

2001-368

ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ К 05.01.161

УДК.637.1.071.058-486.5

*На правах рукописи*

Аксупова Айгуль Мырзабековна

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ И  
ИММОБИЛИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ  
ВОЛОКОН В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ  
ПРОДУКТОВ**

Специальность - 05.18.04 – технология мясных,  
молочных и рыбных продуктов

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

БИШКЕК 2001

Работа выполнена в Научно-исследовательском химико-технологическом институте при Кыргызском Техническом Университете им И. Раззакова.

Научные руководители: академик Международной инженерной академии и Инженерной академии Кыргызской Республики, доктор химических наук, профессор **Баткибекова М.Б.**

член-корреспондент Инженерной академии Кыргызской Республики, кандидат химических наук, доцент **Мусульманова М.М.**

Официальные оппоненты: академик АЕН Республики Казахстан, доктор технических наук, профессор **Гаврилова Н.Б.**

кандидат технических наук **Тултабаева Т.Ч.**

Кыргызский научно-исследовательский институт животноводства

Официальные оппоненты:



Ведущая организация:

Защита состоится «25» января 2002г. в «10» час на заседании Диссертационного Совета К 05.01.161 при Научно-исследовательском химико-технологическом институте Кыргызского технического университета им. И. Раззакова по адресу: 720044, Бишкек, пр. Мира, 66.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке КТУ им. И. Раззакова

Автореферат разослан «24» декабря 2001г.

Ученый секретарь Диссертационного Совета, член-корреспондент Инженерной Академии Кыргызской Республики, профессор КТУ, кандидат химических наук, доцент

**Т.Ш. Джунушалиева**

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Пища во все времена была главной заботой человечества. И если еще до середины прошлого столетия на первый план выдвигалось достаточное производство пищи и ее соответствующее распределение среди членов общества, то во второй половине 20 в и, в особенности, в последние два его десятилетия мировые тенденции в области питания связаны с созданием так называемой «здоровой» или функциональной пищи. Основное назначение нового поколения продуктов питания – функциональных или нутрацевтиков – массовое оздоровление населения планеты, находящегося в условиях ухудшающейся экологической обстановки, приведшей к значительному росту заболеваемости и смертности, снижению средней продолжительности жизни и мужчин, и женщин. Противостоять росту числа «болезней цивилизации», многие из которых связывают с потребляемой человеком пищей, можно путем создания широкомасштабного промышленного производства продуктов питания, содержащих функциональные ингредиенты, обладающие защитными свойствами. В этом аспекте актуальность проведенных и представленных к защите исследований несомненна.

**Цель и задачи диссертации.** Создание качественно новых молочных продуктов с повышенной функциональностью с позиций теории позитивного питания, а также с точки зрения безотходного, комплексного использования сельскохозяйственного сырья явилось основной целью проведенных исследований.

Для достижения поставленной цели было необходимо:

- провести поиск природных источников функциональных ингредиентов для комбинирования с молочной основой и установить их влияние на биохимические, микробиологические процессы и структурообразование, протекающие при выработке молочных продуктов;

- разработать варианты рецептурных композиций комбинированных молочных продуктов;

- отработать технологические параметры выработки таких продуктов;

- подготовить необходимую документацию для внедрения новых технологий в промышленное производство.

Кроме того, целевым исследованием было конструирование системы фермент-носитель, используемой при создании непрерывных способов коагуляции белков молока. Для чего необходимо было:

- подобрать носитель для иммобилизации молокосвертывающего фермента;

- разработать способ связывания фермента с носителем с максимальным сохранением исходной активности нативного фермента;

- определить условия работы связанной формы молокосвертывающего фермента.

**Научная новизна.** В процессе отработки оптимальных технологических параметров выработки нового функционального молочного продукта и с целью

регулирования этого процесса изучена динамика кислото- и структурообразования в молочно-растительной смеси, заквашенной различными видами заквасок. Кислотообразующая способность лактобактерий в присутствии растительного наполнителя впервые охарактеризована такими показателями, как интенсивность сквашивания и коэффициент сквашивания, часовая индивидуальная продуктивность. Определены неизвестные ранее величины, характеризующие процесс формирования структуры при сквашивании молочного-зерновой композиции – интенсивность и коэффициент нарастания вязкости.

Новизна предложенных технологических решений подтверждена предварительными патентами Кыргызской Республики.

Разработан способ иммобилизации мококосвертывающего фермента на пектиновом носителе и определены кинетические параметры процесса катализа с помощью иммобилизованного пепсина.

**Научная и практическая значимость.** Положенная в основу проведенных исследований теоретическая база может стать направляющей для исследователей-пищевиков, занимающихся созданием продуктов нового поколения, содержащих натуральные биоаккумуляторы и повышающих резистентность организма человека и его адаптационные возможности.

Широкое внедрение в производство предложенных технологий, которые прошли апробацию на ряде молочных предприятий Кыргызской Республики с положительным эффектом, позволит:

- внести определенный вклад в формирование рынка функциональных продуктов в республике;

- создать условия для массового оздоровления населения страны с помощью молочных продуктов с высокими функциональными свойствами;

- решить проблему безотходного и комплексного использования сельскохозяйственного сырья (молока и зерновых злаков);

- улучшить экономические показатели молочных предприятий за счет точности и интенсификации процессов производства продукции, а также снижения себестоимости готовых изделий вследствие замены части молочного сырья на более дешевое растительное.

**Апробация полученных результатов.** Основные результаты работы доложены и обсуждены на 4-й Всесоюзной конференции «Разработка комбинированных продуктов питания / Медико-биологические аспекты, технология, аппаратное оформление, оптимизация» (Кемерово, 1991), Научно-практической конференции «Медицинская реабилитация и физическая терапия: состояние и перспективы» (Бишкек, 1997), Республиканской научно-практической конференции «Стратегические направления государственной политики Кыргызстана в области стандартизации, метрологии, сертификации и управления качеством продуктов до 2001г» (Бишкек, 1997), Международной научной конференции «Традиции и новации в культуре университетского образования» (Бишкек, 1998), Научно-практической конференции «Наука и наукоемкие горные технологии» (Бишкек, 2000), Научно-технической конференции по вопросу развития малых городов и поселков городского типа Кыргызской Республики (Чуй-Ток-

мок, 2001), Международной научно-практической конференции «Пищевая промышленность на рубеже веков: состояние, проблемы и перспективы» (Алматы, 2001), Конференции, посвященной 1 съезду инженеров Кыргызстана и 10-летию образования Инженерной академии Кыргызской Республики (Бишкек, 2001).

Работа удостоена диплома 1 степени на конкурсе среди молодых ученых и студентов на лучшую научную работу, объявленном Государственным агентством по интеллектуальной собственности при Правительстве Кыргызской Республики к 10-летию суверенитета Кыргызской Республики (2001г.).

Опытно-промышленная проверка технологии выработки функционально-кисломолочного напитка «Токчулук» проведена на базе АО «Эридан-Сут» и «Бишкексут» (протокол №1 от 12.02.98г. и №1 от 10.08.99г. соответственно).

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, обзора литературных данных по теме, методической части, экспериментальной части с обсуждением полученных результатов, выводов, библиографического списка (135 наименований) и приложения.

Диссертация изложена на 162 страницах, содержит 23 рисунка, 7 схем и 60 таблиц.

#### Содержание работы

В первой главе диссертационной работы проведен анализ мировых тенденций в области питания и отмечено, что концепция позитивного питания, включающая разработку теоретических основ, производства, реализации и потребления функциональных продуктов, в наибольшей степени отвечает требованиям времени. Функциональные продукты содержат один или несколько ингредиентов, оказывающих защитное воздействие на организм человека в условиях глобального ухудшения экологической обстановки, достигнутого критического уровня. Одним из основных функциональных ингредиентов являются пищевые волокна (пребиотики) с широким спектром физиологического воздействия, в связи с чем более подробно рассмотрены вопросы состава и структуры этих соединений, физико-химических и технологических свойств, важных с точки зрения конструирования функциональных продуктов или нутрацевтиков. Обращается внимание на другой аспект использования пищевых волокон, в частности пектина, - в качестве подложки для иммобилизации ферментов, ферментных систем и микроорганизмов. На основании приведенных из научной литературы сведений о носителях и способах связывания ферментов с этими носителями сделан вывод о том, что комплекс свойств пектинов позволяет использовать их для иммобилизации ферментов, в частности мококосвертывающих, путем включения в гель с целью создания непрерывных технологических процессов при выработке сыра и творога.

Во второй главе диссертационной работы приведены методики, которыми пользовался автор при выполнении экспериментальных исследований.

Третья глава содержит сведения о проведенных физико-химических, микробиологических и технологических исследованиях и их результатах.

В первой части рассматриваемой главы предметом обсуждения является вопрос повышения функциональности продуктов на молочной основе путем введения в рецептуру этих продуктов растительных компонентов с высоким содержанием пищевых волокон. В качестве таких компонентов выбраны зерновые злаковые культуры: пшеница, кукуруза, ячмень, содержащие в периферических слоях зерновки большие количества пищевых волокон, а также белков, витаминов и минеральных веществ, играющих функциональную роль. Известно также, что волокна, содержащиеся в зерновых культурах, оказывают наиболее глубокое положительное воздействие на общее оздоровление человеческого организма.

При подборе молочной основы будущих композиций наше внимание привлекли кисломолочные напитки, которые можно поставить на 1-е место в ряду функциональных молочных продуктов, главным образом, благодаря присутствию большого количества пробиотиков или эубиотиков, оказывающих значительный лечебный эффект на организм человека.

Наш выбор основывался также на стремлении решить некоторые технологические проблемы при производстве кисломолочных напитков, такие как: интенсификация процесса, стабилизация структуры и увеличение сроков хранения без использования консервантов и воздействия высоких температур на готовый продукт.

Объектами исследования явились: молоко с различной массовой долей жира, закваска на чистых культурах лактобактерий (производственная), кефирная грибковая закваска, зерна пшеницы, ячменя, кукурузы, смесь этих злаков.

Очевидным было внесение зерен в молоко в цельносмолотом виде, т.к. при этом сохраняются все исходные компоненты зерна, обеспечивающие его функциональные свойства, в первую очередь пищевые волокна, витамины, тогда как при обычном помоле зерна эти вещества переходят в отруби. Важна также степень размола, влияющая на органолептику готового продукта (вкус и консистенцию).

Цельносмолотые злаки с размерами частиц до 1 мм, до 1,5 мм и свыше 1,5 мм подвергались тепловой обработке в водной среде.

Для определения оптимального соотношения компонентов в разрабатываемой молочно-зерновой композиции исходное молоко подвергали пастеризации, охлаждали до температуры заквашивания, зависящей от состава микрофлоры закваски, и вносили закваску в количестве 5% от массы заквашиваемого молока. Одновременно с закваской в молоко вносили подготовленный наполнитель в соотношении наполнитель: молоко – 1:15; 1:7,5; 1:5; 1:3,75; 1:3. Смесь тщательно перемешивали и оставляли в покое при температуре сквашивания до образования кисломолочного сгустка необходимой плотности. Образцы, приготовленные на кефирной закваске, подвергали созреванию при 12-16 °С в течение 10-12 час.

Выбор оптимальной рецептурной композиции наполнитель: молоко и одновременное определение оптимальной степени дисперсности частиц зерново-

го наполнителя проводились органолептически, т.к. продукты предназначены в первую очередь для массового потребления.

В результате установлено, что при соотношении наполнитель: молоко 1:3; 1:3,75; 1:5 продукт имеет приятный кисломолочный вкус и аромат с привкусом внесенного наполнителя, достаточно плотный однородный сгусток с вкраплениями наполнителя, без отделения сыворотки, обладающий тиксотропностью, цвет белый с оттенком внесенного наполнителя.

Что касается дисперсности наполнителя, наиболее приемлемыми оказались фракции с размерами частиц 1-1,5 мм, т.к. в этом случае продукт имел нежную однородную консистенцию, свойственную йогуртам.

Для оценки воздействия исследуемых растительных компонентов на биохимические и структурно-механические процессы при сквашивании молока лактобактериями была изучена динамика кислото- и структурообразования в присутствии наполнителей на основе ячменя, кукурузы и смеси пшеницы с ячменем в сравнении с аналогичными процессами, протекающими в молоке без добавок.

Приготовление исследуемых образцов велось в соответствии с разработанной блок-схемой технологического процесса.

Исходя из результатов предыдущих исследований, были использованы мелкая и средняя фракции наполнителей из зерновых культур с размерами частиц до 1,5 мм, при соотношении наполнитель: молоко 1:3; 1:3,75; 1:5. Контролем служили образцы без наполнителя.

Определяемыми через каждый час параметрами были активная (рН) и титруемая ( $A_c$ ) кислотность, консистенция оценивалась по скорости истечения образца из пипетки с диаметром выходного отверстия 5 мм, а также по методике, предложенной ВНИМИ - по диаметру растекания.

Активная и титруемая кислотность для молочных продуктов являются показателями качества и факторами управления производственным процессом и определялись они соответственно на иономере универсальном ЭВ 74 и стандартным титрованием образца продукта децинормальным раствором едкого натра.

Полученные в ходе наблюдения за процессом сквашивания данные выборочно приведены на рис.1.

Процессы, протекающие при внесении в молоко ячменя и его смеси с пшеницей, носят аналогичный характер.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что внесение зерновых наполнителей, независимо от их вида, не изменяя общую направленность процесса кислотообразования, в то же время заметно снижают кислотность заквашенного молока на всем протяжении процесса сквашивания, вплоть до его окончания. В итоге целевые молочно-растительные композиции имеют титруемую кислотность на 15-20 °Т ниже контрольного образца (без наполнителя), что обуславливает существенное повышение диетических свойств этих продуктов и увеличение сроков их хранения.



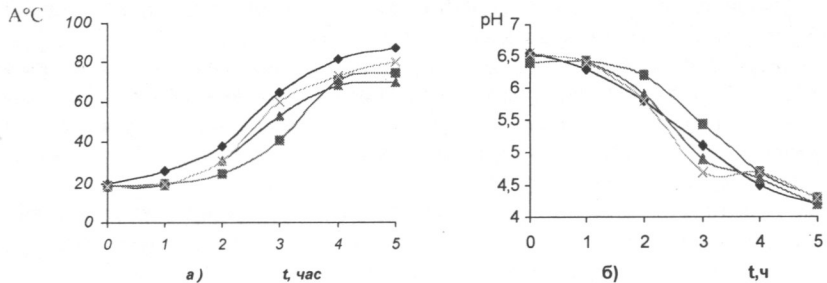


Рис.1. Динамика изменения титруемой (а) и активной (б) кислотности в процессе сквашивания молока заквасками на чистых культурах лактобактерий в присутствии различных количеств кукурузного наполнителя

условные обозначения:  
 —●— контрольный образец  
 —■— соотношение наполнитель:молоко 1:3  
 —▲— соотношение наполнитель:молоко 1:3,75  
 —×— соотношение наполнитель:молоко 1:5

На основании данных по изменению активной и титруемой кислотности в процессе сквашивания молока различными видами заквасок без наличия зерновых добавок и при их присутствии были определены для каждого случая величины интенсивности сквашивания ( $I_s$ ) и коэффициента сквашивания ( $\delta$ ), более точно характеризующие кислотообразующую способность лактобактерий. Полученные данные выборочно представлены графически на рис.2,3.

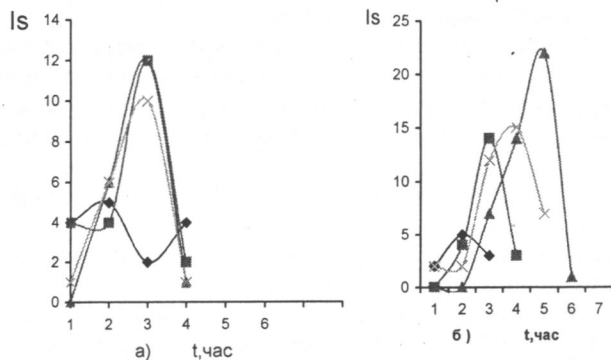


Рис.2. Интенсивность сквашивания в зависимости от времени в образцах с ячменным наполнителем (а), кукурузным наполнителем (б) (среднедисперсная фракция), заквашенных закваской на чистых культурах лактобактерий. Обозначения на рис. 2-5 те же, что и на рис.1

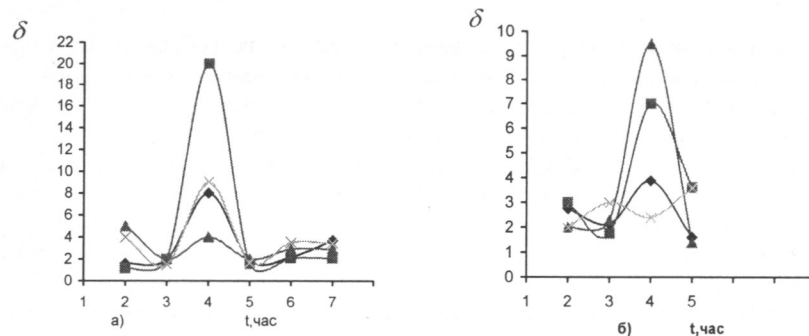


Рис.3. Динамика изменения коэффициента сквашивания в образцах с кукурузным наполнителем (а), ячменно-пшеничным наполнителем (б) (среднедисперсная фракция), заквашенных кефирной грибковой закваской

Как видно (рис.2), при внесении среднедисперсной цельносомлотой кукурузы и ячменя в заквашенное лактобактериями молоко максимум интенсивности сквашивания по величине превышает этот показатель для контрольного образца, но наступает на 1-3 час позднее.

Заквашивание молочно-растительной смеси кефирной грибковой закваской влияет на величину коэффициента сквашивания, но его максимум проявляется практически в одно и то же время для всех образцов (рис.3).

Данные, иллюстрирующие закономерности процесса образования пространственной структуры при сквашивании молока и молочно-растительной смеси, представлены на рис.4,5.

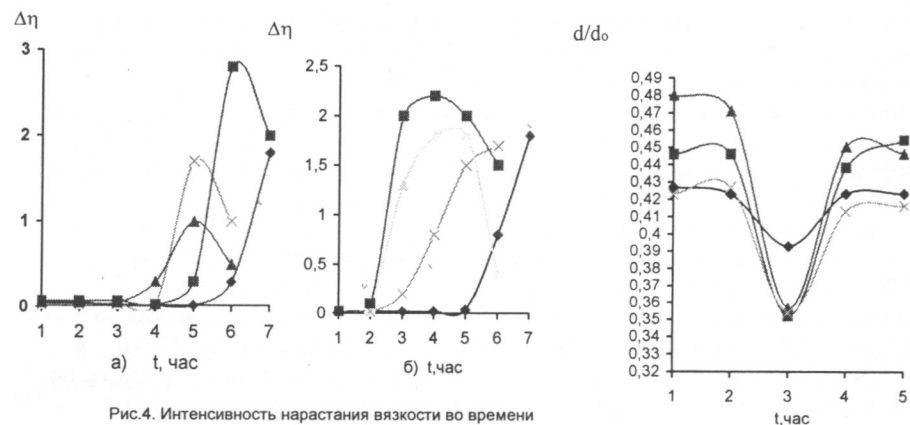


Рис.4. Интенсивность нарастания вязкости во времени в образцах с кукурузным наполнителем (а), пшенично-ячменным наполнителем (б) (среднедисперсная фракция, заквашивание кефирной грибковой закваской).

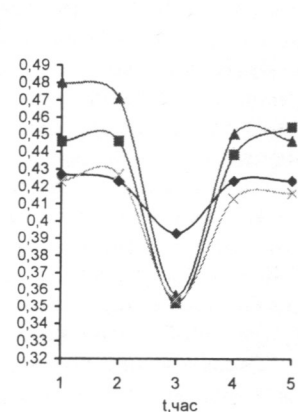


Рис.5. Динамика изменения коэффициента растекаемости в образце с кукурузным наполнителем мелкой фракции (заквашивание закваской, приготовленной на чистых культурах лактобактерий)

Анализ кривых (рис.4) показывает, что процесс гелеобразования в опытных образцах завершается через 4-6 часов после заквашивания, в то время как в контрольном образце интенсивность нарастания вязкости не достигла своего максимума и через 7 часов с момента внесения закваски.

Наблюдение за ходом формирования структуры кисломолочного сгустка по другому показателю – относительному диаметру растекания ( $d/d_0$ ) позволило четко определить момент времени, когда сгусток нельзя подвергать какому-либо механическому воздействию во избежание его необратимого разрушения, (минимальная величина  $d/d_0$ ) – 3 часа с момента внесения закваски (рис.5), независимо от присутствия или отсутствия наполнителей. Таким образом, наполнители на основе цельнозерновых злаков в определенной степени можно отнести к пищевым стабилизирующим добавкам, регулирующим процессы структурообразования.

Ускорение процесса формирования кисломолочного сгустка в присутствии зерновых наполнителей при одновременном снижении темпов кислотообразования в сравнении с контрольным образцом весьма затруднительно интерпретировать однозначно. В связи с тем, что, наряду с факторами среды – pH и температурой – существенно влияют на скорость сквашивания и образуемое количество кислоты также индивидуальные свойства лактобактерий, нами изучена динамика накопления биомассы в ходе молочнокислого брожения в молоке и молочно-зерновой смеси. Полученные данные, представленные на рис.6, показали, что присутствие зернового наполнителя существенно влияет на количество лактобактерий, которых примерно на 1 порядок меньше, чем в контрольном образце в первые 5 часов сквашивания с соответствующим снижением кислотности продукта.

Для установления степени воздействия зерновых добавок на биохимическую активность отдельной клетки лактобактерий определено среднее количество бактериальных клеток, действовавших в течение известного промежутка времени, а затем вычислено среднее индивидуальное участие в этом приросте каждой отдельной клетки культуры, то есть индивидуальная часовая продуктивность отдельной клетки лактобактерий в процессе сбраживания лактозы молока с добавлением и без добавления зернового наполнителя (рис.7).

Из рисунка видно, что начальная индивидуальная часовая продуктивность отдельной клетки колеблется в очень широких пределах, примерно от 0 до  $140 \cdot 10^{-10}$  мг с последующим снижением во времени, что согласуется с данными О. Рана, который установил изменение этой величины для наиболее распространенной лактобактерии *L.lactis ssp.lactis* в пределах от 0 до  $160 \cdot 10^{-10}$  мг.

Расположение кривых на рис.7 показывает, что внесение зерновых наполнителей усиливает продуцирование молочной кислоты лактобактериями кефирной закваски в несколько раз (примерно в 2,5 раза при использовании кукурузы и примерно в 7 раз – при внесении ячменя). То есть, несмотря на значительно меньший объем микрофлоры в продуктах с наполнителями (рис.6), отдельная клетка лактобактерий принимает более активное участие в приросте кислотности, чем бактерия в контрольном образце. Исходя из этих

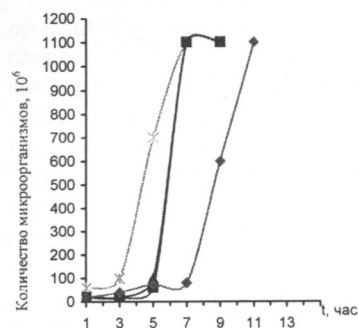


Рис. 6. Динамика накопления биомассы в процессе сквашивания образцов молока кефирной закваской условные обозначения:

—ж— контрольный образец  
 —▲— с пшенично-ячменным наполнителем  
 —■— с ячменным наполнителем  
 —◆— с кукурузным наполнителем

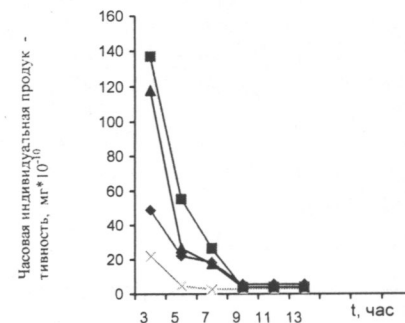
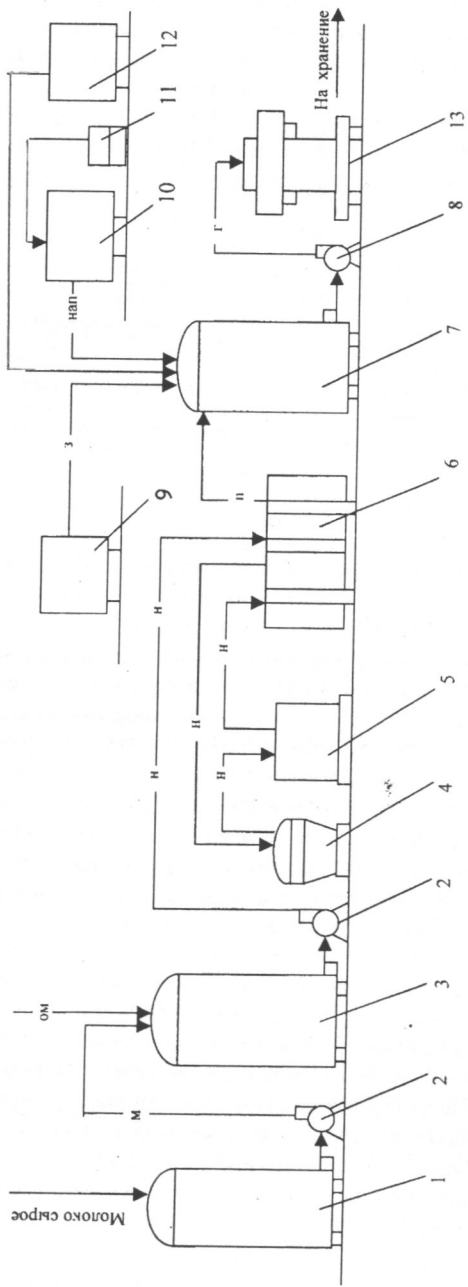


Рис. 7. Динамика изменения часовой индивидуальной продуктивности клетки лактобактерий в процессе сквашивания образцов молока кефирной закваской

результатов можно констатировать, что присутствие в исследуемой системе цельнозерновых злаков снижает темп размножения микрофлоры внесенной закваски, видимо, вследствие повышения осмотического давления и связывания свободной воды компонентами наполнителя без снижения или даже некоторого увеличения её кислотообразующей способности. С большей вероятностью можно также говорить о том, что ускорение формирования кисломолочного сгустка обусловлено присутствием термостабильных растительных ферментов, обладающих способностью коагулировать казеин, а также наличием в зерновых злаках достаточного количества пищевых волокон, которые, как известно, обладают влагосвязывающим свойством, обуславливающим дегидратацию казеина и, следовательно, его коагуляцию. Последнее обстоятельство способствует также увеличению сроков хранения напитков до 10 дней из-за недоступности связанной влаги микроорганизмам.

Таким образом, в результате изучения кинетики процессов кислото- и структурообразования при сквашивании молочно-зерновой композиции, а также характеристики этих процессов с микробиологической и биохимической точек зрения отработаны рациональные дозы введения наполнителей в молоко, обеспечивающие получение продуктов с заданной структурой и качественными показателями; определены важные технологические параметры производства новых кисломолочных продуктов «Токчулук». Новизна подтверждена предварительным патентом Кыргызской Республики. Разработанная технология предусматривает использование серийно выпускаемого оборудования (технологическая схема 1), позволяет расширить ассортимент молочных продуктов с повышенной функциональностью.



Технологическая схема 1 производства кисломолочного напитка «Токчулук»  
 1-емкость для хранения молока; 2 -центробежный насос; 3-резервуар для нормализованной смеси; 4- сепаратор-молокоочиститель; 5 - гомогенизатор;  
 6 - пастеризационно-охлаждающая установка; 7-резервуар для сквашивания; 8- насос для вязких продуктов; 9 -заквасочник; 10- емкость для подготовки наполнителя; 11- емкость для подачи воды; 12- емкость для сахара или соли; 13- автомат для расфасовки.  
 Условные обозначения: -м- молоко сырое; -ом- обезжиренное молоко; -н- нормализованное молоко; -п- пастеризованное молоко; -з- закваска;  
 -в- вода; -с- соль или сахар; -нап- наполнитель; -г- готовый продукт.

Хорошие органолептические и технологические показатели целевых продуктов сочетаются с высокой пищевой и биологической ценностью, обусловленной присутствием растительного компонента, снижающего титруемую кислотность, обогащающего молочные продукты растительными белками, углеводами, аминокислотами, витаминами, минеральными веществами, а также в достаточном количестве пищевыми волокнами, которые регулируют биохимические процессы в органах пищеварения, снижают вероятность возникновения сердечно-сосудистых, онкологических и других заболеваний, выводят из организма тяжелые металлы, радионуклиды, холестерин, микробные токсины и другие загрязнители.

По микробиологическим показателям, содержанию токсичных элементов, пестицидов и микотоксинов продукты являются безопасными и их можно рекомендовать для детского, диетического, профилактического питания, а также для всех, кто стремится к здоровому образу жизни. Социальный эффект дополняется экономическим, т.к. себестоимость продукции снижается за счет использования более дешевого растительного сырья, заменяющего до 20% молочной основы (10,25 сом за 1 кг «Токчулука» в сравнении с 11,00 сом за 1 кг кефира).

Кроме того, комбинирование с растительными компонентами позволяет из одной и той же массы молока получить больше готовой продукции.

Экспериментальные продукты с оригинальным вкусовым букетом и плотной консистенцией, свойственной йогуртам, были представлены Республиканской дегустационной комиссии и получили высокую оценку с рекомендацией промышленного выпуска ( протокол № 3 от 25 апреля 1997г ).

Разработана необходимая нормативно-техническая документация на предлагаемые продукты, произведена с положительным эффектом опытно-промышленная апробация технологии на АО «Бишкексут» и АО «Эридан-Сут» (имеются акты проверки).

Положительный опыт использования зерновых наполнителей в составе кисломолочных продуктов позволил продолжить работу в этом направлении, но на этот раз в качестве основы напитка была взята молочная сыворотка с широким спектром позитивного воздействия на различные системы и органы человека, на сопротивляемость его организма заболеваниям.

Задачей проведенных нами работ было создание продукта массового потребления, в котором сочетаются исключительно ценные свойства самой молочной сыворотки с не менее ценными свойствами зерновых злаков.

Технологический процесс приготовления сывороточного напитка включает следующие операции: подготовка наполнителей, внесение их в молочную сыворотку, тепловая обработка, охлаждение до температуры заквашивания, внесение дрожжевой закваски и соли, сквашивание (брожение), расфасовка, доохлаждение и хранение.

На основе этой технологии отработаны рациональные дозы внесения зерновых злаков в молочную сыворотку, обеспечивающие получение напитка с необходимыми качественными показателями, изучена динамика накопления

кислоты и спирта в процессе хранения; определены некоторые показатели безопасности и минеральный состав готового продукта.

Целевые сыровоточные напитки, обогащенные компонентами, содержащимися в зернах злаковых культур, вполне можно отнести к категории продуктов функционального питания, способных повысить качество жизни населения; кроме того они обладают привлекательными для потребителя газированной консистенцией и приятным, освежающим вкусом и ароматом, утоляют жажду и притупляют чувство голода. Могут быть рекомендованы для общего, диетического и профилактического питания.

Разработанный способ приготовления сыровоточных напитков защищен патентом Кыргызской Республики, подготовлена и утверждена в установленном порядке нормативно-техническая документация, ведутся подготовительные работы по внедрению технологии в производство, что позволит оздоровить население и уменьшить загрязнение гидросферы.

Во второй части главы 3 диссертации рассмотрен ряд вопросов, касающихся возможности использования пищевых волокон, а именно пектина, в качестве подложки (носителя) для иммобилизации молокосвертывающих ферментов.

При выборе носителя объектами исследования были: свекловичный, яблочный, цитрусовый и низкометоксилированный яблочный пектины.

В качестве молокосвертывающего фермента исследовался пепсин.

Иммобилизация пепсина проводилась методом включения в пектиновый гель. Полученные на основе исследованных носителей гранулы иммобилизованного пепсина исследовались на механическую прочность и сохранение активности по продолжительности свертывания 10% -ного раствора сухого обезжиренного молока.

Сравнительный анализ полученных с различными видами пектина данных свидетельствует о том, что низкометоксилированный яблочный и свекловичный пектины в большей степени соответствуют требованиям, предъявляемым к носителям для иммобилизации.

Для выявления оптимальной концентрации пектинового раствора, которая определяет консистенцию образующихся гранул, были исследованы 4; 4,5 и 5 – процентные пектиновые растворы. Иммобилизация свиного пепсина, а также определение остаточной активности связанного с носителем фермента осуществлялись по известным методикам, с некоторыми изменениями в методике определения остаточной активности. Нами предложено для характеристики процесса гелеобразования в молоке под действием фермента использовать инструментальный и, следовательно, более точный метод. Для этого восстановленное обезжиренное молоко, предварительно обработанное ферментным комплексом, подогревают до температуры коагуляции казеина (30-32 °С), через каждые 3 мин отбирают пробы объемом 5 см<sup>3</sup>, центрифугируют (скорость 5000 об/мин) для отделения образовавшихся хлопьев казеина и в надосадочной жидкости (сыворотке) определяют оптическую плотность на фотоэлектроколориметре ФЭК-56-У4.1. Полученные данные представлены графически на рис.8.

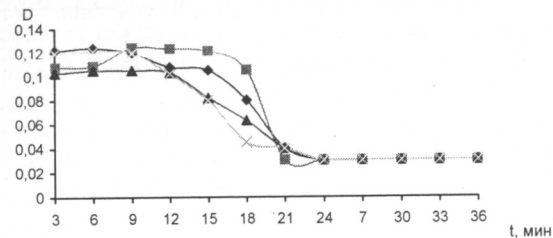


Рис. 8. Динамика изменения оптической плотности сыворотки в зависимости от концентрации используемого для иммобилизации пепсина пектинового геля:

—♦— для нативного фермента    —■— 5,00%    —▲— 4,50%    —x— 4%

Из приведенного рисунка видно, что иммобилизация пепсина не вызывает значительных изменений его активности, независимо от концентрации пектинового носителя.

Другим важным параметром, характеризующим каталитические свойства связанных с носителем ферментных систем, является кратность их использования в процессах биотрансформации. Все полученные нами пепсин-пектиновые смеси подвергались такому испытанию. За один цикл принята обработка партии молока при температуре 10-12°С, температуре коагуляции 32-33°С с максимальной продолжительностью свертывания казеина 40 мин.

В результате установлено, что максимальную кратность использования (7 раз) имеет ферментная система, сформированная из 5 %-ного пектинового геля, тогда как для других исследованных концентраций - 4 и 5 % - эта цифра соответственно равна 4 и 5. Попытки дальнейшего увеличения концентрации пектинового раствора до 6 % дали отрицательный результат, т.к. чрезмерная вязкость такого раствора затрудняла формирование иммобилизантов.

Одним из важных факторов, определяющих активность иммобилизованных препаратов, является размер их частиц. Регулирование этого параметра дает возможность повысить общую наблюдаемую удельную активность фермента. Были исследованы шарики иммобилизованного пепсина с диаметром от 2,0 до 5,0 мм. С помощью полученных препаратов проводили обработку молока и измерение величин оптической плотности выделенной сыворотки.

Наибольшая активность проявилась с гранулами размером 2-2,5 мм, когда продолжительность свертывания молока составила менее 30 мин, но при этом кратность использования была минимальной (3-4 раза), что снижает эффективность использования иммобилизованных ферментов. Возможно, здесь наблюдается большая степень «смываемости» фермента из-за высокой удельной поверхности мелких пектиновых шариков.



Оптимальным размером, видимо, следует считать диаметр 5 мм, когда наблюдалась довольно высокая остаточная активность иммобилизаторов и наибольшая кратность использования – 7 раз.

С целью выявления рН-оптимума активности иммобилизованного препарата были приготовлены ацетатные буферные растворы со значениями рН 5,4; 5,9; 6,1; 6,16, куда вносили 10 %-ный раствор сухого обезжиренного молока в соотношении 1:1. Обработку смесей иммобилизованным пепсином проводили при температуре 10°C в течение 1 минуты с расчетным временем свертывания 15 мин. Затем смеси подогревали до температуры 32°C и полученные сгустки характеризовали органолептически. В выделенной сыворотке определили оптическую плотность. Аналогичные исследования были проведены для нативного фермента.

Полученные результаты показали, что оптимальным значением активной кислотности среды для действия нативного пепсина и его иммобилизованной модификации является рН 5,4, при котором образуется сгусток с хорошими реологическими характеристиками, а сыворотка – с минимальным значением оптической плотности.

Исследования по определению оптимальной температуры действия иммобилизованного и нативного фермента показали, что по мере увеличения температуры до 40°C ускоряется процесс образования сгустка с выделением прозрачной сыворотки, но при этом сгусток получается чрезмерно плотный и резиновый, что затрудняет его обработку. В связи с этим оптимальной температурой для получения сгустка с заданными свойствами и для развития микрофлоры сыра следует считать температуру 32°C.

Выявлены условия хранения, позволяющие максимально сохранить свойства и физическое состояние полученных препаратов иммобилизованных ферментов. Оптимальным является хранение иммобилизованных препаратов в 10%-ном растворе CaCl<sub>2</sub>, не изменяющем их первоначальные свойства.

*В приложениях* представлены решения Республиканской дегустационной комиссии, акты о промышленной проверке новой технологии кисломолочного напитка «Токчулук», протоколы испытаний целевых напитков «Токчулук», «Дан-Ай» по показателям безопасности на соответствие требованиям Санитарных норм и правил пищевых продуктов № 2.3.2.560-96, спектрограмма по минеральному составу, экономические показатели и программы математического моделирования компонентного состава кисломолочного напитка «Токчулук» и сывороточного напитка «Дан-Ай».

#### ВЫВОДЫ:

1. Процесс кислотообразования в заквашенных различными видами заквасок молочно-растительных композициях охарактеризован ранее неизвестными для таких систем значениями интенсивности сквашивания и коэффициента сквашивания.
2. Установлено, что присутствие цельнозерновых зерен злаков в количестве 20-35 % к массе молока снижает темпы размножения микрофлоры закваски и, как

следствие этого, сдерживает развитие молочнокислого брожения на всем протяжении процесса сквашивания молочно-растительной композиции, что в конечном итоге приводит к получению продуктов с высокими диетическими свойствами.

3. Установлено, что биохимическая активность отдельной микробной клетки закваски, выраженная в значениях часовой индивидуальной продуктивности, в первые 3 часа сквашивания молока с зерновыми добавками в 2,5-7 раз превышает аналогичный показатель для лактобактерии, развивающейся в молоке без добавок.

4. Показано, что цельнозерновые зерна злаков ускоряют формирование структуры кисломолочного сгустка при сквашивании молока различными видами заквасок по меньшей мере на 2 часа, интенсифицируя технологический процесс приготовления целевого продукта и выступая в роли пищевой стабилизирующей добавки, придающей продукту необходимую вязкость для обеспечения его высоких потребительских свойств.

5. Предложено для характеристики процесса структурообразования при сквашивании молока и молочно-растительных смесей использовать такие понятия, как интенсивность нарастания вязкости, коэффициент нарастания вязкости и коэффициент растекаемости, позволяющие оптимизировать параметры технологического процесса выработки кисломолочных продуктов.

6. На основе полученных данных разработаны научно-обоснованные рецептуры и отработаны технологические параметры выработки нового функционального кисломолочного напитка с зерновыми добавками - «Токчулук».

7. Разработана необходимая нормативно-техническая документация на кисломолочный напиток «Токчулук» и проведена с положительным результатом опытно-промышленная проверка технологии этого напитка на ряде предприятий молочной промышленности Кыргызской Республики.

8. Разработаны рецептурные композиции, технология и требуемые нормативные материалы для физиологически функциональных напитков на сывороточной основе, обогащенных зернами злаков.

9. Изучена возможность использования одного из основных представителей пищевых волокон - пектина в качестве подложки для иммобилизации молочно-свертывающих ферментов. Установлено, что оптимальными иммобилизационными свойствами обладают свекловичный и низкометоксилированный яблочный пектины.

10. Определены оптимальные условия иммобилизации пепсина методом включения в пектиновый гель и изучена ферментативная активность иммобилизаторов. Установлено, что иммобилизация на пектиновом носителе не влияет на температурный и рН-оптимум действия пепсина на белки молока.

#### Список работ, опубликованных автором по теме диссертации

1. Мусульманова М.М., Тамабаева Б.С., Тюребаева Дж.В., Аксупова А.М. Перспективы использования пектин-белковых аддуктов при производстве мясных и молочных продуктов // 4 Всесоюз. конф. «Разработка комбинированных

продуктов питания / Медико-биологические аспекты, технология, аппаратное оформление, оптимизация: Тез. докл., Раздел III а. – Кемерово, 1991. – С.37.

2. Ашубаева З.Ж., Мусульманова М.М., Аксупова А.М., Тюрбаева Дж.В. Возможности использования природных полисахаридов в качестве подложки для фиксации молокосвертывающих ферментов / Статья деп. В КыргНИИНТИ № 819 от 23.11.95.

3. Мусульманова М.М., Мамбетова А.Ш., Аксупова А.М. Пищевые добавки на основе продуктов переработки зерновых // Науч.-пр. конф. «Медицинская реабилитация и физическая терапия: состояние и перспективы»: Тез. докл., ч. III. – Бишкек, 18-20 сент. 1997. – С.98.

4. Предварительный патент №294, МКИ А23 С 9/127. Способ производства кисломолочного продукта «Токчулук» / М.Б. Баткибекова, М.М. Мусульманова, А.Ш. Мамбетова, А.М. Аксупова, М.Н. Румянцева (Кыргызская Республика). – № 970070.1; Заявлено 19.05.97; Оpubл. 30.03.99. Бюл. 1, 1999.

5. Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М., Курбанова А.М., Аксупова А.М. О химическом составе молока, заготовляемого в Кыргызской Республике // Респ. науч.-практ. конф. «Стратегические направления государственной политики Кыргызстана в области стандартизации, метрологии, сертификации и управления качеством продуктов до 2001 г.»: Сб. матер., – Бишкек, 1997. – С.113.

6. Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М., Аксупова А.М., Тюрбаева Дж.В. Возможности использования природных полисахаридов в качестве подложки для фиксации молокосвертывающих ферментов // Междунар. науч. конф. «Традиции и новации в культуре университетского образования»: Сб. тр., ч. III. Бишкек, 1998. – С.124.

7. Аксупова А.М., Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М., Мамбетова А.Ш., Абдылдаева Р.Р., Эсенгельдиева Д.М. Технологические аспекты разработки комбинированных молочно-растительных продуктов // Наука и новые технологии. – 1999. – № 4. – С.149.

8. Аксупова А.М. Сравнительное исследование влияния добавок из цельнозернового зерна на процесс накопления биомассы и изменения минерального состава в кисломолочном продукте // Приложение к журналу «Наука и новые технологии». – 1999. – С.80.

9. Аксупова А.М., Мусульманова М.М., Баткибекова М.Б. Оптимизация компонентного состава молочной сыворотки // Наука и новые технологии. По матер. научн. практич. конф. «Наука и наукоемкие горные технологии». Бишкек. – 2000. – № 5. – С.203.

10. Предварительный патент №430, МКИ А 23 С 21 / 08. Прохладительный напиток / М.Б. Баткибекова, М.М. Мусульманова, А.М. Аксупова (Кыргызская Республика). – № 980091.1; Заявлено 17.09.98; Оpubл. 01.03. 2001. Бюл. № 2. – 2001.

11. Аксупова А.М., Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М. Оптимизация условий приготовления и использования иммобилизованных молокосвертывающих ферментов // Вестник Кыргызского Технического университета им. И.Раззакова. Химико-технологические науки. – 2001. – № 3. – С.35.

12. Аксупова А.М., Мусульманова М.М., Баткибекова М.Б., Рахманалиев А.Р. Хемиопрепараты в молочных продуктах // Междунар. науч.-практ. конф. «Пищевая промышленность на рубеже веков: состояние, проблемы и перспективы»: Матер. конф. – Алматы, 2001. – С.131.

13. Аксупова А.М. Оптимизация компонентного состава молочной сыворотки определение технологических параметров производства напитка из сы-

воротки // Науч. технич. конф. по вопросу развития малых городов и поселков городского типа Кыргызской Республики: Матер. конф. – Токмок, 2001. – С.

14. Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М., Аксупова А.М., Рахманалиев А.Р. Изучение динамики кислото- и структурообразования в процессе сквашивания молочно-растительной композиции различными видами заквасок // Пищевая технология и сервис. – 2001. – № 3. – С. 42.

15. Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М., Аксупова А.М. Проблемы защиты гидросферы от загрязнения сточными водами молочных предприятий // Конф., посвященная 1 съезду инженеров Кыргызстана и 10-летию образования Инженерной Академии Кыргызской Республики, «Новые наукоемкие технологии и технологическое оборудование»: Матер. конф. – Бишкек, 2001. – С.418.

16. Баткибекова М.Б., Мусульманова М.М., Тамабаева Б.С., Герасимова Л.К., Аксупова А.М., Тюрбаева Дж.В. Функциональные продукты питания: экологические аспекты создания // Междунар. науч.-практ. конф. "Экологическая безопасность в Кыргызстане": Матер. конф. – Бишкек, 2001. – С.106.

#### Аннотация

Технологиялык, биохимиялык жана микробиологиялык изилдөөнүн негизинде, жогорку функционалдуулукка ээ болгон дан азыктары кошулган кычкыл сүт азыктары жана сары суу ичимдиктеринин рецептуралык композициялары иштелип чыгарылган жана аталган ичимдиктерди даярдоодогу технологиялык параметрлер аныкталган. Пектин заттарын сүт уютуучу ферменттерин фиксациялоочу негиз катары колдонууга мүмкүн экендиги көрсөтүлгөн.

#### Аннотация

На основании проведенных технологических, биохимических и микробиологических исследований разработаны рецептурные композиции и отработаны технологические параметры выработки кисломолочных и сывороточных напитков повышенной функциональности с зерновыми добавками. Показана возможность использования пектиновых веществ в качестве подложки для фиксации молокосвертывающих ферментов.

#### Summary

Some new compositions of fermented milk and whey beverages of increased functionality with cereal additives and their production parameters have been developed on the base of performed technological, biochemical and microbiological investigations. It was shown the possibility of use of pectic substances as an arrays in processes of immobilization of milk clotting ferments.

Аксупова Айгуль Мырзабековна

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ И ИММОБИЛИЗАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Тех. редактор Б.К. Курманалиев

Подписано в печать 18.12.2001 г. Формат бумаги 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офс. Печать офс. Объем 1,25 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 362.

720044, Бишкек ул. Сухомлинова, 20

ИЦ "Текник", т.: 42-14-55