Микробиология как наука. Систематика микроорганизмов. Морфология и физиология микроорганизмов

Теоретическое занятие

Специальность: 19.02.01 Биохимическое производство

ОП.11 Основы биохимии и микробиологии

Тема 1.1 Микробиология как наука. Систематика микроорганизмов. Морфология и физиология микроорганизмов

Преподаватель: Иванов И. И.

2023

Микробиология как наука. Систематика микроорганизмов. Морфология и физиология микроорганизмов

История развития микробиологии

Микробиология (от греч. mikros – малый, bios – жизнь, logos – учение) – наука о малой жизни, объектом изучения которой являются микроорганизмы. Особенность их – простота и очень малый размер. Микробиологию можно подразделить на общую и частную. Общая микробиология изучает строение, физиологию, биохимию, генетику, экологию и эволюцию микробов. Частная микробиология по объектам изучения делится на медицинскую, ветеринарную, сельскохозяйственную, морскую, космическую, техническую.

Исторический путь развития древнейшей науки микробиологии можно разбить на 5 этапов, в зависимости от уровня и методов познания мира микробов: эвристический, морфологический, физиологический, иммунологический, молекулярно-генетический.

Эвристический этап связан с неожиданными находками и догадками о существовании на Земле невидимых живых существ, вызывающих болезни. Микробы существовали на нашей планете задолго до появления животных и человека, о чем догадывались уже древние мыслители и ученые.

Основоположник морфологического периода голландский натуралист Антоний ван Левенгук. Он сконструировал микроскоп с увеличением в ЗОО раз. Открытие микробов и доказательство их патогенности для человека связано с именами таких известных ученых и врачей, как Д. С. Самойловпч, Р. Кох, И. И. Мечников, Н. Ф. Гамалея и многих других. За это время открыто и описано более 2000 видов бактерий и грибов – возбудителей болезней человека.

Начало физиологического периода относится к 60-м годам XIX в. и связано с деятельностью выдающегося французского ученого Луп Пастера, который заложил основы изучения микроорганизмов с точки зрения их физиологии. Он установил биологическую природу спиртового, масляно-кислого и молочнокислого брожений.

Изучил болезни вина и пива и разработал способы предохранения их от порчи. Им предложен метод пастеризации.

Большое значение для развития микробиологии в этот период имели исследования немецкого ученого Роберта Коха. Он предложил методику получения чистых культур на питательных средах, стал применять в практике изучения микроорганизмов анилиновые красители. Кох открыл возбудителей холеры и туберкулеза. Возбудитель туберкулеза был назван палочкой Коха.

Развитие микробиологии тесно связано также с работами русских и советских ученых. Основоположником общей микробиологии в России следует назвать Льва Семеновича Ценковского, опубликовавшего свою работу до низших водорослях и инфузориях, в которой установил близость бактерий и сине-зеленых водорослей. Он также создал вакцину против сибирской язвы. Илья Ильич Мечников занимался вопросами медицинской микробиологии. Изучал взаимоотношения бактерии и «хозяина» и установил, что воспалительный процесс – реакция организма на внедрившиеся микробы; разработал фагоцитарную теорию иммунитета. Мечников сформулировал общую теорию воспаления как защитную реакцию организма и создал нове направление в иммунологии – учение об антигенной специфичности.

Современная систематика микроорганизмов

Накопление огромного фактического материала в микробиологии потребовало ввести правила описания объектов и распределить их по группам. Для возможности сравнения результатов, полученных разными исследователями, и удобства работы появилась необходимость классифицировать микроорганизмы. Под классификацией понимают отнесение конкретного биологического объекта к определенной группе однородности (таксону) по совокупности присущих ему признаков.

Отношения соподчиненности и взаимосвязи таксонов различных уровней изучает систематика. В современной классификации микроорганизмов принята следующая иерархия таксонов: домен, филум, класс, порядок, семейство, род, вид. Вид является основной таксономической единицей. Микробиологи пользуются биномиальной системой обозначения объекта (номенклатуры), включающей родовое

и видовое названия, например, Escherichia coli, Saccharomyces cerevisiae, Pseudomonas aeruginosa и т.д. В ряде случаев допускается применение исторически сложившихся русскоязычных наименований (кишечная палочка, пекарские дрожжи, синегнойная палочка).

Для классификации важно договориться о наборе критериев, которые будут определяющими при объединении объектов в группу. Большинство микроорганизмов устроено крайне просто и универсально, поэтому для их разбиения на таксоны недостаточно морфологических описаний. Исследователи вынуждены были привлекать функциональные характеристики микроорганизмов, т.е. отмечать особенности их метаболизма. При этом в зависимости от подхода признаки могли иметь неодинаковую значимость (одни были обязательны для помещения в данную группу, а другие могли варьировать).

В настоящее время микробиологический объект невозможно классифицировать, не изучив совокупность морфофизиологических, биохимических и молекулярно-биологических данных. При определении неизвестного микроорганизма (идентификации) исследуют следующие свойства:

- цитологию клеток (прежде всего, отнесение к про- или эукариотам);
- морфологию клеток и колоний (на определенных средах и при определенных условиях);
- культуральные признаки (характер роста на твердых и жидких средах);
- физиологические свойства (способность к использованию различных субстратов, отношение к температуре, аэрации, pH и т.д.);
- биохимические свойства (наличие тех или иных метаболических путей);
- молекулярно-биологические свойства (последовательность нуклеотидов 16S рРНК, содержание ГЦ-АТ-пар в мол.%, возможность гибридизации нуклеиновых кислот с материалом типовых штаммов);
- хемотаксономические свойства (химический состав различных соединений и структур, например, спектр жирных и тейхоевых кислот у актинобактерий, миколовых кислот у нокардий, микобактерий, коринебактерий);

⦚ серологические свойства, основанные на реакциях «антиген – антитело» (особенно для патогенных микроорганизмов);

⦚ чувствительность к специфическим фагам (фаготипирование).

Иногда отмечают наличие у микроорганизма внехромосомных элементов, в том числе молчащих (криптических) плазмид. При этом следует помнить, что плазмиды могут легко утрачиваться.

При идентификации микроорганизмов-прокариот современные исследователи опираются на указания «Руководства Берджи по систематике бактерий» («Bergey’s Manual of Systematic Bacteriology») и пользуются определителем Берджи.

В настоящее время существует несколько основных способов классификации живых объектов, в том числе микроорганизмов.

Формальная нумерическая классификация считает все признаки организма одинаковыми по значимости. Учитываемые критерии должны быть альтернативными, т.е. присутствовать (+) или (-) отсутствовать у конкретного объекта. Точность помещения его в данную группу будет зависеть от полноты изучения организма. Для количественной оценки степени сходства и различия объектов разработаны специальные компьютерные программы, сравнивающие организмы по набору исследованных признаков. Сходные организмы объединяются в кластеры.

Для морфофизиологической классификации необходимо изучить совокупность морфологических признаков и особенностей метаболизма организмов. При этом учитывают разную значимость применяемых критериев: некоторые свойства считают обязательными, значимыми для объекта, а другие могут присутствовать в разной степени или совсем отсутствовать. Для помещения микроорганизмов в группу и присвоения им имени сначала определяют тип клеточной организации, описывают морфологию клеток и колоний, а также характер роста на определенных средах и при определенных условиях. Функциональная характеристика объекта включает возможности использования различных питательных веществ, отношение к физико-химическим факторам среды, а также выявление путей получения энергии и реакций конструктивного обмена.

Для некоторых микроорганизмов необходимо провести хемотаксономические исследования. Патогенные микроорганизмы обычно подвергают серодиагностике. Результаты всех этих тестов применяют при работе с определителем. В настоящее время для идентификации прокариотических микроорганизмов исследователи пользуются определителем, носящим имя американского бактериолога Берджи, предложившего в 1923 г. основы такой классификации.

Молекулярно-генетическая классификация предполагает анализ строения молекул важных биополимеров. Такая молекула должна быть консервативной и значимой для основополагающего жизненного процесса. Профессор Иллинойского университета Карл Вёз предложил взять за основу прокариотную 16S рибосомальную РНК (18S рРНК – для эукариотических организмов). Эта молекула входит в состав рибосом, которые у всех живых существ отвечают за важнейший жизненный процесс – синтез белка. Аппарат синтеза белка незначительно меняется во времени, так как любое сколько-нибудь существенное нарушение может привести к гибели клетки. Поэтому в молекулах рРНК разных организмов большинство нуклеотидов неизменно, а изменяющаяся в процессе эволюции часть уникальна для конкретного организма. 16S рРНК состоит из 1500 нуклеотидов, из которых 900 – консервативны, т.е. она обладает достаточно большой, но не чрезмерной информацией и может считаться своеобразным биологическим генетическим «хронометром». Сравнивая с помощью специальных компьютерных программ нуклеотидные последовательности этой молекулы у разных организмов, можно получить группы сходства биологических объектов, отражающие их родственные связи и эволюционное развитие. На основе множества сравнений было построено филогенетическое древо, где все представители живого мира разделены на три больших домена (империи, надцарства): Bacteria, Archaea и Eukarya. Домены Bacteria и Archaea содержат только прокариотические организмы, а домен Eukarya объединяет всех эукариот – как одноклеточных, так и многоклеточных, включая человека. Одновременно было доказано, что митохондрии и хлоропласты имеют прокариотное симбиотическое происхождение. Нуклеотидные последовательности изученных организмов исследователи направляют во всемирный компьютерный генбанк,

данные которого предназначены для проведения сравнения с последовательностями каждого вновь выделенного организма.

В настоящее время для идентификации конкретного микроорганизма сначала выделяют его чистую культуру и проводят анализ нуклеотидной последовательности 16S рРНК. Он позволяет определить место микроорганизма на филогенетическом древе, а дальше определение видового названия ведется традиционными микробиологическими методами. При этом 90% совпадений говорит о принадлежности к определенному роду, 97% – к определенному виду. Для уточнения таксономической принадлежности проводят ДНК-ДНК-гибридизацию, которая дает >30% совпадения в пределах рода и >70% – в пределах вида.

Для более четкой дифференцировки микроорганизмов на уровне рода и вида предложено использовать полифилетическую (полифазную) таксономию, когда наряду с определением последовательностей нуклеотидов используют информацию разных уровней, вплоть до экологического. При этом проводят предварительный поиск групп схожих штаммов и определение филогенетических позиций этих групп, фиксируют различия между группами и их ближайшими соседями и собирают данные, позволяющие дифференцировать группы.[1]

Морфология и физиология микроорганизмов

Микроорганизмы (микробы) собирательное название группы живых организмов, которые слишком малы для того, чтобы быть видимыми невооруженным глазом (их характерный размер – менее 0,1 мм), преимущественно одноклеточные. Это наиболее древняя с точки зрения эволюции группа живых организмов, в настоящее время достаточно хорошо изученная, возраст которой более 2 млрд. лет, успешно приспособившаяся к условиям существования и по мере изменения среды способная мобильно изменять свои свойства. Они участвуют во всех геологических, органических и неорганических процессах на земле.

---

[1] Леонова И.Б. Основы микробиологии: учебник и практикум для СПО. – М.: Издательство Юрайт, 2023.

Микроорганизмы в зависимости от молекулярно-биологической организации подразделяют на прокариотов и эукариотов.

Прокариоты – доядерные простейшие одноклеточные формы жизни, не имеющие ядерной мембраны и высокоорганизованных органелл, геном находится в виде кольцевой молекулы ДНК. Это некоторые бактерии, в том числе актиномицеты и сине-зеленые водоросли, вирусы, бактериофаги.

Эукариоты имеют оформленное ядро и высокоорганизованные органеллы. К ним относятся одноклеточные и многоклеточные организмы – большинство бактерий, простейшие, грибы, водоросли (кроме сине-зеленых). Прокариоты и эукариоты имеют определенное строение, формы жизнедеятельности и находятся в биоценотическом отношении с другими живыми существами, а также неживой природой. Как прокариоты, так и эукариоты состоят из структур, обеспечивающих их жизненные процессы, направленные на выживание и размножение. И мясной промышленности чаще всего встречаются бактерии, дрожжи и плесени.

Вирусы занимают особое место среди микроорганизмов – мельчайшие и простейшие формы жизни, стоящие на грани между живым и неживым, неспособные жить и размножаться вне животной, растительной или иной клетки. В состав вирусов входят нуклеиновые кислоты (ДНК или РНК), белки, ферменты. Еще более просто устроены прионы – «инфекционные» белковые частицы, лишенные генетического материала, т.е. нуклеиновой кислоты.

Многочисленные микроорганизмы (бактерии, грибы, простейшие, вирусы) строго систематизированы в определенном порядке по их сходству, различиям и взаимоотношениям между собой.

Самой крупной таксономической категорией является царство, более мелкими – нодцарсгво, отдел, класс, порядок, семейство, род, вид, подвид.

Одной из основных таксономических категорий является вид совокупность особей, объединенных по близким свойствам, но отличающихся от других представителей рода. Совокупность однородных микроорганизмов, выделенных на питательной среде, характеризующаяся сходными морфологическими,

тинкториальными (отношение к красителям), культуральными, биохимическими и антигенными свойствами, называется чистой культурой.

Чистая культура микроорганизмов, выделенных из определенного источника и отличающихся от других представителей вида, называется штаммом. Штамм – более узкое понятие, чем вид или подвид. Близким к штамму является понятие клона; клон представляет совокупность потомков, выращенных из единственной микробной клетки.

Морфология бактерий в некоторой степени зависит от условий их культивирования, состава питательной среды, факторов окружающей среды и других. В оптимальных условиях культивирования молодые, активно растущие клетки являются наиболее типичными морфологически, в то время как старые могут иметь атипичную морфологию. Бактериальные клетки одного штамма могут отличаться между собой.

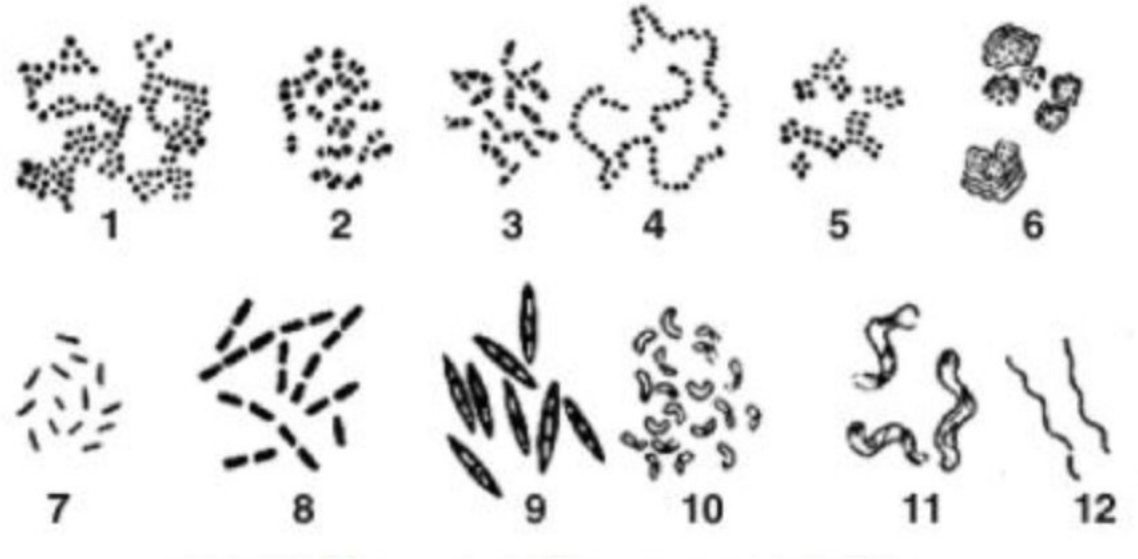


Рисунок 1. Основные формы микроорганизмов: 1 – стафилококки; 2, 3 – диплококки; 4 – стрептококки; 5 – тетракокки; 6 – сарцины; 7, 8, 9 – палочковидные; 10 – вибрионы; 11, 12 – спириллы.

Одноклеточные бактерии по внешним признакам могут быть шарообразные (кокки), палочковидные и извитые. На рисунке 1 изображены основные формы микробов. Кокки не всегда имеют правильную круглую форму, для некоторых видов они принимают закругленную, овальную, продолговатую форму. Например,

менингококк (возбудитель эпидемического менингита) имеет форму кофейных зерен, обращенных вогнутой поверхностью друг к другу.

Расположение колоний всегда специфично для каждого вида. Это могут быть монококки, располагающиеся изолированно друг от друга, как у Micrococcus varians. Для диплококков характерно две клетки, получившиеся после деления, как у Micrococcus sulfureus; тетракокки представлены группой из четырех клеток, как Micrococcus varians. Для некоторых видов бактерий характерно пакетное расположение клеток (например, сарцины), стафилококки образуют скопления в виде виноградной грозди – Staphylicoccus aureus, стрептококки в виде цепочки, удлиняющейся в ходе деления – Staphylicoccus Equi.

Палочковидные бактерии различаются по размерам, форме концов клетки и взаимному расположению клеток. Длина клеток варьирует от 1 до 8 мкм, толщина – от 0,5 до 2 мкм.

Палочки могут быть правильной (кишечная палочка и др.) и неправильной (коринебактерии и др.) формы, в том числе ветвящиеся, например актиномицеты. Наиболее мелкие палочковидные бактерии – риккетсии. Слегка изогнутые палочки называют вибрионами (холерный вибрион).

Большинство палочковидных бактерий располагается беспорядочно, так как после деления клетки расходятся.

Извитые формы – спиралевидные бактерии, например спириллы, имеющие вид штопорообразно извитых клеток. К патогенным спириллам относится возбудитель содоку (болезни укуса крыс), к извитым – кампилобактеры, имеющие изгибы, как у крыла летящей чайки; близки к ним и такие бактерии, как спирохеты, имеющие ряд отличительных особенностей.

Спирохеты – тонкие, длинные, извитые (спиралевидной формы) бактерии, отличающиеся от спирилл подвижностью, обусловленной «сгибательными» изменениями клеток.

Многоклеточные бактерии делят на два типа нитчатые и слизистые. Многоклеточные бактерии отличаются от одноклеточных бактерий более сложным строением и определенным циклом развития.

Бактериальная клетки имеет сложное строение. В состав входят клеточная стенка, цитоплазматическая мембрана, цитоплазма с включениями и ядро, называемое нуклеоидом. Бактерии могут иметь и дополнительные структуры: капсулу, микрокапсулу, слизь, жгутики, пили; некоторые бактерии способны образовывать споры.

Среди микроорганизмов, имеющих большое значение в пищевой промышленности, обширную группу представляют грибы, к которым преимущественно относятся плесени и дрожжи. Они принадлежат к низшим споровым микроорганизмам, не содержат хлорофилл, не способны к синтезу органических веществ, для развития используют углерод из готовых органических соединений. При хорошей аэрации, повышенной температуре и достаточной влажности быстро развиваются на пищевой продукции и вызывают их порчу.

Актиномицеты – ветвящиеся грамположительные бактерии. Свое название они получили в связи с возникновением в пораженных тканях друзгранул из плотно переплетенных нитей в виде лучей, отходящих от центра и заканчивающихся колбовидными утолщениями. Актиномицеты, как и грибы, образуют мицелий нитевидные переплетающиеся клетки (гифы). Они формируют субстратный мицелий, появляющийся в результате врастания мицелия в питательную среду, и воздушный, растущий на поверхности среды. Актиномицеты могут делиться путем фрагментации мицелия на палочковидные или сферические клетки, похожие на палочковидные и кокковидные бактерии. На воздушных грифах актиномицетов могут образовываться споры, необходимые для размножения. Споры актиномицетов обычно нетермостойки.

Дрожжи – одноклеточные грибы, мицелия не образуют, неподвижные. Отличаются от бактерий более крупными размерами. В качестве запасных питательных веществ в цитоплазме могут быть включения гликогена, волютина и жира в виде капелек. Дрожжи хорошие продуценты белка и витаминов, например В12. Различают дрожжи сахаромицеты, или истинные, и несахаромицеты, или ложные. Ложные дрожжи неспособны к спорообразованию, делятся только почкованием. Истинные дрожжи относят к сумчатым грибам, при недостатке

питательных веществ способны к образованию спор. Большинство дрожжей способны сбраживать сахара в спирт и углекислый газ.

Из семейства сахаромицетов наибольшее промышленное значение имеет большой род сахаромицес, в который входит множество видов, в том числе дрожжи, применяемые в виноделии, пивоварении, хлебопечении, производстве спирта. Из семейства несахаромицетов наиболее часто встречаются роды торула и кандида, причиняющие значительный ущерб на пищевых предприятиях.

Дрожжи часто обнаруживают на мясе и мясопродуктах; они вызывают ослизнение мяса при хранении, образование пигментных пятен, а осмофильные дрожжи развиваются в рассолах.

Плесени широко распространены в природе. Тело плесневых клеток состоит из обильно ветвящихся нитей – гифов, которые в процессе роста образуют мицелий. Плесени могут быть одноклеточными и многоклеточными. В первом случае гифы не разделены перегородками и все тело гриба составляет одна клетка, во втором гифы разделены перегородками (септами).

В клетках плесени различают клеточную стенку, цитоплазму с включениями, одно или несколько ядер, в отличие от бактерий. Размножаются половым, бесполым путем и вегетативно. Основной способ распространения спорообразование.

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

Микроорганизмы не имеют специальных органов питания, питание осуществляется всей поверхностью клетки. Интенсивность проникновения питательных веществ в клетку зависит от степени проницаемости клеточной оболочки, растворимости питательных веществ в воде, разности концентраций питательных веществ в клетке и во внешней среде. Чем сложнее химическое строение вещества, тем хуже оно проникает в клетку.

По способности усвоения углерода микроорганизмы делятся на автотрофные и гетеротрофные. Автотрофы способны самостоятельно продуцировать органические соединения из углекислого газа и солей азотной кислоты, способны существовать

только в неорганической среде. Гетеротрофы используют готовые органические соединения (сахар, многоатомные спирты, органические кислоты) для получения углерода, минеральные вещества неспособны использовать в качестве энергетического материала. Нерастворимые источники углерода, такие как жиры, крахмал, также могут быть использованы после расщепления микроорганизмами.

Гетеротрофы делят на метатрофы и наратрофы. К метатрофам в первую очередь относятся сапрофиты, т.е. гнилостные микробы и большинство возбудителей брожения, а также значительное количество патогенных микроорганизмов. Для синтеза белков необходим азот, поэтому источником азота могут быть белковые вещества организмов, а в искусственных питательных средах используются пептоны и аминокислоты. Паратрофы организмы-паразиты, пользующиеся готовыми веществами клетки-хозяина (вирусы, риккетсии).

Из полученных материалов синтезируются белки, жиры, углеводы, необходимые клетке. Энергия, нужная для синтеза этих веществ, получается в процессе дыхания. Если микробы используют в процессе дыхания атмосферный кислород, то они называются анаэробными, если образующийся в результате внутренних химических реакций кислород – анаэробами. Большинство микроорганизмов является факультативными анаэробами, т.е. в зависимости от условий среды могут вести себя и как аэробы, и как анаэробы.

Быстрота размножения микробов изменяется во времени. На жидкой искусственной питательной среде наиболее четко видна динамика развития колонии, которое проходит четыре основные фазы. Лагфаза, фаза задержки роста, продолжается 3-5 ч, когда бактерии приспосабливаются к новым условиям среды, клетки увеличиваются в объеме, но размножение не происходит. Логарифмическая фаза роста характеризуется усиленным размножением бактерий, скорость появления клеток во много раз превышает скорость отмирания, фаза продолжается 5-6 ч. Во время этой фазы бактерии наиболее уязвимы и наилучшие возможности дня применения уничтожающих их агентов. В стационарной фазе число образующихся клеток постепенно становится равным числу отмирающих, фаза может быть очень продолжительной. Фаза отмирания наступает по мере истощения

питательной среды и накопления продуктов обмена. Скорость отмирания варьируется. Часть оставшихся в живых клеток переходят в споры.

Много работ посвящено изучению изменчивости микроорганизмов под влиянием различных факторов. Эта изменчивость иногда идет на пользу человечеству, помогая выводить новые полезные штаммы, если отбор контролируется, а иногда вызывает непредсказуемые вспышки эпидемий при появлении новых штаммов болезнетворных микробов. Одна из форм изменчивости мутация. Мутации связаны с изменением структуры гена и обычно очень устойчивы. Мутации часто вызываются человеком, и для этого используют различные факторы-ультрафиолетовое излучение, рентгеновские лучи и др. Адаптация микроорганизмов – частный случай мутаций, когда в процессе воздействия какого-то агента возникает приспособление к нему, закрепляющееся путем естественного отбора.

К числу основных факторов, оказывающих влияние на рост и размножение микроорганизмов, относятся факторы внешней среды.[2]

[2] Очирова Л. А., Бадлуев Э. Б. Микробиология. Основы микробиологии. Учебно-методическое пособие. – Улан-Удэ: Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2019.

Список использованной литературы

1. Леонова И. Б. Основы микробиологии: учебник и практикум для среднего профессионального образования. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 298 с.
2. Очирова Л. А., Бадлуев Э. Б. Микробиология. Основы микробиологии. Учебно-методическое пособие. – Улан-Удэ: Бурятская ГСХА им. В. Р. Филиппова, 2019. – 47 с.