

# Физиология микроорганизмов

**Цель:** познакомится с особенностями химического состава бактериальной клетки и основными метаболическими процессами.

**План:**

1. Определение понятия
2. Метаболизм бактерий
3. Питание бактерий
  - 3.1. Химический состав бактерий
  - 3.2. Классификация бактерий по типам питания и способам получения энергии
4. Механизмы питания

Старое представление о бактериях как о примитивных живых существах — первичных единицах жизни сейчас отвергнуто. Глубокое изучение морфологии и физиологии микробной клетки показало, что, как по своей структуре, так и по метаболической активности, бактерии являются сложными организмами.

**Физиология микроорганизмов**  
изучает процессы  
жизнедеятельности микробных  
клеток, процессы их дыхания,  
питания, роста и размножения,  
закономерности взаимодействия с  
окружающей средой.

Метаболизм бактерий лежит в основе разработки методов их культивирования, получения чистых культур и идентификации. Выяснение физиологии микроорганизмов необходимо для изучения патогенеза инфекционных заболеваний, для постановки микробиологической диагностики, проведения лечения и профилактики инфекционных заболеваний, регуляции взаимоотношений человека с окружающей средой и использования бактерий в биотехнологических процессах с целью получения биологически активных веществ.

# Метаболизм бактерий

Совокупность процессов превращения веществ и энергии, направленных на сохранение и воспроизведение жизни, называют ***обменом веществ, или метаболизмом.***

Уровень метаболизма микробной клетки немного выше, чем у других организмов (животных, растений). Термин «метаболизм» объединяет два процесса: **анаболизм** (ассимиляция или пластический метаболизм) и **диссимиляцию** (энергетический метаболизм).

***Анаболизм*** – это конструктивный метаболизм, при котором происходят реакции синтеза молекул клетки микроорганизма. Анаболизм обеспечивает усвоение веществ из окружающей среды, используемых для построения клеточных структур.

Эта работа требует энергии, которую клетки получают в результате **катаболических** процессов

***Катаболизм*** - расщепление различных питательных веществ (белков, углеводов, липидов и др.).

Эти процессы могут происходить в аэробных или анаэробных условиях. Катаболизм и анаболизм взаимосвязаны.



У микробной клетки соотношение поверхности к массе очень высоко по сравнению с другими организмами. Микробные клетки обладают огромным набором ферментов. Очевидно, их эволюция шла по пути утраты излишних ферментных систем.

# Химический состав бактерий

- вода – 75-85%
- минеральные вещества – P, S, Na, Mg, K, Ca, Fe, Се и др., микроэлементы (Mo, Co, В, Mn, Zn, Сn, Li, Ва и др.) – 2-14% сухого вещества
- белки – более 50% ( $\approx$  40-80%) сухого вещества
- нуклеиновые кислоты – 10-30%
- углеводы и многоатомные спирты – 10-30%
- липиды – 10-40%

Химический состав микробной клетки зависит от веществ, составляющих питательную среду, характера обмена и условий культивирования.

**Вода** – преобладающий компонент всех живых организмов. Содержание воды в цитоплазме бактерий колеблется от 75% (возбудитель эшерихиозов) до 85% (возбудители дифтерии, туберкулеза, холерный вибрион). В клетке вода находится как в свободном состоянии, так и в связанном со структурными элементами. Из-за высокой полярности молекул вода является лучшим из известных растворителей для кристаллических солей и ряда органических соединений – спиртов, сахаров, некоторых белков (гидрофильные вещества: альбумины, гистоны).

Плохо растворимы или вовсе не растворимы в воде жиры, нуклеиновые кислоты, некоторые белки (глобулины, фибриллярные белки) – гидрофобные вещества.

Свободная вода служит источником водородных и гидроксильных ионов и является как участником химических реакций, так и основной средой их протекания, обеспечивает транспортировку веществ в клетке, создает тургорное давление, определяя объем и упругость клеток. Велика роль воды в клеточном дыхании.

Высушивание приостанавливает метаболические процессы бактериальных клеток, а также их размножение.

**Лиофилизация** - высушивание микроорганизмов в вакууме из замороженного состояния прекращает размножение микробов и способствует их длительному сохранению.

**Белки** распределены в цитоплазме, ядре, цитоплазматической мембране и других структурах. Известно более 2000 различных белков, входящих в состав бактерий, из которых большая часть обуславливает ферментативную активность, антигенность и иммуногенность, вирулентность, видовую принадлежность бактерий. В состав белков входят отсутствующие у человека D-аминокислоты и диаминопимелиновая кислота.

**Углеводы** представлены простыми (моно- и дисахариды) и комплексными соединениями, входящих в состав полисахаридных комплексов с белками и липидами. Из них построены клеточные стенки, капсулы и слизистый слой клетки. Некоторые внутриклеточные полисахариды (крахмал, гликоген) являются резервными питательными веществами.

Полисахаридные цепи определяют серологическую специфичность микроорганизмов.

***Липиды*** или жиры входят в состав клеточной стенки, где, кроме бимолекулярного слоя липидов, имеется ЛПС. Липиды цитоплазмы играют роль запасных питательных веществ. Представлены фосфолипидами, жирными кислотами и глицеридами. Наибольшим количеством липидов обладают микобактерии tbc (содержат 12-15% связанных липидов). Липиды брюшнотифозных бактерий являются почти исключительно жирными кислотами. У некоторых бактерий в клетке находятся воски, эфиры миколовой кислоты. Микоплазмы имеют в составе ЦПМ стеролы.



***Нуклеиновые кислоты*** определяют наследственность (молекулы ДНК), участвуют в синтезе белков (РНК). По содержанию суммы гуанина и цитозина (ГЦ), выраженной в молярных % (М%) от общего количества оснований ДНК, можно судить о принадлежности бактерий к определенным таксономическим группам (к виду).

**Неорганические вещества** в микробных клетках представлены P, S, Na, Mg, K, Ca, Fe, и микроэлементами (Mo, Co, B, Mn, Zn, Cu, Li, Ba и др.) Они участвуют в регуляции осмотического давления, pH среды, окислительно-восстановительного потенциала (ОВП), активируют ферменты, включены в структуру ферментов, витаминов и компонентов бактерий. Общее содержание минеральных веществ в бактериях, выращенных на обычных питательных средах, составляет 2-14% веса сухой микробной массы.

Химический состав  
микробной клетки зависит  
от веществ, составляющих  
питательную среду,  
характера обмена и  
условий культивирования.

## ***Особенностями питания*** **бактериальной клетки являются:**

1. поступление питательных веществ  
внутри клетки и выделение  
продуктов метаболизма через всю ее  
поверхность,
2. высокая скорость метаболических  
процессов и адаптации к  
меняющимся условиям окружающей  
среды.

# Типы питания

**В зависимости от источников углерода различают:**

- аутотрофы (autos – сам, trophe – пища: самопитающиеся)
- гетеротрофы (heteros – другой, trophe – пища)
  - сапрофиты или метатрофы
  - паратрофы или паразиты (облигатные и факультативные)
  - гипотрофы

**В зависимости от способности синтезировать необходимые органические соединения:**

- ауксотрофы
- прототрофы

- **аутоотрофы** (autos – сам, trophe – пища: самопитающиеся), использующие для построения клеток  $\text{CO}_2$  и другие неорганические соединения

- **гетеротрофы** (heteros – другой, trophe – пища), «питающиеся за счет других», используют различные углеродсодержащие органические соединения – гексозы, спирты, углеводороды.

Автотрофными являются почвенные нитрифицирующие бактерии, которые при помощи реакции химического синтеза ассимилируют углерод из углекислоты, серобактерии, обитающие в воде с  $H_2S$ ; железобактерии, живущие в воде с закисным железом и др.

Гетеротрофы, утилизирующие органические остатки отмерших организмов в окружающей среде, называются **сапрофитами** или **метатрофами**. Это преобладающая по численности часть микробов, способных ассимилировать углерод только из органических соединений, они достаточно широко распространены в природе.

Другая, меньшая по своей численности часть гетеротрофов, адаптировавшихся к паразитическому существованию в живых тканях и, как правило, вызывающие заболевания у человека и животных, осуществляет свое питание за счет нативного белка высших организмов. Это – микробы **паратрофы** или **паразиты**, их относят к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам.

Среди патогенных микроорганизмов встречаются **облигатные паразиты** (parasitos — нахлебник) которые способны существовать только внутри клетки хозяина (риккетсии, хламидии, вирусы и некоторые простейшие) и **факультативные паразиты**, способные к жизни как внутри так и вне клеток.



Гипотрофия является крайней степенью утраты метаболической активности. **Гипотрофные** бактерии обеспечивают свою жизнедеятельность, утилизируя клеточные структуры или метаболиты хозяина.

Наиболее прихотливые бактерии или мутанты с наследственными дефектами способны к росту только в среде, дополненной определенными компонентами, к синтезу которых сами не способны. Их называют **ауксотрофами**.

При возникновении ауксотрофии вследствие мутации, «дикий» или основной тип микроорганизмов не нуждается в данном факторе роста и является прототрофом.

Факторы роста микробов являются важнейшими регуляторами обмена, могут быть сравнимы с витаминами животных и ауксинами растений. К ним принадлежат: пантотеновая кислота, никотиновая кислота и ее амид, урацил, биотин, рибофлавин, некоторые аминокислоты и др. Эти соединения содержатся в микробных клетках в ничтожно малых количествах по сравнению с так называемыми пластическими и энергетическими веществами, из которых состоит основная масса микробных тел.

Ростовые факторы обычно широко синтезируются микробами из промежуточных продуктов их обмена. Однако, некоторые микробные виды, особенно приспособившиеся к паразитическому существованию болезнетворные микроорганизмы, утратили способность к самостоятельному синтезу тех или иных необходимых им факторов роста или промежуточных продуктов, из которых они образуются. Жизнедеятельность таких организмов становится возможной лишь при условии поступления недостающих факторов извне.

Классическим примером бактерий, нуждающихся в присутствии в питательной среде добавочных факторов, может служить гемофильная палочка Прайфера, названная так потому, что для ее выращивания применяются среды, содержащие кровь, в которой имеются необходимые для данного микроорганизма ростовые факторы роста X- фактор гемина и У- фактор НАД.

# Типы питания

**В зависимости от окисляемого субстрата:**

- литотрофы (lithos - камень)
- органотрофы

**В зависимости от источника энергии:**

- Фототрофы
- хемотрофы

**По наличию способности захватывать и утилизировать твердофазные объекты:**

- ГОЛОЗОИ
- ГОЛОФИТЫ

- **Литотрофы** (lithos - камень) – использующие в качестве доноров электронов неорганические соединения.
- **Органотрофы** – утилизирующие органические вещества.
- **Фототрофы** - фотосинтезирующие, использующие энергию света (сине-зеленые водоросли)
- **Хемотрофы** - для которых необходимы химические источники энергии.

По наличию способности захватывать и утилизировать твердофазные объекты за счет так называемого «внешнего питания» – секретируемых вне клеточных ферментов – выделяют бактерии с голозойным типом питания (**голозои**). В результате образуются простые водорастворимые молекулы, проникающие через клеточную стенку в цитоплазму.

Микроорганизмы, получающие питательные вещества в виде относительно простых молекул, растворенных в воде называют **голофитами**. Подобный тип питания присущ также всем растениям.

# Механизмы питания

Поступление веществ в бактериальную клетку зависит от величины и растворимости их молекул в липидах или воде, концентрации вещества и других факторов. Основным регулятором этого процесса является цитоплазматическая мембрана. (ЦПМ).



# Механизмы проникновения веществ в клетку

1. Простая или пассивная диффузия
2. Облегченная диффузия
3. Активный транспорт
4. Перенос (транслокация) групп

**Простая или пассивная диффузия** – наиболее простой способ. При этом перемещение веществ происходит вследствие разницы их концентраций по обе стороны ЦПМ. Осуществляется без затраты энергии (например проникновение  $\text{H}_2\text{O}_2$ )

**Облегченная диффузия.** Принцип тот же, но используются молекулы-переносчики, локализованные в ЦПМ и обладающие специфичностью. Это пермеазы, которые синтезируются ЦПМ. Каждая пермеаза адсорбирует определенные молекулы питательного вещества на наружной стороне цитоплазматической мембраны, вступает с ним во временную связь и переносит его через мембрану, оставляя вещество в цитоплазме. Освободившись от одной молекулы, пермеаза возвращается за следующей.

Облегченная диффузия протекает без затраты энергии, при этом вещества перемещаются от более высокой концентрации к более низкой – по градиенту концентрации. Характерна для эукариотических клеток при поглощении сахаров. У бактерий единственным примером является проникновение глицерина в клетку микроорганизмов семейства кишечных.

**Активный транспорт** - происходит с участием перемембраз и направлен на перенос веществ от меньшей концентрации в сторону большей, т.е. против градиента концентрации (течения). Сопровождается затратой энергии. При этом энергия направлена на изменение концентрации поглощаемого субстрата.

**Перенос (транслокация) групп** отличается от активного транспорта тем, что в процессе переноса молекула вещества подвергается химической перестройке. Это также энергозависимый процесс, используется при утилизации углеводов, в частности, глюкозы. При этом концентрация неизменного питательного вещества внутри клетки остается очень низкой, но содержание химически измененного соединения внутри клетки может значительно превышать концентрацию свободного соединения в среде.

У бактерий семейства кишечных большинство сахаров, за исключением нептоз и  $\beta$  - гелвитозираза, транспортируется фосфат-трансферазной системой.

Выход вещества из клетки осуществляется за счет диффузии и при участии транспортных систем.