

ФИЗИОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ III

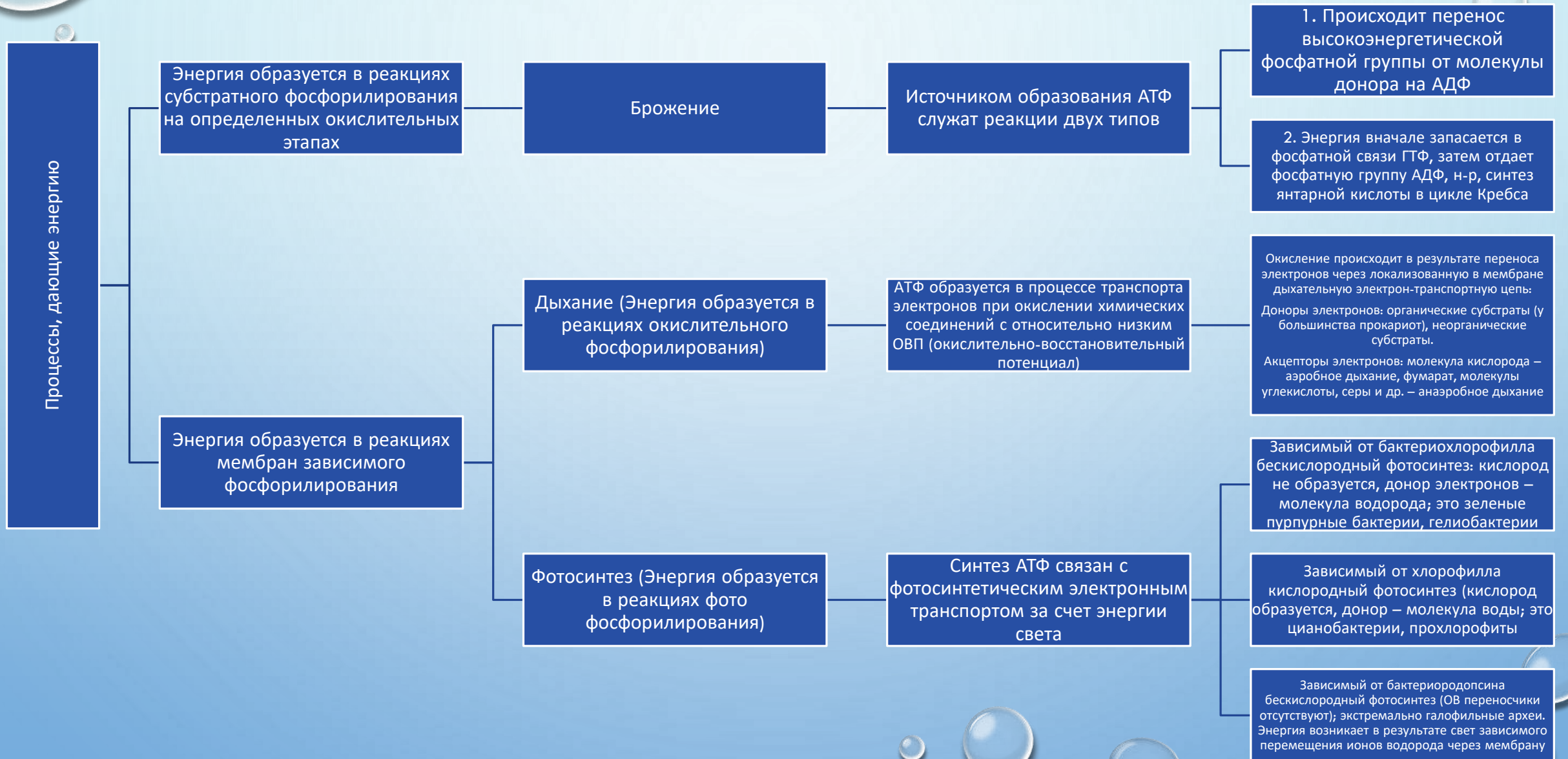
ЛЕКЦИЯ 8

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ

- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ (КАТАБОЛИЗМ) - ЭТО ПОТОК РЕАКЦИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ МОБИЛИЗАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЕЕ В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКУЮ ИЛИ ХИМИЧЕСКУЮ (АТФ) ФОРМУ, КОТОРАЯ ЗАТЕМ МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНА ВО ВСЕХ ЭНЕРГОЗАВИСИМЫХ ПРОЦЕССАХ.
- СУЩЕСТВУЮТ ГРУППЫ ПРОКАРИОТ, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МЕТАБОЛИЗМ КОТОРЫХ НЕ СВЯЗАН С ПРЕВРАЩЕНИЯМИ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (ПРОКАРИОТЫ С ФОТОЛИТО- И ХЕМОЛИТОТРОФНЫМ ТИПОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБМЕНА). ПО ОТНОШЕНИЮ К ТАКОГО РОДА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ ТЕРМИН «КАТАБОЛИЗМ» НЕПРИМЕНИМ. У НИХ ФУНКЦИОНИРУЕТ ТОЛЬКО ОДИН ПОТОК ПРЕВРАЩЕНИЙ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА - АНАБОЛИЧЕСКИЙ.
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРОКАРИОТ ПО СВОЕМУ ОБЪЕМУ (МАСШТАБНОСТИ) ЗНАЧИТЕЛЬНО ПРЕВОСХОДЯТ ПРОЦЕССЫ БИОСИНТЕТИЧЕСКИЕ, А ИХ ПРОТЕКАНИЕ ПРИВОДИТ К СУЩЕСТВЕННЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ. РАЗНООБРАЗНЫ И НЕОБЫЧНЫ В ЭТОМ ОТНОШЕНИИ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОКАРИОТ, СПОСОБЫ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ.
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ. ОРГАНИЗМЫ МОГУТ ИСПОЛЬЗОВАТЬ НЕ ВСЕ ВИДЫ ЭНЕРГИИ, СУЩЕСТВУЮЩЕЙ В ПРИРОДЕ. НЕДОСТУПНЫМИ ДЛЯ НИХ ЯВЛЯЮТСЯ ЯДЕРНАЯ, МЕХАНИЧЕСКАЯ, ТЕПЛОВАЯ ВИДЫ ЭНЕРГИИ. ЧТОБЫ ТЕПЛОТА МОГЛА СЛУЖИТЬ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ, НЕОБХОДИМ БОЛЬШОЙ ПЕРЕПАД ТЕМПЕРАТУР, КОТОРЫЙ В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ НЕВОЗМОЖЕН. ДОСТУПНЫМИ ДЛЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ ВНЕШНИМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ (ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ) ЯВЛЯЮТСЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ (ФИЗИЧЕСКАЯ) ЭНЕРГИЯ (СВЕТ ОПРЕДЕЛЕННОЙ ДЛИНЫ ВОЛНЫ) И ХИМИЧЕСКАЯ (ВОССТАНОВЛЕННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ). СПОСОБНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ЭНЕРГИЮ СВЕТА ОБЛАДАЕТ БОЛЬШАЯ ГРУППА ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ, В ТОМ ЧИСЛЕ И ПРОКАРИОТ, ИМЕЮЩИХ ФОТОРЕЦЕПТОРНЫЕ МОЛЕКУЛЫ НЕСКОЛЬКИХ ТИПОВ (ХЛОРОФИЛЛЫ, КАРОТИНОИДЫ, ФИКОБИЛИПРОТЕИНЫ). ДЛЯ ВСЕХ ОСТАЛЬНЫХ ОРГАНИЗМОВ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ СЛУЖАТ ПРОЦЕССЫ ОКИСЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ. ЧАСТО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ СЛУЖАТ БИОПОЛИМЕРЫ, НАХОДЯЩИЕСЯ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ (ПОЛИСАХАРИДЫ, БЕЛКИ, НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ), А ТАКЖЕ ЛИПИДЫ. ПРЕЖДЕ ЧЕМ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫМИ, БИОПОЛИМЕРЫ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ГИДРОЛИЗОВАНЫ ДО СОСТАВЛЯЮЩИХ ИХ МОНОМЕРНЫХ ЕДИНИЦ. ЭТОТ ЭТАП ВЕСЬМА ВАЖЕН ПО СЛЕДУЮЩИМ ПРИЧИНАМ. БЕЛКИ И НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ ОТЛИЧАЮТСЯ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНЫМ РАЗНООБРАЗИЕМ. КОЛИЧЕСТВО ВИДОВ БЕЛКОВ ИСЧИСЛЯЕТСЯ ТЫСЯЧАМИ, ПОСЛЕ ГИДРОЛИЗА ЖЕ ОБРАЗУЕТСЯ ТОЛЬКО 20 АМИНОКИСЛОТ. ВСЕ РАЗНООБРАЗИЕ НУКЛЕИНОВЫХ КИСЛОТ (ДНК И РНК) ПОСЛЕ ГИДРОЛИЗА СВОДИТСЯ К 5 ВИДАМ НУКЛЕОТИДОВ. ТАКИМ ОБРАЗОМ, РАСЩЕПЛЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ ДО МОНОМЕРНЫХ ЕДИНИЦ РЕЗКО СОКРАЩАЕТ НАБОР ХИМИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ, КОТОРЫЕ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ОРГАНИЗМОМ.
- ПРОЦЕСС РАСЩЕПЛЕНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ НЕ СВЯЗАН С ОБРАЗОВАНИЕМ СВОБОДНОЙ, ТО ЕСТЬ ДОСТУПНОЙ КЛЕТКЕ, ЭНЕРГИИ. ПРОИСХОДЯЩЕЕ ПРИ ЭТОМ РАССЕИВАНИЕ ЭНЕРГИИ ТАКЖЕ НЕВЕЛИКО. ОБРАЗОВАВШИЕСЯ МОНОМЕРЫ ПОДВЕРГАЮТСЯ В КЛЕТКЕ ДАЛЬНЕЙШИМ ФЕРМЕНТАТИВНЫМ ПРЕВРАЩЕНИЯМ, В РЕЗУЛЬТАТЕ КОТОРЫХ ПУТЕМ ПЕРЕСТРОЙКИ ХИМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОЗНИКАЮТ МОЛЕКУЛЫ, ВКЛЮЧАЮЩИЕСЯ НА КАКОМ-ЛИБО ЭТАПЕ В КАЧЕСТВЕ МЕТАБОЛИТОВ В ФУНКЦИОНИРУЮЩИЕ КЛЕТОЧНЫЕ КАТАБОЛИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ОСНОВНЫЕ ИЗ НИХ: ПУТЬ ЭМБДЕНА - МЕЙЕРГОФА - ПАРНАСА (ГЛИКОЛИЗ), ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ ПЕНТОЗОФОСФАТНЫЙ ПУТЬ, ПУТЬ ЭНТНЕРА - ДУДОРОВА И ЦИКЛ ТРИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ (ЦТК). ОБЩЕЕ ДЛЯ ВСЕХ КАТАБОЛИЧЕСКИХ ПУТЕЙ - МНОГООРУПЕНЧАТОСТЬ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ ИСХОДНОГО СУБСТРАТА. НА НЕКОТОРЫХ ЭТАПАХ ОКИСЛЕНИЕ СУБСТРАТА СОПРЯЖЕНО С ОБРАЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ В ОПРЕДЕЛЕННОЙ ФОРМЕ, В КОТОРОЙ ЭТА ЭНЕРГИЯ МОЖЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ В САМЫХ РАЗНООБРАЗНЫХ ЭНЕРГОЗАВИСИМЫХ ПРОЦЕССАХ.

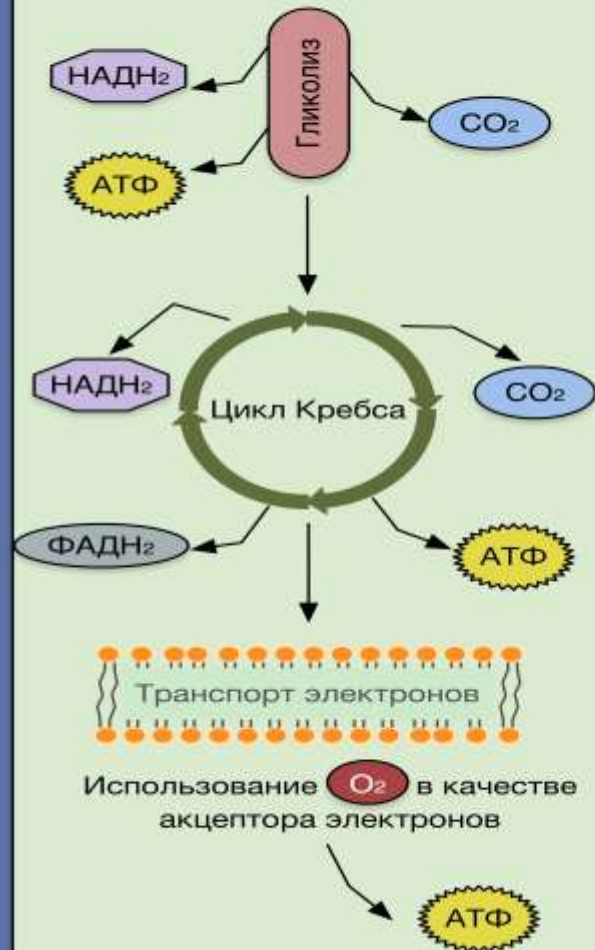
- ТАКИМ ОБРАЗОМ, ВНЕШНИЕ ДОСТУПНЫЕ ОРГАНИЗМАМ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ (СВЕТ, ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ) ДОЛЖНЫ БЫТЬ ТРАНСФОРМИРОВАНЫ В КЛЕТКЕ В ОПРЕДЕЛЕННУЮ ФОРМУ, ЧТОБЫ ОБЕСПЕЧИТЬ ВНУТРИКЛЕТОЧНЫЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЭНЕРГИИ.
- ДЫХАНИЕ БАКТЕРИЙ. ДЫХАНИЕ, ИЛИ БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ, ОСНОВАНО НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ, ИДУЩИХ С ОБРАЗОВАНИЕМ АТФ-УНИВЕРСАЛЬНОГО АККУМУЛЯТОРА ХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. ЭНЕРГИЯ НЕОБХОДИМА МИКРОБНОЙ КЛЕТКЕ ДЛЯ ЕЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. ПРИ ДЫХАНИИ ПРОИСХОДЯТ ПРОЦЕССЫ ОКИСЛЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ: ОКИСЛЕНИЕ - ОТДАЧА ДОНОРАМИ (МОЛЕКУЛАМИ ИЛИ АТОМАМИ) ВОДОРОДА ИЛИ ЭЛЕКТРОНОВ; ВОССТАНОВЛЕНИЕ - ПРИСОЕДИНЕНИЕ ВОДОРОДА ИЛИ ЭЛЕКТРОНОВ К АКЦЕПТОРУ. АКЦЕПТОРОМ ВОДОРОДА ИЛИ ЭЛЕКТРОНОВ МОЖЕТ БЫТЬ МОЛЕКУЛЯРНЫЙ КИСЛОРОД (ТАКОЕ ДЫХАНИЕ НАЗЫВАЕТСЯ АЭРОБНЫМ) ИЛИ НИТРАТ, СУЛЬФАТ, ФУМАРАТ (ТАКОЕ ДЫХАНИЕ НАЗЫВАЕТСЯ АНАЭРОБНЫМ - НИТРАТНЫМ, СУЛЬФАТНЫМ, ФУМАРАТНЫМ). АНАЭРОБИОЗ (ОТ ГРЕЧ. *aer* - ВОЗДУХ, *bios* - ЖИЗНЬ) - ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ, ПРОТЕКАЮЩАЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ СВОБОДНОГО КИСЛОРОДА. ЕСЛИ ДОНОРАМИ И АКЦЕПТОРАМИ ВОДОРОДА ЯВЛЯЮТСЯ ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, ТО ТАКОЙ ПРОЦЕСС НАЗЫВАЕТСЯ БРОЖЕНИЕМ. ПРИ БРОЖЕНИИ ПРОИСХОДИТ ФЕРМЕНТАТИВНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННО УГЛЕВОДОВ, В АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ. С УЧЕТОМ КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА РАСЩЕПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОВ РАЗЛИЧАЮТ СПИРТОВОЕ, МОЛОЧНОКИСЛОЕ, УКСУСНОЕ И ДРУГИЕ ВИДЫ БРОЖЕНИЯ.
- ПО ОТНОШЕНИЮ К МОЛЕКУЛЯРНОМУ КИСЛОРОДУ БАКТЕРИИ МОЖНО РАЗДЕЛИТЬ НА ТРИ ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ: ОБЛИГАТНЫЕ, ТО ЕСТЬ ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ, АЭРОБЫ, ОБЛИГАТНЫЕ АНАЭРОБЫ И ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ АНАЭРОБЫ.
- ОБЛИГАТНЫЕ АЭРОБЫ - ЭТО ПРОКАРИОТЫ, ДЛЯ РОСТА КОТОРЫХ КИСЛОРОД НЕОБХОДИМ. К НИМ ОТНОСИТСЯ БОЛЬШИНСТВО ПРОКАРИОТНЫХ ОРГАНИЗМОВ.
- ОБЛИГАТНЫЕ АНАЭРОБЫ (КЛОСТРИДИИ БОТУЛИЗМА, ГАЗОВОЙ ГАНГРЕНЫ, СТОЛБНЯКА, БАКТЕРОИДЫ И ДР.) РАСТУТ ТОЛЬКО НА СРЕДЕ БЕЗ КИСЛОРОДА, КОТОРЫЙ ДЛЯ НИХ ТОКСИЧЕН. ПРИ НАЛИЧИИ КИСЛОРОДА БАКТЕРИИ ОБРАЗУЮТ ПЕРЕКИСНЫЕ РАДИКАЛЫ КИСЛОРОДА, В ТОМ ЧИСЛЕ ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА И СУПЕРОКСИД-АНИОН КИСЛОРОДА, ТОКСИЧНЫЕ ДЛЯ ОБЛИГАТНЫХ АНАЭРОБНЫХ БАКТЕРИЙ, ПОСКОЛЬКУ ОНИ НЕ ОБРАЗУЮТ СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ИНАКТИВИРУЮЩИЕ ФЕРМЕНТЫ. АЭРОБНЫЕ БАКТЕРИИ ИНАКТИВИРУЮТ ПЕРЕКИСЬ ВОДОРОДА И СУПЕРОКСИД-АНИОН КИСЛОРОДА СООТВЕТСТВУЮЩИМИ ФЕРМЕНТАМИ (КАТАЛАЗОЙ, ПЕРОКСИДАЗОЙ И СУ-ПЕРОКСИДДИСМУТАЗОЙ).
- ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ АНАЭРОБЫ МОГУТ РАСТИ КАК ПРИ НАЛИЧИИ, ТАК И ПРИ ОТСУТСТВИИ КИСЛОРОДА, ПОСКОЛЬКУ ОНИ СПОСОБНЫ ПЕРЕКЛЮЧАТЬСЯ С ДЫХАНИЯ В ПРИСУТСТВИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА НА БРОЖЕНИЕ В ЕГО ОТСУТСТВИИ. ОНИ СПОСОБНЫ ОСУЩЕСТВЛЯТЬ АНАЭРОБНОЕ ДЫХАНИЕ, НАЗЫВАЕМОЕ НИТРАТНЫМ: НИТРАТ, ЯВЛЯЮЩИЙСЯ АКЦЕПТОРОМ ВОДОРОДА, ВОССТАНАВЛИВАЕТСЯ ДО МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА И АММИАКА.
- СРЕДИ ОБЛИГАТНЫХ АНАЭРОБОВ РАЗЛИЧАЮТ АЭРОТОЛЕРАНТНЫЕ БАКТЕРИИ, КОТОРЫЕ СОХРАНЯЮТСЯ ПРИ НАЛИЧИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА, НО НЕ ИСПОЛЬЗУЮТ ЕГО.

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ У ПРОКАРИОТ

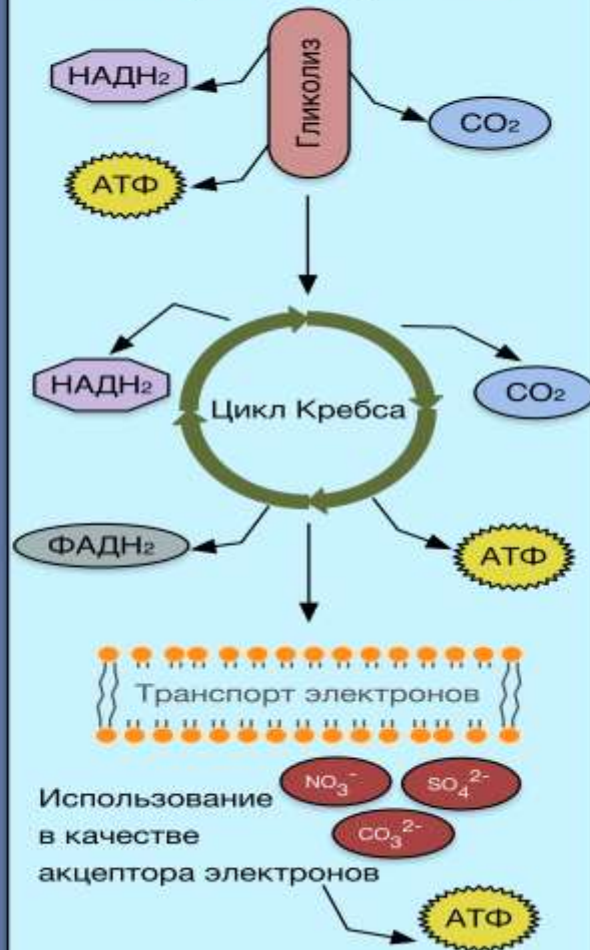


Основные пути катаболизма у бактерий

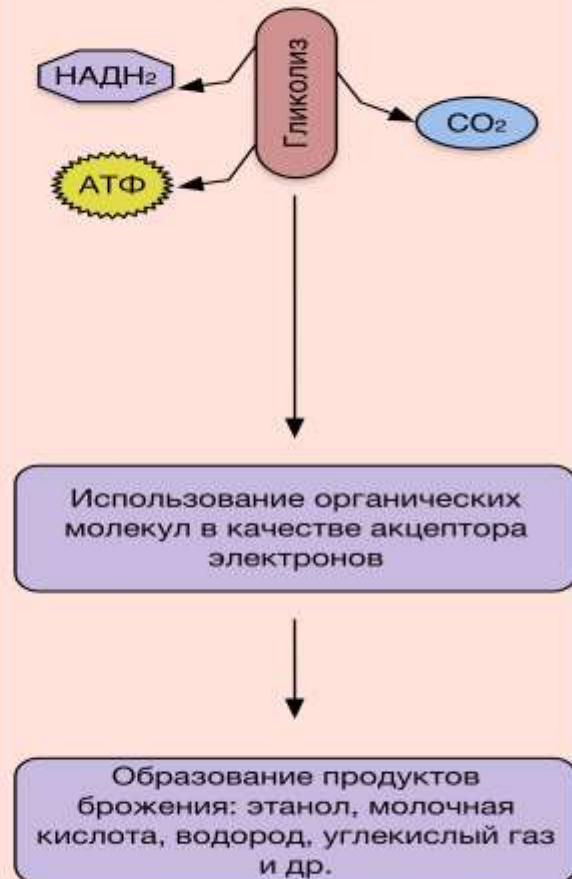
Аэробное дыхание



Анаэробное дыхание



Брожение



БРОЖЕНИЕ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ БРОЖЕНИЯ

- БРОЖЕНИЕ - ЭТО СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ, ПРИ КОТОРОМ АТФ ОБРАЗУЕТСЯ В ПРОЦЕССЕ АНАЭРОБНОГО ОКИСЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СУБСТРАТОВ В РЕАКЦИЯХ СУБСТРАТНОГО ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ. Т.Е. ЭТО ТИП ЖИЗНИ, ОСНОВАННЫЙ НА СУБСТРАТНОМ ФОСФОРИЛИРОВАНИИ
- «БРОЖЕНИЕ» — ЭТО СУГУБО МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ТЕРМИН.
- ОН ХАРАКТЕРИЗУЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ СТОРОНУ СПОСОБА СУЩЕСТВОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИХ ГРУПП БАКТЕРИЙ, ПРИ КОТОРОМ ОНИ ОСУЩЕСТВЛЯЮТ В АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕСЯ ВЫХОДОМ ЭНЕРГИИ, КОТОРУЮ ЭТИ ОРГАНИЗМЫ ИСПОЛЬЗУЮТ.
- ПОСКОЛЬКУ БРОЖЕНИЕ ПРОТЕКАЕТ БЕЗ УЧАСТИЯ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА, ВСЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ СУБСТРАТА ПРОИСХОДЯТ ЗА СЧЕТ ЕГО «ВНУТРЕННИХ» ВОЗМОЖНОСТЕЙ. ПРОЦЕСС БРОЖЕНИЯ СВЯЗАН С ТАКИМИ ПЕРЕСТРОЙКАМИ ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ СУБСТРАТА, В РЕЗУЛЬТАТЕ КОТОРЫХ НА ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ ПРОЦЕССА ВЫСВОБОЖДАЕТСЯ ЧАСТЬ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ, ЗАКЛЮЧЕННОЙ В МОЛЕКУЛЕ СУБСТРАТА, И ПРОИСХОДИТ ЕЕ ЗАПАСАНИЕ В МОЛЕКУЛАХ АТФ.
- В ПРОЦЕССЕ БРОЖЕНИЯ, КАК ПРАВИЛО, ПРОИСХОДИТ РАСЩЕПЛЕНИЕ УГЛЕРОДНОГО СКЕЛЕТА МОЛЕКУЛЫ СУБСТРАТА.



<https://cf.ppt-online.org/files/slide/s/SPo9Y3gM5VfbDzHN8xQLRtvIU7leZCyFWmKk0j/slide-16.jpg>

- ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, КОТОРЫЕ МОГУТ СБРАЖИВАТЬСЯ - ЭТО УГЛЕВОДЫ, СПИРТЫ, ОРГАНИЧЕСКИЕ КИСЛОТЫ, АМИНОКИСЛОТЫ, ПУРИНЫ, ПИРИМИДИНЫ.
- ХИМИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО МОЖЕТ БЫТЬ ПОДВЕРГНУТО СБРАЖИВАНИЮ, ЕСЛИ ОНО СОДЕРЖИТ НЕПОЛНОСТЬЮ ОКИСЛЕННЫЕ (ИЛИ ВОССТАНОВЛЕННЫЕ) УГЛЕРОДНЫЕ АТОМЫ. В ЭТОМ СЛУЧАЕ ЕСТЬ ВОЗМОЖНОСТЬ ДЛЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ МЕЖДУ МОЛЕКУЛАМИ (ИЛИ ВНУТРИ ОДНОГО ВИДА МОЛЕКУЛ), ВОЗНИКАЮЩИМИ ИЗ СУБСТРАТА. В РЕЗУЛЬТАТЕ ОДНА ЧАСТЬ ПРОДУКТОВ БРОЖЕНИЯ БУДЕТ БОЛЕЕ ВОССТАНОВЛЕННОЙ, ДРУГАЯ — БОЛЕЕ ОКИСЛЕННОЙ ПО СРАВНЕНИЮ С СУБСТРАТОМ.
- СЛЕДОВАТЕЛЬНО, В КАЖДОМ ВИДЕ БРОЖЕНИЯ МОЖНО ВЫДЕЛИТЬ ДВЕ СТОРОНЫ: ОКИСЛИТЕЛЬНУЮ И ВОССТАНОВИТЕЛЬНУЮ. ПРОЦЕССЫ ОКИСЛЕНИЯ СВОДЯТСЯ К ОТРЫВУ ЭЛЕКТРОНОВ ОТ ОПРЕДЕЛЕННЫХ МЕТАБОЛИТОВ С ПОМОЩЬЮ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ (ДЕГИДРОГЕНАЗ) И АКЦЕПТИРОВАНИЮ ИХ ДРУГИМИ МОЛЕКУЛАМИ, ОБРАЗУЮЩИМИСЯ ИЗ СБРАЖИВАЕМОГО СУБСТРАТА, Т.Е. В ПРОЦЕССЕ БРОЖЕНИЯ ПРОИСХОДИТ ОКИСЛЕНИЕ АНАЭРОБНОГО ТИПА.

ВИДЫ БРОЖЕНИЯ	МИКРОБЫ	КОНЕЧНЫЙ ПРОДУКТ
СПИРТОВОЕ	ДРОЖЖИ, МУКОРОВЫЕ ГРИБЫ	ЭТАНОЛ И ДР. СПИРТЫ
МОЛОЧНОКИСЛОЕ	МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ	МОЛОЧНАЯ К-ТА, СПИРТ, АЦЕТОН
МАСЛЯНОКИСЛОЕ	КЛОСТРИДИИ	H ₂ , CO ₂ , МАСЛЯНАЯ, УКСУСНАЯ К-ТЫ
ЛИМОННОКИСЛОЕ	ГРИБЫ	ЛИМОННАЯ К-ТА
ПРОПИОНОВО-КИСЛОЕ	ПРОПИОНИ-БАКТЕРИИ	ПРОПИОНОВАЯ КИСЛОТА
МУРАВЬИНО-КИСЛОЕ	ЭНТЕРОБАКТЕРИИ	МУРАВЬИНАЯ, УКСУСНАЯ, МОЛОЧНАЯ К-ТЫ
БУТАНОЛОВО-АЦЕТОНОВОЕ	КЛОСТРИДИИ	БУТАНОЛ, АЦЕТОН
МЕТАНОВОЕ	МЕТАНОВЫЕ БАКТЕРИИ	МЕТАН

https://myslide.ru/documents_3/fe5d9a9b88d636e310f2b682689d0f61/img17.jpg

Продуктами брожений являются различные органические кислоты (молочная, масляная, уксусная, муравьиная), спирты (этиловый, бутиловый, пропиловый), ацетон, а также CO₂ и H₂. Обычно в процессе брожения образуется несколько продуктов. В зависимости от того, какой основной продукт накапливается в среде, различают молочнокислое, спиртовое, маслянокислое, пропионовокислое и другие виды брожений.

- ПРИ БРОЖЕНИИ ПРОДУКТЫ РАСЩЕПЛЕНИЯ ОДНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СУБСТРАТА МОГУТ ОДНОВРЕМЕННО СЛУЖИТЬ И ДОНОРАМИ, И АКЦЕПТОРАМИ ЭЛЕКТРОНОВ.
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТОРОНОЙ ПРОЦЕССОВ БРОЖЕНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ ИХ ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ. В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОЦЕССА ВЫСВОБОЖДАЕТСЯ ЧАСТЬ СВОБОДНОЙ ЭНЕРГИИ, И ПРОИСХОДИТ ЕЕ ЗАПАСАНИЕ В МОЛЕКУЛАХ АТФ.
- ПРИМИТИВНОСТЬ ПРОЦЕССОВ БРОЖЕНИЯ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ТОМ, ЧТО ИЗ СУБСТРАТА ИЗВЛЕКАЕТСЯ ЛИШЬ НЕЗНАЧИТЕЛЬНАЯ ДОЛЯ ЭНЕРГИИ, КОТОРАЯ В НЕМ СОДЕРЖИТСЯ. НАПРИМЕР, В ПРОЦЕССЕ ГОМОФЕРМЕНТАТИВНОГО МОЛОЧНОКИСЛОГО БРОЖЕНИЯ СИНТЕЗИРУЮТСЯ 2 МОЛЕКУЛЫ АТФ НА 1 МОЛЕКУЛУ СБРОЖЕННОЙ ГЛЮКОЗЫ; В ПРОЦЕССЕ ДЫХАНИЯ ПРИ ПОЛНОМ ОКИСЛЕНИИ МОЛЕКУЛЫ ГЛЮКОЗЫ ОБРАЗУЕТСЯ 38 МОЛЕКУЛ АТФ.

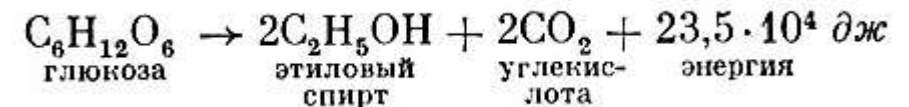
Аденозинтрифосфорная кислота



<https://womanjour.ru/wp-content/uploads/2020/12/b5d381cf74cefc31e54a6bce0197f33b45ae8660.jpg>

СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ

- СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ - ЭТО ПРОЦЕСС ОКИСЛЕНИЯ УГЛЕВОДОВ, В РЕЗУЛЬТАТЕ КОТОРОГО ОБРАЗУЮТСЯ ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ, УГЛЕКИСЛОТА И ВЫДЕЛЯЕТСЯ ЭНЕРГИЯ.
- СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДЯТ ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ ДРОЖЖИ РОДА *SACCHAROMYCES* (*S. CEREVISIAE*, *S. UVARUM* И ДР.); БАКТЕРИИ, ПРИНАДЛЕЖАЩИЕ К РАЗНЫМ ТАКСОНОМИЧЕСКИМ ГРУППАМ, НАПРИМЕР, НЕКОТОРЫЕ БАКТЕРИИ РОДА *SARCINA*, *ERWINIA*, *ZYMONAS*, *LACTOCOCCUS*, *CLOSTRIDIUM* И ГРИБЫ (МУКОРОВЫЕ).
- СБРАЖИВАТЬСЯ МОГУТ ЛИШЬ УГЛЕВОДЫ, И ПРИТОМ ВЕСЬМА ИЗБИРАТЕЛЬНО. ДРОЖЖИ СБРАЖИВАЮТ ТОЛЬКО НЕКОТОРЫЕ 6-УГЛЕРОДНЫЕ САХАРА (ГЛЮКОЗУ, ФРУКТОЗУ, МАННОЗУ).
- УПРОЩЕННАЯ СХЕМА СПИРТОВОГО БРОЖЕНИЯ:

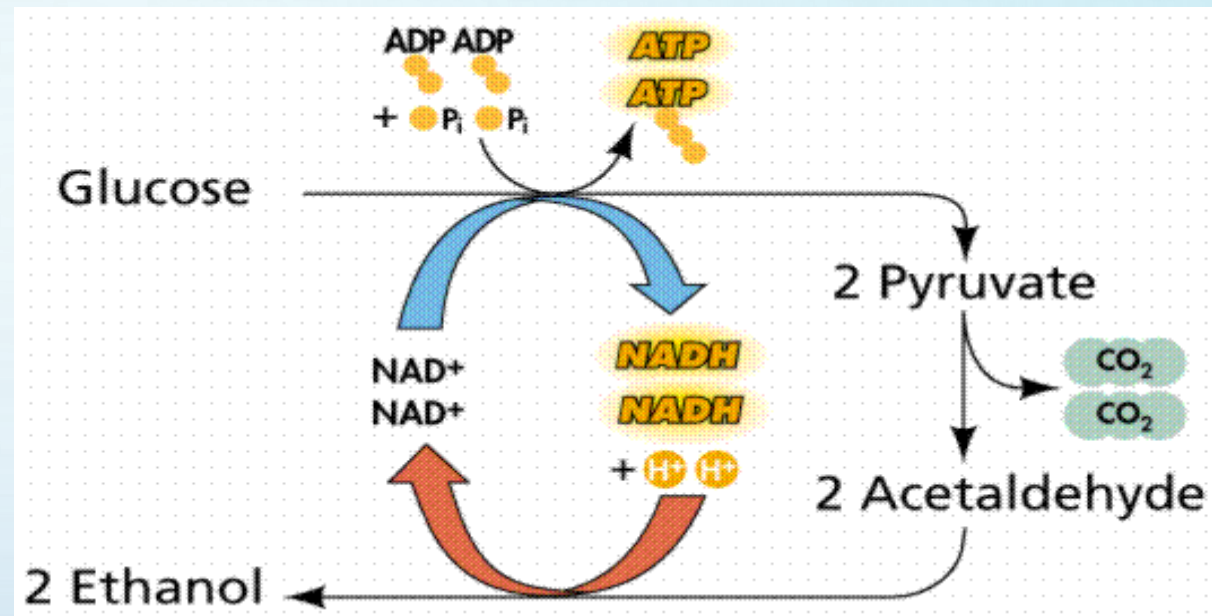


<http://plantlife.ru/books/item/f00/s00/z0000032/st026.shtml>

Особенность реакции заключается в ее полной необратимости

- ПРОЦЕСС СПИРТОВОГО БРОЖЕНИЯ - МНОГОСТУПЕНЧАТЫЙ, Т.К. СОСТОИТ ИЗ МНОЖЕСТВА ЦЕПНЫХ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. ПРЕВРАЩЕНИЯ ГЛЮКОЗЫ ДО ОБРАЗОВАНИЯ ПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ ПРОИСХОДЯТ ТАК ЖЕ, КАК И ПРИ ДЫХАНИИ. ЭТИ РЕАКЦИИ ПРОИСХОДЯТ АНАЭРОБНО. ПОСЛЕ ПУТИ ДЫХАНИЯ И БРОЖЕНИЯ РАСХОДЯТСЯ.
- ПРИ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ ПИРОВИНОГРАДНАЯ КИСЛОТА ПРЕВРАЩАЕТСЯ В КОНЕЧНОМ ИТОГЕ В СПИРТ И УГЛЕКИСЛОТУ. ЭТИ РЕАКЦИИ ПРОТЕКАЮТ В ДВЕ СТАДИИ. СНАЧАЛА ОТ ПИРУВАТА ОТЩЕПЛЯЕТСЯ CO_2 И ОБРАЗУЕТСЯ УКСУСНЫЙ АЛЬДЕГИД; ЗАТЕМ УКСУСНЫЙ АЛЬДЕГИД ПРИСОЕДИНЯЕТ ВОДОРОД, ВОССТАНАВЛИВАЯСЬ В ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ. ВСЕ РЕАКЦИИ КАТАЛИЗИРУЮТСЯ ФЕРМЕНТАМИ.
- ОБЫЧНО ПРИ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ, КРОМЕ ГЛАВНЫХ ПРОДУКТОВ, ОБРАЗУЮТСЯ В НЕБОЛЬШОМ КОЛИЧЕСТВЕ ПОБОЧНЫЕ: АМИЛОВЫЙ, БУТИЛОВЫЙ И ДРУГИЕ СПИРТЫ, СМЕСЬ КОТОРЫХ НАЗЫВАЕТСЯ СИВУШНЫМ МАСЛОМ - СОЕДИНЕНИЕ, ОТ КОТОРОГО ЗАВИСИТ СПЕЦИФИЧЕСКИЙ АРОМАТ ВИНА. ОБРАЗОВАНИЕ ПОБОЧНЫХ ВЕЩЕСТВ СВЯЗАНО С ТЕМ, ЧТО ПРЕВРАЩЕНИЕ ГЛЮКОЗЫ ЧАСТИЧНО ИДЕТ ДРУГИМИ ПУТЯМИ.

Биологический смысл спиртового брожения заключается в том, что образуется определенное количество энергии, которая запасается в форме АТФ, а затем расходуется на все жизненно необходимые процессы клетки. Энергетический выход спиртового брожения у дрожжей составляет 2 молекулы АТФ на 1 молекулу катаболизированной глюкозы. В аэробных условиях дрожжи получают энергию путем полного окисления моно- и дисахаридов до углекислого газа и воды, т.е. путем аэробного дыхания. При этом интенсивно накапливается биомасса (эффект Пастера). Поэтому производство хлебопекарных дрожжей ведут в аэробных условиях. В анаэробных условиях они осуществляют брожение (Ацидофилы. Мезофилы).



<http://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/biobookglyc.html>



<https://cf.ppt-online.org/files1/slide/b/bT6hS2nG5ZLIRM01ceuEtzl78WgPAjYiByDfsKpmH/slide-59.jpg>



<https://www.inkpantry.com/wp-content/uploads/2019/04/w-768x816.jpg>

- БАКТЕРИИ СБРАЖИВАЮТ ГЛЮКОЗУ ДО ЭТАНОЛА И CO_2 ПО ГЛИКОЛИТИЧЕСКОМУ ПУТИ С УЧАСТИЕМ ПИРУВАТДЕКАРБОКСИЛАЗЫ И АЛКОГОЛЬДЕГИДРОГЕНАЗЫ. КРОМЕ ЭТАНОЛА И CO_2 В НЕБОЛЬШИХ КОЛИЧЕСТВАХ ОБРАЗУЮТСЯ И ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ: АЦЕТАТ И МОЛЕКУЛЯРНЫЙ ВОДОРОД, ЛАКТАТ.
- ВЫХОД ПРОДУКТОВ БРОЖЕНИЯ – ПО 2 МОЛЕКУЛЫ ЭТАНОЛА И CO_2 НА 1 МОЛЕКУЛУ СБРОЖЕННОЙ ГЛЮКОЗЫ (КАК И ПРИ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ ПО ГЛИКОЛИТИЧЕСКОМУ ПУТИ), НО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ВЫХОД В 2 РАЗА НИЖЕ, ЧЕМ ПРИ ГЛИКОЛИЗЕ: ВСЕГО 1 МОЛЕКУЛА АТФ НА 1 МОЛЕКУЛУ СБРОЖЕННОЙ ГЛЮКОЗЫ.
- СПИРТОВОЕ БРОЖЕНИЕ ЛЕЖИТ В ОСНОВЕ ВИНОДЕЛИЯ, ПИВОВАРЕНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА СПИРТА, ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ, ПОЛУЧЕНИЯ КВАСА И НЕКОТОРЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ (КЕФИРА, КУМЫСА И ДР.).

МОЛОЧНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ

- ПРИ МОЛОЧНОКИСЛОМ БРОЖЕНИИ КОНЕЧНЫМ ПРОДУКТОМ ЯВЛЯЕТСЯ МОЛОЧНАЯ КИСЛОТА.
- ЭТОТ ВИД БРОЖЕНИЯ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ С ПОМОЩЬЮ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ, КОТОРЫЕ ПОДРАЗДЕЛЯЮТСЯ НА ДВЕ БОЛЬШИЕ ГРУППЫ (В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРА БРОЖЕНИЯ): ГОМОФЕРМЕНТАТИВНЫЕ, ОБРАЗУЮЩИЕ ИЗ САХАРА ТОЛЬКО МОЛОЧНУЮ КИСЛОТУ, И ГЕТЕРОФЕРМЕНТАТИВНЫЕ, ОБРАЗУЮЩИЕ, КРОМЕ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ, СПИРТ, УКСУСНУЮ КИСЛОТУ, УГЛЕКИСЛЫЙ ГАЗ.
- ГОМОФЕРМЕНТАТИВНОЕ МОЛОЧНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ ВЫЗЫВАЮТ БАКТЕРИИ РОДА LACTOBACILLUS И СТРЕПТОКОККИ. ОНИ МОГУТ СБРАЖИВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ САХАРА С 6-Ю (ГЕКСОЗЫ) ИЛИ 5-Ю (ПЕНТОЗЫ) УГЛЕРОДНЫМИ АТОМАМИ, НЕКОТОРЫЕ КИСЛОТЫ. ОДНАКО КРУГ СБРАЖИВАЕМЫХ ИМИ ПРОДУКТОВ ОГРАНИЧЕН.
- У МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ НЕТ ФЕРМЕНТАТИВНОГО АППАРАТА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИСЛОРОДА ВОЗДУХА.
- МОЛОЧНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ ПРОТЕКАЕТ ПО СХЕМЕ:



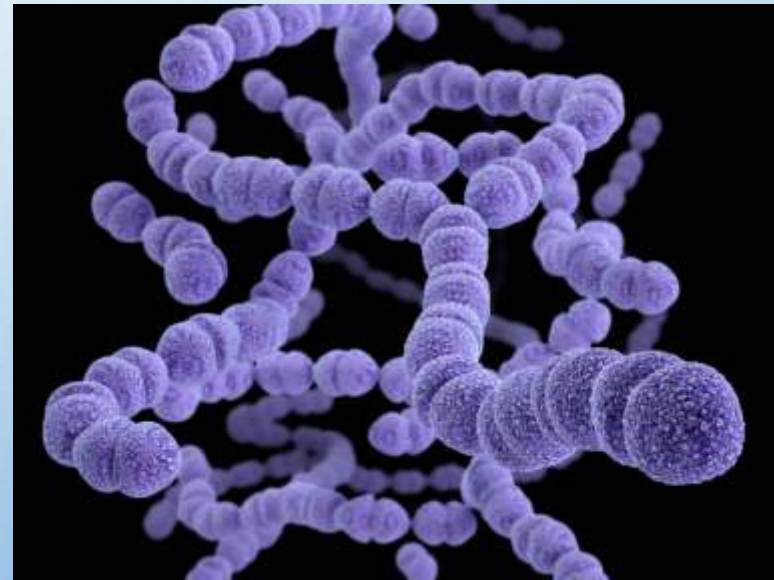
БАКТЕРИИ РОДА LACTOBACILLUS И СТРЕПТОКОККИ

БАКТЕРИИ РОДА LACTOBACILLUS



<https://gastritinform.ru/wp-content/uploads/2020/10/Lactobacillus-acidophilus.jpg>

БАКТЕРИИ РОДА СТРЕПТОКОККИ



https://prohvost.club/wp-content/uploads/2018/10/post_5bc6417af00f8.jpg

- ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ БЛИЗОК К ПРОЦЕССУ СПИРТОВОГО БРОЖЕНИЯ. ГЛЮКОЗА ТАКЖЕ РАСЩЕПЛЯЕТСЯ ДО ПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ. НО ДАЛЕЕ ЕЕ ДЕКАРБОКСИЛИРОВАНИЕ (ОТЩЕПЛЕНИЕ CO_2), КАК ПРИ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ, НЕ ПРОИСХОДИТ ИЗ-ЗА ОТСУТСТВИЯ У МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ФЕРМЕНТОВ. А У НИХ АКТИВНЫ ДЕГИДРОГЕНАЗЫ (НАД). ПОЭТОМУ ПИРОВИНОГРАДНАЯ КИСЛОТА САМА (А НЕ УКСУСНЫЙ АЛЬДЕГИД, КАК ПРИ СПИРТОВОМ БРОЖЕНИИ) ПРИНИМАЕТ ВОДОРОД ОТ ВОССТАНОВЛЕННОЙ ФОРМЫ НАД И ПРЕВРАЩАЕТСЯ В МОЛОЧНУЮ КИСЛОТУ. В ПРОЦЕССЕ МОЛОЧНОКИСЛОГО БРОЖЕНИЯ БАКТЕРИИ ПОЛУЧАЮТ ЭНЕРГИЮ, НЕОБХОДИМУЮ ИМ ДЛЯ РАЗВИТИЯ В АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ, ГДЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРУГИХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ЗАТРУДНЕНО.

ГЕТЕРОФЕРМЕНТАТИВНОЕ МОЛОЧНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ:

- ВЫЗЫВАЮТ БАКТЕРИИ РОДА *LACTOBACTERIUM* И РОДА *STREPTOCOCCUS*.
- ПРОЦЕСС БОЛЕЕ СЛОЖНЫЙ, ЧЕМ ГОМОФЕРМЕНТАТИВНОЕ: СБРАЖИВАНИЕ УГЛЕВОДОВ ПРИВОДИТ К ОБРАЗОВАНИЮ РЯДА СОЕДИНЕНИЙ, НАКАПЛИВАЮЩИХСЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ПРОЦЕССА БРОЖЕНИЯ. ОДНИ БАКТЕРИИ ОБРАЗУЮТ, ПОМИМО МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ, ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ И УГЛЕКИСЛОТУ, ДРУГИЕ - УКСУСНУЮ КИСЛОТУ; НЕКОТОРЫЕ ГЕТЕРОФЕРМЕНТАТИВНЫЕ МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ МОГУТ ОБРАЗОВЫВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ СПИРТЫ, ГЛИЦЕРИН, МАННИТ.



<https://kpoxa.info/wp-content/uploads/2020/02/ris.-2-proizvodstvo-kefira.jpeg>

Молочнокислое брожение широко используется при выработке молочных продуктов: простокваши, ацидофилина, творога, сметаны. При производстве кефира, кумыса наряду с молочнокислым брожением, вызываемым бактериями, имеет место и спиртовое брожение, вызываемое дрожжами. Молочнокислое брожение происходит на первом этапе изготовления сыра, затем молочнокислые бактерии сменяются пропионовокислыми.

Молочнокислые бактерии нашли широкое применение при консервировании плодов и овощей, в силосовании кормов. Чистое молочнокислое брожение применяется для получения молочной кислоты в промышленных масштабах.

Молочная кислота находит широкое применение в производстве кож, красильном деле, при выработке стиральных порошков, изготовлении пластмасс, в фармацевтической промышленности и во многих других отраслях. Молочная кислота также нужна в кондитерской промышленности и для приготовления безалкогольных напитков.

МАСЛЯНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ

- ВОЗБУДИТЕЛЯМИ БРОЖЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ МАСЛЯНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ, ПОЛУЧАЮЩИЕ ЭНЕРГИЮ ДЛЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПУТЕМ СБРАЖИВАНИЯ УГЛЕВОДОВ. ОНИ МОГУТ СБРАЖИВАТЬ РАЗНООБРАЗНЫЕ ВЕЩЕСТВА - УГЛЕВОДЫ, СПИРТЫ И КИСЛОТЫ, СПОСОБНЫ РАЗЛАГАТЬ И СБРАЖИВАТЬ ДАЖЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ УГЛЕВОДЫ - КРАХМАЛ, ГЛИКОГЕН, ДЕКСТРИНЫ.

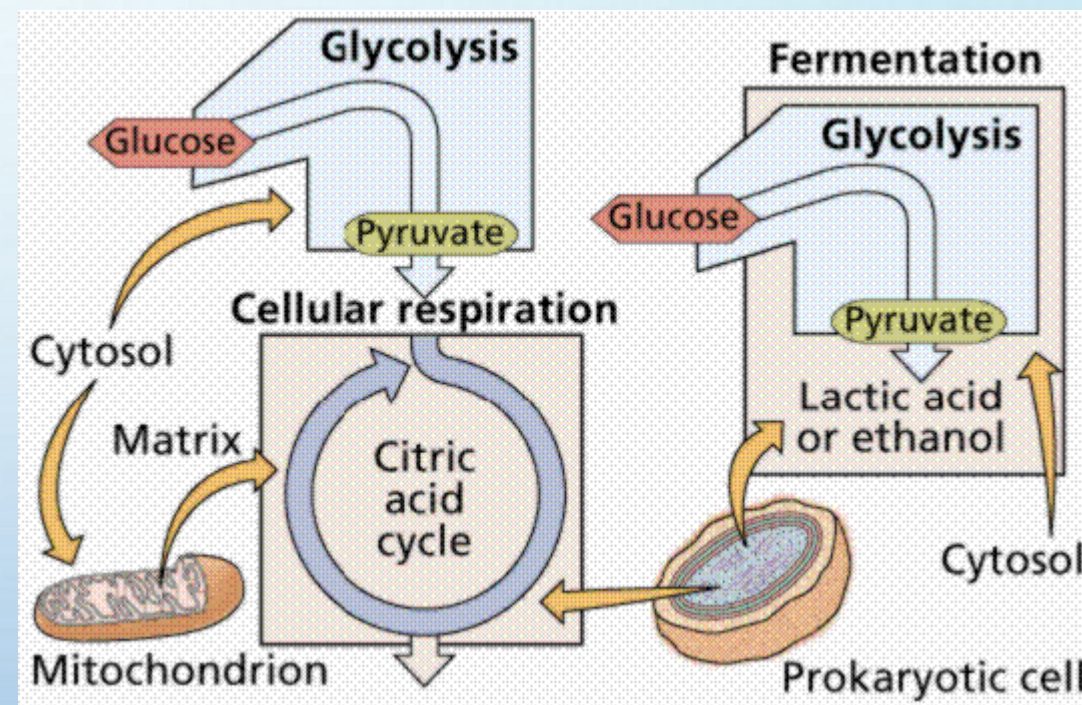
- СХЕМА ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССА:



<http://plantlife.ru/books/item/f00/s00/z0000032/st026.shtml>

- ПРИ ЭТОМ БРОЖЕНИИ НАКАПЛИВАЮТСЯ, НАРЯДУ С МАСЛЯНОЙ КИСЛОТОЙ, УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ И ВОДОРОДОМ, РАЗЛИЧНЫЕ ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ (ЭТИЛОВЫЙ СПИРТ, МОЛОЧНАЯ И УКСУСНАЯ КИСЛОТЫ; АЦЕТОН, БУТАНОЛ И ИЗОПРОПИЛОВЫЙ СПИРТ).
- БРОЖЕНИЕ НАЧИНАЕТСЯ С ПРОЦЕССА ФОСФОРИЛИРОВАНИЯ ГЛЮКОЗЫ И ДАЛЕЕ ИДЕТ ПО ГЛИКОЛИТИЧЕСКОМУ ПУТИ ДО СТАДИИ ОБРАЗОВАНИЯ ПИРОВИНОГРАДНОЙ КИСЛОТЫ. ЗАТЕМ ОБРАЗУЕТСЯ УКСУСНАЯ КИСЛОТА, КОТОРАЯ АКТИВИРУЕТСЯ ФЕРМЕНТОМ. ПОСЛЕ ЧЕГО ПРИ КОНДЕНСАЦИИ (СОЕДИНЕНИИ) ИЗ ДВУУГЛЕРОДНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОЛУЧАЕТСЯ ЧЕТЫРЕХУГЛЕРОДНАЯ МАСЛЯНАЯ КИСЛОТА. ТАКИМ ОБРАЗОМ, ПРИ МАСЛЯНОКИСЛОМ БРОЖЕНИИ ПРОИСХОДИТ НЕ ТОЛЬКО РАЗЛОЖЕНИЕ ВЕЩЕСТВ, НО И СИНТЕЗ.
- Т.О. В МАСЛЯНОКИСЛОМ БРОЖЕНИИ РАЗЛИЧАЮТ ДВЕ ФАЗЫ: 1) ПАРАЛЛЕЛЬНО С УВЕЛИЧЕНИЕМ БИОМАССЫ НАКАПЛИВАЕТСЯ УКСУСНАЯ КИСЛОТА; 2) ОБРАЗОВАНИЕ МАСЛЯНОЙ КИСЛОТЫ ПРОИСХОДИТ ТОГДА, КОГДА СИНТЕЗ ВЕЩЕСТВ ТЕЛА ЗАМЕДЛЯЕТСЯ.
- МАСЛЯНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ ПРОИСХОДИТ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ В ГИГАНТСКИХ МАСШТАБАХ: НА ДНЕ БОЛОТ, В ЗАБОЛОЧЕННЫХ ПОЧВАХ, ИЛАХ И ВСЕХ ТЕХ МЕСТАХ, КУДА ОГРАНИЧЕН ДОСТУП КИСЛОРОДА. БЛАГОДАРА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАСЛЯНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ РАЗЛАГАЮТСЯ ОГРОМНЫЕ КОЛИЧЕСТВА ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА.

- СПИРТОВОЕ, ГОМОФЕРМЕНТАТИВНОЕ МОЛОЧНОКИСЛОЕ И МАСЛЯНОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМИ ТИПАМИ БРОЖЕНИЙ. ВСЕ ДРУГИЕ ВИДЫ БРОЖЕНИЙ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ КОМБИНАЦИЮ ЭТИХ ТРЕХ ТИПОВ. ТАК, НАПРИМЕР, ПРОПИОНОВОКИСЛОЕ БРОЖЕНИЕ, ИГРАЮЩЕЕ ВАЖНУЮ РОЛЬ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЫРОВ И СОПРОВОЖДАЮЩЕЕСЯ НАКОПЛЕНИЕМ ПРОПИОНОВОЙ И УКСУСНОЙ КИСЛОТ И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА, МОЖЕТ РАССМАТРИВАТЬСЯ КАК КОМБИНАЦИЯ ГОМОФЕРМЕНТАТИВНОГО МОЛОЧНОКИСЛОГО И СПИРТОВОГО БРОЖЕНИЙ. БРОЖЕНИЯ КЛЕТЧАТКИ И ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ЯВЛЯЮТСЯ РАЗНОВИДНОСТЯМИ МАСЛЯНОКИСЛОГО БРОЖЕНИЯ.
- ИТАК, ТРИ ОСНОВНЫХ ТИПА БРОЖЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИ СВЯЗАНЫ МЕЖДУ СОБОЙ - НАЧАЛЬНЫЕ ПУТИ РАЗЛОЖЕНИЯ УГЛЕВОДОВ У НИХ ОДИНАКОВЫ.
- ПРОЦЕССЫ ДЫХАНИЯ И БРОЖЕНИЯ ЯВЛЯЮТСЯ ОСНОВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ, НЕОБХОДИМОЙ МИКРООРГАНИЗМАМ ДЛЯ НОРМАЛЬНОЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА ВАЖНЕЙШИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.



<http://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/biobookglyc.html>

ЛИТЕРАТУРА

- ГУСЕВ М. В. МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНИК ДЛЯ СТУД. БИОЛ. СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ВУЗОВ / М. В. ГУСЕВ, Л. А. МИНЕЕВА. — 4-Е ИЗД., СТЕР. — М.: ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «АКАДЕМИЯ», 2003. — 464 С.
- МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНИК / ПОД РЕД. ЗВЕРЕВА В.В.. - М.: ГЭОТАР-МЕДИА, 2015. - 384 С.
- БЕЛЯЕВ, С.А. МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ / С.А. БЕЛЯЕВ. - СПБ.: ЛАНЬ П, 2016. - 496 С.
- БЕЛЯСОВА, Н.А. МИКРОБИОЛОГИЯ: УЧЕБНИК / Н.А. БЕЛЯСОВА. - МН.: ВЫШЭЙШАЯ ШК., 2012. - 443 С.
- ТКАЧЕНКО К. В. МИКРОБИОЛОГИЯ: КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ. — М.: ИЗД-ВО ЭКСМО, 2006. — 160 С. — (ЭКЗАМЕН В КАРМАНЕ).
- ПРУДНИКОВА, С. В. МИКРОБИОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ВИРУСОЛОГИИ. ВЕРСИЯ 1.0 [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС] : КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ / С. В. ПРУДНИКОВА. - ЭЛЕКТРОН. ДАН. (2 МБ). - КРАСНОЯРСК : ИПК СФУ, 2008.
- ПРУНТОВА, О.В. КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ОБЩЕЙ МИКРОБИОЛОГИИ И ОСНОВАМ ВИРУСОЛОГИИ. В 2 Ч. Ч. 1 / О. В. ПРУНТОВА, О. Н. САХНО, М. А. МАЗИРОВ ; ВЛАДИМ. ГОС. УН-Т. - ВЛАДИМИР : ИЗД-ВО ВЛАДИМ. ГОС. УН-ТА, 2006. - 192 С., [4] С ЦВ. ИЛ. - ISBN 5-89368-672-1.
- [HTTP://PLANTLIFE.RU/BOOKS/ITEM/F00/S00/Z00000032/ST026.SHTML](http://plantlife.ru/books/item/f00/s00/z00000032/st026.shtml)
- [HTTP://WWW.BIO.BSU.BY/MICROBIO/FILES/PHYSIOLOGY OF MICROORGANISMS LYSAK 0204.PDF](http://www.bio.bsu.by/microbio/files/physiology_of_microorganisms_lysak_0204.pdf)