

# **Лекция**

## **Массообменные процессы. Экстрагирование.**

### **Содержание лекции**

1. Общие сведения.
2. Экстрагирование в системе твердое тело – жидкость
  - 2.1. Физическая сущность процесса
  - 2.2. Статика и кинематика экстрагирования
3. Классификация аппаратов для проведения процесса экстракции
4. Конструкции экстракторов.

### **Литература**

1. В.Н. Стабников, В.Д. Попков, В.М. Лысянский. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва. Пищевая промышленность 1976г. 662с.
2. В.И. Горбатюк. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва. «Колос» 1999, 335с.
3. Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев. Процессы и аппараты пищевой технологии. Москва «Колос» 2000г. 551с.
4. В.Н. Стабников, В.И. Баринцев. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва. Легкая и пищевая промышленность. 1983г. 326с.

# ПРОЦЕСС ЭКСТРАГИРОВАНИЯ

## 1. Общие сведения

Экстрагированием (экстракцией) называется извлечение из сложного по составу твёрдого или жидкого вещества одного или нескольких его компонентов с помощью растворителя, обладающего избирательной растворимостью.

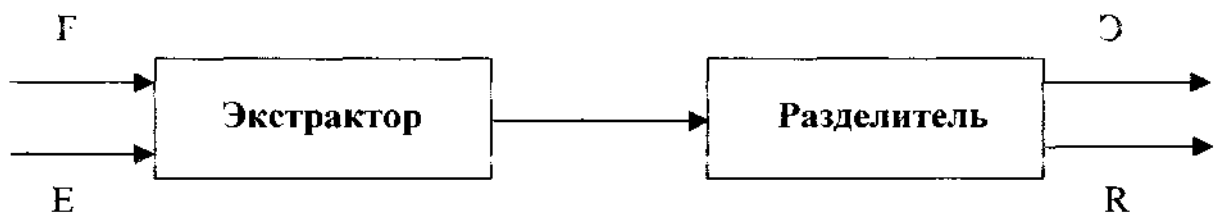
Избирательной растворимостью понимается способность жидкости растворять только тот компонент, который надо извлечь.

Жидкость, используемая для извлечения компонентов называется экстрагентом.

Аппарат, в котором производят процесс экстракции, называется экстрактором.

В зависимости от агрегатного состояния фаз различают экстракцию в системе твёрдое тело – жидкость, если одно из фаз представляет собой твёрдое вещество, и экстракцию в системе жидкость – жидкость, если обе фазы жидкие.

Принципиальная схема экстракции имеет следующий вид.



В экстрактор загружается исходный раствор “F”, содержащий экстрагируемое вещество “M” и растворитель “L”. Жидкость, используемая для извлечения компонента – “E”. Массообмен между фазами протекает при непосредственном контакте. Полученная в результате экстракции жидкая смесь поступает в разделитель, где разделяется на экстракт (Э) – раствор экстрагированных веществ в экстрагенте и рафинад (R) – остаточный раствор из которого экстрагированы извлекаемые компоненты.

Строго говоря, под определение экстракции попадают и процессы растворения с той лишь разницей, что при растворении твёрдое вещество может

перейти в раствор полностью, а при экстрагировании всегда остаётся существенная часть твёрдого тела, нерастворимая в экстрагенте.

В ряде пищевых производств экстрагирование является одним из основных процессов:

- извлечение сахара из свеклы;
- извлечение масла из масличных семян;
- получение эфирных масел;
- экстрагирование ферментов из культур плесневых грибов в производстве ферментных препаратов;
- производство вина, пива, крахмала, ликероводочной продукции, растворимых кофе и чая.

**Выщелачивание** (частный случай экстракции) – это извлечение из твёрдого тела одного или нескольких веществ с помощью растворителя, обладающего избирательной способностью.

В пищевой промышленности выщелачиванием обрабатывают капиллярно-пористые тела растительного и животного происхождения

В качестве растворителей применяют:

- а) **воду** – для экстрагирования сахара из свеклы, кофе, цикория, чая;
- а) **спирт** – для получения настоев в ликёроводочном и пивобезалкогольном производстве;
- а) **бензин, трихлорэтилен, дихлорэтан** – в маслоэкстракционном и эфиромасличном производствах.

За выщелачиванием в технологической схеме часто следуют процессы фильтрования, выпаривания и кристаллизации.

## 2. Экстрагирование в системе твёрдое тело – жидкость

### 2.1. Физическая сущность процесса

Процесс экстракции в наиболее общем виде состоит из четырёх стадий:

- 1) проникновение растворителя в поры частиц растительного сырья;

- 2) растворение целевого компонента;
- 3) перенос экстрагируемого вещества внутри частицы растительного сырья и поверхности раздела фаз;
- 4) перенос экстрагируемого вещества в жидкой фазе от поверхности раздела фаз и распределения его по всей массе экстрагента.

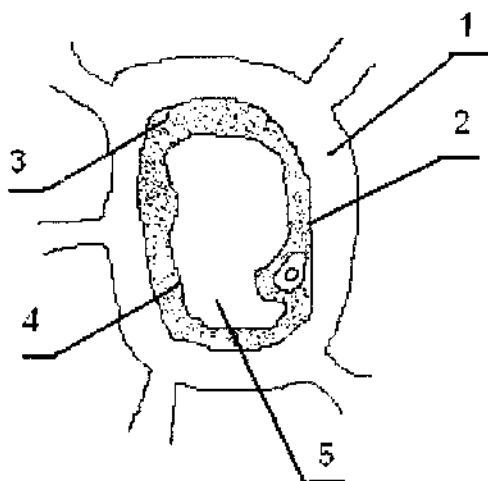
При экстрагировании растворимых веществ из ткани растительного сырья обычно не все четыре стадии процесса имеют место либо не все играют существенную роль.

При расчёте процесса экстрагирования две первые стадии либо вовсе не учитываются, либо легко могут быть учтены введением поправок кинетическим коэффициентом при расчете начальной стадии процесса.

**Скорость экстракции**, как и в любом процессе пищевой технологии прямопропорциональна движущей силе процесса и обратнопропорциональна диффузионному сопротивлению.

## 2.2. Статика и кинематика экстрагирования

Основу структуры веществ подвергаемых экстракции в пищевой и мясомолочной промышленности составляют капиллярно-пористые системы растительного или животного происхождения. Растительная клетка состоит из следующих частей, создающих препятствие для диффузии вещества, растворенного в вакуоли: клеточной оболочки 1, состоящей из волокнистых пучков различных размеров (микро и макрофибрилл), протоплазмы 3 и полупроницаемых мембран 2 и 4, находящихся на границах протоплазмы с оболочкой клетки и вакуоли 5.



Пока протоплазма не распущена (денатурирована) с помощью теплового, электрического или химического воздействия, перенос веществ внутри ткани

происходит с ничтожно малой скоростью. Поэтому растительная ткань, в клетках которой протоплазма не распушена, должна перед проведенным процессом экстракции или в начальной его стадии подвергаться специальной обработке (дроблению, нагреванию, замораживанию, разрезке на мелкие куски или стружку). При этом часть клеток на вновь образованной поверхности повреждается и внутриклеточное вещество сразу переходит в экстрагент. Вещество из растительного сырья в экстрагент переносится за счёт диффузии.

Простейший процесс экстрагирования можно осуществить, заполнив аппарат подготовленным сырьём и жидким экстрагентом. В этом процессе концентрация вещества в сырье непрерывно уменьшается, а концентрация его в экстрагенте увеличивается. Процесс нестационарен и закончится, когда будут достигнуты равновесные концентрации. Скорость процесса значительно возрастает при перемешивании.

Второй тип процесса реализуется при фильтровании экстрагента через неподвижный слой сырья. Процесс этот также неустановившийся и при определённой продолжительности может закончиться практически полным извлечением вещества из сырья.

В процессах третьего типа сырьём и экстрагент непрерывно перемещаются в противотоке. При этом в каждом сечении аппарата устанавливается постоянная разность концентраций, что соответствует стационарному режиму. Таким образом в аппаратах непрерывного действия осуществляется процесс третьего типа.

Основной задачей кинетики экстрагирования является определение продолжительности контакта взаимодействующих фаз, необходимой для достижения заданной степени извлечения экстрагируемого вещества. По продолжительности контакта фаз определяют размеры экстракционных аппаратов.

На протекание процесса влияет скорость переноса внутри куска (внутренняя диффузия) или скорость переноса от поверхности в окружающую жидкость (внешняя диффузия). В зависимости от величины сопротивления на каждой из этих стадий возможны три случая

**Первый случай** – скорость внешней диффузии. Этот процесс осуществляется в аппаратах с совершённым перемешиванием фаз. Количество извлекаемого вещества (кг) в этом случае зависит от скорости внутренней диффузии и определяется из основного кинетического уравнения:

$$\frac{M}{F \cdot \tau} = k \cdot \Delta C$$

или

$$M = k \cdot \Delta C \cdot F \cdot \tau ;$$

Для процесса экстракции уравнение примет вид:

$$M = \frac{D_{вн}}{l} \cdot F \cdot \Delta C \cdot \tau ;$$

где  $M$  – масса извлекаемого вещества, кг

$D_{вн}$  – коэффициент внутренней диффузии,  $m^2/c$ ;

$l$  – определяющий размер (для пластины или стружки – её толщина), м;

$F$  – площадь поверхности массоотдачи,  $m^2$ ;

$\Delta C$  – разность между средней концентрацией вещества внутри стружки и средней концентрацией в растворе окружающей стружку,  $kg/m^3$ ;

$\tau$  – продолжительность процесса, с.

**Второй случай** – имеет место когда скорость внутренней диффузии превышает скорость внешней.

$$M = \frac{D_{вн}}{\delta} \cdot F \cdot \Delta C \cdot \tau$$

где  $D_{вн}$  – коэффициент внешней диффузии,  $m^2/c$ ;

$\delta$  – толщина пограничной плёнки, м

$\Delta C$  – разность концентраций извлекаемого вещества на границе твёрдого тела и жидкости и средней концентрации в окружающей жидкости,  $kg/m^3$

$\frac{D_{вн}}{\delta} = \beta$  – коэффициент массоотдачи;

**Третий случай** – когда скорости внешней и внутренней диффузии соизмеримы. При этом следует учитывать оба вида переноса:

$$M = \frac{D_{вн}}{l} \cdot F \cdot (C_1 - C_2) \cdot \tau ;$$

$$M = \frac{D_{вш}}{\delta} \cdot F \cdot (C_2 - C_3) \cdot \tau ;$$

где  $C_1$  – средняя концентрация в твёрдом теле, кг/м<sup>3</sup>;

$C_2$  – концентрация на границе твёрдое тело – жидкость, кг/м<sup>3</sup>;

$C_3$  – средняя концентрация вещества в окружающей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

Решив эти уравнения относительно разности концентраций и сложив их получим:

$$C_1 - C_3 = \frac{M}{F \cdot \tau} \left( \frac{l}{D_{вн}} + \frac{\delta}{D_{вш}} \right); \quad \beta = \frac{D_{вш}}{\delta}$$

или

$$M = \frac{l}{\frac{l}{D_{вн}} + \frac{\delta}{D_{вш}}} \cdot (C_1 - C_3) \cdot F \cdot \tau$$

### 2.3. Аппараты для проведения экстракции из твёрдых тел

#### Классификация экстракторов.

По режиму работы:

- периодические;
- полунепрерывные;
- непрерывные;

По взаимному направлению движения экстрагента и активных частиц:

- противоточные;

- прямоточные;
- с замкнутым периодическим процессом ;
- с процессом идеального смешивания;
- комбинированными процессами;

По давлению:

- вакуумные;
- атмосферные;
- работающие под давлением.

По свойству твёрдых частиц участвующих в процессе:

- по виду корпуса – колонные и камерные;
- по виду транспортного органа – шнековые, лопастные, цепные, ковшовые, ротационные, ленточные;
- по расположению корпуса – на горизонтальные, вертикальные и наклонные;
- по гидродинамическому характеру процесса – с неподвижным слоем твёрдых частиц, движущимся слоем, кипящим слоем.

Конструкции экстракторов.  
Стабников стр. 632...639