



ФГАОУ ВО ПЕРВЫЙ МГМУ им.И.М.  
СЕЧЕНОВА (СЕЧЕНОВСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ)  
МИНЗДРАВА РОССИИ

# ЛЕКЦИЯ

# Физиология

# бактерий

Доцент кафедры Кузнецова Камаля Юнисовна

# 1. Рост и размножение бактерий

- Рост бактерий — **увеличение бактериальной клетки в размерах** без увеличения числа особей в популяции.
- Размножение бактерий — процесс, обеспечивающий **увеличение числа особей в популяции**. Бактерии характеризуются **высокой скоростью размножения**.
- Рост всегда предшествует размножению. Бактерии размножаются **поперечным бинарным делением**, при котором из одной материнской клетки образуются **две одинаковые дочерние**.

- **Процесс деления** бактериальной клетки **начинается с репликации хромосомной ДНК**. В точке прикрепления хромосомы к цитоплазматической мембране (точке-репликаторе) действует белок-инициатор, который вызывает разрыв кольца хромосомы, и далее идет деспирализация ее нитей. Нити раскручиваются, и вторая нить прикрепляется к цитоплазматической мембране в точке прорепликаторе, которая диаметрально противоположна точке репликатору. За счет ДНК-полимераз по матрице каждой нити достраивается точная ее копия. Удвоение генетического материала — сигнал для удвоения числа органелл. В септальных мезосомах идет построение перегородки, делящей клетку пополам.
- **Двухнитевая ДНК спирализуется, скручивается в кольцо** в точке прикрепления к цитоплазматической мембране. Это является сигналом для расхождения клеток по септе. Образуются две дочерние особи.

- На плотных питательных средах бактерии образуют **скопления клеток** — колонии, различные по размерам, форме, поверхности, окраске и т. д. На жидких средах рост бактерий характеризуется **образованием пленки** на поверхности питательной среды, равномерного **помутнения или осадка**.
- **Размножение бактерий** определяется временем **генерации**. Это период, в течение которого осуществляется деление клетки. Продолжительность генерации зависит от вида бактерий, возраста, состава питательной среды, температуры и др.

## **Фазы размножение бактериальной клетки на жидкой питательной среде:**

- 1) **начальная стационарная фаза** - то количество бактерий, которое попало в питательную среду и в ней находится;
- 2) **лаг-фаза (фаза покоя)**- продолжительность — 3—4 ч, происходит адаптация бактерий к питательной среде, начинается активный рост клеток, но активного размножения еще нет; в это время увеличивается количество белка, РНК;
- 3) **фаза логарифмического размножения**- активно идут процессы размножения клеток в популяции, размножение преобладает над гибелью;

- 4) **максимальная стационарная фаза**- бактерии достигают максимальной концентрации, т. е. максимального количества жизнеспособных особей в популяции; количество погибших бактерий равно количеству образующихся; дальнейшего увеличения числа особей не происходит;
- 5) **фаза ускоренной гибели** - процессы гибели преобладают над процессом размножения, так как истощаются питательные субстраты в среде. Накапливаются токсические продукты, продукты метаболизма. Этой фазы можно избежать, если использовать метод проточного культивирования: из питательной среды постоянно удаляются продукты метаболизма и восполняются

## 2. Питание бактерий

**Под питанием** понимают процессы **поступления и выведения питательных веществ** в клетку и из клетки. **Питание** в первую очередь обеспечивает **размножение и метаболизм клетки**.

Среди необходимых **питательных веществ выделяют органогены** — это **восемь химических элементов**, концентрация которых в бактериальной клетке превосходит  $10^{-4}$  моль.

К ним относят **углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, магний, кальций**.

Кроме органогенов, необходимы **микроэлементы**.

Они обеспечивают активность ферментов.

Это **цинк, марганец, молибден, кобальт, медь, никель, вольфрам, натрий, хлор**.

# Для бактерий характерно многообразие источников получения **питательных веществ**.

В зависимости от источника получения углерода бактерии делят на:

- 1) **аутотрофы** (используют неорганические вещества —  $\text{CO}_2$ );
- 2) **гетеротрофы** - им требуются экзогенные органические вещества, то есть произведённые другими организмами;
- 3) **миксотрофы**-переходная форма между 1 и 2 типом питания, используют наиболее удобный в данных условиях тип питания
- 3) **метатрофы** (используют органические вещества неживой природы);
- 4) **паратрофы** (используют органические вещества живой природы).

**Процессы питания должны обеспечивать энергетические потребности бактериальной клетки.**



# По *источникам энергии* микроорганизмы делят на:

- 1) *фототрофы* (способны использовать солнечную энергию);
- 2) *хемотрофы* (получают энергию за счет окислительно-восстановительных реакций);
- 3) *хемототрофы* (используют неорганические соединения);
- 4) *хемоорганотрофы* (используют органические вещества)  
*Факторами роста бактерий являются витамины, аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания, присутствие которых ускоряет рост.*

# Среди бактерий **выделяют**:

- 1) **прототрофы** (способны сами синтезировать необходимые вещества из низкоорганизованных);
- 2) **ауксотрофы** (являются мутантами прототрофов, потерявшими гены; ответственны за синтез некоторых веществ — витаминов, аминокислот, поэтому нуждаются в этих веществах в готовом виде).

Метаболиты и ионы поступают в микробную клетку различными путями

- Микроорганизмы **ассимилируют питательные вещества** в виде **небольших молекул**, поэтому белки, полисахариды и другие биополимеры могут служить **источниками питания** только **после расщепления** их экзоферментами до более простых соединений.

# Пути поступления метаболитов и ионов в микробную клетку.

- 1. **Пассивный транспорт** (без энергетических затрат):
  - 1) **простая диффузия** - вещества движутся без образования комплекса с другими молекулами; диффузия происходит за счет разности плотности потока вещества, градиент его концентрации, коэффициент самой диффузии.
  - 2) **облегченная диффузия** - по градиенту концентрации, с помощью белков-переносчиков вещество слабо диффундирующее через мембрану, транспортируется через нее с помощью подвижных или фиксированных в мембране переносчиков.
- 2. **Активный транспорт** - транспорт с помощью переносчиков (подвижных и эстафетной передачи), с затратой энергии, против градиента концентрации; при этом происходит взаимодействие субстрата с белком-переносчиком на поверхности цитоплазматической мембраны.

Встречаются **модифицированные варианты** активного транспорта — перенос химических групп.

В роли **белков-переносчиков** выступают **фосфорилированные ферменты**, поэтому субстрат переносится в фосфорилированной форме.

Такой перенос химической группы называется **транслокацией**.

# 3. Метаболизм бактериальной клетки

## Особенности метаболизма у бактерий:

- многообразии используемых **субстратов**;
- **интенсивность** процессов метаболизма;
- **направленность** всех **процессов** метаболизма на обеспечение **процессов размножения**;
- **преобладание** процессов **распада** над процессами **синтеза**;
- наличие **экзо- и эндоферментов** метаболизма.

В процессе метаболизма  
выделяют два вида **обмена**:

- 1) **пластический** (конструктивный):
  - а) анаболизм (с затратами энергии);
  - б) катаболизм (с выделением энергии);
- 2) **энергетический обмен** (протекает в дыхательных мезосомах):
  - а) дыхание;
  - б) брожение.

В зависимости от **акцептора протонов и электронов** среди бактерий различают *аэробы, факультативные анаэробы и облигатные анаэробы.*

Для аэробов акцептором является **кислород**. Факультативные анаэробы в кислородных условиях используют **процесс дыхания**, в **бескислородных — брожение**.

Для **облигатных анаэробов** характерно только **брожение**, в кислородных условиях наступает гибель микроорганизма из-за образования перекисей, идет отравление



В микробной клетке ферменты являются биологическими катализаторами.

- По строению выделяют:
  - **простые ферменты** (белки);
  - **сложные**;
    - ✓ состоят из белковой (активного центра) и небелковой частей; необходимы для активизации ферментов.
- Различают также:
- 1) **конститутивные ферменты**  
(синтезируются постоянно независимо от наличия субстрата);
- 2) **индуцибельные ферменты**  
(синтезируются только в присутствии субстрата).

**Набор ферментов** в клетке строго индивидуален для вида.

**Способность** микроорганизма утилизировать **субстраты** за счет своего набора ферментов определяет его **биохимические свойства**.

# По месту действия выделяют:

- 1) **экзоферменты** действуют вне клетки; принимают участие в процессе распада крупных молекул, которые не могут проникнуть внутрь бактериальной клетки; характерны для грамположительных бактерий;
- 2) **эндоферменты** действуют в самой клетке, обеспечивают синтез и распад различных веществ.

# В зависимости от катализируемых химических реакций все ферменты делят на шесть классов:

- 1) **оксидоредуктазы** катализируют окислительно-восстановительные реакции между двумя субстратами;
- 2) **трансферазы** осуществляют межмолекулярный перенос химических групп;
- 3) **гидролазы** осуществляют гидролитическое расщепление внутримолекулярных связей;
- 4) **лиазы** присоединяют химические группы по двум связям, а также осуществляют обратные реакции;
- 5) **изомеразы** осуществляют процессы изомеризации, обеспечивают внутреннюю конверсию с образованием различных изомеров;
- 6) **лигазы, или синтетазы** соединяют две молекулы, вследствие чего происходит расщепление пирофосфатных связей в молекуле АТФ.

## 4. *Виды пластического обмена*

- Основными видами пластического обмена являются:
  - 1) белковый;
  - 2) углеводный;
  - 3) липидный;
  - 4) нуклеиновый.

Белковый обмен характеризуется *катаболизмом и анаболизмом*.

В процессе *катаболизма* бактерии *разлагают белки* под действием *протеаз с образованием пептидов*.

*Анаболизм* направлен на образование высокомолекулярных соединений: под действием пептидаз из пептидов образуются *аминокислоты*.

Распад белков в аэробных условиях называется *тлением*, в анаэробных — *гниением*.

В результате распада аминокислот клетка получает **ионы аммония**, необходимые для формирования собственных аминокислот.

Бактериальные клетки способны **синтезировать** все **20 аминокислот**.

Ведущими из них являются **аланин, глутамин, аспарагин**.

Они включаются в процессы **переаминирования и трансаминарования**.

В белковом обмене **процессы синтеза преобладают над распадом** при этом

В углеводном обмене у бактерий **катаболизм преобладает над анаболизмом.**

Сложные углеводы внешней среды могут расщеплять только те бактерии, которые выделяют ферменты — **полисахаридазы.**

Полисахариды расщепляются до **дисахаров**, которые под действием **олигосахаридаз** распадаются до **моносахаров**, причем внутрь клетки может поступать только **глюкоза.**

Часть **глюкозы** идет на синтез собственных полисахаридов в клетке, другая часть подвергается дальнейшему расщеплению, который может идти по двум путям: по пути **анаэробного распада** углеводов — **брожению (гликолизу)** и в **аэробных условиях** — по пути **горения.**

В зависимости от конечных продуктов выделяют следующие **виды брожения**:

- 1) **спиртовое** (характерно для грибов);
- 2) **пропионионовокислое** (характерно для клостридий, пропиони-бактерий);
- 3) **молочнокислое** (характерно для стрептококков);
- 4) **маслянокислое** (характерно для сарцин);
- 5) **бутилденгликолевое** (характерно для бацилл).



Наряду с основным анаэробным распадом (гликолизом) могут быть вспомогательные пути расщепления углеводов (пентозофосфатный, кетодезоксифосфоглюконатный и др.).

Они отличаются ключевыми продуктами и реакциями.

**Липидный обмен** осуществляется с помощью ферментов  
— липопроотеиназ, летициназ, липаз, фосфолипаз.

Липазы катализируют **распад нейтральных жирных кислот**, т. е. ответственны за отщепление этих кислот от **глицерина**.

При распаде жирных кислот клетка запасает энергию.  
Конечным продуктом распада является **ацетил-КоА**  
( кофермент кофермент ацетилирования кофермент ацетилирования; один из важнейших коферментов, принимающий участие в реакциях переноса ацильных групп кофермент ацетилирования; один из важнейших коферментов, принимающий участие в реакциях переноса ацильных групп при синтезе и окислении жирных кислот кофермент ацетилирования; один из важнейших коферментов, принимающий участие в реакциях переноса ацильных групп при синтезе и окислении жирных кислот и окислении пирувата кофермент ацетилирования; один из важнейших коферментов, принимающий участие в реакциях переноса ацильных групп при синтезе и окислении жирных кислот и окислении пирувата в цикле лимонной кислоты)

Биосинтез липидов осуществляется за счет

Бактерии способны синтезировать как **насыщенные**, так и ненасыщенные **жирные кислоты**, но синтез последних более характерен для аэробов, так как требует кислорода.

**Нуклеиновый обмен бактерий  
связан с **генетическим  
обменом.****

Синтез нуклеиновых кислот  
имеет значение для процесса  
**деления клетки.**

Синтез осуществляется с  
помощью ферментов:  
**рестриктазы, ДНК-  
полимеразы, лигазы, ДНК-**

Рестриктазы вырезают участки ДНК, убирая нежелательные вставки, а лигазы обеспечивают сшивку фрагментов нуклеиновой кислоты.

ДНК-полимеразы ответственны за репликацию дочерней ДНК по материнской.

ДНК-зависимые-РНК-полимеразы отвечают за транскрипцию, осуществляют построение РНК на матрице ДНК.



Спасибо за  
внимание

