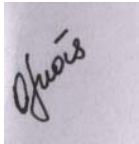


На правах рукописи



Томчани Ольга Васильевна

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ЙОДКАЗЕИНА  
И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ЙОДИРОВАННЫМ  
БЕЛКОМ

Специальность: 05.18.07 - биотехнология пищевых продуктов  
(перерабатывающие отрасли АПК)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических  
наук

Москва - 2003

Работа выполнена в лаборатории экспериментальной ядерной медицины Медицинского радиологического научного центра РАМН и ООО НПП «Медбиофарм», г.Обнинск

Научные руководители: доктор технических наук, профессор  
Токаев Энвер Саидович кандидат биологических наук  
Черняев Сергей Иванович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук  
Донская Галина Андреевна кандидат технических наук  
Калинина Людмила Валентиновна

Ведущая организация: Московский государственный университет пищевых производств

Защита состоится «25» марта 2003г. в «14»<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д212.149.01 при Московском государственном университете прикладной биотехнологии по адресу: 109316, г.Москва, ул. Талалихина, 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУПБ

Автореферат разослан «21» февраля, 2003 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат технических наук, доцент



А.Г.Забашта

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Йод-дефицитные заболевания (ЙДЗ), т.е. различные патологические процессы, поражающие большие группы населения и возникающие там, где в окружающей среде содержится недостаточное количество йода, признаны актуальной проблемой здравоохранения в 118 странах мира. Мировое сообщество на основе совместных программ таких авторитетных международных организаций, как Всемирная организация здравоохранения (WHO), Международный совет по контролю за йод-дефицитными заболеваниями (ICCIDD), Детский фонд ООН (UNICEF), поставило целью ликвидировать их к концу XX века. Но, несмотря на предпринятые усилия, вопросы предупреждения этих заболеваний остаются актуальными до настоящего времени во многих странах, включая Россию.

Основной причиной, приводящей к формированию йодного дефицита в организме и последующего развития ЙДЗ, является недостаточное поступление в организм йода из-за низкого содержания его в наиболее распространенных продуктах питания. Среди факторов, влияющих на рост ЙДЗ в настоящее время, следует отметить ухудшение экологической ситуации, радиационные техногенные катастрофы, высокие психоэмоциональные нагрузки. В России список этих факторов расширяется за счет негативных изменений структуры питания большей части населения в новых социально-экономических условиях, нарушения традиционных межрегиональных связей, что привело к уменьшению снабжения продуктами, выращенными на почвах, богатых йодом.

Наиболее эффективным методом борьбы с эндемическим зобом является массовая йодная профилактика, которая заключается в создании продуктов питания с заданным химическим составом и свойствами или в обогащении йодом наиболее распространенных пищевых продуктов, в частности, соли, хлеба, воды, молока. К сожалению, таких продуктов в России, по сравнению со странами „ Европы и Северной Америки, выпускается еще мало и по количеству, и по ассортименту.

Основные трудности применения неорганических соединений йода для обогащения продуктов питания заключаются в их высокой летучести,

возможности разрушения в процессе хранения и переработки, что значительно затрудняет их точное дозирование. Это касается и морских водорослей, так как содержание йода в них непостоянно и зависит от многих факторов (вида и возраста, места и условий произрастания, времени года, технологии переработки и хранения).

Так как проблема предупреждения йод-дефицитных состояний и связанных с ними заболеваний остается актуальной до настоящего времени и требует своего решения, перспективной для этих целей мы считаем новую пищевую добавку - органическое биологически активное вещество йодказеин - на основе натурального белка молока, в которой йод связан прочной химической связью в одной из аминокислот - тирозине. Прочность химической связи С-І придает йодказеину важные свойства - устойчивость при длительном хранении и устойчивость к воздействию температур, и в то же время в организме йод легко отщепляется от белка, выполняя впоследствии свою физиологическую роль.

Цель исследования. Разработка технологии йодказеина и способа обогащения молочных продуктов йодированным белком для профилактики йод-дефицитных состояний у населения.

Основными задачами исследования были:

1. Определение параметров технологического процесса производства йодказеина с целью получения продукта с максимальным содержанием связанного йода и сведением до минимума потерь белка при производстве.
2. Разработка методик определения общего и свободного йода в йодированном белке для контроля его качества.
3. Исследование свойств йодказеина для подтверждения включения йода в структуру белка и определения условий его внесения при производстве обогащенных продуктов питания.
4. Разработка технологии обогащения молочных продуктов йодированным белком.

Научная новизна. Получены зависимости концентрации связанного йода в йодказеине от концентрации буфера, взятого для растворения исходного белка, и хлористого йода как йодирующего агента. Разработаны методики определения общего и свободного йода в йодированных белках. Исследована зависимость

содержания связанного йода в йодказеине от температуры. Установлены рациональные концентрации йодказеина и определены стадии его внесения при производстве молочных продуктов, обогащенных йодированным белком.

Научная новизна, положенная в основу разработанной технологии йодказеина, подтверждена патентом №2188648, приоритет от 11.08.2000 г.

Практическая значимость работы. Методика определения свободного йода в йодказеине и результаты отработки основных параметров его получения использованы при разработке технических условий (ТУ 9229-001-48363077-99) и опытно-промышленного регламента производства пищевой добавки йодказеин и внедрены в производство.

Разработанная техническая документация на молочные продукты, обогащенные йодированным белком (ТУ 9220-004-48363077-2000, 9220-005-48363077-2000, 9220-006-48363077-2000, 9220-007-48363077-2000), утверждена Департаментом Госсанэпиднадзора Министерства здравоохранения РФ и внедрена на 70 предприятиях молочной промышленности, объем производства составляет около 900 тонн в месяц.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы были представлены и докладывались на семинаре-презентации инновационных научно-технических проектов «Биотехнологии-2000» (Пушино, 2000 г.), семинарах «Стандартизация и контроль качества молочных продуктов. Новые технологии и пищевые добавки в молочной промышленности» (Москва, 2001), «Новые технологии в молочной промышленности. Стандартизация и контроль качества молочных продуктов» (Киев, 2002), Всероссийской научно-практической конференции «Беззотходная технология использования сырья при выработке сыра, масла и цельномолочных продуктов» (Адлер, 2002). Диссертация апробирована на научной конференции Экспериментального радиологического сектора Медицинского радиологического научного центра РАМН 21 ноября 2002 г.

Публикации. Основные результаты работы изложены в 14 публикациях, в том числе 8 статей, 5 тезисов докладов, 1 патент на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения,

литературного обзора, описания используемых материалов и методов, экспериментальных результатов исследований, их обсуждения и выводов. Работа изложена на 133 страницах (включая список литературы), иллюстрирована 28 рисунками и 23 таблицами. Список цитируемой литературы включает 131 источник.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность решаемой научной проблемы, определены цель и задачи исследования, научная новизна работы и ее практическая значимость.

В обзоре литературы освещены механизм и известные методы йодирования белков, области их применения, проанализированы современные тенденции профилактики йод-дефицитных состояний в мире, способы обогащения пищевых продуктов йодсодержащими добавками, основные направления в разработке молочной продукции лечебно-профилактического назначения.

### *Материалы и методы исследования*

В качестве сырья для получения йодированного белка был выбран технический соляно-кислотный казеин высшего сорта, получаемый из коровьего обезжиренного молока (ГОСТ 17626-81). Йодирование протеина проводили в карбонатном буфере раствором хлористого йода. Для сушки йодказеина-сырца использовали метод инфракрасной сушки.

Для определения концентрации общего йода в йодированном белке предварительно озоляли его пробу при температуре  $(520 \pm 20)^\circ\text{C}$  в щелочной среде. Измерения концентрации йода проводили методом прямой переменноточковой вольтамперометрии в 0,25 М растворе серной кислоты на вольтамперо-метрическом анализаторе «Экотест-ВА» по трехэлектродной схеме измерения аналитического сигнала с использованием углеродного электрода в качестве рабочего, платинового вспомогательного электрода и хлорсеребряного электрода сравнения.

Определение концентрации свободного йода в йодказеине проводили спектрофотометрическим методом с использованием 10%-го раствора йодида калия в качестве десорбента.

Концентрацию связанного йода в йодированном белке рассчитывали вычитанием концентрации свободного йода из концентрации общего йода.

Изоэлектрическую точку йодказеина определяли графически по зависимости пропускания растворов белка от рН.

Термогравиметрические исследования проводили в токе воздуха на микротермовесах, разработанных на основе термовесовой головки АКВ-003. Масса навески составляла 4 мг, скорость нагрева - 10 град/мин.

Для определения концентрации йода в пищевых продуктах предварительно озоляли их в щелочной среде при температуре  $(520 \pm 20)^\circ\text{C}$ . Измерение концентрации йода проводили методом постоянноточковой инверсионной вольтамперометрии на вольтамперометрическом анализаторе «Экотест-ВА» по трехэлектродной схеме измерения аналитического сигнала с использованием углеродного электрода в качестве рабочего, платинового вспомогательного электрода и хлорсеребряного электрода сравнения.

Статистическую обработку экспериментальных результатов проводили в соответствии с общими методами, принятыми при статистическом анализе результатов наблюдения.

### ***Разработка технологии йодказеина***

На основе анализа описанных методик по йодированию белков с использованием хлористого йода в области радиоиммунологических исследований и экспериментального опробования их в лабораторных условиях, было определено, что технологический процесс производства йодказеина должен состоять из следующих операций: - приготовление буфера для растворения казеина; - приготовление раствора казеина; - получение йодирующего агента;

- Йодирование казеина и коагуляция йодказеина;

- удаление избытка йодирующего агента;

- промывка йодказеина;

- сушка готового продукта.

Определяющими среди них является операции йодирования казеина, его

коагуляции и удаления избытка йодирующего агента, так как именно они отвечают за основные свойства готового продукта - содержание в нем связанного йода и нежелательных примесей, главным образом молекулярного йода, и за производственные потери. Подбор оптимальных технологических параметров проведения этих операций требует четкого контроля основных физико-химических показателей йодказеина, что потребовало разработки методик их определения.

### ***Разработка методик определения общего и свободного йода в йодказеине***

При определении общего йода в йодказеине в процессе пробоподготовки связанный в органической структуре йод переводили в неорганическую форму методом термического озоления пробы в щелочной среде. Количество раствора КОН, необходимого для смачивания белка, выбиралось исходя из того, что рН набухшего йодказеина должен находиться в диапазоне от 8 до 9, так как в сильнощелочной среде процесс сжигания замедляется, а при более низких значениях рН возможны потери йода. По проведенным исследованиям количество 1 М раствора КОН, необходимого для смачивания белка перед его озолением, составляет 2,5 мл на 1 г белка. Температура сжигания составляла  $(520 \pm 20)^\circ\text{C}$ . Для количественного определения йода в озоленной пробе йодированного белка был отработан метод прямой переменноточковой вольтамперометрии на стационарном углеродном электроде в среде 0,25 М серной кислоты. Для аппаратурной реализации этого метода имеется современное отечественное оборудование (вольтамперометрический анализатор "Экотест-ВА", (ТУ 4215-003-41541647-98)), позволяющее автоматизировать процесс измерений, обработки данных и представления протоколов анализа.

Зависимость высоты пика тока от концентрации йодид-ионов в выбранных условиях имеет линейный характер в широком диапазоне концентраций, однако эта зависимость не прямопропорциональна и потому не позволяет использовать для расчета метод добавок. Воспользоваться методом градуировочного графика также не представляется возможным, так как он требует строгой стандартизации множества параметров, оказывающих влияние на величину тока, а использование



стационарного электрода приводит к невозможности полного учета гидродинамических факторов, что не позволяет получать от измерения к измерению одинаковые значения величин пиков тока для одинаковых концентраций йода. Исходя из вышеизложенного, для определения концентрации йода в йодказеине методом прямой переменноточковой вольтамперометрии на стационарном углеродном электроде предлагается проведение количественного анализа следующим образом.

Для каждого определения предварительно строится градуировочный график. Для этого в электрохимическую ячейку с фоновым электролитом трижды добавляются аликвоты раствора йодида калия известной концентрации. По полученным точкам определяется зависимость высоты пика тока от концентрации йодид-ионов в ячейке. Затем в ячейку добавляется аликвота раствора пробы с искомой концентрацией йодид-ионов и по значению полученной величины пика тока и известному уравнению прямой, которая экстраполируется в область больших концентраций, вычисляется концентрация йодид-ионов в электрохимической ячейке, которая затем пересчитывается на концентрацию йода в исследуемой пробе.

Таким образом, для определения концентрации йода в подготовленном растворе пробы необходимо снять пять кривых: вольтамперограмму фонового электролита, три вольтамперограммы - с использованием раствора KI с известной концентрацией йодид-ионов и пятую - с использованием раствора пробы с искомой концентрацией йода. На рис. 1 представлен вид получаемых кривых.

Диапазон измеряемых концентраций в электрохимической ячейке, после добавления раствора пробы для предлагаемого метода составляет 0,95-2.00 мг/см<sup>3</sup>.

Хлористый йод, добавляемый к раствору казеина при его йодировании, частично расходуется на реакцию с тирозиновыми группами белка, а частично (его избыточное количество) в водной среде гидролизует с образованием свободного йода. Таким образом, наряду с включением йода в структуру белка происходит выделение его паров, которые адсорбируются белковой молекулой, образуя достаточно прочный комплекс. Для его разрушения и очистки

йодированного белка от молекулярного йода в процессе его производства используется избыточное количество восстановителя - сернистокислового натрия., а подтверждением полноты очистки должен служить анализ на содержание в йодказеине свободного йода.

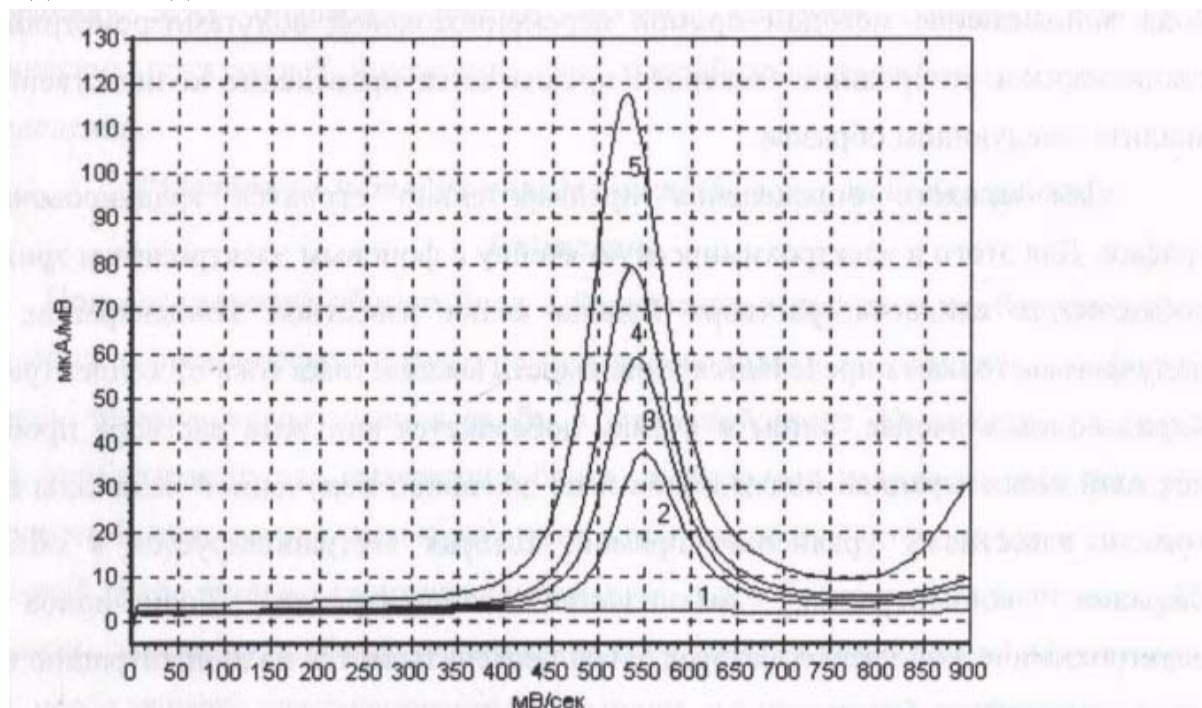


Рис.1. Вольтамперограммы йодида калия и озоленной пробы йодказеина в 0,25 М растворе серной кислоты

1 – кривая фона;

2, 3, 4 – кривые стандартного раствора (1; 1,5; 2 см<sup>3</sup> раствора KI (10 мг/см<sup>3</sup>) соответственно);

5 – кривая раствора пробы (2,8 см<sup>3</sup> раствора озоленной пробы йодказеина (8,6 % общего йода)).

При разработке методики такого анализа основная задача состояла в отработке условий десорбции молекулярного йода из молекулы белка. В качестве десорбента был выбран 10%-ный раствор йодида калия. По проведенным исследованиям скорость десорбции зависит от условий перемешивания, температуры раствора десорбента, размера зерна йодказеина. Полностью молекулярный йод удается перевести в раствор при постоянном перемешивании тщательно растертой пробы анализируемого белка в течение 30 минут при

температуре 50°C. Количественно концентрацию йода определяли спектрофотометрически на длине волны 352 нм.

Нижний предел количественного обнаружения йода в растворе десорбента для предлагаемого метода составляет  $8,7 \cdot 10^{-6}$  моль/л.

***Исследование зависимостей содержания связанного йода в йодказеине от концентраций исходного буфера и йодирующего агента***

Рассматривая возможность совмещения процессов йодирования казеина и коагуляции йодированного белка в одну стадию, необходимо учитывать два требования: с одной стороны, достаточная степень йодирования казеина и, с другой, - полнота осаждения образовавшегося йодпротеина. Для йодирования белков предпочтительнее щелочная среда, полнота же осаждения йодказеина достигается только в изоэлектрической точке, определение которой показало, что она лежит при рН 4,3. Выше этой точки йодказеин осаждается не полностью, ниже ее свернувшийся белок частично вновь растворяется. Для подбора оптимальных условий было исследовано влияние концентрации буфера, взятого для растворения исходного белка, и концентрации йодирующего агента на содержание связанного йода в йодказеине и полноту его осаждения.

Как видно из рис.2, с увеличением концентрации буфера содержание связанного йода в йодказеине увеличивается. Это связано с тем, что с увеличением концентрации буфера увеличивается его буферная емкость, при добавлении хлористого йода происходит меньшее и более медленное снижение щелочности среды от исходного значения, и процесс йодирования идет при более высоких значениях рН, что благоприятствует созданию условий для включения йода в основную йодирующуюся аминокислоту - тирозин. Это подтверждается ростом величины рН надосадочной жидкости с увеличением концентрации буфера. Если в случае растворения казеина в 0,1 М карбонатном буфере буферной емкости не хватает и исходное значение рН уже при растворении казеина падает с 9,2 до 8,3, а при добавлении йодирующего агента снижается до 0,8, концентрация связанного йода при этом чуть более 5% (рис.3), то в случае растворения казеина в 0,3 М буфере сохраняется исходное значение рН, после добавления йодирующего агента оно снижается лишь до 5,5, концентрация связанного йода

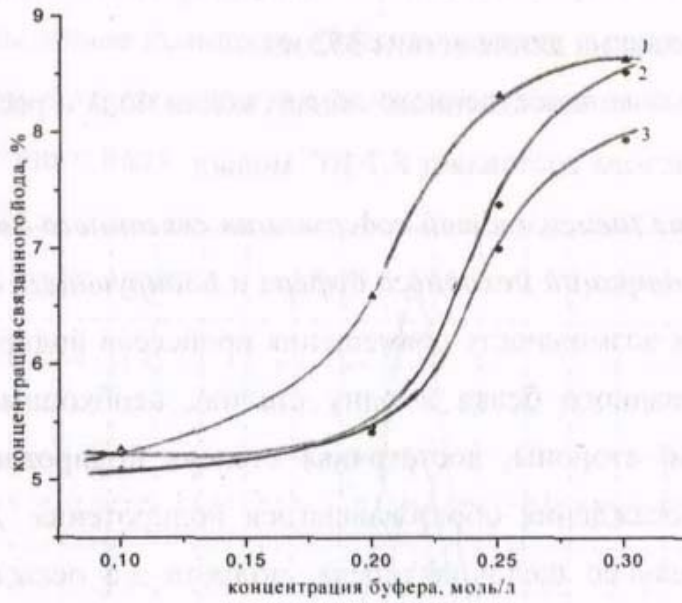


Рис.2. Зависимость концентрации связанного йода в йодказеине от концентрации буфера

(1 –  $\text{ICl}:\text{H}_2\text{O}=1:0$ ; 2 –  $\text{ICl}:\text{H}_2\text{O}=1:1$ ; 3 -  $\text{ICl}:\text{H}_2\text{O}=1:2$ )

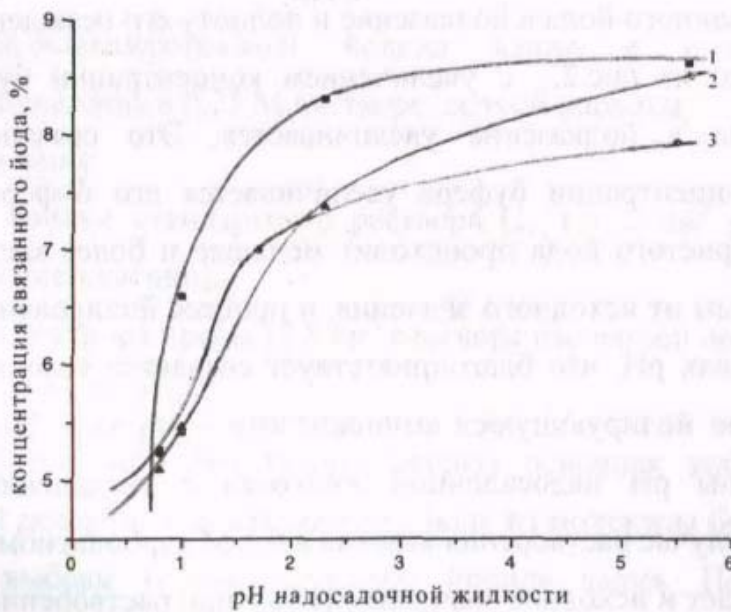
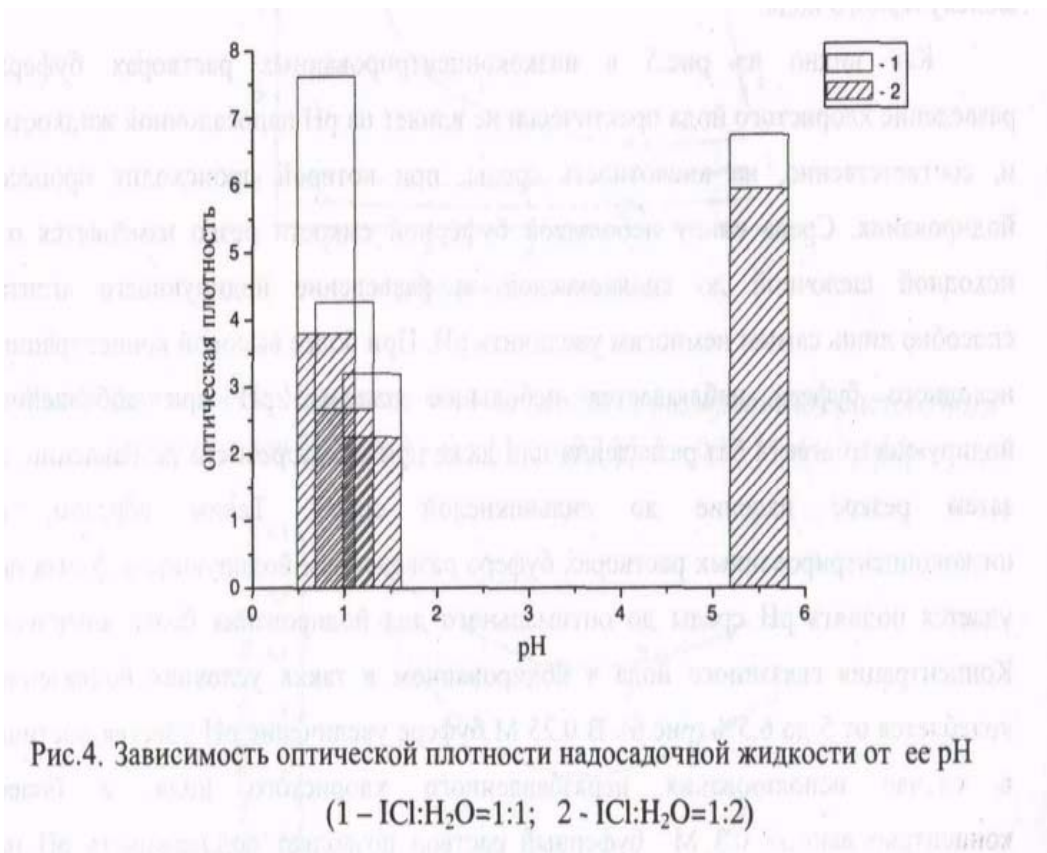


Рис.3. Зависимость концентрации связанного йода в йодказеине от pH надосадочной жидкости

(1 –  $\text{ICl}:\text{H}_2\text{O}=1:0$ ; 2 -  $\text{ICl}:\text{H}_2\text{O}=1:1$ ; 3 -  $\text{ICl}:\text{H}_2\text{O}=1:2$ )

этих условиях выше 8%, что близко к теоретическому значению при условии йодирования всех тирозиновых остатков в цельном казеине до дийодтирозина. Поднимать концентрацию буфера выше нецелесообразно, так как содержание связанного йода достаточно для получения экономичного продукта, а дальнейшее ее повышение приводит к необходимости большего подкисления среды после завершения процесса йодирования с целью уменьшения потерь белка при производстве (рис.4).



При получении йодказеина, кроме концентрации буфера, взятого для растворения исходного белка, большое значение имеют концентрация хлористого йода как йодирующего агента и концентрация кислоты, в которой он растворен, так как эти две величины связаны между собой. Разведением хлористого йода водой достигается уменьшение концентрации соляной кислоты, в результате чего равновесие диссоциации комплекса  $H[ICl_2]$ , в виде которого хлористый йод находится в растворе, сдвигается в сторону его распада и, соответственно, увеличения концентрации ионов  $I^-$ , что благоприятствует

йодирующему действию хлористого йода.

С другой стороны, осаждение аморфных соединений лучше вести из концентрированных растворов. Образующиеся при этом осадки хорошо свертываются, легко отфильтровываются и хорошо промываются. Кроме того, они обладают минимальной удельной поверхностью, вследствие чего не отличаются особенной склонностью к адсорбции, что в случае получения йодказеина имеет особую важность, учитывая необходимость очистки его от молекулярного йода.

Как видно из рис.5 в низкоконтрированных растворах буфера разведение хлористого йода практически не влияет на рН надосадочной жидкости и, соответственно, на кислотность среды, при которой происходит процесс йодирования. Среда ввиду небольшой буферной емкости резко изменяется от исходной щелочной до сильнокислой, и разведение йодирующего агента способно лишь самым немногим увеличить рН. При более высокой концентрации исходного буфера наблюдается небольшое падение рН при добавлении йодирующего агента без разведения или даже при некотором его разбавлении, а затем резкое падение до сильнокислой среды. Таким образом, в низкоконтрированных растворах буфера разведением йодирующего агента не удастся поднять рН среды до оптимального для йодирования белка значения. Концентрация связанного йода в йодированном в таких условиях йодказеине колеблется от 5 до 6,5% (рис.6). В 0,25 М буфере увеличение рН удастся достичь в случае использования неразбавленного хлористого йода, а более концентрированный 0,3 М буферный раствор позволяет поддерживать рН на уровне около 5,5 и при больших разведениях йодирующего агента, что позволяет получать продукт с высоким содержанием связанного йода (рис.6).

### ***Исследование свойств йодказеина***

Для подтверждения сохранения молекулярной массы белка в процессе его йодирования, проводили сравнительное ее определение для исходного казеина и продукта, полученного после его йодирования. Исследования подтвердили, что при йодировании казеина он не расщепляется на фрагменты, молекулярный вес образовавшегося белка - йодказеина немногим выше за счет большего атомного



веса йода, заместившего водород в

терозиновых звеньях казеина.

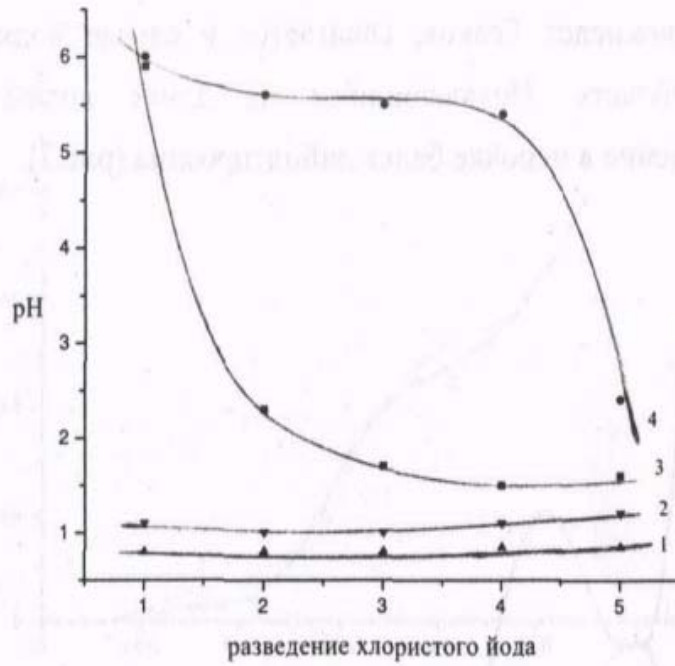


Рис.5. Зависимость рН надосадочной жидкости от разведения хлористого йода (концентрация буфера: 1 – 0,1 М, 2 – 0,2 М, 3 – 0,25 М, 4 – 0,3 М)

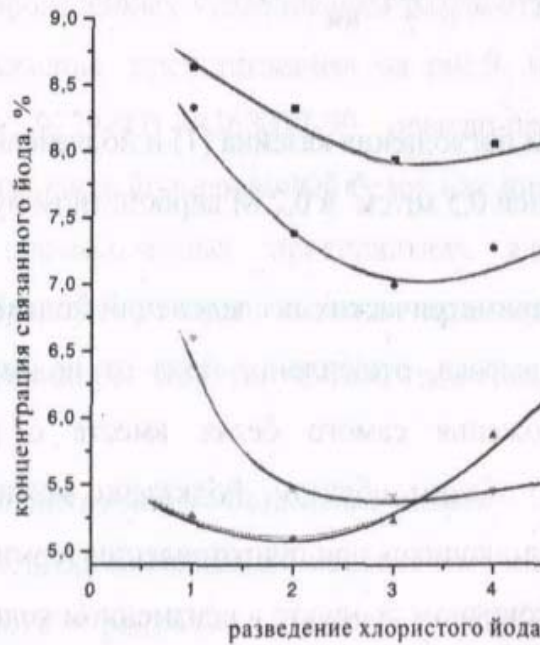


Рис.6. Зависимость концентрации связанного йода в йодказеине от разведения хлористого йода (концентрация буфера: 1 – 0,1 М, 2 – 0,2 М, 3 – 0,25 М, 4 – 0,3 М)

Сравнение ультрафиолетовых спектров поглощения казеина и йодказеина показывает, что максимум при длине волны 279-280 нм, типичный для ароматических аминокислот белков, сдвигается в случае йодказеина в более длинноволновую область. Появляющийся на длине волны 312 нм пик характеризует появление в цепочке белка дийодтирозина (рис.7).

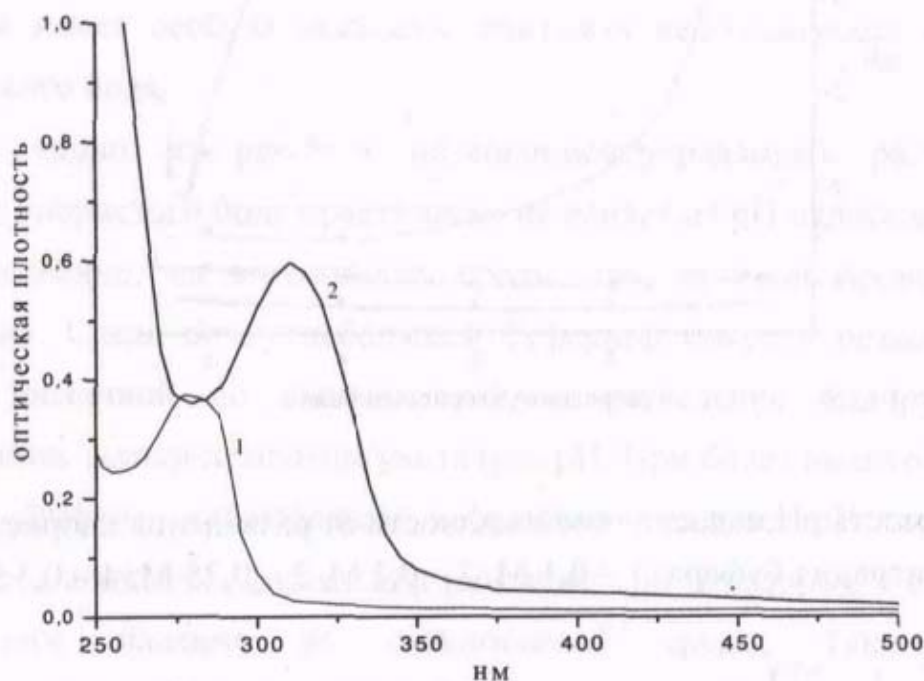


Рис.7. Спектры поглощения казеина (1) и йодказеина (2)  
(растворы концентрацией 0,5 мг/см<sup>3</sup> в 0,2 М карбонатном буфере, рН 9,2)

Результаты термогравиметрических исследований йодказеина показывают, что прочность связи С-Ј высока, отщепление йода от йодказеина происходит только в процессе разложения самого белка вместе с разрывом других химических связей (рис.8). Таким образом, йодказеин можно использовать в пищевых продуктах, подвергающихся при приготовлении термической обработке. Йод при этом останется в конечном продукте в неизменном количестве.

Йодказеин прошел гигиеническую оценку в Департаменте Госсанэпиднадзора Минздрава РФ и внесен в Федеральный реестр гигиенических заключений (№77.99.02.916.Д.001842.03.02 от 25.03.2002 г.). Стабильная концентрация связанного йода в йодированном белке и его устойчивость к



воздействию температур позволяют точно регламентировать содержание микроэлемента в продуктах питания при их обогащении.



Рис.8. Термогравиметрические кривые казеина (1) и йодказеина (2)

На основе проведенных исследований разработана технологическая схема производства йодказеина, представленная на рис.9, и утверждена техническая документация (ТУ 9229-001-48363077-99, опытно-промышленный регламент), позволяющая производить йодированный белок как пищевую добавку с целью ее применения на промышленных предприятиях для обогащения пищевых продуктов. Подобранные режимы синтеза гарантируют получение готового продукта со свойствами, регламентируемыми техническими условиями.

#### *Разработка технологии обогащения молочных продуктов йодказеином*

Проводимые в организованных коллективах исследования подтверждают разбалансированность рационов питания по йоду, способствующую формированию йод-дефицита в организме и широкое распространение связанных с ним заболеваний. В настоящее время существует три наиболее распространенных пути предотвращения дефицита микронутриентов: разнообразие питания, потребление пищевых добавок, обогащение пищевых

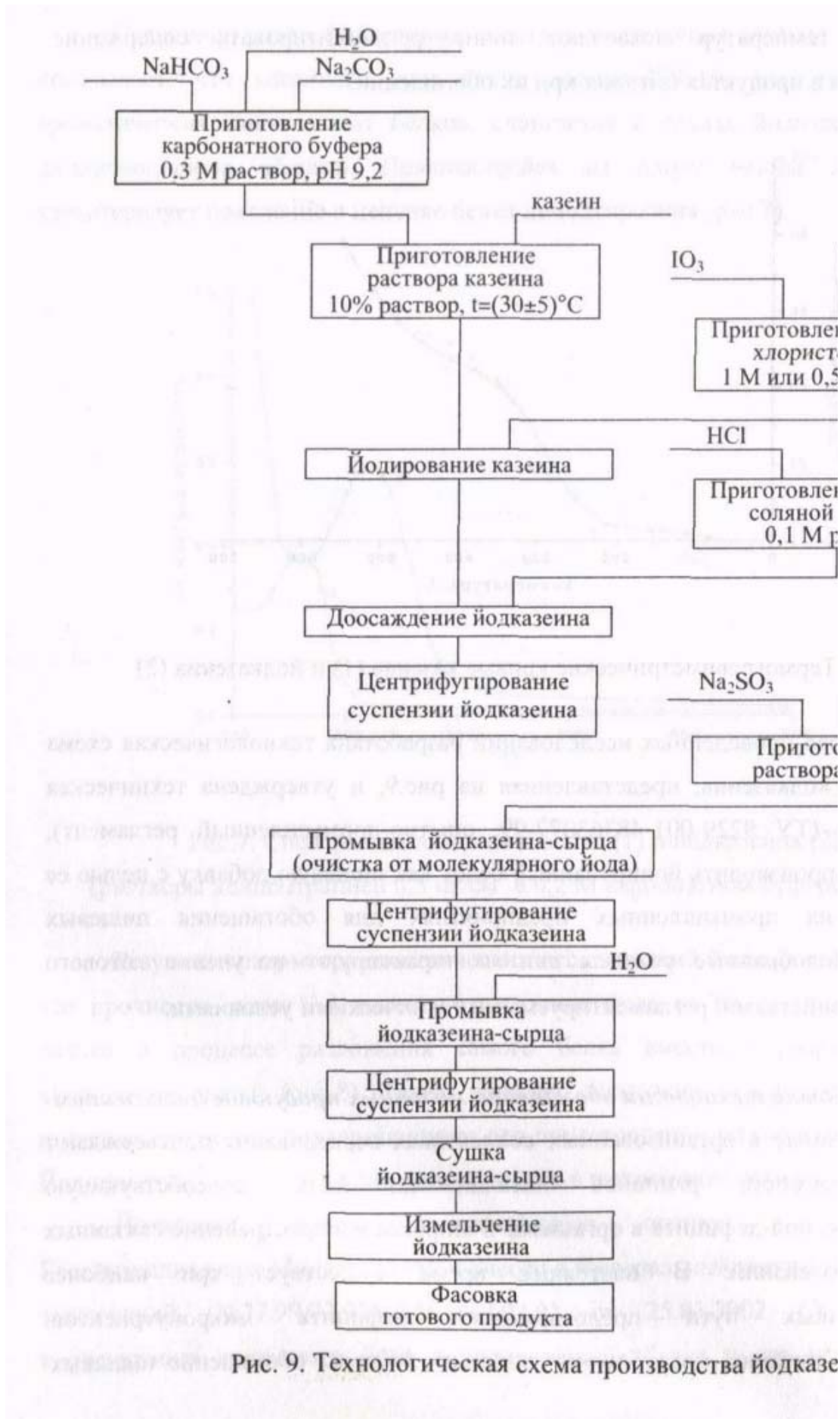


Рис. 9. Технологическая схема производства йодказеина

продуктов. Для России наиболее эффективным является третий путь в связи с влиянием на состояние питания таких факторов, как развившийся в результате социально-экономических преобразований кризис и ограниченная экономическая доступность для значительной части населения наиболее ценных пищевых продуктов, традиции и привычки в питании, низкий уровень образования в области здорового питания у большинства населения.

Молоко и продукты его переработки относятся к незаменимым продуктам массового и повседневного потребления. Потому разработка технологии их обогащения йодказеином позволила бы увеличить ассортимент социально важных продуктов питания.

Так как йодказеин представляет собой порошкообразное вещество, при обогащении молочных продуктов он вносится в нормализованную смесь в виде 0,5% раствора в пастеризованном молоке или 0,25% растворе гидрокарбоната натрия. Количество добавляемого белка составляет 2,5 г на 1 тонну молока или кефира и 6,5 г на 1 тонну сметаны или творога. Такое количество йодказеина позволяет обеспечить 50% суточной потребности организма в йоде при потреблении 500 г молока или кефира и 200 г сметаны или творога.

Анализ технологических схем производства молочных продуктов и результаты проведенных исследований определили способ обогащения их йодказеином - при обогащении молока - добавление раствора йодированного белка до или после пастеризации, при обогащении кисломолочных продуктов - в подготовленное для сквашивания молоко или сливки перед внесением закваски. Технологическая схема производства кефира, обогащенного йодированным белком, представлена на рис.10.

Опытные партии обогащенных йодированным белком продуктов были выработаны в производственных условиях предприятий молочной промышленности Калужской области. Исследования их качества проводили по комплексу показателей: органолептических, физико-химических и бактериологических. В результате органолептической оценки обнаружено, что йодная добавка не влияет на внешний вид, консистенцию, вкус, запах и цвет обогащенных продуктов, в процессе их хранения не появляется постороннего

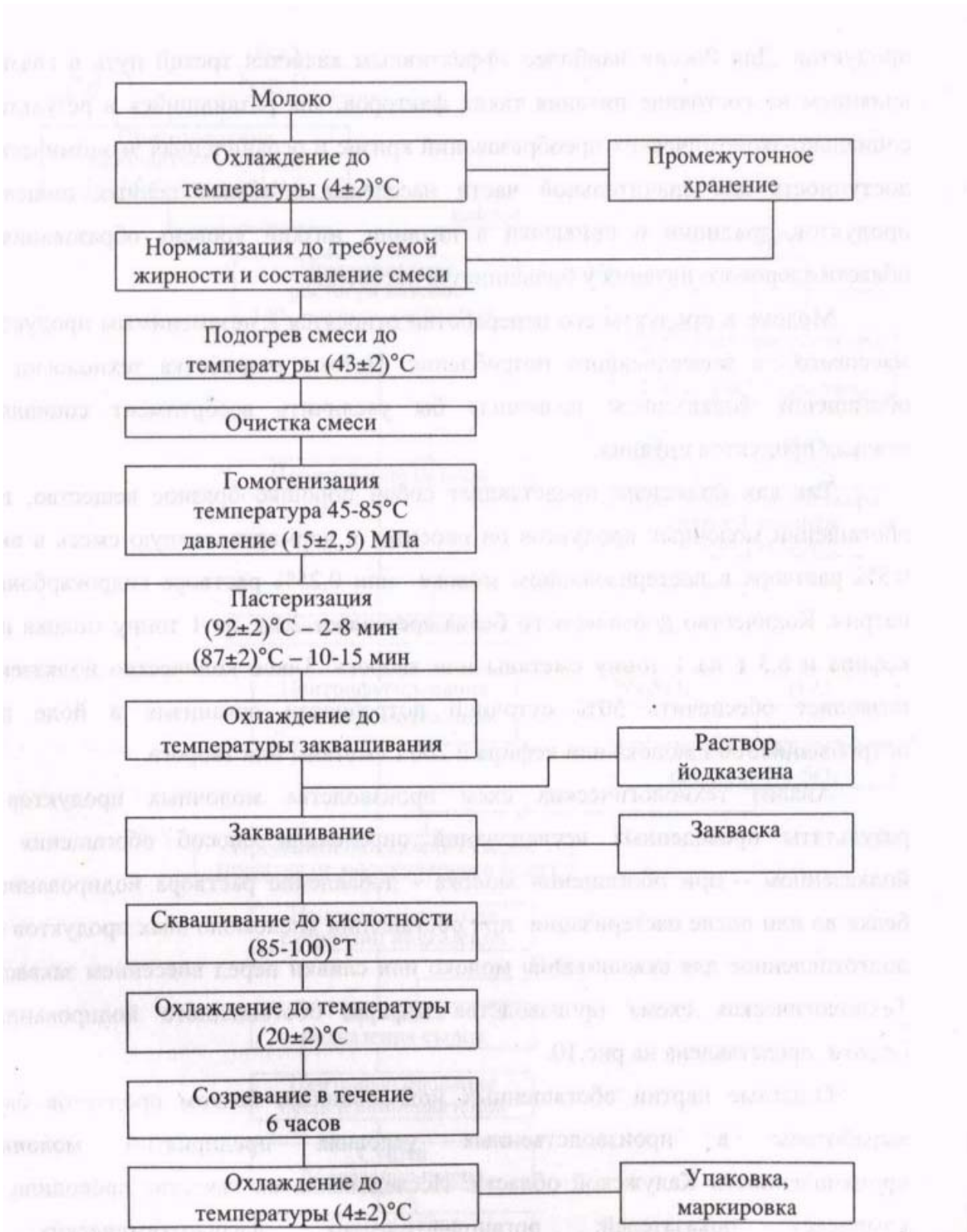


Рис.10. Схема технологического процесса производства кефира, обогащенного йодированным белком (резервуарный способ производства)

запаха и привкуса. Физико-химические и микробиологические показатели также подтверждают их доброкачественность и соответствие нормативным требованиям к пищевым продуктам.

Анализ проб обогащенных продуктов на содержание в них йода показал, что перемешивание массы после внесения йодказеина обеспечивает равномерность распределения последнего по всему объему, а процесс термической обработки не влияет на содержание йода в готовом продукте: оно остается на уровне заложенного. Сохраняется микроэлемент в обогащенной продукции и в процессе ее хранения - содержание йода сразу после выработки и к концу сроков хранения одинаково (табл. 1).

Таблица 1

## Содержание йода в обогащенных йодказеином молочных продуктах

Наименование	Концентрация йода по	Концентрация йода в день	Концентрация йода в конце
Молоко	0,2	0,22±0,03	0,22±0,02
Кефир	0,2	0,21±0,04	0,20±0,02
Сметана	0,5	0,51±0,04	0,53±0,06
Творог	0,5	0,49±0,07	0,48±0,05

Разработанные технологии обогащения молочных продуктов йодированным белком позволяют использовать их на предприятиях молочной промышленности без изменения технологических линий и не требуют дополнительного оборудования. При их разработке учитывались и были соблюдены основные требования к обогащению пищевых продуктов микронутриентами, разработанные Институтом питания РАМН:

1. Для обогащения выбраны продукты массового потребления, доступные для всех групп взрослого и детского населения и регулярно используемые в повседневном питании.

2. Обогащение йодказеином молока и кисломолочных продуктов не ухудшает их потребительских свойств: не уменьшает содержание других содержащихся в них пищевых веществ, не влияет на вкусовые качества, не

уменьшает срок хранения этих продуктов.

3. Йодказеин не взаимодействует с компонентами обогащаемых продуктов, выбранный способ и стадии внесения обеспечивают сохранение свойств обогатителя в процессе производства и в течение установленных сроков хранения.

4. Содержание йода в обогащенных продуктах достаточно для удовлетворения 50% его суточной потребности.

5. Регламентируемое содержание йода указывается на индивидуальной упаковке этих продуктов, а представленная в технических условиях методика позволяет органам Госсанэпиднадзора его контролировать.

### **Выводы**

1. Исследована зависимость содержания связанного йода в йодказеине от концентрации карбонатного буфера. Его увеличение с ростом концентрации буфера связано с ростом значения рН среды, при котором происходит процесс йодирования.

2. Исследована зависимость содержания связанного йода в йодказеине от концентрации йодирующего агента. Ее характер определяют два фактора: изменение концентрации хлористого йода и изменение концентрации кислоты, в которой он растворен.

3. Оптимальными условиями получения йодказеина является йодирование раствора казеина в 0,3 М карбонатном буфере 1 М раствором хлористого йода в 4 н соляной кислоте или разведенным дистиллированной водой йодирующим агентом в соотношении 1:1.

4. Определена изоэлектрическая точка йодказеина (рН=4,3), позволившая подобрать оптимальное значение рН среды для осаждения йодированного белка с целью минимизации его потерь при производстве.

5. Разработаны методики определения концентраций общего йода в йодказеине прямой переменноточковой вольтамперометрией на стационарном углеродном электроде и свободного йода спектрофотометрическим методом.

6. Хроматографические и спектрофотометрические исследования йодказеина подтверждают сохранение молекулярного веса белка в процессе

йодирования и включение галогена в его структуру.

7. Результаты проведенных исследований определили способ обогащения молочных продуктов йодказеином. Разработанные технологии позволяют использовать их на предприятиях молочной промышленности без изменения технологических линий и не требуют дополнительного оборудования.

8. Разработаны технические условия на обогащенные йодказеином молочные продукты (9220-004-48363077-2000, 9220-005-48363077-2000, 9220-006-48363077-2000, 9220-007-48363077-2000), осуществлен комплекс работ по внедрению их в промышленное производство, что позволило расширить ассортимент продуктов лечебно-профилактического назначения.

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

1. Цыб А.Ф., Шахтарин В.В., Розиев Р.А., Черняев С.И., Томчани О.В. Йодказеин ликвидирует йодную недостаточность // Молочная промышленность. -2000. - №6. - С. 45-48.

2. Черняев С.И., Томчани О.В., Зевакин И.И. Йод+молоко=здоровье // Молочная промышленность. - 2000. - №10. - С.33-34.

3. Цыб А.Ф., Скворцов В.Г., Шахтарин В.В., Розиев Р.А., Гончарова А.Я., Григорьев А.Н., Бозаджиев Л.Л., Подгородниченко В.К., Томчани О.В., Черняев С.И., Зевакин И.И. Биологически активная пищевая добавка-обоганитель «Йодказеин» // Пищевая промышленность. - 2000. - №1. - С.46-47.

4. Томчани О.В., Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Бозаджиев Л.Л., Скрипник Д.Г., Скворцов В.Г., Черняев С.И. Обогащение молочных продуктов йодказеином // Молочная промышленность. - 2001. - №12. - С.31-32.

5. Цыб А.Ф., Шахтарин В.В., Розиев Р.А., Черняев С.И., Томчани О.В., Черняева М.Н. Многообразие проявлений йод-дефицитных состояний. Причины возникновения и способы их коррекции. Пищевая добавка «Йодказеин» - аналог природного соединения йода // Материалы семинара «Новое в технике и технологии молочной промышленности». - Адлер. - 2000.

6. Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Гончарова А.Я., Григорьев А.Н., Бозаджиев Л.Л., Клепов А.Н., Скворцов В.Г., Подгородниченко В.К., Томчани О.В. Преимущества

использования пищевой добавки «Йодказеин» для профилактики йодной недостаточности // Тезисы докладов семинара «Биотехнология-99». - Пущине. -1999. - С.40-41.

7. Томчани О.В., Цыб А.Ф., Бозаджиев Л.Л., Розиев Р.А., Подгородниченко В.К., Скрыпник Д.Г., Гончарова А.Я., Скворцов В.Г. Разработка и внедрение способа обогащения молочных продуктов йодказеином в целях профилактики йод-дефицитных состояний населения // Материалы семинара-презентации инновационных научно-технических проектов «Биотехнологии-2000». - Пущине. -2000. - С.58-59.

8. Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Скворцов В.Г., Гончарова А.Я., Григорьев А.Н., Бозаджиев Л.Л., Клепов А.Н., Томчани О.В., Подгородниченко, В.К. Использование йодоорганической пищевой добавки в- проблеме йодной недостаточности // Материалы IV Международного симпозиума «Биологически активные добавки к пище: XXI век». - С.-Петербург. - 2000. - С.^50-252.

9. Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Гончарова А.Я., Григорьев А.Н., Скворцов В.Г., Бозаджиев Л.Л., Подгородниченко, В.К., Томчани О.В. Функциональная пригодность йодказеина для профилактики йодной недостаточности // Вестник Академии медицинских наук. - 2000. - №6. - С. 17-21.

10. Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Гончарова А.Я., Григорьев А.Н., Скворцов В.Г., Бозаджиев Л.Л., Подгородниченко, В.К., Томчани О.В. Функциональная пригодность йодказеина для профилактики йодной недостаточности // Здоровохранение. - 2000. - №10. - С. 171-173.

11. Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Гончарова А.Я., Григорьев А.Н., Бозаджиев Л.Л., Клепов А.Н., Скворцов В.Г., Подгородниченко, В.К., Томчани О.В. Йодказеин - средство для профилактики йодной недостаточности // Здоровохранение. - 2000. - №9. - С.171-173.

12. Томчани О.В. Разработка и внедрение способа обогащения молочных продуктов йодказеином в целях профилактики йод-дефицитных состояний населения // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Беззотходная технология использования сырья при выработке сыра, масла и цельномолочных продуктов». - Адлер. - 2002. - С.70-72.



13. Цыб А.Ф., Томчани О.В., Бозаджиев Л.Л., Гончарова А.Я., Розиев Р.А., Шахтарин В.В., Подгородниченко В.К., Тимохина О.В. Йодказеин -перспективная пищевая добавка к детскому питанию для решения проблемы йодной недостаточности детей раннего возраста // Сборник докладов участников международной конференции «Развитие индустрии детского питания на молочной основе в XXI веке». - Москва. - 2002. - С.111-117.

14. Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Скворцов В.Г., Клепов А.Н., Гончарова А.Я., Бозаджиев Л.Л., Григорьев А.Н., Подгородниченко В.К., Томчани О.В. Способ получения йодированного белка.//Патент на изобретение №2188648.