

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Бурятская государственная сельскохозяйственная
академия имени В.Р. Филиппова»
факультет ветеринарной медицины
Кафедра ВСЭ, микробиологии и патоморфологии

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине Микробиология

Тема: Физиология микроорганизмов (химический состав, питание
микроорганизмов)

Выполнил: обучающийся

Факультета ветеринарной медицины
группы 2203

Сарапулова Юлиана Вячеславовна

Руководитель: кандидат ветеринарных
наук, доцент

Алексеева Саяна Мункуевна

Дата сдачи работы « 19 » мая 2020г.

Защита состоялась « 17 » июня 2020г.

Оценка хорошо

г. Улан – Удэ, 2020г.

Оглавление

Введение	3
1. Химический состав микроорганизмов	5
1.1 Вода	5
1.2 Белки	7
1.3 Углеводы	8
1.4 Липиды	8
1.5 Нуклеиновые кислоты	9
1.6 Минеральный состав микроорганизмов	9
2. Питание микроорганизмов	11
2.1 Способы питания	16
2.2 Поступление питательных веществ в клетку микроорганизма	17
2.3 Пищевые потребности микроорганизмов	20
2.4 Типы питания	27
Заключение	33
Список используемой литературы	35
Приложение А	37
Приложение Б	38
Приложение В	39
Приложение Г	40

Введение

Микробиология – наука, изучающая организмы, которые неразличимы (невидимы) невооруженным глазом, их называют микроорганизмами (микробы, бактерии).

Предметом изучения микробиологии является их морфология, физиология, генетика, систематика, экология и взаимоотношения с другими формами жизни. В таксономическом отношении микроорганизмы очень разнообразны.

Современная наука в настоящее время весьма развита. Именно наука доказала существование микроорганизмов. Но для точных и не опровержимых доказательств существования микроорганизмов необходимы различные исследования.

Бактерии являются сложными живыми организмами, в которых происходят разнообразные биохимические превращения. Они определяют рост, размножение, продукцию ферментов, токсинов и других биологически активных веществ, отвечают за регуляцию функциональной активности клеток, их высокую пластичность и способность адаптироваться к условиям внешней среды.

Человек использовал бактерии, ещё не зная об их существовании. С помощью заквасок, содержащих Бактерии, готовили кисломолочные продукты, уксус, тесто и т.д. Впервые бактерии увидел А. Левенгук - создатель микроскопа, исследуя растительные настои и зубной налёт. К концу 19 - началу 20 вв. было выделено большое число бактерий, обитающих в почве, воде, пищевых продуктах и т.п., были открыты многие виды болезнетворных бактерий. Классические исследования Л. Пастера в области физиологии бактерии послужили основой для изучения у них обмена веществ. Вклад в исследование бактерии внесли русские и советские учёные С.Н. Виноградский, В.Л. Омелянский, Л. Исаченко, выяснившие роль бактерии в

круговороте веществ в природе, который делает возможной жизнь на Земле. Это направление в микробиологии неразрывно связано с развитием геологии, биогеохимии, почвоведения, с учением В.И. Вернадского о биосфере.

Целью данной работы является изучение физиологии микроорганизмов: изучение биохимических и энергетических процессов, которые происходят в бактериальной клетке и обеспечивают воссоздание ее структурного материала и энергетические потребности. А также изучение особенностей питания микроорганизмов: поступлении питательных субстратов внутрь, скорости процессов метаболизма и адаптации к меняющимся условиям окружающей среды.

Задачи работы:

1. Изучить химический состав микроорганизмов
2. Питание микроорганизмов.

1. Химический состав микроорганизмов

По составу веществ, клетки микроорганизмов мало чем отличаются от клеток животных и растений. В них содержится 75-85% воды, остальные 16-25% составляет сухое вещество¹. Сухое вещество клетки состоит из органических и минеральных веществ [2, С 6].

Если содержание сухого вещества принять за 100%, то на долю минеральных веществ приходится 2-14%, остальная часть сухого вещества представлена органическими соединениями: белки - до 52%, полисахариды - до 17%, нуклеиновые кислоты (РНК до 16%, ДНК до 3%), липиды - до 9%.

Эти соединения входят в состав различных клеточных структур микроорганизмов и выполняют важные физиологические функции. В клетках микроорганизмов находятся и другие вещества - органические кислоты, их соли, пигменты, витамины и др. (Приложение А).

1.1 Вода

Значение воды в жизнедеятельности клетки велико. Все вещества поступают в клетку с водой, с ней же удаляются продукты обмена. Вода в микробной клетке находится в свободном состоянии как самостоятельное соединение, но большая часть ее связана с различными химическими компонентами клетки (белками, углеводами, липидами) и входит в состав клеточных структур. Свободная вода принимает участие в химических реакциях, протекающих в клетке, является растворителем различных

¹ Сухое вещество - это часть корма не содержащее влаги. Оно подразделяется на две группы веществ: органические (жиры, белки и углеводы) и неорганические (макро- и микроэлементы).

химических соединений, а также служит дисперсной средой для коллоидов. Содержание свободной воды в клетке может изменяться в зависимости от условий внешней среды, физиологического состояния клетки, ее возраста. Так, у споровых форм бактерий значительно меньше воды, чем у вегетативных клеток. Наибольшее количество воды отмечается у капсульных бактерий. Вода - основной компонент бактериальной клетки. В спорах количество воды уменьшается до 18—20%. Вода является растворителем для многих веществ, а также выполняет механическую роль в обеспечении тургора. При плазмолизе — потере клеткой воды в гипертоническом растворе — происходит отслоение протоплазмы от клеточной оболочки. Удаление воды из клетки, высушивание приостанавливают процессы метаболизма. Большинство микроорганизмов хорошо переносят высушивание. При недостатке воды микроорганизмы не размножаются. Высушивание в вакууме из замороженного состояния (лиофилизация) прекращает размножение и способствует длительному сохранению микробных особей. Она находится в свободном или связанном состоянии со структурными элементами клетки. Связанная вода входит в состав коллоидов клетки (белки, полисахариды и др.) и с трудом высвобождается из них. Свободная вода участвует в химических реакциях, служит растворителем для различных соединений, образующихся в клетке в процессе обмена веществ.

Значение воды в жизнедеятельности клетки огромно. В ней растворяются различные химические вещества, диссоциируют электролиты, формируются коллоиды. Поэтому микробы могут расти и размножаться только в питательных средах, содержащих воду. Сухой остаток микробной клетки составляет 15-30%. Из них 90-97% приходится на долю элементов - органоенов: углерода (50%), кислорода (30%), азота (12%), водорода (8%). Процент остальных зольных элементов, например натрия, калия, кальция, фосфора, железа, магния и др., составляет 3-10. Относительная плотность микробной клетки 1,055. Большинство микроорганизмов имеет

отрицательный электрический заряд, а спирохеты - положительный. Органические вещества представлены в клетке в основном белками, углеводами, жирами, нуклеиновыми кислотами: ДНК и РНК. Общее количество органических веществ может значительно колебаться в зависимости от среды обитания (от 40 до 90%)[2, С 9].

1.2 Белки

Белки (50-80% сухого вещества) определяют важнейшие биологические свойства микроорганизмов. Это простые белки - протеины и сложные - протеиды. Белки распределены в цитоплазме, нуклеоиде², они входят в состав структуры клеточной стенки. К белкам принадлежат ферменты, многие токсины (яды микроорганизмов). Белки составляют основную часть органических веществ в клетке (40-80%) и определяют важнейшие биологические свойства микроорганизмов. Бактерии содержат более 2000 различных белков, находящихся в структурных компонентах и участвующих в процессах метаболизма. Большая часть белков обладает ферментативной активностью. Белки бактериальной клетки обуславливают антигенность и иммуногенность, вирулентность, видовую принадлежность бактерий. Это простые белки-протеины и сложные - протеиды. Белки построены из аминокислот, состав которых характерен для различных видов микроорганизмов. Большое значение имеют нуклеопротеиды, представляющие соединения белка с нуклеиновыми кислотами: ДНК и РНК. Наряду с ними в клетке встречаются гликопротеиды, липопротеиды, хромопротеины. Видовая специфичность микроорганизмов зависит от количественного и качественного состава белковых веществ[12, С. 8].

² Нуклеоид - неправильной формы зона в цитоплазме прокариотической клетки, в которой находится геномная ДНК и ассоциированные с ней белки. На долю ДНК приходится около 60 % массы нуклеоида; помимо ДНК, нуклеоид содержит РНК и белки.

1.3 Углеводы

Углеводы являются наиболее вариабельной частью клетки (10-30%), и состав их различен не только у разных видов, но даже у штаммов бактерий. Он зависит от возраста и условий развития микробов. Бактерии содержат простые углеводы - моно- и дисахариды, комплексные углеводы - полиозиды и большие углеводные макромолекулы - полисахариды. Углеводы выполняют в клетке пластическую роль, имеют большое значение как источник энергии, необходимой для обменных процессов. У некоторых микроорганизмов, например пневмококков, полисахаридный состав капсул настолько специфичен, что определение его позволяет разграничить отдельные типы внутри вида. В настоящее время раскрыты и изучены полисахаридные комплексы большинства кишечных бактерий, менингококков, пневмококков и многих других микроорганизмов. Большое значение имеют также комплексные углеводы, содержащие азот. Например, глюкозами, входящий в состав клеточной стенки бактерий, определяет ее форму.

1.4 Липиды

Липиды (0,2-40% сухого вещества) являются необходимыми компонентами цитоплазматической мембраны и клеточной стенки, они участвуют в энергетическом обмене. В некоторых микробных клетках липиды выполняют роль запасных веществ. Липиды состоят в основном из

нейтральных жиров, жирных кислот, фосфолипидов³. Общее количество их зависит от возраста и вида микроорганизма. Например, у микобактерий туберкулеза количество липидов достигает 40%, что обуславливает устойчивость этих бактерий к воздействию факторов внешней среды. Фосфолипиды являются составной частью цитоплазматической мембраны. Липиды также входят в комплекс веществ, образующих клеточные стенки бактерий, особенно грамотрицательных, и определяющих токсические свойства микроорганизмов. Количество липидов в клетке колеблется от 1 до 40% [12, С. 15].

В клетках микроорганизмов липиды могут быть связаны с углеводами и белками, составляя сложный комплекс, определяющий токсические свойства микроорганизмов.

1.5 Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты - дезоксирибонуклеиновая (ДНК) и рибонуклеиновая (РНК) являются важнейшей составной частью клетки. В ДНК бактерий зашифрована вся наследственная информация клетки, а РНК участвует в процессах считывания этой информации, передачи и синтеза белка. Количество нуклеиновых кислот достигает 5-30%. В состав бактерий входят также сложные небелковые азотистые вещества: различные пурины, полипептиды, аминокислоты [9, С. 18].

1.6. Минеральный состав микроорганизмов

³ Фосфолипиды - сложные липиды, сложные эфиры многоатомных спиртов и высших жирных кислот. Содержат остаток фосфорной кислоты и соединённую с ней добавочную группу атомов различной химической природы.

Минеральный состав микроорганизмов различен и меняется в зависимости от состава питательной среды. Основные элементы, необходимые для жизнедеятельности клетки - натрий, калий, фосфор, кальций, магний, железо, медь, сера, хлор, кремний. Они участвуют в регуляции осмотического давления, рН среды, окислительно-восстановительного потенциала, активируют ферменты, входят в состав ферментов, витаминов и структурных компонентов микробной клетки. Фосфор, например, входит в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов, многих коферментов. Некоторые фосфорорганические соединения являются своеобразными аккумуляторами энергии, например аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Железо - обязательная часть дыхательных ферментов клетки. Медь содержится в некоторых дыхательных ферментах. Натрий играет роль в поддержании осмотического давления в клетке. Для развития микроорганизмов необходимы микроэлементы, содержащиеся в клетке в очень малых количествах. К ним относят кобальт, марганец, медь, хром, цинк, молибден и многие другие. Микроэлементы участвуют в синтезе некоторых ферментов и активируют их. Соотношение отдельных химических элементов в микробной клетке может колебаться в зависимости от вида микроорганизма, состава питательной среды, характера обмена и условий существования во внешней среде (Приложение Б).

2. Питание микроорганизмов

Микроорганизмы не имеют специальных органов питания, обмен веществ у них происходит путем осмоса через всю поверхность клетки. Осмос - это медленное просачивание жидкости вместе с растворенными в ней веществами через полупроницаемую перепонку. Через такие полупроницаемые перепонки проникают только вещества, находящиеся в растворенном состоянии. Вещества, имеющие сравнительно крупные молекулы, образующие коллоидные растворы⁴, сквозь полупроницаемую перепонку не проходят. Растворенные в клетке вещества создают внутри нее определенное давление, которое называется осмотическим. Чем больше концентрация растворенных веществ, тем выше осмотическое давление. При повышении концентрации веществ в клетке через оболочку усиливается приток извне воды, которая стремится, как бы разбавить концентрированный раствор в клетке до концентрации раствора вне ее и тем самым уравнивать осмотическое давление по обе стороны оболочки.

В результате биохимических процессов в клетке постепенно накапливаются вещества - продукты ее жизнедеятельности. По мере накопления они начинают двигаться в сторону их меньшей концентрации, т. е. за пределы клетки. В свою очередь клетка взамен получает нужные ей питательные вещества, концентрация которых стала в клетке ниже, чем в питательном субстрате [9, С. 20].

Если клетка попадает в концентрированный раствор, осмотическое давление которого значительно выше, чем в самой клетке, цитоплазма начинает терять воду, отдавая ее внешней среде. В результате цитоплазма сжимается и отстает от оболочки. Это явление используется при

⁴ Коллоидные растворы - это высокодисперсные двухфазные системы, состоящие из дисперсионной среды и дисперсной фазы, причем линейные размеры частиц последней лежат в пределах от 1 до 100 нм. Как видно, коллоидные растворы по размерам частиц являются промежуточными между истинными растворами и суспензиями и эмульсиями.

консервировании пищевых продуктов солью и сахаром. Концентрированные растворы этих веществ обезвоживают цитоплазму микробных клеток и вызывают их гибель.

Белки и жир, являясь коллоидными веществами, не могут проходить в клетку без предварительного разложения на пептоны, полипептиды, аминокислоты, жирные кислоты. Молочный сахар, минеральные соли могут непосредственно проникать в клетку; в ряде случаев молочный сахар должен быть предварительно расщеплен на глюкозу и галактозу. Питательные вещества к усвоению их клеткой подготавливают экзоферменты⁵; дальнейшее разложение питательных веществ и построение сложных веществ цитоплазмы осуществляют эндоферменты⁶.

Источниками питания микроорганизмов могут служить самые разнообразные вещества. Одни микроорганизмы способны синтезировать вещества, необходимые для построения их тела, из диоксида углерода, воды и других минеральных веществ (некоторые почвенные бактерии), другие требуют для своего развития наличия в среде органических соединений (белков, углеводов, жиров). Наиболее требовательны к источникам питания болезнетворные микроорганизмы, которые питаются веществами живого организма. Однако многие болезнетворные микроорганизмы могут размножаться и вне живого организма, в частности в молоке и молочных продуктах.

Все микроорганизмы нуждаются в минеральных веществах, многие - в витаминах. Потребность в минеральных веществах незначительна, однако без них рост микроорганизмов невозможен. Вещества, без которых микроорганизмы слабо растут или совсем не растут и не размножаются,

⁵ Экзоферменты - ферменты микроорганизмов, которые способны поступать (выделяться) в окружающую среду.

⁶ Эндоферменты - внутриклеточные ферменты микроорганизмов, которые тесно связаны с бактериальной клеткой и действуют только внутри ее. ... Эндоферменты осуществляют дальнейшее разложение питательных веществ и превращают их в составные части клетки.

называются ростовыми веществами, ими чаще всего являются аминокислоты и витамины. Некоторые микроорганизмы, например дрожжи, пропионовокислые и уксуснокислые бактерии, могут нормально развиваться в средах, не содержащих витамины, так как способны сами их вырабатывать. Питательные вещества, поступающие в клетку, подвергаются в ней сложным превращениям и служат материалом для синтеза различных соединений, из которых состоит клетка.

Изучение и практическое использование микроорганизмов связано с необходимостью их выращивания в искусственных условиях. Для этого в микробиологических лабораториях приготавливают так называемые питательные среды, на которых удается получить чистые культуры, состоящие из микроорганизмов одного вида без примеси других. Универсальной питательной среды нет, так как потребности разных микроорганизмов в питательных веществах чрезвычайно разнообразны. Среда могут быть жидкие и плотные. Плотные питательные среды получают добавлением к жидкой среде агара или желатина, которые в водных растворах образуют студни.

Если каплю жидкости, в которой находятся бактерии, распределить по поверхности питательной среды, то отдельные клетки окажутся на поверхности изолированными друг от друга. В результате размножения одной клетки вокруг неё образуется округлое скопление клеток, которое называется колонией. Колонии бактерий обладают такими размерами (от 1 мм и более), что становятся видимыми простым взглядом. Величина, форма характер поверхности, цвет колоний зависят от вида бактерий, а также от состава питательной среды, на которой они развиваются. Перенеся материал из колонии в жидкую питательную среду, можно получить чистую культуру микроорганизмов.

Образование колоний характерно не только для бактерий, но и для других видов микроорганизмов.

Оболочка клетки пропускает воду и растворенные в ней питательные вещества. Сложные коллоидные вещества, прежде чем попасть внутрь клетки, расщепляются ее ферментами.

Большое значение в питании микроорганизмов имеет разность концентрации питательных веществ. Разница в концентрации питательных веществ обеспечивает движение воды и растворенных в ней соединений, причем вода движется в сторону более высокой, а соли - в сторону менее высокой их концентрации. Приток воды в микробную клетку вызывает набухание коллоидов цитоплазмы.

По мере поступления в клетку воды в ней возникает внутреннее давление, именуемое тургором, что препятствует дальнейшему проникновению воды.

Большинство микроорганизмов живут в растворах с концентрацией поваренной соли 0,5--0,8 %, что обеспечивает нормальное давление клеточного сока. Изменение осмотического давления в окружающей клетку среде ведет к ее гибели. Если поместить микроорганизмы в гипертонические растворы солей и Сахаров, то это приведет к тому, что вода втеснится из клетки. Это явление называют плазмолизом. При нахождении микроорганизмов в гипотонических растворах (дистиллированная вода) отмечают сильное набухание, разрыв и гибель клеток. Это явление именуют плазмолизом.

Явление плазмолиза широко используют для длительного хранения продуктов при солении, консервировании, варении. Наряду с этим в природе встречаются осмофильные (галофильные) микроорганизмы, которые растут при высоких концентрациях солей. К осмофильным микроорганизмам, которые растут при высоких концентрациях сахара, относят дрожжи *Saccharomyces mellis* и *S. rouxii*. Содержащиеся в меде дрожжи при откачке незрелого меда или неправильном его хранении вызывают брожение.

В зависимости от окисляемого субстрата - донора водорода микроорганизмы делят на две группы:

- литотрофы (от греч. lithos- камень), использующие в качестве доноров водорода неорганические соединения;
- органотрофы, использующие в качестве доноров водорода органические соединения.

Микроорганизмам для роста на питательных средах необходимы дополнительные компоненты, так называемые факторы роста. К ним относят: аминокислоты, необходимые для построения белков; пурины и пиримидины, требующиеся для образования нуклеиновых кислот; витамины, входящие в состав ферментов.

Для роста и размножения патогенных микроорганизмов необходим азот белков животного происхождения. В качестве его в бактериологии используют пептон (ферментативно - расщепленные белки мяса). Бактерии нуждаются в ростовых веществах, которые содержатся в дрожжах, экстрактах из семян растений и т. д. Наряду с ними они содержат витамины, аминокислоты и другие биологически важные вещества.

Белковый обмен. Под воздействием ферментов белки расщепляются до аминокислот, которые в дальнейшем подвергаются дезаминированию⁷, декарбоксилированию⁸. Одни микроорганизмы получают аминокислоты в готовом виде, другие синтезируют их из простых соединений азота.

Углеводный обмен. Углеводы расщепляются по типу гидролиза и фосфолиза под воздействием ферментов. Органические вещества окисляются микроорганизмами не полностью, и в окружающей среде кроме диоксида углерода и воды остаются продукты неполного окисления.

⁷ Дезаминирование - процесс удаления аминогрупп от молекулы. Ферменты, катализирующие дезаминирование, называют деаминазами.

⁸ Декарбоксилирование - Процесс отщепления карбоксильной группы аминокислот в виде CO₂.

Расщепление углеводов обуславливает кислую реакцию (броидильные микробы), а расщепление белков - щелочную (гнилостные микробы). Этот биологический антагонизм широко используют в практических условиях - при силосовании зеленой массы, квашении овощей, молочнокислой продукции.

Липидный обмен. В микробной клетке липидный обмен идет под воздействием ферментов. Многие бактерии усваивают глицерин, служащий для получения энергии и построения структур клетки.

2.1 Способы питания

Микроорганизмы, как и все другие живые существа, нуждаются в пище которая поступает в их клетки из внешней среды. Пищей обычно называются вещества, которые, попав в живой организм, служат либо источником энергии для процессов жизнедеятельности, либо материалом для построения составных частей клетки.

Свою потребность в питательных веществах микроорганизмы могут удовлетворять, или непосредственно усваивая их, или предварительно изменяя и делая их доступными для использования. Известны два способа питания живых существ — голозойный и голофитный.

При голозойном способе питания живой организм захватывает или заглатывает плотные частицы пищи, которая затем переваривается в пищеварительном тракте. Этот способ питания характерен для животных (от высших до простейших).

При голофитном способе питания живые существа, не имеющие специальных органов для заглатывания и пищеварения, используют питательные вещества, всасывая их в виде относительно небольших молекул из водного раствора. Этот способ питания свойствен растениям и микроорганизмам.

Большинство органических соединений представляет собой полимеры (например, полисахариды и белки), они не могут быть поглощены и использованы непосредственно в обмене веществ; клетки. Такие вещества вначале должны быть расщеплены на простые соединения, для которых клеточная мембрана проницаема. Крупные молекулы расщепляются экзоферментами, которые экскретируются клетками микроорганизмов в среду. Это так называемое внешнее, или внеклеточное, переваривание, свойственное только микроорганизмам.

2.2 Поступление питательных веществ в клетку микроорганизма

Поступление воды и растворенных в ней питательных веществ из окружающей среды внутрь микробной клетки, а также выход продуктов обмена происходит через клеточную стенку, капсулу и слизистые слои. Капсула и слизистые слои представляют собой достаточно рыхлые образования, и они, возможно, не оказывают значительного влияния на транспорт веществ, тогда как клеточная стенка может служить существенным барьером для поступления питательных соединений в клетку.

Активная роль в процессе поступления в клетку питательных веществ принадлежит также цитоплазматической мембране. Последняя должна быть проницаемой для питательных веществ и кислорода, поступающих в клетку, а также для отбросов, выходящих наружу, что обеспечивает нормальную жизнедеятельность клетки микроорганизма. Поступление воды и растворенных в ней веществ через цитоплазматическую мембрану — динамический процесс: живая микробная клетка никогда не находится в равновесии с веществами окружающей среды, проходящими через ее мембрану.

Выделяют четыре различных механизма, с помощью которых вещества из окружающей среды проходят через цитоплазматическую мембрану:

пассивную диффузию, облегченную диффузию, активный транспорт и перенос групп.

При пассивной диффузии транспорт вещества происходит через цитоплазматическую мембрану под действием разности концентраций (в случае неэлектролитов) или электрических потенциалов (в случае ионов) по обе стороны мембраны. Экспериментами показано, что, за исключением воды, только кислород и некоторые ионы проходят через цитоплазматическую мембрану путем пассивной диффузии. Скорость такого переноса веществ весьма незначительна.

Транспорт большинства растворенных веществ осуществляется через мембрану с помощью специальных механизмов переноса. Это молекулы-переносчики, циркулирующие между внешним и внутренним пограничными слоями цитоплазматической мембраны. Считают, что эти расположенные в мембране переносчики связывают молекулы растворенных веществ на ее внешней стороне и транспортируют их к внутренней, откуда они поступают в цитоплазму без изменения. Такие связанные с цитоплазматической мембраной переносчики, представляющие собой субстратспецифические связывающие белки, называются пермеазами. Известны два типа процессов транспорта растворенных веществ, осуществляемых переносчиками. Первый тип — облегченная диффузия. Движущей силой этого процесса является разница в концентрации какого-либо вещества по обе стороны мембраны. Молекула вещества соединяется с молекулой - переносчиком у наружной поверхности мембраны, и образовавшийся комплекс диффундирует через мембрану к ее внутренней стороне. Там он диссоциирует, и освобожденное вещество оказывается внутри клетки.

Затем переносчик диффундирует обратно к наружной поверхности и сразу может присоединить к себе другую молекулу вещества. Облегченная диффузия не требует расхода энергии, если наружная концентрация вещества выше внутренней, и вещество, таким образом, перемещается «вниз» по

химическому градиенту. Скорость ее зависит от концентрации веществ в наружном растворе. Предполагают, что выход продуктов обмена веществ из микробной клетки происходит по типу облегченной диффузии при участии переносчиков.

Второй тип называется активным транспортом. В этом случае растворенные вещества переносятся в клетки микроорганизмов «вверх» по химическому градиенту (или против градиента концентрации). Считают, что большинство веществ проникает в клетку микроорганизма в результате активного транспорта. Такой транспорт веществ нуждается в энергии (АТФ), получаемой в результате дыхания или брожения. Необходимость использования энергии для поддержания активного транспорта объясняется теми изменениями, которые претерпевает переносчик в своей работе, — когда обращен к внешней стороне мембраны, он обладает высоким сродством к субстрату, а когда обращен к ее внутренней поверхности — низким сродством к субстрату. Возможность транспортировать вещества против градиентов концентрации часто используется клетками бактерий для получения этих веществ из окружающей среды, где их концентрация очень мала, что обычно для природных условий. При отсутствии источников энергии накопления веществ внутри цитоплазмы не происходит.

Подсчитано, что перенос молекулы тиогалактозида через цитоплазматическую мембрану кишечной палочки (*Escherichia coli*) требует затраты одной молекулы АТФ. Предполагая, что активный перенос других соединений связан с подобным же расходом АТФ, можно считать, что растущий и размножающийся микроорганизм потребляет значительное количество энергии на транспорт веществ в клетку. В отдельных случаях на активный транспорт может затрачиваться почти вся энергия, вырабатываемая в микробной клетке.

Количество пермеазных белков в цитоплазматической мембране микроорганизмов может быть значительным. Так, на одну клетку кишечной

палочки приходится около 8000 молекул пермеазы, служащей переносчиком лактозы.

У многих микроорганизмов сахара транспортируются в клетку путем переноса групп. Этот процесс отличается от активного транспорта тем, что субстрат появляется внутри бактериальной клетки в химически модифицированной форме — чаще всего в виде фосфатного эфира. Движущая сила рассматриваемого процесса состоит в том, что внутри цитоплазматической мембраны сахар связывается в результате реакции с фосфорилированным ферментом и образующийся в итоге фосфатный эфир освобождается и поступает в цитоплазму. Химическая природа транспортируемого вещества при переносе не изменяется.

Таким образом, пищевые потребности микроорганизмов зависят не только от внутреннего комплекса ферментов, необходимого для утилизации определенных соединений, но и от действия специфического транспортного механизма.

2.3 Пищевые потребности микроорганизмов

Основную часть микробной клетки составляет вода (80—90% общей массы клетки). В состав клеток микроорганизмов входят следующие элементы (в % от массы сухого вещества): углерод — 50, кислород — 20, азот—14, водород — 8, фосфор — 3, сера — 1, калий—1, натрий—1, кальций — 0,5, магний — 0,5, хлор — 0,5, железо — 0,2, другие элементы — 0,3. Как видно, некоторые элементы — углерод, кислород и азот — находятся в клетках в больших количествах. Значительно беднее представлены сера и фосфор. Еще меньше содержится калия, натрия, кальция, магния, железа и хлора. В виде следов в состав клетки входят микроэлементы (цинк, медь, кобальт, стронций, марганец и др.).

Для биосинтеза основных макромолекул клетки, из которых формируются клеточная стенка, мембраны, нуклеоид, цитоплазма и другие компоненты, микроорганизмы должны получать в качестве источников питания углерод, азот, фосфор, серу, кислород, железо, кальций, магний, калий, натрий, хлориды и другие элементы в виде более или менее сложных соединений. Микроорганизмы нуждаются также в микроэлементах — марганце, цинке, меди, боре, молибдене, йоде и стронции.

Помимо питательных элементов, используемых для построения структурных частей клетки, микроорганизмы нуждаются также в постоянном источнике энергии, которая расходуется на биосинтез различных соединений, транспорт веществ и другие жизненные процессы в клетке.

Среди всех питательных элементов наибольшее значение имеет углерод, которого в сухом веществе клеток микроорганизмов содержится около 50%. Он входит в состав всех органических веществ, имеющих в микробных клетках.

Потребности различных микроорганизмов в источниках углерода весьма разнообразны. Фотосинтезирующие организмы, использующие энергию солнечного света, и бактерии, получающие энергию при окислении неорганических веществ, потребляют наиболее окисленную форму углерода — CO_2 как единственный или главный источник клеточного углерода. Превращение CO_2 в органические соединения клетки представляет собой восстановительный процесс, который идет со значительным потреблением энергии. Поэтому значительную часть энергии, получаемой от солнечного света или от окисления восстановленных неорганических соединений, эти физиологические группы микроорганизмов расходуют на восстановление CO_2 до уровня органического вещества.

Все другие организмы получают углерод главным образом из органических веществ, а необходимую им энергию — путем окисления

органических соединений. Следовательно, органические вещества служат одновременно и источником углерода, и источником энергии.

Питательная ценность источников углерода зависит от строения их молекул. Для большинства микроорганизмов лучшие источники углерода — органические соединения, содержащие частично окисленные атомы углерода (CНОН , $\text{СН}_2\text{ОН}$, СОН). Отсюда можно сделать вывод о высокой питательной ценности веществ, содержащих спиртовые группы. Значительно хуже усваиваются вещества с большим количеством полностью восстановленных углеродов (радикалы СН_3 и СН_2). К числу соединений, содержащих метиловые и метиленовые радикалы, относятся газообразные углеводороды, парафин, высшие жирные кислоты и т. д. Почти совсем не усваиваются органические соединения, содержащие углерод только в форме карбоксила — СООН (например, щавелевая кислота).

Считают, что питательная ценность органических соединений связана с легкостью их перехода в углеводы или близкие к ним соединения, которые затем превращаются в вещества с тремя атомами углерода. Усвояемость органических соединений зависит не только от их растворимости и степени окисленности атомов углерода, но и пространственной конфигурации их молекул. Большинство активных компонентов клетки микроорганизма — соединения оптически деятельные, причем клетка обычно усваивает только определенные оптические изомеры, например сахара, относящиеся к D-ряду, аминокислоты — к L-ряду. Очень мало микроорганизмов обладают ферментами, превращающими один оптический изомер в другой.

Поглощенные микробной клеткой органические вещества вовлекаются в сопряженные окислительно - восстановительные процессы. Часть атомов углерода окисляется до СО— и СООН , из которых затем образуется СО_2 , другая часть, восстановившись до —СН_3 , —СН_2 и —СН , входит в состав таких соединений, как аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания, высшие жирные кислоты и т. д.

Микроорганизмы значительно различаются способностью усваивать разные соединения углерода и синтезировать из них составные части клетки. Некоторые виды удивительно всеядны и могут использовать для питания разнообразные соединения. С другой стороны, известно множество различных специализированных типов микробов, которые нуждаются в специфических соединениях. Существуют микробы, использующие нефть, газообразные углеводороды, парафины. Даже резина, гудрон, капрон и многие другие синтетические материалы, а также пестициды и т. д. после попадания в почву начинают разлагаться микроорганизмами. Практически не существует органических соединений, которые не усваивались бы микроорганизмами.

Специфичность набора органических соединений, свойственная каждому виду микроорганизмов, используется для физиологической характеристики вида и для классификации микроорганизмов.

Ряд микроорганизмов, использующих углерод органических соединений, нуждаются также в CO_2 , как в питательном веществе, однако в очень небольших количествах, потому что это соединение потребляется в немногих биосинтетических реакциях. Так как CO_2 нормально продуцируется в больших количествах организмами, использующими органические вещества, их биосинтетические потребности могут удовлетворяться в процессе метаболизма. Тем не менее, полное удаление CO_2 из среды, в которой культивируют микроорганизмы, часто задерживает или прекращает их рост. Некоторые бактерии и грибы требуют для своего роста относительно высокие концентрации CO_2 в атмосфере (от 5 до 10%).

Микроорганизмы нуждаются в источниках азотного питания, которые служат материалом для образования аминных — NH_2 и иминных — NH -групп в молекулах аминокислот, пуринов и пиримидинов, нуклеиновых кислот и других веществ, входящих в состав клетки. Самый доступный источник азота для многих микроорганизмов — ионы аммония (NH_4^+) и

аммиак (NH_3), они достаточно быстро проникают в клетку микроорганизма и трансформируются в имино - и аминокруппы.

Аммонийные соли органических кислот более благоприятны для питания, чем минеральные аммонийные соли. Последние являются физиологически кислыми — при потреблении NH_3 в среде накапливаются минеральные анионы (SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , Cl^-), что влечет за собой сильное снижение pH.

Соли азотной кислоты в противоположность минеральным аммонийным солям не обладают физиологической кислотностью, и после использования NO_3^- -микробами остаются ионы металлов (K^+ , Mg^{2+} , Na^+), что способствует подщелачиванию среды. Не все микроорганизмы могут восстанавливать окисленные соединения азота и питаться нитратами или нитритами. Большинство микробов ассимилируют минеральные формы азота.

Существуют микроорганизмы, способные усваивать молекулярный азот воздуха и строить из него необходимые компоненты клетки. Эти виды имеют большое значение в обогащении пахотного слоя связанными соединениями азота. В настоящее время известно большое число групп микроорганизмов (бактерий, актиномицетов, цианобактерий) с азотфиксирующей способностью.

Наряду с минеральными источниками азота многие микроорганизмы могут потреблять азот органических соединений, которые одновременно служат и источником углерода.

Потребление органических источников азота связывается обычно с отщеплением от них NH_3 и поглощением последнего микробной клеткой. Некоторые микроорганизмы могут ассимилировать аминокислоты, используя их как строительные блоки.

Усвояемость органических источников азота весьма различна. Белки, представляющие собой высокомолекулярные соединения, не проникают в клетку микробов. Поэтому белками могут питаться только микроорганизмы,

выделяющие в среду экзоферменты, расщепляющие молекулы белков до пептидов и аминокислот. Этими свойствами обладают многие микроорганизмы.

Обычно микроорганизмам, питающимся только органическими соединениями азота — аминокислотами и т. п., требуется определенный набор этих веществ. Высокая чувствительность подобных организмов к наличию в среде некоторых аминокислот позволила разработать микробиологический метод их качественного и количественного определения.

Сера, как и азот, — необходимый компонент клеточного материала для всех организмов, в которых она встречается главным образом в восстановленной форме, в виде сульфидной группы. Зеленые растения ассимилируют соединения серы в окисленном состоянии в виде сульфатов и восстанавливают их для включения в биосинтез.

Большинство микроорганизмов может использовать сульфаты в качестве питательного вещества, но имеются бактерии, требующие для биосинтеза источники восстановленной серы. Для таких организмов источником серы могут служить неорганические сульфиды, тиосульфаты и содержащие серу органические соединения.

Наряду с углеродом, азотом и серой микроорганизмы используют значительные количества калия и фосфора и небольшие — натрия, магния, кальция, железа.

Фосфор входит в состав ряда важных органических соединений клетки (нуклеиновых кислот, фосфолипидов, коферментов и др.). Ряд органических соединений фосфора (АТФ, АДФ) используется в живых организмах в качестве аккумуляторов энергии, высвобождающейся в ходе окислительных процессов. Без фосфора микроорганизмы не развиваются. В противоположность азоту и сере фосфор встречается в составе органических веществ только в окисленном состоянии (в форме H_3PO_4). Он никогда не вступает в прямое соединение с углеродом, соединяясь с ним только по типу

эфирной связи через кислородный мостик —O—. Фосфор поступает в клетки микроорганизмов в виде молекулы фосфорной кислоты и в неизменной форме участвует в различных биохимических превращениях. Наилучший источник фосфора — различные соли ортофосфорной кислоты.

Калий необходим для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов. Он играет существенную роль в углеводном обмене и синтезе клеточного вещества.

Магний входит в состав бактериохлорофилла у зеленых и пурпурных бактерий, серобактерий и хлорофилла у цианобактерий, а также служит активатором ряда ферментов. Магний находится в клетке главным образом в ионном состоянии или в составе нестойких органических соединений.

Источниками калия и магния являются их соли.

Кальций необходим для роста некоторых бактерий (например, *Azotobacter*, *Clostridium pasteurianum* и др.). Источником кальция служат его водорастворимые соли.

Железо относится к числу незаменимых питательных элементов, хотя и требующихся микроорганизмам в небольших количествах. Железо входит в состав особой органической группировки (геминной) кофермента некоторых важных ферментов (геминный фермент, цитохромы), участвующих в дыхании микроорганизмов. Источником железа могут служить сернокислые и другие его соли.

Микроорганизмам необходимы и микроэлементы, которые хотя и потребляются в малых количествах, но имеют особое значение. Без микроэлементов невозможно осуществление важнейших жизненных функций, так как они входят в состав ферментов — сложных белковых образований, являющихся регуляторами и участниками обмена веществ у живых организмов. Например, медь входит в состав порфиринов, играющих роль переносчиков кислорода в процессах дыхания, а молибден в составе фермента нитрогеназы принимает участие в процессе фиксации азота из атмосферы.

Кроме основных питательных веществ, почти все группы микроорганизмов нуждаются в небольшом количестве соединений, получивших название факторов роста. К ним относятся витамины и витаминоподобные вещества, пурины и пиримидины, аминокислоты и ряд других соединений.

2.4 Типы питания

В соответствии с принятой сейчас классификацией микроорганизмов по типу питания разделяют на ряд групп в зависимости от источников энергии и источника углерода.

По использованию различных источников энергии микроорганизмы делятся на фототрофы, потребляющие солнечный свет, и хемотрофы, энергетическим материалом для которых служат разнообразные органические и неорганические вещества.

По типу питания микроорганизмы делят на аутотрофы (ауто - сам, трофе - питание), или прототрофы (протос - простой), и гетеротрофы (гетеро - другой).

Аутотрофы удовлетворяют потребность в углероде, необходимом для синтеза органических веществ, за счет диоксида углерода (углекислого газа) воздуха, а простые азотистые соединения и воду они получают из окружающей среды. К ним относят нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии и др. Патогенные микроорганизмы в этой группе отсутствуют.

Гетеротрофы получают углерод для своего питания только из готовых органических соединений, но им также необходимы азотистые соединения, микроэлементы и витамины. Гетеротрофы - микроорганизмы, вызывающие брожение, гниение и различные болезни у растений, беспозвоночных и позвоночных. Среди гетеротрофов выделяют сапрофитов (метатрофов) и

паразитов (паратрофов). Сапрофиты питаются мертвыми органическими субстратами. Паразиты размножаются в живых организмах и являются возбудителями болезней человека и животных, беспозвоночных и растений. В природе их значительно меньше, чем сапрофитов. Резкой грани между этими микроорганизмами нет. Так, отдельные виды патогенных микроорганизмов существуют во внешней среде как сапрофиты, а сапрофиты при определенных условиях могут вызывать заболевания.

В зависимости от того, в какой форме микроорганизмы получают из окружающей среды углерод, их подразделяют на две группы: автотрофные микроорганизмы («сами себя питающие»), использующие в качестве единственного источника углерода углекислоту, из которой они могут синтезировать необходимые углеродсодержащие соединения, и гетеротрофные микроорганизмы («питающиеся за счет других»), получающие углерод в виде довольно сложных восстановленных органических соединений.

Следовательно, по способу получения энергии и углерода микроорганизмы могут быть разделены на фотоавтотрофов, фотогетеротрофов, хемоавтотрофов и хемогетеротрофов. Каждая из этих групп микроорганизмов, в свою очередь, подразделяется в зависимости от природы окисляемого субстрата, называемого донором электронов (—Н-донором), используемого в обмене веществ, на органотрофы, потребляющие как энергетический источник органические вещества, и литотрофы (от греч. литое — камень), получающие энергию за счет окисления неорганических веществ. Поэтому в зависимости от используемого микроорганизмами источника энергии и донора электронов следует различать фотоорганотрофы, фотолитотрофы, хемоорганотрофы и хемолитотрофы.

Таким образом, выделяют восемь возможных типов питания (приложение В).

Каждый тип питания характерен для большего или меньшего числа микроорганизмов. Ниже приведено описание наиболее распространенных типов питания и краткий перечень микроорганизмов, их осуществляющих.

Фототрофия (источник энергии — солнечный свет).

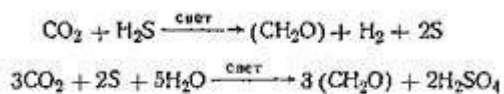
1. Фотолитоавтотрофия — тип питания, характерный для микроорганизмов, использующих энергию света для синтеза веществ клетки из CO_2 и неорганических соединений (H_2O , H_2S , S), то есть осуществляющих фотосинтез. К данной группе относятся цианобактерии, пурпурные серные бактерии и зеленые серные бактерии.

Цианобактерии, так же как зеленые растения, восстанавливают CO_2 до органического вещества фотохимическим путем с помощью водорода воды, то есть осуществляют реакцию:



Пурпурные серные бактерии (сем. Chromatiaceae) содержат бактериохлорофиллы а и в, обуславливающие способность их к фотосинтезу, и различные каротиноидные пигменты.

Пурпурные серные бактерии для восстановления CO_2 в органическое вещество используют водород, входящий в состав H_2S . При этом в их цитоплазме накапливается сера в виде гранул, которая затем окисляется до серной кислоты, то есть протекают следующие реакции:



Пурпурные серные бактерии в большинстве случаев являются облигатными анаэробами.

Зеленые серные бактерии (сем. Chlorobiaceae) содержат зеленые бактериохлорофиллы с и d в небольшом количестве бактериохлорофилл а, а также различные каротиноиды. Как и пурпурные серные бактерии, они являются строгими анаэробами и способны окислять в процессе фотосинтеза

сероводород, сульфиды и сульфиты, накапливая серу, которая в большинстве случаев окисляется до S^{0} .

2. Фотоорганогетеротрофия — тип питания, характерный для микроорганизмов, которые для получения энергии, помимо фотосинтеза, могут использовать еще и простые органические соединения. К этой группе относятся пурпурные несерные бактерии.

Пурпурные несерные бактерии (сем. Rhodospirillaceae) содержат бактериохлорофиллы а и b, а также различные каротиноиды. Они не способны окислять сероводород (H_2S), накапливать серу и выделять ее во внешнюю среду.

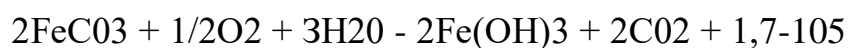
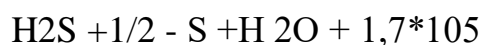
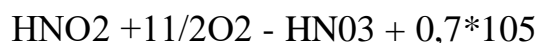
Хемотрофия (энергетический источник — неорганические и органические соединения).

1. Хемолитоавтотрофия — тип питания, характерный для микроорганизмов, получающих энергию при окислении неорганических соединений, таких как H_2 , NH_4^+ , NO_2^- , Fe^{2+} , H_2S , S^0 , SO_3^{2-} , $S_2O_3^{2-}$, CO и др. Этот процесс называется хемосинтезом. Углерод для синтеза всех компонентов клеток хемолитоавтотрофы получают из углекислоты.

Явление хемосинтеза у микроорганизмов (железобактерий и нитрифицирующих бактерий) было открыто в 1887—1890 гг. известным русским микробиологом С. Н. Виноградским.

Хемолитоавтотрофия осуществляется нитрифицирующими бактериями (окисляющими аммиак или нитриты), серными бактериями (окисляющими сероводород, элементарную серу и некоторые простые неорганические соединения серы), бактериями, окисляющими водород до воды, железобактериями, способными окислять соединения двухвалентного железа, и т. д.

Представление о количестве энергии (в джоулях), получаемой при процессах хемолитоавтотрофии, вызываемых указанными бактериями, дают следующие реакции:



2. Хемоорганогетеротрофия — тип питания, характерный для микроорганизмов, получающих необходимую энергию и углерод из органических соединений. Сюда относятся многие аэробные и анаэробные микроорганизмы, обитающие в почвах и других субстратах.

Среди хемоорганогетеротрофов выделяют сапрофитов, живущих за счет мертвых органических материалов, и паразитов, растущих и развивающихся в тканях живых организмов. В последнем случае имеются в виду паратрофия и паратрофы, облигатные внутриклеточные паразиты, которые вне клетки хозяина не растут (риккетсии и др.).

Считают, что из известных типов питания наиболее широко распространены в живом мире два типа — фотолитоавтотрофия и хемоорганогетеротрофия. Первый тип питания характерен для высших растений, водорослей и ряда бактерий, второй — для животных, грибов и многих микроорганизмов. Остальные типы питания присущи некоторым группам бактерий, живущим в особых, специфических условиях среды.

Для многих микроорганизмов установлена способность переходить с одного типа питания на другой. Например, водородокисляющие бактерии в соответствующих условиях (при наличии O_2 , на средах с углеводами или органическими кислотами) способны переключаться с хемолитоавтотрофии на хемоорганогетеротрофию. Поэтому их называют факультативными хемолитоавтотрофами. Микроорганизмы, которые не могут расти в отсутствие специфических неорганических доноров электронов (например,

нитрифицирующие и некоторые другие бактерии), называются облигатными хемолитоавтотрофами.

У микроорганизмов отмечена и так называемая миксотрофия. Это такой тип питания, когда микроорганизм — миксотроф — одновременно использует свои различные возможности, например, сразу окисляя органические и минеральные соединения, или источником углерода для него одновременно может служить углекислота и органическое вещество и т. д.

В природе широко распространены микроорганизмы, использующие для роста в качестве источников энергии и углерода одноуглеродные соединения (метан, метанол, формиат, метиламин и др.). Эти микроорганизмы называют C1использующими формами, или метилотрофами, а тип питания — метилотрофией.

Метилотрофные бактерии подразделяют на облигатные и факультативные. Первые способны расти в результате использования только одноуглеродных соединений, а вторые растут на средах и с другими веществами. К метилотрофам относятся микроорганизмы разных систематических групп (Приложение Г).

Заключение

Микроорганизмы служат излюбленными объектами для решения общих вопросов генетики, биохимии, биофизики, космической биологии и др. Культуры бактерий применяются для количественного определения аминокислот, витаминов, антибиотиков.

Они способны использовать в качестве питательных веществ как неорганические, так и разнообразные органические соединения; могут существовать и размножаться в аэробных и анаэробных условиях; длительно сохраняются во внешней среде с помощью спор; обладают исключительной приспособляемостью к меняющимся факторам окружающей среды.

Некоторые из них вредны для других организмов (растений, животных, человека), так как могут вызвать различные заболевания опасные для здоровья и жизни организмов. Однако способность бактерий активно перерабатывать органические вещества, превращая их сначала в перегной, а затем в неорганические соединения, делает незаменимым и необходимым их участие в круговороте веществ на Земле. Поэтому изучив и зная химический состав микроорганизмов, а также методы, типы, механизмы и пищевые потребности микроорганизмов, человек имеет возможность обратить эти знания во благо всего человечества.

Бактерии, как и все другие организмы, для существования и воспроизводства себе подобных нуждаются в постоянном обмене веществ с окружающей средой. Превращения веществ в клетке (метаболизм) представлены противоположными, но и взаимосвязанными процессами, направленными, во-первых, на распад сложных питательных веществ на более простые, это звено метаболизма называется катаболизмом, а, во-вторых, на

превращения простых веществ в ходе реакций промежуточного обмена в более сложные низкомолекулярные соединения, из которых далее синтезируются полимерные макромолекулы.

Поступление в бактериальную клетку питательных веществ представляет собой сложный физико-химический процесс, которому способствует ряд факторов: разница в концентрации веществ, величина молекул, их растворимость в воде или липидах, рН среды, проницаемость клеточных мембран и т. д. В проникновении питательных веществ в клетку различают четыре возможных механизма.

Для роста и размножения бактерий, а, следовательно, и для их питания, необходимы различные химические соединения, растворенные в воде.

Физиология микроорганизмов изучает особенности развития, питания, энергетического обмена и других процессов жизнедеятельности микробов в различных условиях среды.

Некоторые микроорганизмы способны жить как в присутствии кислорода, так и без него. В зависимости от условий среды они могут переходить с анаэробных процессов получения энергии на аэробные, и наоборот.

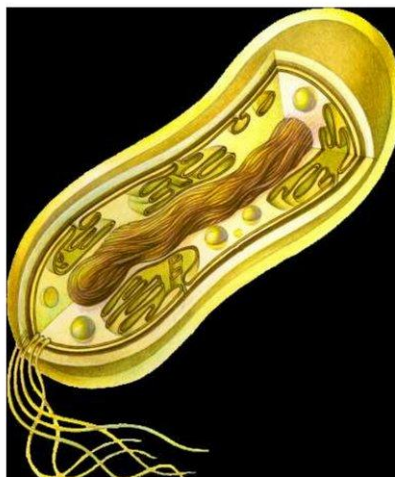
Список используемой литературы

1. Бадмаева О.Б. Диагностика и профилактика инфекционных болезней сельскохозяйственных животных / О.Б. Бадмаева, В.Ц. Цыдыпов, - М.: ФГБОУ ВО БГСХА, 2013 – 82 с.
2. Госманов Р. Г. Микробиология / Р. Г. Госманов, А. К. Галиуллин, А. Х. Волков – М.: Изд-во Лань, 2011 - 496с.
3. Емцев, В.Т. Микробиология: Учебник для бакалавров / В.Т. Емцев. – М.: Юрайт, 2016. - 445 с.
4. Колычев Н.М. Ветеринарная микробиология и микология / Н. М. Колычев, Р. Г. Госманов – М.: Изд-во Лань, 2014 - 624с.
5. Колычев Н.М. Санитарная микробиология / Н. М. Колычев, С. И. Артюхова, Р. Г. Госманов, А. И. Ибрагимова, Омск, 2009 - 296с.
6. Никитина Е. В. Микробиология / Е. В. Никитина, С. Н. Киямова, О. А. Решетник. - М.: ГИОРД, 2009.
7. Билетова Н.В. Санитарная микробиология / Н. В. Билетова, Р. П. Корнелаева, Л. Г. Кострикина - М.: Пищевая промышленность, 1980 - 352с.
8. Скородумов Д. И. Микробиологическая диагностика бактериальных болезней животных /Д. И. Скородумов, В. В. Субботин, М. А. Сидоров, Т. С. Костенко. - М.: Изограф, 2005-635с.
9. Никитина, Е.В. Микробиология / Е.В. Никитина. – М.: ГИОРД, 2009. 368 с.
10. Нетрусов, А.И. Микробиология: Учебник / А.И. Нетрусов. - М.: Академия, 2014. - 416 с.
11. Сидоренко, О.Д. Микробиология: Учебник / О.Д. Сидоренко, Е.Г. Борисенко, А.А. Ванькова, Вой. – М.: Инфа – М, 2017. – 29 с.
12. Галсанова Г.Д. Санитарно – микробиологическая характеристика продуктов животного происхождения и факторов внешней среды / Г.Д. Галсанова. – М.: БГСХА им. В.Р. Филиппова, 2014. – 63 с.

13. Цыдыпов В.Ц. Краткий словарь микробиологических терминов / В.Ц. Цыдыпов. – М.: ФГБОУ ВО БГСХА, 2017. – 60 с.
14. Зверева В.В. Микробиология / В.В. Зверева. – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2015. – 384 с.
15. <https://www.grandars.ru/college/medicina/fiziologiya-mikroorganizmov.html>
16. <https://works.doklad.ru/view/8BDDwJgidOA.html>
17. <http://old.ssmu.ru/office/f4/micro/guide/Content/physiology/Phys1.html>
18. <https://studfile.net/preview/1713221/>
19. <http://paseka.su/books/item/f00/s00/z0000022/st004.shtml>
20. <http://biologylib.ru/books/item/f00/s00/z0000015/st007.shtml>

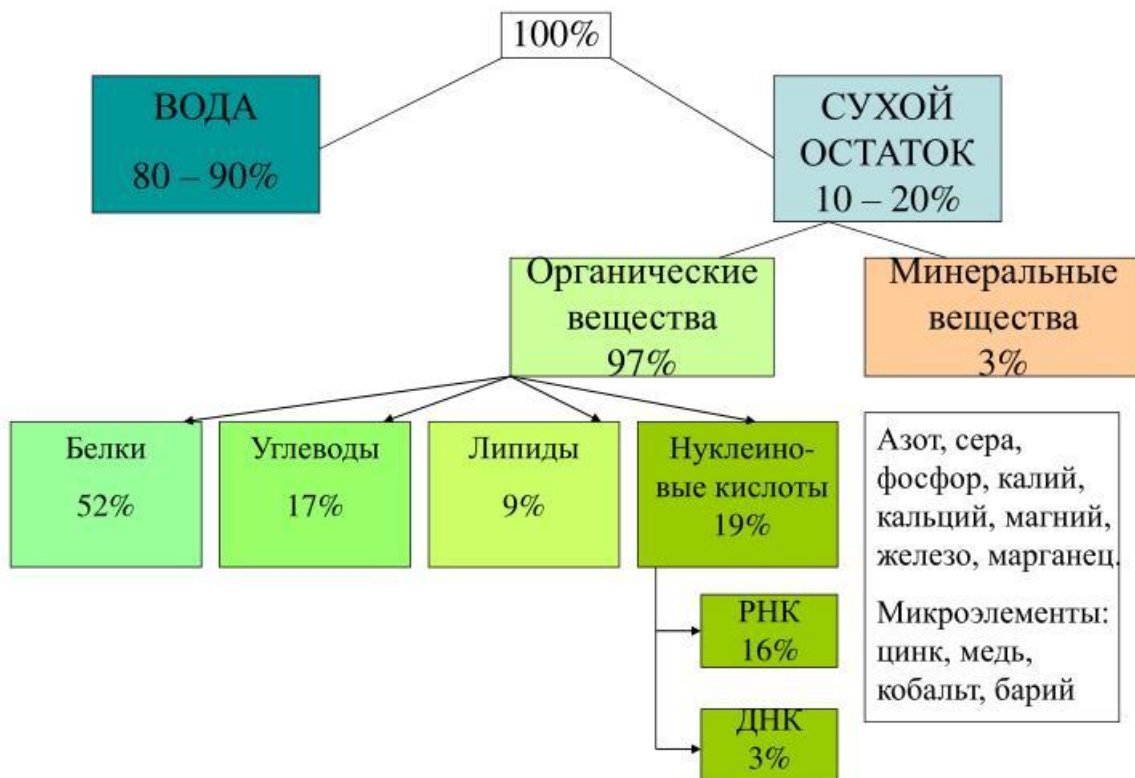
Химический состав бактериальной клетки

- В состав бактериальной клетки входят:
- Вода – 80 % массы клетки.
- Белки – 40-80 % сухой массы клетки.
- Нуклеиновые кислоты - 10-30 % сухой массы.
- Углеводы – 12-18 % сухой массы.
- Липиды.
- Минеральные вещества – 2-14 % сухой массы.



Бактериальная клетка

Химический состав бактериальной клетки



2. Возможные типы питания микроорганизмов (по Е. Н. Кондратьевой, 1983)

Источник энергии	Окисляемый субстрат (донор водорода)	Источник углерода	
		органические соединения	углекислота
Свет	Органические соединения	Фотоорганогете- ротрофия	Фотоорганоавто- трофия
	Неорганические соединения	Фотолитогете- ротрофия	Фотолитоавто- трофия
Органические соединения	Органические соединения	Хемоорганогете- ротрофия	Хемоорганоавто- трофия
	Неорганические соединения	Хемолитогете- ротрофия	Хемолитоавто- трофия

Типы питания микроорганизмов

Питание бактерий

КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ПО ТИПАМ ПИТАНИЯ

