

УДК 66.047.2.

Доцент И.Е. Шабанов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра машин и аппаратов химических производств, тел. (473) 249-91-13

## **Технология комплексной глубокой переработки сырья биологического происхождения на основе многостадийного фракционирования**

Предложена технология комплексной глубокой переработки сырья на основе системного анализа сырьевых источников как объектов переработки.

The technology of deep processing of complex biological multistage fractionation on the basis of systematic analysis of primary sources as processing facilities, and identified patterns.

*Ключевые слова:* сублимационное фракционирование, десублимационное фракционирование, хладоновая экстракция, ультразвуковая экстракция, криоаморазивание.

Современные наиболее эффективные технологии переработки сырья биологического происхождения и производства высококачественных полупродуктов для различных отраслей промышленности составляют такие методы заготовки, хранения и переработки исходного сырья, которые максимально сохраняют его молекулярную структуру, витаминный и минеральный состав [1,4]. Наиболее полно этим требованиям удовлетворяют криогенные технологии, при реализации которых перерабатываемое сырье находится при низких температурах и в среде инертных газов [3,5]. При этом ингибируются окисление, денатурация и диссоциация наиболее важных молекулярных активных комплексов исходного сырья.

Возможность создания таких технологий комплексной глубокой переработки сырья биологического происхождения основывается на многостадийном фракционировании и теории тепломассообмена, термодинамике сублимационных процессов, кинетике экстракции, гидродинамике течения неньютоновских жидкостей, криобиологии, супрамолекулярной химии и других научных дисциплинах. Концепция разработки этапов переработки сырья и выбора конкретных технологических процессов формируется на основе системного анализа сырьевых источников как объектов переработки и вариаций состава и качественных показателей получаемых фракций как целевого продукта (рис. 1).

Согласно предложенному подходу на основе технологических характеристик сырьевых источников (I) и прогнозируемых к производству фракций (II) разрабатывается и осуществляется на основе системного синтеза и анализа всех процессов технологии моделирование основных и вспомогательных процессов фракционирования (III). Затем экспериментальным путем проверяются полученные качественные и количественные результаты моделирования (IV). Выбор направления оптимизации и развития исследуемых процессов на основе анализа данных (I) и (II) этапов ложится в основу разработки методов анализа, математической обработки данных, способов исследования, методик расчета и проектирования (V), наличие и совокупность которых приводит к возможности создания конкретной технологии (VI) и ее аппаратного оформления комплексной глубокой переработки для любого вида сырья биологического происхождения.

На основе вышеизложенного подхода предложена технология переработки многостадийным фракционированием плаценты свиной с целью получения комплексов низкомолекулярных и высокомолекулярных гидрофильных и липофильных фракций. При этом выявлены четыре закономерности, на которых базируется сама возможность создания таких технологий. Эти закономерности можно сформулировать в следующем виде.

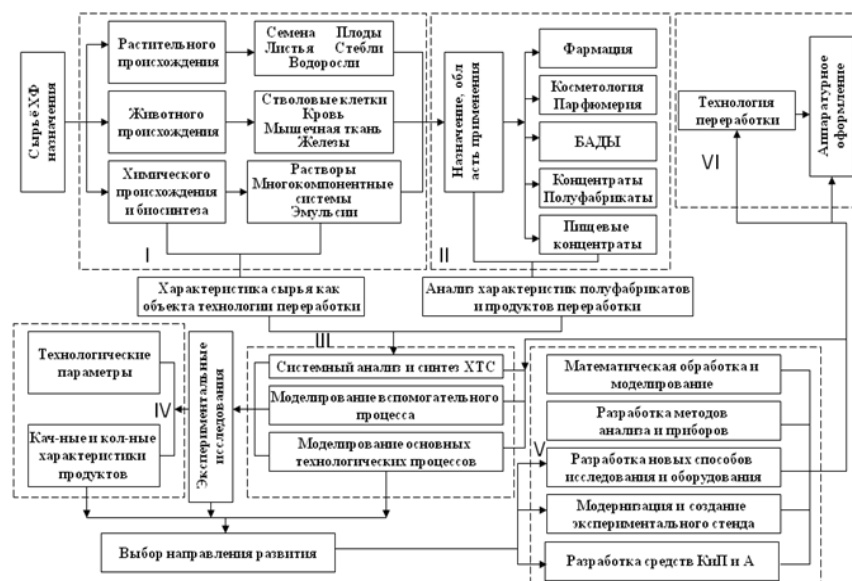


Рис.1. Схема стратегии анализа процессов и разработки технологии комплексной переработки биологического сырья посредством многостадийного фракционирования

1) Сохранение нативных свойств сырьевых источников биологического происхождения и продуктов, получаемых в результате их переработки, возможно только в условиях низких температур (не выше физиологической) и в средах инертных газов и жидкостей (хладонов, азота, подготовленной воды).

2) На основе термодинамических характеристик фракций в условиях равновесного состояния параметров процессов ниже тройной точки осуществляется сублимационное фракционирование и концентрирование, сублимационное обезвоживание, десублимационное фракционирование и концентрирование, конденсационное фракционирование решают задачи выделения многокомпонентных гидрофильных комплексов или отдельных их компонентов, например растворителей или низкокипящих фракций.

3) Теоретические и практические данные, подтверждающие, что после извлечения из сырья биологического происхождения гидрофильных фракций с параметрами состояния ниже тройной точки (т.е. низкокипящих фракций), позволяют беспрепятственно и высокоэффективно из сложной биологической системы извлечь липофильные комплексы или их фракции методом экстрагирования сжиженными хлорфторсодержащими углеводородами. Они в силу своих теплофизических и гидродинамических свойств позволяют реализовывать в процессе как экстракции так и регенерации, на основе комплекса своих уникальных свойств относительно высокой плотности,

экстрактивной способности, низкой вязкости и низкой температуры кипения, что особенно важно для высокой степени регенерации.

4) Экстракционное извлечение в условиях первой закономерности становится возможным и базируется на приобретаемых свойствах сложной многокомпонентной системы биологических комплексов после извлечения липофильных фракций, при помощи полярных экстрагентов. Позволяет извлекать гидрофильные комплексы и фракции, в том числе и высокомолекулярных соединений, например, при помощи водных растворов в условиях УЗ интенсификации, что высокоэффективно и реализуется в условиях сохранения нативных свойств.

В общем виде (рис. 2) один из вариантов предлагаемой технологии криофракционирования свиной плаценты включает в себя следующие основные этапы: подготовка сырья, криоамораживание и криопомол; сублимационное фракционирование замороженного измельченного сырья; десублимационное фракционирование и концентрирование жидкофазного компонента; экстракционное извлечение из твердофазного компонента липофильной фракции сжиженными газами; низкотемпературное экстракционное извлечение из твердофазного компонента гидрофильной фракции водными растворами.

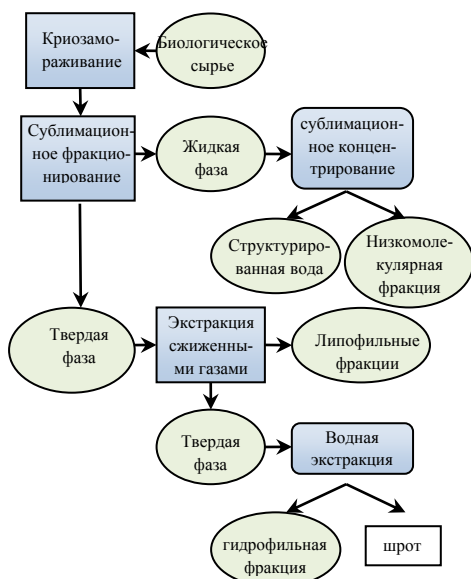


Рис. 2. Схема технологического процесса многостадийного фракционирования биологического сырья (плаценты свиной)

Технологические этапы подготовки сырья, криозамораживания и криопомола достаточно хорошо изучены, являются общими и приемлемыми для подавляющего большинства сырьевых источников, используемых в пищевой и фармацевтической промышленности, с той лишь особенностью, что при их реализации необходимо соблюдение условий первой закономерности комплексного фракционирования.

Один из важнейших этапов технологии - сублимационное фракционирование. Проведенные исследования [4,7] подтвердили возможность разделения сублимируемых из замороженных биологических систем молекулярных потоков и показали результаты, которые демонстрируют сложность биохимического состава водных фракций, выделяемых из биообъектов в режиме криосублимационного фракционирования. Фактически эти результаты дают основу не только не имеющим альтернативы технологиям выделения фракций с молекулярной массой до 300 молекулярных единиц из натурального биологического сырья, но и новому экспериментальному направлению по разделению этих фракций на уникальные компоненты.

Тот факт, что подобные низкомолекулярные водные фракции нельзя в настоящее время получить другими известными методами, ставит этот подход в разряд уникальных криобиологических технологий. В целом данное направление может стать в ближайшее время одним из актуальных разделов современной криобиологии, а получаемые в его рамках продукты - основой для фармацевтических и косметических препаратов нового поколения.

Для повышения концентрации биологически активных веществ может быть использован метод сублимационного фракционирования (рис.3).

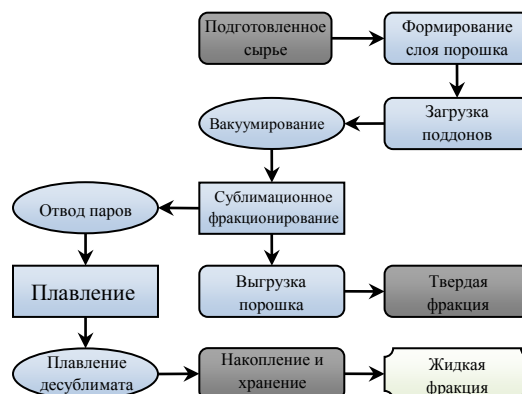


Рис. 3. Схема технологического процесса сублимационного фракционирования

Главной особенностью десублимационного фракционирования (рис. 4) является возможность получения нескольких различных по концентрации легколетучих биоактивных веществ фракций десублимированных паров. Достигается это за счет использования последовательной цепочки десублиматоров с различной температурой криоэлементов. Таким образом, повысить концентрацию легколетучих веществ в десублимате возможно с долей процента до 10 - 15 % и более. Основу технологии десублимационного фракционирования и концентрирования биоматериалов составляет предположение о том, что газовая фаза над замороженным биообъектом представляет собой сложную композицию из молекул разной природы: воды, аминокислот, эфиров, витаминов, минеральных веществ, фрагментов сложных молекулярных комплексов и т.д.

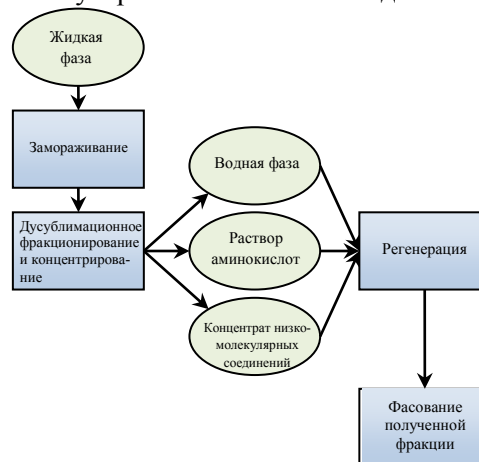


Рис. 4. Схема технологического процесса десублимационного фракционирования и концентрирования биологического сырья

Поскольку эти вещества являются, как правило, термолабильными, то верхний температурный предел для них ограничен 20 - 50 °С.

В свою очередь, эта кинетика при заданном виде биологического объекта определяет состав и количество остальных фракций в газовой фазе, состоящих, как правило, из частиц с молекулярной массой до 300 молекулярных единиц.

Это связано с тем, что удержать осаждаемые на холодной поверхности десублиматора молекулы можно только в том случае, если они достаточно быстро переходят в твердофазное состояние. Если же мигрирующие по охлажденной поверхности десублиматора молекулы объединяются в жидкие микрофазы, вероятность их удержания резко уменьшается. Если химический состав и фазовая диаграмма подвергающегося сублимационному фракционированию сырья таковы, что он вплоть до температур - 50-80 °С содержит жидкие микрофазы, то аналогичные по химическому составу жидкие микрофазы будут возникать и на поверхностях десублиматора. Это означает, что для удержания содержащихся в них молекул на поверхности десублиматора температуру последних надо понижать до температуры стеклования жидких микрофаз.

Испаряющиеся из замороженного сырья молекулы воды и ультралетучих молекулярных фрагментов осаждаются на внешних поверхностях криогенных панелей, расположенных в каскаде десублиматоров.



Рис. 5. Схема технологического процесса экстракционного извлечения липофильной фракции сжиженными газами

В соответствии с третьей основной закономерностью концепции фракционирования следующей стадией технологии является экстрагирование липофильных фракций сжиженными газами (рис. 5) [6]. Хроматографиче-

ский анализ состава полученного в ходе экспериментальных исследований процесса экстракционного извлечения сжиженными газами липофильной фракции из плаценты свиной позволил выявить высококачественные комплексы, содержащие: этерифицированные и неэтерифицированные жирные кислоты 20 - 22 %, триглицериды 24-26 %, моноглицериды 10-15 %, фосфолипиды 33-35 %, эфиры холестерина, стерина. Особый интерес при этом представляют фосфолипиды (рис. 6).

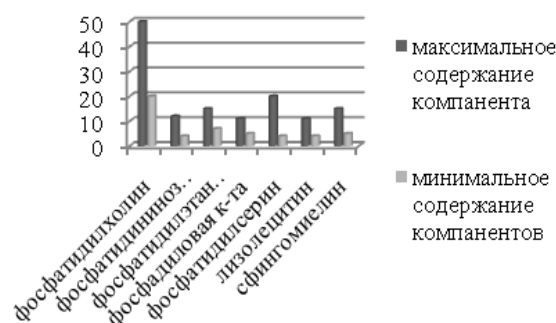


Рис.6. Процентное содержание фосфолипидов в экстрагированной липофильной фракции плаценты

Завершающей стадией предлагаемой технологии является экстракционное извлечение гидрофильной фракции (рис.7).

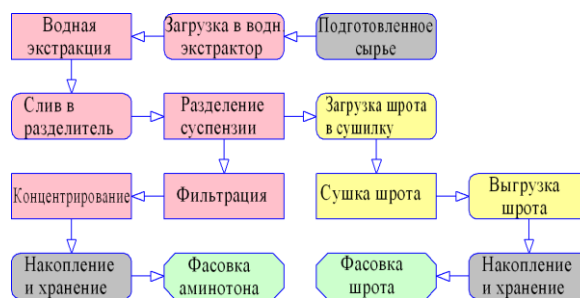


Рис.7. Схема технологического процесса экстракционного извлечения гидрофильной фракции

Скрининг биологически активных веществ с заданными свойствами на основе гидрофильной фракции плаценты, как показали исследования методом тонкослойной хроматографии [2], позволяет получать комплексы, в состав которых входят: цистеиновая, аспаргиновая и глутаминовая кислоты; микроэлементы: медь, цинк, марганец, железо; сложный аминокислотный комплекс (рис.8).

Фармацевтически ценные комплексы, полученные методом экстракционного извлечение гидрофильной фракции, могут служить основой для создания уникальных продуктов питания, лечебных препаратов, средств гигиены и косметики.

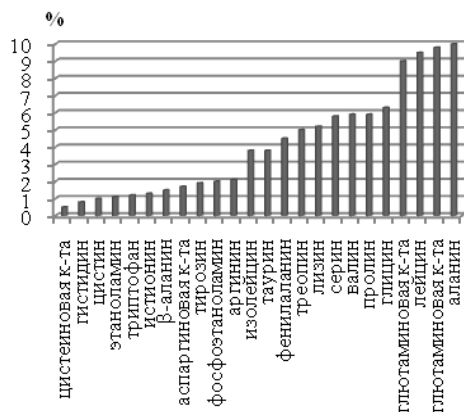


Рис. 8. Процентное содержание компонентов в полученной гидрофильной фракции плаценты

Разрабатываемые таким способом технологии комплексной глубокой переработки различных видов сырья биологического происхождения позволяют получить принципиально новые биологические комплексы в условиях максимального сохранения их нативных свойств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шабунин, С.В. Актуальные проблемы криофармакологии [Текст] / С.В. Шабунин, Г.А. Востроилова, А.И. Осецкий // Ветеринария и кормление. – 2004. С.10-11.
2. Востроилова, Г.А. Антиоксидантные свойства тканевых препаратов из плаценты, полученных методом криогенной сублимации [Текст] / Г.А. Востроилова // Материалы международной научно-практической конференции «Свободные радикалы, антиоксиданты и здоровье животных». - Воронеж: ВГУ, 2004. – С. 334 – 335.

3. Жучков, А. В. Разработка технологических комплексов для криосублимационного фракционирования биологических тканей [Текст] / А. В. Жучков, С.В. Шабунин, А.И. Осецкий // Проблемы криобиологии. - 2005. - С. 312-315.

4. Шабунин, С.В. Интеграция высокоэффективных криогенных технологий с биологическим скринингом – современный путь создания биологически активных веществ природного происхождения [Текст] / С.В. Шабунин, Г.А. Востроилова, А.И. Осецкий, Б.Л. Жаркой // Материалы III съезда биотехнологов России. - М: Макс Пресс, 2005. - С. 129.

5. Жучков, А.В. Разработка технологии экстракции липофильных и гидрофильных фракций из биологического сырья [Текст] / А.В. Жучков, А.С. Каледин, М.В. Мальцев // Материалы III международной конференции «Экстракция органических соединений». - Воронеж, 2005. – С. 183.

6. Осецкий, А.И. Фракционирование биологических материалов при экстракции липидов сжиженными газами [Текст] / А.И. Осецкий, Е.А. Гордиенко // Материалы III международной конференции «Экстракция органических соединений». – Воронеж, 2005. – С. 235.

7. Осецкий, А. И. Криосублимационное фракционирование биологических материалов [Текст] / А.И. Осецкий, В.И. Грищенко, А.С. Снурников, Г.А. Бабийчук // Проблемы криобиологии. - 2006 – С. 230-239.

8. Каледин, А. С. Аппаратурное оформление технологии глубокой переработки фармацевтического сырья на основе многостадийной экстракции и криосублимационного фракционирования [Текст] / А.С. Каледин // Материалы IV всероссийской научно-технической конференции. – Вологда, 2006. - С. 37-39.

9. Жучков, А.В. Технология глубокой переработки растительного сырья на основе многостадийного фракционирования [Текст] / А.С. Каледин, А.В. Жучков // Материалы IV всероссийской научной конференции «Химия и технология растительных веществ». - Сыктывкар, 2006. - С. 374.