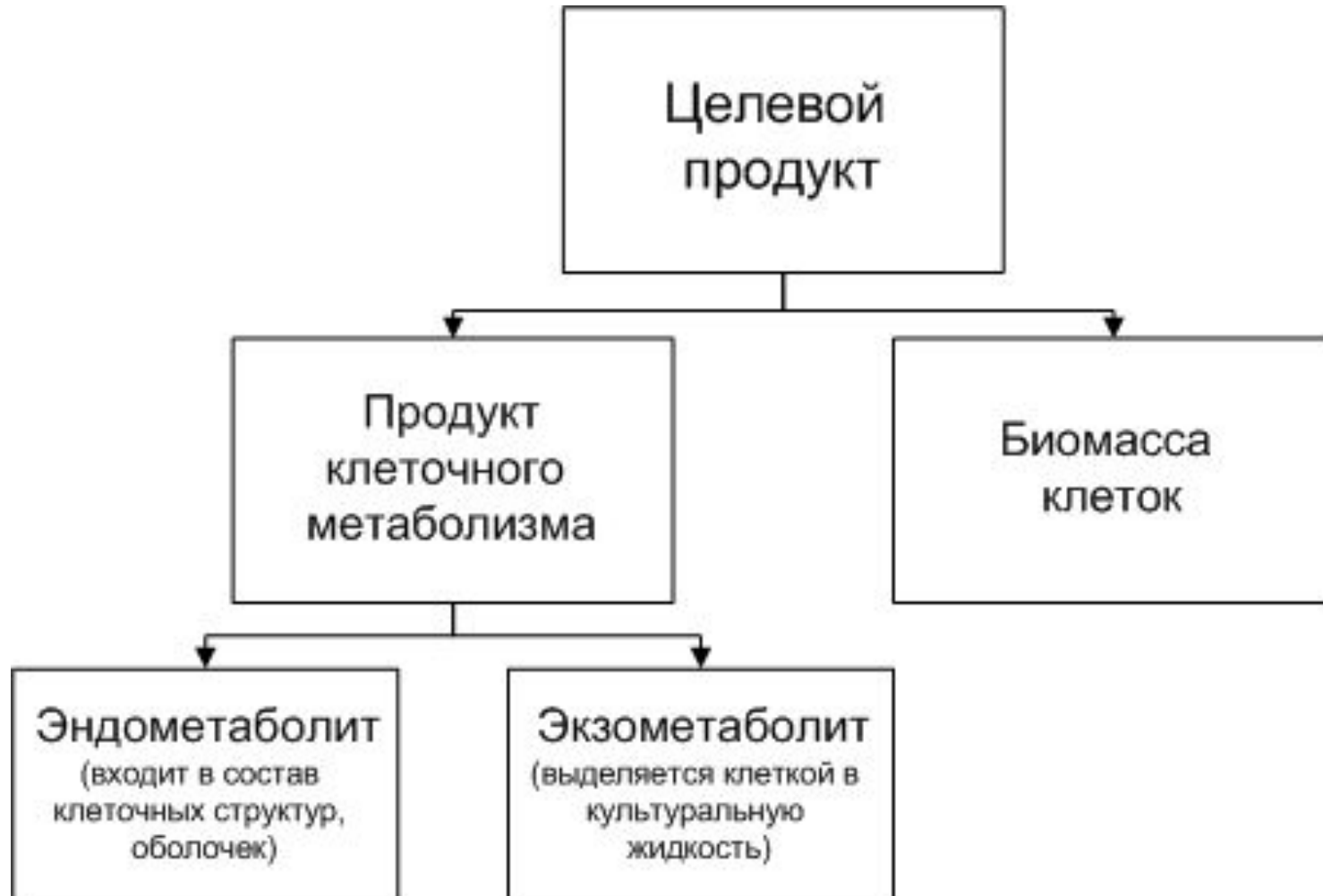


**Методы выделения и очистки
целевых продуктов
в процессе культивирования
микроорганизмов**

Завершающей стадией любого
микробиологического производства является
выделение и очистка
целевого продукта



При выборе *метода* выделения и очистки продукта микробиологического синтеза учитываются следующие факторы:

1. физико-химические свойства культуральной жидкости;
2. свойства выделяемого продукта;
3. требования к конечной форме продукта;
4. технологические и технико-экономические показатели.

Этапы выделения целевого продукта

I. Отделение биомассы микроорганизмов от культуральной жидкости.



II. Разрушение клеток (дезинтеграции)



III. Выделение целевого продукта



IV. Очистка продукта



V. Концентрирование



VI. Обезвоживание



VII. Модификация



VIII. Стабилизация

I. Отделение биомассы микроорганизмов от культуральной жидкости

Способы:

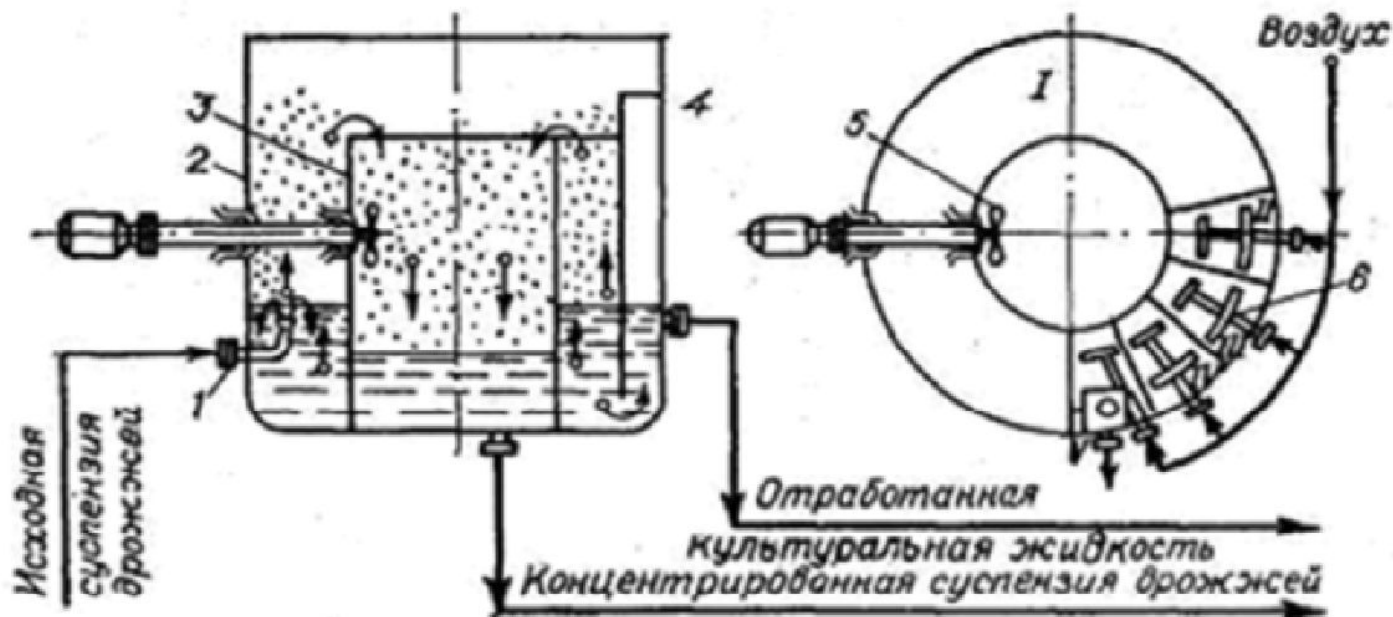
1. Флотация
2. Фильтрация
3. Центрифугирование
4. Седиментация

1. **Флотация** (буквально – плавание на поверхности воды) – разделение мелких частиц и выделение капель дисперсной фазы из суспензий.

Виды флотации:

- **пенная;**
- **масляная;**
- **пленочная.**

Пенную флотацию используют на первом этапе отделения дрожжевой массы



Одноступенчатый флотатор:

- 1 — патрубок для ввода дрожжевой суспензии; 2 — корпус; 3 — внутренний стакан;
4 — встроенный карман; 5 — механический пеногаситель; 6 — аэраторы.

2. Фильтрация – пропускание суспензии через фильтрующий материал (пористую перегородку), на котором задерживается биомасса микроорганизмов.

Применяют фильтры:

- барабанные,
- дисковые,
- ленточные,
- тарельчатые,
- карусельные,
- вакуум-фильтры,
- фильтр-прессы различных конструкций,
- мембранные фильтры.

Барабанный вакуум-фильтр непрерывного действия

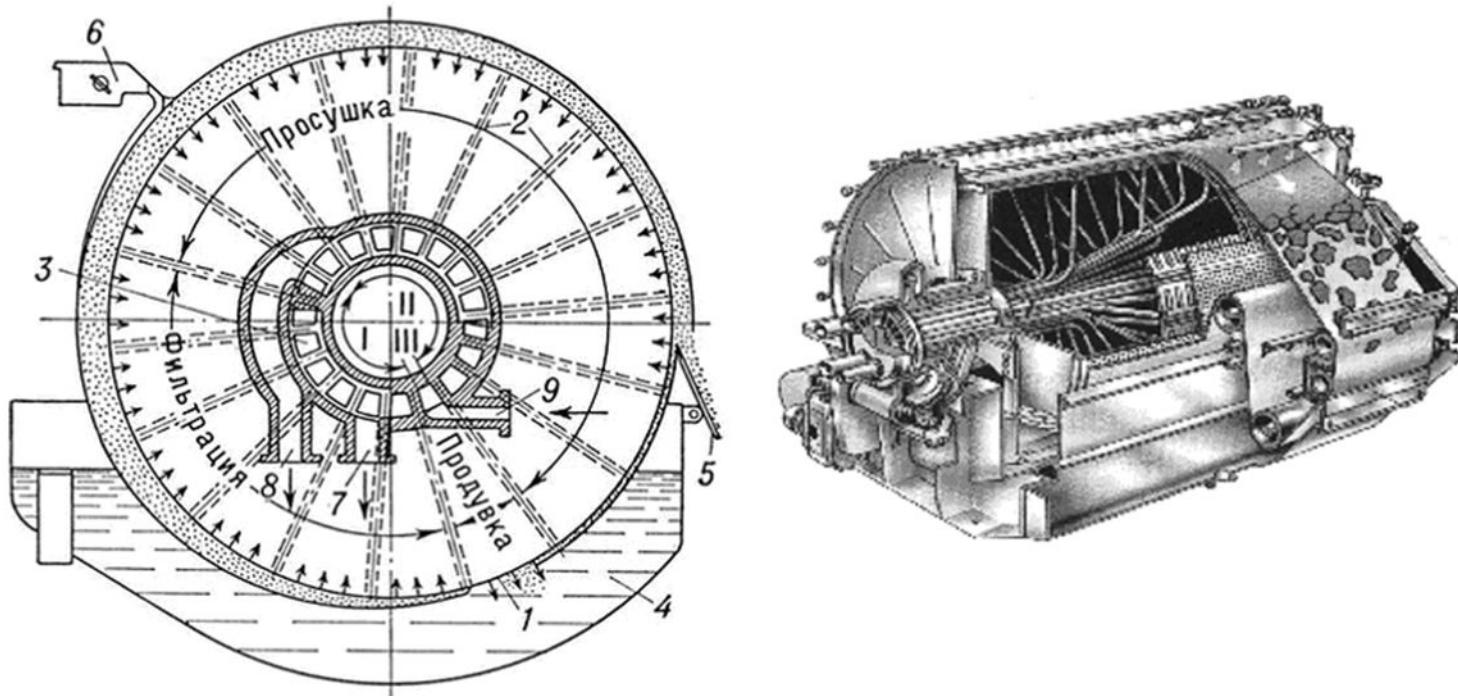
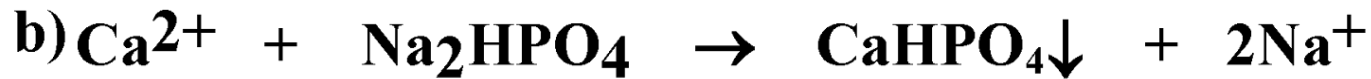
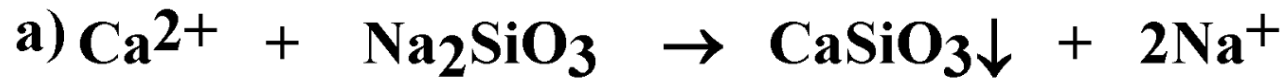


Рисунок 6.3 Барабанный вакуум-фильтр непрерывного действия: 1 – барабан, 2 – перегородки, 3 – распределительная головка (золотниковый механизм); 4 – корыто; 5 – нож для срезания осадка; 6 – распределитель воды для промывания осадка; 7, 8 – трубы для откачки соответственно отфильтрованной жидкости и промывной воды; 9 – труба для подачи сжатого воздуха.

Для увеличения скорости фильтрования используют следующие способы предварительной обработки:

- Кислотная коагуляция.
- Обработка неорганическими солевыми электролитами (Na_2SiO_3 , Na_2HPO_4).



- Тепловая коагуляция.
- Добавление химических агентов (перлит, диатомит, древесная мука и др.) которые образуют наполнители.
- Обработка суспензий высокомолекулярными полиэлектролитами - флокулянтами.

3.Центрифугирование — процесс разделения *суспензий* и эмульсий в поле центробежных сил с использованием сплошных или проницаемых для жидкости перегородок.

Центрифуги классифицируют:

- по величине фактора разделения (тихоходные менее 1000, скоростные до 5000 и сверхцентрифуги более 5000);
- по физической сущности процесса – осадительные (отстойные) и фильтрующие;
- по характеру работы (периодические и непрерывные);
- по конструкции опор и расположению оси барабана (подвесные вертикальные (на колонках), вертикальные стоячие (с подпертым валом), горизонтальные, наклонные);
- по способу выгрузки осадка (центрифуги с выгрузкой ручной, гравитационной, шнековой, ножами и скребками, пульсирующими поршнями и др.).

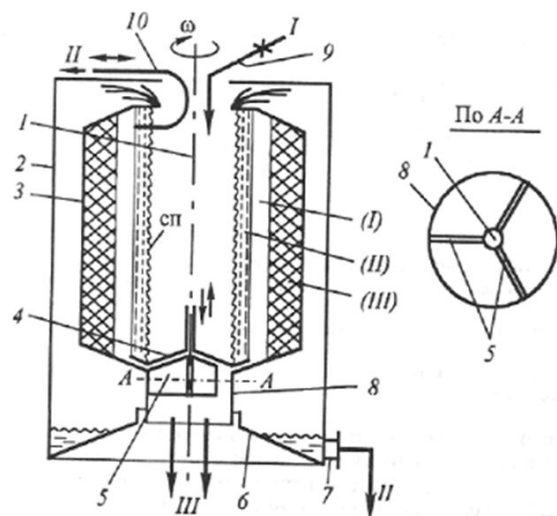


Рисунок 6.5 Вертикальная подвесная осадительная центрифуга периодического действия:

1 – вал, 2 – неподвижный кожух, 3 – ротор (барабан), 4 – конус ротора, 5 – ребра, 6 – фасонное днище кожуха, 7 – штуцер для вывода фугата, 8 – патрубок для выгрузки осадка, 9 – линия подачи суспензии, 10 – отводная трубка для фугата;

I – суспензия, II – осветленная жидкость (фугат), III – осадок

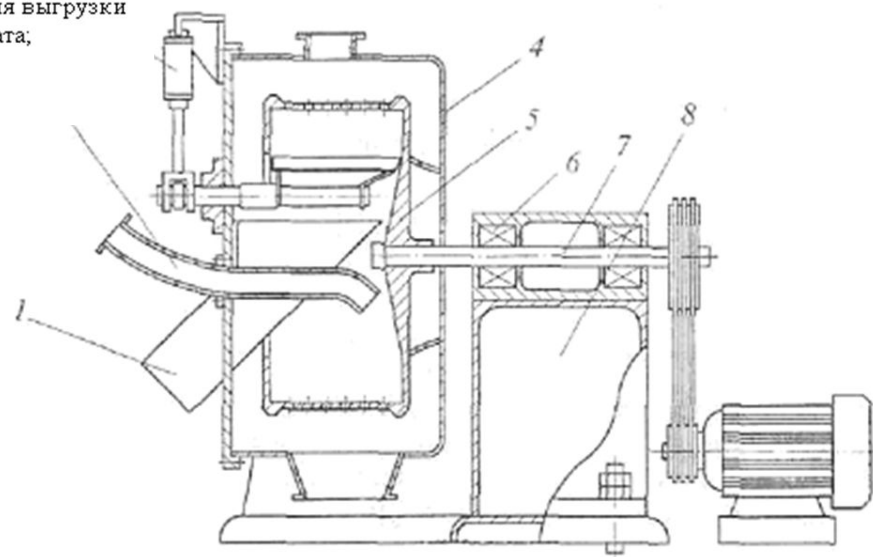


Рисунок 6.6 Горизонтальная фильтрующая центрифуга с ножевым устройством для удаления осадка:

1 – разгрузочный бункер; 2 – питающая труба; 3 – механизм среза осадка; 4 – кожух; 5 – ротор; 6 – подшипники качения; 7 – вал; 8 – станина

Области применения центрифугирования:

- Выделение биомассы из культуральной жидкости (дрожжи, бактерии, грибы).
- Отделение различных целевых продуктов микробиологического синтеза (антибиотики, ферменты, витамины и др.), переведенных предварительно в твердую фазу.
- Разделение эмульсий, образующихся при экстракции.

Разделение эмульсий проводится в *сепараторах* (однокамерных, тарельчатых и др.) периодического или непрерывного действия. Наиболее распространено разделение в тарельчатых сепараторах с коническими тарелками.



Центробежные жидкостные сепараторы широко применяются в пищевой промышленности, в частности для сепарации молока (отделения от молока сливок).

Недостатки центрифугирования:

- сложность конструкции, высокая энергоемкость и стоимость;
- сложность эксплуатации (ненадежность, вибрация, шум, необходимость периодической разборки и мойки);
- воздействие на клетку центробежной силы, нагрев, трудность герметизации и обеспечения асептических условий ведения процесса.

Достоинства центрифугирования :

- высокая производительность;
- высокая степень концентрирования

Осаждение (седиментация) – процесс, в котором при добавлении некоторых реагентов или при изменении физико-химических условий происходит расслоение дисперсных систем под действием силы тяжести и отделение дисперсной фазы в виде нерастворимого осадка.

Методы седиментации:

- **отстаивание;**
- **коагуляция;**
- **флокуляция;**
- **высаливание;**
- **осаждение органическими растворителями;**
- **осаждение высокомолекулярными полимерами;**
- **осаждение ионами металлов;**
- **осаждение высокомолекулярными полимерами.**

II. Разрушение клеток (дезинтеграция)

Методы дезинтеграции

Физические	Химические	Биологические
Баллистические Ультразвуковые Экструзионные Газодекомпрессионные Осмотический шок Тепловой шок Холодовой шок Замораживание-оттаивание Замораживание-высушивание Фазовые переходы при высоких давлениях	Действие щелочей, кислот, солей, детергентов, антибиотиков, ингибиторов, хелатных агентов, органических растворителей	Действие бактериолитических ферментов, дрожжелитических ферментов, миколитических ферментов, иммобилизованных литических ферментов Действие фагов, бактериоцинов, Ингибирование синтеза клеточной оболочки Автолиз

III. Выделение целевого продукта

осуществляется методами, общими для эндо- и экзометаболитов)

1. Экстракция.
2. Осаждение.
3. Адсорбция.
4. Ионный обмен.
5. Перегонка.
6. Центрифугирование.
7. Мембранные методы выделения:
 - микрофльтрация;
 - ультрафльтрация;
 - нанофльтрация;
 - обратный осмос;
 - электродиализ.

Экстракция – процесс избирательного (селективного) извлечения одного или нескольких растворимых компонентов из твердых тел и растворов с помощью жидкого растворителя (экстрагента)

Типы экстракции:

- Твердо-жидкостная (вещество из твердой фазы переходит в жидкую) - например, хлорофилл из спиртовой вытяжки переходит в бензин)
- Жидко-жидкостная (вещество переходит из одной жидкости в другую (извлечение антибиотиков, витаминов, каротиноидов, липидов)).

Экстрагенты: фенол, бензин, хлороформ, бутилацетат и др.

Стадии экстракции

- смешение исходной смеси веществ экстрагентом;
- механическое разделение (расслаивание) двух образующихся фаз;
- выделение экстрагированного вещества из экстракта и одновременно регенерация экстрагента с целью повторного использования (производится дистилляцией, выпариванием, кристаллизацией, высаливанием и т. п.)

Способы повышения эффективности экстракции:

- повторная экстракция свежим экстрагентом;
- выбор оптимального растворителя;
- нагревание экстрагирующего агента или экстрагируемой жидкости.

Преимущества метода:

- низкие затраты.
- высокая скорость экстракционных процессов.

Недостаток метода:

- использование вредных, взрывоопасных органических растворителей.

Осаждение – выделение целевого продукта путем добавления к жидкости реагента, взаимодействующего с растворенным продуктом и переводящим его в твердую фазу.

Осаждение проводят

- физическими методами (нагревание, охлаждение, разбавление или концентрирование раствора);
- химическими методами (неорганические и органические вещества - этанол, метанол, ацетон, изопропанол, сульфат аммония и др.).

Адсорбция – перевод растворенного в жидкости продукта в твердую фазу путем его осаждения (сорбции) на специальных твердых носителях (сорбентах).

Процессы адсорбции избирательны и обычно обратимы (*десорбция*).

Применяют *молекулярные сорбенты* - активированные угли, окись алюминия и др.. Они одинаково хорошо сорбируют выделяемое вещество и ряд примесей.

Ионный обмен – то же, что и адсорбция, но в этом случае в твердую фазу переходят ионы (катионы или анионы), а не целиком молекула целевого продукта.

Иониты - это органические и неорганические вещества, практически нерастворимые в воде и обычных растворителях, которые содержат активные (ионогенные) группы (катиониты-содержащие кислотные группы, аниониты - содержащие основные группы).

Характеризуются различной избирательностью и высокой специфичностью.

Иониты нашли широкое применение в технологии производства антибиотиков на этапе их выделения из культуральной жидкости.

Отгонка (дистилляция) — испарение жидкости с последующим охлаждением и конденсацией паров. Продуктом дистилляции является конденсат или остаток (или и то, и другое) — в зависимости от дистиллируемого вещества и целей процесса.

Виды:

- *простая перегонка;*
- *фракционная дистилляция (или дробная перегонка);*
- *ректификация.*

Ультрацентрифугирование используют для выделения вирусов, клеточных органелл, высокомолекулярных соединений. используют для выделения вирусов, клеточных органелл, высокомолекулярных соединений. Выполняется на высокоскоростных (24 000 мин- и выше) ультрацентрифугах

Мембранные методы выделения (концентрирования) целевого продукта:

- микрофльтрация;
- ультрафльтрация;
- нанофльтрация;
- обратный осмос;
- электродиализ.

В основе этих методов лежит явление *осмоса* - диффузии растворенных веществ через полупроницаемую перегородку, представляющую собой мембрану с большим количеством (до 10^{10} - 10^{11} на 1 м^2) мелких отверстий - пор, диаметр которых не превышает 0,5 мкм.

Микрофльтрация
0,1-1,0 мкм

Ультрафльтрация
0,02-0,03 мкм

Нанофльтрация
~ 0,001 мкм

Обратный осмос
~ 0,001 мкм

Бактерии
Вирусы
Высокомолекулярные
вещества
Вещества со средним
размером молекул
Низкомолекулярные
вещества
Многочарядные
ионы
Однозарядные
ионы



Вирусы
Высокомолекулярные
вещества
Вещества со средним
размером молекул
Низкомолекулярные
вещества
Многочарядные
ионы
Однозарядные
ионы



Вещества со средним
размером молекул
Низкомолекулярные
вещества
Многочарядные
ионы
Однозарядные
ионы

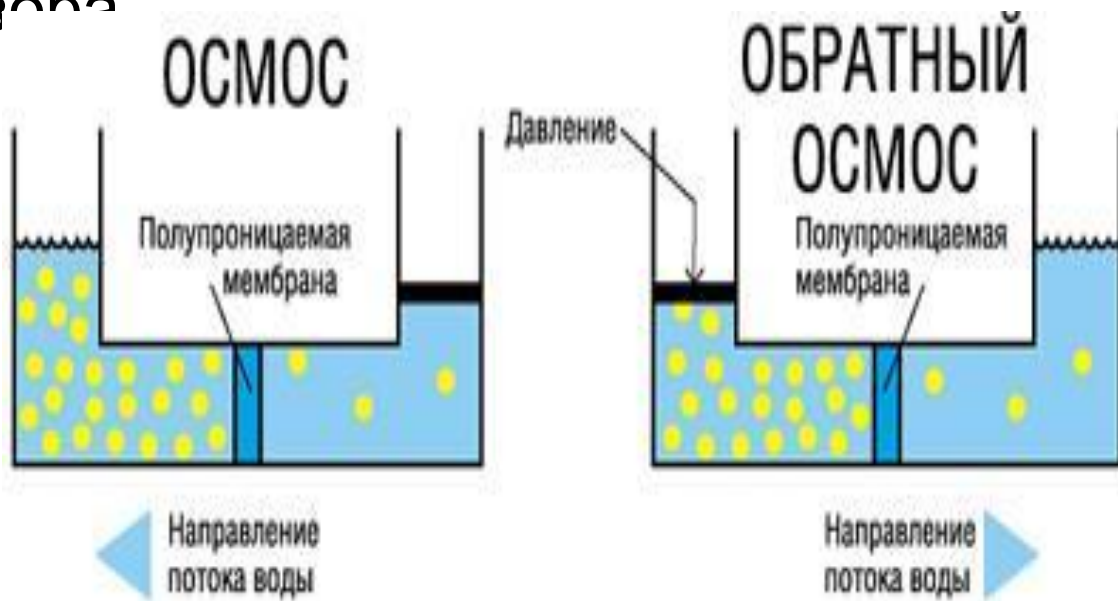


Низкомолекулярные
вещества
Однозарядные
ионы



- *Микрофльтрация*- гидродинамический процесс, близкий к обычной фильтрации. Особенность микрофльтрации - использование мембран с диаметром пор от 0,1 до 1,0 мкм для отделения мелких частиц твердой фазы, в том числе микроорганизмов, в этом случае ее называют стерилизующей фильтрацией.
- *Ультрафльтрация* - использование мембран с диаметром пор от 0,02 до 0,03 мкм. Применяется для разделения клеток и молекул.
- *Диализ* – процесс, в котором через полупроницаемую перегородку могут переходить низкомолекулярные вещества, а высокомолекулярные остаются. Путем диализа очищают вакцины и ферменты от солей и др. примесей.

- **Обратный (реверсивный) осмос** - процесс при котором растворитель вытекает через полупроницаемую мембрану против градиента концентрации растворенного вещества (применяют внешнее давление, превышающее осмотическое), т. е. происходит дальнейшее концентрирование раствора



Применяют при обессоливании воды, снижении содержания солей, приготовлении сверхчистой воды, производстве антибиотиков, очистке воды для общественных водопроводов, при выработке фруктовых и овощных соков и др.

- **Электродиализ** – процесс при котором перенос ионов через мембрану интенсифицируют с помощью постоянного электрического тока.

В процессах электродиализа используют мембраны с таким же размером пор, как у мембран обратного осмоса, но они выполнены из ионообменных смол.

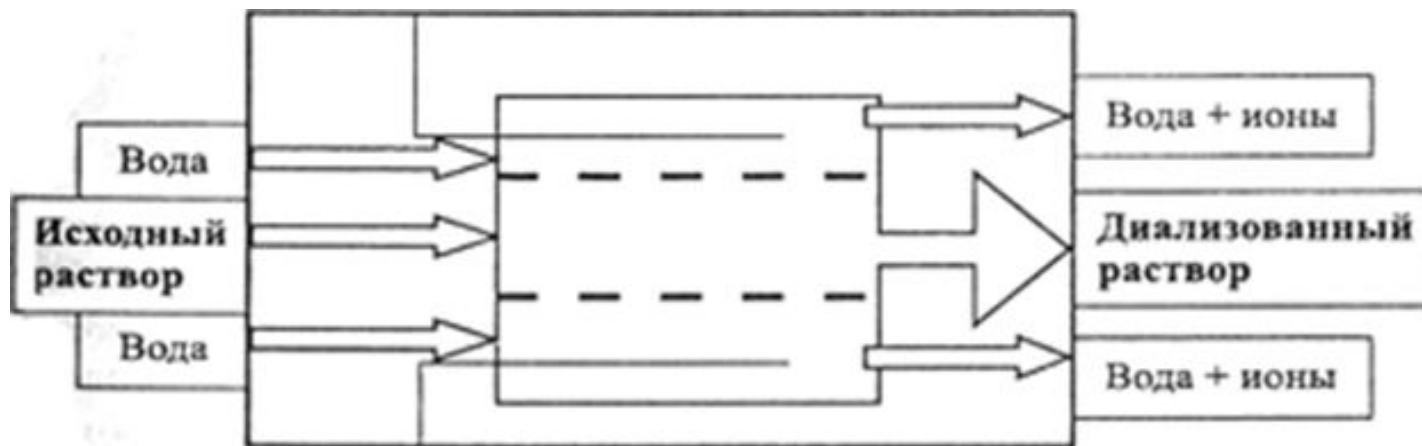


Схема работы проточного диализатора

Для электродиализа используют установки с катионными (пропускают катионы) и анионными (пропускают анионы) мембранами либо с мембранами обоих типов.

Преимущества мембранных методов разделения (концентрирования):

- концентрирование и очистка происходят без изменения агрегатного состояния и фазовых превращений;
- перерабатываемый продукт не подвергается тепловым и химическим воздействиям;
- механическое и гидродинамическое воздействие на биологический материал незначительно;
- легко обеспечивают герметичность и асептические условия;
- аппаратное оформление просто по конструкции, компактно, отсутствуют движущиеся детали;
- процесс не обладает высокой энергоемкостью, а в большинстве случаев энергия затрачивается только на перекачивание растворов.

Недостатки:

- некоторые материалы, из которых изготавливаются мембраны, не выдерживают очень высоких и очень низких значений pH или высоких температур и быстро изнашиваются;
- возникают определенные трудности при обработке

IV. Очистка продукта

Очистку проводят как с помощью рассмотренных ранее процессов экстракции, экстрагирования, адсорбции, ионного обмена, ультрафильтрации, обратного осмоса, ректификации, так и с помощью других процессов:

1. Хроматография
2. Электрофорез
3. Кристаллизация

Хроматография (от греч. chroma – цвет, краска и - графия) – физико-химический метод разделения и анализа смесей, основанный на распределении их компонентов между двумя фазами – неподвижной и подвижной (элюент), протекающей через неподвижную.

Различают хроматографию на:

- **бумаге;**
- **пластинках;**
- **колонках.**



Колоночная хроматография допускает масштабирование процесса, в результате чего она довольно широко применяется в промышленных условиях и включает несколько разновидностей:

- **Ионообменная хроматография**, колонка наполняется гранулами адсорбента, которые несут заряженные катионные (NH_4) или анионные (SO_4) группы, способные захватывать ионы противоположного заряда.
- **Метод "молекулярных сит", гель-хроматография, гель-фильтрация**. Виды хроматографии, основанные на разделении веществ с различной молекулярной массой и диаметром частиц.
- **Аффинная хроматография**. Метод базируется на задерживании комплекса, образующегося из компонента разделяемой смеси и лиганда, который фиксирован на частицах носителя (наполнителя колонки). При данном методе используются агенты, способные специфически связывать какое-нибудь одно конкретное вещество.

Ионообменная хроматография

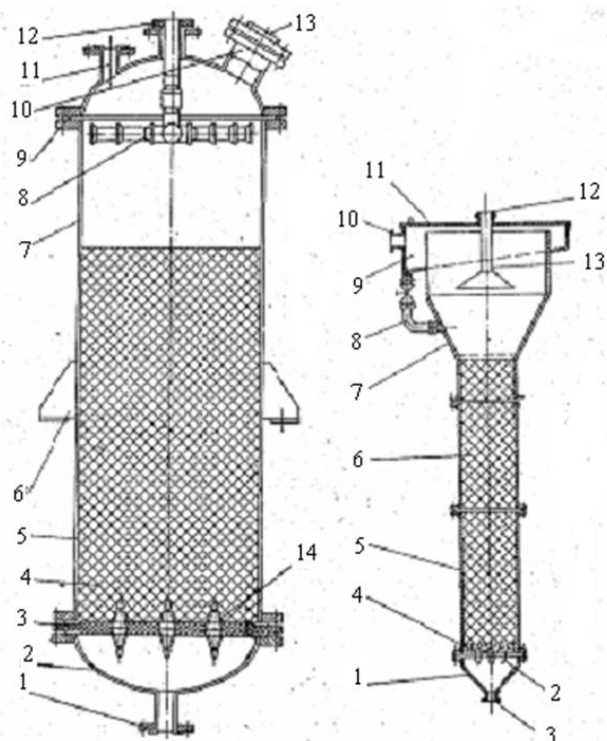


Рисунок 6.35 Ионитовый фильтр с закрытого (А) и открытого (Б) типов:

А: 1 – нижний патрубок для ввода и вывода жидкости, 2 – днище, 3 – диск нижнего распределительного устройства, 4 – слой ионообменной смолы, 5 – корпус, 6 – опорная лапа, 7 – слой гуммировки, 8 – верхнее распределительное устройство, 9 – крышка, 10 – загрузочный люк, 11 – штуцер для воздушника, 12 – верхний патрубок для ввода и вывода жидкости, 13 – смотровое окно в крышке люка, 14 – щелевой колпачок

Б: 1 – днище, 2 – нижний распределитель жидкости, 3 – нижний патрубок для ввода и вывода жидкости, 4 – дренажный настил, 5 – царга корпуса, 6 – слой ионообменной смолы, 7 – расширитель-отстойник, 8 – переливной патрубок, 9 – кольцевой карман, 10 – патрубок для вывода жидкости, 11 – крышка, 12 – патрубок для ввода жидкости, 13 – верхний распределитель жидкости

- периодически действующие аппараты с неподвижным слоем ионита;
- непрерывно действующие аппараты с движущимся слоем ионита и с псевдоожиженным слоем ионита

Кристаллизация – процесс, основанный на резком уменьшении растворимости веществ в результате изменения температуры раствора (обычно понижения, в случае эритромицина – повышения), в результате формируются кристаллы из растворов целевых продуктов.

Метод нашел применение в технологии получения антибиотиков (тетрациклина, эритромицина и др.), витаминов, полисахаридов.

Преимущества метода:

- не только способ получения антибиотиков в твердом виде, но и очень эффективное средство очистки от сопутствующих примесей.
- можно повысить чистоту продукта, если провести перекристаллизацию (таким образом получают кристаллы пенициллина).

Электрофорез - разделяемая смесь помещается в мощное электрическое поле, обеспечивающее движение ионизированных компонентов смеси. Различие в электрофоретической подвижности позволяет пространственно разделить входящие в ее состав компоненты.

Модификацией метода электрофореза является ***изоэлектрическая фокусировка*** или ***электрофокусировка***.

V. Концентрирование

Концентрирование продукта проводят методами:

- *обратный осмос;*
- *ультрафильтрация;*
- *выпаривание.*

Ультрафильтрация – отделение веществ с помощью мембранных фильтров.

Некоторые марки фильтров предназначены для отделения лишь сравнительно крупных частиц: иммуноглобулинов, коллоидных агрегатов, вирусов.

Мембраны с наиболее мелкими порами задерживают молекулы органических кислот. Ультрафильтрация протекает при умеренно высоком давлении (20-400 кПа), приложенном к жидкости.

Применяется для концентрирования таких малостабильных продуктов, как молочная и глютаминовая кислоты, некоторые антибиотики и ферменты.

Выпаривание - это процесс концентрирования жидких растворов путем частичного удаления растворителя испарением при нагревании жидкости.

Используют вакуум-выпарные аппараты.

Нагревающий агент - водяной пар, используют также обогрев жидким теплоносителем или электрообогрев.

В ряде случаев упаренный раствор подвергают последующей кристаллизации.

Преимущества метода:

- концентрированные растворы и твердые вещества, получаемые в результате упаривания, легче и дешевле перерабатывать, хранить и транспортировать.

Недостатки метода:

- необходимость нагревания, которое проводят при низком давлении;
- метод недопустим при переработке термолабильных биологически активных веществ

Однокорпусная и многокорпусная выпарная установка

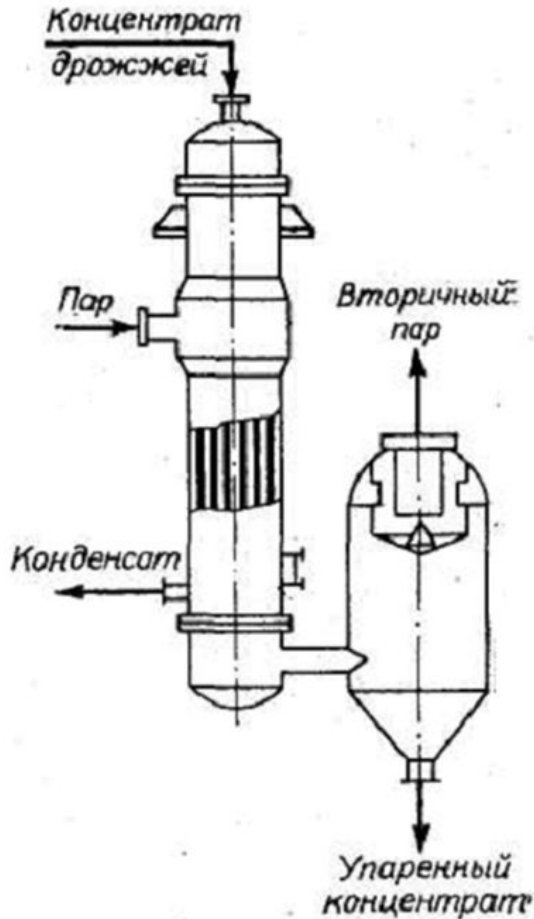


Рисунок 6.9 Выпарной аппарат со стекающей пленкой

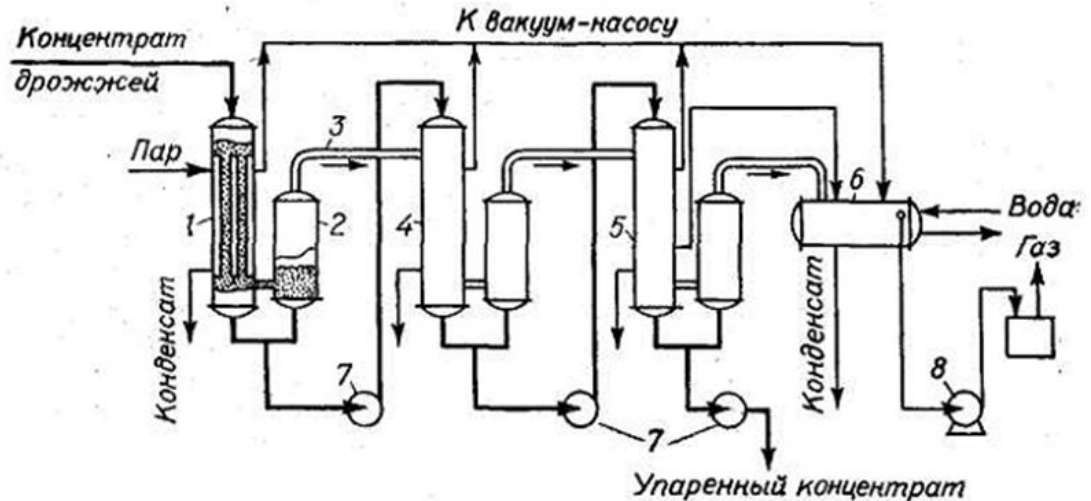


Рисунок 6.10 Трехкорпусная выпарная установка:
1 – испаритель I ступени; 2 – брызгоотделитель;
3 – труба для вторичного пара; 4 – испаритель II ступени;
5 – испаритель III ступени; 6 – поверхностный конденсатор;
7 – насосы; 8 – водокольцевой вакуум-насос

VI. Сушка

Сушка – обезвоживание продукта.

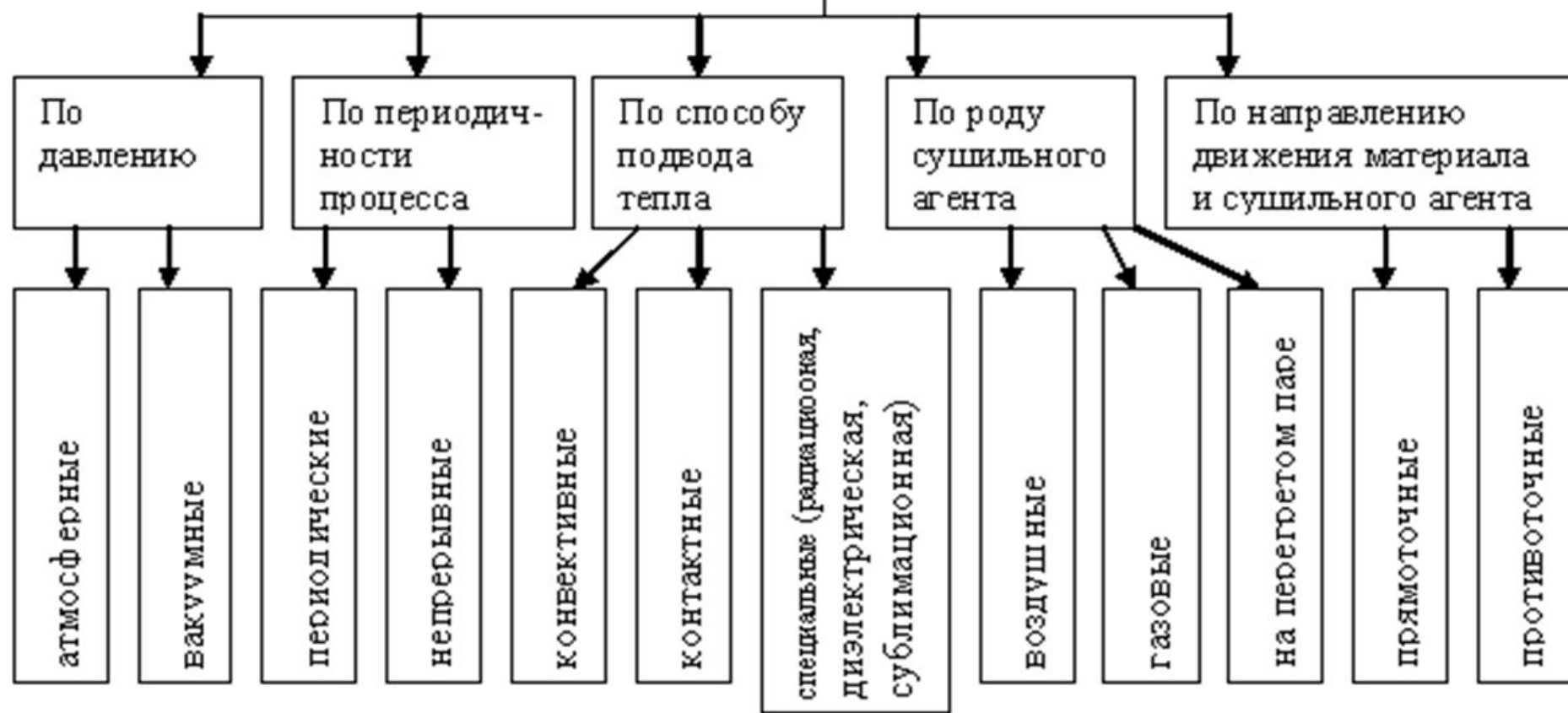
Применяются различные методы сушки, выбор которых определяется физико-химическими и биологическими свойствами обезвоживаемого продукта, в частности вязкостью раствора или степенью сохранности жизнеспособности, если дело имеет с живыми объектами.

Микробиологические концентраты представляют собой высушенные до определенной влажности (обычно 8-10 %) культуральные жидкости.

Основные технологические операции при получении концентратов – упаривание (до 24-26 %) и сушка.

Сушка повышает устойчивость продукта к внешним воздействиям. Обезвоживание ферментов вызывает

Типы сушилок



Контактная сушка – передача тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку.

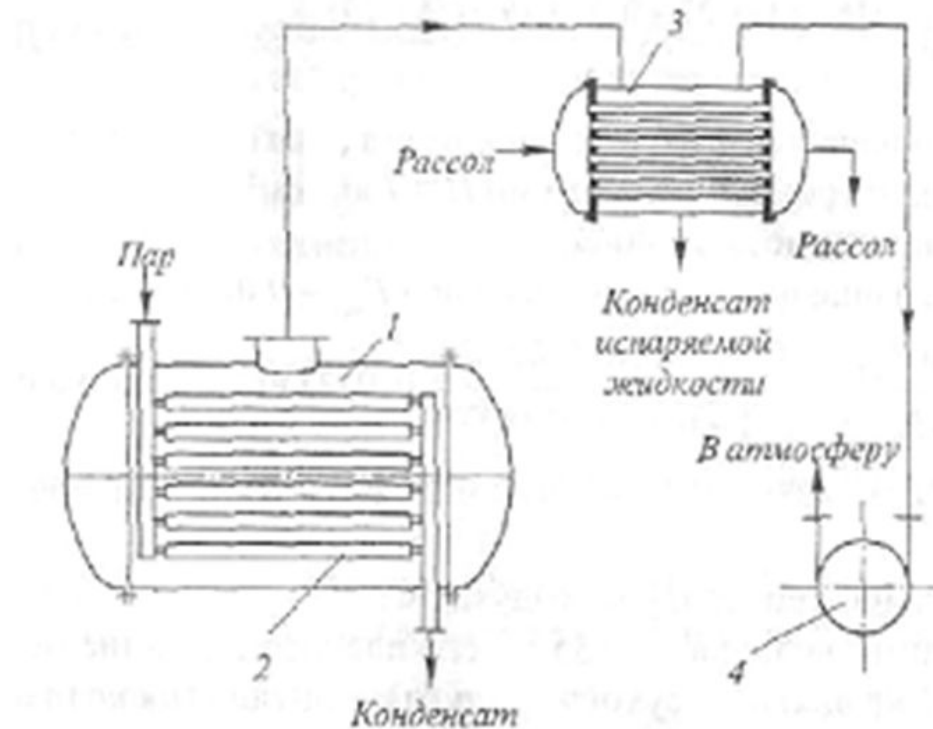


Рисунок 6.19 Установка с вакуум-сушильным шкафом:
1 – камера сушилки, 2 – полые плиты, 3 – конденсатор,
4 – вакуумный насос

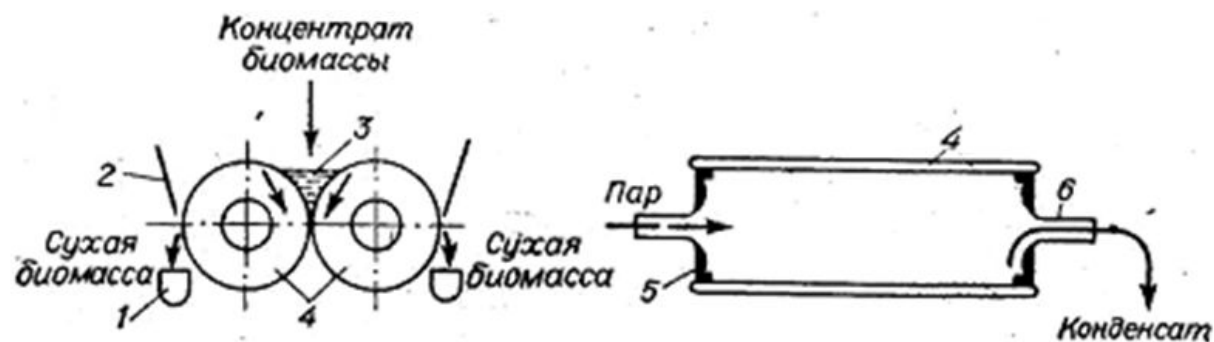


Рисунок 6.17 Двухвальцовая паровая сушилка непогружного типа: 1 – продольный шнек; 2 – нож; 3 – клинья; 4 – барабаны; 5 – крышки; 6 – труба для вывода, конденсата.

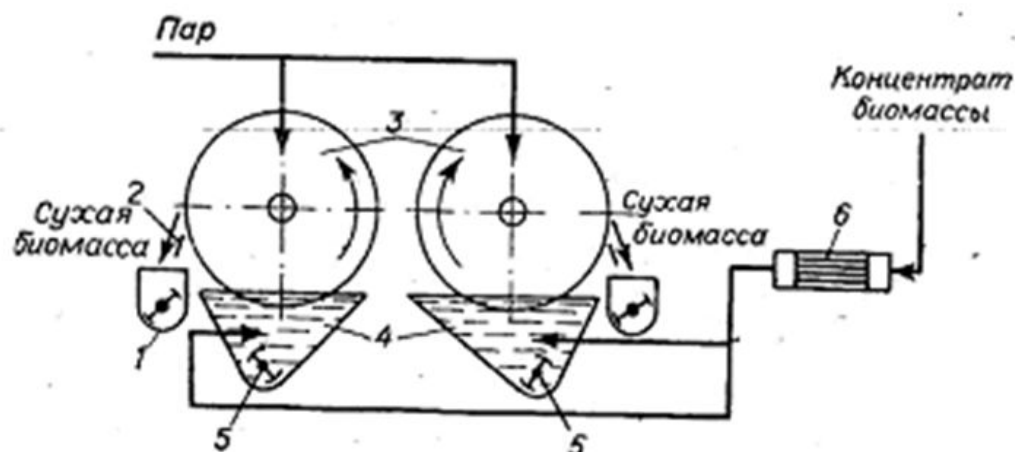


Рисунок 6.18 Двухвальцовая паровая сушилка погружного типа: 1 – шнек; 2 – нож; 3 – барабаны; 4 – ванны; 5 – мешалки; 6 – теплообменник.

Конвективная сушка – путем непосредственного соприкосновения высушиваемого материала с сушильным агентом.

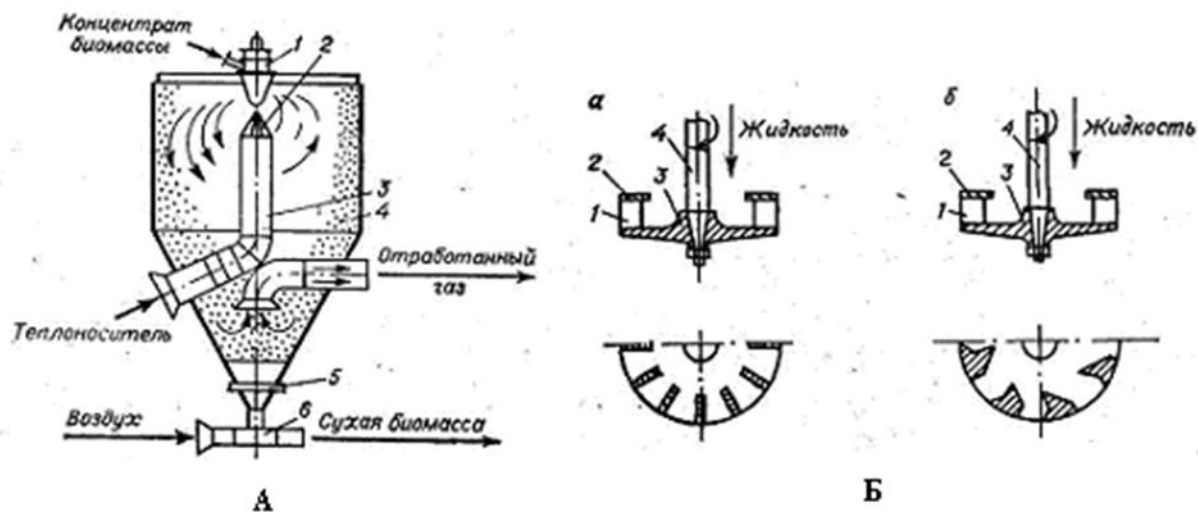


Рисунок 6.20 Сушилка с центробежным распылением:

А: 1 – центробежный распылительный механизм, 2 – направляющий аппарат, 3 – газопровод для теплоносителя, 4 – сушильная камера, 5 – затвор для сбора продукта; 6 – труба пневмотранспорта;

Б: Распылительный механизм а – с радиальными лопастями, б – с лопастями увеличенной высоты; 1 – лопасть, 2 – крышка, 3 – корпус, 4 – вал.



Сублимационная (лиофильная, молекулярная) сушка – это сушка материалов в замороженном состоянии под вакуумом, в результате которой находящаяся в материале влага переходит в пар, минуя жидкое состояние, т.е. сублимирует.

- Технология открыта в 1929 г. русским ученым Лаппой-Старженецким
- Используют для выделения жизнеспособных микроорганизмов т.к. микроорганизмы способны при обезвоживании прекращать заметную жизнедеятельность на длительное время и возобновлять ее при последующем обводнении (анабиоз).

Преимущества:

- остаточное содержание влаги в продукте 1-3 %;
- возможность сушки в емкостях (флаконы, ампулы) под вакуумом снижает окислительную денатурацию продукта;
- масса удаленной влаги легко определяется по снижению веса продукта.

Этапы сублимационной сушки:

- 1) подготовка материала;
- 2) замораживание;
- 3) первичное высушивание (сублимация в вакууме);
- 4) вторичное высушивание (вакуумная десорбция);
- 5) упаковка высушенного продукта.



Рисунок 6.23 График температурной кривой высушивания бактериальной массы ацидофильных лактобактерий

2) замораживание – это отвод тепла из продукта за счет теплоты испарения с понижением температуры ниже точки замерзания и образования кристаллов льда

Факторы, определяющие выживаемость микроорганизмов:

- температура (давление 0,1-1,0 мм.рт.ст.);
- эвтектическая температура – наибольшая температура, при которой происходит кристаллизация высушиваемого материала (полное отсутствие свободной влаги) (от -25 до -70 °С);
- скорость замораживания (оптимальная 1 мм/мин).

Способы замораживания биомассы

- контактное замораживание на охлажденных полках,
- конвективное замораживание охлажденным газом,
- комбинированное замораживание (контакт и вентиляция),
- кондуктивное замораживание погружением в охлажденную ванну.

Выбор способа замораживания определяется свойствами микроорганизмов, подвергаемых сублимационной сушке.

2) Первичное высушивание (сублимация)

Сублимация – удаление связанной влаги путем перехода влаги, находящейся в материале в виде льда, в пар, минуя жидкое состояние.

Остаточное содержание влаги в продукте 7-10 %.

3) Вторичное высушивание (десорбция)

- удаление части влаги, которая не замерзает даже при очень низких температурах (адсорбированной влаги).
- Остаточное содержание влаги в продукте 2-3 %.

Установки для сублимационной сушки периодического действия

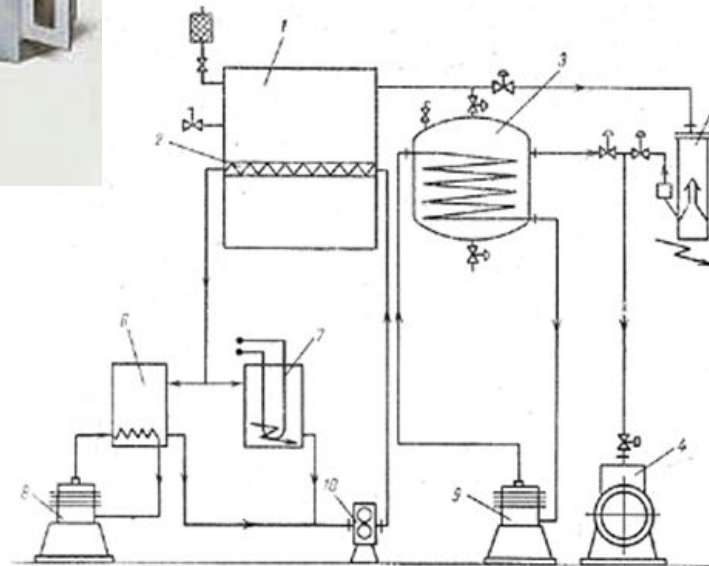
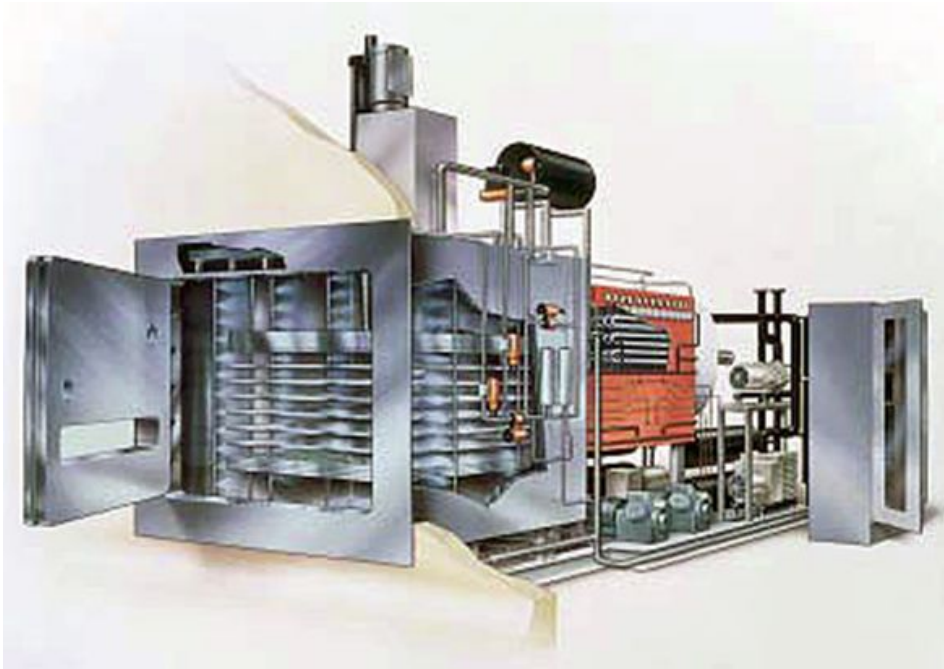


Рисунок 6.24 Схема вакуум-сублимационной установки:
1 – сушильная камера; 2 – плиты с охлаждением и обогревом;
3 – льдоконденсатор; 4 – ротационный вакуум-насос;
5 – вакуум-диффузионный насос; 6 – бак для охлаждения хладагента;
7 – бак для нагрева теплоносителя; 8, 9 – холодильные установки;
10 – циркуляционный насос.

Установки для сублимационной сушки непрерывного действия

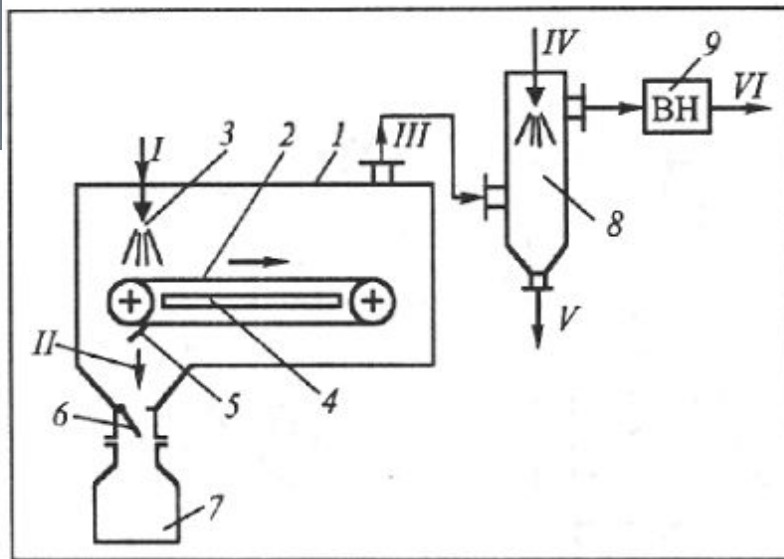


Рисунок 6.25 Схема установки непрерывной сублимационной сушки:
 1 – сушильная камера, 2 – ленточный транспортер, 3 – форсунка,
 4 – нагреватель, 5 – ножевое устройство, 6 – шлюзовая камера,
 7 – бункер, 8 – конденсатор, 9 – вакуум-насос;
 I – исходный жидкий продукт, II – сухой продукт,
 III – пары (ППС), IV – хладагент,
 V – отработанный хладагент с кристаллами льда,
 VI – отходящая ППС

VII. Модификация

Модификация продукта – перестройка полученных соединений животного, растительного или микробного происхождения с целью придания им специфических свойств, необходимых человеку.

Модификация – необходимый этап в получении ряда ферментов, гормонов, препаратов медицинского назначения.

Например, у бычьего инсулина «отстригают» аминокислотные остатки, после чего он становится идентичным человеческому гормону.

VIII. Стабилизация

Стабилизация продукта - сохранение свойств продукта в период его хранения и использования потребителем (добавление наполнителей, модификация и др.). Включает физико-химические воздействия на продукт.

Примеры:

- стабилизация кормового микробного белка - добавление наполнителей из грибного мицелия, пшеничных отрубей, кукурузной муки, которые сами обладают питательной ценностью.
- стабилизация ферментов - добавление глицерина, углеводов или неорганических ионов – Co^{2+} , Mg^{2+} ; Na^{+} для пектиназы, формалина 0,2 %-ного раствора для глюкоамилазы, антибиотиков – лизина для глюкоамилазы.
- стабилизация меланжа, получаемого из яичных белков (через несколько месяцев хранения без стабилизации – темнеет, его органолептические свойства ухудшаются) заключается в выращивании пропионовых бактерий, «выедающих» углеводы. Это приводит к удлинению срока хранения меланжа, повышается питательная ценность, т.к. пропионовые бактерии обогащают его органическими кислотами и витамином B12.

Спасибо за внимание