На правах рукописи

004600906

ХИТРИК СЕРГЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОГО ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА КАЧЕСТВО БИОПРОДУКТА ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ПИТАНИЯ

Специальность 05.18.04 – технология мясных, молочных и рыбных продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

1 5 АПР 2010

Кемерово 2010

Работа выполнена в государственном научном учреждении "Сибирский научно-исследовательский и проектно-технологический институт переработки сельскохозяйственной продукции" СО РАСХН (ГНУ СибНИПТИП)

Научный руководитель: **доктор технических наук, профессор Гаврилова Наталья Борисовна**

Официальные оппоненты: **доктор технических наук, профессор Смирнова Ирина Анатольевна**

кандидат технических наук Шадрин Максим Александрович

Ведущая организация: **ООО "Манрос М", филиал ОАО "Вимм-Билль-Данн" (г. Омск)**

Защита диссертации состоится 19 мая 2010 г. в 10 часов на заседании диссертационного Совета в Кемеровском технологическом институте пищевой промышленности (КемТИПП) по адресу: 650056, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Кемеровского технологического института пищевой промышленности.

С авторефератом можно ознакомиться на сайте КемТИППа (www.kemtipp.ru).

Автореферат разослан 19 апреля 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета **Н.Н. Потипаева**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В современных условиях развития молочной отрасли в рамках тенденций сближения мирового сообщества меняются подходы к созданию продуктов питания на молочной основе. Это связано с изменением потребительских рынков, социальной модели питания людей, развития информационного пространства, возрастания экологических и других проблем. Современные технологии основаны на использовании новых методов обработки сырья и высокотехнологичного оборудования, приборов, что приводит к необходимости проведения исследований по определению влияния на качество и безопасность новых продуктов.

Значительный вклад в теоретическое обоснование технологий специализированных молочных продуктов и их практическую реализацию внесли И.А. Рогов, В.Г. Высоцкий, В.А. Тутельян, А.А. Покровский, П.Ф. Крашенинин, Н.Н. Липатов, Л.А. Остроумов, В.Д. Харитонов, А.Г. Храмцов, И.А. Евдокимов, Ю.Я. Свириденко, А.М. Шалыгина, Н.И. Дунченко, Н.А. Тихомирова, Г.Б. Гаврилов, М.С. Уманский, А.А. Майоров, А.Ю. Просеков, И.А. Смирнова, Л.М. Захарова, Л.В. Терещук, Н.Б. Гаврилова, а также другие отечественные и зарубежные учёные.

Обработка пищевого сырья и продуктов высоким давлением является предметом исследований многих зарубежных учёных, которые направлены на сохранение нативных свойств сырья и повышение качества готовых продуктов. Всё перечисленное позволяет считать выбранное направление исследований современным и актуальным, так как направлено на повышение уровня жизни человека.

Цель диссертационной работы – проведение исследований влияния высокого гидростатического давления на качество биопродукта для специального питания и разработка его технологии. Для реализации цели сформулированы научные задачи:

- экспериментально определить состав модельных молочно-белковых сред на основе математического моделирования индикаторов качества;
- установить концентрацию GDL (glucono-δ-lacton) для имитационного сквашивания модельных молочно-белковых сред;
- исследовать влияние физических методов обработки на структурно-механические характеристики молочно-белковых гелей;
- изучить влияние обработки ННР на содержание витамина С в молочно-белковых средах;
- обосновать требования к составу нового биопродукта и спроектировать его рецептуру;
- разработать технологию нового биопродукта;
- определить биологическую, пищевую, энергетическую ценность нового продукта, установить срок его годности;
- разработать техническую документацию, рассчитать экономические показатели, провести апробацию технологии.

Научная новизна работы. Экспериментально установлен на основе математического моделирования индикаторов качества состав модельных молочно-белковых сред. Подобраны концентрации GDL для имитационного сквашивания и получения молочно-белковых гелей с заданными характеристиками. Проведены пилотные исследования влияния высокого гидростатического давления на структурно-механические характеристики молочно-белковых гелей, установлены закономерности образования устойчивых белковых структур. Изучено воздействие высокого гидростатического давления на сохранность витамина С в опытных продуктах, что позволило определить уровень обогащения нового биопродукта витаминами. Спроектирована рецептура продукта, разработана его технология, определена пищевая, биологическая, энергетическая ценность и срок годности. Научная новизна технологического решения отражена в патенте на изобретение № 2379904 "Композиция для получения молочно-белкового биококтейля".

Практическая ценность работы. Разработана технология биопродукта для специального питания и техническая документация для его производства (СТО 49527279-001-2010). Проведена промышленная апробация технологии нового продукта в производственных условиях молочного предприятия "Манрос М" филиала ОАО "Вимм-Билль-Данн" (г. Омск).

Апробация работы. Основные положения работы и результаты исследований были предметом докладов и обсуждений на конференциях и конгрессах различного уровня, в том числе: "V специализированном конгрессе "Молочная промышленность Сибири" (Барнаул, 2006); "Актуальные проблемы современной биологии и биотехнологии" (Семипалатинск, 2007); "VI специализированном конгрессе "Молочная промышленность Сибири" (Барнаул, 2008); "Биотехнология. Вода и пищевые продукты" (Москва, 2008); "Современные наукоемкие технологии переработки сырья и производства продуктов питания: состояние, проблемы и перспективы развития" (Омск, 2008); "Реализация Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: инновации, проблемы, перспективы" (Омск, 2009).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 9 печатных работ, в том числе одна в журнале, рекомендованном ВАК – "Молочная промышленность". Получен патент на изобретение № 2379904 "Композиция для получения молочно-белкового биококтейля".

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, аналитического обзора, методологического раздела, результатов собственных исследований и их анализа, выводов, списка использованных литературных источников. Основной текст работы изложен на 132 страницах машинописного текста, содержит 40 таблиц, 38 рисунков, 171 литературных источников и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Обоснована актуальность направления исследований.

Глава 1. Обзор литературных данных по вопросу "Состояние и перспективы использования высокого гидростатического давления в технологии продуктов питания, в том числе молочных"

Рассмотрены история становления и современное состояние технологии обработки высоким гидростатическим давлением, возможность практического применения технологии в пищевой промышленности (консервирование пищи, создание новых ингредиентов и продуктов питания), влияние обработки на качественные показатели молока. Приведены требования, предъявляемые сырью и ингредиентам для создания продуктов специального назначения, их качеству и безопасности.

Глава 2. Методология проведения исследований: постановка и методы

Экспериментальные исследования проводились в период научной стажировки в лицензированных лабораториях факультета естественных наук "LIFE" университета г. Копенгагена, (Дания). Стажировка проходила в рамках сотрудничества между Россией и ЕС по программе Erasmus Mundus.

Схема организации и проведения исследований приведена на рис. 1. При составлении схемы использованы следующие условные обозначения: 1 – массовая доля жира; 2 – массовая доля белка; 3 – массовая доля углеводов; 4 – массовая доля сухих веществ; 5 – титруемая кислотность; 6 – активная кислотность; 7 – время; 8 – вязкость методом ротационной вискозиметрии; 9 – вязкость методом осцилляторной сдвиговой реологии; 10 – прочность сгустка пенетрационным методом; 11 – влагоудерживающая способность; 12 – общее количество микроорганизмов; 13 – количество S. thermophilus; 14 – количество болгарской палочки; 15 – БГКП; 16 – бактерии рода S. aureus; 17 – бактерии рода L. monocytogenes; 18 – бактерии рода Proteus; 19 – бактерии рода Salmonella; 20 – дрожжи и плесневые грибы; 21 – КМАФАнМ; 22 – бифидобактерии; 23 – органолептические показатели; 24 – количество аминокислот; 25 – количество жирных кислот; 26 – количество минеральных веществ; 27 – количество витаминов; 28 – энергетическая ценность.

На первом этапе проведены исследования и разработана оптимальная молочно-белковая модельная среда. Изучено влияние высокого гидростатического давления на качество молочно-белковых гелей путем проведения имитационного сквашивания.

На втором этапе изучен процесс ферментации молочно-белковых сред, обработанных высоким гидростатическим давлением, заквасками с пробиотическими свойствами. Проведено математическое моделирование результатов исследования.

На третьем этапе разрабатывалась рецептура и технология биопродукта. Изучались качественные показатели биопродукта в процессе хранения, определялся срок годности, пищевая, биологическая и энергетическая ценность биопродукта.

Рис. 1 Схема проведения экспериментальных исследований

На четвертом этапе разработана техническая документация и проведена промышленная проверка технологии нового продукта.

Экспериментальные исследования проводились в трехкратной повторности по общепринятым, стандартным методам исследований физико-химических и микробиологических показателей сырья и готовой продукции.

Глава 3. Результаты исследования и их анализ

Обоснование и разработка сбалансированных молочно-белковых модельных сред. При проведении исследований в целях исключения влияния сезонных изменений на состав и химические свойства объекта исследования молока-сырья было принято решение об использовании в качестве базового сырья сухое обезжиренное молоко.

Для создания аргументированных рекомендаций по составу модельных белковых сред (МБС) было произведено экспериментальное проектирование МБС по оптимальному составу аминокислот (АС), биологической ценности (БЦ), индексу незаменимых аминокислот (ИНАК), массовой доли белка (м.д.б.), коэффициенту различия аминокислотного скора (КРАС).

Критерий оценки МБС выглядит следующим образом:

(АС $\geq$ 100%; БЦ $\rightarrow$ max; ИНАК $\rightarrow$ max; КРАС $\rightarrow$ min;
м.д.б. $\rightarrow$ max; Лим АК $\rightarrow$ max)

МБС были скорректированы по содержанию аминокислот за счет использования сухих молочных компонентов с высоким содержанием белка:

- сухое обезжиренное молоко (СОМ) "Milex 240";
- изолят сывороточного белка (ИСБ) "PSD O47".

Математическое моделирование экспериментальных данных по конструированию модельных сред. Для объективного определения перспективности модельных сред с целью проведения дальнейших исследований осуществлялось математическое моделирование полученных в процессе эксперимента данных, отражающих в различной степени влияние количества сывороточных белков на индикаторы качества модельных сред.

Анализ данных показал, что созданные МБС отличаются скорректированными по массовой доле сухих веществ химическому составу, БЦ, полноценным содержанием молочных белков, обладают высокими органолептическими свойствами, что позволяет считать целесообразным их использование для проведения имитационного сквашивания. Все МБС отличаются высокими характеристиками индикаторов качества. Наиболее оптимальными показателями отличается модельная среда МБС 1, на втором месте по показателям качества находится модельная среда МБС 2.

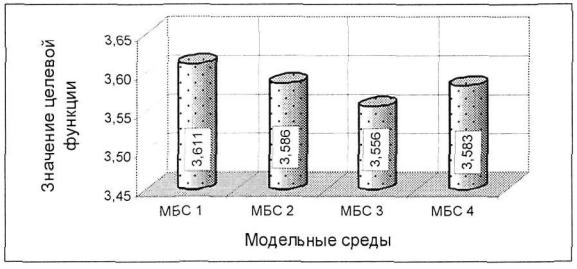


Рис. 2 Сравнительная характеристика значений целевой функции для модельных сред

Подбор оптимальной концентрации GDL (glucono-δ-lactone) для имитационного сквашивания молочно-белковых модельных сред. В исследовании использована общепринятая практика имитации сквашивания путем применения GDL, обеспечивающего постепенное окисление растворов белка до заданного уровня pH 4,3. Для исключения фактора микробиологического роста, который может повлиять на воспроизводимость измерений, в МБС вводили азид натрия (ингибитор) из расчета 0,1 г/л.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что повышение концентрации сывороточных белков оказывает воздействие на pH в сторону увеличения. Анализируя результаты наблюдений за внешним видом и консистенцией, измерений вязкости, активной кислотности, которые проводились через 24 и 48 ч, были установлены концентрации GDL, необходимые для имитационного сквашивания МБС:

- 1,50 % – для модельных сред, не содержащих дополнительного сывороточного белка;
- 1,75 % – для модельных сред, содержащих 1,39 % дополнительного сывороточного белка;
- 2,00 % – для модельных сред, содержащих 2,78 % дополнительного сывороточного белка.

Исследование влияния высокого гидростатического давления и термической обработки на физико-механические характеристики молочно-белковых гелей. Для обработки давлением использовалась установка Quintus Food Processor (QFP 6) компании ABB Pressure Systems, Швеция (рис 3).

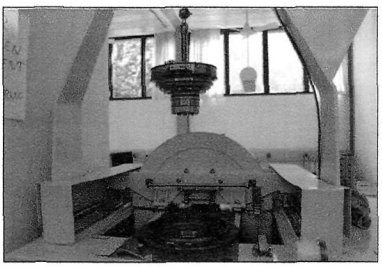


Рис. 3 Установка Quintus Food Processor (QFP 6) компании ABB Pressure Systems, Швеция

Для определения структурных характеристик опытных продуктов, представленных гелями с различным химическим составом и подвергнутых термической обработке и обработке давлением с регулируемыми параметрами (величиной давления и температурой обработки), был поставлен эксперимент по исследованию реологических показателей в следующем состоянии: с ненарушенным сгустком, а также после перемешивания и выдержки (с нарушенным сгустком).

Объектами исследования были:
- контроль (без добавления ИСБ);
- опыт 1 (МБС 1 - с добавлением ИСБ в количестве 1,39 %);
- опыт 2 (МБС 2 - с добавлением ИСБ в количестве 2,78 %).

Основной целью данного этапа исследования являлось установление влияния температурных факторов и высокого гидростатического давления на физические характеристики молочно-белковых гелей с различной массовой долей сухих веществ, в числе которых повышенное содержание сывороточных белков.

Каждый из исследуемых продуктов (контроль, опыт 1, опыт 2) подвергали различным видам обработки для определения наиболее перспективной из них. Результаты измерений предельной нагрузки, при которых происходит разрушение структуры исследуемых молочно-белковых гелей, представлены на рис. 4.

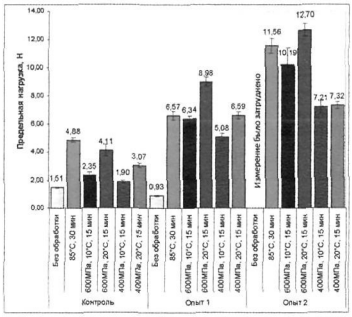
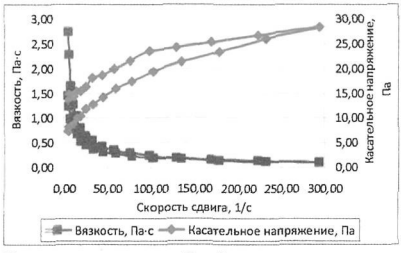


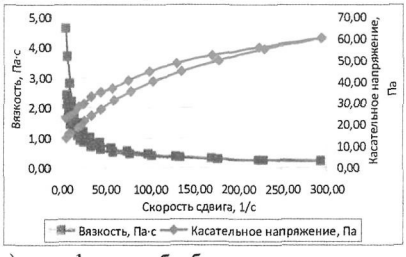
Рис. 4 Предельная нагрузка, характеризующая прочность структуры молочно-белковых гелей

Для получения закономерностей структурообразования перемешанных молочно-белковых гелей был определен комплекс структурно-механических характеристик. Пример результатов исследований образцов "контроль" и "опыт 1", полученных методом ротационной вискозиметрии с трехкратной повторностью, представлены на рис. 5.

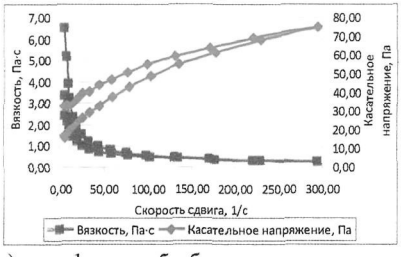
а) опыт 1 после обработки давлением (400 МПа, 10°С, 15 мин)



б) контроль после обработки давлением (600 МПа, 20°С, 15 мин)



в) опыт 1 после обработки давлением (600 МПа, 10°С, 15 мин)



г) опыт 1 после обработки давлением (600 МПа, 20°С, 15 мин)

Рис. 5 Вязкость и касательное напряжение в молочно-белковых гелях

В процессе реологических исследований во всех перемешанных молочно-белковых гелях были определены модули упругости (G′) и вязкости (G″). Анализ проводился методом осцилляции при частоте колебаний 0,82 Гц и температуре 13 °С. Результаты представлены на рис. 6.

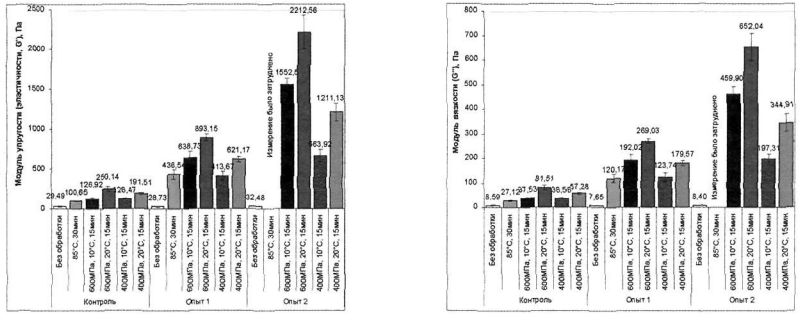


Рис. 6 Модуль упругости (эластичности) и вязкости молочно-белковых гелей

Повышение значений вязкости, модулей упругости и вязкости можно объяснить тем, что в опытных образцах с повышенным содержанием белка увеличивается вероятность взаимодействия между его частицами и, соответственно, количество связей между белками. При этом в большей степени проявляются эластичные свойства геля (G′). Увеличение концентрации белка вызывает увеличение пространства, занимаемого белковой сеткой, и, вследствие этого, ограничение подвижности свободной воды, что приводит к увеличению вязкостных характеристик гелей. Приложенное высокое давление приводит к денатурации и агрегации сывороточных белков и/или их взаимодействию друг с другом или с казеинами, что увеличивает прочность связей между белками, характеризуется более высокими значениями модулей и повышением вязкости. Кроме того, данные характеристики напрямую зависят от температуры обработки давлением. Установленные закономерности подтверждаются результатами измерений напряжения сдвига (НС) и влагоудерживающей способности исследуемых молочно-белковых гелей (рис. 7).

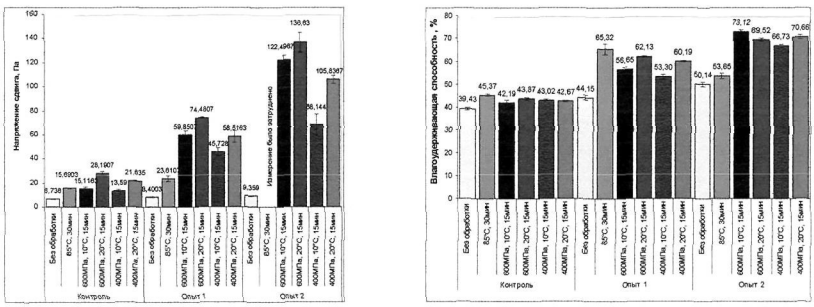


Рис. 7 Напряжение сдвига и влагоудерживающая способность молочно-белковых гелей

Исследование процесса ферментации молочно-белковых модельных сред, обработанных высоким гидростатическим давлением. Математическая обработка полученных данных процесса ферментации молочно-белковых модельных сред. В экспериментальных исследованиях использовалась классическая закваска культур с пробиотическими свойствами, применяемая в технологии йогуртов (FD-DVS YC-380 - Yo-Flex), производства Chr. Hansen, Дания. Исследована жизнеспособность микроорганизмов, входящих в состав закваски, а также их сохранность в процессе хранения. Кроме того, проводился мониторинг постокислительных процессов и физико-механических характеристик в готовых продуктах.

Математическое описание зависимости клеточной концентрации микроорганизмов (lg КОЕ/см^3) от продолжительности хранения и массовой доли ИСБ в составе молочно-белковых модельных сред имеет вид:

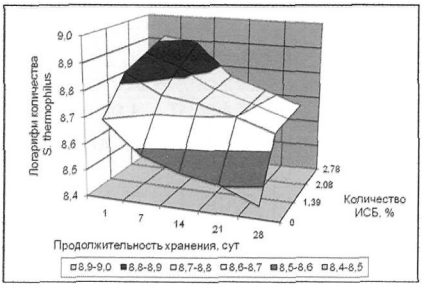
$$f(x, y) = a+b\cdot x+c\cdot y+d\cdot x\cdot y+e\cdot x^2+f\cdot y^2,$$

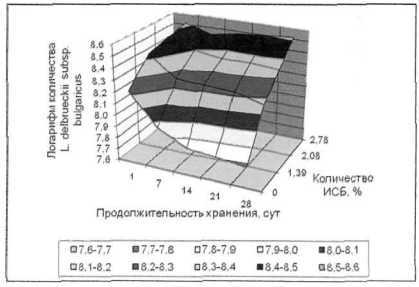
где x – продолжительность хранения, сут;

y – массовая доля изолята сывороточного белка, %;

a, b, c, d, e, f – коэффициенты.

Графическая интерпретация полученных результатов для образцов, обработанных высоким давлением (600 МПа, t - 20 °С, τ - 15 мин), представлена в виде моделей на рис. 8.





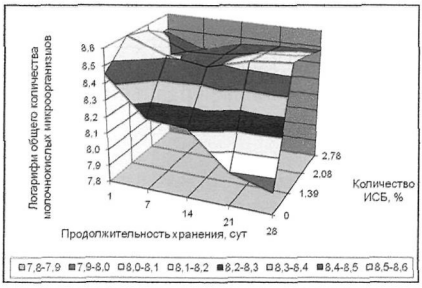


Рис. 8 Модель зависимости клеточной концентрации микроорганизмов от количества ИСБ и продолжительности хранения продукта

Анализируя полученные модели, можно прийти к заключению, что в опытных продуктах стабильно сохраняется объем общего количества пробиотических культур: опыт 1 (1,39 % сывороточных белков), где в 28-суточном возрасте он соответствовал $3{,}7 \cdot 10^8$ КОЕ/г; опыт 2 – $3{,}0 \cdot 10^8$ КОЕ/г. Этот вывод касается сохранности каждой культуры, входящей в состав закваски. Микроорганизмы, обеспеченные ростовыми веществами за счет сывороточных белков, при незначительном снижении клеточной концентрации в опыте 1 (7-14 сут) и опыте 2 (7 сут) активно развиваются, о чем свидетельствуют математические и графические зависимости.

Глава 4. Разработка рецептуры и технологии биопродукта для специального питания

Компонентный состав и проектирование рецептур нового биопродукта. Рецептуры рассчитаны матричным методом, разработанным профессором П.А. Лисиным (ФГОУ ВПО ОмГАУ). Расчеты осуществлялись в два этапа: по основным нутриентам, а также по витаминному составу и их количеству. Для реализации метода сформировали матрицу химического состава ингредиентов, используемых в рецептурах нового биопродукта (табл. 1).

Таблица 1

Матрица химического состава ингредиентов, используемых в рецептуре биопродукта (кг/1000 кг)

Название ингредиента	Химический состав, мас.%				X_i
	сухие вещества	в том числе			
		жир	белки	углеводы	
Молоко обезжиренное	9,00	0,10	3,00	4,90	X_1
Молоко сухое обезжиренное (СОМ)	96,25	1,25	35,00	52,00	X_2
Изолят сывороточного белка	96,00	0,50	90,00	0,50	X_3
Сироп растительный	72,00	-	0,20	70,50	X_4
Закваска	По норме				-
Витамины	По норме				-
Вода	-	-	-	-	X_5

На основании матрицы составлена система линейных уравнений материального баланса по жиру, белкам, углеводам и сухим веществам.

I рецептура

$У_1$ (жир) = $0{,}001X_1 + 0{,}005X_3 = 1{,}0$ мас.%;

$У_2$ (белки) = $0{,}03X_1 + 0{,}90X_3 + 0{,}002X_4 = 4{,}0$ мас.%;

$У_3$ (углеводы) = $0{,}049X_1 + 0{,}005X_3 + 0{,}705X_4 = 11{,}5$ мас.%;

$У_0$ (сухие вещества) = $0{,}09X_1 + 0{,}96X_3 + 0{,}72X_4 = 16{,}5$ мас.%.

Состав рецептуры кисломолочной смеси по фактическому (весовому) участию компонентов:

$$Z_0 = X_1 + X_3 + X_4 = 1000 \text{ (кг)}$$

II рецептура

$$У_1 \text{ (жир)} = 0{,}0125X_2 + 0{,}0050X_3 = 1{,}0 \text{ мас.\%};$$
$$У_2 \text{ (белки)} = 0{,}35X_2 + 0{,}90X_3 + 0{,}002X_4 = 4{,}0 \text{ мас.\%};$$
$$У_3 \text{ (углеводы)} = 0{,}52X_2 + 0{,}0050X_3 + 0{,}705X_4 = 11{,}5 \text{ мас.\%};$$
$$У_0 \text{ (сухие вещества)} = 0{,}9625X_2 + 0{,}96X_3 + 0{,}72X_4 = 16{,}5 \text{ мас.\%}.$$
$$Z_0 = X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1000 \text{ (кг)}$$

Затем с помощью базовой программы рассчитаны рецептуры биопродукта.

Результаты оптимизации свидетельствуют о достижении цели. На следующем этапе проведена проверка достаточности нормирования основных витаминов в биопродукте.

Определение пищевой, биологической и энергетической ценности биопродукта. Первоначально в образце продукта было определено содержание белка. Полученные результаты свидетельствуют о наличии белка в соответствии с рецептурой биопродукта. Затем проведено экспериментальное определение концентрации аминокислот в образце биопродукта методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на аминокислотном анализаторе ARACUS и пересчёт на 1 г белка. Аминокислотный скор биопродукта (для сравнения использовали йогурт с м.д.ж. 1,5 %) приведен в табл. 2.

Таблица 2

Аминокислотный скор биопродукта

Аминокислота	Шкала ФАО/ВОЗ		Биопродукт с м.д.ж. 1,0 %		Йогурт с м.д.ж. 1,5 %	
	А	С	А	С	А	С
Изолейцин	40,0	100	51,0	127,5	60,0	150,0
Лейцин	70,0	100	100,0	142,8	90,0	125,0
Лизин	55,0	100	78,0	141,8	78,0	142,0
Метионин+ +цистин	35,0	100	45,0	137,1	30,8	88,0
Фенилаланин+ +тирозин	60,0	100	76,0	126,6	93,4	155,0
Треонин	40,0	100	51,0	127,5	43,2	108,0
Триптофан	10,0	100	18,0	180,0	14,4	144,0
Валин	50,0	100	64,0	128,0	64,6	129,0

Примечание: А – содержание аминокислоты, мг/ 1 г белка;
С – аминокислотный скор по отношению к шкале ФАО/ВОЗ, %

Полученные данные свидетельствуют о биологической полноценности нового продукта и отсутствии в составе его белков лимитирующих аминокислот.

Новый биопродукт относится к обогащенным по количеству отдельных витаминов, в их числе витамины А, С, Е. Определение массовой концентрации водорастворимых витаминов в биопродукте проводили с использованием системы капиллярного электрофореза "Капель", кроме того определены жирорастворимые витамины. В биопродукте установлено (150,00±1,30) мкг витамина А и (7,35±0,50) мг витамина Е, данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Содержание витаминов в биопродукте

Наименование витамина	Массовая концентрация витамина X±Δ (P=0,95), мкг/дм^3 (с учетом разбавления пробы)
B_2 (рибофлавин)	1926,63±809,18
С (аскорбиновая кислота)	10981,12±3053,58
B_3 (пантотеновая кислота)	1834,11±366,82
B_6 (пиридоксин)	1283,50±256,7
B_1 (тиаминхлорид)	401,29±80,26
А (ретинол)	1500,00±1,30
Е (токоферол)	70,35±0,50
B_{12} (цианокобаламин)	40,50±0,50

Энергетическая ценность биопродукта приведена в табл. 4.

Таблица 4

Энергетическая ценность биопродукта

Название	Массовая доля, %			Энергетическая ценность	
	жир	белки	углеводы	кДж	ккал
Биопродукт	1,0	4,0	11,3	293,4	70,2

Новый продукт является низкоэнергетическим, так как его энергетическая ценность составляет менее 100 ккал, при этом является биологически полноценным и обогащен основными витаминами.

Глава 5. Практическая реализация результатов исследования

В соответствии с программой выполнения диссертационной работы на заключительном этапе разработана технология биопродукта и нормативная документация, рассчитана себестоимость и отпускная цена с учётом действующих тарифов, а также цен на сырьё и материалы. Продукту присвоено условное название "Life-ProActive". Технологическая схема производства биопродукта представлена на рис. 9.

Количество пробиотических культур в конце срока хранения, КОЕ/г в 1 г биопродукта: Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus не менее $1{,}0 \cdot 10^8$; бифидобактерий не менее $1{,}0 \cdot 10^7$.

Показатели безопасности (токсичные элементы, микотоксины, радионуклиды, антибиотики и пестициды) в продукте не должны превышать допустимых уровней, установленных Федеральным Законом РФ № 88-ФЗ "Технический регламент на молоко и молочную продукцию".

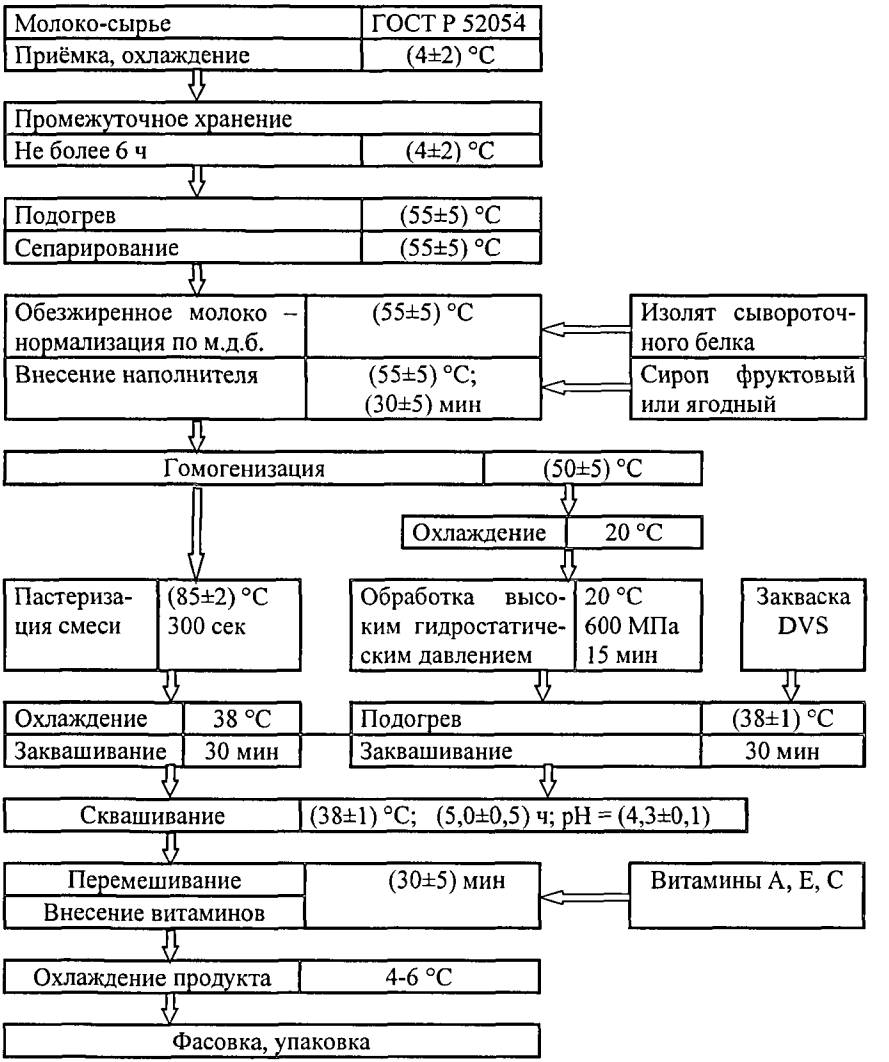


Рис. 9 Технологическая схема производства биопродукта "Life-ProActive"

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Экспериментально определен состав модельных молочно-белковых сред (МБС) на основе восстановленного сухого обезжиренного молока (СОМ) и изолята сывороточных белков (ИСБ). Математическим моделированием значений таких индикаторов качества, как БЦ, ИНАК, кислотность, органолептические показатели, установлено рациональное количество ИСБ – 1,39 % (МБС 1) и 2,78 % (МБС 2) от массы обезжиренного молока.

2. Установлены концентрации GDL для имитационного сквашивания модельных молочно-белковых сред: МБС 1 – 1,75 % GDL и МБС 2 – 2,00 % GDL. Полученные гели имеют следующие характеристики: вязкость (мПа·с) – 56,4 (МБС 1) и 84,4 (МБС 2), pH 4,29 (МБС 1) и 4,428 (МБС 2).

3. Исследовано влияние физических методов (нагревание и высокое гидростатическое давление) на структурно-механические характеристики молочно-белковых гелей. Установлены закономерности образования устойчивых белковых структур со следующими характеристиками:

- МБС 1, температурная обработка (85 °С, 30 мин) – НС = 23,61 Па, η = 0,0785 Па·с, $В_с$ (влагоудерживающая способность) = 65,32 %;
- МБС 1, обработка высоким гидростатическим давлением (600 МПа, t = 20 °С, τ = 15 мин) – НС = 74,48 Па, η = 0,2528 Па·с, $В_с$ (влагоудерживающая способность) = 62,13 %.

4. Изучено влияние высокого гидростатического давления на сохранность витамина С. Определено, что в опытных продуктах после НР обработки степень сохранности витамина С составляет от 92,0 % до 95,7 % от первоначального количества. Установлен уровень обогащения биопродукта витаминами.

5. Спроектирована рецептура биопродукта, состоящая из ингредиентов: молоко обезжиренное, изолят сывороточных белков, сироп шиповника или черной смородины, витамины А, С, Е. Закваска, состоящая из культур Str. thermophilus, L. bulgaricus, B. bifidobacterium lactis, позволяет обеспечить количество клеток пробиотических микроорганизмов не менее $1{,}0 \cdot 10^8$ КОЕ/г на конец срока хранения биопродукта при температуре (4±2) °С.

6. Разработана технология производства биопродукта, в которой в качестве альтернативы пастеризации предложен метод обработки нормализованной смеси компонентов высоким гидростатическим давлением 600 МПа при температуре 20 °С в течение 15 мин.

7. Определена биологическая, пищевая и энергетическая ценность биопродукта. При общей массовой доле белков (4,0±0,1) % доля сывороточных составляет (2,0±0,1) %. Аминокислотный скор всех незаменимых аминокислот более 100, отсутствуют лимитирующие аминокислоты. Биопродукт содержит все основные витамины группы В, А, С, Е в количестве, соответствующем профилактической норме. Энергетическая ценность биопродукта составляет 293,4 кДж (70,2 ккал). Установлен срок годности нового продукта – 10 суток при температуре (4±2) °С.

8. Разработана техническая документация СТО 49527279-001-2010 для производства биопродукта и проведена его промышленная апробация.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Гаврилова Н. Б. Биопродукты и их значение для оздоровления населения сибирского региона / Н. Б. Гаврилова, **С. А. Хитрик** // Молочная промышленность Сибири : сб. материалов V специализир. конгр. – Барнаул, 2006. – С. 51-53.
2. Гаврилова Н. Б. Исследование возможности использования высокого гидростатического давления для производства молокосодержащих продуктов / Н. Б Гаврилова, **С. А. Хитрик**, О. В. Пасько // Молочная промышленность Сибири : сб. материалов VI специализир. конгр. – Барнаул, 2008. – С. 104-108.
3. Гаврилова Н. Б. Повышение качества и хранимоспособности продуктов функционального назначения / Н. Б Гаврилова, О. В. Пасько, **С. А. Хитрик** // Молочная промышленность. – 2009. – № 9. – С. 60-61.
4. Пат. 2379904 Российская Федерация. Композиция для получения молочно-белкового биококтейля / **С. А. Хитрик**, Н. Б. Гаврилова, О. В Пасько ; заявители и патентообладатели ФГОУ ВПО "Омский государственный аграрный университет", АНО ВПО "Омский экономический институт". – №2008114558/13 ; заявл. 14.04.2008 ; опубл. 27.01.2010, Бюл. № 3. – 3 с.
5. **Хитрик С. А.** Молочная сыворотка и ее применение в производстве продуктов для спортивного питания / С. А. Хитрик, Н. Б Гаврилова // Молочная отрасль Сибири : междунар. сб. материалов науч. чтений, посвящ. 90-летию со дня рождения проф. Н. С. Панасенкова и 90-летию ОмГАУ. – Омск, 2007. – С. 127-128.
6. **Хитрик С. А.** Применение витаминов в ферментированном молочном коктейле для спортивного питания / С. А. Хитрик, Н. Б Гаврилова // Биотехнология. Вода и пищевые продукты : материалы междунар. науч.-практ. конф. – М., 2008. – С. 99.
7. **Хитрик С. А.** Применение витаминов в ферментированных молочных продуктах специального назначения / С. А. Хитрик, Н. Б Гаврилова // Актуальные проблемы современной биологии и биотехнологии : материалы междунар. науч.-прак. конф. – Семипалатинск, 2007. – С. 329-330.
8. **Хитрик С. А.** Разработка технологии витаминизированного молочного биококтейля для питания спортсменов / С. А. Хитрик // Современные наукоемкие технологии переработки сырья и производства продуктов питания: состояние, проблемы и перспективы развития. – Омск, 2008. – С. 138-140.
9. **Khitrik S.** The use of high pressure treatment as a possible applications in yoghurt production / S. Khitrik // Материалы международного научно-технического форума "Реализация Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: инновации, проблемы, перспективы". – Омск, 2009. – С. 377-379.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

СОМ – сухое обезжиренное молоко;
ИСБ – изолят сывороточного белка;
МБС – модельные белковые среды;
БЦ – биологическая ценность;
GDL – glucono-δ-lactone;
КОЕ – колонии образующие единицы;
НС – напряжение сдвига, Па;
м.д.ж. – массовая доля жира; %;
м.д.б. – массовая доля белка; %;
$В_с$ – влагоудерживающая способность, %;
η – вязкость, Па·с;
G' – модуль упругости (эластичности), Па;
G'' – модуль вязкости, Па;
τ – время, мин;
t – температура, °С;
HHP – высокое гидростатическое давление (high hydrostatic pressure);
HPT – обработка высоким давлением (high pressure treatment).

Подписано в печать 26.02.2010г.
Формат 60x84/16. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 1,16. Тираж 100 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ИП Макшеевой Е.А.