Результаты исследования ВУС растительных компонентов при более высоких температурах показывают, что они не способствуют существенно повышению показателя.

Учитывая органолептические характеристики модельной системы ТПМ в условиях замены молочного сырья на концентрат ядра арахиса и муку кукурузную до 10% выявлено, что общая замена 5% СОМ обуславливает высокие совокупные органолептические свойства системы, в частности цвета и консистенции.

На основе балльной оценки экспертов, рассчитаны стандартизированные ранги, коэффициенты весомости и коэффициенты значимости для установленных альтернатив модельной системы ТПМ с разным рецептурным составом при замене 5%СОМ. По максимальному значению коэффициента значимости (0,146) выбрана наиболее привлекательная альтернатива - рациональное содержание КЯА и МК при замене молочной основы 5% с учетом срока хранения: соотношение КЯА и БК 1:1обеспечивает сохранение качества в течение 14 суток.

Исследованиями состояния влаги модельной системы ТПМ отмечен весо-мое влияние муки кукурузной на способность удерживать влагу. С помощью математического моделирования определены оптимальные режимы гидротермической обработки творожной массы с заменой 5%молока на 2,5% КАЯ + 2,5% БК: температура составляет 55°C, продолжительность обработки - 15×60 с.

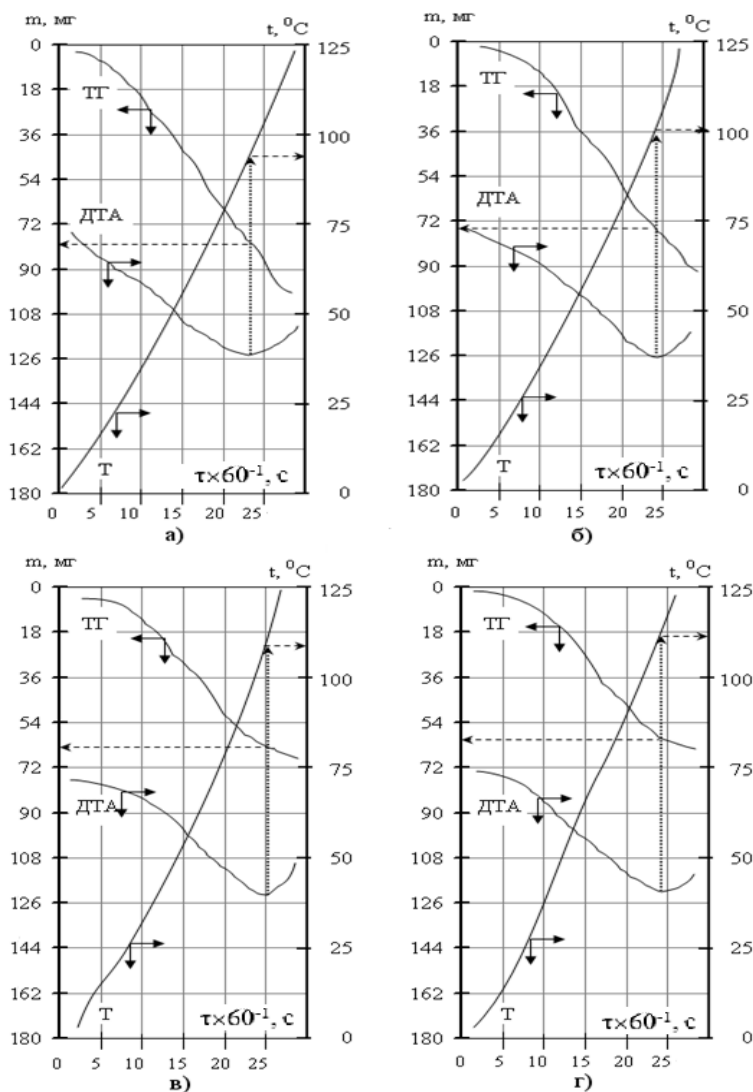


Рис. 5.14. Определение кинетических параметров эндотермических процессов модельной системы ТПМ: а) - контроль (без добавок); б) - с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса; в) - с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; г) - с заменой СОМ на 5% муки кукурузной

Установлено, что присутствие в системе концентрата ядра арахиса и муки кукурузной дает возможность изменять ее реологические показатели и соотношения структурно свободной и структурно связанной влаги в широких пределах.

Введение растительных компонентов, особенно муки кукурузной способствует повышению устойчивости системы к воздействию высоких температур, а также уменьшению риска потерь массы.

ТПМ может быть использован в предприятиях питания как самостоятельный продукт, а также для производства широкого ассортимента кулинарных изделий – запеканок, пудингов, сырников и др..

Литература к главе 5

1. Баль-Прилипко Л. В. Значення води у формуванні якості харчових продуктів / Л. В. Баль-Прилипко, О. М. Ляшенко // Молочное дело. – 2010. – № 8. – С. 8–12.

2. Вода в пищевых продуктах / [пер. с англ. под ред. Р. Б. Дакуорта]. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.

3. Бровкин С. И. Хлебопекарные свойства кукурузной муки / С. И. Бровкин, Л. Я. Ауэрман. – М. : ЦИНТИПИЩЕПРОМ, 1961. –28 с.

4. Пивоваров П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування : навч. посібник в 4 ч. Ч. 1. Білки в технології продукції громадського харчування /П. П. Пивоваров. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.

5. Applewhite T. H. Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs / T. H. Applewhite // The American Oil Chemists Society. – 1989. – 575 p.

6. Волков Г. О. Разработка и товароведная оценка мягких сыров с крупяными добавками :автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания»/ Г. О. Волков. –Кемерово, 2009. – 18 с.

7. Пивоваров П. П. Теоретичні основи технології громадського харчування : навч. посібник в 4 ч. Ч. 2. Вуглеводи в технологічному процесі виробництва продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко. – Харків : ХДАТОХ, 2001. – 162 с.

8. Голубев В.Н. Функциональные свойства пектинов и крахмала / В. Н. Голубев, С.Ю. Беглов, А. В. Поджуев //Пищевые ингредиенты. Сырьёидобавки. – 2000. – № 1. – С. 14–18.

9. Eliasson A. C. Carbohydrates in food / A. C. Eliasson. – CRC/Taylor & Francis, 2006. – 546 p.

10. Phillips G. O. Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Abington : WoodheadPublishingLimited, 2009. – 944 p.

11.

Гаврилова

Н.Б.Технологиямягкогопорционногосыраизвосстановленногомолока/Н.Б.Гаврилова, О. В. Пасько, Л. Г. Германская // Сыроделие и маслоделие. – 2006. – № 1. – С. 33–34.

12. Онопрійчук О. О. Удосконалення технології сиркових виробів із зерновими інгредієнтами :автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук

: спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / О. О. Онопрійчук. – К., 2008. – 22 с.

13. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04/ Рудакова Тетяна Василівна. – К., 2006. – 155с.

14. Белов Г. А. Технология сыра: справочник /Г. А. Белов,И. П. Бузов, К. Д. Буткус ;под общ. ред. Г. Г. Шилера.–М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 312 с.

15. Оноприйко В. А. Механизм адгезии сырных зерен / В. А. Оноприйко // XXXVIII науч.-техн. конф. по итогам работы проф.-преп. состава СевКавГТУ за 2008 год / Северо-Кавказский государственный технический университет. – 2009. – Т. 1. Естественные и точные науки. Технические и прикладные науки. – Ставрополь, 2009. – 218 с.

16. Ростроса Н. К. Производство молочно-белковых продуктов на основе совместной коагуляции казеина и сывороточных белков / Н. К. Ростроса, П. Ф. Дьяченко. – М. : ЦНИИТЭИмясомолпром, 1969. – 32 с.

17. Fox Patrick F. Fundamentals of cheese science / Patrick F. Fox, P. F. Fox. – Aspen : Springer, 2000. – 587 p.

18. Milk proteins chemistry and molecular biology / Ed. Н. А. McKenzie. – 1970. – Vol. 1.

19. Walstra P. Dairy technology: principles of milk properties and processes / P. Walstra. – Marcel : Marcel Dekker, 1999. – 727 p.

20. Applewhite T. H. Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs / Т. Н. Applewhite // The American Oil Chemists Society. – 1989. – 575 p.

21. Выродов И.П. Физико-химическая природа процессов набухания зерна / И. П. Выродов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2001. – № 1. –С. 9–11.

22. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания : метод. указания / А. С. Ратушный, В. Г.Топольник. – М.: Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.

23. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / [О. Н.Сафонова, Ф. В.Перцевой, А. Л.Фошан и др.]; под ред. О. Н. Сафоновой. – Х. :ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. – 200 с.

24. Липатов Н. Н. Восстановленное молоко / Н.Н.Липатов, К. И. Тарасов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.

25. Тимофеевская С. А. Гелеобразование в сырных продуктах на основе сухого молока и растительных жиров / С. А. Тимофеевская // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2008. – № 3. – С. 942.

26. Берлин А.А. Основы адгезии полимеров / А. А. Берлин, В. Е. Басин. – М. : Химия, 1974. – 320 с.

27. Souheng W. Polymer Interface and Adhesion / W. Souheng. – New York and Bael: Marcel Dekker, Inc., 1982. – 337 p.

28. Адамсон А. Физическая химия поверхностей: [пер. с англ.] / А. Адамсон. – М. : Мир, 1979. – 360 с.
29. Березов Т. Т. Биологическая химия : учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин ; под ред. акад. АМН СССР С. С. Дебова. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Медицина, 1990. – 528 с.
30. Зимон А. Д. Адгезия пищевых масс / А. Д. Зимон, А. М. Евтушенко. – М. : Дели, 2008. – 398 с.
31. Клинок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология / Э. Клинок ; пер. с англ. А. В. Зильбермана. – М. : Мир, 1991. – 484 с.
32. Поверхностное натяжение и прилипание воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.okeani.ru>.
33. Allen K. W. InAspects of Adhesion / K. W. Allen, D. J. Alner. – London : Univ. of London Press, 1969. – 11 p.
34. Алямовский И. Г. Исследования в области технологии пищевых продуктов / И. Г. Алямовский, Н. А. Головкин, Г. Б. Чижов // Холодильная техника. – 1981. – № 5. – С. 53.
35. Арет В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с.
36. Ребиндер П.А. Структурообразование в белковых системах / П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1974. – 268 с.
37. МакКена Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б. М. МакКена ; пер. с англ. под. науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базарновой. – СПб. : Профессия, 2008. – 480 с.
38. Маслов А. М. Инженерная реология в пищевой промышленности / А. М. Маслов. – Л. : ЛТИХП МВ и ССО РСФСР, 1977. – 88 с.
39. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981.– 216 с.
40. Урьев Н.Б. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс / Н. Б. Урьев, М.А. Талейсник. – М.: Пищевая пром-сть, 1978. – 239 с.
41. Диланян З. Х. Сыроделие / З. Х. Диланян. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 378 с.
42. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник [под ред. Ю. А. Мачихина]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.
43. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов / [А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и др.]; под ред. А. В. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 296 с.
44. Вода в пищевых продуктах / [пер. с англ. под ред. Р. Б. Дакуорта]. – М.: Пищевая пром-сть, 1980. – 376 с.
45. Гришин М.А. Криоконцентрирование молочного сырья / М.А. Гришин, О. Т. Бурдо, Ф.Р. Атлуханов // Мясная и молочная промышленность. – 1990. – № 6. – С. 21–43.
46. Мишенина З. А. О возможности хранения замороженного творога при температуре минус 12⁰ С / З. А. Мишенина, Н. Н. Фильчакова // Холодильная техника. – 1984. – № 4. – С. 31–34.

47. Пивоваров П. П. Теоретичні основи технології харчових виробництв : навч. посібник в 4 ч. Ч. 4. Вода та її значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продуктів харчування / П. П. Пивоваров, Д. Ю. Прасол. – Харків : ХДАТОХ, 2003. – 48 с.
48. Торяник А.И. Молекулярная подвижность и структура водных систем : дисс. ... д-ра хим. наук / А.И.Торяник. – Донецк, 1978. – 368 с.
49. Fox Patrick F. Fundamentals of cheese science / Patrick F. Fox, P. F. Fox. – Aspen : Springer, 2000. – 587 p.
50. Milk proteins chemistry and molecular biology / Ed. Н. А. McKenzie. – 1970. – Vol. 1.
51. Выродов И.П. Физико-химическая природа процессов набухания зерна / И. П. Выродов // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2001. – № 1. – С. 9–11.
52. Практическая химия белка: [пер. с англ.] / [под ред. А. Дарбре].– М.: Мир, 1989. – 623 с.
53. Степанова Л. И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. В 3 т. Т. 1. Цельномолочные продукты /Л. И. Степанова. – СПб. : ГИОРД, 1999. – 384 с.
54. Твердохлеб Г. В. Технология молочных продуктов /Г. В. Твердохлеб. –М. : Агропромиздат, 1999. – 463 с.
55. Технология молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь [и др.] ; под ред. А. М. Шальгиной. – М. : КолосС, 2004. – 455 с.
56. Шидловская В. П. Справочник технолога молочного производства /В. П. Шидловская. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 296 с.
57. Scott R. Cheesemaking practice / R. Scott, R. K. Robinson, R. A. Wilbey. – New York : Springer, 1998. – 449 p.
58. Slyke L. Science and Practice of Cheese-Making / L. Slyke, C. Publow. – Bedford : Applewood Books, 2008. – 516 p.
59. Thom C. Book of Cheese / C. Thom, W. Fisk. – Bedford : Applewood Books, 2008. – 420 p.
60. БарановБ. А. Теоретические и прикладные аспекты показателя «активность воды» в технологии продуктов питания : автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук : спец. 05.18.16 «Технология продуктов общественного питания»/ Б. А. Баранов. – СПб., 2000. – 240 с.
61. Зонтаг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г. Зонтаг, К. Штрэнге ; пер. с нем. под ред. О. Г. Усырлова. – Л. : Химия, 1973. – 152 с.
62. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия вузов Пищевая технология. – 2003. – № 2. – С. 94–96.
63. Остриков А. Н. Исследование форм связи влаги в топинамбуре методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. –2004. – № 7. – С. 33–35.

Глава 6. Разработка технологии паст закусочных на основе творога нежирного

6.1. Разработка рецептуры и технологии паст закусочных

Научное обоснование рецептуры (табл. 6.1) нормативно закреплённой в разработанных и утверждённых технических условиях «Пасты закусочные из творога», а также технологию и схему технологического процесса (рис. 6.2) паст закусочных на основе творога нежирного осуществляли на основе проведенного комплекса экспериментальных исследований основных рецептурных компонентов, модельной системы и готового продукта.

Для определения рецептурного состава с целью сохранения основных закономерностей технологического процесса, была разработана модель технологической схемы получения паст закусочных как технологической системы, функциональные составные части которой методом декомпозиционно-агрегативного подхода можно выделить в виде отдельных подсистем А, В, С, D (рис. 6.1).

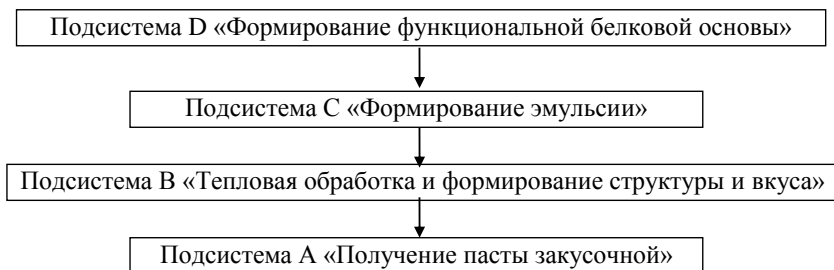


Рис. 6.1 Модель технологической схемы производства паст закусочных

Модель технологической схемы строили на основе синтеза функционирования и взаимосвязи каждой из подсистем, который регламентировался и обеспечивался результатами проведенных исследований.

За основные критерии функционирования данной модели технологической схемы получения паст закусочных принимали органолептические и физико-химические показатели, безопасность потребления и пищевую ценность готового продукта [1].

Для обоснования технологических стадий (рис. 6.2) разработанная модель технологической схемы производства паст закусочных на основе творога нежирного (рис. 6.1) как целостная технологическая системы была декомпозирована на следующие подсистемы: подсистема А «Получение паст закусочных» - образуется в результате синтеза подсистемы В «Тепловая обработка, формирование структуры и вкуса».

Таблица 6.1. Сводная рецептура паст закусочных на 100 кг

Ингредиенты	Массовая доля сухих веществ, %	Общий расход сырья с учетом потерь в технологическом процессе, кг	
		фактически	в сухих веществах
Творог нежирный	26	40	10,40
Молоко сухое обезжиренное	95	4	3,80
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	99,9	25	24,98
Цитрат натрия	96	2	1,92
Соль поваренная	96,5	0,27	0,26
Натрий двууглекислый	50	0,26	0,13
Агар	94	1,3	1,22
Сорбат калия*	95	0,1	0,10
Ароматизатор идентичный натуральному Butter Buds Food Ingredients:			
«Сыр» или	96	0,5	0,48
«Грибы» или	96	0,5	0,48
«Бекон»	96	0,5	0,48
Вода		29,36	–
Всего		102,79	43,28
Выход		100,0	43,28

*Используется для продукции длительного срока хранения

В свою очередь, образование подсистемы В происходит в процессе синтеза подсистемы С «Формирование эмульсии», которая иерархически зависит от подсистемы D «Формирование функциональной белковой основы». Итак, учитывая то, что существование данной технологической системы в целом обеспечивается функционированием и иерархической зависимостью ее отдельных подсистем А, В, С, D, для исследования и научного обоснования технологических стадий получения паст закусочных, в рамках этих подсистем они были декомпозированы к отдельным задачам (табл. 6.2), решение которых в целом обеспечивает достижение основной цели системы [2, 3, 4].

Подсистема D «Формирование функциональной белковой основы» обеспечивает изменение функционально-технологических свойств молочного белка: рост влагоудерживающей способности, повышение гидратационных свойств, увеличение его буферной емкости путем воздействия на активную кислотность творога нежирного с помощью натрия двууглекислого, выполняющего роль корректора активной кислотности, и соли-плавителя - цитрата натрия, обеспечивающего необходимый ионообмен в белковой основе.

Таблица 6.2. Структура и задачи составных частей технологической системы

Подсистема		Задачи подсистемы
обозначение	название	
A	Получение паст закусочных	Получение паст закусочных с пастообразной, пластической структурой, способных сохранять заданные свойства при хранении за счет реализации функционально-технологических свойств основных ингредиентов
B	Тепловая обработка, формирование структуры и вкуса	Обоснование температуры и продолжительности тепловой обработки, обоснование концентрации агара - основной структурообразующей компоненты, обоснование концентрации вкусо-ароматических ингредиентов.
C	Формирование эмульсии	Обоснование концентрации подсолнечного масла рафинированного дезодорированного, снижение температуры тепловой обработки, увеличение пластических и уменьшение упругих свойств. Повышение пищевой ценности готового продукта.
D	Формирование функциональной белковой основы	Обеспечение роста влагоудерживающей способности белка творога, улучшение его растворимости, повышение гидратационных свойств, увеличение его буферной емкости.

Экспериментально установлено рациональное значение активной кислотности pH 5,8...6,2, которое обеспечивает необходимые условия для гидратации молочного белка; рациональные значения концентраций натрия двууглекислого $0,4 \pm 0,1\%$, цитрата натрия $2 \pm 0,2\%$, обеспечивающих увеличение ВУЗ белка в пределах $75 \pm 2\%$ за счет уменьшения количества «свободной» воды в рецептурной смеси (рис. 3.7, 3.10, 3.12, 3.40, 3.42, 3.43, 3.44, 3.45, 3.46), положительно влияющих на процесс подготовки белковой основы к тепловой обработке и не влияющих на вкусовые качества паст закусочных. Важное значение при этом имеет продолжительность созревания $(30 \pm 2) \times 60$ с белковой основы паст закусочных (рис. 3.10), в течение которого в результате гидролиза цитрата натрия происходит разрушение «кальциевых мостиков» молочного белка, улучшается его растворимость и увеличивается гидратация.

Подсистема С «Формирование эмульсии» обеспечивает образование белково-жировой эмульсии, влияет на температуру тепловой обработки, продолжительность структурообразования, на структурно-механические показатели, повышает пищевую ценность паст закусочных.

Установлено, что при содержании творога нежирного $40 \pm 2\%$ обеспечивается эмульгирующая способность белковой основы в пределах 32 ± 1 об. ед., внесение в рецептуру молока сухого обезжиренного в количестве $6 \pm 0,5\%$ увеличивает эмульгирующую способность до 52 ± 2 об. ед., цитрат натрия в количестве $2 \pm 0,1\%$ обеспечивает эмульгирующую способность белковой основы 50 ± 2 об. ед.

Экспериментально доказано, что тепловая обработка при температуре $80 \pm 2^\circ\text{C}$ способствует повышению кинетической устойчивости модельной эмульсионной системы паст закусочных и при содержании творога нежирного $40 \pm 2\%$ и масла $25 \pm 2\%$ она составляет $95 \pm 2\%$. Агрегативная устойчивость модельной эмульсионной системы паст закусочных составляет $96 \dots 98\%$.

Учитывая современные тенденции к снижению содержания жира и холестерина в питании человека, исследования в рамках подсистемы были направлены на установление возможности полной замены молочного жира подсолнечным рафинированным дезодорированным маслом, обоснование его концентрации в рецептуре паст закусочных в пределах $25 \dots 35\%$ и определение пищевой ценности готового продукта.

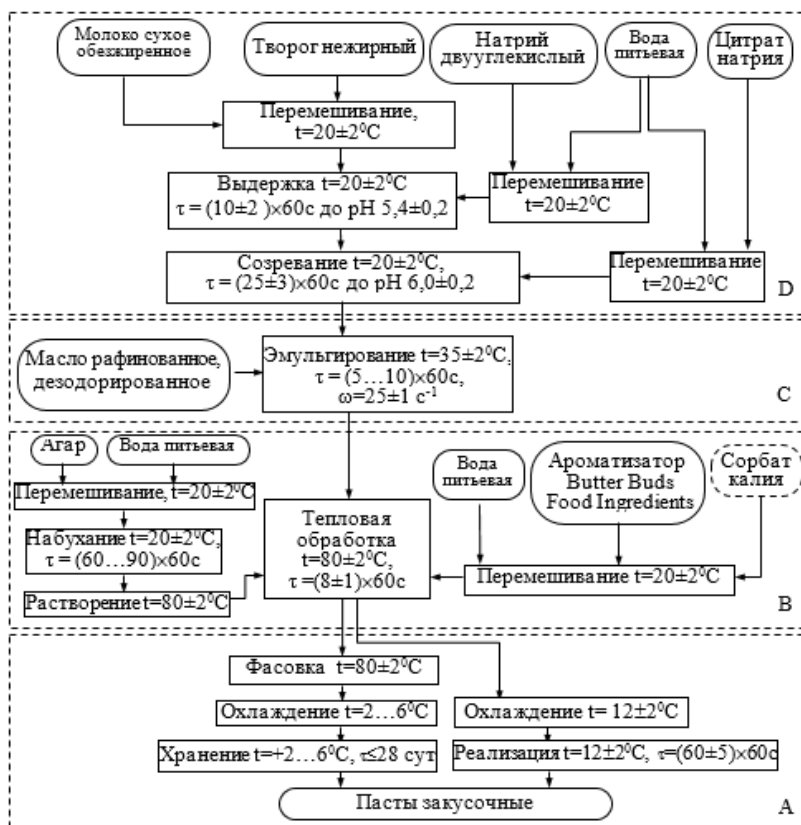


Рис. 6.2 Технологическая схема производства паст закусочных на основе творога нежирного

Подсистема В «Тепловая обработка, формирование структуры и вкуса» в результате температурного воздействия, действия натрия двууглекислого и цитрата натрия [5, 6, 7], внесения агара [8, 9, 10, 11, 12] в качестве стабилизатора, ароматизатора Butter Buds Food Ingredients в количестве $0,5 \pm 0,01\%$ [13, 14 ... 16] и интенсивного перемешивания обеспечивает стабилизацию структуры, формирование текстуры и вкусовых качеств готового продукта.

Реализацию задач данной подсистемы осуществляли, нагревая подготовленную белково-жировую эмульсию до температуры 80 ± 2 °С.

Экспериментально установлено, что творог нежирный и агар повышают температуру тепловой обработки, а масло - понижает. В целом при содержании основных компонентов паст закусочных: творога нежирного $40 \pm 2\%$, масла $25 \pm 2\%$, агара $1,3 \pm 0,1\%$ температура тепловой обработки составляет 80 ± 2 °С.

Введение в рецептуру агара в количестве $1,3 \pm 0,1\%$ обеспечивает высокий уровень сшивки макромолекул, образование структурной сетки, уменьшает потери воды во время тепловой обработки на $6 \pm 0,5\%$.

Установлено, что рациональная продолжительность тепловой обработки составляет $(8 \pm 2) \times 60$ с и дальнейшее нагревание в течение $(2 \pm 0,5) \times 60$ с приводит к излишним потерям влаги на $\sim 15 \pm 3\%$.

Математическим моделированием определены оптимальные значения основных компонентов паст закусочных: творога $40 \pm 2\%$, масла $25 \pm 2\%$, агара $1,3 \pm 0,1\%$ и температуру тепловой обработки в пределах 80 ± 2 °С.

Введение агара в рецептуру паст связано с его свойством набухать и в горячей воде образовывать коллоидные растворы с высокой вязкостью, которые при охлаждении дают прочные студни даже при небольшой концентрации за счет образования структурной сетки, которые способны существенно повышать сопротивляемость готового продукта к разрушению. Кроме того агар способствует упорядоченности структуры, сокращает продолжительность структурообразования, увеличивает термостойкость, уменьшает продолжительность тепловой обработки паст закусочных.

Введение ароматизатора в рецептуру паст закусочных обусловлено необходимостью обеспечить специфические органолептические свойства.

Подсистема А «Получение паст закусочных». Для реализации задач подсистемы гомогенизированную расплавленную массу при температуре 80 ± 2 °С фасовали в герметичную потребительскую тару и охлаждали до температуры 18 ± 2 °С. Охлажденный фасованный готовый продукт хранили при температуре $+2 \dots 0$ °С в течение 28 суток.

6.2 Исследование физико-химических характеристик паст закусочных в процессе хранения

6.2.1 Изменения структурно-механических характеристик

Хранение является одним из важных этапов, которые влияют на качество готовой продукции, что обуславливает необходимость изучения влияния режимов и сроков хранения на показатели качества паст закусочных.

С целью установления рациональной продолжительности хранения при температуре 2...6 °С изучены изменения структурно-механических характеристик свежеприготовленных паст закусочных и в течение 35 суток хранения в упакованном виде (полистирольные коробочки с запайкой фольгой) (рис. 6.3). Определяли общую деформацию, вязкость, относительную упругость, пластичность, эластичность, время релаксации (табл. 6.3) [18, 19, 20, 21].

Стоит отметить, что условия хранения для паст закусочных на основе творога были выбраны с учетом требований, предъявляемых к хранению продукции данного вида (хранение при температуре $4 \pm 2^\circ\text{C}$ в герметичной потребительской таре) []???

Из анализа кривых ползучести паст закусочных установлено (рис. 6.3), что наиболее текучим является образец после первых суток хранения с общей деформацией $225,0 \cdot 10^{-5}\text{м}$; после семи суток хранения общая деформация (табл. 6.3) уменьшается незначительно и составляет $191,0 \cdot 10^{-5}\text{м}$, что подтверждается незначительным ростом условно-мгновенного модуля упругости (рис. 6.4). Во время последующего хранения паст общая деформация уменьшается медленно, в среднем в 1,1 раза, и на 28 сутки хранения составляет $121,0 \cdot 10^{-5}\text{м}$.

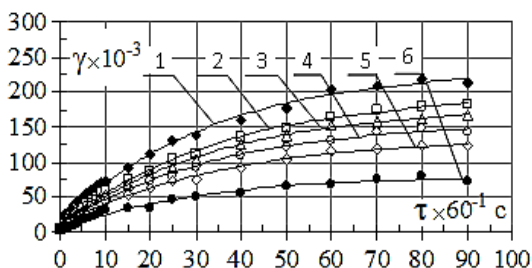


Рис. 6.3 Кинетика ползучести пасты закусочной при хранении, суток: 1 - 1; 2 - 7; 3 - 14; 4 - 21; 5 - 28; 6 - 35

Итак, можно считать, что в течение срока хранения происходит незначительное уплотнение готового продукта вследствие частичной потери свободной влаги, что подтверждается незначительным ростом условно мгновенного модуля упругости и медленным незначительным ростом высокоэластичного модуля после 21 суток хранения (рис. 6.4).

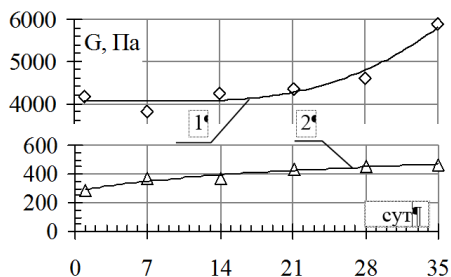


Рис. 6.4. Зависимость условно мгновенного модуля упругости (1), высокоэластичного модуля (2) пасты закусочной от продолжительности хранения

Из анализа графиков (рис.6.4) зависимости модулей от продолжительности хранения установлено, что после 14 суток хранения условно мгновенный модуль упругости в течение следующего срока хранения удерживает тенденцию незначительного равномерного увеличения на $\sim 120 \pm 10$ Па. При этом высокоэластичный модуль через каждые последующие 7 суток хранения растет только на $\sim 10 \pm 2$ Па (табл.6.3). После 28 суток хранения наблюдается резкое повышение условно мгновенного модуля упругости, который на 35 сутки хранения составляет до 5800 ± 10 Па и характеризует потерю пластических свойств структуры.

Результаты расчетов относительной пластичности, эластичности и упругости готового продукта (рис.6.5) подтверждают, что во время хранения до 21 суток пластические свойства паст сохраняются почти на одном уровне.

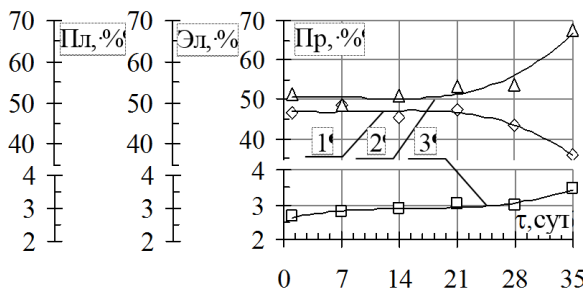


Рис. 6.5. Зависимость относительных пластичности (1), эластичности (2), упругости (3) от продолжительности хранения паст закусочных

Но во время последующего хранения в течение следующих 7 дней они уменьшаются на $10 \pm 2\%$ и особо не ухудшают органолептические показатели готового продукта. Эластичность продукта в течение первых 14 дней не меняется, а в течение последующих 14 суток хранения на каждые 7 дней имеет тенденцию постепенного роста на $6 \pm 2\%$, то есть на 35 день хранения растут на 18% и существенно влияют на органолептические показатели.

Таблица 6.3 Структурно-механические характеристики паст закусочных во время хранения.

Обозначение	Наименование показателя	Срок хранения, сут.					
		1	7	14	21	28	35
$\gamma_{обр.}$	Обратимая деформация, 10^{-5} , м	113,20	101,29	87,64	78,71	72,65	68,60
$\gamma_{необр.}$	Необратимая деформация, 10^{-5} м	111,80	89,71	75,86	64,29	48,35	32,58
$\gamma_{общ.}$	Общая деформация, 10^{-5} м	225,00	191,00	163,50	143,00	121,00	98,00
P	Напряжение сдвига, Па	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
I	Податливость, Па^{-1}	$6,9 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$
G _{упр.}	Условно мгновенный модуль упругости, Па	4241,25	4342,50	4450,00	4510,75	5010,72	5620,00
G _{эл.}	Высоко-эластичный модуль, Па	309,27	342,14	394,56	436,58	470,84	510,62
η	Вязкость, $\text{Па} \cdot \text{с}$	$9,86 \cdot 10^5$	$1,94 \cdot 10^6$	$2,31 \cdot 10^6$	$2,71 \cdot 10^6$	$3,60 \cdot 10^6$	$4,80 \cdot 10^6$
K	Отношение деформаций ($\gamma_{обр.}/\gamma_{общ.}$)	0,52	0,53	0,54	0,55	0,60	0,70
Pr	Относительная упругость, %:	2,11	2,99	2,91	2,66	2,64	4,28
Pl	Относительная пластичность, %:	48,47	46,97	46,40	44,96	39,96	30,24
El	Относительная эластичность, %:	49,42	50,04	50,69	52,38	57,40	63,56
Ө	Период релаксации, с	5671,36	5999,41	6186,35	6513,93	7998,17	8436,54

После 28 суток хранения в течение следующих 7 дней относительная пластичность уменьшается на 12%, при этом относительная эластичность возрастает на 1%. Относительная упругость после хранения 28 суток увеличивается на $1 \pm 0,2$ Па и существенно не влияет на органолептические показатели паст.

Итак, во время хранения паст закусочных в течение 21 суток относительные эластичность, пластичность и упругость готового продукта существенно не изменяются (рис.6.5). Существенные изменения относительных эластичности и пластичности происходят после 28 суток в течение последних 7 дней хранения. Дальнейшее хранение паст закусочных после 28 суток не рационально и может повлечь существенное снижение пластичных и повышение эластичных свойств, возможно, вследствие влияния белка и агара на перераспределение влаги, что может привести к снижению органолептических показателей.

6.2.2 Изменения активной кислотности.

Активная кислотность паст закусочных в значительной степени характеризует вкусовые характеристики готового продукта. Поэтому важно установить значение pH в течение всего срока хранения [22].

Во время исследований определяли кинетику изменений активной кислотности паст закусочных на основе творога в течение установленного срока хранения 28 суток (рис.6.6) и сравнивали ее с контрольными образцами: контроль-1 - паста закусочная «Крешатик», контроль-2 - плавленый сыр «Янтарь».

При хранении в пасте закусочной и контрольных образцах активная кислотность возрастает в нейтральную сторону в пределах от pH 5,9 ... 6,0 в образцах свежизготовленных до pH 6,2 ... 6,3 на двадцать восьмой день хранения. То есть можно сделать вывод, что разработанный продукт при хранении в тече-

ние 28 суток имеет тенденцию изменения активной кислотности одинаковую с контрольными образцами, пользующихся спросом у потребителей.

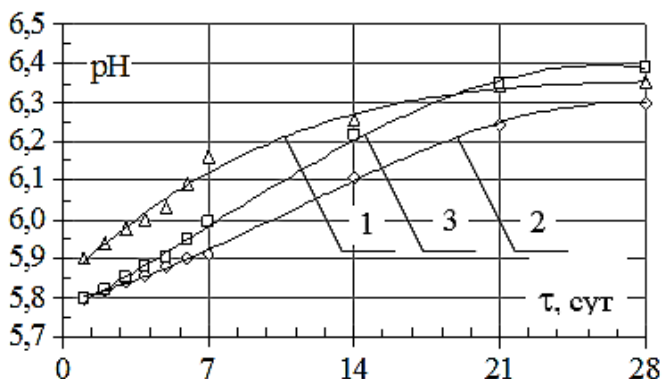


Рис. 6.6. Изменение активной кислотности при хранении: 1 - паста закусочная, 2 - контроль-1, 3 - контроль-2

6.2.3 Исследование потерь влаги

Экспериментальные исследования потерь влаги, которая имеет различные формы связи с белком, проводили на основе анализа кривых изменения массы (ТГ), дифференциальной термогравиметрии (ДТГ и ДТА) и температуры (Т) (рис. 6.7).

Установлено, что потери массы вследствие потери влаги в процессе хранения паст закусочных происходят эндотермически, что зафиксировано на кривых ДТГ и ДТА, в три стадии в свежеприготовленном продукте и в две стадии в готовом продукте после хранения 28 суток [1, 18, 23, 24].

При нагревании свежизготовленного образца температурный интервал 55 ... 58°C (I диапазон - начало полиморфных преобразований белка) характеризуется слабым эндотермическим пиком, который отражает тепловые процессы, происходящие в пасте во время интенсивного выделения воды в результате термического воздействия с потерей массы 16,6 %. Это может быть слабо связанная вода, которая находится в микропорах системы.

Температурный интервал 76...80°C свежизготовленного образца (II диапазон - основной диапазон тепловой обработки) характеризуется эндотермическим пиком, который отражает тепловые процессы, происходящие в пасте при завершении процесса обработки и характеризуют повышение гидратационной способности белка под воздействием температуры и частичное удаление воды слабо связанной с белком. Интенсивность удаления воды составляет ~59,6%.

При нагревании образца, хранившегося 28 суток, происходят полиморфные превращения в белковой системе, характеризующиеся эндотермическим пиком при температуре 80 ± 2 °C - основной диапазон тепловой обработки, который отражает тепловые процессы, происходящие в пасте при завершении

процесса обработки и характеризует повышение гидратационной способности белка под влиянием температуры и агара на содержание воды слабо связанной с белком структурным каркасом. При этом потери влаги составляют около 27,5%. А при температуре 90 ± 3 °С составляют 37,5%, что на 22,7% меньше, чем у свежеизготовленного образца.

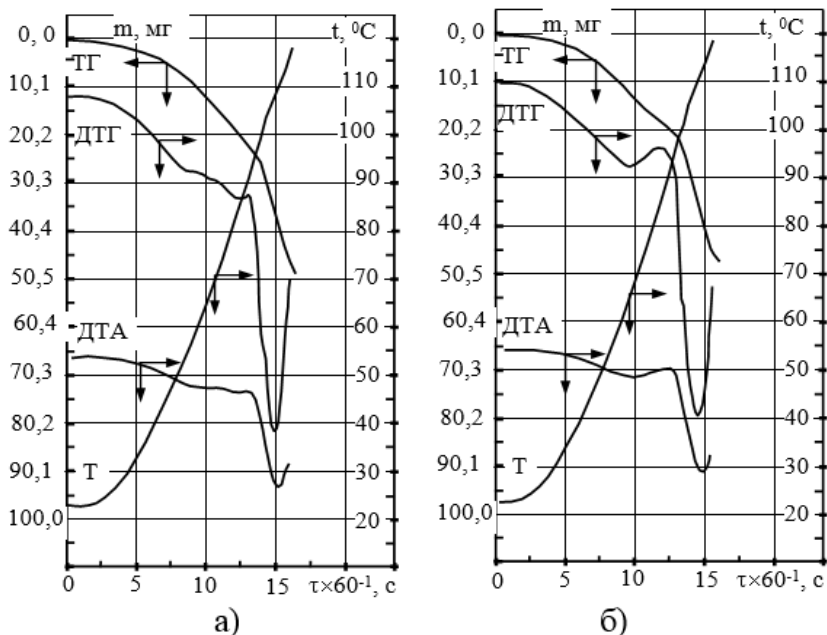


Рис.6.7. Зависимость потери массы (ТГ), скорости потери массы (ДТГ), тепловых эффектов (ДТА) при неизотермических условиях от продолжительности тепловой обработки пасты закусочной: а - паста свежеприготовленная; б - после хранения в течение 28 суток

В температурном интервале 110...115 °С (III диапазон - деструктивных изменений) зафиксирован глубокий эндотермический пик, как у свежеизготовленного образца, так и у образца после хранения, отражает тепловые процессы, которые происходят в пасте при разрушении структуры углеводов и белка с выделением газообразных фракций.

Итак, исследованиями подтверждено, что во время хранения паст закусочных в течение 28 суток происходит незначительное упорядочение структуры готового продукта, которое предотвращает потери влаги вследствие перераспределения ее в структуре в результате взаимодействия белка и агара.

6.3 Исследование пищевой и биологической ценности паст закусочных на основе творога нежирного

Пищевая и биологическая ценность продуктов питания определяется содержанием в них белков, жиров, углеводов, минеральных веществ и витаминов. В разработанном ассортименте паст закусочных, содержание пищевых веществ в каждом отдельном наименовании будет индивидуальным, однако колебания абсолютных значений показателей будут незначительными. В связи с этим исследования пищевой ценности и их изменения под влиянием различных технологических факторов считаем возможным проводить на конкретном примере паст закусочных на основе творога нежирного.

Биологическая и питательная ценность белков является интегральным показателем, определяется качеством и количеством белка в рационе, перевариваемостью белка протеиназами желудочно-кишечного тракта, скоростью всасывания аминокислот и последующей утилизацией всасываемых аминокислот на «пластические» нужды организма [27 ... 31].

Известно, что белки творога нежирного имеют большую биологическую ценность, которая определяется как аминокислотным составом, так и их перевариваемостью и метаболическими превращениями экзогенных аминокислот, которые всосались.

Казеин, который является главным белком творога – основы паст закусочных – имеет ряд специфических свойств, которые способствуют его адаптации к процессу пищеварения [27, 32 ... 34]:

- во-первых, это способность к свертыванию (то есть образование сгустков в кислой среде) под действием некоторых протеиназ, а также в присутствии ионов кальция;

- во-вторых, казеин относится к белкам, которые образуют в растворе сложные агрегаты – мицеллы;

- в-третьих, казеин хорошо гидролизуется протеолитическими ферментами, что позволило некоторым исследователям сравнивать этот белок по гидролизуемости с глобулярными белками в денатурированном состоянии [25, 29, 35, 36,];

- в-четвертых, казеин отличается некоторыми физико-химическими свойствами и химическим составом (табл. 6.4) от глобулярных белков.

Показатели пищевой ценности определяли по известным методикам [25, 35, 36].

Общий химический состав (табл. 6.4) и пищевую ценность (табл. 6.5...6.7) паст закусочных на основе творога нежирного определяли по содержанию в их составе белков, жиров, витаминов и минеральных веществ.

Таблица 6.4. *Общий химический состав паст закусочных*

Наименование	Содержание, %
Массоваядоля влаги	58,7±1,0
Массоваядоля сухих веществ	43,3±1,0
Массоваядоля белка	8,7±0,3
Массоваядоля жира	26,9±0,5
Массоваядоля углеводов	2,8±0,1
Массоваядоля золы	4,9±0,5

Анализируя общий химический состав (табл.6.4) следует отметить, что в составе паст закусочных обнаружено 8,7±0,3% белковых веществ, которые обеспечиваются основными белоксодержащими рецептурными компонентами - творогом нежирным и сухим молоком и составляют 17,6% от общего содержания сухих веществ.

С точки зрения биологической ценности кроме общего содержания белка в продукте достаточно важно и его качество, которое характеризуется, в первую очередь, содержанием и соотношением эссенциальных аминокислот.

Для установления биологической ценности паст закусочных на основе творога нежирного определяли их аминокислотный состав (табл.6.5).

Таблица 6.5. *Содержание аминокислот в пасте закусочной*

Аминокислота	Содержание	
	мг/100г	%
1	2	3
Валин	492,24	5,62
Изолейцин	371,55	4,24
Лейцин	734,43	8,38
Лизин	328,62	3,75
Метионин	232,4	2,65
Треонин	331,58	3,79
Триптофан	85,6	0,98
Фенилаланин	310,83	3,55
<i>Незаменимые</i> всего	2887,25	32,96
Аспаргин	656,46	7,49
Серин	639,47	7,30
Глутамин	1667,51	19,04
Пролин	1108,82	12,66
Цистин	78,44	0,90
Глицин	246,63	2,82
Аланин	558,28	6,37
Тирозин	302,81	3,46
Гистидин	198,94	2,27

Продолжение табл. 6.5

1	2	3
Аргинин	414,48	4,73
Заменимые всего	5871,84	67,04
Разом	8759,09	100

В ходе исследований (табл. 6.5) идентифицировано и количественно определено 18 аминокислот, суммарное содержание эссенциальных аминокислот составляет 32,96%, что позволяет характеризовать пасту закусочную на основе творога нежирного, как продукт высокой биологической ценности.

Биологическую ценность белка паст закусочных по аминокислотному составу оценивали по сравнению с аминокислотным составом эталонного белка ФАО / ВОЗ путем расчета аминокислотного сора (табл. 6.6).

Таблица 6.6 Аминокислотный скор белков паст закусочных

Название аминокислоты	Содержание аминокислоты в белке, мг/г ФАО/ВОЗ	Скор,%	
		Паста	
Лейцин+изолейцин	110	118	107
Лизин+гистидин	55	55	100
Валин	50	52	103
Триптофан	10	10,1	101
Треонин	40	40	100
Фенилаланин+тиро-зин	60	61	102
Метионин+цистин	35	35,2	101

Анализ данных (табл. 6.6) показал, что паста закусочная по уровню содержания аминокислот не превышает предложенный уровень ФАО / ВОЗ. Лимитирующие аминокислоты отсутствуют. На этом фоне очевидна незначительная перегруженность продукта лейцином и изолейцином.

Важным показателем биологически полноценного белка является не только наличие всех эссенциальных аминокислот, но также их сбалансированность. Для оценки уровней треонина и триптофана в составе паст закусочных, характеризующие сбалансированность аминокислот нами были рассчитаны «триптофановый» и «треониновый» индексы (табл. 6.7).

Анализ соотношения аминокислот по «триптофановому» индексу показал, что паста закусочная перегружена изолейцином и валином, однако хорошо сбалансирована по лизину, фенилаланину и метионину. Анализ соотношения аминокислот по «треониновому» индексу показал, что паста закусочная перегружена лизином, однако хорошо сбалансирована по валину, изолейцину, лейцину и триптофану.

Итак, обобщающие результаты исследований показали, что паста закусочная на основе творога нежирного является источником полноценного белка, в основном сбалансированного по аминокислотному составу.

Таблица 6.7 Сбалансированность эссенциальных аминокислот в составе паст закусочных

Аминокислота	Сбалансированность по «триптофановому» индексу		Сбалансированность по «треониновому» индексу	
	шкала ФАО/ВОЗ	паста закусочная	шкала ФАО/ВОЗ	паста закусочная
Треонин	2...3	4,0	1	1
Лизин+гистидин	3...5	5,5	1,1	1,37
Валин	4	5,1	1,5	1,28
Лейцин+изолейцин	7...10	11,7	3,1	3,0
Фенилаланин	2...4	3,7	1,1	1,0
Метионин	2...4	2,5	0,7	0,62
Триптофан	1	1,0	0,25	0,25

На доступность аминокислот влияет ряд факторов, связанных главным образом с их неполным перевариванием, что наблюдается при наличии перекрестных связей в молекуле белка в присутствии ингибиторов протеаз, а также при ингибировании пептидами и пептидоподобными соединениями [28...30].

Содержание аминокислот в пробах определяли по методу Лоури, основанному на образовании окрашенных продуктов при взаимодействии реактива Фолина с щелочными растворами белков по калибровочному графику. Интенсивность цвета зависит от содержания в исследуемом белке аминокислот триптофана и тирозина.

В ходе проведения экспериментов определяли степень протеолиза в мг тирозина на 1 г белка в продукте (рис.6.8). Результаты экспериментальных исследований подтверждают, что процесс переваривания белка паст закусочных проходит в два этапа.

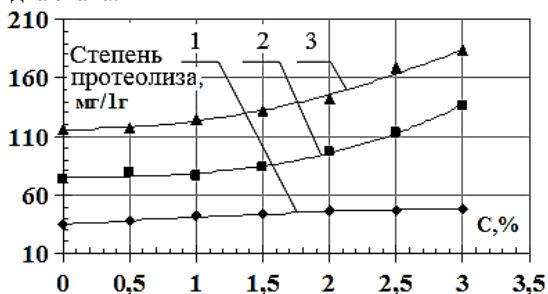


Рис. 6.8. Зависимость гидролиза белка пасты закусочной от содержания цитрата натрия протеазами: 1- пепсин, 2-трипсин, 3-общий

Степень гидролиза нативного казеина в твороге нежирном и казеина в обработанной закусочной пасте в зависимости от содержания цитрата натрия в рецептуре существенно не увеличивается под действием пепсина (40 ... 46 мг). Однако вследствие совместного действия протеаз пепсин + трипсин казеин

приобретает значительную ферментацию (122 ... 183 мг) не только с увеличением концентрации цитрата натрия в рецептуре паст, но и в нативном состоянии (116 мг) в твороге.

Для увеличения скорости переваривания белка паст закусочных большое значение имеет их соответствующая тепловая обработка и концентрация цитрата натрия в рецептуре (рис.6.9). Так при нагревании белки, очевидно, испытывают определенные денатурационные изменения, что приводит к значительному увеличению скорости гидролиза протеолитическими ферментами за счет снижения «структурного» барьера [28 ... 31], при этом, проведение умеренной тепловой обработки не приводит к снижению биологической ценности белков паст закусочных (табл. 6.4). Скорость протеолиза белка паст закусочных (рис.6.9) относительно контрольного образца - творога нежирного – растет на 45×60 с при увеличении концентрации цитрата натрия в рецептуре до 2%.

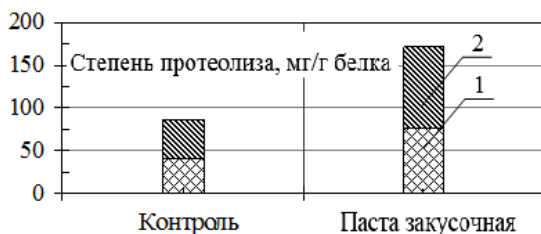


Рис. 6.9. Перевариваемость белка паст закусочных пищеварительными ферментами: 1 - пепсинолиз, 2 - трипсинолиз

Проведенные исследования минерального состава (табл. 6.8) показали, что зольный остаток паст закусочных содержит макро- и микроэлементы. Паста закусочная является существенным источником кальция, фосфора, калия и натрия. Кроме того, она богата содержанием таких важных минеральных веществ, как железо и марганец.

Таблица 6.8. Результаты исследований минерального состава паст закусочных

Наименование	Содержание, мг/100г	
	Контроль	Паста
Кальций	120	117
Фосфор	189	126
Калий	117	95
Натрий	44	35
Железо	0,3	0,16
Марганец	0,0078	0,006

Изучение витаминного состава паст закусочных (табл. 6.9) показало, что паста закусочная богата жирорастворимым витамином E (токоферол) и водорастворимым PP (ниацин).

Таблица 6.9. Результаты исследований витаминного состава паст закусочных

Наименование	Содержание, мг/100г	
	Контроль	Паста
Витамин А (ретинол)	0,01	0,004
Витамин Е (токоферол)	–	15,50
Витамин В ₁ (тиамин)	0,04	0,028
Витамин В ₂ (рибофлавин)	0,25	0,172
Витамин РР (ниацин)	0,45	0,228

Исследованиями жирнокислотного состава липидов установлено (табл. 6.10), что жировая составляющая паст закусочных представлена как насыщенными, так и ненасыщенными жирными кислотами. Насыщенных кислот содержится 14,19% от общего содержания жирных кислот, среди них доминирующими являются пальмитиновая (8,3%) и стеариновая (4,1%).

Общее содержание ненасыщенных жирных кислот составляет 86,01%, среди которых отмечается высокое содержание полиненасыщенной линолевой (61,97%) и мононенасыщенной олеиновой (23,47%) кислот (табл. 6.10).

Таблица 6.10. Результаты исследований жирнокислотного состава паст закусочных

Жирная кислота		Содержание, %		
наименование	индекс	масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	свежеприготовленный образец	через 28 сут. хранения
Пальмитиновая	C _{16:0}	6,17	8,52	10,43
Стеариновая	C _{18:0}	3,43	4,25	3,78
Арахидоновая	C _{20:0}	0,68	0,68	0,46
<i>Насыщенные</i>		10,52	13,65	16,16
Пальмитолеиновая	C _{16:1}	сл.	<0,2	0,22
Олеиновая цис.	C _{18:1 ц}	23,38	23,57	23,06
Олеиновая транс.	C _{18:1 т}	0,60	0,57	0,30
Линолевая	C _{18:2}	65,25	62,21	60,48
<i>Ненасыщенные</i>		89,48	86,35	83,84
Всего		100	100	100

При исследовании жирнокислотного состава после 28 суток хранения (табл. 6.10) зафиксировано незначительное снижение доли ненасыщенных жирных кислот (линолевой на 2,4%, олеиновой на 1,74%). Общее содержание ненасыщенных жирных кислот уменьшается на 2,5% за счет увеличения доли насыщенных и неидентифицированных жирных кислот.

Нами были проведены микробиологические и токсикологические исследования паст закусочных, которые приведены в табл. 6.11, 6.12. Установлено (табл. 6.11), что колиформные бактерии (БГКП) в готовом продукте, который хранился, стабильно отсутствуют; патогенных микроорганизмов, сальмонелл,

staphylococcus aureus, listeria monocitogenes в исследуемых образцах не обнаружено.

Проведенными исследованиями доказано, что микробиологические показатели согласуются с нормативами МБТиСН №5061.

Таблица 6.11. Результаты микробиологических исследований паст закусочных

Показатель	Норма	Результаты исследований	
		свежеприготовленный образец	после хранения 28 сут.
БГКП (колиформы) в 0,1 г	не допускаются	не выявлено	не выявлено
Staphylococcus aureus, КОЕ в 0,1 г	не допускаются	не выявлено	не выявлено
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. бактерии сальмонелла в 25 г	не допускаются	не выявлено	не выявлено
Плесени, КОЕ в 1 г, не больше	1×10^2	$0,3 \times 10^2$	$0,5 \times 10^2$
Listeria monocitogenes, в 25 г	не допускаются	не выявлено	не выявлено

Итак, по микробиологическим показателям пасты закусочные на основе творога нежирного после хранения в течение 28 суток безопасны для потребления и отвечают установленным нормативам.

Таблица 6.12. Результаты токсикологических исследований паст закусочных

Показатель	Допустимый уровень, мг/кг, не больше	Фактическое содержание, мг/кг
Ртуть	0,02	<0,010
Мишьяк	0,2	<0,10
Медь	4,0	0,80
Свинец	1,0	0,32
Кадмий	0,2	0,030
Цинк	50,0	11,6

Как показали результаты токсикологических исследований (табл. 6.12), пасты закусочные на основе творога нежирного соответствуют критериям безопасности по содержанию токсичных элементов, содержание которых значительно меньше нормативных требований и согласуется с нормативам МБТиСН №5061 и ДГН №256 для данной продукции [37].

Таким образом, можно сделать вывод, что по результатам изменений жирнокислотного состава (табл. 6.10), микробиологических и токсикологических исследований (табл. 6.11, 6.12) пасты закусочные на основе творога нежирного безопасны для потребления и отвечают установленным нормативам.

6.4 Исследование органолептических показателей качества паст закусочных на основе творога нежирного

Для определения основных органолептических показателей качества паст закусочных на основе творога нежирного были проведены исследования, направленные на разработку количественной шкалы органолептической оценки готового продукта по 5-балльной системе (табл. 6.13) [39 ... 42].

Таблица 6.13. Разработка шкалы органолептической оценки паст закусочных

Уровень качества, баллы	Показатели качества, коэффициент важности				
	Внешний вид	Цвет	Запах	Вкус	Текстура
1	0,1	0,15	0,28	0,35	0,12
1	2	3	4	5	6
5	Поверхность чистая, ровная глянцевая, однородная	Однородный, натуральный, выраженный, свойственный пастам с соответствующим названием	Натуральный, чистый, выраженный, соответствует названию, медленно высвобождается	Натуральный, сбалансированный, выраженный, чистый, соответствует названию, медленно высвобождается	Пластическая, пастообразная, сплошная, структурированная
4	Поверхность ровная глянцевая	Однородный, натуральный присущ пастам с соответствующим названием	Натуральный, чистый, соответствует названию, но быстро высвобождается	Натуральный, выраженный, чистый, соответствует названию, но быстро высвобождается	Пластическая, сплошная, структурированная
3	Поверхность ровная со слабым глянцем	Натуральный присущ пастам с соответствующим названием	Натуральный, выражен, быстро высвобождается	Натуральный, выражен, соответствует названию, быстро высвобождается	Сплошная, недостаточно пластична, слегка плотная или сочная, структурированная
2	Поверхность матовая, неровная, с незначительной аэрацией	Натуральный, интенсивный, присущ пастам с соответствующим названием	Невыраженный, очень быстро высвобождается	Невыраженный, с щелочным привкусом, очень быстро высвобождается	Непластичная, ломкая, или липкая, текучая, слабо структурированная

Продолжение табл. 6.13

1	2	3	4	5	6
1	Поверхность неровная, матовая или дырчатая с каплями жира	Натуральный, неоднородный	Резкий, не натуральный запах ароматизатора	Со вкусом основных рецептурных ингредиентов, выраженным щелочным привкусом	Ломкая, или клейкая, текучая, не структурирована

Принимая во внимание, что разработанная паста закусочная на основе творога нежирного является новым продуктом на современном рынке пищевых продуктов и учитывая предельные отклонения в функционировании подсистем А, В, С, D (рис. 6.1) для обеспечения получения продукта с одинаковым уровнем качества, с помощью экспертов на основе шкалы органолептической оценки и с учетом коэффициентов весомости была проведена [39...42] общая органолептическая оценка паст закусочных (табл.6.14).

В ходе исследований свежизготовленных паст закусочных на основе творога нежирного установлено, что в формировании органолептических показателей данной продукции наиболее определяющими являются однородность и глянцевидность поверхности, однородность и натуральность цвета, пастоподобность, целостность и пластичность текстуры, чистота, натуральность, выраженность и скорость высвобождения запаха и вкуса, а также сбалансированность вкуса.

На профилях органолептической оценки в виде фиксированной площади, визуально подчеркнута значимость каждого показателя в пределах конкретной характеристики (рис. 6.10).

Таблица 6.14. Результаты органолептической оценки паст закусочных на основе творога нежирного

Наименование	№ дескриптора	Характеристика	Оценка, балл	
			свежеприготовленная	после 35 сут. хранения
1	2	3	4	5
Внешний вид	1	Однородность	5,0	5,0
	2	Неоднородность	0,9	0,9
	3	Аэрованность	1,5	0,5
	4	Глянец на поверхности	4,0	4,0
	5	Капли жира на поверхности	0	0
Цвет	1	Однородный	4,0	4,0
	2	Натуральный	4,5	4,0
	3	Интенсивный	1,0	0,8
	4	Выраженный	3,5	3,0
	5	Неоднородный	1,5	1,5

Продолжение табл. 6.14

1	2	3	4	5
Запах	1	Чистый	5,0	5,0
	2	Натуральный	5,0	5,0
	3	Выраженный	4,5	4,0
	4	Резкий	0,5	0,5
	5	Быстротавысвобождения	4,0	3,5
Смак	1	Чистый	5,0	5,0
	2	Натуральный	5,0	4,5
	3	Виразений	4,5	4,0
	4	Сбалансированный	5,0	4,5
	5	Быстротавысвобождения	4,0	3,5
Текстура	1	Пластичная	4,5	4,0
	2	Пастоподобная	5,0	5,0
	3	Сплошная	3,0	4,0
	4	Липкая	0,8	0,8
	5	Сочная	2,0	1,5
	6	Клейкая	0,5	0,5
	7	Ломкая	0,5	0,8

Паста закусочная на основе творога нежирного с заменой молочного жира на растительное рафинированное дезодорированное масло является новым пищевым продуктом в существующем ассортиментном перечне традиционных пастообразных продуктов и может быть использована в общем рационе как индивидуально, так и в составе кулинарной продукции [44, 45].

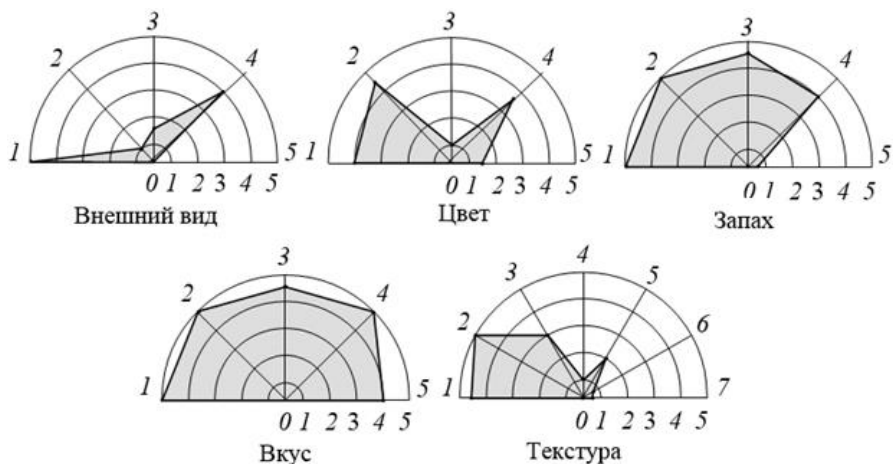


Рис. 6.10. Профили органолептической оценки свежизготовленных паст закусочных на основе творога нежирного

Исследование органолептических показателей паст закусочных в процессе хранения при температуре 2...6 °С в течение 28 суток (рис. 6.11) в потребительской таре - баночках из полимерных материалов, закрытых крышками, показали, что наблюдаются незначительные изменения текстуры, уменьшение интенсивности и увеличение скорости высвобождения запаха и вкуса.

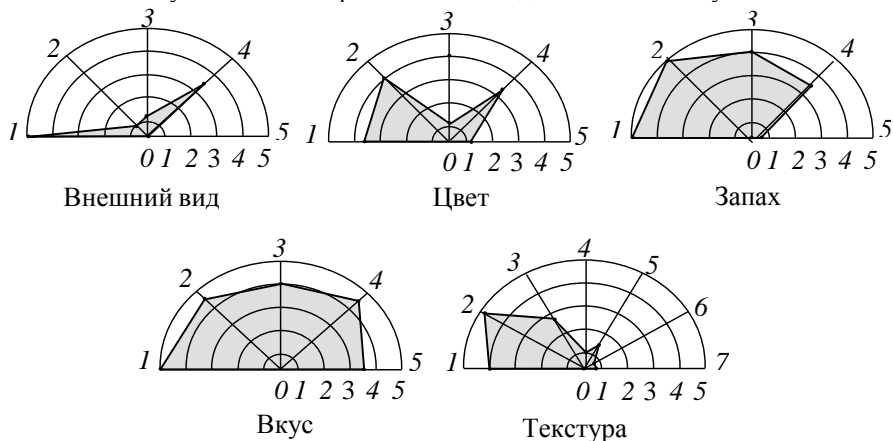


Рис.6.11– Профили органолептической оценки паст закусочных на основе творога нежирного после хранения 28 суток

Для проверки адекватности воздействия оптимальных концентраций основных рецептурных компонентов [45...52] и соотношения вода / СОМО на количественную зависимость и форму связи коэффициента качества и технологических факторов для определения комплексного показателя качества (рис. 6.12) проводили экспертную оценку образцов паст закусочных с содержанием творога нежирного в пределах 20 ... 50%, масла -20 ... 35%, агара - 1,1 ... 1,5% и с соотношением вода / СОМО в пределах 0,8 ... 2,4 и исследовали кинетику K_n от содержания творога, масла и агара в рамках двопараметр ческой модели (K_n технологические параметры).

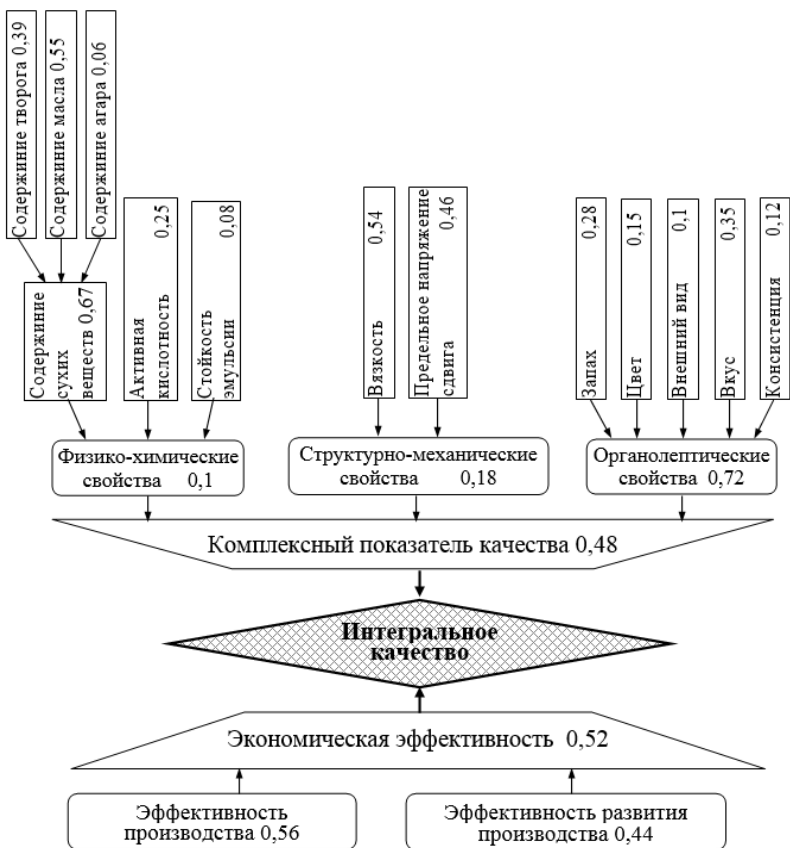


Рис. 6.12. Формирование интегрального показателя качества паст закусочных

Влияние технологических факторов на качество паст закусочных оценивали путем моделирования комплексного коэффициента качества готового продукта (K_n), полученного экспертным путем, причем учитывалась согласованность экспертов. Коэффициент конкордации (Кендела) избирался не менее 0,95. В случае слабой согласованности экспертной оценки количество экспертов увеличивалось [48, 49, 50, 51, 52]. Мы считаем, что K_n имеет один локальный экстремум в пределах изменения технологических факторов (творог нежирный, масло, агар)

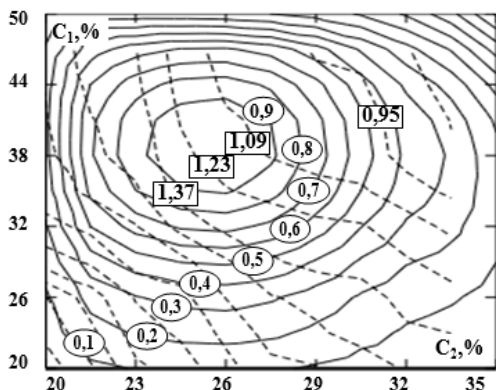


Рис. 6.13. Совмещение линий равных значений относительного коэффициента качества $K_{п}$ при оптимальном содержании: творога нежирного (C_1), масла (C_2) и соотношении вода / СОМО

Моделированием [49, 50, 51, 52] установлено, что зависимость $K_{п}(x)$ в рецептуре паст закусочных от содержания: творога нежирного имеет характер дробно-рациональной функции (уравнение 6.1), масла - логарифмического отношения полиномов четвертой степени (уравнение 6.2), агара - квадрата ступенчатого полинома (уравнение 6.3):

$$K_{п}(x) = \left(\frac{-0,0030 + 0,0067 \cdot x - 0,0001 \cdot x^2}{1 - 0,063 \cdot x + 0,001 \cdot x^2 - 1,216 \cdot 10^{-5} \cdot x^3} \right)^2 \quad (6.1)$$

Для определения оптимальных значений соотношения вода / СОМО – одного из главных факторов формирования структуры паст закусочных – и влияния на него содержания творога нежирного рассчитывали $K_{п}$ и строили его зависимость от содержания творога нежирного, масла, агара в рамках двопараметрических моделей и соотношения вода / СОМО (рис. 6.13, 6.14).

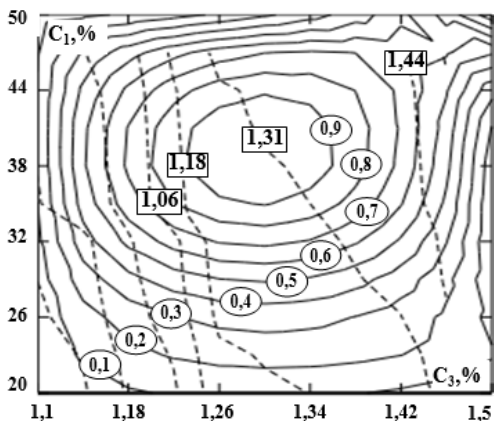


Рис. 6.14. Совмещение линий равных значений относительного коэффициента качества K_n при оптимальном содержании: творога нежирного (C_1), агара (C_3) и соотношении вода / СОМО

Установлено, что относительный коэффициент качества имеет максимальное значение при содержании творога нежирного 40%, при этом соотношение вода / СОМО (рис. 6.13) составляет 1,35, что согласуется с результатами моделирования комплексного показателя качества паст закусочных.

Изменения коэффициента качества в зависимости от содержания масла в пасте закусочной определяли по уравнению 6.2.

Установлено, что K_n имеет максимальное значение при содержании масла 25%, при этом соотношение вода/СОМО составляет 1,26 (рис. 6.13). Полученный результат согласуется с данными экспертной оценки по влиянию масла на качество паст закусочных.

$$K_n(x) = \frac{0,092 + 0,039 \cdot \ln x - 0,075 \cdot \ln^2 x + 0,024 \cdot \ln^3 x - 0,002 \ln^4 x}{1 - 0,324 \cdot \ln x - 0,281 \cdot \ln^2 x + 0,148 \cdot \ln^3 x - 0,018 \cdot \ln^4 x} \quad (6.2)$$

Кинетику коэффициента качества паст закусочных от содержания агара определяли по уравнению:

$$K_n(x) = \sqrt{936,3 - 2974,8 \cdot x + 3505,7 \cdot x^2 - 1815,7 \cdot x^3 + 348,8 \cdot x^4} \quad (6.3)$$

Установлено, что K_n имеет максимальное значение при содержании агара 1,3%, при этом соотношение вода/СОМО составляет 1,29 (рис.6.14). Полученный результат согласуется с данными экспертной оценки по влиянию агара на качественные характеристики паст закусочных.



Рис. 6.15. Гистограмма относительных значений коэффициента качества пасты закусочной К_п в плоскости сыр (C₁) - масло (C₂)

Для исследования зависимости двумерного коэффициента качества паст закусочных от содержания основных ингредиентов (рис.6.15, 6.16) был реализован следующий алгоритм [49, 50, 51]:

- возможные значения содержания творога обезжиренного и масла были разбиты на 10 интервалов;
- образцы паст закусочных изготавливались для каждой возможной пары значений параметров (100 образцов)
- экспертиза оценки каждого образца проводилась с заданным коэффициентом согласованности $\geq 0,95$;
- за масштабную единицу было принято наибольшее значение коэффициента качества из полученных;
- на основе полученных экспериментальных данных с помощью стандартных методов многомерного статистического анализа были построены пространственные гистограммы зависимости относительных значений К_п (рис.6.15, 6.16) от концентрации основных рецептурных компонентов.

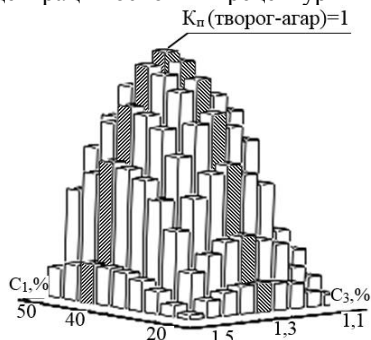


Рис. 6.16. Гистограмма относительных значений коэффициента качества пасты закусочной К_п в плоскости творог (C₁) - агар (C₃)

Анализ гистограмм показал, что коэффициент качества паст закусочных в рамках парных моделей: сыр-масло и сыр-агар максимальные значения приобретает при содержании творога нежирного 40%, масла рафинированного дезодорированного 25%, агара 1,3%.

Для проверки адекватности воздействия содержания основных ингредиентов паст закусочных на относительный коэффициент качества моделировали его распределение в зависимости от оптимальных значений концентраций ингредиентов в парных моделях: творог нежирный - масло (рис.6.17) и творог нежирный - агар (рис.6.18).

Установлено, что $K_{п}$ имеет максимальное значение (рис.6.17) при содержании творога в пределах 39 ... 41% и содержания масла в пределах 25 ... 26%.

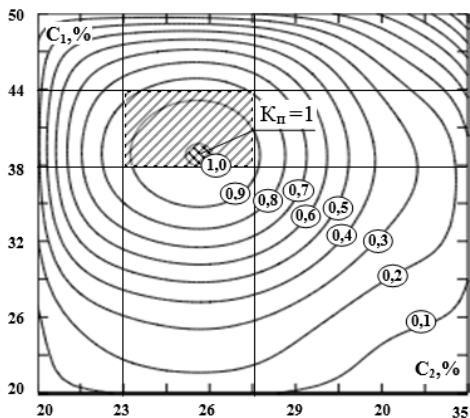


Рис. 6.17. Зависимость распределения относительного коэффициента качества $K_{п}$ пасты закусочной оптимального содержания: творога нежирного (C_1), масла (C_2)

Относительный коэффициент качества в исследуемом диапазоне концентраций основных компонентов паст закусочных распределяется следующим образом. В рамках содержания творога 38 ... 44% значения $K_{п}$ находится в диапазоне 1 ... 0,85, в пределах содержания масла 24,5 ... 27,5% – в диапазоне 0,92 ... 0,97, что согласуется с экспертными данными.

Анализ модели творог нежирный-агар (рис.6.18) показал, что $K_{п}$ имеет максимальное значение при содержании творога в пределах 39 ... 41% и содержании агара в пределах 1,28 ... 1,32. В исследуемом диапазоне концентраций основных компонентов паст закусочных относительный коэффициент качества распределяется следующим образом: в рамках содержания творога 38 ... 44% значения $K_{п}$ находится в диапазоне 1 ... 0,88, в пределах содержания агара 1,22 ... 1,34% - в диапазоне 0,88 ... 0,95, что согласуется с экспертными данными.

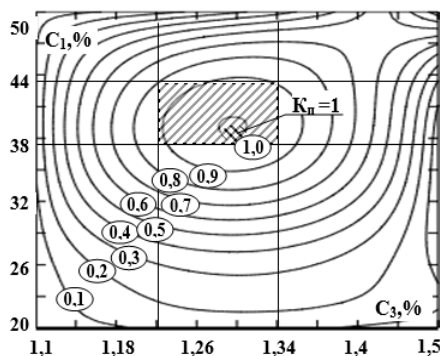


Рис. 6.18. Зависимость распределения относительного коэффициента качества K_n пасты закусочной оптимального содержания: творога нежирного (C_1), агара (C_3)

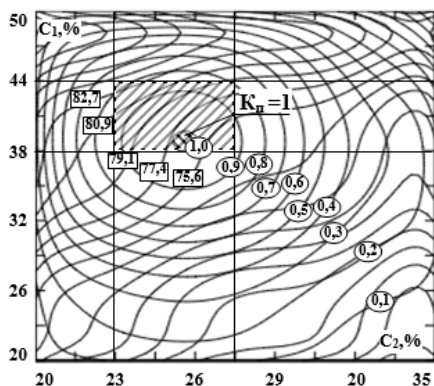


Рис. 6.19. Совмещение линий равных значений температуры технологической обработки и относительного коэффициента качества K_n пасты закусочной при оптимальном содержании творога нежирного (C_1) и масла (C_2)

Установлено, что при максимальном значении КП температура тепловой обработки паст закусочных на основе творога нежирного в рамках парной модели ингредиентов составляет 76,8 °C (рис.6.19).

Для проверки адекватности совместного влияния температуры тепловой обработки и содержания основных рецептурных ингредиентов – творога нежирного, масла и агара – на относительный коэффициент качества паст закусочных моделировали его распределение в зависимости от оптимизированных значений технологических факторов и температуры тепловой обработки (рис.6.19, 6.20).

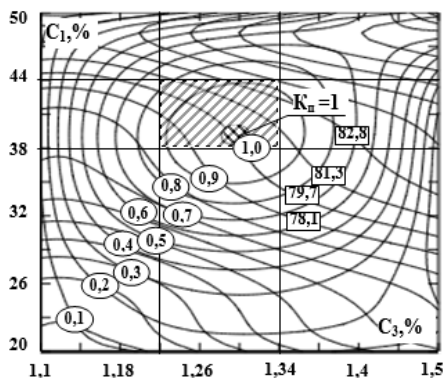


Рис. 6.20. Совмещение линий равных значений температуры технологической обработки и относительного коэффициента качества $K_{п}$ пасты закусочной при оптимальном содержании творога нежирного (C_1) и агара (C_3)

При оптимальном содержании творога нежирного 40% и масла рафинированного дезодорированного 25% температура тепловой обработки паст закусочных составляет 78,5 °С.

Анализ совмещенных данных парной модели творог нежирный-агар (рис. 6.20) показал, что при максимальном значении $K_{п}$ температура тепловой обработки паст закусочных составляет 80,2 °С.

При оптимальном содержании творога нежирного 40% и агара 1,3% температура тепловой обработки паст закусочных составляет 79,8 °С.

Итак диапазон оптимальных границ содержания основных компонентов паст закусочных обеспечивает температуру тепловой обработки в пределах оптимальных значений 80 ± 1 °С, что согласуется с ранее проведенными предварительными экспериментальными исследованиями

6.5. Разработка рекомендаций по использованию паст закусочных в составе кулинарной продукции предприятий ресторанного хозяйства

Проведенные исследования пищевой ценности, структурно-механических, физико-химических и качественных показателей паст закусочных на основе творога, является научным основанием для разработки рекомендаций по использованию паст в составе кулинарной продукции [44].

По результатам комплекса экспериментальных исследований и на основании обобщения технологических характеристик установлено, что паста закусочная может использоваться как самостоятельный пищевой продукт, а также при производстве кулинарной продукции (рис. 6.21, 6.22, 6.23).



Рис. 6.21 Технологическая схема приготовления бутербродов светчиной



Рис. 6.22 Технологическая схема приготовления волованов с грибами



Рис. 6.23 Технологическая схема приготовления салатов с грудинкой

Во время технологических исследований и испытаний разработаны рецептурный состав, технологию производства и ассортимент холодных закусок: бутербродов (5 наименований), волованов (5 наименований), салатов (5

наименований) и утверждены в установленном порядке технологические карты [44].

Исходя из результатов проведенных экспериментальных исследований, необходимо отметить, что использование паст закусочных в составе кулинарной продукции позволяет предложить учреждениям массового питания традиционную продукцию с новым ассортиментом и потребительскими свойствами и повысить эффективность работы предприятий ресторанного хозяйства за счет использования продукции многофункционального назначения.

Литература к главе 6

1. Захарова Н.П. Плавленные сыры с комбинированной жировой фазой / Н.П.Захарова, Т.М.Коновалова, В.Г.Долгошинова // Тезисы докладов научно-практической конференции. Производство масла комбинированного: особенности выработки, ассортимент, качество. Углич: 2000. – С. 40–42.
2. Заяс Ю. А. Совершенствование технологических процессов перерабатывающей промышленности / Ю. А.Заяс, А. И. Прохоров, В. Л.Яровой. – К.: Урожай, 1991.– 142 с.
3. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / О.Н.Сафонова, Ф.В.Перцевой, А.Л.Фощан и др.; под ред. О.Н. Сафоновой. – Х.:ХГАТОП и ХГТУСХ, 2000. – 200 с.
4. Комаров В.И. Методические основы повышения эффективности производства / В.И. Комаров, С.П.Андреев // Пищевая пром-сть. –2001. – №7. – С. 24–25.
5. Никифорова Т.А. Цитраты – пищевые добавки XXI века / Т.А.Никифорова // Пищевые ингредиенты и добавки. –2002. – №2. – С. 38–39.
6. Захарова Н.П. Роль соли-плавителя в формировании качества плавленых сыров / Н.П. Захарова, Н.Ю. Соколова, В.Г. Долгошинова // Сыроделие. – 2000. – №1. – С. 21–23.
7. Исупов В.П. Пищевые добавки и пряности. История, состав и применение / В.П.Исупов – СПб.: ГИОРД, 2000. – 176 с.
8. Браудо Е.Е. Структурообразование гелеобразующих полисахаридов в пищевых системах: дис... канд. техн. наук / Е.Е.Браудо. – М. – 1990. – 179 с.
9. Иванова Е.А. Полисахариды – компоненты новых продуктов / Е. А. Иванова // Пищевая пром-сть. – 1991. – № 1. – С.86.
10. Бакулина О.Н. Галактоманнаны: аспекты использования / О.Н.Бакулина // Пищевые ингредиенты, сырье и добавки. – №1. –2000. –С. 20–21.
11. Стабилизаторы для творожной пасты. /И. А. Шергина, И. Н. Делицкая, О. В. Лепилкина, Е. Н. Куртова.] // Сыроделие и маслоделие. – 2004. – № 6. – С. 33 – 34.
12. Иванова Е.А. Полисахариды – компоненты новых продуктов / Е.А.Иванова // Пищевая пром-сть. – 1991. – № 1. – С. 86.
13. Денисова Е. А. Ароматизаторы в производстве плавленых сыров / Е. А.Денисова // Сыроделие маслоделие. –2004. – № 4. – С. 17–18.

14. Нечаев А.П. Пищевые ароматизаторы / А.П. Нечаев, Е.В. Смирнов // Пищевые ингредиенты (сырье и добавки). – 2000. – № 1. – С. 8.
15. Сырные вкусоароматические добавки для плавленых сыров / [Д.С. Мягконос, Н. П. Захарова, Г.Д. Перфильев, Т. М. Коновалова]//Сыроделие и маслоделие. – №2. – 2003. – С. 31–33.
16. Касьянов Г.И. Натуральные пищевые ароматизаторы – CO₂ – экстракторы / Г.И. Касьянов, А.В. Пехова, А.А.Таран – М.: Пищевая пром-сть, 1978. – 176 с.
17. Кулешова М.Ф. Плавленые сыры: Учеб. пособ. /М.Ф. Кулешова, В. Г.Тиняков. – М.: Пищевая пром-сть, 1973. – 174 с.
18. Влияние технологических факторов на структуру плавленого сыра / Н.П.Захарова, В.Ф. Роздова, В.Г. Долгощинова и др. //Сыроделие и маслоделие. – 2001. – №4. – С. 29–30.
19. Структурообразования в плавленых сырах / Н.П. Захарова, О.В. Лепилкина, Т.М. Коновалова, Г.Б. Бухарина // Сыроделие и маслоделие. – №2. – 2002. – С. 27–28.
20. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов: Справочник / А.В.Горбатов– М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 286 с.
21. Лепилкина О.В. Охлаждение расплавов плавленых сыров / О.В. Лепилкина, В.В. Калабушкин, Н.П. Захарова // Сыроделие и маслоделие. – 2003. – №3. – С. 19–21.
22. СанПиН 2.3.2.1324-03 Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов.
23. Молоко. Метод измерения pH: ГОСТ 26781-86.– [Введ. 01.01.86]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 14 с.
24. Остриков А. Н. Исследование гороха с белковой добавкой методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, В. Н. Василенко // Известия ВУЗОВ Пищевая технология. – № 2. – 2003. – С. 94–96.
25. Остриков А. Н. Исследование форм связи влаги в топинамбуре методом дифференциально-термического анализа / А. Н. Остриков, И. В. Кузнецова, И. А. Зуев // Хранение и переработка сельхозсырья. –2004. – № 7. – С. 33–35.
26. Дослідження процесу плавлення сирної пасти за допомогою дериватографа Q-1000 [Текст] / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, А. Л. Фошан, Л. О.Чуйко // Прогресивні техніки та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2005. – Вип. 2. – С. 35–41.
27. Пилюган Г.О. Введение в теорию термического анализа. / Г.О.Пилюган – М.: Наука, 1964. – 284 с.
28. Лапустяников Л. Пищевая ценность плавленого сыра / Л.Лапустяников // Сыроделие. – № 3. – 1999. – С. 24–25.
29. Черников М.П. Скорость гидролиза α_s , β и χ -казеина трипсином и химотрипсином и влияние денатурирующих факторов на ферментативный гидро-

лиз χ -казеина / М.П. Черников, Е. Я. Стан // Биохимия, 1970. Т. 35, № 3. С. 463–469.

30. Дьяченко П. Ф. Атакуемость фракций казеина протеолитическими ферментами /П.Ф. Дьяченко, Е.А. Жданова // Приклад, биохим. и микробиол. – 1965, Т. 1.С. 49–51.

31. Черников М.П.Протеолиз и биологическая ценность белков /М.П.Черников – М.: Медицина, 1975. – 231с.

32. Дослідження харчової та біологічної цінності паст закусочних на основі сиру кисломолочного нежирного / Ф. В. Перцевий, П. В. Гурський, В. О. Коваленко, Л. О. Чернова, Л. Р. Димитрієвич // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2005. – Вип. 9-10 : Тваринництво. – С. 124–129.

33. Чагаровский А. П. Новые виды плавяных сыров повышенной биологической ценности /А. П. Чагаровский, И. А. Гришин и др. // Тезисы докладов второй Всесоюзной конференции «Проблемы индустриализации общественно-го питания страны». – Х.: 1989. – С. 227–278.

34. Найденова Е.Г. Технология полуфабрикатов на основе нежирного молочного сыра: дис... канд. техн. наук / Найденова Е.Г.Х., 1996.–382 с.

35. Рудакова Т. В. Розроблення технології комбінованих продуктів тривалого строку зберігання на основі сиру кисломолочного: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.04 – технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів /Т. В. Рудакова. – К., 2006. – 19 с.

36. Гринченко О.А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции на основе полуфабрикатов функциональных композиций: дис... д-ра. техн. наук / О.А.Гринченко.– Харьков, 2005. – 386 с.

37. Бовкун А. О. Дослідження фізико-хімічних процесів технологічної обробки і розробка технології пастоподібних плавляних сирів з використанням кисломолочного сиру: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.04 - технологія м'ясних, молочних та рибних продуктів / А. О. Бовкун. – К., 2004. – 20 с.

38. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов /Утв. Минздравом СССР 1 августа 1989 г. №5061– М.: Изд-во стандартов. – 1990.

39. ISO 6658:1985. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство // www.ars_russia.com.

40. ISO 11036:1994. Сенсорный анализ. Методология. Метод профиля текстуры // www.ars_russia.com.

41. ISO 11035:1994. Сенсорный анализ. Идентификация и выбор дескрипторов для установления сенсорного профиля при многостороннем подходе // www.ars_russia.com.

42.Седюкин В.К. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции / В.К. Седюкин, В.Д. Дурнев, В.Г. Лебедев– М.: ИИД Филинь,Рилант, 2000. – 328 с.

43. Ильяшенко Т. И. Факторы, влияющие на качество плавляных сыров / Т. И. Ильяшенко, Н. Л. Звягинцева // Молочна пром-сть. –2006.– № 3(28).– С. 28–31.

44. Токаев Э. С. Производство продуктов повышенной пищевой ценности с использованием эмульсий: Обзорная информация. / Э. С. Токаев, И. А. Рогов – М.: АгроЦНИИТЭИММП, 1988. – 32 с.
45. Касилова Л.А. Изучение методики отработки рецептур на кулинарную продукцию: Методические указания к лабораторным работам/ Л.А. Касилова, Л.Н.Крайнюк – Х.: ХГАТОП, 1997. – 16 с.
46. Гурський П. В. Технологія паст закусочних на основі сиру кисло-молочного нежирного [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Гурський Петро Васильович. – Харків, 2009. – 353 с.
47. Буянова И. В. Качество сырья для сырных паст / И. В.Буянова, Е. С.Красавина// Сыроделие и маслоделие. – 2003. – № 6. – С. 73–74.
48. Лапустяников Л. Влияние рецептурных компонентов на качество плавленого сыра / Л. Лапустяников //Сыроделие. – 2000. – № 4. – С. 18–21.
49. Ратушный А. С. Математико-статистическая обработка опытных данных в технологии продуктов общественного питания: Метод. указания / А. С. Ратушный, В. Г.Топольник. – М.: Рос. экон. академия им. Г. В. Плеханова, 1993. – 176 с.
50. Дьяконов В.П. Компьютерная математика. Теория и практика. / В.П. Дьяконов. – М.: Нолидж. 2001.–1296 с.
51. Полевич В.В. Моделювання технологічних процесів і розробка прогресивного обладнання для переробки харчової сировини: Дис... д-ра. техн.наук. – Харків, 2002. – 271 с.
52. Гурський П. В. Моделювання впливу основних компонентів пасти закусочної на розподіл відносного коефіцієнту якості / П. В. Гурський, В. В. Полевич, Ф. В. Перцевий // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі : зб. наук. праць / Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2007. – Вип. 2 (6). – С. 14–18.

Глава 7. Разработка технологии полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника

7.1. Разработка рецептуры и технологии полуфабриката творожного структурированного

Комплекс экспериментальных исследований с основными рецептурными компонентами, моделью инновационной технологии, моделью технологической схемы и с готовым продуктом позволили нам научно обосновать рецептуру (табл. 7.1)(нормативно закреплено в разработанных технических условиях), а также структуру системы технологического процесса (табл.7.2) и схему технологического процесса (рис. 7.1) полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника, что нормативно закреплено в разработанной технологической инструкции.

В основу разработки технологического процесса производства полуфабриката творожного структурированного на основе молочно-растительного белкового сырья положен системный подход, согласно которому технологическую схему можно разделить на несколько подсистем, функционирование которых приведет к получению нового продукта.

Особенностью технологического процесса производства полуфабриката творожного структурированного является использование творога нежирного размороженного, перевод белка молока в растворимое состояние, участие его в образовании, стабилизации эмульсии, а также использование концентрата ядра семян подсолнечника для стабилизации эмульсионной системы при тепловой обработке в пределах 80 ± 2 °С и ее структурообразования.

В результате реализации функциональных свойств белков молока, желатина и концентрата ядра семечек, согласно рабочей гипотезе происходит увеличение эффективной вязкости, предельного напряжения сдвига межфазных адсорбционных слоев, энергии связи молекул воды, сокращение процесса структурообразования. Все это способствует процессу стабилизации эмульсии и эмульсионной системы.

Проведенный комплекс исследований позволил научно обосновать рецептурный состав (табл. 7.1) и технологию полуфабриката творожного структурированного на основе молочно-растительного сырья.

Технологическая система производства полуфабриката творожного структурированного на основе молочно-растительного сырья состоит из следующих подсистем (рис. 7.1.): D - «Образование дисперсионной среды»; С - «Формиро-

вание эмульсии»; В - «Формирование и стабилизация эмульсионной системы, тепловая обработка»; А - «Образование полуфабриката творожного структурированного».

Таблица 7.1. Сводная рецептура полуфабриката творожного структурированного на 100 кг

Сырье	Массовая доля сухих веществ, %	Общий расход сырья с учетом потерь в ходе технологического процесса	
		в натуре, кг	в сухих веществах, %
Творог нежирный размороженный	21,19	51,40	10,89
Масло растительное рафинированное	99,90	15,41	15,39
Пищевой растительный жир	89,10	15,41	13,73
Концентрат ядра семян подсолнечника	93,40	5,14	4,80
Желатин быстрорастворимый	88,30	3,08	2,72
Цитрат натрия	96,00	2,06	1,98
Соль поваренная «Экстра»	96,50	1,03	0,99
Сорбат калия*	95,00	0,10	0,10
Вода питьевая	-	9,17	-
Итого		102,80	50,60
Выход		100,00	49,22

* Используется для продукта длительного срока хранения

Необходимо отметить, что функционирование системы в целом обеспечивается функционированием отдельных ее компонентов согласно поставленной цели (табл. 7.2).

Таблица 7.2. Структура технологической системы и цель функционирования составных частей

Подсистема	Название подсистемы	Цель функционирования подсистемы
А	Образование полуфабриката творожного структурированного	Получение продукта со структурой, способной сохранять заданные свойства при хранении за счет реологических и функционально-технологических свойств основных ингредиентов.
В	Формирование и стабилизация эмульсионной системы, тепловая обработка	Получение стабильной эмульсионной системы путем комплексобразования белков, обоснование содержания концентрата ядра семян подсолнечника и параметров тепловой обработки

Продолжение табл. 7.2

С	Формирование эмульсии	Обоснование концентрации масла подсолнечного рафинированного дезодорированного и пищевого растительного жира, увеличение эластичных и уменьшение пластических свойств. Повышение пищевой ценности.
D	Создание белковой основы	Перевод белка творога нежирного размороженного в растворимое состояние, набухание желатина быстрорастворимого, начало комплексообразования.

Подсистема D - «Образование белковой основы». На данном этапе в творог нежирный размороженный при температуре 35 ± 2 °С и перемешивании при $\omega = 25 \pm 2$ с⁻¹ в течение $(3 \pm 1) \times 60$ с осуществляется ввод желатина быстрорастворимого и перевод белка молочного в растворимое состояние добавлением раствора цитрата натрия при постоянном перемешивании в течение $(30 \pm 3) \times 60$ с. При этом происходит начало комплексообразования белков, что приводит к незначительному увеличению вязкости, и образованию дисперсионной среды.

Подсистема С - «Формирование эмульсии». На этом этапе осуществляется эмульгирование масла подсолнечного рафинированного дезодорированного и расплавленного пищевого растительного жира в дисперсионной среде (комплекс – белок творога нежирного размороженного, переведенный в растворимое состояние и раствор желатина за счет свободной влаги творога) при температуре 35 ± 2 °С в течение $(8 \pm 1) \times 60$ с и частотой оборотов мешалки 50 ± 2 с⁻¹.

Подсистема В - «Тепловая обработка, комплексообразование и стабилизация эмульсионной системы». После эмульгирования масла и расплавленного пищевого жира растительного во время интенсивного перемешивания вводится концентрат ядра семян подсолнечника. Вследствие тепловой обработки при температуре 80 ± 2 °С в течение $(8 \pm 2) \times 60$ с значительно возрастает вязкость дисперсной эмульсионной системы и скорость структурообразования готового продукта. Для обеспечения длительного срока хранения в эмульсионную систему вводят раствор сорбата калия.

Подсистема А - «Образование полуфабриката творожного структурированного». Для реализации задач подсистемы, после тепловой обработки текучий продукт фасовали в потребительскую тару, в которой происходит окончательное структурообразование, и охлаждали до температуры 4 ± 2 °С. Охлажденный фасованный продукт хранят при этой температуре в течение 28 суток.

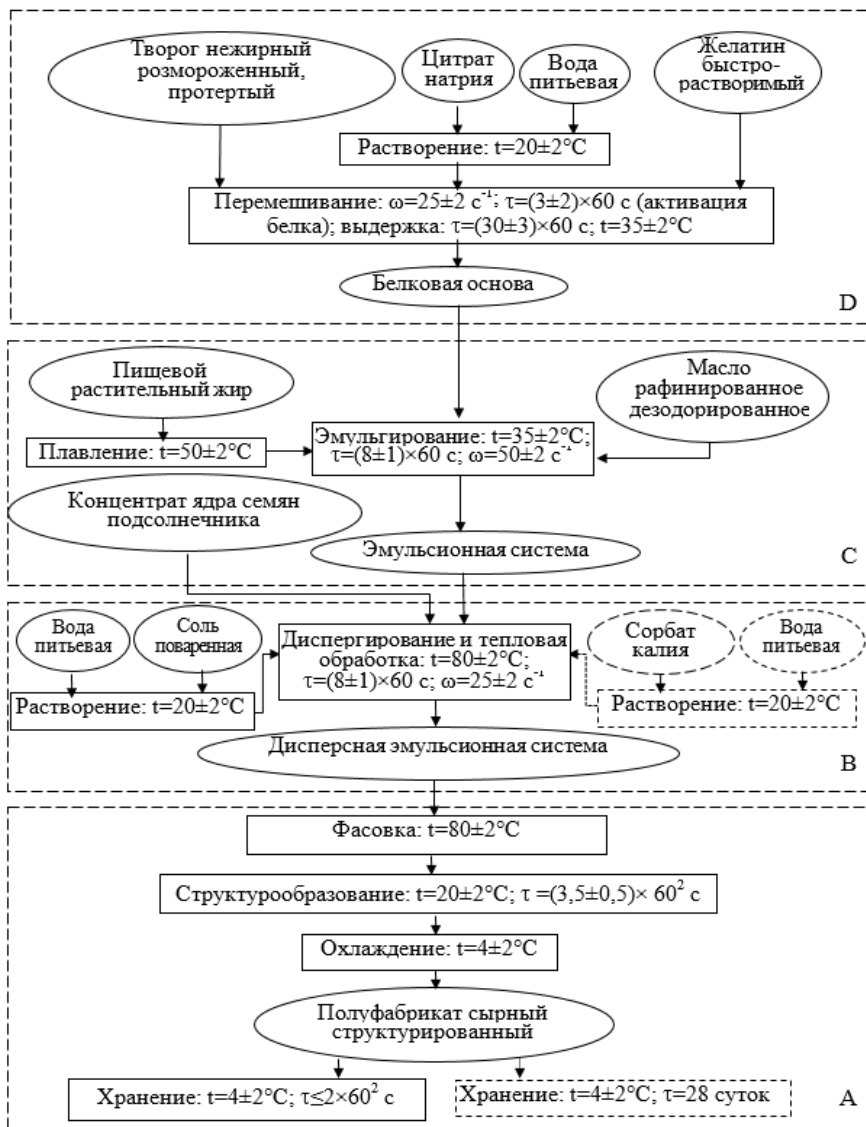


Рис. 7.1. Технологическая схема производства полуфабриката творожного структурированного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника: операции, осуществляемые только при производстве полуфабриката творожного структурированного длительного срока хранения

7.2 Исследование структурно-механических характеристик полуфабриката творожного структурированного в процессе хранения

Хранение является одним из важных этапов, влияющих на качество готовой продукции, что обуславливает необходимость исследования влияния режимов и сроков хранения на качественные показатели полуфабриката творожного структурированного.

С целью установления рациональной продолжительности хранения при температуре 4 ± 2 °С изучены изменения структурно-механических характеристик свежизготовленного полуфабриката творожного структурированного и в течение 35 суток хранения (рис. 7.3), в упакованном виде. При этом определяли обратимую, необратимую, общую деформацию, напряжение, податливость, условно мгновенный модуль, пластическую и упругую последействия вязкость (табл. 7.3)[1, 2, 3, 4].

Следует отметить, что условия хранения для полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного были выбраны с учетом требований, предъявляемых к хранению продукции данного вида.

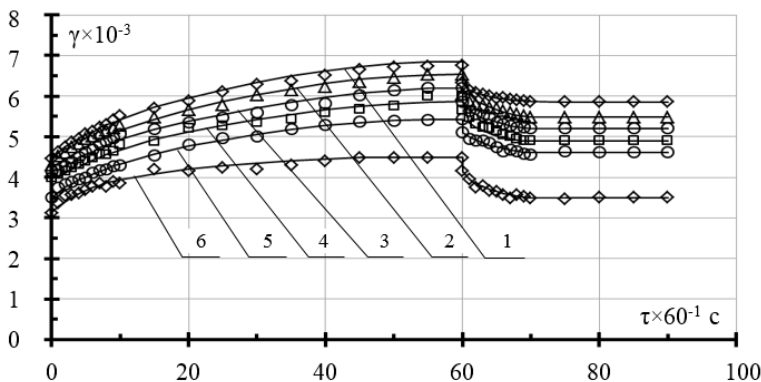


Рис. 7.2 Кинетика ползучести полуфабриката творожного структурированного на протяжении хранения, суток: 1 – 1; 2 – 7; 3 – 14; 4 – 21; 5 – 28; 6 – 35

Из анализа кривых ползучести полуфабриката творожного структурированного установлено (рис. 7.2), что наиболее текучим является образец после первых суток хранения с общей деформацией $6032,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$; после семи суток хранения общая деформация (табл. 7.3) уменьшается не существенно и составляет $5789,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, что подтверждается незначительным ростом условно-мгновенного модуля упругости на 85,9 Па.

Таблица 7.3. Характеристика зависимости показателей полуфабриката творожного структурированного от продолжительности хранения

Наименование показателя	Срок хранения, сут.				
	1	7	14	21	28
Обратимая деформация, 10^{-5} , м	4688	4602	4560	4521	4500
Необратимая деформация, 10^{-5} м	1344	1226	1159	1020	750
Общая деформация, 10^{-5} м	6032	5789	4892	4421	3250
Напряжение сдвига, Па	1249	1249	1249	1249	1249
Податливость, Па^{-1}	4,83	4,02	3,57	2,64	1,2
Условно мгновенный модуль упругости, Па	312,2	398,1	451,2	526,1	620,1
Высокоэластичный модуль, Па	1815,5	2026,4	2565,2	2832,3	3215,2
Пластичная вязкость, $\text{Па}\cdot\text{с}$, 10^6	3,35	3,59	4,21	4,56	4,81
Отношение деформ. обратимой к общей	0,78	0,79	0,80	0,82	0,86
Вязкость упругого последствия, $\text{Па}\cdot\text{с}$, 10^5	9,5	9,7	9,8	10,0	10,2

Во время дальнейшего хранения полуфабриката творожного структурированного общая деформация уменьшается медленно, в среднем в 1,2 раза за 7 суток, и на 28 сутки хранения составляет $3250,0 \cdot 10^{-5}$ м.

Итак, можно считать, что в течение срока хранения происходит незначительное уплотнение полуфабриката вследствие частичной потери свободной влаги, что подтверждается незначительным ростом условно мгновенного модуля упругости и медленным незначительным ростом высокоэластичного модуля.

Результаты расчетов относительной пластичности, эластичности и упругости полуфабриката творожного структурированного (рис.7.3) подтверждают, что во время хранения до 28 суток пластические и упругие свойства готового продукта сохраняются почти на одном уровне. Но во время последующего хранения в течение следующих 7 дней пластические свойства уменьшаются на $8 \pm 1\%$, а упругие увеличиваются почти на 20%, что приводит к значительному уплотнению структуры.

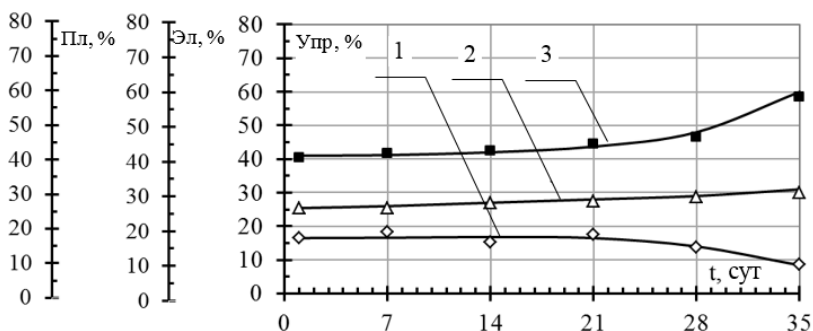


Рис. 7.3 Зависимость относительных пластичности - 1 (Пл), эластичности - 2 (Эл), упругости - 3 (Упр) от продолжительности хранения полуфабриката структурированного, сут.

Эластичность продукта в течение 28 суток почти не меняется, а в течение следующих 7 дней хранения имеет тенденцию постепенного роста на $2\pm 0,5\%$, то есть на 35 день хранения растет лишь на 6% и существенно не влияет на органолептические показатели.

7.3. Исследование пищевой и биологической ценности полуфабриката творожного структурированного

Общие химические показатели (табл. 7.4) и пищевую ценность (табл. 7.5) полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного в процессе хранения определяли по общему содержанию в ее составе белков, жиров, витаминов, минеральных веществ.

Анализируя химические показатели следует отметить, что в полуфабрикate творожном структурированому выявлено $14,9 \pm 0,7\%$ белковых веществ, которые обеспечиваются основными белоксодержащими ингредиентами – творогом нежирным размороженным, концентратом ядра семян подсолнечника и желатином.

Таблица 7.4. Характеристика химических показателей полуфабриката творожного структурированного в процессе хранения, %

Наименование показателя	Значение показателяприсроке хранения, сут.	
	0	28
Влага	49,4 \pm 2,4	49,6 \pm 2,4
Жир	30,5 \pm 1,4	30,4 \pm 1,4
Белок	14,9 \pm 0,7	14,2 \pm 0,7
Зола	3,2 \pm 0,1	3,2 \pm 0,1

Хранение является одним из этапов, влияющих на качество готового продукта, что обуславливает необходимость исследования влияния режимов и сроков хранения продукта на его качественные показатели.

Продукт хранили при температуре от 2 до 6 °С в течение 28 суток. Следует отметить, что условия хранения выбраны с учетом требований, предъявляемых к хранению данной группы продуктов. Образцы хранили в потребительский таре - герметично упакованными в пластиковые стаканчики. В качестве контроля использовали образцы полуфабриката творожного структурированного, в которых органолептические, физико-химические, микробиологические показатели были исследованы в первый день приготовления.

Как видно из табл. 7.4 химические показатели полуфабриката творожного структурированного в процессе хранения меняются незначительно. При этом происходит уменьшение общего количества белков на 0,7%. Это может происходить за счет частичного незначительного гидролиза белков с образованием свободных аминокислот. Поэтому необходимо исследовать изменение аминокислотного состава белков продукта после хранения в течение 28 суток при выбранных параметрах (табл. 7.6).

Исследование органолептических показателей в первые и двадцать восемь суток хранения (табл. 7.5) показали, что происходит незначительное снижение вкуса, уплотнение смеси, ослабление запаха.

Таблица 7.5. Органолептические показатели полуфабриката творожного структурированного

Наименование показателя	Коэффициент весомости показателя	Оценка органолептических показателей при длительности хранения, сут.	
		0	28
Внешний вид	0,20	4,95	4,95
Цвет	0,05	4,88	4,65
Вкус	0,10	4,85	4,60
Запах	0,05	4,84	4,75
Консистенция	0,60	4,96	4,85
Общая оценка		4,896	4,860

В результате исследований идентифицировано и количественно определено 18 аминокислот, суммарное содержание эссенциальных аминокислот составляет 37,5%, что позволяет характеризовать полуфабрикат творожный структурированный, как продукт высокой биологической ценности. Также установлено, что количество незаменимых аминокислот при хранении уменьшилось на 0,82%, причем уменьшение наиболее характерно для фенилаланина – 2,9%, триптофана – 2,8%, а показатели других незаменимых аминокислот уменьшаются в пределах 0,4 ... 1, 0%. Содержание заменимых аминокислот уменьшается в пределах 0,3%.

Биологическую ценность полуфабриката творожного структурированного по аминокислотному составу оценивали по сравнению с аминокислотным составом эталонного белка ФАО / ВООЗ путем расчета аминокислотного сора (табл. 7.7).

Важным показателем биологически полноценного белка является не только наличие всех эссенциальных аминокислот, но также их сбалансированность. Для оценки уровней треонина и триптофана в составе белка полуфабриката творожного структурированного, характеризующих сбалансированность аминокислот, были рассчитаны «триптофановый» и «треониновый» индексы (табл. 7.8)..

Таблица 7.6. Изменение содержания аминокислот в полуфабрикаты творожном структурированном в процессе хранения

Наименование аминокислоты	Значение показателя при хранении, сут.			
	свежеизготовленный		28	
	мг/100г	% к сумме аминокислот	мг/100г	% к сумме аминокислот
Незаменимые аминокислоты, в том числе:	5450,1±108,4	37,5	5411,8±108,2	37,3

Продолжение табл. 7.6

1	2	3	4	5
Валин	733,5±14,7	5	732,2±14,6	5,1
Метионин	377,6±7,5	2,7	375,7±7,4	2,6
Лейцин	1270,1±25,4	8,6	1267,1±25,3	8,7
Изолейцин	706,2±14,1	4,9	703,4±14,0	4,8
Лизин	967,3±19,3	6,7	963,3±19,2	6,6
Треонин	562,3±11,6	4	580,8±11,5	4
Триптофан	146,4±2,9	1	142,1±2,8	1
Фенилаланин	666,7±13,3	4,6	647,2±12,9	4,5
Заменимые аминокислоты, в том числе:	9102,4±182,1	62,5	9088,6±181,8	62,7
Аланин	541,1±10,8	3,7	540,2±10,8	3,7
Аргинин	855,7±17,1	5,9	852,6±17,0	5,9
Аспаргиновая кислота	968,2±119,4	6,7	967,4±19,3	6,7
Гистидин	399,4±8,0	2,7	398,6±7,8	2,8
Глицин	849,5±16,9	5,8	849,3±16,9	5,9
Глутаминовая кислота	2527,2±50,4	17,3	2522,3±50,4	17,3
Пролин	1626,4±32,5	11,2	1625,8±32,4	11,2
Серин	620,3±12,4	4,3	620,5±12,4	4,3
Тирозин	581,4±11,6	4	580,7±11,5	4
Цистин	133,2±2,7	0,9	131,2±2,7	0,9
Общее количество аминокислот	14843,6	100	14790,4	100

На основе вышеприведенных данных исследований, можно утверждать, что условия длительность хранения не оказывают существенного влияния на биологическую ценность полуфабриката замороженного структурированного.

Таблица 7.7. Аминокислотный скор белков полуфабриката замороженного структурированного в процессе хранения

Наименование аминокислоты	Шкала FAO/ WHO	Значение показателя при хранении в течение, сут			
		свежеизготовленный		28	
	мг/на 1г белка	мг/на 1 г белка	амино- кислотный скор	мг/на 1г бе- лка	амино- кислотный скор
Лейцин	70	87,3	124,7	87,3	124,7
Лизин+гистидин	55	66,6	121,1	66,6	121,1
Валин	50	50,4	100,8	50,4	100,8
Триптофан	10	10,1	101,1	10,1	101,1
Треонин	40	40,0	100,0	40,0	100,0
Фенилаланин+Тирозин	60	85,7	142,8	85,7	142,8
Метионин+Цистин	35	35,2	100,6	35,2	100,6

Таблица 7.8. Сбалансированность эссенциальных аминокислот в составе полуфабриката творожного структурированного

Наименование аминокислоты	Сбалансированность по “треониновому” индексу	Значение показателя длительности хранения, сут.	
	шкала ФАО/ВОЗ	свежеизготовленный	28
Треонин	1,0	1,00	1,00
Лизин+Гистидин	1,1	1,67	1,61
Валин	1,5	1,26	1,16
Лейцин+изолейцин	3,1	2,20	2,10
Фенилаланин	1,1	1,14	1,14
Метионин	0,7	0,65	0,63
Триптофан	0,25	0,25	0,24

С целью установления динамики гидролитических и окислительных превращений в липидах полуфабриката творожного структурированного, определены кислотное и перекисное числа (табл. 7.9)

Кислотное число в процессе хранения не превышало $0,25 \pm 0,01$ мг КОН/г, перекисное $3,4 \pm 0,02$ ммоль $\frac{1}{2}$ O_2 /кг, и допустимых значений $0,3$ мг КОН/г та 10 ммоль $\frac{1}{2}$ O_2 /кг соответственно.

Таблица 7.9. Изменение кислотного и перекисного чисел липидов полуфабриката творожного структурированного во время хранения

Длительность хранения, сут.	Кислотное число, мг КОН/г	Перекисное число, ммоль $\frac{1}{2}$ O_2 /кг
свежеизготовленный	$0,22 \pm 0,01$	$2,8 \pm 0,01$
7	$0,22 \pm 0,01$	$3,0 \pm 0,01$
14	$0,23 \pm 0,01$	$3,2 \pm 0,01$
21	$0,24 \pm 0,01$	$3,3 \pm 0,02$
28	$0,25 \pm 0,01$	$3,4 \pm 0,02$

В процессе хранения имеет место незначительное накопление продуктов гидролиза триглицеридов, характеризующееся несущественным изменением жирнокислотного состава полуфабриката творожного структурированного (табл. 7.10).

Таблица 7.10. Изменение жирнокислотного состава липидов полуфабриката творожного структурированного во время хранения (% от общего количества)

Наименование жирной кислоты	Значение показателя при хранении в течение, сут.	
	свежеизготовленный	28
1	2	3
Каприловая, $C_{8:0}$	1,76	1,92
Каприновая, $C_{10:0}$	1,77	1,94

Продолжение табл. 7.10

1	2	3
Лауриновая, C _{12:0}	18,53	19,86
Миристиновая, C _{14:0}	5,73	6,24
Пальмитиновая, C _{16:0}	7,17	8,31
Стеариновая, C _{18:0}	8,32	9,02
<i>Итого насыщенных кислот</i>	43,28	47,29
Олеиновая дис., C _{18:1ц}	17,65	16,98
Олеиновая транс., C _{18:1т}	0,56	0,54
Линолевая, C _{18:2}	31,11	28,07
<i>Итого ненасыщенных кислот</i>	49,62	45,59
Не идентифицированные	7,10	7,12
Общее количество жира в образце	30,5±1,4	30,4±1,4

Анализ данных показал, что во время хранения снижается количество ненасыщенных жирных кислот, таких как: олеиновой - на 5,5%, линолевой - на 8,2% . Общее содержание насыщенных составляет 43,28%, а после хранения - 47,29%, ненасыщенных - 49,62%, а после хранения - 45,59%. Таким образом, общее содержание ненасыщенных жирных кислот уменьшается на 4,01% за счет увеличения доли насыщенных кислот и не идентифицированных жирных кислот. Но несмотря на некоторые изменения жирнокислотного состава липидов в процессе хранения, жировая компонента характеризуется высокой питательной и биологической ценностью.

Изучение витаминного состава показало, что полуфабрикат творожный структурированный богат жирорастворимым витамином Е (токоферол) и водорастворимым РР (ниацин).

Анализом данных при хранении полуфабриката творожного структурированного установлено, что количество жирорастворимых витаминов уменьшается - витамина А и Е соответственно на 12,1% и 4,1%. При этом уменьшение витамина С при хранении составляет около 29,1% (табл. 7.11).

Таблица 7.11. Изменение витаминного состава продукта полуфабриката творожногоструктурированного, мг / 100г

Наименование показателя	Значение показателяпри хранении в течение, сут.	
	свежеизготовленный	28
Витамин А (ретинол)	0,006±0,001	0,005±0,001
Витамин Е (токоферол)	10,42±0,02	10,00±0,02
Витамин В ₁ (тиамин)	0,037±0,002	0,036±0,002
Витамин В ₂ (рибофлавин)	0,22±0,02	0,21±0,02
Витамин РР (ниацин)	0,34±0,02	0,32±0,02
Витамин С (аскорбиновая кислота)	0,32±0,02	0,23±0,02

Анализ минерального состава полуфабриката творожного структурированного показал, что содержание калия (5733 ± 286 мкг / г) и кальция ($495,6 \pm 24,7$ мкг / г) являются крупнейшими по сравнению с другими элементами. Содержание важных элементов, таких как свинец, медь, хром, никель и других не превышает допустимые нормы (табл. 7.12)

Таблица 7.12. Изменение минерального состава полуфабриката творожного структурированного во время хранения, мкг /

Наименование Показателя	Значение показателя при хранении в течение, сут.	
	свежеизготовленный	28
Хлор	$85,8 \pm 4,3$	$85,1 \pm 4,3$
Калий	$5733,0 \pm 286,7$	$5739,0 \pm 286,0$
Кальций	$495,6 \pm 24,8$	$488,3 \pm 24,5$
Бром	$6,3 \pm 0,3$	$6,3 \pm 0,3$
Рубидий	$10,3 \pm 0,5$	$9,9 \pm 0,5$
Марганец	$10,8 \pm 0,5$	$11,1 \pm 0,5$
Цирконий	$0,8 \pm 0,1$	$0,78 \pm 0,04$
Хром	$1,3 \pm 0,1$	$1,28 \pm 0,07$
Никель	$2,0 \pm 0,1$	$1,9 \pm 0,1$

При хранении показатели количества некоторых элементов менялись в диапазоне допустимой погрешности, поэтому можно предположить, что величина их потерь не выходит за пределы погрешности.

Проведенные микробиологические и токсикологические исследования полуфабриката творожного структурированного показали, что колиформы бактерий (БГКП) при хранении стабильно отсутствуют; патогенных микроорганизмов, в том числе *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocitogenes* в исследуемых образцах не обнаружено (табл. 7.13).

Для определения срока хранения важным является изучение микробиологических показателей полуфабриката творожного структурированного (табл. 7.13). проведенными исследованиями было доказано, что микробиологические показатели согласуются с нормативами МБВ и СН №5061.

Можно констатировать, что по микробиологическим показателям полуфабрикат творожного структурированного на основе творога нежирного разможенного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника после хранения в течение 28 суток безопасен к потреблению и соответствует установленным нормам.

Таблица 7.13. Микробиологические показатели полуфабриката творожного структурированного

Наименование показателя	Норма	Значение при хранении в течение, сут.	
		свежеизготовленный	28
1	2	3	4
Количество молочнокислых бактерий, КОЕ в 1 г продукта	Не меньше $1,0 \times 10^6$	$7,5 \times 10^6$	$1,2 \times 10^6$

Продолжение табл. 7.13

1	2	3	4
Бактерии группы кишечной палочки, в 0,001 г продукта	Не допускаются	Не выявлены	Не выявлены
<i>Staphylococcus aureus</i> , в 0,01 г продукта	Не допускаются	Не выявлены	Не выявлены
<i>Listeria monocitogenes</i> , в 25 г продукта	Не допускаются	Не выявлены	Не выявлены
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. <i>Salmonella</i> , в 25 г продукта	Не допускаются	Не выявлены	Не выявлены
Количество плесневых грибов, КОЕ в 1 г продукта, не больше	50	$4,3 \times 10^1$	$4,0 \times 10^1$
Количество дрожжей, КОЕ в 1 г продукта, не больше	100	$4,0 \times 10^1$	$1,2 \times 10^1$
Количество желатин разжижающих бактерий, КОЕ в 1 г продукта, не более	10	Не выявлены	Не выявлены

Результаты токсикологических исследований (табл. 7.14) полуфабриката творожного структурированного соответствуют критериям безопасности по содержанию токсичных элементов значительно меньше нормативных требований и согласуется с нормативами МБВ и СН№5061 к данной продукции [5, 6...12].

Таблица 7.14. Предельно допустимые уровни токсичных элементов, мг / кг

Название токсичного элемента	Норма	Значениепри хранении в течение, сут.	
		свежеизготовленный	28
Ртуть	0,02	<0,010	<0,010
Железо	5,0	0,61	0,64
Мышьяк	0,2	<0,10	<0,10
Медь	4,0	0,80	0,80
Свинец	1,0	0,32	0,32
Кадмий	0,2	0,030	0,030
Цинк	50,0	11,6	11,6

Анализ экспериментальных данных показывает, что микробиологические показатели полуфабриката творожного структурированного находятся в пределах допустимых значений, регламентированных нормативной документацией.

Таким образом, изучив изменения основных питательных веществ и микробиологических показателей в процессе хранения можно утверждать, что полуфабрикат творожный структурированный характеризуется стабильными показателями качества в пределах срока хранения.

7.4. Исследование органолептических показателей качества полуфабриката творожного структурированного

Для определения основных органолептических показателей полуфабриката творожного структурированного на основе творога были проведены исследования, направленные на разработку количественной шкалы органолептической оценки готового продукта по 5-балльной системе (табл. 7.15) [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

Принимая во внимание, что разработанный полуфабрикат творожный структурированный на основе творога нежирного размороженного является новым продуктом на современном рынке пищевых продуктов и учитывая предельные отклонения в функционировании подсистем D, C, B, A (рис. 7.1) для обеспечения получения продукта с одинаковым уровнем качества, с помощью экспертов на основе шкалы органолептической оценки и с учетом коэффициентов весомости был проведен анализ [20, 21] общей органолептической оценки полуфабриката творожного структурированного (табл.7.16).

В ходе исследований свежеизготовленного полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного установлено, что в формировании органолептических показателей данной продукции наиболее определяющими являются однородность и гляцевидность поверхности, однородность и натуральность цвета, ломкость и пористость, целостность и пластичность текстуры, чистота, натуральность, выраженность и скорость высвобождения запаха и вкуса, а также сбалансированность вкуса.

Таблица 7.15. Разработка шкалы органолептической оценки полуфабриката творожного структурированного

Уровень качества, балл	Показатели качества, коэффициент важности				
	Внешний вид	Цвет	Запах	Вкус	Текстура
1	0,1	0,15	0,28	0,35	0,12
2	3	4	5	6	
5	Поверхность чистая, ровная гляцевая, однородная	Однородный, натуральный, выраженный, присущий этой группе продуктов с соответствующим названием	Натуральный, чистый, выраженный, соответствует названию, медленно высвобождается	Натуральный, сбалансированный, выраженный, чистый, соответствует названию, медленно высвобождается	Пластическая, с очень низкой пористостью, структурированная, упругая, немного ломкая
4	Поверхность ровная гляцевая	Однородный, натуральный присущий этой группе продуктов с соответствующим названием	Натуральный, чистый, соответствует названию, но быстро высвобождается	Натуральный, выраженный, чистый, соответствует названию, но быстро высвобождается	Пластическая, сплошная, структурированная, пористость выражена, ломкая

Продолжение табл. 7.15

1	2	3	4	5	6
3	Поверхность ровная со слабым глянец	Натуральный присущ продуктам структурированным с соответствующим названием	Натуральный, не выражен, быстро высвобождается	Натуральный, не выражен, соответствует названию, быстро высвобождается	Сплошная, недостаточно пластична, слегка плотная, структурированная, пористость очень выражена, очень ломкая
2	Поверхность матовая, неровная, незначительной аэрацией	Натуральный, интенсивный, присущий продуктам структурированным с соответствующим названием	Невыраженный, очень быстро высвобождается	Невыраженный, с щелочным привкусом, очень быстро высвобождается	Непластичная, или липкая, очень маркая, слабо структурирована, очень ломкая
1	Поверхность неровная, матовая или дырчатая с каплями жира	Натуральный, неоднородный	Резкий, не натуральный запах ароматизатора	Со вкусом основных рецептурных ингредиентов, с выраженным щелочным привкусом	Ломкая, или клейкая, текучая, не структурирована

На профилях органолептической оценки в виде фиксированной площади, визуально подчеркнута значимость каждого показателя в пределах конкретной характеристики (рис. 7.4).

Таблица 7.16. Результаты органолептической оценки полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного

Наименование	№ дескриптора	Характеристика	Оценка, балл	
			Свежеизготовленный	после 28 суток хранения
1	2	3	4	5
Внешний вид	1	Однородность	5,0	5,0
	2	Неоднородность	0,9	0,9
	3	Пористость	1,5	0,5
	4	Глянец на поверхности	4,0	4,0
	5	Капли жира на поверхности	0	0

Продолжение табл. 7.16

	1	2	3	4	5
Цвет	1	Однородный	4,5	4,5	
	2	Натуральный	4,5	4,5	
	3	Интенсивный	1,0	1,0	
	4	Выраженный	4	3,5	
	5	Неоднородный	1,0	1,0	
Запах	1	Чистый	5,0	5,0	
	2	Натуральный	5,0	5,0	
	3	Выраженный	4,5	4,0	
	4	Резкий	0,5	0,5	
	5	Скорость высвобождения	3,5	3,0	
Вкус	1	Чистый	5,0	5,0	
	2	Натуральный	5,0	4,5	
	3	Выраженный	4,5	4,0	
	4	Сбалансированный	5,0	4,5	
	5	Скорость высвобождения	4,0	3,5	
Текстура	1	Пластичная	4,5	4,0	
	2	Упругая	3,0	3,0	
	3	Сплошная	4,0	3,5	
	4	Мажущаяся	1,0	1,1	
	5	Сочная	2,0	1,5	
	6	Клейкая	0,5	0,5	
	7	Ломкая	2,5	2,0	

Исследование органолептических показателей полуфабриката творожно-структурированного в процессе хранения при температуре 2...6 °С в течение 28 суток в потребительской таре - баночках из полимерных материалов, закрытых крышками (рис. 7.5) показали, что наблюдается незначительные изменения текстуры, уменьшение интенсивности и увеличение скорости высвобождения запаха и вкуса.

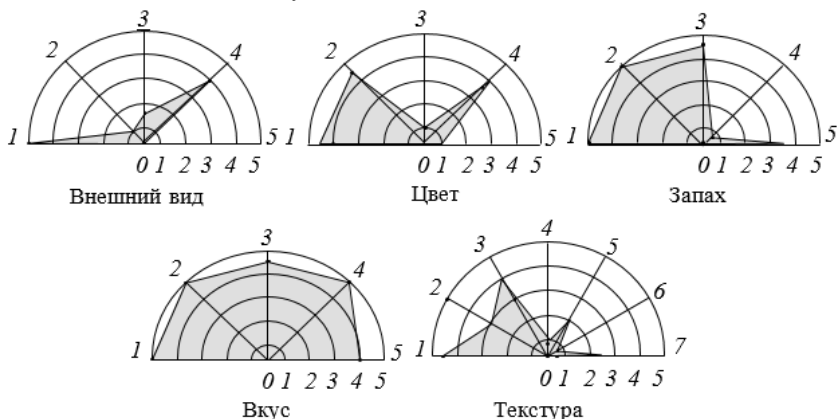


Рис. 7.4. Профили органолептической оценки свежеизготовленного полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного

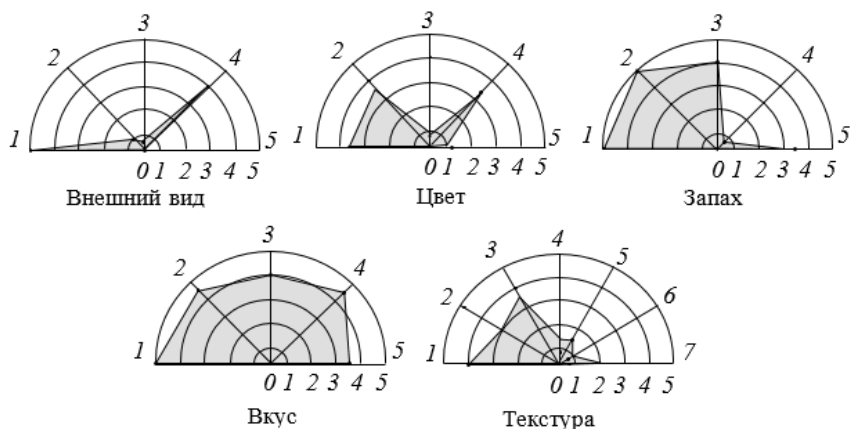


Рис.7.5. Профили органолептической оценки полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного рного послехранения 28 сут.

Полуфабрикат творожный структурированный на основе творога нежирного с заменой молочного жира на растительное рафинированное дезодорированное масло является новым пищевым продуктом в существующем ассортиментном перечне традиционных структурированных продуктов и может быть использован в общем рационе как самостоятельно, так и в составе кулинарной продукции [22, 23].

7.5 Разработка рекомендаций по использованию полуфабриката творожного структурированного в составе кулинарной продукции

Подтверждение положений разработанной инновационной стратегии и рабочей гипотезы, и реализация комплекса аналитических и экспериментальных исследований позволили разработать технологию полуфабриката творожного структурированного на основе творога нежирного размороженного с использованием концентрата ядра семян подсолнечника. С технологической точки зрения было запланировано использовать разработанный полуфабрикат творожный структурированный в смеси с другими рецептурными компонентами и самостоятельно в составе кулинарной продукции.

На основании обобщения результатов исследований разработана кулинарная продукция с использованием полуфабриката творожного структурированного, ассортимент которой и некоторые технологические схемы продукции приведены на рис. 7.6 ... 7.10.



Рис. 7.6. Ассортимент кулинарной продукции с использованием полуфабриката замороженного структурированного



Рис. 7.7. Принципиальная схема приготовления салата «Греческая гора»



Рис.7.8. Принципиальная схема приготовления стейка из свинины «Полная торба»



Рис. 7.9. Принципиальная схема приготовления холодной закуски «Тарелка сырная»



Рис. 7.10. Принципиальная схема приготовления бутербродов «Гренки сырные»

Во время технологических обработок разработан рецептурный состав и технологии производства ряда кулинарных изделий. На предложенную кулинарную продукцию утверждены в установленном порядке технологические карты.

Использование полуфабриката творожного структурированного в составе кулинарной продукции позволяет расширить ее ассортимент, предложить продукцию с новыми потребительскими свойствами, повышенной питательной ценностью, повысить эффективность функционирования предприятий ресторанного хозяйства.

Литература к главе 7

1. Крусъ Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов / Г.Н. Крусъ, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.
2. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
3. Рынок молока в Украине: сезонный рост цен на сырое молоко [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.agriagency.com.ua>.
4. Чекулаева Л.В. Технология продуктов консервирования молока и молочного сырья / Л.В. Чекулаева, К.К. Полянский, Л.В. Голубева. – М.: Делипринт, 2002.–249 с.
5. Рогов И. А. Электрофизические методы в холодильной технике и технологии / И. А. Рогов, Б. С. Бабакин, В. А. Выгодин. – М. : Колос, 1996. – 326 с.
6. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов: ГОСТ 30178-96. – [Введ. 1996-01-01]. – К.: Госстандарт Украины, 1998. – 16 с.
7. Сырье и продукты пищевые. Метод определения свинца: ГОСТ 26932-86. – [Введ. 1986-12-01] : сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1986. –С. 55–63.
8. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка : ГОСТ 26934-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.
9. Сырье и продукты пищевые. Методы определения кадмия : ГОСТ 26933-86. – [Введ. 1986-12-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 10 с.
10. Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди: ГОСТ 26931-86. – [Введ. 1986-12-01] : сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – С. 41–54.
11. Сырье и продукты пищевые. Методы определения мышьяка: ГОСТ 26930-86. – [Введ. 1987-01-01]: сборник. – М. : Изд-во стандартов, 1987. –С. 34–40.
12. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути: ГОСТ 26927-86. – [Введ. 1986-01-01]: сборник. – М.: Изд-во стандартов, 1986. –С. 14–28.
13. Доморощенко М.Л. Современные технологии получения пищевых белков из соевого шрота / М. Л. Доморощенко // Пищевая промышленность. – 2001. – №4. – С. 6–10.
14. Економіка підприємства : підручник / [за заг. ред. С. Ф. Покропивного]. – [2-ге вид., перероб. та доп.]. – К. : КНЕУ, 2000. – 528 с.
15. Конц К. Исследование пригодности молока и молочных продуктов для замораживания / К. Конц, К. Фехер // Развитие теоретических основ и практики холодильной технологии пищевых продуктов : сб. науч. трудов. – Л., 1986. – С. 75–78.
16. Масла растительные. Методы определения кислотного числа : ГОСТ 5476-80. –[Введ. 1981-07-01]. – М. : Госстандарт, 1987. – 9 с.
17. Стурова Ю. Г. Влияние технологических факторов на органолептические показатели сыра / Ю. Г. Стурова, М. П. Щетинин // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 36–37.
18. СанПиН 2.3.2.1324-03 Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов.

19. Халафян А. А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян. – [3-е изд.]. – М. : Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
20. Химический состав пищевых продуктов : справочник в 2 кн. Кн. 2. Справочные таблицы содержания аминокислот, витаминов, макро- и микроэлементов, органических кислот и углеводов / [под ред. Н.М. Скурихина и М.Н. Волгарева]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
21. Скурихин И.М. О методах определения содержания минеральных веществ в продуктах / И. М. Скурихин // Вопросы питания. – 1981. – № 2. – С. 10–15.
22. Спивакова Л. В. Микроструктура плавленого сыра /Л. В. Спивакова, Ю. А. Дуденков, Н. А. Жеребцов // Молочная пром-сть. – 1987. – № 8. – С. 25–28.
23. Липатов Н. Н. Восстановленное молоко / Н.Н.Липатов, К. И. Тарасов. –М.: Агропромиздат, 1985. – 256 с.
24. Applewhite T. H. Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs / Т. Н. Applewhite // The American Oil Chemists Society. – 1989. – 575 p.

Глава 8 Разработка технологии творожного продукта мягкого и изучение показателей его качества

8.1. Разработка рецептуры и технологии творожного продукта мягкого (ТПМ)

Обобщение проведенных аналитических, а также экспериментальных исследований с обоснованием технологических режимов и параметров производства модельной системы ТПМ является весомым основанием для дальнейшей разработки научно обоснованной технологии ТПМ. Изучение органолептических, поверхностных, структурно-механических, текстурных, физико-химических показателей и состояния влаги модельной системы ТПМ, а также применение методов математического моделирования позволили разработать технологический процесс производства ТПМ. Важной необходимостью перед введением концентрата ядра арахиса КЯА в ТПМ является проведение тепловой обработки КЯА для устранения токсикологического, ферментативного и микробиологического факторов. Для этого применяли сухой нагрев в шахтных сушилках при температуре 110 ... 168 оС в течение 25 ... 30 мин [1;2]. С целью обоснования физико-химических, структурно-механических и органолептических изменений ТПМ технологический процесс его производства целесообразно представить в виде системы, состоящей из четырех взаимосвязанных подсистем (рис. 8.1).

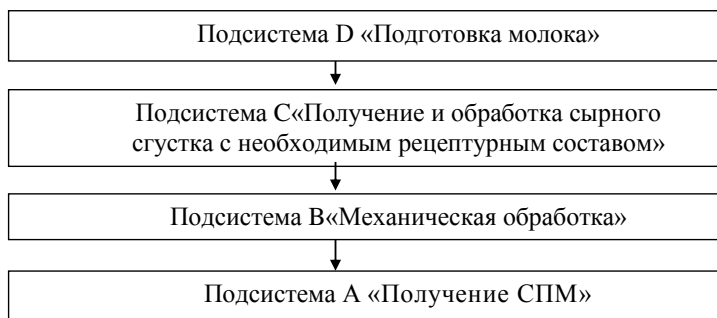


Рис. 8.1. Технологическая система производства ТПМ

Как показывает рис. 8.1, подсистема А «Получение ТПМ» конечна. Она образуется в результате последовательного действия подсистем Д «Подготовка молока», С «Получение и обработка творожного сгустка с необходимым рецептурным составом» и В «Механическая обработка». Порядок соединения подсистем в технологическую систему разработан с целью наиболее полного сохранения пищевой и биологической ценности конечного продукта, получения не-

обходимых качеств при полной безвредности ТПМ. Каждая подсистема состоит из операций и имеет определенную цель функционирования (табл. 8.1).

Для достижения цели функционирования подсистемы D к сухому обезжиренному молоку добавляют воду питьевую и восстанавливают его при температуре 32...36 °С в течение 1...3 ч. Восстановленное молоко пастеризуют при температуре 70 ... 72 °С в течение 20...25 с. Молоко эмульгируют с маслом при температуре 32 ... 36 °С в течение 2...3 мин и числа оборотов $25 \pm 1 \text{ с}^{-1}$.

Подсистема С детализирована до таксонов С₁, С₂, функционирование которых направлено, соответственно, на непосредственное получение и обработку творожного сгустка и подготовку растительных добавок и соли. В рамках подсистемы С в молоко вносят бактериальную закваску, сычужный фермент, хлористый кальций. Свертывание проводят при температуре 32 ... 36 °С в течение 25 ... 35 мин. Обработку сгустка начинают с верхнего слоя. Сгусток нарезают на зерна размером 4 ... 5 мм. После разрезания сгустка необходимо выдержать его в покое в течение 5 мин и осторожно перемешать зерно в сыворотке 10...15 мин.

Второе нагревание состоит из последовательных стадий, которые проводят со скоростью не более 1...2 °С в минуту при интенсивном вымешивании. 1 стадия - нагрев проводят при температуре 38 ... 42 °С в течение 10...15 мин.; 2 стадия - к творожной массе добавляют подготовленные концентрат ядра арахиса, муку кукурузная, соль. В рамках данной подсистемы, с целью получения ТПМ более длительного хранения, когда имеет место созревание продукта, в сырную массу добавляют консервант - сорбат калия (в виде водного раствора), который снижает риск микробиологического загрязнения продукта вследствие введения концентрата ядра арахиса. Сорбат калия растворяют в воде при температуре 20...25 °С и вводят в творожную массу.

Творожную массу интенсивно перемешивают и выдерживают при температуре 55 °С в течение 15 мин; исследованиями по моделированию процесса гидротермической обработки подтверждено, что при введении растительных добавок к творожной массе при температуре 55 °С и выдержкой в течение 15 мин наблюдается положительное влияние на состояние воды в полученной системе, что, предотвращая производственные потери, имеет непосредственное положительное влияние на выход готового творожного продукта. Растительные добавки, вводимые в пределах подсистемы С в установленной концентрации имеют ряд весомых свойств, реализуемых в рамках подсистем В и А (табл. 8.2).

Таблица 8.1. Структура технологической системы производства ТПМ

Подсистема	Операция	Цель функционирования подсистемы
1	2	3
D «Подготовка молока к изготовлению творожного сгустка»	Восстановление	Регулирование пищевой и биологической ценности ТПМ, обеспечение растворимости и контроль микробиологического процесса
	Пастеризация	
	Эмульгирование	

Продолжение табл. 8.1

1	2	3
С «Получение и обработка творожного сгустка с необходимым рецептурным составом»	Свертывание	Образование творожного сгустка и добавление растительных компонентов, соли; обоснование влияния температуры на формирование необходимых структурно-механических характеристик творожного продукта; регулирование состояния влаги в ТПМ; удаление сыворотки
	Разрезание и постановка зерна	
	Тепловая обработка	
	Перемешивание	
	Выдержка	
	Подготовка добавок	
В «Механическая обработка»	Формирование	Придание необходимой конечной формы и влажности ТПМ
	Прессование	
А «Получение творожного продукта мягкого»	А ₁ – реализация; А ₂ – дозревание, хранение, реализация; А ₃ – дозревание, замораживание, хранение, реализация	Получение ТПМ с заданными физико-химическими, структурно-механическими, вкусоароматическими, текстурными и микробиологическими характеристиками (с возможностью длительного хранения) в результате реализации функционально-технологических свойств компонентов и протекания комплекса микробиологических, биохимических и физико-химических процессов

Таблица 8.2. Основные качественные свойства растительных добавок в технологии ТПМ

Компонент	Свойство, которое реализуется в пределах технологической системы
Концентрат ядра арахиса	Повышение биологической ценности, регулирования структурно-механических свойств и текстурности, органолептических характеристик. Фактор риска микробиологических показателей
Мука кукурузная	Регулирование влагоудерживающей способности, поверхностных явлений, структурно-механических показателей и текстурности (выступает в качестве стабилизатора системы), влияние на органолептические свойства - цвет, консистенцию. Ослабляет изменения, связанные с термической обработкой

Подсистема В предусматривает следующие операции. Продукт творожный мягкий формируют в виде брусков, цилиндров, сфер и других форм и прессуют при нагрузке 2 ... 3 кг/см² в течение 1 ... 3 ч до достижения продуктом массовой доли влаги 55,3±2,7%.

Подсистема А предусматривает неотложную реализацию продукта (таксон А₁ - срок реализации продукта не должен превышать 36 часов при температуре 12±2 °С), созревание с последующим непродолжительным хранением (А₂) или созревание с последующим замораживанием и хранением, если предпола-

гается долгосрочное хранение продукта (А₃). Созревание, по результатам ряда исследований, происходит в течение 12 ... 18 суток при температуре 8 ± 2 °С и относительной влажности воздуха $80 \pm 2\%$. После окончания срока созревания ТПМ имеет творожный, слегка кисловатый, свойственный рецептурным компонентам вкус и запах; однородную, нежную, слегка хрупкую или ломкую, умеренно плотную консистенцию; цвет - светло-желтый, равномерный. Тесто без ячеек, но допускаются единичные глазки, иногда неправильной формы. Установлен срок годности ТПМ - 14 суток с даты окончания созревания. Замороженный ТПМ сохраняют 6 месяцев при температуре -18 °С.

Разработанный ТПМ является самостоятельным продуктом, а также может быть использован для производства ряда блюд и кулинарных изделий; предназначен для реализации в торговой сети и использования в предприятиях ресторанного хозяйства и пищевой промышленности. Вследствие функционирования иерархической технологической системы производства ТПМ и учитывая результаты, которые были получены с помощью физических, физико-химических методов анализа, оптимизации методами математического моделирования и принимая во внимание органолептические свойства, разработана рецептура ТПМ (табл. 8.3), которая отражена в технических условиях «продукт творожный мягкий на основе сухого обезжиренного молока с использованием концентрата ядра арахиса и муки кукурузной» и в технологической инструкции. Далее представлены результаты исследований рационального образца ТПМ, произведенного по указанной рецептуре.

Таблица 8.3. Сводная рецептура ТПМ на 1000 кг творожной смеси

№ п/п	Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на 1000 кг смеси, кг	
			в натуре	в сухих веществах
1	Сухое обезжиренное молоко	95,3	95,0	90,5
2	Концентрат ядра арахиса	92,3	2,6	2,4
3	Мука кукурузная	88,9	2,7	2,4
4	Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	99,9	14,6	14,6
5	Бактериальная закваска	95,0	0,04	0,038
6	Сычужный фермент	95,0	0,01	0,0095
7	Хлористый кальций	95,0	0,6	0,57
8	Соль поваренная	97,0	2,0	1,94
9	Вода питьевая	0,0	900,0	0,0
10	Сорбат калия*	95,0	0,16	0,15
	Всего	—	1017,71	112,61
	Выход	—	1000,0	110,65

Обобщение результатов экспериментальных исследований позволило на данном этапе, по элементам подсистемы, разработать технологическую схему производства ТПМ (рис. 8.2).

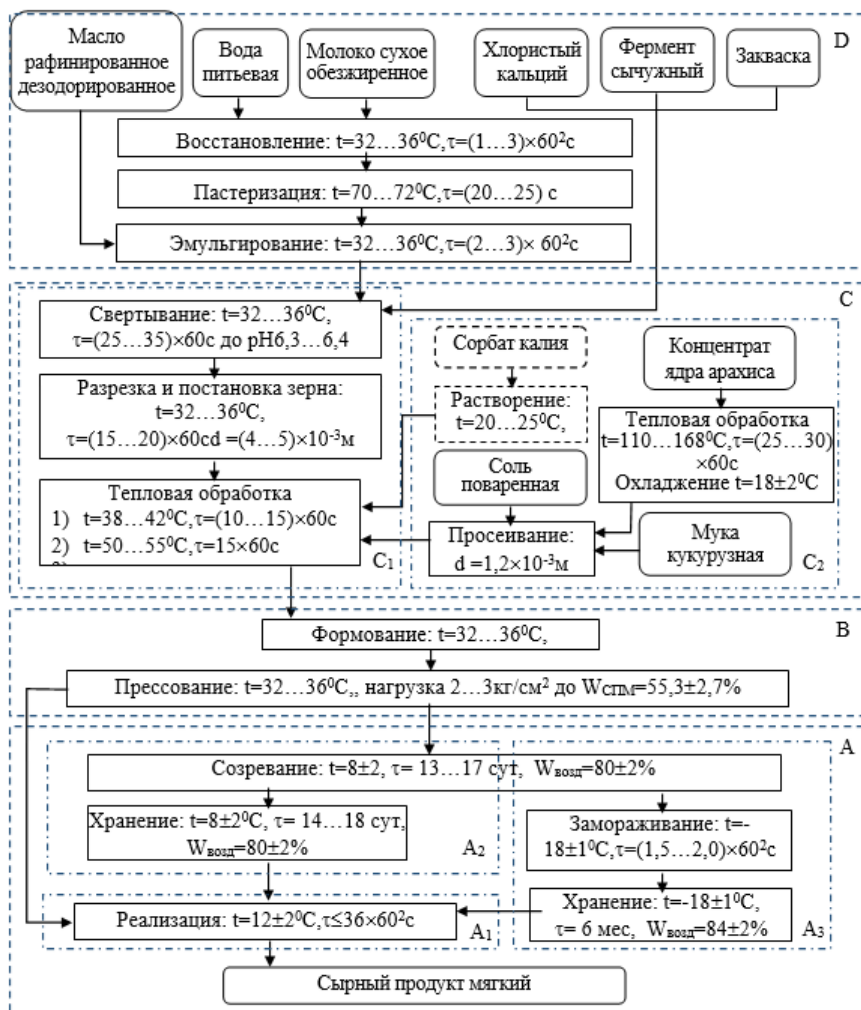


Рис.8.2 Технологическая схема производства творожного продукта мягкого на основе сухого обезжиренного молока с концентратом ядра арахиса и мукой кукурузной.

8.2. Определение химического состава творожного продукта мягкого

В связи с растущей необходимостью производства комбинированных творожных продуктов, обогащенных различными растительными добавками возникает задача глубокого изучения состава и свойств новых сырных продуктов с учетом изменения совокупных показателей качества. Качество пищевых продуктов определяется, прежде всего, их соответствием по своему составу потребностям организма в пищевых веществах. Параллельно с этим важным аспектом создания новых продуктов является обеспечение максимального использования их биологической ценности для организма, а также безвредности, в частности предупреждения образования токсичных соединений, развития чрезмерного количества нежелательных микроорганизмов на всех этапах технологического процесса. Сведения о химическом составе разработанного творожного продукта дают возможность обосновать его пищевую и биологическую ценность в результате определения содержания основных питательных веществ - белков, жиров, витаминов, минеральных веществ. Общий химический состав ТПМ представлен в табл. 8.4.

Таблица 8.4. Химический состав ТПМ

Показатель	Массовая доля, %	
	на общую массу	на сухую массу
Влага	55,3±2,7	–
Белок	29,1±1,4	65,1
Жир	12,0±0,6	26,8
Зола	3,59±0,1	8,0

Данные табл. 8.4 указывают на низкое содержание жира и высокое содержание белка в ТПМ (около 29%) по отношению к другим сырам данной группы, в которых белок колеблется в пределах 14 ... 22% [3]. Высокое содержание белка в ТПМ обусловлено набором его рецептурных компонентов; при этом основным критерием определения пищевой и биологической ценности продукта является количество и соотношение аминокислот в результате комбинирования животного и растительного сырья. Важным фактором является поступление в организм человека незаменимых аминокислот. Учитывая направленность исследований на повышение биологической ценности продукта, дана характеристика аминокислотного состава рецептурных компонентов (табл. 8.5). Из табл. 8.5 видно, что источником полноценных белков является молочное сырье; содержание незаменимых аминокислот в муке кукурузной и ядре арахиса значительно ниже.

Таблица 8.5. Сравнительная характеристика аминокислотного состава сырья

Наименование	Сухое обезжиренное молоко	Мука кукурузная	Арахис ядро	Концентрат ядра арахиса
1	2	3	4	5
Вода, %	4,0	14,0	10,0	8,0
Белок, %	37,9	10,3	26,3	70,0

Продолжение табл. 8.5

1	2	3	4	5
Незаменимые аминокислоты, %:	14,24	3,50	7,91	25,35
валин	1,76	0,48	1,31	3,55
изолейцин	1,93	0,41	0,95	4,35
лейцин	3,56	1,25	1,86	5,00
лизин	2,26	0,30	1,00	3,40
метионин	0,81	0,20	0,30	1,15
треонин	1,69	0,32	0,78	2,40
триптофан	0,44	0,08	0,30	1,05
фенилаланин	1,79	0,46	1,41	4,45
Заменимые аминокислоты, %:	23,84	6,11	18,72	30,62
аланин	1,21	0,79	1,13	2,54
аргинин	0,97	0,47	3,13	4,05
аспарагиновая кислота	3,12	0,58	2,80	3,85
гистидин	0,76	0,26	0,66	1,95
глицин	0,77	0,35	1,60	2,74
глутаминовая кислота	7,97	1,78	5,30	7,02
пролин	4,34	0,85	1,26	2,32
серин	2,32	0,48	1,39	2,55
тирозин	2,08	0,38	1,10	2,20
цистин	0,30	0,17	0,35	1,40
Общее количество аминокислот, %	38,08	9,61	26,63	55,97
Лимитирующая аминокислота, %	Метионин+ цистин - 85	Лизин - 53 Треонин - 78	Лизин - 68 Треонин - 74	Лизин - 80 Треонин - 86

Однако содержание белка в концентрате ядра арахиса почти в три раза превышает количество белка в ядре арахиса и примерно в два раза больше, чем содержание белка в сухом обезжиренном молоке; по количеству незаменимых аминокислот концентрат превышает ядро примерно втрое, а молочное сырье - вдвое. Прежде всего, в концентрате отмечено высокое количество лейцина, изолейцина, фенилаланина. Сравнительно низкое количество аминокислот в кукурузной муке компенсируется значительным их количеством в концентрате при комбинировании сырья в продукте, что отражено в табл. 8.6.

Таблица 8.6. Сравнительная характеристика аминокислотного состава контрольного и разработанного образцов творожного продукта мягкого

Аминокислота	Творожный продукт мягкий	
	Контрольный (без добавок)	Разработанный
Белок, %	25,5	29,1
<i>Незаменимые аминокислоты, %:</i>	9,12	10,54
валин	1,18	1,35
изолейцин	1,16	1,35
лейцин	2,32	2,66
лизин	1,41	1,64
метионин	0,50	0,59
треонин	1,07	1,24
триптофан	0,27	0,33
фенилаланин	1,20	1,38
<i>Заменимые аминокислоты, %:</i>	15,92	16,41
аланин	0,81	0,97
аргинин	0,65	0,69
аспарагиновая кислота	2,1	2,42
гистидин	0,51	0,41
глицин	0,52	0,80
глутаминовая кислота	5,36	5,65
пролин	2,92	2,00
серин	1,56	1,74
тирозин	1,28	1,47
цистин	0,21	0,26
Общее количество аминокислот, %	25,03	26,96

Данные табл. 8.6 свидетельствуют, что содержание белка в разработанном образце ТПМ примерно на 14% выше, чем в контрольном, что влияет также на общее количество аминокислот. По свидетельствам авторов Б.Л. Смолянского, А.А. Покровского, В.И. Смоляр [166], к числу наиболее важных и дефицитных аминокислот относятся лизин, триптофан и метионин. Высоким содержанием этих аминокислот отличается КЯА (табл. 3.5), поэтому по сравнению с контролем, содержание лизина, триптофана и метионина выше в разработанном образце ТПМ.

Исследование содержания жирных кислот (табл. 8.7) указывает на незначительно повышенное их содержание в разработанном образце ТПМ относительно контрольного.

Таблица 8.7. Результаты исследований жирнокислотного состава образцов ТПМ

Жирна кислота		Содеожание, %	
наименование	индекс	Контрольный (без добавок)	Разработанный
<i>Насыщенные:</i>		1,96	2,082
пальмитиновая	C _{16:0}	1,22	1,3
стеариновая	C _{18:0}	0,7	0,722
арахиновая	C _{20:0}	0,04	0,06
<i>Ненасыщенные:</i>		12,42	13,002
пальмитолеиновая	C _{16:1}	0,019	0,042
олеиновая	C _{18:1}	3,65	3,92
линолевая	C _{18:2}	8,75	9,04
Всего		14,38	15,084

Определение витаминного состава (табл. 8.8) показывает, что использование растительных компонентов в технологии СМП способствует незначительному изменению содержания витаминов, в частности повышению ниацина.

Содержание минеральных веществ (табл. 8.9) при использовании растительных компонентов меняется незначительно; стоит отметить уменьшение содержания кальция и повышение содержания железа и калия.

Результаты токсикологических исследований ТПМ, которые приведены в табл. 8.10 показали, что содержание токсичных элементов в опытном образце ТПМ не превышает установленных норм.

Таблица 8.8. Результаты исследований витаминного состава образцов ТПМ

Витамин	Содеожание, мг/100 г	
	Контрольный (без добавок)	Разработанный
Витамин А (ретинол)	0,01	0,01
Витамин Е (токоферол)	9,78	9,85
Витамин С	4,0	3,95
Витамин РР (ниацин)	1,20	1,68
Витамин В ₂ (рибофлавин)	1,80	1,72
Витамин В ₁ (тиамин)	0,30	0,324

Таблица 8.9. Результаты исследования минерального состава образцов ТПМ

Показатель	Содержание, мг/100 г	
	Контрольный (без добавок)	Разработанный
Na	990	983
K	165	173
Ca	1025	946
Mg	160	164,2
P	490	494
Fe	0,15	0,17

Таблица 8.10. Результаты токсикологических исследований разработанного образца ТПМ

Название токсичного элемента	Допустимый уровень, мг/кг, не больше	Фактическое содержание, мг/кг
Свинец	0,3	0,3
Кадмий	0,2	0,05
Мышьяк	0,2	<0,10
Ртуть	0,02	<0,01
Медь	4,0	0,1
Цинк	50,0	10,0

8.3. Исследование белкового состава творожного продукта мягкого

С целью определения влияния белков КЯА, БК на свойства ТПМ исследован белковый состав разработанного и контрольного образцов ТПМ. Изменения интенсивности полос белков в образцах показано на электрофореграммах (рис. 8.3); относительное содержание фракций белков указано в табл. 8.11.

Результаты исследования белкового состава предложенных образцов позволили выявить следующее. Вероятно, пептиды А и В - именно молочные белки и относятся к сывороточным белкам молока. Ведь, по результатам исследования фракционного состава белков продукта пептиды А и В имеются в обоих образцах в разных количествах тем самым исключая присутствие растительных фракций. Причем, пептид В характеризуется молекулярной массой примерно 67 кДа, что указывает на сходство по молекулярной массе с альбумином сыворотки крови (68 ... 69 кДа). Уменьшение в разработанном образце высокомолекулярных фракций пептидов А и В повышает подвижность воды в системе; результаты экспериментальных исследований ТПМ не противоречат основным положениям выводов ведущих специалистов [4;5].

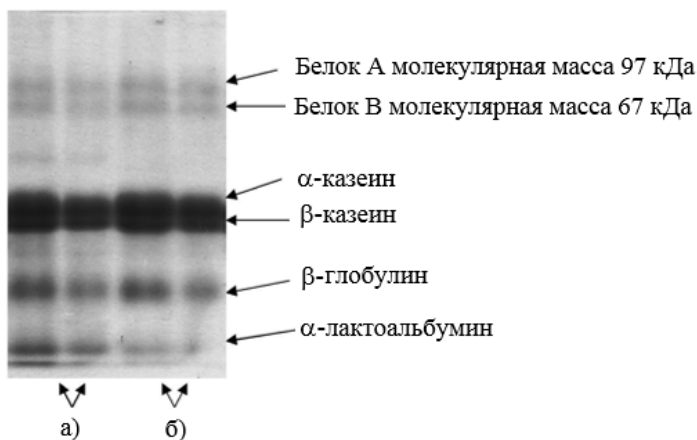


Рис. 8.3 Электрофорез белков ТПМ: а) разработанный; б) контроль (без добавок)

Таблица 8.11. Фракционный состав белков творожного продукта мягкого. %

Образцы	Полосы							
	Пептид		Х 1	α-казеин	β-казеин	Х 2	β-лактоглобулин	α-лактоальбумин
	А	В						
Контрольный образец, %	4.997	4.436	0	47.470	24.206	0	15.608	3.283
Разработанный образец, %	3,956	2.150	1,638	41.109	21.622	4,578	16.128	8.820
Молекулярная масса, кДа	97	67	45	26...30	24	25	18	14...15

Относительно контрольного образца в разработанном образце отмечается увеличение содержания фракций водорастворимого белка (β-лактоглобулина и в большей степени термостойкого α-лактальбумин), что указывает на увеличение содержания сывороточных белков. Молекулярная масса β-лактоглобулина и α-лактальбумина невысокая (соответственно, около 18 и 15 кДа), что, в свою очередь, способствует высокой способности к растворению. Итак, растительные компоненты рационального образца способствуют «экранированию» сывороточных белков от действия тепловой денатурации и способствуют снижению их комплексообразования с казеином. Повышенное содержание α-лактальбумина, который отличается от β-лактоглобулина тем, что не имеет в структуре свободных тиоловых групп, может служить начальной точкой для ковалентной агрегации в разработанном образце ТПМ.

В ходе исследования белкового состава ТПМ обнаружены фракции, характерные только для разработанного образца продукта – растительные белки - Х 1 и Х 2 Их относительно высокая молекулярная масса обуславливает снижение интенсивности к взаимодействию с водой. В результате исследований было обнаружено, что молекулярная масса белка Х 1 примерно 45 кДа, что может

указывать на зеин - спирторастворимый белок кукурузы - молекулярная масса которого составляет около 40 кДа, а содержание в продукте - 1,638%. Молекулярная масса белка X 2 соответствует около 25 кДа.

Увеличение содержания белка в области α -лактальбумина в разработанном образце свидетельствует о наличии пептида из растительной добавки похожей молекулярной массы (14 ... 16 кДа), что указывает на присутствие белков арахиса (4,578%), которые, как известно, на 97% состоят из нерастворимых в воде глобулинов [6;7; 8; 9].

Обобщая результаты исследований белкового состава ТПМ обнаружено, что присутствие растительных компонентов обуславливает уменьшение содержания гидрофобных высокомолекулярных фракций казеина и, параллельно с этим, повышение содержания водорастворимых сывороточных белков с низкой молекулярной массой, что способствует повышению способности влаги к передвижению в системе и образованию в разработанном образце химических взаимодействий. Разработанный образец имеет меньшее содержание высокомолекулярных пептидов; это может увеличивать способность к взаимодействию фракций системы с водой. Наличие растительных компонентов обуславливает присутствие относительно высокомолекулярных нерастворимых в воде белковых фракций X1 и X2 (зеин кукурузы и глобулины арахиса), способствующие снижению подвижности воды и интенсивности белкового взаимодействия в разработанном образце.

8.4. Изучение биологической ценности творожного продукта мягкого

Биологическая ценность белков определяется сбалансированностью аминокислотного состава, атакуемостью ферментами пищеварительного тракта, усвояемостью, использованием организмом для пластичных целей [10].

8.4.1. Определение аминокислотного скорра.

Биологическую ценность белков образцов ТПМхарактеризовали по расчетным показателям: аминокислотному скорру, коэффициенту утилизации белков, индексу качества и их биологической ценности (БЦ) - табл. 8.12. Установлено, что разработанный образец более близок, чем контрольный к аминокислотному составу «идеального белка», предложенному ФАО / ВОЗ. Лимитирующими аминокислотами в обоих образцах являются метионин, цистин и валин. Содержание серосодержащих аминокислот разработанного и контрольного образца составляет, соответственно на 17 и 20% меньше, чем в стандарте; содержание валина на 7% меньше в обоих образцах. Коэффициент утилизации, индекс качества белка и биологическая ценность белка опытного образца выше, чем контрольного.

Таблица 8.12. Сравнительная характеристика аминокислотного сора белков контрольного и разработанного образцов творожного продукта мягкого

Название аминокислоты	Шкала аминокислот ФАО/ВООЗ, мг/г	Контрольный (без добавок)		Разработанный	
		Содержание, мг/г	Скор, %	Содержание, мг/г	Скор, %
Изолейцин	40	45,5	114	46,3	116
Лейцин	70	90,8	130	91,5	131
Лизин	55	55,4	101	56,5	103
Метионин+ цистин	35	28,0	80	29	83
Фенилаланин+ тирозин	60	97,3	162	100,2	163
Треонин	40	41,9	105	42,6	106,5
Триптофан	10	10,7	107	11,3	113
Валин	50	46,4	93	46,3	93
К _{уб}	–	0,69		0,71	
БЦ, %	–	68,5		69,4	
И _{яб}	–	0,86		0,88	

8.4.2. Исследование переваривания белков в условия *in vitro*

Для определения биологической ценности ТПМ были проведены экспериментальные исследования переваривания белков ферментами желудочно-кишечного тракта в условиях *in vitro* с учетом рецептурного состава согласно методикам Покровского А.А. и Ертанова Е.Д. В табл. 8.13 представлены данные, полученные в результате определения атакуемости белков исследуемого и контрольного образцов ферментами пищеварительного тракта в системе «пепсин-трипсин».

Таблица 8.13. Результаты исследований ферментативной атакуемости пищеварительными ферментами *in vitro* белков контрольного и разработанного образцов творожного продукта мягкого

Образец	Содержание белка в образце, %	Количество растворимых продуктов гидролиза белка, мг тирозина на 1 г белка в продукте	
		Пепсинолиз	Пепсинолиз+ трипсинолиз
Разработанный	29,1	54,8	106,7
Контрольный (без добавок)	25,5	65,7	118

Из табл. 8.13 видно, что степень переваривания белков контрольного образца пепсином составляет 65,7 мг тирозина, разработанного образца - ниже на 16,6% - 54,8 мг тирозина. Дополнительное присутствие трипсина способствует повышению интенсивности накопления тирозина. При этом сохраняется характер атакуемости белков относительно содержания растительных ингредиентов: степень расщепления белков при совместном действии пепсина и трипсина высокая для контрольного образца - 118 мг тирозина, а для опытного составляет 106,7 мг тирозина. Итак, переваривание белков контрольного образца происхо-

дит интенсивнее по сравнению с образцом, который содержит растительные компоненты.

Таким образом, по результатам исследования биологической ценности установлено, что ТПМ, который содержит в своем составе растительные добавки (концентрат ядра арахиса и мука кукурузная) является источником полноценного белка, сбалансированного по аминокислотному составу. Установлено, что использование растительных добавок в технологии ТПМ сопровождается незначительным снижением доступности и повышением устойчивости белка к перевариванию пищеварительными ферментами в системе «пепсин-трипсин».

8.5. Исследование структурно-механических свойств творожного продукта мягкого

Структурно-механические показатели ТПМ определены с помощью модифицированных весов Каргина-Соголовой. На рис. 8.4-8.6 представлены зависимость относительной деформации сжатия образцов ТПМ с разным рецептурным составом от времени действия напряжения; их характеристики - соответственно, в табл. 8.14-8.16.

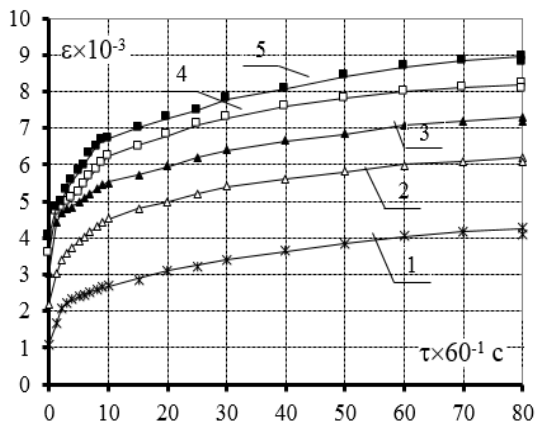


Рис. 8.4. Зависимость относительной деформации сжатия ТПМ с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса от времени действия напряжения: 1 - контроль (без добавок); 2 - 2,5%; 3 - 5%; 4 - 7,5%; 5 - 10%

При осуществлении исследований выявлено, что при напряжении сжатия около 1249,05 Па после (70 ... 80) $\times 60$ с действия нагрузки общая деформация образцов не меняется: нагрузка правильная. Приведенные результаты свидетельствуют, что минимальная общая деформация присуща образцу без добавок ($4,3 \cdot 10^{-3}$ м). С увеличением содержания КЯА ТПМ становится более текучим, а общая деформация равномерно увеличивается; видно, что образец с 10% -ной заменой СОМ на КЯА имеет максимальную общую деформацию - $8,85 \cdot 10^{-3}$ м.

Таблица 8.14. Структурно-механические характеристики ТПМ с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса

Наименование показателя		Замена, %				
		Контроль	2,5	5,0	7,5	10,0
$E_{обр}$	Обратимая деформация, $m \times 10^{-3}$	3,01	5,04	6,00	7,04	7,71
$E_{н.обр}$	Необратимая деформация, $m \times 10^{-3}$	1.30	1.20	1.34	1.20	1.14
$E_{общ}$	Общая деформация, $m \times 10^{-3}$	4.3	6.24	7.35	8.24	8.85
σ	Напряжение, Па	1249,05	1249.05	1249.05	1249.05	1249.05
Γ	Податливость, Pa^{-1}	$3.45 \cdot 10^{-6}$	$5.0 \cdot 10^{-6}$	$5.88 \cdot 10^{-6}$	$6.6 \cdot 10^{-6}$	$7.08 \cdot 10^{-6}$
$E_{упр}$	Условно-мгновенный модуль упругости, Па	$99.45 \cdot 10^{-4}$	$51,02 \cdot 10^{-4}$	$35.44 \cdot 10^{-4}$	$31.25 \cdot 10^{-4}$	$27.62 \cdot 10^{-4}$
$E_{эл}$	Высокоэластичный модуль (Па)	$71.29 \cdot 10^{-4}$	$48.18 \cdot 10^{-4}$	$50.36 \cdot 10^{-4}$	$41.03 \cdot 10^{-4}$	$39,17 \cdot 10^{-4}$
η_0	Пластичная вязкость, $Pa \cdot c$	$46.26 \cdot 10^{-8}$	$50.02 \cdot 10^{-8}$	$44.6 \cdot 10^{-8}$	$49,96 \cdot 10^{-8}$	$52.77 \cdot 10^{-8}$
K	Отношение деформ. обр. кобщ.	0.70	0.81	0.82	0.85	0.87
$\eta_{упр}$	Вязкость упругого последствия, $Pa \cdot c$	$24,33 \cdot 10^{-7}$	$20.14 \cdot 10^{-7}$	$18,36 \cdot 10^{-7}$	$22,57 \cdot 10^{-7}$	$29.04 \cdot 10^{-7}$
$U_{пр}$	Относительная упругость, %	29.18	39.23	47.%	48.50	51.13
Pl	Относительная пластичность, %	30.11	19,23	18,29	14,56	12.84
Δl	Относительная эластичность, %	40.71	41.54	33.75	36.94	36.03
θ	Период релаксации, с	$1,11 \cdot 10^{-4}$	$2.02 \cdot 10^{-4}$	$2.14 \cdot 10^{-4}$	$2,82 \cdot 10^{-4}$	$3.25 \cdot 10^{-4}$

С повышением замены СОМ повышается податливость, что составляет $3,45 \cdot 10^{-6} Pa^{-1}$ для контрольного образца и в интервале ($5,0 \cdot 10^{-6} \dots 7,08 \cdot 10^{-6}$) Pa^{-1} для образцов с заменой от 2,5 до 10%. С повышением замены от 0 до 10% равномерно снижаются условно мгновенный модуль упругости и высокоэластичный модуль: соответственно, в интервале ($99,45 \dots 27,62$) $\cdot 10^4 Pa$ и ($71,29 \dots 39,17$) $\cdot 10^4 Pa$. Варьирование концентрацией КЯА не ведет к получению четкого характера изменения пластической вязкости. Увеличение замены СОМ на КЯА приводит к повышению упругих свойств: упругость контрольного образца маленькая и составляет около 29,18%; в интервале замены 2,5...10% упругость увеличивается от 39,23 до 51,13%. Видно, что контрольный образец более пластичный (30,11%), чем образцы с заменой от 2,5 до 10%, где пластичность снижается от 19,23 до 12,84%. Указанный рецептурный состав не имеет определенного влияния на эластичность указанных образцов. Время релаксации повышается с увеличением указанной замены: относительно контроля интервал изменения составляет ($1,11 \dots 3,25$) $\cdot 10^4 c$.

Итак, ТПМ с повышением замены СОМ на КЯА от 2,5 до 10% меняет структурно-механические показатели: увеличивается общая деформация, податливость, упругость и время релаксации; уменьшается условно мгновенный модуль упругости, высокоэластичный модуль и пластичность; повышение содержания КЯА имеет непропорциональный характер влияния на другие структурно-механические показатели ТПМ.

Анализ изменения структурно-механических показателей ТПМ, содержащего муку показал, что эти образцы менее текучие, чем соответствующие образцы с КЯА. Замена СОМ на муку оказывает аналогичное концентрату влияние на изменение указанных реологических показателей. Аналогичное пове-

дение наблюдается и в отношении контрольного образца. При замене 2,5...10% общая деформация повышается в интервале $(4,8...8,28) \cdot 10^{-3}$, а податливость - от $3,89 \cdot 10^{-6}$ до $6,62 \cdot 10^{-6} \text{ Па}^{-1}$. Незначительные изменения по сравнению с концентратом в интервале указанной замены имеют условно мгновенный модуль упругости и высокоэластичный модуль: указанные показатели снижаются соответственно от $99,45 \cdot 10^4$ до $46,02 \cdot 10^4 \text{ Па}$ и от $71,29 \cdot 10^4$ до $34,85 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

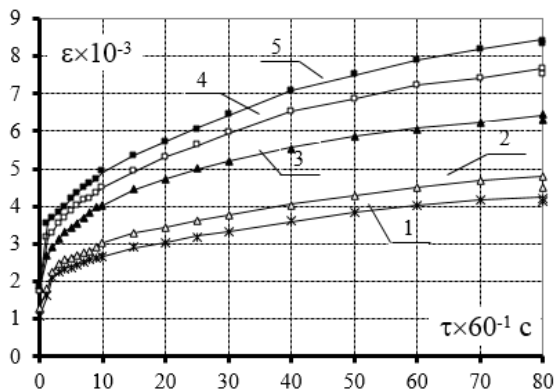


Рис. 8.5. Зависимость относительной деформации сжатия ТПМ с заменой СОМ на муку кукурузную от времени действия напряжения: 1 - контроль (без добавок); 2 - 2,5%; 3 - 5%; 4 - 7,5%; 5 - 10%

В интервале замены СОМ на МК 2,5 ... 10% упругость повышается от 29,18 до 32,75%, пластичность при этом снижается (от 29,49 до 23,96%); эластичность не зависит от содержания МК в продукте. Время релаксации при этой замене увеличивается от $1,15 \cdot 10^4$ к $1,52 \cdot 10^4$ с. С заменой СОМ на МК, как и в исследованиях с КЯА, повышается общая деформация, податливость, упругость, время релаксации; уменьшается условно мгновенный модуль упругости, высокоэластичный модуль и пластичность; другие структурно-механические показатели имеют нечеткий характер изменения. Совокупное влияние растительных компонентов графически представлены далее.

По характеру ползучести и изменению ряда структурно-механических показателей образец с заменой СОМ 5% с соотношением растительных компонентов друг к другу 1:1 занимает промежуточное положение между образцами только с одним компонентом. По результатам исследований структурно-механических показателей ТПМ выявлено существенное влияние рецептурного состава на консистенцию. Стоит отметить, что повышение замены СОМ на растительные компоненты способствует текучести структуры, вероятно, вследствие ослабления межмолекулярного действия молочного белка. Снижение условно мгновенного модуля упругости с увеличением замены СОМ на КЯА ведет, как обнаружено, к появлению маркой, слоистой консистенции, а с увели-

чением замены на МК консистенция становится слишком мягкой, неоднородной, местами рассыпчатой.

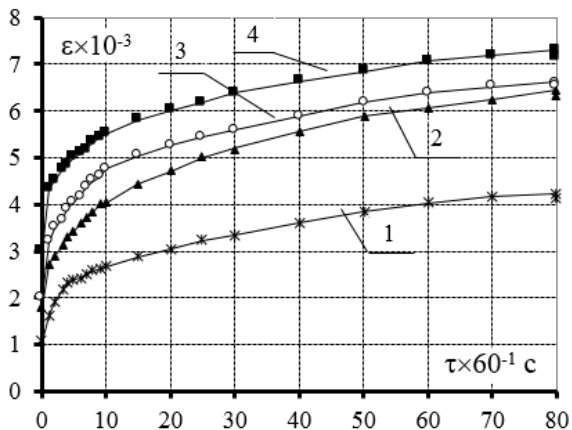


Рис. 8.6. Зависимость относительной деформации сжатия ТПМ от времени действия напряжения: 1 - контроль (без добавок); 2 - с заменой СОМ на 5% муки кукурузной; 3 - с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 - с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса

Учитывая существенную зависимость реологических свойств от температуры, обоснование влияния термической обработки и исследования форм связи и состояния влаги ТПМ стали предметом последующих исследований.

Таблица 8.15. Структурно-механические характеристики ТПМ с различным содержанием растительных компонентов с общей заменой 5% СОМ

Наименования показателя		Контроль	МК	КЯА:БК (1:1)	КЯА
$\epsilon_{обр}$	Обратимая деформация, $m \times 10^{-5}$	3.01	4.69	5.27	6.00
$\epsilon_{н.обр}$	Необратимая деформация, $m \times 10^{-5}$	1,30	1.86	1.41	1.34
$\epsilon_{общ}$	Общая деформация, $m \times 10^{-5}$	4,30	6.55	6,68	7,35
σ	Напряжение, Па	1249,05	1249.05	1249.05	1249.05
Γ	Податливость, Pa^{-1}	$3.45 \cdot 10^{-6}$	$5.24 \cdot 10^{-6}$	$5.35 \cdot 10^{-6}$	$5.88 \cdot 10^{-6}$
$E_{упр}$	Условно-мгновенный модуль упругости, Па	$99.45 \cdot 10^{-4}$	$63.59 \cdot 10^{-4}$	$51.61 \cdot 10^{-4}$	$35.44 \cdot 10^{-4}$
$E_{эл}$	Высокоэластичный модуль (Па)	$71.29 \cdot 10^{-4}$	$45.78 \cdot 10^{-4}$	$43.79 \cdot 10^{-4}$	$50.36 \cdot 10^{-4}$
η_0	Пластичная вязкость, $Pa \cdot s$	$46,2610^{-8}$	$32,3010^{-8}$	$42,5810^{-8}$	$44,6110^{-8}$
K	Отношение деформ. обр. коэф.	0.70	0.72	0.79	0.82
$\eta_{упр}$	Вязкость упругого последствия, $Pa \cdot s$	$24.33 \cdot 10^{-7}$	$19.51 \cdot 10^{-7}$	$18.74 \cdot 10^{-7}$	$18.36 \cdot 10^{-7}$
$U_{пр}$	Относительная упругость, %	29.18	29.99	36.23	47.%
Pl	Относительная пластичность, %	30.11	28.34	21.08	18.29
Δl	Относительная эластичность, %	40.71	41.66	42.69	33.75
θ	Период релаксации, с	$1.11 \cdot 10^{-4}$	$1.21 \cdot 10^{-4}$	$1.81 \cdot 10^{-4}$	$2.14 \cdot 10^{-4}$

8.6. Изучение влияния термической обработки на технологические свойства творожного продукта мягкого

ТПМ может быть рецептурным компонентом ряда блюд и кулинарных изделий, подлежащих высокотемпературной обработке: выпеканию, жарке; также продукт может подвергаться воздействию низких температур. Под влиянием высокотемпературной обработки в ТПМ происходят изменения функциональных и технологических свойств и питательных веществ, которые способствуют снижению биологической ценности. Практический интерес представляет изучение влияния высокой температуры на термостойкость и температуру плавления ТПМ относительно его рецептурного состава, поскольку их изменения зависят прежде всего от природы компонентов и образованных химических связей.

8.6.1. Изменение термостойкости

Под термостойкостью творожного продукта понимается сохранение его исходных коллоидных свойств при воздействии высокой температуры. Итак, термостойкость является одной из главных технологических свойств ТПМ, которая определяет параметры тепловой обработки и режимы хранения. Количественно термостойкость характеризуется максимальной температурой, при которой продукт химически не изменяется (или изменяется в допустимых пределах) [11;12;13]. Чем выше термостойкость ТПМ, тем меньше изменяются его свойства [14].

Термостойкость молочных белков зависит в основном от их состояния и солевого баланса, который влияет на прочность пространственного каркаса. Известно, что важную роль в термостойкости творога играют изменения в составе казеинового комплекса, степень дисперсности мицелл казеина и количество в них бета + каппа фракций. Термостойкость влияет также на сенсорные ощущения текстурных характеристик готового продукта [15]. Известно, что образование белкового геля при тепловой коагуляции молока происходит за счет соединения мицелл казеина в цепочки или после повреждения их поверхности, или с помощью сывороточных белков (β -лактоглобулин). Также гель может образовываться из ассоциатов сывороточных белков, а мицеллы казеина распределяются в его структуре [14]. Основными факторами устойчивости мицелл казеина является величина поверхностного заряда и степень гидратации частиц. Поэтому факторы, уменьшающие отрицательный заряд мицелл казеина и толщину гидратной оболочки, будут снижать термостойкость казеина. Основным фактором термостойкости казеина является солевой состав молока, то есть соотношение солей кальция и магния, с одной стороны, и фосфатов и цитратов с другой. В настоящее время считают, что термостойкость казеина в основном зависит от содержания в молоке ионов кальция [14; 15; 16; 17]. В молоке казеин содержится в виде казеината кальция, соединенного с коллоидным фосфатом кальция - в виде так называемого казеинаткальцийфосфатного комплекса (ККФК). Известно, что ККФК устойчив к воздействию высоких температур

только при определенном содержании кальция. В процессе нагревания кальций оседает на поверхности мицелл и затем в форме Ca^{2+} или коллоидного фосфата кальция, агрегирует казеиновые частицы. При увеличении количества ионов кальция в плазме молока происходит их присоединение к казеинаткальцийфосфатному комплексу. В результате уменьшается отрицательный заряд мицелл казеина, они соединяются в крупные агрегаты, которые коагулируют при нагревании [16;17]. Термостойкость ТПМ в определенной степени зависит от размера мицелл казеина: чем они мельче, тем более термостойкое молоко, и наоборот. Это объясняется различным содержанием в мицелле γ -казеина и коллоидного фосфата кальция. В результате структурных изменений, вызванных денатурацией, в молекулах белка освобождаются ранее «скрытые» функциональные группы: SH-группы цистеина, ϵ -аминогруппы лизина, гидроксильные группы серина и др. При повышении температуры тепловой обработки денатурированный β -лактоглобулин кроме агрегации образует комплексы с α -лактальбумином и с γ -казеином мицелл казеина. Образование комплекса β -лактоглобулин- γ -казеин снижает термостойкость казеина. Тепловая обработка также улучшает синергетические свойства продукта и интенсивность отделения сыворотки [4; 16;17; 18; 19; 20; 21...23].

Сывороточные белки являются наиболее термолабильной частью белков молока. Сначала происходит их денатурация, то есть конформационные изменения белковых молекул с нарушением третичной и вторичной структур; дальше наступает агрегация денатурированных частиц, например, за счет взаимодействия SH-групп. Денатурация большинства сывороточных белков молока начинается при сравнительно низких температурах нагрева - в интервале 62 ... 78 °С. Из сывороточных белков наиболее термолабильными являются иммуноглобулины и сывороточный альбумин. β -лактоглобулин и α -лактальбумин относятся к более термостабильным белкам: денатурация β -лактоглобулина происходит при нагревании продукта до 78 °С, а α -лактальбумина - при 62 °С и выше [14;16;17].

Тепловая денатурация β -лактоглобулина протекает по общепринятой схеме: разворачивание белковых молекул - агрегация денатурированного белка. Тепловая денатурация β -лактоглобулина представляет собой четырехстадийный процесс. На первой стадии при повышении температуры продукта до 40 °С и выше происходит диссоциация димера β -лактоглобулина на два мономера. Дальнейшее повышение температуры (до 70 °С и выше) на второй стадии сопровождается конформационными изменениями мономеров β -лактоглобулина. Третья стадия процесса тепловой денатурации β -лактоглобулина при температуре выше 75 °С характеризуется образованием с помощью S-S-связей агрегатов белка небольшого размера. В течение четвертой стадии из небольших агрегатов образуются сравнительно крупные агрегаты. После нагревания при температуре 70...80 °С небольшая часть денатурированных молекул β -лактоглобулина сможет восстановить свою нативную структуру.

Казеин имеет высокую термостабильность, которая объясняется специфической структурой белка (большое содержание пролина, отсутствие свободных сульфгидрильных групп и др.). При денатурации казеина могут происхо-

дить гидролиз пептидных связей, дегидратация казеина, его комплексообразование с денатурированными сывороточными белками, лактозой и др. В результате этих процессов может происходить дезинтеграция казеиновых мицелл или увеличение их размера. Тепловая обработка при высоких температурах меняет состав и структуру казеинаткальцийфосфатного комплекса. От него отщепляются защитные гликомакропептиды, органический фосфор и кальций; на поверхности мицелл казеина осаждаются денатурированный β -лактоглобулин, коллоидный фосфат кальция и др. Эти изменения вызывают как дезагрегацию, так и агрегацию мицелл казеина [14; 16; 17; 19; 24; 25; 26; 27]. Зависимость времени термостойкости ТПМ от температуры с учетом замены СОМ на КЯА и МК от 2,5 до 10%, приведен на рис. 8.7 и 8.8; зависимость времени термостойкости образцов ТПМ от температуры ($\tau = \int (t)$) имеет обратную зависимость.

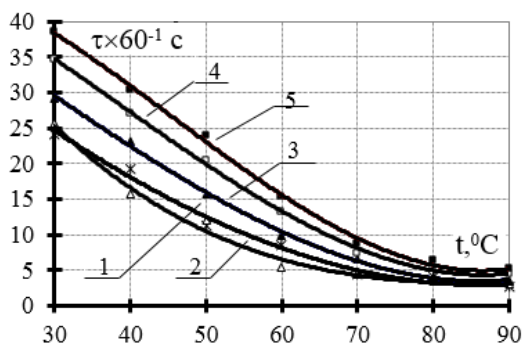


Рис. 8.7 - Зависимость времени термостойкости ТПМ с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса от температуры: 1 - контроль (без добавок); 2 - 2,5%; 3 - 5%; 4 - 7,5%; 5 - 10%

Анализ рис. 8.7 показывает, что в интервале изменения температуры 30 ... 90 °С контрольный образец наименее термостойкий и время термостойкости около (2,7...24,3)×60 с. В образцах ТПМ с заменой молока на КЯА в количестве 2,5%, 5%, 7,5% и 10% время термостойкости составило: соответственно (3,1 ... 25,5)×60 с, (3,6...29,3)×60 с, (4,4... 34,8)×60 с и (5,1...38,5)×60 с. Повышение термической устойчивости с увеличением содержания КЯА, возможно, происходит вследствие усиления межмолекулярного взаимодействия белков молока и белков арахиса.

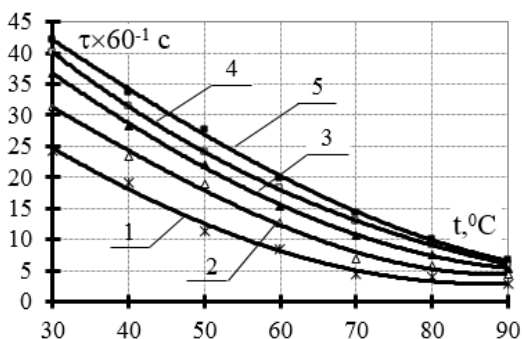


Рис. 8.8. Зависимость времени термостойкости ТПМ с заменой СОМ на муку кукурузную от температуры: 1 - контроль (без добавок); 2 - 2,5%; 3 - 5%; 4 - 7,5%; 5 - 10%

Из рис. 8.8 видно, что в продукте с заменой молока на МК 2,5%, 5%, 7,5%, 10% время термостойкости меняется следующим образом: соответственно, (4,4 ... 31,5)×60 с, (5, 4...36,8)×60 с, (6,1...40,1)×60 с, (6,5...42,2)×60 с. Образцы ТПМ с заменой СОМ на МК являются более термостойкими по сравнению с соответствующими образцами продукта с заменой СОМ на КЯА. Возможно, такое снижение термостойкости в присутствии концентрата объясняется образованием относительно непрочного пространственного каркаса вследствие набухания водонерастворимых белков арахиса и наличия преимущественно физического взаимодействия. Высокая термостойкость образцов с мукой связана, вероятно, с действием сил межмолекулярного взаимодействия, а именно с повышением взаимодействия поверхностных слоев и фаз творожного теста и МК [14;17; 28; 29; 30]. Мука кукурузная имеет в своем составе 67 ... 76% углеводов, из которых около 57...70% составляет крахмал [3]; температура клейстеризации кукурузного крахмала колеблется в пределах 64...68 °С, что, вероятно, влияет на устойчивость пространственного каркаса продукта и повышает термостойкость образцов с мукой кукурузной. Также с увеличением в продукте гидрофильных компонентов за счет привлечения муки кукурузной количество поверхностных зарядов возрастает, что приводит к повышению коллоидной стойкости творожного продукта и способствует образованию прочной химической связи. За счет высокого содержания крахмала мука кукурузная приобретает функции стабилизатора, который выполняет защитную роль и дает возможность формировать вторичную структуру после значительных термомеханических нагрузок [28; 29; 30]. Механизм действия стабилизирующей добавки состоит в следующем. При перемешивании сквашенной системы казеиновый гель разрушается на отдельные структурированные частицы, состоящие из большого количества мицелл и сыворотки, которая удерживается ими. Часть сыворотки освобождается и находится в свободном состоянии. При нагревании частицы сближаются и образуют агломераты, теряют часть задержанную сыворотку и затвердевают, что придает прочность пространственному каркасу. Стабилизи-

рующий эффект муки кукурузной зависит от способности к адгезии к поверхности белковых частиц, которым передается однородный заряд. Кукурузный крахмал образует с казеином смешанный гель, состоящий из взаимопроникающих сеток полимеров [14;29; 30; 31; 32].

Зависимость времени термостойкости творожного продукта мягкого с различным содержанием растительных компонентов с общей заменой СОМ 5% от температуры приведена на рис. 3.9. Рис. 3.9 показывает, что время термостойкости образца продукта с соотношением КЯА и МК как 1 к 1 в интервале температур 30...90 °С изменяется в пределах $(4,1...33,6) \times 60$ с и приближается к соответствующему времени образца, содержащего замену 5% СОМ только на муку кукурузную.

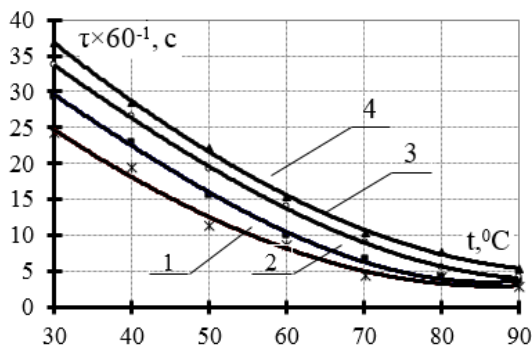


Рис. 8.9 Зависимость времени термостойкости ТПМ от температуры: 1 - контроль (без добавок); 2 - с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса; 3 - с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 - с заменой СОМ на 5% муки кукурузной

Обобщая результаты исследований действия тепловой обработки на ТПМ с КЯА и МК, можно отметить следующее. Вследствие набухания начинается процесс гелеобразования крахмала, на который непосредственное влияние оказывает температура.

Процесс гелеобразования крахмала при нагревании заключается в том, что гранула крахмала набухает, часть молекул малого размера растворяется и снова соединяется, образуя гель. Присутствующие в продукте белок и жир, обволакивают зерна крахмала, замедляют гидратацию гранулы и снижают как скорость гелеобразования, так и уровень адгезии и ВУС [28; 29; 33; 34; 35]. Такое изменение указанных свойств характерно для образцов, в которых присутствует КЯА.

С увеличением температуры время до начала плавления системы уменьшается и при температурах, близких к температурам плавления продукта, совпадает почти для всех образцов независимо от их вида и концентрации. С увеличением содержания растительных компонентов время термостойкости повышается, что является более весомым для образцов с МК.

8.6.2. Изменение температуры плавления

Температура плавления творога обуславливает параметры температурно-влажностного режима хранения, а также текстурные характеристики. Температура плавления ТПМ определяется влиянием рецептурных компонентов и имеет определенный характер. На рис. 8.10 представлена зависимость изменения температуры плавления ТПМ от замены СОМ на КЯА и МК.

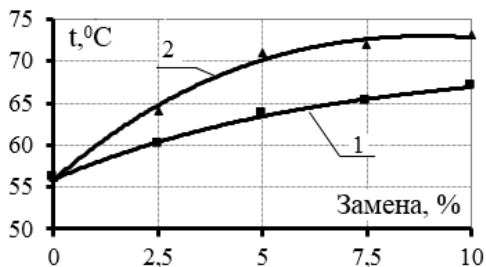


Рис. 8.10. Зависимость температуры плавления ТПМ от замены СОМ на КЯА и МК: 1- КЯА; 2 - МК

Установлено, что с увеличением замены СОМ на растительные компоненты температура плавления продукта повышается, причем более интенсивно для образцов с мукой.

Повышение температуры плавления с увеличением содержания концентрата до максимального значения относительно контрольного образца имеет равномерный характер и приводит к изменению температуры плавления от 56 до 67 °С, то есть имеет место повышение температуры плавления относительно контроля примерно на 19,6%.

Изменение температуры плавления образца с максимальной заменой СОМ на МК относительно контроля составляет примерно 30,4%, то есть температура плавления повышается от 56 до 73 °С.

Изменение температуры плавления творожного продукта с рациональным рецептурным составом представлено на рис. 8.11. Контрольный образец имеет температуру плавления примерно 56 °С. ТПМ с общей заменой 5% СОМ, который содержит только МК имеет самую высокую температуру плавления – 71 °С; КЯА снижает ее примерно на 7 °С. Соотношение КЯА и МК как 1:1 приближает температуру плавления ТПМ образцу с мукой: соответственно 69 и 71 °С.

Таким образом, исследования по определению влияния рецептурного состава ТПМ на изменение его температуры плавления показали, что замена СОМ на КЯА и МК в количестве 2,5 ... 10%, а также соотношение растительных компонентов позволяют управлять температурой плавления ТПМ и повысить ее относительно контроля, согласуются с вышеизложенными экспериментальными исследованиями.

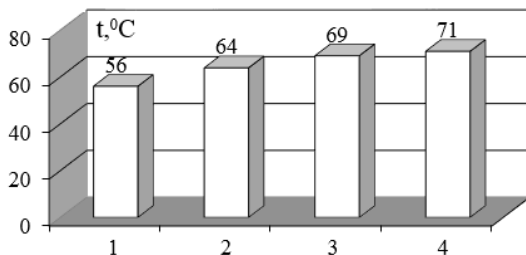


Рис. 8.11. Температура плавления ТПМ: 1 - контроль (без добавок); 2 - с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса; 3 - с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 - с заменой СОМ на 5% муки кукурузной

На основе исследований по определению термостойкости и температуры плавления ТПМ можно сделать вывод, что использование КЯА и МК позволяет на этапах термообработки ослабить действие тепловой денатурации и повысить термостойкость творожного продукта, более существенным для образцов, содержащих в своем составе муку кукурузную.

По результатам проведенных экспериментальных исследований по изучению показателей качества готового творожного продукта мягкого, установлен ряд утверждений и сделаны следующие выводы.

Исследование органолептических, структурно-механических, физических свойств ТПМ и за счет оптимизации соотношения компонентов методами математического моделирования позволили разработать рецептуру и технологический процесс производства ТПМ.

Результаты определения общего химического состава доказали, что включение в рецептуру ТПМ концентрата ядра арахиса и муки кукурузной способствует повышению содержания белка в продукте в среднем на 14%. Рациональный образец ТПМ характеризуется высоким содержанием белка (29,1%) в котором идентифицировано 18 аминокислот, в частности отмечено значительное содержание лизина, триптофана, метионина. Общее содержание аминокислот в оптимальном образце ТПМ составляет 26953,5 мг/100 г продукта, что на 7,2% выше содержание аминокислот в контрольном образце; содержание незаменимых аминокислот превышает на 13,5%, а заменимых - на 3%.

Включение в рецептурный состав творожного продукта концентрата ядра арахиса и муки кукурузной дает возможность обогатить творожный продукт полиненасыщенными жирными кислотами, веществами полисахаридной природы, богатым спектром жиро- и водорастворимых витаминов, а также минералами.

Растительные белки концентрата ядра арахиса и муки кукурузной снижают интенсивность белкового взаимодействия в ТПМ вследствие наличия водонерастворимых белковых фракций. ТПМ является источником полноценного белка, сбалансированного по аминокислотному составу; коэффициент утилиза-

ции белка ТПМ составляет 0,71, индекс качества белка - 0,88, а его биологическая ценность - 69,4%. Белки ТПМ характеризуются высокой перевариваемостью в условиях *in vitro*.

Исследование влияния высокой температуры на ТПМ показали, что присутствие растительных компонентов способствует повышению времени термостойкости, температуры плавления разработанного продукта и снижению содержания свободной влаги.

8.7. Исследование изменений свойств творожного продукта мягкого при хранении

Важным фактором, который обуславливает качество и потребительские свойства свежеизготовленного творожного продукта является дальнейшее созревание и хранение, поскольку во время этих процессов протекает ряд сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов. Температура созревания и хранения ТПМ составила 8 ± 2 °С. Знание изменений свойств творожного продукта во времени имеет большое значение для оценки его качества с целью промышленной ориентации ТПМ [36; 37; 38, 39, 40, 41]. Исходной информацией для эконометрического анализа производства ТПМ является одномерный временной ряд – последовательность наблюдений показателя, который изменяется во времени. Для ТПМ с целью построения трендов осуществлен предварительный анализ временных рядов, которые составляют данные результатов исследования изменения титруемой кислотности, предельного напряжения сдвига и ВУС в образцах с заменой СОМ на КЯА и МК 2,5 ... 10% и соотношением растительных компонентов 1:1 при замене 5% молока в течение 28 суток хранения, а также контрольного образца. Одной из главных целей исследования трендовых моделей является расчет динамики показателей. Построенные аппроксимирующие функции позволяют выполнить расчет прогнозных значений титруемой кислотности, предельного напряжения сдвига и ВУС в опытных образцах на 28 сутки хранения для выбора наиболее рациональной замены.

Рассчитанные значения коэффициентов вариации временных рядов ($V_i \leq 0,1$) свидетельствуют, что наиболее рациональной заменой является полная 5% замена для t , который принадлежит интервалу 10 – 18 суток (в среднем 14 дней). В этот период наблюдается резкое снижение вариации, которая в дальнейшем имеет незначительное уменьшение, что свидетельствует о насыщенности образцов титруемой кислотностью и стабилизацию предельного напряжения сдвига и ВУС. Установлено, что оптимальные значения показателей имеют образцы с заменой молочного сырья на оба растительные компонента: 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной.

8.7.1. Изучение микробиологических показателей.

Среди факторов, которые определяют качество ТПМ, первостепенное значение принадлежит течению микробиологических процессов в продукте, результаты исследований которых приведены в табл. 9.1. Молочная основа явля-

ется благоприятной средой для развития микроорганизмов. Растительные ингредиенты в творожном продукте повышают риск привлечения к нему плесени и дрожжей.

По результатам исследований установлено (табл.8.16), что хранение творожного продукта в течение 28 суток не приведет к превышению нормы количества микроорганизмов, которую определяет действующая нормативная документация. Таким образом, срок хранения 28 суток гарантирует микробиологическую безвредность ТПМ.

Таблица 8.16. Исследование изменений микробиологических показателей творожного продукта мягкого в течение хранения при температуре 8 ± 2 °С

Образец	Показатели				
	КМА-ФАМ, КОЕ в 1г	БГКП	Условно-патогенные микроорганизмы, в том числе Staphylococcus aureus, КОЕв 0,1г	Патогенные микроорганизмы, в том числе бактерии рода Salmonella	Дрожжи и плесени, КОЕ в 1 г
ТПМ в начале хранения	60	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 25 г	Не выявлены
ТПМ после 28 суток хранения	100	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 25 г	Не выявлены

8.7.2. Исследование физико-химических изменений.

Изменение кислотности продукта обуславливается, прежде всего, изменением молочного сахара, молочной кислоты и ее солей, белков и внесением в систему бактериальных заквасок, технологическими режимами процесса производства продукта. Изменение титруемой кислотности ТПМ в течение хранения представлено на рис. 8.12-8.14.

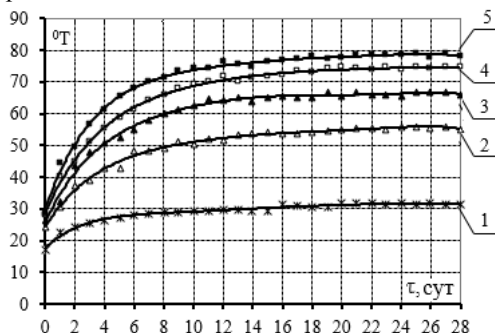


Рис. 8.12. Зависимость титруемой кислотности ТПМ с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Из рис. 8.12 видно, что увеличение замены СОМ на КЯА от 2,5 до 10% приводит к повышению общих значений титруемой кислотности по сравнению с контролем. Характер изменения кислотности более интенсивный: в течение первых 7 дней хранения кислотность образцов с заменой 2,5, 5, 7,5 и 10% СОМ соответственно меняется (°Т) от 24,3 до 48,3, от 26,4 до 58, от 28 до 64 и от 28,6 до 70, а значение кислотности данных образцов на 28 сутки составляют 55,2, 66,3, 74,6 и 78,2 °Т. Итак, общее повышение титруемой кислотности этих образцов составляет около 127%, 151%, 166% и 173,4%.

Тенденция к повышению титруемой кислотности при увеличении замены СОМ присуща и образцам, которые содержат в своем составе МК (рис. 8.13). Однако, общие значения, по сравнению с образцами из КЯА, меньше. В течение исследуемого срока титруемая кислотность образцов с заменой на МК 2,5, 5, 7,5 и 10% повышается, соответственно (°Т): примерно от 18,7 до 38, от 24,7 до 50, от 27,5 до 55,2 и от 29 до 61,5, то есть на 103%, 102%, 101% и 112%.

Известно, что значительным изменениям подлежат белки в результате чего повышается количество растворимых соединений – продуктов распада белков. Поэтому, повышение кислотности ТПМ с КЯА связано с повышенным содержанием в продукте белка; также во время хранения увеличивается количество продуктов распада белка [36; 37; 38, 39]. Известно, что фактором распада белков во время созревания ТПМ является совместное действие ферментов, которые выделяются молочнокислыми бактериями, и сычужного фермента. На деятельность ферментов во время созревания сыров и сырных продуктов влияет свободная влага (образцы ТПМ с КЯА характеризуются более высоким содержанием свободной влаги по сравнению с соответствующими образцами с МК), повышение содержания которой увеличивает ферментативную активность [36; 37; 38, 39.].

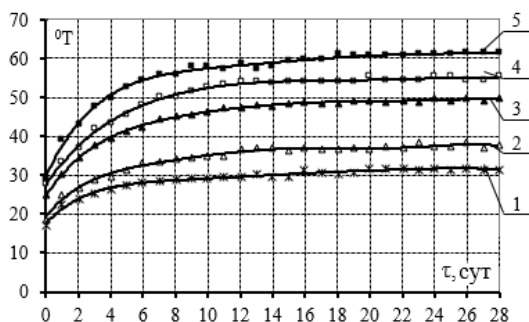


Рис. 8.13. Зависимость титруемой кислотности ТПМ с заменой СОМ на муку кукурузную от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Итак, высокое содержание свободной влаги (вследствие чего повышается ферментативная активность), белков и продуктов их распада в ТПМ с КЯА приводят к повышению титруемой кислотности, поскольку перечисленные

факторы действуют как синергисты. Как показывает рис. 8.14, изменение титруемой кислотности образца творожного продукта с заменой (5%) и соотношением КЯА и БК как 1:1 приближена к соответствующим значениям образца только с концентратом. Так, в течение 28 суток хранения титруемая кислотность повышается от 25 °Т до 61 °Т, то есть примерно на 144%. Можно констатировать, что более выраженным изменениям титруемой кислотности характеризуются образцы в течение первой недели их хранения. Одновременно с изменением составных частей молока творог приобретает определенные вкус и запах, консистенцию, цвет и рисунок.

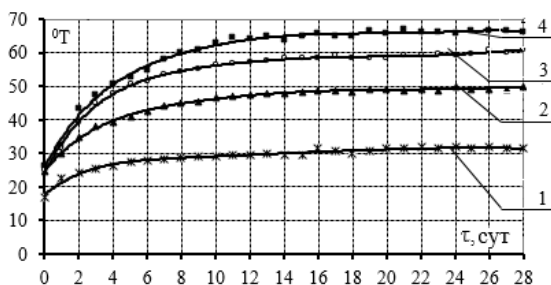


Рис. 8.14. Зависимость титруемой кислотности ТПМ от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой СОМ на 5% муки кукурузной; 3 – с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 – с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса

Титруемая кислотность контрольного образца интенсивно растет в течение первой недели хранения от 17 °Т до 28,5 °Т. На протяжении последних двух недель повышение кислотности происходит равномерно и почти не меняется (значение на 28 суток примерно 32 °Т). Общее повышение титруемой кислотности контрольного образца (в течение 28 дней) составляет примерно 88%. Можно констатировать, что использование КЯА и БК как составляющих творожного продукта приводит к заметному росту титруемой кислотности, причем влияние КЯА на повышение титруемой кислотности более существенно.

Показатели перекисного и кислотного чисел для разработанного ТПМ приведены в табл. 8.17. Обобщая результаты исследований по физико-химическим изменениям образцов ТПМ, достаточным сроком созревания следует считать время около первых 12 ... 14 суток; дальнейшее хранение – также около двух недель.

Таблица 8.17. Исследование изменений качественных показателей творожного продукта мягкого в течение хранения при температуре 8 ± 2 °С

Показатель	Хранение, сут.	
	0	28
Перекисное число жира, % I ₂	0,27	0,28
Кислотное число жира, мг КОН/г жира	0,31	0,34

8.7.3. Исследование текстурных свойств

Важным фактором с точки зрения потребительских свойств ТПМ являются текстурные характеристики, которые можно определить как комбинацию физических свойств и которые во время хранения интенсивно меняются. Необходимыми оказываются исследования консистенции ТПМ в течение хранения. В качестве прибора был использован пенетрометр, который измеряет величину деформирующего воздействия на продукт. На рис. 8.15-8.17 построена зависимость предельного напряжения сдвига образцов ТПМ от продолжительности хранения ($\sigma_0 = f(\tau)$), где представлена и максимальная замена СОМ.

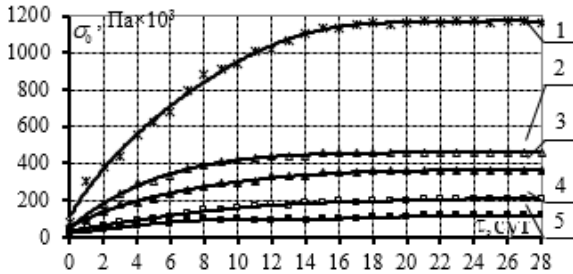


Рис. 8.15. Зависимость предельного напряжения сдвига ТПМ с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

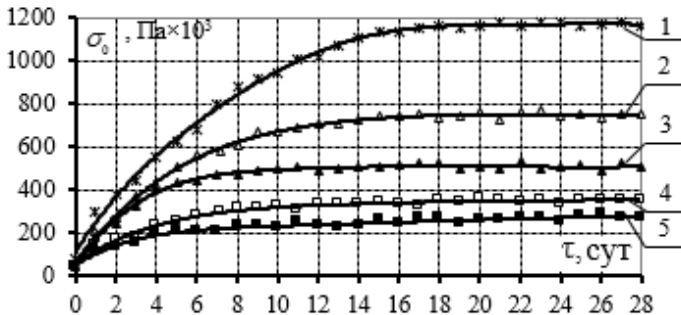


Рис. 8.16. Зависимость предельного напряжения сдвига ТПМ с заменой СОМ на муку кукурузную от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

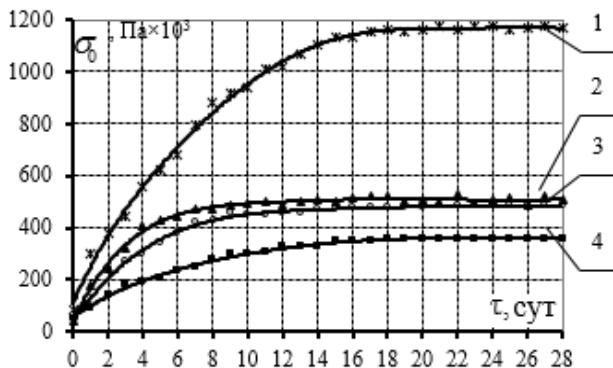


Рис. 8.17. Зависимость предельного напряжения сдвига ТПМ от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой СОМ на 5% муки кукурузной; 3 – с заменой СОМ на 2,5% концентрата ядра арахиса и 2,5% муки кукурузной; 4 – с заменой СОМ на 5% концентрата ядра арахиса

Исследованиями изменений текстурных свойств продукта на протяжении хранения выявлено, что предельное напряжение сдвига свежизготовленных образцов почти одинаково независимо от содержания рецептурных компонентов; в течение хранения показатель повышается. Существенное увеличение сопротивляемости продукта происходит в течение первых 12 ... 15 суток; после 21 суток хранения существенные изменения не наблюдаются. Такой характер изменений предельного напряжения сдвига свидетельствует об уплотнении структуры, укреплении пространственного каркаса в результате взаимодействия рецептурных компонентов. Максимальное предельное напряжение сдвига присуще контрольному образцу: в течение первых 15 суток хранения оно повышается от $81,6 \times 10^3$ Па до $1134,0 \times 10^3$ Па. Далее, следующие 6 суток, характеризуются неинтенсивным изменением предельного напряжения сдвига: значение, измеренное на 21 день составляет $1175,0 \times 10^3$ Па.

С повышением содержания в продукте КЯА уплотнение каркаса продукта происходит неинтенсивно. Так, предельное напряжение сдвига образца с заменой на концентрат 2,5% СОМ интенсивно повышается около 12 первых суток исследования: от $54,0 \times 10^3$ Па до $438,0 \times 10^3$ Па. Значение, измеренное на 21 день составило 459×10^3 Па. Предельное напряжение сдвига образца с 10% -ной заменой СОМ на КЯА в течение первых 12 суток увеличивается от $19,0 \times 10^3$ Па до $88,0 \times 10^3$ Па. Его значение на 21 сутки 117×10^3 Па. Увеличение срока исследований не является целесообразным, поскольку в дальнейшем не происходит интенсивных преобразований текстуры.

Таким образом, видно, что увеличение содержания концентрата ядра арахиса не способствует образованию прочного пространственного каркаса, вероятно, из-за морфологического строения и наличие значительного количества гидрофобных групп.

Выявлено, что в целом присутствие муки кукурузной в продукте повышает аналогичные значения предельного напряжения сдвига по сравнению с КЯА. Повышение предельного напряжения сдвига образцов с 2,5% -ной и 10% -ной заменами за первые 12 суток имеет следующий характер, соответственно: от $49,4 \times 10^3$ Па до 707×10^3 Па и от $44,3 \times 10^3$ Па до 230×10^3 Па; значения на 21 день составили, соответственно, 748×10^3 Па и 265×10^3 Па. То есть, аналогично образцам с концентратом, повышение содержания муки кукурузной замедляет укрепления каркаса. Однако первая неделя характеризуется большей интенсивностью повышения предельного напряжения сдвига и общее уплотнение пространственного каркаса также происходит в течение первых 12 ... 17 суток.

Из определения изменения текстурных свойств ТПМ установлено, что растительные добавки, в частности КЯА, снижают предельное напряжение сдвига. Следует отметить, что существенное укрепление структуры происходит в среднем за 14 первых суток хранения ТПМ.

8.7.4. Исследование ВУС.

После прессования продукт достигает влажности $55,3 \pm 2,7\%$. Изменение свойств ТПМ при хранении является результатом ряда сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов. В процессе созревания содержание влаги в системе постепенно уменьшается, что отражается на интенсивности бактериальных и ферментных процессов. Содержание влаги может снижаться из-за усушки творожного продукта. Однако, главным образом, содержание влаги снижается вследствие перераспределения влаги и образования прочной связи, что ведет к повышению ВУС [36; 37; 38, 43, 44, 45].

Зависимость изменения ВУС образцов продукта, в которых от 2,5 до 10% СЗМ заменено на КЯА представлена на рис. 8.18, на МК – на рис. 8.19. На рис. 8.20 представлены изменения ВУС образцов продукта с заменой 5% СОМ на равные количества растительных добавок.

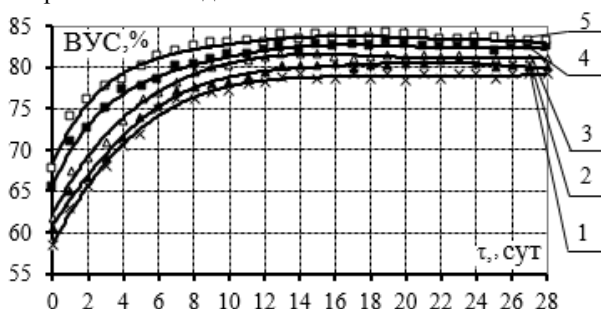


Рис. 8.18. Зависимость влагоудерживающей способности ТПМ с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

Анализ рис. 8.18-8.20 показывает, что характер изменения ВУС ТПМ в зависимости от концентрации КЯА и МК не противоречит характеру изменения

образцов творожной массы с соответствующим рецептурным составом. ВУС всех образцов ТПМ интенсивно повышается в течение первых двух недель измерений. Особенно интенсивное повышение характерно для образцов с МК, причем, чем больше замена СОМ на МК, тем интенсивнее меняется ВУС и ее значение выше. Выявлено, что ВУС контрольного образца, а также образца с 2,5% -ной заменой СОМ на МК интенсивно повышается в течение первых 14 дней, в то время, как образец с 10% -ной заменой достигает постоянных значений за первые 9 ... 11 суток. Видно, что в конце измерений при общей замене СОМ 5% значения ВУС образца с соотношением КЯА и МК 1:1 (около 85%) приближены в большей степени к значению ВУС образца с мукой (около 87%), чем к образцу только с концентратом, ВУС которого составляет примерно 81%.

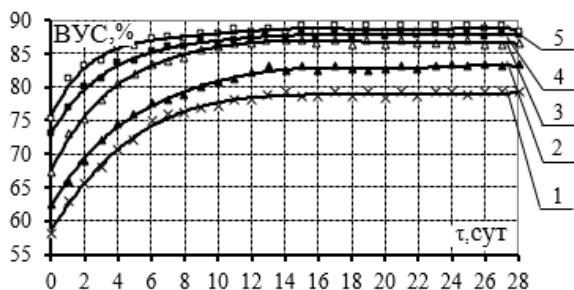


Рис. 8.19. Зависимость влагоудерживающей способности ТПМ с заменой СОМ на муку кукурузную от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 2,5%; 3 – 5%; 4 – 7,5%; 5 – 10%

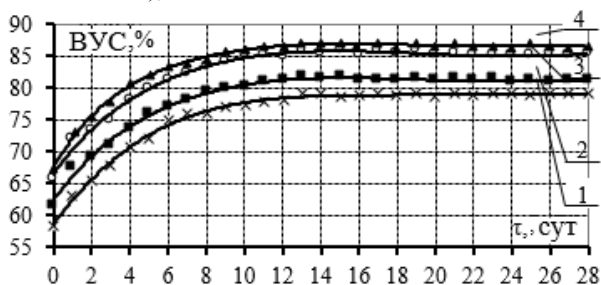


Рис. 8.20. Зависимость влагоудерживающей способности ТПМ от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5% СОМ на концентрат ядра арахиса; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% - на муку кукурузную; 4 – с заменой 5% СОМ на муку кукурузную

Таким образом, увеличение замены молочного сырья на растительные компоненты более 5% не ведет к существенному повышению ВУС; ВУС повышается в течение первых двух недель хранения.

8.7.5. Определение изменения ЯМР

Результаты по подвижности молекул воды в зависимости от рецептурного состава ТПМ получены с помощью метода ядерного магнитного резонанса – ЯМР – спиновое эхо.

Поскольку на скорость перераспределения энергии в исследуемом продукте влияет спин-спиновое взаимодействие и молекулярная подвижность воды, поэтому на время релаксации (T_2) влияет химический состав продукта. Итак, T_2 характеризует состояние и взаимодействие влаги в исследуемом продукте [45, 46, 47, 48, 49].

Зависимость T_2 продукта с заменой молочного сырья на КЯА и МК от продолжительности хранения представлена, соответственно, на рис. 8.21 и 8.22; на рис. 8.23– с рациональным рецептурным составом.

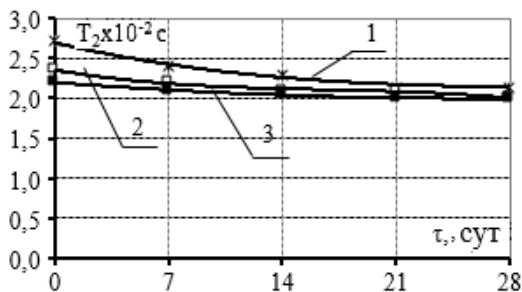


Рис. 8.21. Зависимость времени спин-спиновой релаксации ТПМ с заменой СОМ на концентрат ядра арахиса от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 5%; 3 – 10%

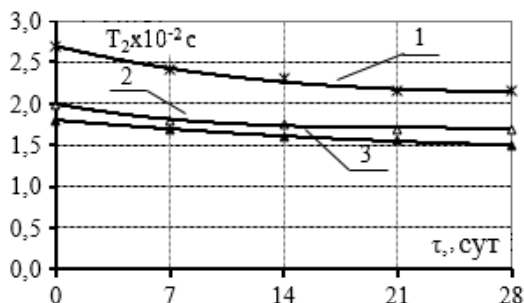


Рис. 8.22. Зависимость времени спин-спиновой релаксации ТПМ с заменой СОМ на муку кукурузную от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – 5%; 3 – 10%

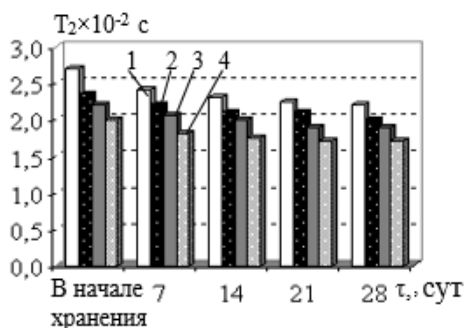


Рис. 8.23. Зависимость времени спин-спиновой релаксации ТПМ от продолжительности хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5%СОМ на концентрат ядра арахиса; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% на муку кукурузную; 4 – с заменой 5%СОМ на муку кукурузную

Из результатов исследований видно, что повышение замены СОМ на растительные компоненты приводит к уменьшению времени спин-спиновой релаксации, который также снижается в течение 28 суток хранения. Установлено, что в течение хранения T_2 контрольного образца снижается от 0,027 до 0,0215 с. Замена СОМ на КЯА меняет продолжительность спин-спиновой релаксации в течение 28 суток от 0,0235 до 0,02 с для образцов с 5% -ной заменой и от 0,022 до 0,02 с с заменой 10%. Выявлено, что для свежизготовленных образцов творожного продукта с КЯА продолжительность спин-спиновой релаксации диполя воды в диапазоне повышения замены СОМ 5 ... 10% относительно контроля снижается, соответственно, на 0,0035 и 0,005 с, а для готового продукта – на 0,0015 с для обеих замен. Снижение значений T_2 образцов с заменой СОМ на МК 5 ... 10% имеет более выраженный характер, чем для образцов ТПМ с КЯА. В течение срока хранения T_2 образцов с заменой на 5 и 10% муки снижается от 0,02 до 0,017 с и от 0,018 до 0,015 с соответственно.

Итак, относительно контроля продолжительность спин-спиновой релаксации образцов с заменой 5 и 10% СОМ снижается соответственно на 0,007 и 0,009 с для свежизготовленных образцов и на 0,0045 и 0,0065 с для готовых. T_2 образца с рациональным соотношением растительных компонентов занимает промежуточное положение между образцами с заменой на одну из добавок. Характер изменения продолжительности спин-спиновой релаксации диполя воды объясняется ростом ВУС продукта с увеличением содержания растительных компонентов, в частности муки кукурузной и в течение определенного срока хранения вследствие постепенного увеличения доли связанной влаги в ТПМ.

Таким образом, результаты исследований по изучению ЯМР продукта указали на присутствие в нем полисахаридов, которые способствуют связыванию свободной влаги. При замене на концентрат в систему попадает дополнительный жир; белки концентрата, в основном, водонерастворимые [45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52]. Известно, что жир распределен в творожном продукте в виде мелких шариков. Очевидно, гидрофобные жировые шарики, которые находятся

в капиллярах, «фиксируют» свободную влагу в каркасе и ограничивают подвижность диполей воды в образцах продукта с концентратом [45].

Установлена тенденция уменьшения продолжительности спин-спиновой релаксации диполя воды образцов ТПМ при увеличении содержания растительных компонентов, в частности МК. Как обнаружено, при этом уменьшается молекулярная подвижность и одновременно увеличивается количество связанной воды вследствие роста гидратации белка и повышения водосвязывающей активности за счет взаимодействия молочных белков с растительными, а также полисахаридами. Таким образом, уменьшение времени спин-спиновой релаксации образцов творожного продукта, которые имеют в своем составе растительные компоненты, свидетельствует об ограничении подвижности диполей воды в таких образцах и повышении влагоудерживающей способности при уменьшении содержания свободной влаги, что подтверждается соответствующими исследованиями. Видно, что время спин-спиновой релаксации снижается также в течение 28 суток хранения. Итак использования растительных компонентов позволяет снизить риск синерезиса как в свежеприготовленном продукте, так и при последующем хранении.

8.7.6. Исследование влияния низких температур на содержание свободной и связанной влаги

С целью изучения состояния влаги в ТПМ в течение хранения в зависимости от рецептурного состава целесообразно исследовать воздействие на продукт низкой температуры.

Диполи воды за счет ионной и молекулярной адсорбции связаны с белками. При замораживании продуктов связанная влага не участвует в фазовых превращениях [45, 46, 47, 49, 50, 53, 54, 55]. Поскольку свободная влага находится в межклеточном пространстве продукта, то по мере ее вымораживания, увеличивается концентрация солей в незамерзшем межклеточном растворе, что приводит к смещению криоскопической температуры в область более низких температур. Вымораживание влаги происходит постепенно, с повышением концентрации остаточного раствора. При достижении концентрации, определенной для данного раствора, он застывает в сплошную массу называемую эвтектикой. В холодильной технологии влага, которая перешла в твердое состояние, называется вымороженной [45, 49, 50, 53, 54, 55]. Изменение относительного содержания свободной влаги свежизготовленного и готового ТПМ с заменой СОМ на КЯА и МК 2,5 ... 10% представлена на рис. 8.24, с рациональным рецептурным составом – на рис. 8.25.

Наибольшее содержание свободной влаги присуще свежеприготовленным образцам (рис. 8.24 а): высоким содержанием свободной влаги характеризуется контрольный образец – 0,8 в. Ед. С повышением замены СОМ на КЯА содержание свободной влаги равномерно снижается и составляет примерно 0,75 и 0,72 в. Ед. для образцов с заменой 5 и 10% СОМ соответственно. С увеличением замены СОМ на МК до 5 и 10% содержание свободной влаги снижается более интенсивно по сравнению с соответствующими образцами, содержащими концентрат. Содержание

свободной влаги в образце с заменой 5% СОМ на МК составляет около 0,64 в. Ед., а для 10% -ной замены меняется незначительно – примерно до 0,58 в. Ед.

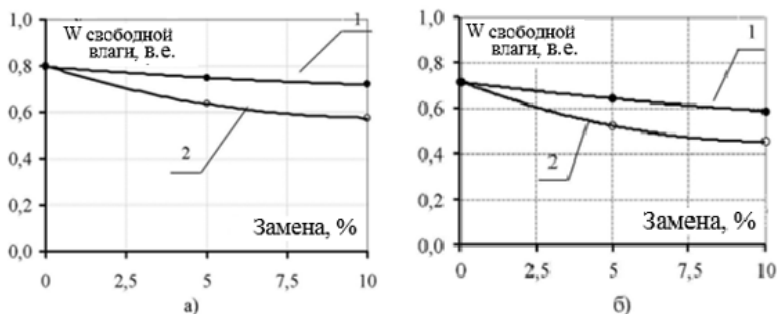


Рис. 8.24. Влияние замораживания на относительное содержание свободной влаги ТПМЗ с заменой СОМ на КЯА (1) и МК (2) а) в начале хранения; б) после хранения 28 суток

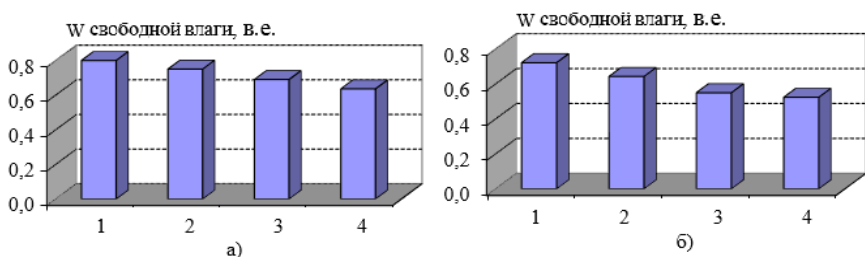


Рис. 8.25. Влияние замораживания на относительное содержание свободной влаги в ТПМ: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5% СОМ на концентрат ядра арахиса; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% на муку кукурузную; 4 – с заменой 5% СОМ на муку кукурузную; а) в начале хранения; б) после 28 суток хранения

Из рис. 8.24 б) видно, что хранение ведет к снижению общего содержания свободной влаги во всех образцах продукта с сохранением тенденции ее изменения при разном содержании растительных добавок. Содержание свободной влаги в контрольном образце составляет около 0,72 в. Ед. Замена на КЯА в количестве 5 и 10% снижает этот показатель, соответственно, до 0,64 и 0,59 в. Ед., на МК – до 0,52 и 0,45 в. Ед. соответственно. Таким образом, для свежизготовленных образцов ТПМ содержание свободной влаги при максимальной замене относительно контроля снижается примерно на 10% в присутствии концентрата и на 27,5% при привлечении муки; после хранения – соответственно, на 18 и 37,5%. То есть, анализ результатов исследования изменения содержания свободной влаги (рис. 8.25) установил, что хранение ведет к снижению свободной влаги в продукте от 0,8 до 0,72 (примерно на 10%) – контрольные образцы; от 0,75 до 0,64 (на 15%) – образцы с 5% -ной

заменой СОМ на концентрат; от 0,72 до 0,59 (на 18%) – образцы с 10% -ной заменой СОМ на концентрат; от 0,64 до 0,52 (на 18,8%) – образцы с 5% -ной заменой СОМ на муку; от 0,58 до 0,45 (на 22,4%) – образцы с 10% -ной заменой СОМ на муку.

Анализ образцов ТПМ с разным рецептурным составом при замене 5% СОМ показал, что соотношение растительных добавок в продукте 1:1 обуславливает промежуточные значения исследуемого показателя относительно образцов с одним растительным компонентом. Увеличение замены молочного сырья на МК имеет более весомое влияние на снижение содержания свободной влаги в творожном продукте, что согласуется с предыдущими исследованиями.

8.7.7. Динамика потери массы творожным продуктом мягким в процессе хранения.

С целью обоснования условий хранения творожного продукта с рациональной заменой 5% СОМ и в зависимости от концентрации КЯА и МК были определены потери массы – $M, \%$ - для разного значения относительной влажности воздуха – $W, \%$ при хранении (рис. 8.26). Температура, при которой были проведены исследования, составила $8 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

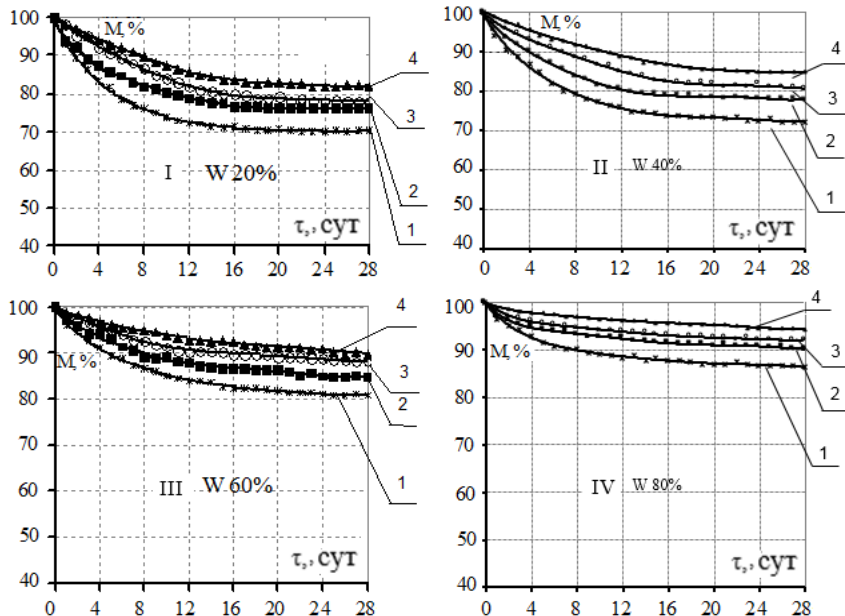


Рис. 8.26. Динамика потери массы ТПМ при относительной влажности воздуха 20% (I), 40% (II); 60% (III), 80% (IV): 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5% СОМ на концентрат ядра арахиса; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% - на муку кукурузную; 4 – с заменой 5% СОМ на муку кукурузную

Анализируя рис. 8.26, видно, что динамика потери массы образцами существенно зависит от значений относительной влажности воздуха, а также от концентрации растительных компонентов в продукте. Отмечена высокая интенсивность потери массы образцами творожного продукта в течение первых 14 ... 18 суток хранения, то есть, по истечении этого срока образцы имеют большую химическую устойчивость по свободной влаге. В течение определенного срока хранения (28 суток) наблюдаются потери массы всеми образцами творожного продукта. Однако, с повышением значений относительной влажности воздуха в диапазоне 20 ... 80%, потери массы имеют тенденцию к снижению. Общие потери массы для относительной влажности воздуха 20; 40, 60 и 80% до достижения равновесного состояния имеют следующие значения:

- общие потери массы для контрольных образцов по сравнению с образцами, которые содержат растительные добавки являются наибольшими и для относительной влажности воздуха 20; 40, 60 и 80% составляют соответственно около 30%, 28%, 19,2% и 14%;

- для образцов, содержащих в своем составе КЯА, общие потери массы при указанных значениях относительной влажности воздуха составляют, соответственно, 24%, 22%, 15,2%, 10%, а для образцов с соотношением КЯА и МК 1:1 – 22%, 19 4%, 12% и 8%;

- увеличение содержания МК в продукте приводит к снижению общей потери массы продукта. Общие потери массы образцов творожного продукта только с МК маленькие и при указанных значениях влажности воздуха составляют примерно 18%, 15,2%, 10,3% и 6%.

Постепенное снижение потери массы всеми образцами творожного продукта в течение определенного срока исследований указывает, что агрегативная устойчивость образцов не меняется, то есть представленная система находится в относительно равновесном состоянии. Использование замены молочного сырья на растительные добавки приводит к уменьшению потери массы, что в большей степени проявляется с увеличением содержания МК в продукте. Следовательно, указанные компоненты, в частности МК, способствуют удержанию влаги в продукте.

В первый период потеря влаги происходит с переменной скоростью до момента выравнивания влажности с окружающим воздухом, а влага перемещается от центра к поверхностным слоям вследствие разницы в ее содержании во внутренних и внешних слоях образца [45, 49, 50, 51]. Построенные изотермы десорбции, отражающие зависимость потери массы образцами творожного продукта от диапазона относительной влажности воздуха от 0 до 100% при достижении состояния равновесной влажности (рис. 8.27) .

Рис. 8.27. показывает, что все исследуемые образцы теряют влагу в процессе определенного срока хранения. То есть, можно условно выделить влагу, потерянную образцами – она размещена над изотермами. Влага, содержащаяся в образцах находится под изотермами.

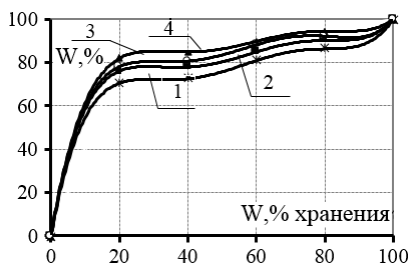


Рис. 8.27. Изотермы десорбции ТПМ: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5% СОМ на концентрат ядра арахиса; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% - на муку кукурузную; 4 – с заменой 5% СОМ на муку кукурузную

В диапазоне относительной влажности воздуха 40 ... 100% имеет место повышение способности удерживать влагу опытными образцами. Анализ потери массы исследуемыми образцами творожного продукта позволил сделать вывод, что использование растительных добавок способствует удержанию влаги, снижению потери массы; доказана целесообразность добавления муки кукурузной, которая в большей степени способствует снижению риска высыхания продукта при хранении.

8.8. Исследование влияния замораживания на изменение свойств творожного продукта мягкого

Стоит детально исследовать изменение показателей качества ТПМ в процессе низкотемпературного хранения и оговорить срок хранения. ТПМ подвергали холодильной обработке, которая включает следующие этапы: упаковки, замораживания, хранения и размораживания. В качестве упаковки использовали полиэтиленовую пленку; масса ТПМ 1,0 кг.

ТПМ замораживали до температуры $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$; продолжительность замораживания составила 1,5...2,0 ч. Размораживали на воздухе при свободном его движении (медленное размораживание – до температуры $1...8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Особенности изменения состояния системы при замораживании определяются фазовым переходом воды в лед и повышением концентрации растворенных в жидкой фазе веществ [45, 49, 50, 51, 53, 54, 55]. Структурные изменения при замораживании ТПМ связаны с нарушением структуры в результате образования кристаллов льда. Кристаллообразование приводит к изменениям физических характеристик ТПМ и может сопровождаться изменениями физико-химических, биохимических и морфологических свойств, в том числе у белков [51, 52, 53, 54, 55].

8.8.1. Изучение микробиологических показателей в процессе низко-температурного хранения творожного продукта мягкого

Результаты микробиологических исследований ТПМ в процессе низко-температурного хранения представлены в табл. 8.18.

Таблица 8.18. Исследование изменений микробиологических показателей творожного продукта мягкого в процессе хранения при температуре -18 ± 1 °С

Образец	Показатели				
	КМА-ФАМ, КОЕ в 1г	БГКП	Условно-патогенные микроорганизмы, в том числе Staphylococcus aureus, КОЕ в 0,1г	Патогенные микроорганизмы, в том числе бактерии роду Salmonella	Дрожжи и плесени, КОЕ в 1 г
1	2	3	4	5	6
ТПМ созревший (до замораживания)	75	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 25 г	Не выявлены
ТПМ после хранения 3 мес.	65	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 25 г	Не выявлены
ТПМ после хранения 6 мес.	50	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 25 г	Не выявлены
ТПМ после хранения 9 мес.	50	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 0,01 г	Не выявлены в 25 г	Не выявлены

С помощью микробиологических исследований установлено, что замораживание отрицательно влияет на жизнедеятельность микроорганизмов: при хранении ТПМ в течение 9 месяцев в замороженном состоянии 33% микроорганизмов погибло. Кроме низкой температуры негативное влияние на количество микроорганизмов оказывают: пониженная влажность ТПМ, создаваемая в результате вымерзания воды и механическое воздействие льда [51,52].

8.8.2. Исследование физико-химических изменений творожного продукта мягкого в процессе низкотемпературного хранения.

В процессе низкотемпературного хранения ТПМ необходимо исследовать изменения показателей титруемой кислотности (рис. 8.28).

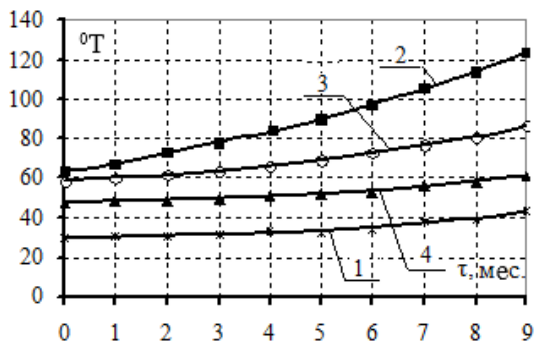


Рис. 8.28. Зависимость титруемой кислотности ТПМ от продолжительности низкотемпературного хранения: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5% СОМ на концентрат ядра арахиса; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% - на муку кукурузную; 4 – с заменой 5% СОМ на муку кукурузную

На рис. 8.28 наблюдается равномерное повышение титруемой кислотности образцов ТПМ в течение исследуемого срока (9 месяцев): у контрольного образца, образца с мукой кукурузной и рационального повышение показателя составляет, соответственно, примерно 14, 13,5 и 28 °Т. Для образца ТПМ только с КЯА характерна большая интенсивность повышения показателя на протяжении исследуемого времени (примерно вдвое).

Изменения перекисного и кислотного чисел рационального ТПМ, что хранили в замороженном состоянии представлено в табл. 8.19.

Таблица 8.19. Исследование изменений качественных показателей творожного продукта мягкого в течение хранения при температуре -18 ± 1 °С

Показатель	Хранение, мес.					
	0	3	6	7	8	9
Перекисное число жира, % I ₂	0,27	0,28	0,29	0,32	0,34	0,34
Кислотное число жира, мг КОН/г	0,31	0,34	0,38	0,40	0,39	0,38

Результаты исследований (табл. 8.19) свидетельствуют, что продукт характеризуется равномерным повышением кислотного и перекисного чисел в течение 6 месяцев (отмечается существенный рост кислотного числа, а перекисное число растет незначительно).

Результаты исследований, полученные уже на 7 месяце хранения ТПМ в замороженном состоянии характеризуются резким ростом перекисного числа, что с последующим снижением кислотного числа указывает на появление продуктов окисления и снижение общего качества ТПМ.

По результатам физико-химических исследований можно допустить, что в замороженном ТПМ имеется свободная влага, которая во время хранения продукта является предпочтительным фактором порчи за счет окисления. По

физико-химическим результатам рекомендуемый срок хранения ТПМ в замороженном состоянии составляет 6 месяцев.

8.8.3. Исследование текстурных свойств творожного продукта мягкого после низкотемпературного хранения.

Поскольку при замораживании ТПМ вода в нем кристаллизуется, то после размораживания продукт может приобрести измененную текстуру, которую необходимо исследовать после размораживания образцов ТПМ, которые хранились 6 месяцев в замороженном состоянии.

На рис. 8.29 представлены результаты исследования предельного напряжения сдвига образцов ТПМ до замораживания и размороженных.

Видно (рис. 8.29), что замораживание способствует уменьшению предельного напряжения сдвига, то есть изменяет текстурные свойства в отрицательную сторону. Предельное напряжение сдвига размороженного контрольного образца почти вдвое меньше, чем для аналогичного образца до замораживания. Общее снижение сопротивляемости структуры ТПМ непосредственно связано с разрывом кристаллами льда структуры продукта во время размораживания и перераспределением вследствие этого влаги. Присутствие растительных компонентов (в большей степени) муки кукурузной способствует менее интенсивному снижению предельного напряжения сдвига соответствующих образцов после их размораживания; снижение исследуемого показателя образца только с КЯА составляет примерно 33%, рационального образца – 17% и образца с МК – 7,3%. То есть, имеет место удержание влаги за счет реализации функционально-технологических свойств полисахаридов и особенно крахмала муки кукурузной.

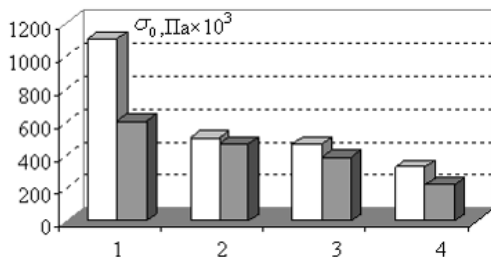


Рис. 8.29. Предельное напряжение сдвига ТПМ при хранении: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5% СОМ на муку кукурузную; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% - на муку кукурузную; 4 – с заменой 5% СОМ на концентрат ядра арахиса

□ - продукт перед замораживанием;

■ - продукт после 6 мес. Хранения при температуре -18 ± 1 °С

Изменения коллоидной структуры продукта, вызванные перераспределением воды и увеличением концентрации жидкой фазы при замораживании, отражаются на величине ВУС.

8.8.4. Исследование ВУС творожного продукта мягкого после низко-температурного хранения.

Исследованиями ВУС ТПМ, определенной после размораживания образцов, установлена закономерность удержания влаги образцами продукта с растительными компонентами (особенно мукой кукурузной); констатируется общее снижение ВУС образцов ТПМ, которые находились 6 месяцев в замороженном состоянии (рис. 8.30).

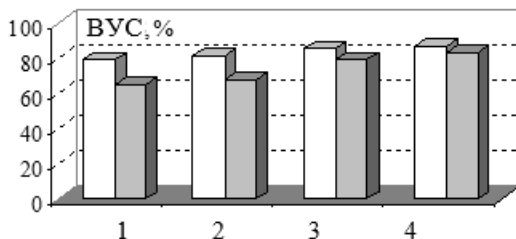


Рис. 8.30. Влагоудерживающая способность ТПМ при хранении: 1 – контроль (без добавок); 2 – с заменой 5% СОМ на концентрат ядра арахиса; 3 – с заменой 2,5% СОМ на концентрат ядра арахиса и 2,5% - на муку кукурузную; 4 – с заменой 5% СОМ на муку кукурузную

□ - продукт перед замораживанием;

■ - продукт после 6 мес. Хранения при температуре -18 ± 1 °С.

Общее снижение ВУС контрольного образца, образцов только с КЯА, разработанного образца и образца только с МК составляет, соответственно, 17,8, 16,7, 7,5 и 4,6%. Влажность ТПМ после размораживания колебалась в пределах 48 ... 52%.

Вышеуказанные физико-химические и текстурные изменения ТПМ во время его хранения в замороженном состоянии непосредственно влияют на органолептические свойства продукта. Сравнительная характеристика органолептических свойств образцов ТПМ до замораживания и образцов после хранения в замороженном состоянии 6 месяцев представлена в табл. 8.20. С точки зрения органолептических свойств замораживание способствует исчезновению упругости, эластичности, уменьшению ломкости и появлению более пористой структуры. Присутствие в продукте муки кукурузной способствует предотвращению негативного воздействия замораживания.

Таблица 8.20. Сравнительная характеристика изменений органолептических свойств ТПМС разным рецептурным составом при замене 5% СОМпри хранении

Образец	Внешний вид, консистенция	Вкус и запах	Цвет	Рисунок
1	2	3	4	5
Контроль до замораживания	Плотная, эластичная, ломкая на сгибе, однородная	Выраженный творожный, слегка кисловатый	Белый	Тесто без глазков или с ячейками неправильной формы, которые равномерно распределены по всей массе
Контроль после хранения 6 мес.	Пористая, слегка ломкая на сгибе, однородная			
КЯА до замораживания	Нежная, упругая, слегка ломкая на сгибе, однородная	Творожный с выраженным привкусом арахиса	Белый с сероватым оттенком	
КЯА после хранения 6 мес.	Нежная, пористая, однородная	Творожный с выраженным привкусом арахиса, слегка кисловатый		
Соотношение КЯА:МК (1 : 1) до замораживания	Нежная, эластичная, слегка ломкая на сгибе, однородная	Творожный, с наличием привкуса арахиса и кукурузы	Светло-желтый, равномерный по всей массе	
Соотношение КЯА:БК (1 : 1) после хранения 6 мес.	Нежная, в меру эластичная, в меру плотная, слегка ломкая на сгибе, однородная			

Продолжение табл. 8.20

1	2	3	4	5
МК до замораживания	Эластичная, в меру плотная, ломкая на сгибе, однородная по всей массе	Творожный с характерным привкусом кукурузы	Желтый, неравномерный	
МК после хранения 6 мес.	В меру плотная, ломкая на сгибе, в меру эластичная, однородная по всей массе			

8.8.5. Исследование химического состава творожного продукта мягкого после низкотемпературного хранения.

В процессе замораживания ТПМ происходят изменения его белковых веществ в результате денатурации (в результате отделения воды от белковой субстанции) и агрегации белков: дестабилизирующее действие низких температур на белки продукта сводится к повреждению белковых молекул крупными кристаллами льда и снижению их заряда концентрированными растворами солей, которые также вызывают дегидратацию, денатурацию и затем агрегирование белков.

В результате оценки аминокислотного состава образцов не замороженного и замороженного ТПМ (табл. 8.21) установлено, что более высокое общее количество аминокислот присуще образцам ТПМ, которые подвергались замораживанию. Повышение общего количества аминокислот замороженного и не замороженного контрольного образца ТПМ составляет 357,4 мг (примерно 1,4%), а разработанного образца – 257,1 мг (около 1%).

Таким образом, разработанный образец ТПМ длительного хранения после размораживания теряет меньше влаги, чем контрольный образец, в котором аминокислоты находятся в более концентрированном состоянии вследствие интенсивной дегидратации; растительные добавки способствуют удержанию большего количества влаги, что согласуется с предыдущими исследованиями.

Выявлено, что замораживание способствует незначительному снижению общего количества незаменимых аминокислот в обоих образцах продукта, в частности валина, изолейцина, лизина, метионина, фенилаланина, а также цистина.

Разработанный ТПМ содержит растительные масла, которые существенно подвергаются окислению и гидролизу. Определение содержания жирных кислот (табл. 8.21) указывает на повышение их количества в образцах ТПМ длительного хранения и особенно ненасыщенных. Результаты исследований жирнокислотного состава ТПМ свидетельствуют, что в замороженном рациональном образце ТПМ доминирует линолевая кислота, повышение содержания которой составляет около 12%; общее повышение жирных кислот контрольного образца составляет около 11%, рационального – 21%.

Таблица 8.21. Сравнительная характеристика аминокислотного состава творожного продукта мягкого до и после замораживания

Показатель	Творожный продукт мягкий			
	до замораживания (созревание 14 сут)		после 6 мес. Хранения при температуре -18±1 °С	
	Контроль- ный (без добавок)	Разрабо- танный	Контроль- ный (без добавок)	Разработан- ный
Вода, %	55,3	55,3	50,0	50,0
Белок, %	25,5	29,1	26,4	29,6
<i>Незаменимые аминокислоты, %:</i>	9,12	10,54	9,10	10,48
валин	1,18	1,35	1,13	1,30
изолейцин	1,16	1,35	1,15	1,34
лейцин	2,32	2,66	2,40	2,74
лизин	1,41	1,64	1,41	1,56
метионин	0,50	0,59	0,50	0,58
треонин	1,07	1,24	1,04	1,27
триптофан	0,27	0,33	0,28	0,34
фенилаланин	1,20	1,38	1,19	1,35
<i>Заменяемые аминокислоты, %:</i>	15,92	16,41	16,29	16,73
аланин	0,81	0,97	0,84	0,99
аргинин	0,65	0,69	0,68	0,70
аспарагиновая кислота	2,1	2,42	2,13	2,43
гистидин	0,51	0,41	0,52	0,42
глицин	0,52	0,80	0,53	0,82
глутаминовая кислота	5,36	5,65	5,49	5,79
пролин	2,92	2,00	3,00	2,07
серин	1,56	1,74	1,60	1,77
тирозин	1,28	1,47	1,30	1,49
цистин	0,21	0,26	0,20	0,25
Общее количе- ство аминокислот, %	25,03	26,96	25,39	27,21

Таблица 8.22. Сравнительная характеристика жирнокислотного состава ТПМ до и после замораживания

Жирная кислота		Содержание, %			
Наименование	ин-декс	ТПМ до замораживания (созревание 14 сут)		ТПМ после низкотемпературного хранения 6 мес.	
		Контроль-ный (без доба-вок)	Разработан-ный	Контроль-ный (без доба-вок)	Разработан-ный
<i>Насыщенные:</i>		1,96	2,124	2,09	2,22
пальмитиновая	C _{16:0}	1,22	1,3	1,25	1,34
стеариновая	C _{18:0}	0,7	0,722	0,78	0,8
арахиновая	C _{20:0}	0,04	0,06	0,06	0,08
<i>Ненасыщенные:</i>		12,419	12,96	13,86	15,993
пальмитолеино-вая	C _{16:1}	0,019	0,042	0,060	0,093
олеиновая	C _{18:1}	3,65	3,92	4,0	4,9
линолевая	C _{18:2}	8,75	9,04	9,8	11,0
<i>Всего</i>		14,38	15,084	15,95	18,213

Обобщая результаты химических исследований замороженного ТПМ можно утверждать, что продукт даже после 6 месяцев хранения в замороженном состоянии является источником белка, жирных кислот и его можно характеризовать как продукт с высокой пищевой и биологической ценностью.

8.8.6. ИК-спектроскопический анализ творожного продукта.

Исследование влияния растительных добавок и замораживания на изменение качества рационального и контрольного образцов ТПМ было установлено при изучении ИК-спектров, которые позволяют установить присутствие в молекулах важных группировок и связей (табл. 8.23) и служат средством идентификации этих веществ за счет выявления полос поглощения (рис. 8.31). Сопоставлением ИК-спектров контрольного и разработанного образцов ТПМ, которые находились 6 месяцев в замороженном состоянии (соответственно 1' и 2') с ИК-спектрами контрольного и разработанного образцов продукта, которые не подвергались замораживанию (соответственно 1 и 2) обнаружена похожая тенденция изменения полос поглощения: замораживание уменьшает интенсивность поглощения, то есть, замораживание способствует разрушению всех межмолекулярных и внутримолекулярных связей, сопровождающих процессы деструкции и дезагрегации. Зато, образцы ТПМ с растительными добавками (2 и 2') характеризуются более высокой интенсивностью полос поглощения относительно контрольных образцов (1 и 1') и имеют более выраженный характер связей.

Таблица 8.23. Валентные колебания групп

Валентные колебания групп, см ⁻¹				
ОН-	NH-	CH-	S-H-	C=O
3645...3500	3500...3300	3350...2850	2600...2550	1750...1720
Валентные колебания групп, см ⁻¹				
COOH-	CH ₃ -	C-O-	C=N	S=S-
1750...1700	1470...1355	1300...1000	1230...1030	550...450

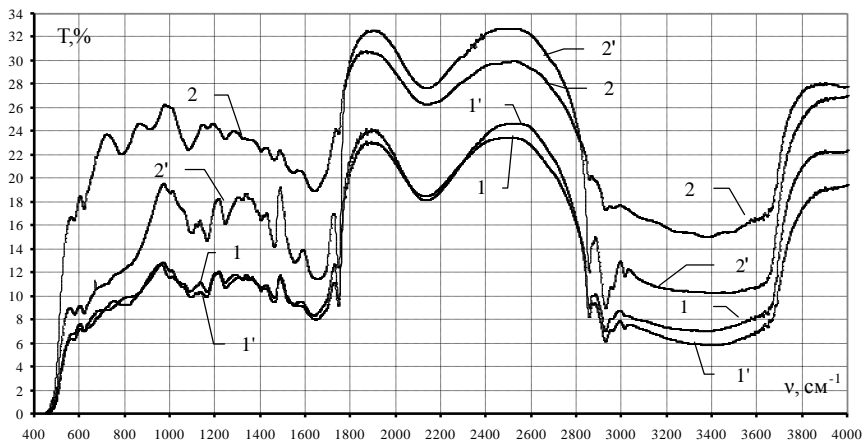


Рис. 8.31. ИК-спектры творожного продукта мягкого: контрольный образец (без добавок) при традиционных условиях хранения (1), разработанный образец при традиционных условий хранения (2), контрольный образец (без добавок) после 6 месяцев низкотемпературного хранения (1'), разработанный образец после 6 месяцев низкотемпературного хранения (2')

Сравнением ИК-спектров образцов ТПМ, которые находились 6 месяцев в замороженном состоянии с соответствующими незамороженным образцами установлены яркие изменения валентных колебаний групп ОН: наблюдается уменьшение интенсивности поглощения при $\nu = 3645 \dots 3500 \text{ см}^{-1}$, причем в контрольных образцах группы ОН, в большей степени, находятся в свободном состоянии; они участвуют в внутримолекулярных и межмолекулярных водородных связях и входят в состав свободной и связанной влаги.

Замораживание СМП приводит к уменьшению интенсивности поглощения при $\nu = 3500 \dots 3300 \text{ см}^{-1}$, $\nu = 3350 \dots 2850 \text{ см}^{-1}$, $\nu = 1750 \dots 1720 \text{ см}^{-1}$, $\nu = 1470 \dots 1355 \text{ см}^{-1}$, $\nu = 550 \dots 450 \text{ см}^{-1}$, характерных для валентных колебаний, соответственно, групп NH-, CH- (указывает на разрушение межмолекулярных и внутримолекулярных связей), C=O-, CH₃, S=S- (указывает на уменьшение высвобождения низкомолекулярных веществ).

Выявлено, что замораживание способствует увеличению интенсивности поглощения (1' относительно 1 и 2' относительно 2) при $\nu = 2600 \dots 2550 \text{ см}^{-1}$,

присущих валентным колебаниям групп S-H-, что указывает на увеличение низкомолекулярных серосодержащих соединений в размороженных образцах.

Более детальное рассмотрение полос поглощения выявило следующее. Все спектры содержат четко выраженные полосы колебаний в области 500 ... 1800 см^{-1} и 2600 ... 3700 см^{-1} . Первая область (500 ... 1800 см^{-1}) содержит полосы колебаний фрагментов молекул и связей. Максимумы второй области (2600 ... 3700 см^{-1}) в присутствии растительных добавок в образцах говорят о повышении интенсивности поглощения.

Спектры также имеют полосы поглощения в области колебаний 3200 ... 3300 см^{-1} , которые относятся к валентным колебаниям групп ОН в гидратных оболочках функциональных групп.

Для всех образцов характерны полосы поглощения в области 2850 ... 2930 см^{-1} , которые указывают на наличие симметричных и асимметричных валентных групп CH_3 -; максимумы в интервале частот около 1460 см^{-1} свидетельствуют о асимметричных деформационных колебаниях CH_3 - групп.

Полоса 1925 см^{-1} указывает на присутствие асимметричных валентных групп $-\text{CH}_2$; полоса в области около 2850 и 1470 см^{-1} свидетельствуют о симметричном усилении колебания групп $-\text{CH}_2$. Полосы 738 и 742 см^{-1} указывают на маятниковые колебания групп $-\text{CH}_2$. Для незамороженного рационального образца ТПМ (2) характерен слабый максимум в области полосы поглощения 720 ... 770 см^{-1} , характеризующий колебания метиленовых групп.

Полосы поглощения 1090 ... 1190 см^{-1} всех исследуемых образцов ТПМ указывают на наличие связей С-О- и спиртовых гидроксидов. Полоса в области 1170 см^{-1} всех образцов обуславливает наличие гем-диметильной группы и ее скелетное колебание.

Полоса 1210 см^{-1} для всех образцов, кроме рационального не замороженного образца (2) указывает на присутствие скелетных колебаний триметильной группы.

Полосы поглощения 958 см^{-1} указывают на колебания групп Р=О. Во всех спектрах имеются слабые максимумы 1402 ... 1404 см^{-1} , которые указывают на симметричные колебания карбоксилат-ионов.

Выявляются полосы поглощения 1720 ... 1728 см^{-1} , характеризующие валентные колебания связи С=О в недиссоциированных карбоксильных группах и сложных эфирах. Всем образцам присуще сильное поглощение при 2000 ... 2300 см^{-1} и слабое при 1350 см^{-1} , что указывает на асимметричные и симметричные валентные колебания двойных и тройных связей.

Валентные колебания ненасыщенной группы $=\text{CH}$ характерны для всех образцов в полосе 3020 см^{-1} .

Полоса 1600 ... 1650 см^{-1} указывает на наличие диенов и триенов и сопряженных двойных связей. Полоса в области примерно 3030 см^{-1} указывает на содержание ароматических соединений. Полосы 1560 ... 1640 см^{-1} , характерные для всех образцов, свидетельствуют о деформационных колебаниях группы NH_2 -.

Учитывая вышеприведенные результаты, можно заключить, что сравнение ИК-спектров контрольных образцов ТПМ с образцами, содержащими рас-

тительные добавки, выявило следующее: растительные добавки способствуют образованию дополнительных внутримолекулярных и межмолекулярных водородных связей; происходит межмолекулярная перестройка в комплексах соединений – органических кислот, белков, аминокислот. Замораживание способствует появлению деструкции и дезагрегации, а также образованию дополнительных групп S-H-

8.8.7. Исследование микроструктуры творожного продукта

Ряд физико-химических процессов, происходящих при замораживании ТПМ связан с кристаллизацией воды, а также ее диффузией и приводит к изменениям микроструктуры такого продукта.

На рис. 8.32 и 8.33 приведены полученные фотографии наиболее характерных участков микроструктуры контрольного и рационального образцов ТПМ после созревания и соответствующих образцов продукта после 6 месяцев низкотемпературного хранения, а также растительных добавок при разном увеличении. Обозначения структурных элементов ТПМ следующее: 1 – молочнокислотная основа, 2 – глазки, 3 – жировые шарики, 4 – КЯА; 5 – МК.

Микрофотографии образцов свидетельствуют, что основным структурным элементом ТПМ является однородная, мелкозернистая белковая масса, состоящая из мицелл казеина, соединенных с образованием сетчатой структуры. В структуре имеются разнообразные по форме полости (глазки) – от 50 до 140 мкм.

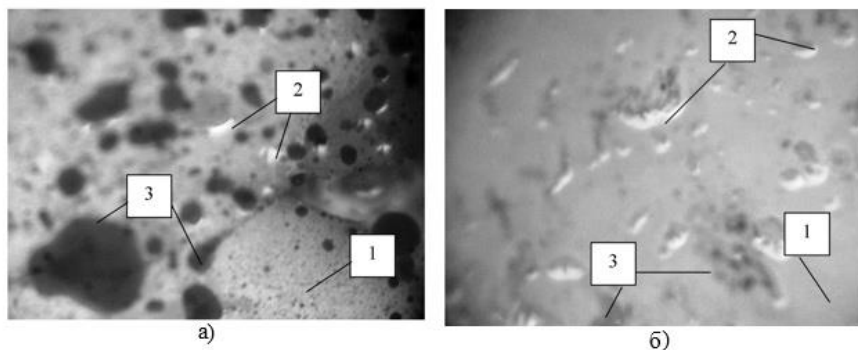


Рис. 8.32. Микроструктура контрольного образца ТПМ при увеличении в 120 раз: а) созревшего; б) после 6 месяцев низкотемпературного хранения

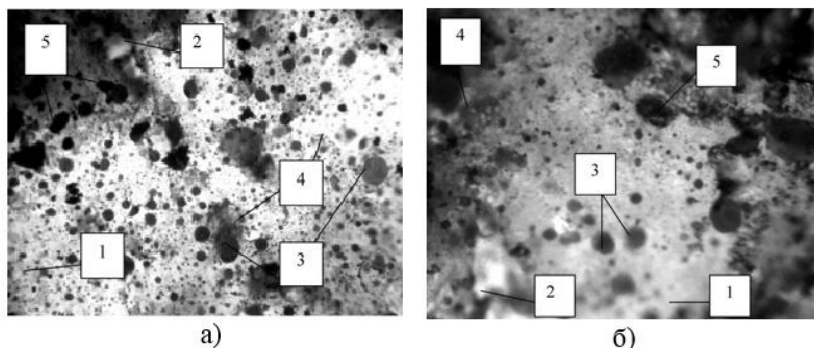


Рис. 8.33. Микроструктура разоботанного образца ТПМ при увеличении в 120 раз: а) созревшего; б) после 6 месяцев низкотемпературного хранения

В образцах белковой массы ТПМ с заменой СОМ наблюдаются равномерно распределенные фрагменты соответствующих растительных компонентов. Размер частиц муки кукурузной неоднороден и колеблется в пределах 100 ... 160 мкм, иногда размер частиц достигает 400 мкм. По технологическому процессу производства концентрата ядра арахиса размер его частиц составляет около 50 мкм.

Результаты исследования микрорельефа всех образцов показали наличие равномерно распределенных жировых шариков. Большая их часть распределена в виде мелких шариков диаметром около 20 ... 60 мкм; наблюдается более крупный диаметр жировых шариков – до 250 мкм.

Сравнением фотографий микрорельефа образцов ТПМ, которые подвергались влиянию замораживания с созревшими образцами ТПМ обнаружены потери специфической структуры, обусловленные воздействием низкой температуры. Видно, что замораживание влияет на плотность структуры: появляются дополнительные глазки неправильной формы вследствие ослабления белковой сетки кристаллами льда, однако весомый порок структуре ТПМ от кристаллов льда не наносится из-за кристаллизации воды в микрополостях белковой основы. То есть, скорость кристаллизации воды больше, чем скорость ее диффузии [51, 52, 53].

Влияние замораживания обуславливает формирование кристаллов льда, которые вызывают деформацию и локальное нарушение белковой основы с возможным образованием неупорядоченных структурных элементов ТПМ. Во время размораживания происходит частичное нарушение однородности и мелкозернистости белковой основы опытных образцов. Стоит отметить, что изменения микроструктуры зависят от температуры низкотемпературного хранения: высокие температуры могут привести к диффузии влаги и ее перераспределению, что обусловит увеличение крупных кристаллов льда. Микроструктурные исследования по изучению влияния замораживания на ТПМ позволили выявить, что замораживание способствует агрегации жировых шариков и образованию конгломератов неправильной формы.

На рис. 8.34 представлена микроструктура КЯА, а на рис. 8.35– микроструктура МК при различных увеличениях. Обнаружены частицы семенной оболочки арахиса размером до 120 мкм. Наблюдаются частицы муки кукурузной. Имеются зерна крахмала размером от 5 до 20 мкм, которые непосредственно участвуют в повышении содержания связанной влаги в продукте. Таким образом, выбор растительных компонентов творожного продукта является рациональным, поскольку, вместе с предложенным технологическим процессом производства, способствует получению структурного каркаса, который характеризуется однородностью и равномерностью распределения рецептурных компонентов.

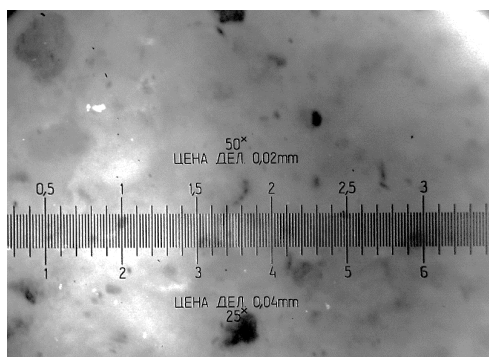


Рис. 8.34. Микроструктура КЯА при увеличении в 50 раз

То есть, ТПМ представляет собой дисперсную систему. Дисперсионной средой выступает молочно-белковая основа, дисперсной фазой – равномерно распределенные в ней частицы муки кукурузной, концентрата ядра арахиса и шарики масла. С учетом размера дисперсной фазы, система является грубодисперсной. По степени связанности частиц дисперсной фазы система связанно-дисперсной, поскольку ее элементы соединены между собой силами различной природы, то есть структура ТПМ являет собой связанную дисперсную систему с пространственной конфигурацией, которая препятствует свободному и спонтанному передвижению ее составляющих (особенно в образцах, которые не подлежали замораживанию). В связи с этим обуславливается высокая сочетаемость растительных компонентов с молочно-белковой основой продукта и прочность структуры. Установлено, что замораживание и низкотемпературное хранение ТПМ приводят к тому, что белковая основа теряет четкие контуры и белковые волокна сливаются в результате уменьшения гидратации параказеинового комплекса с увеличением размеров и округлением кристаллов при рекристаллизации льда. Вероятно, белковые молекулы в меньшей степени восстанавливают воду в тех местах, где были обезвожены и денатурированы, однако сохраняют агрегацию белковых структур. Жировые шарики также подлежат агрегации. Растительные добавки не подлежат весомым изменениям. Таким образом, структурные изменения в результате действия замораживания непосред-

ственно влияют на консистенцию ТПМ: она становится менее эластичной и теряет связанность и возникает риск образования слоистой структуры.

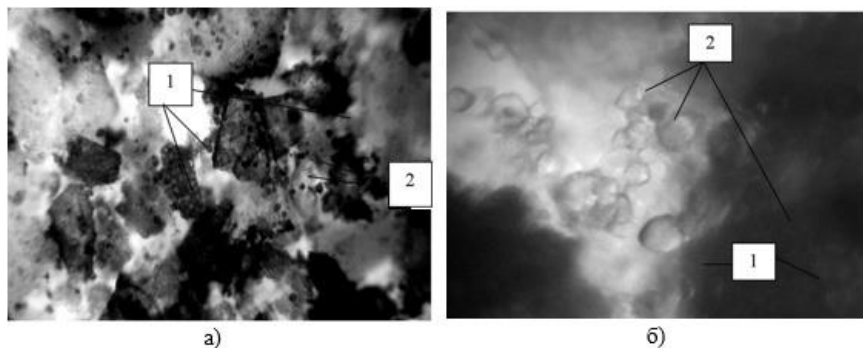


Рис. 8.35. Микроструктура МК: а) увеличение в 400 раз; б) увеличение в 600 раз (1 – частицы муки, 2 – зерна крахмала)

В разрезе проведенных научных исследований по изучению изменений показателей качества разработанного творожного продукта мягкого с растительными добавками во время его хранения при различных термических условиях, сделаны следующие выводы:

- по показателям безопасности творожный продукт микробиологически безвреден в течение 28 суток хранения в герметично упакованной таре при температуре 8 ± 2 °С, а при температуре хранения -18 ± 1 °С – 9 месяцев; содержание токсичных элементов в творожном продукте ниже, чем в нормативных требованиях;

- результаты исследований физико-химических показателей творожного продукта указывают на интенсивные изменения титруемой кислотности в течение первых 12...14 суток хранения. Замораживание способствует равномерному повышению титруемой кислотности в течение 9 месяцев хранения при низкой температуре. Выявлено, что введение растительных компонентов в систему способствует повышению показателя титруемой кислотности при различных температурных условиях; влияние КЯА на повышение титруемой кислотности более весомо. Перекисное и кислотное числа жира в условиях хранения ТПМ при температуре 8 ± 2 °С изменяются незначительно; результаты их исследований уже на 7 месяце низкотемпературного хранения свидетельствуют о появлении продуктов окисления;

- выявлено, что растительные компоненты, в частности мука кукурузная, способствуют удержанию влаги продуктом при различных условиях хранения. Влажность продукта после разморозки снижается на 4 ... 6%.

- выявлено, что замораживание ТПМ способствует увеличению общего количества аминокислот вследствие расщепления белков, увеличения сухих веществ при потере влаги и повышению содержания жирных кислот.

- результаты микроструктурного анализа позволили исследовать структуру творожного продукта с учетом рецептурного состава: исследованные образцы характеризуются однородностью и равномерностью распределения рецептурных компонентов. Структура творожного продукта представляет собой связанную дисперсную систему с пространственной конфигурацией, которая препятствует свободному и спонтанному передвижению ее составляющих. В системе обнаружены глазки размером от 50 до 140 мкм, частицы муки кукурузной размером 100 ... 160 мкм, а также жировые шарики диаметром 20 ... 60 мкм и, порой, до 250 мкм, незначительное количество частиц семенной оболочки арахиса.

Выявлено, что замораживание способствует потере специфической структуры продукта: появляются дополнительные глазки неправильной формы, а консистенция становится менее эластичной, что является следствием ослабления белковой сетки кристаллами льда. В результате анализа ИК-спектров ряда образцов творожного продукта доказано, что растительные добавки способствуют межмолекулярной перестройке соединений и образованию дополнительных внутримолекулярных и межмолекулярных водородных связей; замораживание же способствует дезагрегации и деструкции, образованию дополнительных групп S-H- в разработанном продукте.

Литература к главе 8

1. Роздова В. Ф. Растительные белки в составе плавящихся сырных продуктов / В. Ф. Роздова // Сыроделие и маслоделие. – 2009. – № 3. – С. 36–37.
2. Щербаков В. Г. Химия и биохимия переработки масличных семян / В. Г. Щербаков. – М. : Пищевая пром-сть, 1977. – 164 с.
3. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетическая ценность пищевых продуктов / ред. А. А. Покровский. – М.: Пищевая пром-сть, 1977. – 227 с.
4. Справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия / Р. Ш. Абиев [и др.]. – СПб. : Профессинал, 2004. – 838 с.
5. Walstra P. Dairy technology: principles of milk properties and processes / P. Walstra. – Marcel : MarcelDekker, 1999. – 727 p.
6. Бровкин С. И. Хлебопекарные свойства кукурузной муки / С. И. Бровкин, Л. Я. Ауэрман. – М. : ЦИНТИПИЩЕПРОМ, 1961. – 28 с.
7. Пивоваров П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування : навч. посібник в 4 ч. Ч. 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.
8. Applewhite T. H. Proceedings of the World Congress on Vegetable Protein Utilization in Human Foods and Animal Feedstuffs / T. H. Applewhite // The American Oil Chemists Society. – 1989. – 575 p.
9. Goldberg I. Functional foods: designer foods, pharmafoods, nutraceuticals / I. Goldberg. – New York : Chapman&Hall, 1994. – 571 p.
10. Черников М.П. Протеолиз и биологическая ценность белков / М.П. Черников. – М. : Медицина, 1975. – 231 с.

11. Зимон А. Д. Коллоидная химия : [учебник для вузов] / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – 3-е изд., доп. и исправл. – М. : АГАР, 2001. – 320 с.
12. Зобкова З. С. О консистенции кисломолочных продуктов / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова // Молочная пром-сть. – 2002. – № 11. – С.27–29.
13. Зонтаг Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г. Зонтаг, К. Штрэнге ; пер. с нем. под ред. О. Г. Усыярова. – Л. : Химия, 1973. – 152 с.
14. Особенности технологии термизированных (пастеризованных) сквашенных молочных продуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://food-forum.com.ua>.
15. Стурова Ю. Г. Влияние технологических факторов на органолептические показатели сыра / Ю. Г. Стурова, М. П. Щетинин // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 1. – С. 36–37.
16. Горбатова К. К. Биохимия молока и молочных продуктов / К. К. Горбатова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 344 с.
17. Гришин М.А. Криоконцентрирование молочного сырья / М.А. Гришин, О. Т. Бурдо, Ф.Р. Атлуханов // Мясная и молочная промышленность. – 1990. – № 6. – С. 21–43.
18. Grosclande F. Genetic aspects of casein research. / F. Grosclande, J. C. Mercier, Ribadeau Dumas // Neth. Milk Dairy J. – 1973. – Vol. 27. – P. 328.
19. Ярошкевич А. П. О физической структуре мицелл казеина. XXI Международный конгресс по молочному делу / А. П. Ярошкевич. – М. : Пищевая пром-сть, 1982. – Т. 1, кн. 2. – С. 143.
20. Fox Patrick F. Fundamentals of cheese science / Patrick F. Fox, P. F. Fox. – Aspen : Springer, 2000. – 587 p.
21. Walstra P. Dairy science and technology / P. Walstra, J. T. M. Wouters, T. J. Geurts. – Marcel : CRC/Taylor & Francis, 2006. – 782 p.
22. Walstra P. Dairy technology: principles of milk properties and processes / P. Walstra. – Marcel : Marcel Dekker, 1999. – 727 p.
23. Yada R. Y. Proteins in food processing / R. Y. Yada. – Abington : Woodhead Publishing, 2004. – 686 p.
24. Диланян З. Х. Сыроделие / З. Х. Диланян. – М. : Пищевая пром-сть, 1973. – 378 с.
25. Как влияет замораживание и низкотемпературное хранение на качество сыров / [И. В. Буянова, О. В. Кригер, И. О. Ларина, В. О. Буянов] // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 22–23.
26. Липатов Н.Н. Производство творога: теория и практика/ Н.Н.Липатов. – М.:Пищевая пром-сть, 1973. – 273 с.
27. Milk proteins chemistry and molecular biology / Ed. Н. А. McKenzie. – 1970. – Vol. 1.
27. Технология крахмала и крахмалопродуктов / [Н. Н. Трегубов и др.]; под ред. Н. Н. Трегубова. – [5-е изд., перераб. и доп]. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 472 с.
28. Филипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам / Г. О. Филипс, П. А. Вильяме ; пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой и Л. А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.

29. Eliasson A. C. Starch in food: structure, function and applications / A. C. Eliasson. – Abington : Woodhead Pub., 2004. – 605 p.
30. Thickening and Gelling Agents for food / Edited by Alan Imeson, Academic & Professional, UK. – 1994. – P. 343–389.
31. Eliasson A. C. Carbohydrates in food / A. C. Eliasson. – CRC/Taylor & Francis, 2006. – 546 p.
32. Phillips G. O. Handbook of hydrocolloids / G. O. Phillips, P. A. Williams. – Abington : Woodhead Publishing Limited, 2009. – 944 p.
33. Арет В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции / В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 448 с.
34. Бартенев Г.М. Физика полимеров / Г. М. Бартенев, С. Я. Френкель. – Л.: Химия, 1990. – 419 с.
35. Голубев В.Н. Функциональные свойства пектинов и крахмала / В. Н. Голубев, С.Ю. Беглов, А. В. Поджуев // Пищевые ингредиенты. Сырьё и добавки. – 2000. – № 1. – С. 14–18.
36. Белов Г. А. Технология сыра : справочник / Г. А. Белов, И. П. Бузов, К. Д. Буткус ; под общ. Ред. Г. Г. Шилера. – М. : Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 312 с.
37. Волков Г. О. Разработка и товароведная оценка мягких сыров с крупными добавками : автореф. Дис. На соискание уч. Степени канд. Техн. Наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / Г. О. Волков. – Кемерово, 2009. – 18 с.
38. Гурский П. В. Технология паст закусочных на основе кисломолочного сыру нежирного : дис. ... канд. Техн. Наук : 05.18.16 / Гурский Петро Васильевич. – Х., 2008. – 175 с.
39. Кострицька О. О. Удосконалення технології сыру кисломолочного із застосуванням високотемпературного оброблення молока : дис. ... канд. Техн. Наук : 05.18.16 / Кострицька Олена Олександрівна. – К., 2009. – 123 с.
40. Лисиченок О. В. Разработка технологии и оценка потребительских свойств творожного продукта «Особый» : автореф. Дис. На соискание уч. Степени канд. Техн. Наук : спец. 05.18.15 «Товароведение пищевых продуктов и технология продуктов общественного питания» / О. В. Лисиченок. – Новосибирск, 2007. – 16 с.
41. Онопрійчук О. О. Удосконалення технології сиркових виробів із зерновими інгредієнтами : автореф. Дис. На здобуття наук. Ступеня канд. Техн. Наук : спец. 05.18.16 «Технологія продуктів харчування» / О. О. Онопрійчук. – К., 2008. – 22 с.
42. Технологія харчової та кулінарної продукції з використанням білків молока : монографія / [Ф. В. Перцевой, П. В. Гурський, С. Л. Юрченко та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2010. – 225 с.
43. Соловьева М. С. Разработка технологии творожного продукта на основе сухих компонентов / М. С. Соловьева, Л. А. Забодалова // Молочное дело. – 2010. – № 5. – С. 14–15.
44. Степанова Л. И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. В 3 т. Т. 1. Цельномолочные продукты / Л. И. Степанова. – СПб. : ГИОРД, 1999. – 384 с.

45. Пивоваров П. П. Теоретичні основи технології харчових виробництв : навч. Посібник в 4 ч. Ч. 4. Вода та її значення у формуванні фізико-хімічних, органолептичних показників сировини та продуктів харчування / П. П. Пивоваров, Д. Ю. Прасол. – Харків : ХДАТОХ, 2003. – 48 с.

46. Торяник А. И. Молекулярная подвижность и структура водных систем : дисс. ... д-ра хим. наук / А. И. Торяник. – Донецк, 1978. – 368 с.

47. Торяник А. И. Определение влагосодержания в пищевых продуктах методом ЯМР : методическое пособие для аспирантов / А. И. Торяник, А. Г. Дьяков, Д. А. Торяник. – Х. : ХГУПТ, 2003. – 20 с.

48. Баль-Прилипка Л. В. Значення води у формуванні якості харчових продуктів / Л. В. Баль-Прилипка, О. М. Ляшенко // Молочное дело. – 2010. – № 8. – С. 8–12.

49. Дьяков А. Г. Система управления спектрометром ЯМР / А. Г. Дьяков, А. Ф. Даниленко // Сборник научных трудов НТУ ХПИ. Информатика и моделирование. – 2003. – № 26. – С. 119–123.

50. Лепилкина О. В. Особенности производства сырных продуктов с растительным жиром / О. В. Лепилкина, А. В. Чубенко, В. Е. Шутов // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 6. – С. 34–36.

51. Пивоваров П. П. Теоретична технологія продукції громадського харчування : навч. Посібник в 4 ч. Ч. 1. Білки в технології продукції громадського харчування / П. П. Пивоваров. – Х. : ХДАТОХ, 2000. – 116 с.

52. Пищевая химия / [А. П. Нечаев, С. Е. Траунбенберг, А. А. Кочеткова и др.] ; под ред. А. П. Нечаева. – [2-е изд., перераб. И испр.]. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 640 с.

53. Дибирасулаев М. А. Влияние холодильной обработки на питательную ценность пищевых продуктов / М. А. Дибирасулаев, И. И. Соколова // Холодильная техника. – 1991. – № 10. – С. 17–20.

54. Как влияет замораживание и низкотемпературное хранение на качество сыров / [И. В. Буянова, О. В. Кригер, И. О. Ларина, В. О. Буянов] // Сыроделие и маслоделие. – 2008. – № 4. – С. 22–23.

55. Алмаши Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой ; под ред. Э. Алмаши, А. Ф. Наместникова ; пер. с венг. О.А. Воронова. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.

**Ф.В. Перцевой, П.В. Гурский, В.И. Ладька
О.В. Пасько, Л.З. Шильман, И.В. Симакова
Н.Ф. Перцевой, М.В. Обозная, З.Ч. Гарнцарек**

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВОРОГА И ИНГРЕДИЕНТОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Монография

Подписано в печать 14.10.2020.
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 23,0.
Тираж 1000 экз.

ООО «Русайнс».
117218, г. Москва, ул. Кедрова, д. 14, корп. 2.
Тел.: +7 (495) 741-46-28.
E-mail: autor@ru-science.com
<http://ru-science.com>