

576.8
П-164

А.Я. Панкратов

МИКРОБИОЛОГИЯ

201757

Б. 9

А.Я. Панкратов,

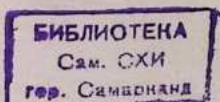
профессор

576.8
П-164

МИКРОБИОЛОГИЯ

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ, ДОПОЛНЕННОЕ И ИСПРАВЛЕННОЕ

Допущено Главным управлением высшего и среднего
сельскохозяйственного образования Министерства сель-
ского хозяйства ~~СССР~~ в качестве учебника для зоотехни-
ческих факультетов сельскохозяйственных вузов



ИЗДАТЕЛЬСТВО «КОЛОС» Москва — 1971

К

Микробиология. Автор *А. Я. Панкратов*, профессор. Год издания 1971. Издание третье.

Настоящая книга является учебником для зоотехнических факультетов сельскохозяйственных вузов. В ней обобщены новейшие достижения отечественных и зарубежных ученых в области науки о микроорганизмах. В учебнике освещены не только морфологические и культуральные особенности микроорганизмов, но и биохимические процессы, вызываемые ими. Кроме того, описаны микрофлора кормов, молока, мяса, кожевенно-мехового сырья, яиц, тела животных, почвы, воздуха и воды. Настоящее издание, дополненное и исправленное, содержит новые материалы: учение об изменчивости микробов, учение о вирусах и др. В книге имеется 21 таблица и 120 рисунков.

Все критические замечания и пожелания по учебнику просим направлять по адресу: Москва, К-31, ул. Дзержинского, 1/19, издательство «Колос».

Панкратов Александр Яковлевич

МИКРОБИОЛОГИЯ. Изд. 3-е, доп. и испр. М., «Колос», 1971.
272 с. с илл. (Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

УДК 576.8(075.8)

Редактор *Л. И. Малова*. Художественный редактор *М. Д. Северина*. Технический редактор *Л. М. Володченко*. Корректор *Р. Д. Пронина*

Сдано в набор 2/IX 1970 г. Подписано к печати 19/XI 1970 г. Т17547.
Формат 60×90^{1/16}. Бумага тип. № 2. Печ. л. 17+2 цв. вкл. Уч.-изд. л. 19,37.
Изд. № 222. Т. п. 1971 г. № 244. Тираж 37 000 экз. Заказ № 1397.
Цена 94 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Ордена Трудового Красного Знамени Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, Москва, М-54, Воровая, 28.

Предмет микробиологии. Микробиология (от греческих «микрос» — малый, «биос» — жизнь, «логос» — слово, учение) — это наука о мельчайших (в большинстве не видимых простым глазом) живых организмах — микробах; об их строении (морфологии) и биологических свойствах; о роли в различных процессах, происходящих в природе; об использовании в тех или иных областях жизни и деятельности человека; о взаимоотношении микробов с более сложными организмами, а также о методах устранения их вредного действия.

Основную массу микробов составляют бактерии. Кроме бактерий, микробиология изучает актиномицеты, дрожжи, плесневые грибы, мелкие водоросли, простейших животных (протозоа), вирусы и риккетсии (микроорганизмы, занимающие промежуточное положение между бактериями и вирусами). Объединение всех этих организмов в одну группу оправдывается близостью их форм, строения тела, общностью методов культивирования и исследования, элементами генетической связи, а также изменениями, происходящими в результате их жизнедеятельности в живых телах или мертвых субстратах, на которых они размножаются.

С микробиологическими процессами очень часто приходится иметь дело в самых различных областях деятельности, а также в природных условиях. Такая большая роль микробов объясняется их колоссальным распространением и приспособлением к условиям обитания. Они живут в глубоких слоях недр земли, в горячих источниках, нефти, грязевых вулканах, где температура выше температуры кипения, в стратосфере, на высоте более 10 км. Миллиарды микробов вместе с воздухом и пылью окружают нас. С первых часов появления человека, животного на свет и до самой смерти они являются постоянными спутниками в качестве либо друзей-помощников, либо врагов-вредителей.

Микробы обитают в пище, воде и воздухе. Окружающие нас предметы, одежда, поверхность нашего тела содержат большое количество микробов, среди которых могут быть и болезнетворные, способные вызвать заболевание. В настоящее время открыты микробы, разрушающие цементную кладку зданий, резину, капрон, гудрон, стекло, ткани, дерево, бумагу, а также участвующие в образовании нефти, лечебной грязи; обнаружены микробы в урановой руде, поваренной соли. Поэтому знания о микробах необходимы любому специалисту. Без этого невозможно знакомство с природой и управляющими ею законами.

Микробиология тесно связана с ботаникой и зоологией, особенно в тех разделах, которые занимаются изучением жизни и строения простейших представителей обоих царств природы. Много общего

в изучении ферментов, антибиотиков и витаминов микробиология имеет с биохимией. Непосредственно связана она с зоогигиеной и гигиеной в разделах микробиологии почвы, воды и воздуха. Неоценимую услугу оказала микробиология хирургии, научив ее методам стерилизации (уничтожение микробов) при операциях. Физиологии она помогла правильно понять роль микробов в процессах пищеварения у животных и человека. Микробиологическая наука много сделала в вопросах повышения урожайности сельскохозяйственных культур, в борьбе с заразными болезнями животных и растений. Микробиология тесно связана и с такими науками, как эпидемиология в медицине и эпизоотология в ветеринарии, фитопатология в растениеводстве, агрохимия и почвоведение в земледелии.

Микробиология, возникнув позже других естественных наук — ботаники, зоологии, химии, пользуясь собственными методами исследования, сформировалась в самостоятельную науку, способную обогащать новыми фактами другие науки. Большинство микроорганизмов в природе полезно для человека. Так, многие бактерии и грибы, разлагая трупы животных и остатки растений, возвращают в атмосферу углерод в форме углекислоты, а в почву — азот в форме доступных растению минеральных азотистых соединений. Без осуществления этих сложных процессов микроорганизмами жизнь на земной поверхности стала бы невозможной.

Некоторые бактерии, проникая в корни растений, вступают с ними в симбиотическое сожительство. Например, клубеньковые бактерии, вступая в сожительство с бобовыми растениями, снабжают их азотной пищей за счет азота воздуха. Микробы молочнокислого брожения, обитающие в кишечнике человека и животных, разлагают углеводы с образованием молочной кислоты, создавая, таким образом, условия, неблагоприятные для развития гнилостных микробов. У жвачных животных белки и углеводы, входящие в состав корма, до усвоения организмом подвергаются действию микробов желудочно-кишечного тракта. Вследствие этого общая питательная ценность и усвояемость составных частей рациона повышаются. Наряду с этим многие микроорганизмы желудочно-кишечного тракта синтезируют витамины (из группы В), белки, которые усваиваются организмом и до некоторой степени компенсируют возможный их недостаток в кормах.

Пользуясь процессами жизнедеятельности молочнокислых бактерий, готовят силос, квасят капусту, засаливают огурцы. Успешно применяются различные культуры микроорганизмов при выработке молочных продуктов (кефир, сыр, масло), в винокурении, виноделии, пивоварении, хлебопечении, промышленном приготовлении уксуса, этилового спирта, молочной, уксусной и других органических кислот, а также витаминов. Широко используют ряд плесневых грибов для приготовления антибиотиков (пенициллин, стрептомицин и др.), лимонной, щавелевой, янтарной кислот. Некоторые плесневые грибы нашли применение в сыроделии.

Без знания биологических свойств и процессов жизнедеятельности микроорганизмов невозможно заставить их развиваться в нужном

направлении. Степень управления микробиологическими процессами находится в прямой зависимости от уровня наших знаний. Ни одна из наук не оправдывает в такой мере, как микробиология, слова великого русского писателя А. М. Горького: «Нет силы более могучей, чем знание: человек, вооруженный знанием, непобедим». Зная биологические свойства болезнетворных микробов, можно переводить их не только в безвредные, но и в полезные, сделать их средством борьбы с заразными болезнями (вакцины). Как известно, болезнетворные микробы выделяют яды (токсины). При добавлении же, например, к столбнячному токсину формалина (0,4%) и выдерживании 15—30 дней при температуре 38—40° токсин становится не только безвредным, но, будучи введен в организм, делает его невосприимчивым к микробному токсину.

Благодаря наличию электронных микроскопов, ультрацентрифуг с большим количеством оборотов в одну минуту, приборов, позволяющих делать ультрасрезы микробной клетки, стало возможным проведение исследований микробов на молекулярном уровне. Отечественными и зарубежными исследователями много сделано по изучению ультрамикробов — вирусов, бактериофагов. Полученные данные имеют громадное теоретическое и практическое значение в борьбе с заразными болезнями вирусной инфекции человека, животных и растений.

Краткий исторический очерк развития микробиологии. Еще задолго до открытия микроорганизмов человек пользовался микробиологическими процессами для изготовления хлеба, вина, молочнокислых продуктов (простокваша, кумыс). Применялись прививки против заразных болезней: в Китае, Индии, на Кавказе — против оспы людей; у некоторых народностей — против повального воспаления легких крупного рогатого скота. Древние египтяне успешно силосовали корма. Однако в продолжение многих веков причины, вызывающие процессы брожения и возникновение заразных болезней, оставались неизвестными. Открытие существования микробов произошло лишь во второй половине XVII века, когда с развитием торговли появилась необходимость в усовершенствовании оптических приборов (подзорные трубы, телескопы) для мореплавания и астрономии. Это привело к изготовлению и микроскопа (1617—1619).

Первое обстоятельное наблюдение и описание микроорганизмов принадлежит голландцу Антону Левенгуку (1632—1723). Изготовленные А. Левенгуком лупы были оптически настолько совершенны, что при больших увеличениях давали более ясную картину, чем лучшие сложные микроскопы того времени. При помощи своего «микроскопа» Левенгук открыл невидимый мир микробов, описал плесень, обнаруженную на мясе, увидел живые организмы в дождевой воде, стоявшей на воздухе, описал их форму, величину, движение. Большое впечатление на Левенгука произвело открытие живых существ в зубном налете. Свои наблюдения он описывает следующим образом: «Я видел в этом материале (в зубном налете. — А. П.) множество мельчайших животных, весьма оживленно двигавшихся... В моем рту их больше, чем людей в Соединенном Королевстве». Эти живые существа были,

как писал Левенгук, шарообразными, палочковидными и извитыми, то есть сходными с ныне известными видами микроорганизмов, встречающихся в зубном налете. Свои исследования и наблюдения Левенгук изложил в книге под названием «Тайны природы, открытые Антоном Левенгуком» (1695). Его по праву можно считать первым микрографом.

Исследования Левенгука вызвали большой интерес к невидимому миру. Многие естествоиспытатели продолжили начатое им дело. Изучая невидимый мир, исследователи часто неправильно подходили к анализу полученных материалов. Карл Линней (1707—1778) не смог разобраться в морфологии микроорганизмов, объединил всех их в один род, дав ему странное название «хаос», и сделал вывод, что не следует слишком углубляться в изучение невидимого мира, так как творец, создавая его, имел в виду сохранить эту область за собой. Микробам приписывались самые фантастические свойства: их считали таинственными существами, могущими действовать на расстоянии, возрождаться после смерти, передвигаться без органов движения и т. п.

Ценным вкладом в молодую науку были работы русского ученого Мартына Магвеевича Тереховского (1740—1796) — первого в России наблюдателя и исследователя микроорганизмов. В 1775 г. М. М. Тереховский защитил в Страсбургском университете диссертацию о природе и возникновении микроскопических организмов в различных настоях. В своей работе он впервые применил экспериментальный метод исследования. Например, с целью доказать, что в разных органических настоях есть живые организмы, он действовал на них химическими веществами, температурой, электрическими разрядами разной силы. В результате экспериментов М. М. Тереховский установил, что «встречающиеся в настоях живые существа представляют собой истинные мельчайшие животные», которые растут, увеличиваются в размерах, а затем начинают делиться. Анализируя условия появления этих организмов в настоях, М. М. Тереховский сделал вывод, что в прокипяченных средах живые существа не образуются. Английский врач Эдуард Дженнер в 1796 г. успешно провел первый опыт искусственной прививки против оспы.

Большое влияние на микробиологическую науку оказало учение Ч. Дарвина, создавшего теорию развития органического мира. Современник Дарвина Эренберг (1795—1876) систематизировал накопленный материал по микроорганизмам. Он разделил класс «инфузорий» на 22 семейства, причем к трем семействам отнес бактерии. Кон (1854) описал шаровидные формы микробов и вибрионы, Негели (1857) — шизомикеты (грибы-дробянки). Профессор Юрьевского ветеринарного института Ф. Брауэль в 1855 г. впервые экспериментально доказал заразительность сибирязвенной палочки.

Рассмотренный период в микробиологии характеризуется как морфологический, потому что исследователи занимались изучением только внешнего вида и особенностей строения отдельных микроорганизмов и почти не интересовались их физиологическими свойствами. С появлением исследовательских работ основоположника науки о

микроорганизмах французского ученого Луи Пастера (1822—1895) морфологический период микробиологии постепенно сменяется физиологическим. Первые работы Пастера были посвящены изучению вопросов, связанных с бродильной промышленностью. Им был сделан ряд открытий в области биохимических превращений, вызываемых микробами. В результате изучения процессов брожения он пришел к выводу, что каждый бродильный процесс (спиртовое, молочнокислое, уксусное брожение и др.) имеет своего возбудителя — микроба. Он установил микробную природу «болезней» виноградного вина и пива, а также болезни шелковичных червей. Пастеру принадлежит честь открытия микробов, живущих без доступа кислорода воздуха, — анаэробов. Он доказал, что гниение есть не что иное, как биохимический процесс, вызываемый гнилостными микробами, и указал хирургам методы борьбы с микробами при операциях. С именем Пастера связано начало систематического и быстрого развития медицинской и ветеринарной микробиологии. Он получил вакцины против сибирской язвы (1881) и бешенства (1885), установил возбудителей заразных болезней — рожи свиней, холеры кур и некоторых других. Пастер первый ввел в практику методы уничтожения бактерий — стерилизацию в автоклаве и пастеризацию.



Луи Пастер.



Роберт Кох.

Наряду с работами Пастера необходимо назвать работы немецкого врача Роберта Коха (1843—1910). Он разработал методику выделения чистых культур микробов, для чего предложил пользоваться плотными питательными средами (мясопептонным желатином, свернутой сывороткой, картофелем), на которых можно легко выращивать изолированно каждый вид микробов. Это позволило быстрее обнаружить и изучить неизвестных микробов — возбудителей ряда заразных болезней. Кох выделил возбудителя туберкулеза человека и рогатого скота, возбудителя холеры. Им разработаны эффективные



И. И. Мечников.

методы уничтожения возбудителей ряда инфекционных болезней, положенные впоследствии в основу дезинфекции. Приемы, предложенные Кохом и разработанные далее другими исследователями, успешно применяются для уничтожения заразных микробов во внешней среде. Кох ввел в практику метод окрашивания микробов анилиновыми красителями (1877), что облегчило исследование микробов при самых сильных увеличениях микроскопа, разработал метод микротографии. Он же разработал методику заражения лабораторных животных в экспериментальных целях. Таким образом, Кох заложил основы современной методики микробиологических исследований.

Выдающиеся заслуги в развитии микробиологии принадлежат нашему ученому — зоологу Илье Ильичу Мечникову (1845—1916). Он первый научно обосновал причины невосприимчивости организма к заразным заболеваниям, разработав фагоцитарную теорию иммунитета. Его учение о роли фагоцитоза в самозащите организма от инфекции признано учеными всего мира. Он первый установил антагонизм между гнилостными и молочнокислыми бактериями и предложил простоквашу как средство для подавления гнилостных бактерий, миллиардами развивающихся в кишечнике. По его методике в настоящее время широко применяется ацидофилин в качестве лечебного средства при желудочно-кишечных заболеваниях молодняка сельскохозяйственных животных. Наблюдения Пастера, Мечникова над антагонизмом микробов послужили основой для современного учения об антибиотиках, которое сейчас получило широкое развитие.

Очень много сделал для микробиологической науки Лев Семенович Ценковский (1822—1887). Он изучил и описал 43 новых вида протистов — низших водорослей, инфузорий, миксомицетов. Вместе с Коном установил близость бактерий с сине-зелеными водорослями, открыл возбудителя превращения сахарной патоки в студень (лейко-



Л. С. Ценковский.

носток), впервые в России приготовил вакцину против сибирской язвы, сыгравшую большую роль в борьбе с этой опасной болезнью.

Дмитрию Иосифовичу Ивановскому (1864—1920) — физиологу растений — принадлежит честь открытия мира вирусов в 1892 г. при изучении мозаичной болезни листьев табака. В последующем другие исследователи установили, что вирусы являются возбудителями и некоторых других заболеваний (ящура, оспы и др.) человека, животных, а также растений.

Наряду с развитием медицинской и ветеринарной микробиологии выросли в качестве самостоятельных ветвей сельскохозяйственная и техническая микробиологии. Ценный вклад в их развитие внесли наши ученые С. Н. Виноградский, В. Л. Омелянский, С. П. Костычев, Н. Н. Худяков, В. С. Буткевич, В. Н. Шапошников и др.

Сергей Николаевич Виноградский (1856—1953), посвятивший всю свою жизнь изучению почвенных микробов, заслуженно признан основоположником почвенной микробиологии. Он доказал, что окисление аммиака в азотную кислоту происходит в результате жизнедеятельности нитрифицирующих бактерий, которые добывают углерод путем ассимиляции углекислоты, используя для этого энергию окисления аммиака или азотистой кислоты. Такой процесс ассимиляции получил название хемосинтеза. С. Н. Виноградский предложил оригинальный метод применения специальных избирательных (элективных) сред, что позволило не только открывать новые виды микробов, но и изучать жизнедеятельность почвенных бактерий в условиях, приближенных к естественному их обитанию в почве. Виноградский и Бейеринк открыли азотфиксирующие бактерии. Достойным продолжателем работ С. Н. Виноградского был его ученик Василий Леонидович Омелянский



Д. И. Ивановский.



С. Н. Виноградский.



В. Л. Омелянский.

(1867—1928), открывший возбудителей брожения клетчатки. Написанный им учебник «Основы микробиологии» известен специалистам всех отраслей науки и переведен на иностранные языки.

С. П. Костычев вскрыл механизм фиксации азота атмосферы азотфиксирующими бактериями, живущими в почве. Совместно с В. Л. Омелянским им заложены основы для теории химизма фиксации азота атмосферы азотобактером и другими почвенными бактериями. Н. Н. Худяков, В. С. Буткевич и другие своими исследованиями внесли ясность в понимание жизнедеятельности почвенных микробов в почве и ризосфере. В. С. Буткевич и С. П. Костычев доказали, что органические

кислоты образуются в результате жизнедеятельности грибов. Это дало возможность открыть промышленное производство лимонной кислоты. С. А. Королев (1874—1932) и А. Ф. Войткевич (1876—1950) много сделали для понимания особенностей молочнокислых бактерий, сущности микробиологических процессов при выработке, хранении и созревании молочных продуктов. В результате работ В. Н. Шапошникова и других представилась возможность в производственных условиях вырабатывать молочную кислоту, ацетон и бутиловый спирт.

Характерная черта отечественной микробиологии — стремление к раскрытию основных законов, определяющих сущность и направление этой отрасли знания. Для отечественных микробиологов характерны упорство и настойчивость, самоотверженность, готовность к самопожертвованию во имя науки. Немало микробиологов погибло в результате героических опытов или вследствие случайного заражения во время исследований.

Суров и тернист был путь микробиологической науки до Великой Октябрьской социалистической революции. В стране насчитывались единичные бактериологические учреждения. За годы Советской власти в микробиологии достигнуты колоссальные достижения. Сейчас, помимо широкой сети бактериологических институтов и кафедр микробиологии в сельскохозяйственных, ветеринарных, медицинских и технических институтах, во многих городах работают научно-исследовательские станции, в районах — диагностические лаборатории. Научной работой заняты не одиночки, а большая армия работников советской микробиологии.

В настоящее время изготовлены и с большой эффективностью применяются вакцины и сыворотки против ряда заразных болезней

человека и животных. Широко применяются антибиотики не только в медицинской и ветеринарной практике, но и в зоотехнии, агрономии, пищевой промышленности. Микроорганизмы используются для микробиологических методов анализа аминокислот, витаминов в кормах, питательных элементов в почве. Важные данные получены по микробиологии кормов, молока, что позволяет повысить качество молочных продуктов и их стойкость при хранении.

Основная задача медицинской микробиологии — изучение микробов — возбудителей заразных болезней человека; задача ветеринарной микробиологии — изучение микробов — возбудителей заразных болезней домашних животных (в том числе и птиц) и некоторых видов диких животных. В обязанности медицинских и ветеринарных микробиологов входит разработка и применение на практике специфических (микробиологических) методов диагностики, профилактики (вакцинация) и терапии (лечение) заразных болезней человека и животных, а также изучение возбудителей инфекционных заболеваний, которыми люди заражаются от животных (так называемые антропозоозы).

Сельскохозяйственная микробиология изучает почвенные микробы, их взаимоотношение с растениями, ищет лучшие методы удобрения почв полезными микробами, способствующими произрастанию культурных растений и повышению их урожая. Техническая микробиология занимается изучением микробов, применяемых в различных процессах брожения (при производстве спирта, пива, вин, выработке органических кислот — уксусной, молочной, лимонной и др.), а также в сыроварении, при заготовке впрок кормов и пищевых продуктов (силосование кормов, квашение капусты, изготовление маринадов).

В программу курса микробиологии для студентов зоотехнических институтов, помимо общей микробиологии (морфология и физиология микробов), входит изучение микрофлоры кормов, молока, молочных продуктов, мяса, кожевенно-мехового сырья, яиц, тела сельскохозяйственных животных, почвы, воздуха, воды, микробов — возбудителей основных инфекционных болезней животных, учение об инфекции и иммунитете. Таким образом, эта отрасль науки охватывает большой круг познаний, необходимых студенту для изучения других дисциплин, а будущему специалисту-зоотехнику для его практической работы в животноводстве.

ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

МОРФОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Место микроорганизмов в органическом мире. К микробам относят различные группы мельчайших организмов, из которых одни принадлежат к растительному миру, другие — к животному. Большинство микроорганизмов — одноклеточные существа, видимые только с помощью микроскопа. Лишь некоторые из них, например плесневые грибы и нитчатые бактерии, являются многоклеточными организмами и достигают иногда таких размеров, что бывают видимы даже невооруженным глазом.

Микроскопические грибки и дрожжи отнесены к низшим растениям, протозоа — к одноклеточным животным организмам. Вопрос же о месте бактерий окончательно еще не решен. У бактерий есть признаки (в основном формы тела), сближающие их с сине-зелеными водорослями. Но отсутствие хлорофилла отличает бактерии от водорослей и сближает их с микроскопическими грибами. Кроме того, грибы и бактерии одинаково питаются: среди бактерий и среди грибов встречаются сапрофиты и паразиты. В то же время у грибов дифференцированное вегетативное тело (мицелий) и в клетках находятся дифференцированные ядра, наличие которых у многих видов бактерий нельзя считать доказанным.

До настоящего времени не решен окончательно вопрос о филогенетическом родстве бактерий с другими организмами. Есть предположение, что различные группы бактерий имеют разное происхождение, поэтому бактерии выделены в самостоятельную группу простейших существ, находящихся на грани растительного и животного царства, как связующее звено между ними.

Бактерии

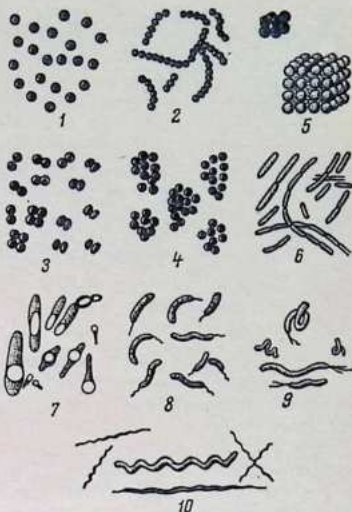
Основные формы бактерий. По внешним признакам бактерии принято делить на три основные группы — шаровидные, палочковидные и извитые (рис. 1), между которыми существуют многочисленные и почти незаметные переходы.

Шаровидные формы — кокки. Большинство представителей этой группы имеет форму правильного шара; встречаются, однако, кокки плоские, односторонневыгнутые или несколько вытянутые, заостренные на концах и др.

По признаку взаимного расположения кокки подразделяются на *монококки* (микрочкокки), когда каждый шарик по окончании деления клетки располагается одиночно; *диплококки*, представляющие собой

Рис. 1. Форма бактерий. Шаровидные бактерии:

1 — микрококки; 2 — стрептококки; 3 — диплококки и тетракокки; 4 — стафилококки; 5 — сарцины; палочковидные бактерии: 6 — палочки без спор; 7 — палочки со спорами; извитые бактерии: 8 — вибрионы; 9 — спириллы; 10 — спирохеты.



сцепление двух кокков, когда после деления клетки не расходятся, а остаются вместе; *тетракокки* — кокки, сцепленные по четыре, как результат деления клетки в двух взаимно перпендикулярных направлениях; *стрептококки* — кокки, располагающиеся в виде цепочки, в этих случаях кокки делятся в одной плоскости; *сарцины* — соединения 8, 16 и более кокков в виде тьюков, когда деление клетки повторяется в трех взаимно перпендикулярных направлениях; *стафилококки* — беспорядочные скопления шариков, напоминающие виноградные гроздья, образуются в результате деления клетки в разных направлениях. Н. А. Красильников не выделяет их в особый род, так как при определении его не отмечено различий от микрококков.

Палочковидные формы. Палочковидные бактерии различаются по длине, диаметру, форме концов клеток, взаимному расположению, образованию спор и т. д. В зависимости от способности палочковидных бактерий образовывать споры их принято делить на бактерии и бациллы. *Бактерии* — палочки, не образующие спор (сокращенно Bact., например Bact. coli); *бациллы* — палочки, образующие споры (сокращенно Bac., например Bac. subtilis). Таким образом, термин «бактерии» собирательный, под ним подразумевается или целый класс микробов, куда входят шаровидные, палочковидные и извитые формы, или только палочковидные формы (спорообразующие и не образующие спор), или, наконец, только палочки, не образующие спор.

По взаимному расположению палочек различают *диплобактерии*, или *диплобациллы*, — парное соединение палочек и *стрептобактерии*, или *стрептобациллы*, — палочки, соединенные в цепочку. Иногда встречаются очень мелкие палочки, почти не отличающиеся от вытянутых кокков; такие микробы называются *коккобактериями*.

Извитые формы. Среди извитых форм бактерий отдельные представители различаются не только по длине и диаметру клетки, но и по числу и характеру завитков. К извитым формам бактерий

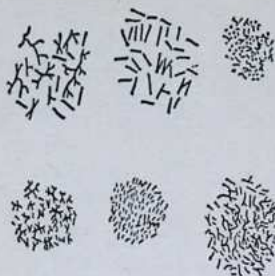


Рис. 2. Микобактерии; формы клеток у разных видов.

относят вибрионы и спириллы. *Вибрионы* представляют собой слегка изогнутые в виде запятой палочки, *спириллы* — палочки, образующие несколько завитков (до пяти).

К спиралевидным формам микроорганизмов относят также *спирохеты* — длинные и тонкие извитые формы с многочисленными мелкими завитками. Они занимают промежуточное положение между бактериями и протозоа, имеют черты сходства и различия с теми и другими и отнесены в самостоятельное семейство, а советский ученый

Н. А. Красильников выделил их в отдельный класс.

Бактерии в форме длинных палочек или нитей с боковыми выростами объединены в группу *микобактерий* (рис. 2). Представителями их могут служить разновидности туберкулезной палочки, возбудитель паратуберкулеза. Близки к этой группе *коринебактерии* (от греч. «корине» — булава), отличающиеся от микобактерий колбовидными вздутиями или клинообразно заостренными концами и включениями волутиновых зерен. К коринебактериям относят бактерии псевдотуберкулеза животных и дифтерийную палочку.



Рис. 3. Нитчатая бактерия (*Crenothrix polyspora*); прикрепленные нити, на некоторых кончиках вновь прорастают в нити.

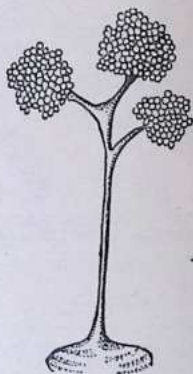


Рис. 4. Микобактерии; разветвленная зооглея с шарообразными вздутиями на концах ветвей.

К бактериям относят группу многоклеточных организмов, так называемых нитчатых (рис. 3), имеющих форму нити, и группу слизистых бактерий — миксобактерий (рис. 4), отличающихся от настоящих бактерий сложностью строения и циклами развития; миксобактерии выделены Н. А. Красильниковым в особый класс (*Myxobacteria*).

Величина бактерий. Диаметр клетки большинства шаровидных бактерий 1—2 мкм*. Бактерии цилиндрической формы чаще всего бывают длиной 1—4 мкм, шириной 0,5—1 мкм. В объеме одной капли воды может поместиться несколько сотен миллионов микробов. Есть бактерии и значительных размеров. Например, поперечный диаметр серобактерии (*Beggiatoa mirabilis*) достигает 50 мкм. Размеры некоторых бактерий приведены в таблице 1.

Таблица 1

Размеры бактерий (мкм)

Название бактерии	Длина	Ширина
Микрококк	0,8	0,8
Молочный стрептококк	0,8—1,2	0,5—0,8
Ацидофильная палочка	1,5—6,0	0,6—0,9
Кишечная »	1,0—3,0	0,5—0,8
Сырная »	2,0—6,0	0,7—0,9
Сенная »	1,2—3,0	0,8—1,2
Картофельная »	3,0—10,0	0,75—1,0
Туберкулезная »	1,5—3,5	0,3—0,5
Сибиреязвенная »	4—8	1,0—1,5
Возбудитель бруцеллеза	0,5—1,5	0,4—0,6

В природе найдены и более мелкие формы микроорганизмов, получившие название ультрамикробов. Эти формы настолько малы, что выходят за пределы видимости в световом микроскопе. Это — вирусы, бактериофаги, а также невидимые фильтрующиеся формы бактерий. Величина вирусов измеряется миллионными долями миллиметра; в системе СИ — в нанометрах (нм**). Подробные сведения о вирусах см. раздел «Вирусы» (стр. 148).

Строение бактериальной клетки. Бактериальная клетка по строению принадлежит к одним из наиболее простых существ. Однако многое в строении бактерий, несмотря на большие успехи микроскопической и гистологической техники, до сих пор не изучено. Препятствием к изучению строения этих существ является их ничтожная величина, изменчивость в зависимости от возраста, условий питания и окружающей среды. Поэтому, изучая бактерии, необходимо проводить исследования в строго одинаковых условиях.

* Микрон (мк) в системе СИ (Международной системе единиц) называется микрометр (мкм), размер единицы $1 \cdot 10^{-6}$ м.

** 1 нм = $1 \cdot 10^{-9}$ м.



Рис. 5. Схема строения бактериальной клетки (по В. И. Бпрюзовой):

Я — нуклеонд; М — мезосомы; АМ — аналоги митохондрий; КС — клеточная стенка; К — капсула; ЦМ — цитоплазматическая мембрана; АЦ — аналоги центросом; В — вакуоль; ВП — выделительные пузырьки; Б — блефаробласт; ЖГ — жгутики; Ж — жир; Вол — волютин; Г — гликоген; Р — рибосомы.

Содержимое бактериальной клетки. В результате микроскопического исследования наиболее крупных бактерий установлено, что под оболочкой клетки находится полужидкое прозрачное протоплазматическое содержимое (рис. 5). Оно получило название протоплазмы, или цитоплазмы, бактериальной клетки. Протоплазма бесцветна, гомогенна, иногда с резко выраженной зернистостью (у азотобактера), представляет собой коллоидную систему, состоящую из воды, белков, жиров, нуклеиновых кислот, различных минеральных веществ и др.

Консистенция протоплазмы в разных слоях неодинакова: располагающийся непосредственно под оболочкой тонкий слой более плотный, чем остальная масса в центре клетки. Это дало повод утверждать, что полупроницаемые свойства клетки зависят от особой структуры наружного слоя протоплазмы, получившего название цитоплазматической мембраны — перипласта. Химическая структура перипласта очень сложная, сюда входят липонды, протенины, углеводы, значительное количество ферментативных систем. Перипласт выполняет важные функции: регулирует поступление в клетку и выделение из нее различных веществ, растворенных в среде или протоплазме, осуществляет синтез клеточной стенки, а также и других компонентов бактериальной клетки (протенина

и, возможно, рибонуклеиновой кислоты). От мембраны отходят жгутики клетки.

В протоплазме бактериальной клетки находятся различные включения: гликоген, гранулеза, жир, сера, железо и др. К числу включений, постоянно обнаруживаемых в клетке, относится белок волютин (рис. 6), известный под названием метакроминовых зерен, впервые обнаруженных у *Spirillum volutans* (отсюда и название волютина). Интересная особенность волютина — его свойство при известных условиях окрашиваться в другой цвет, чем протоплазма (например, зерна волютина дифтерийной палочки красятся старым раствором метиленовой сини в красно-фиолетовый цвет, а протоплазма — в синий). Часть включений (жир, гликоген, волютин, сера, железо и др.) служит запасным питательным материалом, а часть — продуктами

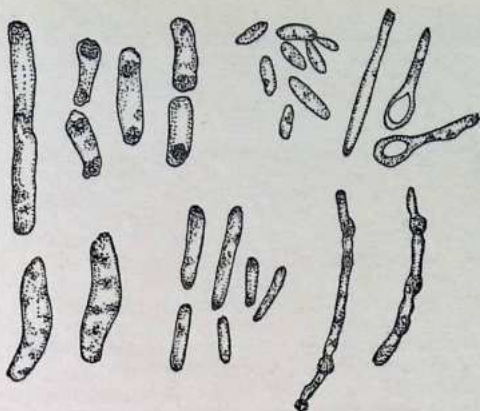


Рис. 6. Включения волютина в клетках различных бактерий.

обмена (щавелевокислые соли). В бактериальных культурах часто наблюдаются в качестве включений вакуоли, наполненные клеточным соком (представляющим собой водный раствор различных минеральных и органических веществ) и окруженные тонкой оболочкой. Роль вакуолей у бактерий еще не выяснена. У большинства бактерий имеются образования в виде зерен, богатые рибонуклеиновой кислотой (РНК), и комплексные ферментативные аппараты, обеспечивающие обмен веществ микробной клетки.

Обнаружены также особые включения (в виде мелких зерен), получившие название *митохондрии* (некоторые их называют метаболические тела, кондриоды), обладающие высокими окислительно-восстановительными свойствами. Кроме того, они принимают активное участие в синтезе многих сложных веществ микробной клетки. Запас питательных веществ клетки может изменяться: он возрастает при хорошем питании клеток и уменьшается при голодании. Некоторые микроорганизмы могут накапливать запасы жира, достигающие половины веса микробной массы.

Протоплазма бактерий разных видов неодинакова и по химическому составу. Это подтверждается отношением бактерий к красителям. Так, при сложной окраске по Граму все виды бактерий делятся на две большие группы: грамположительные (окрашивающиеся в темно-фиолетовый цвет) и грамотрицательные (окрашивающиеся в красный цвет).

Протоплазма имеет важное значение в жизни бактерий. Она обладает характерными свойствами живой материи и способностью непрерывно обновлять свою внутреннюю структуру. Ассимилируя питательные вещества, протоплазма одновременно может влиять на

состав и свойства окружающей среды и сама подвергаться ее влиянию. Путем сложных химических реакций в протоплазме происходит синтез, то есть образование из простых соединений сложных веществ, которые и входят в состав протоплазмы (белки, углеводы и др.). Одновременно с этим идет обратный процесс — разложение сложных веществ на ряд простых соединений.

Ядро бактериальной клетки. Изучение ядра бактериальной клетки связано с некоторыми техническими трудностями, поэтому до сих пор нет единого мнения о дифференцированном ядре у бактерий. Одни ученые отрицают наличие у них цитоплазмы, за исключением прилегающего к оболочке тонкого слоя. Все содержимое клетки они рассматривают как ядерную субстанцию. По М. А. Пешкову и другим исследователям, у некоторых бактерий имеется обособленное ядро, ясно дифференцированное от цитоплазмы. Другие исследователи отрицают существование у бактерий обособленного ядра и утверждают, что ядерные вещества рассеяны по всей цитоплазме диффузно. Третье воззрение: не у всех бактерий одинаковая структура ядерного аппарата, у некоторых бактерий ядерное вещество распределено в цитоплазме диффузно, у более крупных, например у миксобактерий, ядро отчетливо отграничено от цитоплазмы.

Ядерное образование, по последним данным, представлено одной или несколькими круглыми, овальными или продолговатыми массами дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), расположенными обычно в центре бактериальной клетки. У некоторых видов бактерий дезоксирибонуклеиновая кислота в форме гранул рассеяна в той или иной степени в центральной части цитоплазмы и группируется более комплектами массами лишь при определенных стадиях бактериального деления.

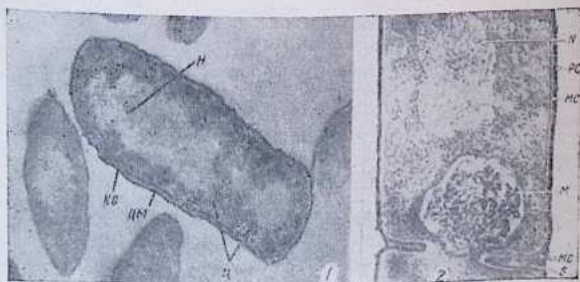


Рис. 7. Строение клетки:

1 — ультратонкий срез кишечной палочки (по В. М. Кушнareву); КС — клеточная стенка; ЦМ — цитоплазматическая мембрана; Ц — цитоплазма; Н — нуклеонд; 2 — сверхтонкий срез *Bac. subtilis* (x 190 000); Н — ядро с фибриллярной структурой; РС — клеточная стенка; МС — цитоплазматическая мембрана, состоящая из двух слоев; М — мезосома; S — растущая поперечная перегородка.

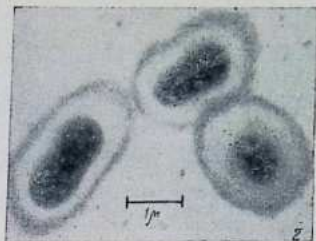
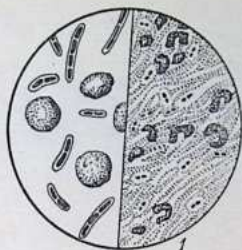


Рис. 8. Капсулы:
1 — капсулы у бактерий; 2 — капсулы у пневмококков.

Оболочка бактерий, или клеточная стенка клетки, обуславливает относительное постоянство форм бактерий (палочки, кокки, извитые формы). Во время движения бактерии нередко можно наблюдать изгибание ее тела, что возможно только при наличии клеточной стенки. Последняя становится хорошо заметной, если бактериальную клетку поместить в концентрированный раствор сахара или поваренной соли. С потерей воды вследствие разницы осмотического давления в клетке и окружающей среде более упругая по сравнению с цитоплазмой клеточная стенка отделяется от нее и становится видимой. У некоторых бактерий можно обнаружить двойные контуры клеточной стенки. Внешний слой оболочки (толщина 10—30 нм) главным образом определяет форму бактерий, а внутренний слой, более тонкий (5—10 нм), состоит из белков, углеводов, липондов и обладает осмотическими и ферментативными свойствами, что и обуславливает избирательность бактериальной оболочки.

Оболочка очень тонка и бесцветна: чтобы обнаружить ее под микроскопом, прибегают к предварительной химической обработке и окрашиванию. В электронном микроскопе оболочка отчетливо выступает и легко отличима от наружного слоя цитоплазмы (рис. 7). Будучи для бактерий защитой от неблагоприятных внешних воздействий, оболочка принимает участие и в обмене веществ клетки: здесь наиболее интенсивно происходит синтез полисахаридов. Она является частью живого вещества бактериальной клетки и неразрывно с ним связана (М. А. Пешков). Химический состав бактериальной оболочки неоднороден. В него входят полисахариды, липонды, аминокислоты и др.

Капсулы. Наружный слой оболочки у всех видов бактерий покрыт веществом слизистой консистенции. Оболочка, поглощая воду, у некоторых бактерий набухает и образует студенистую массу, называемую капсулой (рис. 8). Есть сведения, что капсульное вещество выделяется из протопласта клетки и откладывается вокруг оболочки. Капсула достигает иногда размеров, превышающих величину самой бактериальной клетки. Обычно капсула окружает от одной до 3—4 микробных клеток, иногда же слизистая масса образуется вокруг большого

количества микробных клеток. Такое скопление микробов, заключенных в общую капсулу, называется *зооглеей*.

У разных бактерий капсула имеет различный химический состав. У некоторых из них (например, у *Leuconostoc mesenteroides*) она содержит декстран, фруктозан и др. Декстран по своим свойствам сходен с плазмой крови человека. У многих бактерий капсула состоит из комплекса белков, обычно дает реакцию на муцин и окрашивается неодинаково с протоплазмой клетки. При использовании метиленовой сини капсулы окрашиваются в светло-розовый цвет, а бактерии — в темно-синий (см. цв. табл. 1).

Образование капсулы зависит от условий развития и питания бактерий. У некоторых видов капсула формируется при большом количестве углеводов и низком содержании белков в питательной среде. Некоторые патогенные бактерии образуют капсулу при размножении в организме животных или человека и не образуют ее на обычных питательных средах (возбудитель сибирской язвы). Капсула у бактерий является защитным приспособлением против неблагоприятного действия внешней среды.

Вокруг тела некоторых нитчатых бактерий образуются вследствие затвердения наружных слоев оболочки (явление, обратное капсулообразованию) особые чехлы, или влагалища. У железобактерий в этих чехлах отлагается гидроокись железа, вследствие чего они приобретают особую прочность. На дне озер и болот образуются отложения руды, состоящей из остатков железобактерий.

Споры и спорообразование. У некоторых видов бактерий при определенных условиях существования образуются внутри клетки особые тельца, называемые спорами. К таким условиям, в частности, относятся: недостаток питательных веществ, накопление продуктов обмена в старых культурах. Например, у бацилл сибирской язвы споры появляются при температуре не ниже 12° и не выше 42° и только при доступе кислорода; у бацилл-анаэробов спорообразование наступает только в отсутствие кислорода.

При спорообразовании клетка теряет значительное количество свободной воды, протоплазма ее уплотняется и покрывается плотной оболочкой, пропитанной смолистыми и липондными веществами. По последним данным, в спорах у некоторых видов бацилл воды столько же, сколько и у вегетативных форм, но она находится в основном в связанном состоянии, что затрудняет ферментативную активность клетки. В споре отмечена высокая концентрация магния и кальция, что повышает ее устойчивость к нагреванию.

Споры весьма устойчивы против физико-химических воздействий: высушивания, высокой температуры, химических дезинфицирующих веществ (креолина, карболовой кислоты, хлорной извести и др.). В высушенном состоянии споры бацилл могут сохраняться десятки лет (возбудители сибирской язвы, столбняка, сенная палочка и др.). Спора возбудителя сибирской язвы способна выдержать кипячение в течение 15 минут, спора сенной палочки — в течение 2 часов, тогда как вегетативная форма этих микробов гибнет при температуре 75° .

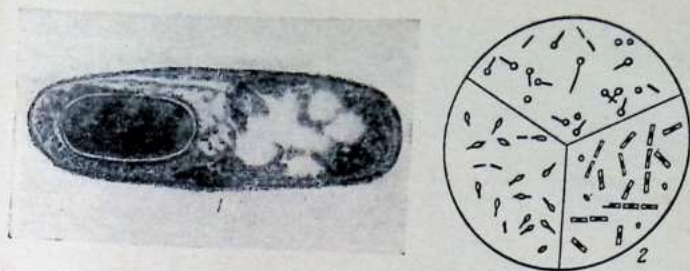


Рис. 9. Спорообразование:

1 — ультратонкий срез (увел. в 41 000 раз); 2 — форма и расположение спор у бацилл (схема).

через несколько минут. Устойчивость спор к действию высоких температур, химических веществ, а также их свойство продолжительное время сохраняться в жизнеспособном состоянии можно объяснить плохой проницаемостью наружной оболочки, малой ферментативной активностью спор, низким содержанием в них свободной воды. Высказываются и другие предположения о причинах устойчивости спор, но они требуют дополнительного изучения.

Процесс спорообразования у разных бацилл происходит с различной скоростью, в среднем для споруляции требуется от 4 до 8 часов. А. А. Имшенецкий наблюдал у некоторых бацилл (*Bac. mycoides*) спорообразование в течение 70—75 минут.

Зрелая форма споры под микроскопом представляет собой блестящее округлое или овальное тельце, резко очерченное, с равномерно темным контуром. У нее две оболочки: наружная — *экзина* и внутренняя — *интина*. Экзина выполняет защитную функцию; интина имеет значение в процессе прорастания споры, в формировании оболочки проростка. Споры бацилл не окрашиваются обычными красителями, используемыми для окраски бактерий; для окраски спор применяют сложный способ.

У одних бацилл споры образуются в середине клетки, превышая в диаметре ее ширину, в результате клетка принимает форму веретена (клостридий) или лимона (*Clostridium Pasteurianum*). У других бацилл спора хотя и образуется в центре клетки, но поперечник ее не превышает толщины клетки и палочка не изменяет внешних очертаний (возбудитель сибирской язвы). Иногда споры располагаются на конце палочек, несколько превышая их толщину и принимая форму барабанных палочек (возбудитель столбняка) (рис. 9).

Расположение и форма спор могут служить дополнительным признаком при определении вида бактерий. Спорообразование у бактерий в отличие от дрожжей и плесневых грибов рассматривается не как процесс размножения, а как защитное приспособление для сохранения вида. Это подтверждается тем, что в каждой бактериальной клетке образуется по одной споре и каждая спора дает одну вегетативную



Рис. 10. Полярное прорастание спор *Clostr. butyricum* (увел. в 1000 раз).

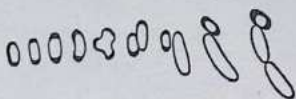


Рис. 11. Экваториальное прорастание спор *Bac. subtilis* (увел. в 1000 раз).

форму клетки; кроме того, споры сохраняются в жизнеспособном состоянии очень продолжительное время (иногда десятки и сотни лет).

Полученные за последние годы данные указывают, что спорообразование не всегда отвечает требованию сохранения вида. У большинства почвенных бактерий при неблагоприятных условиях не наступает спорообразования.

Крупный советский микро-

биолог Н. А. Красильников допускает, что спорообразование у бактерий является биологической формой обновления организма, способом повышения жизнеспособности клеток и, следовательно, всего вида. Споры образуются не у всех видов: кокки, за исключением некоторых представителей, не способны к спорообразованию. Споры у извитых форм — тоже редкое явление. Чаще всего спорообразование наблюдается у палочковидных форм.

Для прорастания спор в вегетативные формы необходимы благоприятные условия — определенная влажность, температура, питательные вещества и др. Для перехода споры в вегетативную форму требуется обычно несколько часов, но в некоторых случаях достаточно 40—50 минут. Оболочка споры при этом постепенно набухает, мутнеет, увеличивается в размерах, затем разрушается. Чаще всего она разрывается в одном месте, откуда выходит бактериальный проросток, из которого затем развивается бактериальная клетка.

Принято различать полярное, экваториальное и косое прорастание спор (рис. 10, 11). При полярном прорастании проросток проходит через отверстие на одном конце и реже — на обоих, при экваториальном — спора прорастает в средней части клетки, то есть перпендикулярно к длине оси. Косое прорастание бывает очень редко. Механизм разрыхления оболочки споры точно не установлен. Предполагают, что происходит или разрыв оболочки вследствие набухания содержимого, или оболочка растворяется под действием выделяемого клеткой фермента. Спорообразование относится к видовым признакам бактерий, но этот признак непостоянен, зависит от условий внешней среды. Например, после длительного выращивания при температуре 42,5° микроб сибирской язвы теряет способность образовывать споры: аспорогенные штаммы можно получить и путем добавления в питательную среду химических веществ.

Движение бактерий. Многие виды бактерий могут самостоятельно двигаться. Эта способность обуславливается наличием у бактерий жгутиков или ресничек — производных эктоплазмы клетки. Жгутики имеют вид тонких длинных нитей, отходящих от перипласта клетки, диаметр их не превышает 0,02—0,05 мкм. Они хорошо видны в элект-

ронный микроскоп (рис. 12). Чтобы обнаружить жгутики при обычном увеличении микроскопа, прибегают к протравливанию препарата с целью увеличения диаметра жгутиков, а также самой бактерии. Длина жгутиков не одинакова, у некоторых бактерий они достигают 30 мкм, во много раз превышая длину самой бактерии. Построены жгутики из спирально закрученной осевой нити и чехла белкового происхождения, отличающегося от белков сомы клетки. Жгутики содержат азот, фосфор, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты и большинство аминокислот.

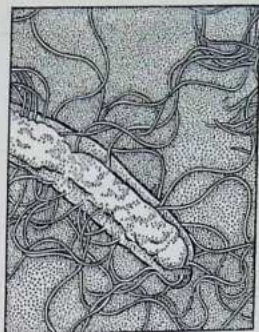


Рис. 12. Жгутики у бактерий (увел. в 45 000 раз).

По характеру расположения жгутиков и числу их принято различать: *монотрихи* — бактерии с одним жгутиком на одном из концов клетки; *лофотрихи* — бактерии с несколькими жгутиками, расположенными на одном из концов клетки; *перитрихи* — бактерии с большим числом жгутиков на всей поверхности бактериальной клетки (рис. 13).

Хотя жгутики и являются видовым признаком, наличие их зависит от условий внешней среды. На твердых средах при длительном выращивании культуры у бактерий жгутики могут исчезать, а на жидких — вновь появляться. Бактерии теряют жгутики и во время образования спор. Слишком низкие или высокие температуры могут приостановить движение бактерий. На подвижность бактерий влияет также присутствие в среде наркотических веществ, ядов, продуктов жизнедеятельности клетки. Быстрота движения у бактерий разных видов различна. Так, сенная палочка движется со скоростью около 10 мкм в секунду, холерный вибрион — 30 мкм, большинство же подвижных видов передвигается со скоростью 2—10 мкм в секунду.

Характер движения бактерий зависит главным образом от расположения жгутиков и частично от формы тела. Бактерии, у которых жгутики находятся на одном конце тела, движутся обычно по прямой



Рис. 13. Расположение жгутиков у подвижных видов бактерий:

а — монотрихи; б — лофотрихи; в — перетрихи.

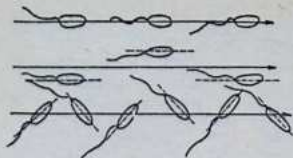


Рис. 14. Тип движения у бактерий (схема).

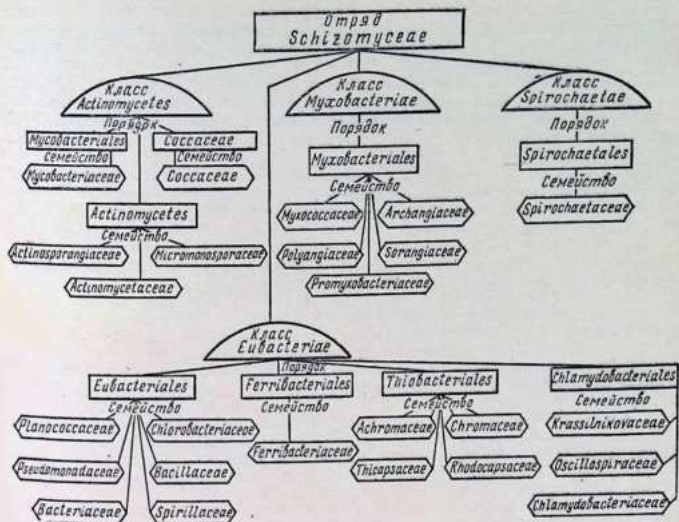
линии, совершая иногда легкое колебательное движение (рис. 14). У перитрихов движение сопровождается оживленным кувырканием клетки в разные стороны. Спирохеты движутся вследствие ритмического сокращения тела клетки, а некоторые — посредством жгутиков.

Не следует смешивать самостоятельное движение бактерий с молекулярным движением взвешенных в воде мельчайших частиц, названным броуновским (по имени Броуна). Броуновское движение характеризуется беспорядочным колебанием бактерий на одном месте с отклонением то в одну, то в другую сторону. Активное движение бактерий — поступательное; они перегоняют друг друга в разных направлениях и с разной скоростью. Движение бактерий не следует также смешивать с чисто механическим перемещением, когда с током жидкости все частицы передвигаются в одном направлении и с одинаковой скоростью. Ряд авторов указывает на возможность движения некоторых бактерий без жгутиков путем отталкивания выбрасыванием слизи (миксобактерии).

Принципы классификации бактерий. Систематика бактерий имеет специфические особенности. Микроскопическая величина бактерий и их изменчивость под влиянием внешних условий в сильной степени затрудняют классификацию. Современная микробиология использует для классификации бактерий комплекс признаков, а именно: *морфологические* — форма клетки, ее размеры, способность к движению и спорообразованию, отношение к окраске по Граму; *культуральные* — характер роста на мясопептонном бульоне, на мясопептонном агаре и желатине; *физиологические* — особенности питания и дыхания, характер выделяемых при этом продуктов, наличие или отсутствие свертывания молока, *болезнетворность*, серологические свойства (реакция агглютинации) и др. Генетическая дифференциация по гомологичности нуклеиновых кислот пока не нашла широкого практического применения в систематике бактерий.

Разработано много схем классификации бактерий (Бердже, Н. А. Красильников, Леман и Нейман, Р. А. Цюн и др.), но ни одна из них не может считаться вполне удовлетворительной. Н. А. Красильников (1949) делит простейшие растения (протофиты) на две группы: *Schizophyceae* (шизофидея), образующие хлорофилл, и *Schizomyceteae* (шизомидея) — безхлорофильные организмы. Вторая группа, в свою очередь, подразделяется на четыре класса (см. схему): *Actinomycetes*, *Eubacteriae* (Bacteriae), *Mycobacteriae*, *Spirochaetae*. Классы состоят из порядков, семейств, родов, видов *.

* Каждая таксономическая группа имеет характерное окончание в своем названии: порядок — *ales*, семейство — *aceae*.



Когда дается видовое название бактерий, чаще всего принимается во внимание важный физиологический признак или постоянное место обитания, например *Bacterium denitrificans* — денитрифицирующие бактерии (разрушают соли азотной кислоты); *Clostridium cellulosaе* — бациллы, разлагающие клетчатку; *Escherichia coli* — кишечная палочка, всегда находится в кишечнике.

Бактерии принято называть двумя терминами. Один из них означает род, например *Bacillus*, и пишется с прописной буквы, другой — вид, например *subtilis*, и пишется со строчной буквы: *Bacillus subtilis* — сенная бацилла; *Escherichia coli* — кишечная палочка. В микробиологии часто пользуются термином штамм. Это чистая культура определенного вида микроба. Например, кишечная палочка получена от кроликов № 1 и № 2. Можно назвать первую «штаммом № 1», вторую — «штаммом № 2».

Семейство *Planococcaceae* (планококкацеа) включает все кокковидные бактерии, обладающие активной подвижностью.

Род *Planococcus* имеют жгутики. По внешнему виду клеток, культуральным, биохимическим свойствам они не отличаются от кокков (микрококкус, см. семейство коккацеа) неподвижных. Род *Planosarcina* — клетки соединены в пакеты или парно и по четыре.

Семейство *Pseudomonadaceae* (псевдомонадацеа). В эту группу микроорганизмов входят неспороносные палочковидные граммотрицательные подвижные бактерии. Число жгутиков у разных видов различно: от 1 до 7, чаще 2—3 на одном или на обоих концах.

Подразделение на отдельные роды — *Pseudomonas* (псевдомонас) и виды основано на физиологических или биологических признаках. Например, *Ps. pyocyanea* — культура, образующая синий и зеленовато-синий пигмент, *Ps. denitrificans* восстанавливает нитриты до свободного азота.

Семейство *Bacteriaceae* (бактериacea). Палочковидные, грамтрицательные, не образующие спор, подвижные бактерии. Жгутики расположены перетрихально. Расположение жгутиков по всей поверхности клетки (перетрихально) побудило выделить их в отдельную группу микроорганизмов, далеко стоящую от бактерий с полярными жгутиками, — псевдомонас.

Семейство *Bacillaceae* (бациллаcea), род *Bacillus* — образующие споры палочки, обычно грамположительные, подвижные, имеют жгутики. Род *Clostridium* — клетки, относящиеся к этому роду, перед спорообразованием раздуваются, приобретая клостридиальную и лимонovidную форму или форму барабанной палочки.

Семейство *Chlorobacteriaceae* (хлоробактериacea). Сюда включаются все бактерии, вырабатывающие зеленый пигмент (бактериовиридин или бактериохлорин). Форма клеток шаровидная или палочковидная.

Семейство *Spirillaceae* (спириллаcea). Клетки спирально изогнуты. Род *Vibrio* (один завиток, в виде запятой) и род *Spirillum* (не более пяти завитков).

Семейство *Spirochaetaceae* (спирахетаcea). Длинные спиральноизогнутые клетки. Завитки спирали меняются при движении. Клетки подвижны, концы их у некоторых видов суживаются в нитевидные образования, похожие на жгутики. Некоторые виды являются болезнетворными для человека (сифилис) и животных (лептоспироз и др.).

Семейство *Coccaceae* (коккаcea). К этой группе организмов относятся шаровидные бактерии (см. рис. 1); в цикле развития, как правило, не образуют палочковидных форм. Спор не образуют, неподвижны (отличие от планококков), грамположительны. Семейство подразделяется на роды: *Micrococcus*, *Diplococcus*, *Tetracoccus*, *Streptococcus*, *Sarcina*.

Семейство *Mycobacteriaceae* (микобактериacea). Клетки палочковидные или кокковидные, обычно искривленные (размер $3-7 \times 0,7$ мкм). Характерной особенностью этой группы микробов является то, что молодые клетки в процессе роста образуют характерные, хорошо выраженные боковые выросты — ветвления. Сюда относятся следующие роды: *Mycobacterium*, *Propionobacterium* (пропионовокислые бактерии), *Lactobacterium* (молочнокислые бактерии), *Mycococcus*. Клетки шаровидные, располагаются одиночно или короткими цепочками и пучками. От типичных культур рода *Micrococcus* микокки отличаются разнообразием величины ($0,7-1,0$; $0,2-0,5$ мкм) и формы (овальные, угловатые, с отростками и без них и т. д.).

Чтобы определить, к какому роду и виду относится тот или иной микроорганизм, нужно изучить морфологические, культуральные, физиологические признаки и биохимические свойства чистой культуры микроба. После этого устанавливают род и вид микробов по специальным определителям, в которых подробно описаны характерные особенности семейств, родов и видов бактерий, актиномицетов и грибов.

Актиномицеты

Актиномицеты, или лучистые грибы (от греческого «актис» — луч и «микс» — гриб), по строению сходны с бактериями и низшими грибами и занимают промежуточное положение между бактериями и плесневыми грибами. У актиномицетов одноклеточный, несептированный, ветвящийся мицелий, состоящий из сплетения тонких нитей — гифов различной длины с диаметром, не превышающим диаметра бактерий — $0,5-1,0$ мкм (рис. 15). В клетке различны оболочка и протоплазма; о дифференцированном ядре вопрос не решен, как и о ядре у бактерий. Актиномицеты хорошо растут при температуре $32-37^\circ$ (рН $6,8-7,4$). На питательных средах размножаются в виде длинных нитей. Ветвистый мицелий частью погружен в питательный субстрат,

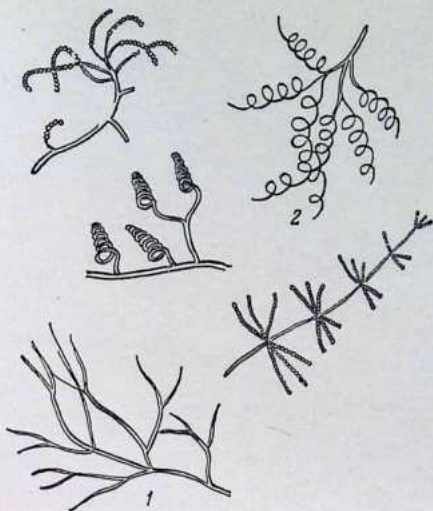


Рис. 15. Актиномицеты:

1 — мицелий и 2 — спораносцы (увел. в 88 раз) (по Кра-
сильникову).

частью поднимается в виде воздушного мицелия, ветви которого формируются в спораносцы. Лучистыми грибами называют за характерный рост на питательном субстрате: колония их имеет плотную центральную часть и расходящиеся к периферии нити наподобие лучей; некоторые виды растут, как бактерии. На твердых питательных средах актиномицеты образуют плотные округлые и вырастающие в среду колонии. Многие актиномицеты дают пигмент разных цветов: розовый, красный, зеленый, бурый, черный; хорошо красятся анилиновыми красителями, большинство грамположительно. Среди актиномицетов есть кислотоустойчивые виды.

Размножаются актиномицеты путем распада мицелия на фрагменты — о и д и и, которые при благоприятных условиях могут дать начало новому мицелию, и посредством спор. Споры формируются на ветках изогнутого воздушного мицелия и называются воздушными (рис. 16). Колонии актиномицетов на питательных средах при образовании воздушных спор как бы посыпаны мелом. Споры очень устойчивы против высоких температур, выдерживают нагревание до 120° .

Актиномицеты широко распространены в природе; в больших количествах они содержатся в почве, навозе и других гниющих веществах. Большую роль они играют в почвообразовании и образовании гуминовых веществ (перегноя). Некоторые из них продуцируют

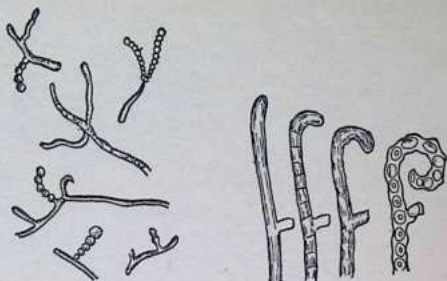


Рис. 16. Образование воздушных спор у актиномицетов (схематично) (по Омелянскому).

вещества, придающие специфический запах почве. Отдельные виды их используются для приготовления антибиотиков (стрептомицин, тетрациклин). Некоторые актиномицеты обладают патогенными свойствами, вызывая у человека и животных тяжелое заболевание — актиномикоз, сопровождающееся разрушением мягких тканей и костей.

К л а с с и ф и к а ц и я г р и б о в. Грибы классифицируют по классам, подклассам, порядкам, семействам, родам и видам. В зависимости от характера полового размножения их делят на четыре класса: 1) архимицеты; 2) фикомицеты; 3) аскомицеты (сумчатые) и 4) базидиальные.

К классу *архимицетов* относят просто организованные грибы. У некоторых из них есть зачаточный мицелий (грибница), у других тело состоит только из комочка протоплазмы. Размножение может быть бесполое и половое. Класс *фикомицетов* характеризуется хорошо развитым многоядерным одноклеточным мицелием (например, виды рода *мукор*). В класс *аскомицетов* (сумчатых) входят организмы с хорошо выраженным мицелием, разделенным на перегородки (за исключением дрожжей, у которых типичного мицелия нет). Всем сумчатым грибам присущ сложный цикл развития. Для класса *базидиомицетов* характерны многоклеточный мицелий и споры, образующиеся на спороносцах (базидиях).

Дрожжи

Дрожжи — одноклеточные, лишённые хлорофилла, немиелиальные грибы, относящиеся к классу аскомицетов (сумчатые грибы). Видов дрожжей очень много. Форма их весьма разнообразна — яйцевидная, эллиптическая, цилиндрическая, лимоновидная, шаровидная. Дрожжевые клетки крупнее бактерий, достигают в диаметре 8—10 мкм, неподвижны (не имеют органов движения). Широко распространены в природе: в верхних слоях почвы садов и виноградников, в пыли, на плодах и листьях многих растений.

Строение дрожжевой клетки. Дрожжевая клетка имеет оболочку, цитоплазму и ясно выраженное дифференцированное ядро. Цитоплазма гомогенна или тонкозерниста, в ней обнаруживаются 1—2 вакуоли различной формы. Вакуоли отделены от цитоплазмы тончайшей оболочкой — тонопластом, состоящей из липондных и белковых молекул с большой поверхностной активностью. Кроме того, в цитоплазме видны удлинённые или нитчатые тельца — митохондрии, которые, адсорбируя некоторые вещества, включают их в обмен веществ клетки. К другим включениям относятся гликоген, волютин (белок: альбумин, глобулин, фосфоропротенин и др.), капли жира (рис. 17). В некоторых дрожжевых клетках количество жира достигает 30—50% их веса (*Endomycetes vernalis*). Этот вид дрожжей может быть использован для производственных целей (дрожжевание соломы).



Рис. 17. Схема строения дрожжевой клетки.

Размножение дрожжей. Размножаются дрожжи главным образом почкованием, реже — спорообразованием и еще реже — простым делением (рис. 18); у некоторых видов наблюдается половой процесс.

Почкование. На поверхности зрелой клетки появляется бугорок — почка, которая постепенно увеличивается. В эту почку из материнской клетки переходит часть цитоплазмы и ядра, после чего почка отшнуровывается и начинает самостоятельное существование. У некоторых видов дрожжей дочерние клетки не отрываются от материнской; образуется большая дрожжевая колония.

Спорообразование. Образование спор у дрожжевой клетки начинается обычно при недостатке питательных веществ, но при обязательном доступе большого количества кислорода при температуре 30—25°. Если дрожжи выращиваются в постоянно обновляемых высокопитательных субстратах, например на ячменном сусле, и с частыми пересевами, они

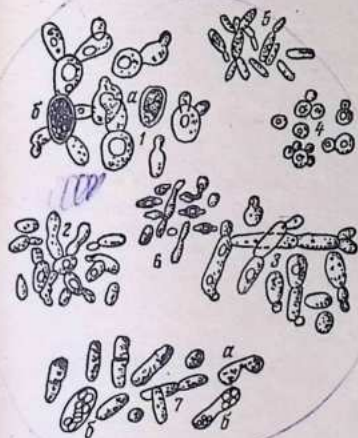


Рис. 18. Типичные формы дрожжей:

1 — яйцевидные (*Sacch. cerevisiae*), а, б — покоящиеся клетки; 2 — эллипсоидальные (*Sacch. ellipsoides*); 3 — палочковидные (*Sacch. pasteurinus*); 4 — шаровидные (*Torula*); 5 — выгнутые (*Pichia*); 6 — лимоннообразные (*Pseudosacch. apiculatus*); 7 — делящиеся дрожжи (*Schizosacch. octosporus*). Последовательные стадии коопуляции и спорообразования.

все время сохраняются в вегетативном состоянии, почкуются и не переходят к спорообразованию. Достаточно перенести одну каплю такой культуры в субстрат, бедный питательным веществом, как у большинства клеток сразу начинается спорообразование, причем бесполом путем. В одной дрожжевой клетке образуется 2—4, а иногда 8—12 спор. Клетка в этом случае рассматривается как аскус (сумка), а споры — как аскоспоры. Споры дрожжей более устойчивы против неблагоприятных воздействий, чем их вегетативная форма, но менее устойчивы, чем споры бацилл. У дрожжей спорообразование рассматривается как процесс размножения.

Описан половой процесс размножения некоторых видов дрожжей, так называемая копуляция. У смежных клеток при этом образуются небольшие отростки с перегородками. После соединения двух клеток перегородки растворяются, и через образовавшееся отверстие цитоплазма и ядро сливаются. Когда содержимое клеток сольется, ядро начинает делиться. Вокруг новых ядер концентрируется цитоплазма и образуется оболочка. В результате такого процесса в клетке может возникнуть от 18 до 20 спор. Если сливаются две клетки одинакового размера, процесс копуляции называется изогамия; если эти клетки не одного размера, — гетерогамия.

Простое деление. Некоторые дрожжи размножаются, как и бактерии, простым делением путем образования одной или нескольких поперечных перегородок. Такой способ размножения наблюдается, например, у *Schizosaccharomyces*. Большинство дрожжей способно разлагать сахара (глюкозу, мальтозу, сахарозу, лактозу) с образованием спирта. Некоторые виды дрожжей болезнетворны, например возбудитель эпизоотического лимфангита лошадей (*Cryptococcus farciminosus*).

Некоторые дрожжевые и близкие к ним микроскопические грибы получили название бластомицетов. Клетки их располагаются одиночно или соединены в цепочки. Некоторые представители образуют зачаточный мицелий. Характерный признак большинства бластомицетов — способность к почкованию клеток; правда, некоторые виды их размножаются делением. Бластомицеты широко распространены в природе как сапрофиты, особенно в почве, на поверхности плодов. Встречаются в симбиозе с бактериями, например кефирные дрожжи и др. Есть и болезнетворные виды, вызывающие тяжелые заболевания у животных и человека (бластомикоз — африканский сап однокопытных животных, язвенно-вегетирующие поражения кожи лица, рук, ног у человека).

Плесневые грибы

Плесневые грибы (рис. 19) — бесхлорофильные растительные организмы, широко распространены в природе, развиваются на поверхности различных предметов в виде нежного налета разного цвета.

Мукоровые грибы, или головчатая плесень (относится к классу Мисотомыцеты) (рис. 20). Мицелий состоит из одной разветвленной клетки, от которой отходит плодоносящий гиф — спорангиеносец; на конце гифа вырастает колонка — колу м е л л а (закругленное цилиндрическое утолщение), на ней находится спорангий со спорами. Оболочка спорангия с мелкоигльчатой шероховатой наружной поверхностью, густо усеянной игльчатыми кристаллами щавелевокислого кальция. На спорангиеносце после освобождения спорангия от спор остается колонка, а в нижней ее части воротник. Мукоровые плесени растут на навозе, влажных кормах, стенах сырых помещений в виде сероватого пушистого налета.

Аспергилл, или леечная плесень (относится к семейству Aspergillaceae, род *Aspergillus*). Мицелий септирован (разделен поперечными перегородками), конидиеносцы на вершине образуют расширение в виде головки, от которой отходят ответвления — стеригмы с отшнуровывающимися от них конидиями (см. рис. 19). Конидии располагаются по радиусам шара и напоминают струи воды, выливающейся из лейки (отсюда и название — леечная плесень). У разных видов плесневых грибов конидии окрашены различно (черные, светло-зеленые и др.), часто покрыты тонкими щетинками. Плесень принимает участие в минерализации органических веществ. Некоторые виды этих грибов (*Aspergillus niger*) применяются в промышленности для получения лимонной кислоты из раствора сахара.

Пенициллиум (кистевидная плесень — *Penicillium*) имеет ветвящийся, септированный мицелий (ширина нитей 2—3 мкм), оболочку, цитоплазму и ядро. От мицелия отходят конидиеносцы, которые на конце разветвляются в виде отростков — стеригм, напоминающих кисть руки (рис. 21). От них отщепляются расположенные в виде цепочек споры — конидии. У разных видов пенициллиум споры неодинакового цвета. В молочных

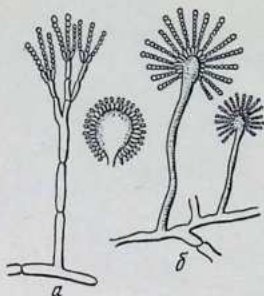


Рис. 19. Плесневые грибы: а — *Penicillium*; б — *Aspergillus*.

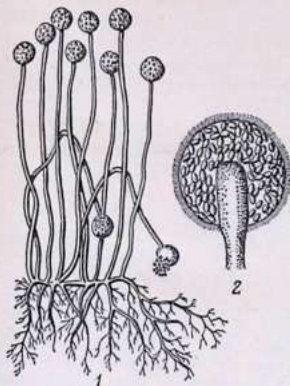


Рис. 20. Образование спор у гриба *Mucor mucedo*:

1 — спорангиеносцы со спорангиями и одно-клеточным мицелием (x32); 2 — спорангий со спорами (x175).

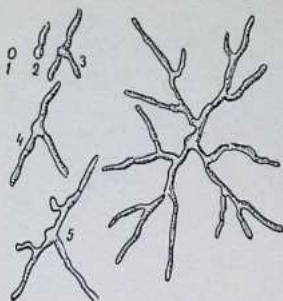


Рис. 21. Развитие мицелия *Penicillium glaucum*:

1 — зрелая конидия; 2, 3 — прорастающие конидии; 4 — образование перегородок в молодых нитях; 5 — дальнейший рост мицелия (увел. в 200 раз) (по В. Л. Омелянскому).

продуктах (масло, сыры) бывают плесени белые и зеленые, последние часто встречаются и в сырых помещениях.

На род пенициллиум приходится около половины всех плесневых грибов. Они находятся в почве, кормах, молочных продуктах, плохо проветриваемых помещениях. Белая кистевидная плесень принимает участие в созревании некоторых сортов сыра. Отдельные виды грибка используются для приготовления пенициллина.

Г Несовершенные грибы

Близко к плесневым грибам стоят так наз. несовершенные грибы (класс *Fungi imperfecti*), цикл развития которых недостаточно изучен; полового размножения у них не установлено, на этом основании их выделили в группу несовершенных грибов. Мицелий их септирован, может образовывать споры. К несовершенным грибам причисляют гроздевидную, молочную плесень и др. Некоторые виды несовершенных грибов являются возбудителями парши и стригущего лишая.

Кладоспориум, или гроздевидная плесень (*Cladosporium*) (рис. 22). Мицелий окрашен в оливково-зеленый цвет, на концах воздушных нитей расположены овальные споры в виде гроздей, окрашенных в тот же цвет, что и мицелий. Характерная особенность этих грибов — способность к выделению темного пигмента. Среда, находящаяся под их колониями, окрашивается в темный цвет и выделяется в виде интенсивных черных пятен. Кладоспориум встречается на масле и внутри масла, так как может развиваться при малом доступе кислорода воздуха!

Молочная плесень (*Endomyces lactis*) (рис. 23). Мицелий белый, септированный, в мазках представляет собой нити, достигающие 300—500 мкм длины и 3—5 мкм в диаметре. Споры — оидии отделяются непосредственно от конца мицелия в виде прямоугольных или овальных клеток, напоминающих дрожжевые. Окрашиваются они грамположительно. Растет молочная плесень при доступе кислорода (аэроб) в кислой среде. Ряд исследователей относят эти организмы к несовершенным грибам, близко стоящим к дрожжам.

Молочная плесень в виде пушистого белого налета появляется на молочнокислых продуктах (сметане, простокваше, твороге), поверхности огуречного рассола, стенах сырых помещений, в силосе. При обильном размножении плесени в силосе, на поверхности огуречного (и капустного) рассола снижается кислотность продуктов и про-



Рис. 22. *Cladosporium*
(гроздевидная плесень).

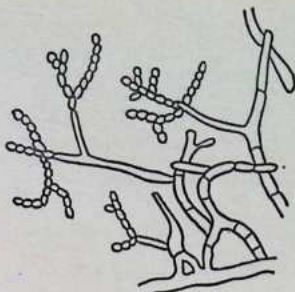


Рис. 23. Образование оидий грибом
Endomyces lactis.

исходит их порча. Гриб *Endomyces albicans* у детей, а также у молодняка сельскохозяйственных животных (телят, поросят, ягнят и цыплят) вызывает молочницу: при заболевании на губах и поверхности языка появляется сплошной налет белого цвета, состоящий из грибка.

Фузариум (род *Fusarium*). Этот род грибов из класса несовершенных имеет много видов. Мицелий грибов чаще всего развивается в субстрате и редко на поверхности. Размножается конидиями, которые у большинства видов образуют особые спороношения в виде подушечек разных оттенков: желтого, коричневого, розового. У многих представителей рода фузариум формируются еще хламидоспоры. Реже может быть и сумчатое спороношение. Грибы фузариум существуют в виде сапрофитов и паразитов. Большое число видов фузариум вызывает у растений (чаще у культурных) заболевания — фузариоз. Некоторые виды являются причиной образования гнили, например на плодах при их хранении. Другие виды заражают перезимовавшее в поле зерно (пшеницы, проса и др.). При употреблении такого зерна в пищу возникает тяжелое заболевание (алиментарная токсическая алейкия). Некоторые виды фузариум паразитируют на животных в качестве возбудителей кожных заболеваний. Многие виды фузариум, находясь в почве и в воде, вызывают закупорку водопроводных труб и аппаратуры.

Фильтрующиеся формы бактерий. Установлено, что многие бактерии имеют авизуальные (не видимые под микроскопом) формы. В 1932 г. В. В. Сукнев доказал, что бактериальные клетки, разрушенные и профильтрованные через бактериальный фильтр, не погибают и могут вновь превратиться в видимые под микроскопом бактерии. Для этой цели В. В. Сукнев высевал исследуемый фильтрат на агаровую пластинку, слегка подсушивал агар, затем устанавливал на него в виде колец культуру «кормилки» — стафилококков или сарцины. Спустя семь суток вблизи кольца «кормилки» появлялись мельчайшие колонии микробов. Из фильтрата гноя от больных мытом лошадей удалось (А. Я. Панкратов, А. А. Третьякова) выделить мытный стрептококк в жидких питательных средах. В настоящее время многие исследователи получают аналогичные результаты с возбудителями других болезней. При микроскопии в маз-

ках из таких культур обнаруживаются мельчайшие зерна, кокки, палочки и различные полиморфные образования.

Микроформы отличаются от типичных бактерий не только морфологически, но и биологически. Они обладают малой болезнетворностью и имеют иные биохимические свойства. При последующих пересевах, или пассажах, через восприимчивых животных авикулярные формы удается переводить в типичные бактериальные. Поэтому нельзя смешивать фильтрующиеся формы бактерий с вирусами: последние не удается вырастить на обычных питательных средах и перевести в видимую форму бактерий, так как вирусам присуща неклеточная форма существования.

Одни исследователи считают фильтрующиеся формы определенными стадиями развития бактерий, другие придерживаются противоположного взгляда, принимая фильтрующиеся формы за регенерирующие жизнеспособные частицы («осколки») бактериальных клеток. Как у пресноводной гидры отрезанные частицы тела восстанавливаются, так и бактериальная клетка может развиваться из отдельных ее частиц.

Риккетсии

В 1909 г. ученым Риккетсом открыты микроорганизмы, названные по его имени риккетсиями. По форме они сходны с бактериями, овальной или палочковидной формы, длиной от 0,3 до 1,2 мкм, шириной от 0,2 до 0,3 мкм. Среди риккетсий встречаются и кокковые формы, располагающиеся попарно или цепочкой. Большинство риккетсий не проходит через бактериальные фильтры и не размножается на обычных питательных средах, а только на живой ткани и оболочках развивающегося куриного эмбриона. Риккетсии выделены в самостоятельную группу микроорганизмов, так как качественно отличаются от бактерий и вирусов, занимая промежуточное положение между ними. Риккетсии являются возбудителями ряда болезней человека, например сыпного тифа, и животных, например сердечной водянки, Ку-лихорадки и др.

Простейшие (Protozoa)

Простейшие — это одноклеточные организмы, разнообразны по форме и структуре (рис. 24). В клетках есть цитоплазма и ядро. Некоторые простейшие (например, амёбы) не имеют оболочки и постоянной формы. Протоплазма, лишённая оболочки, переливаясь, образует ложноножки, благодаря которым клетки передвигаются и захватывают пищу. Многие простейшие обладают специальными органами движения: жгутиками (класс жгутиконосцев — Flagellata) или ресничками (класс ресничковые — Ciliata). В про-

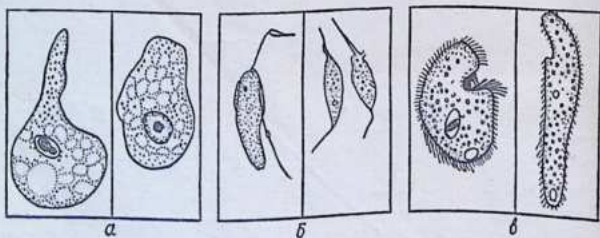


Рис. 24. Простейшие:

а — корненожки; б — жгутиковые; в — реснитчатые (увел. в 300 раз).

топлазме находятся вакуоли, выполняющие различные функции: пищеварения, выделения и др. Некоторые простейшие в определенных условиях переходят в цисты. Цисты окружены плотной оболочкой, содержат несколько ядер, очень устойчивы к воздействию внешней среды и не служат целям размножения. Простейшие могут размножаться простым делением, множественным дроблением и половым путем.

Некоторые простейшие являются возбудителями тяжелых болезней у людей (например, малярии) и животных (например, пироплазмоза, нутталлиоза).

Микроскопия микроорганизмов. Для изучения формы и строения микроорганизмов пользуются сложными оптическими приборами-микроскопами (греч. «микрос» — небольшой, «скопео» — рассматривать). Наиболее распространенными биологическими микроскопами являются М-9, МБР-1 и другие с предельным увеличением до 1350.

При исследовании объектов малой величины, лежащей за пределами видимости обычных микроскопов, пользуются ультрамикроскопиями. Для этого в биологическом микроскопе осветительный конденсор (Аббе) заменяют конденсором темного поля, пропускающим только боковые лучи, создающие резкий световой контраст (микробы «светятся») на темном поле, подобно тому, как невидимые в воздухе мельчайшие частицы пыли становятся видимыми в помещении при освещении пучком солнечных лучей, пропущенным через узкую щель.

Фазово-контрастная микроскопия позволяет получать контрастные изображения неокрашенных, неконтрастных объектов, в которых темные и светлые места соответствуют различной толщине и оптической плотности препарата.

Метод флуоресцентной микроскопии основан на том, что способный к флуоресценции объект освещается синими лампами с короткой длиной волны (от 350 до 400 мμ) или ультрафиолетовыми лучами. При работе с видимыми синими лучами можно пользоваться микроскопами с обычной оптикой. Для этого необходимо иметь два светофильтра (синие-фиолетовый и желтый) и специальную лампу для микроскопирования с фокусирующей собирающей линзой. Препарат для микроскопии обрабатывается специальными флуоресцирующими красителями.

Электронная микроскопия. С изобретением электронного микроскопа, увеличивающего в 100 тыс. раз и более, значительно облегчилось изучение строения бактерий и вирусов. При помощи такого микроскопа можно наблюдать только мертвые, сухие объекты, так как электроны, проходя через препарат, убивают живую клетку.

ФИЗИОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Химический состав микробов. Микробная клетка состоит из тех же основных химических элементов, что и клетки высших животных и растений. Она содержит от 75 до 85% воды (в теле животных ее от 65 до 70%) и 15—25% сухого вещества от общего веса клетки.

Вода для бактериальной клетки — необходимая составная часть, в ней происходят различные химические процессы, где она участвует как компонент. Например, гидролитическое расщепление белка и углеводов возможно только после присоединения молекулы воды. Кроме того, в воде происходит расщепление кристаллических веществ. В теле микроба вода служит также дисперсной системой для коллоидов. Все вещества, поступающие в клетку, могут попасть туда только с водой, и только с водой удаляются продукты обмена.

Часть воды находится в свободном * состоянии, часть — в связанном. Связанная вода прочно соединена и неотделима от компонентов

* Наибольшая часть воды (согласно литературным данным) переместима, но не совершенно свободна, как считали раньше, потому что вода следует за ионами или белками, с которыми она связана.

клетки, входит в химический состав белков, жиров, углеводов и продуктов распада.

В теле микробных клеток обнаружены следующие органогены: углерод, азот, кислород и водород (табл. 2). Они составляют до 90—97% сухого вещества. В то же время зольные элементы — фосфор, сера, калий, кальций, магний, железо, натрий, хлор, марганец и др. — составляют только от 3 до 10% сухого вещества микроорганизмов. С помощью минеральных веществ происходит регуляция осмотического давления внутри клетки, от них зависят состояние протоплазмы, направление и скорость биохимических реакций и т. д. Наибольшее значение имеют калий, магний, железо и другие элементы.

Таблица 2

Содержание органогенов (% от сухого вещества) в микробных клетках

Органогены	Бактерии	Дрожжи	Плесневые грибы
Углерод	50,40	49,8	47,90
Азот	12,30	12,4	5,24
Водород	6,78	6,7	6,70
Кислород	30,52	31,1	40,16

Главная масса сухого вещества микробов приходится на долю белковых веществ, содержание которых нередко доходит до 80%. Количество белковых веществ в клетке непостоянно, зависит от возраста и вида микроба, а также от состава питательной среды. Чем богаче питательная среда азотными веществами, тем больше белка входит в состав протоплазмы микробных клеток. В белках микробов обнаружены все аминокислоты, имеющиеся в белках животных и растений. У разных микробов число аминокислот может быть неодинаковым.

В состав микробных клеток входят простые (протенны) и сложные белки (протенды). Сложные белки состоят из простых белков и небелковых компонентов: нуклеиновых кислот, полисахаридов и др. Наибольшее значение для жизнедеятельности микробов имеют сложные белки, особенно нуклеопротенды, состоящие из белка и нуклеиновых кислот. Они играют большую роль в росте и размножении микробов. С ними связаны видовые особенности и наследственная передача специфических признаков, образование новых видов и разновидностей у бактерий, грибов и вирусов. По последним данным, управление синтезом белка осуществляется рибонуклеиновой кислотой (РНК), содержащейся главным образом в цитоплазме клетки. РНК воспроизводит структуру наследственного химического вещества — дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Из других сложных белков в состав микробов входят глюконтенды, липопротенды, хромопротенды и многочисленные ферменты.

Из углеводов в микробной клетке больше всего полисахаридов. В протоплазме встречаются гликоген, декстрин, глюкоза, глюкуроновая кислота. Полисахариды в большом количестве обнаруживаются у капсульных микробов (азотобактер, пневмококки и др.). Сложные полисахариды могут содержать 1—5% азота.

Л и п и д ы (жиры и близкие к ним жироподобные вещества — липоиды) находятся главным образом в оболочке клетки и поверхностном слое протоплазмы. Они оказывают влияние на проницаемость клеточных оболочек, обуславливают токсические и антигенные свойства болезнетворных микробов, защищают их от неблагоприятных условий-внешней среды, могут накапливаться как запасной питательный материал. Липиды составляют 3—7% сухого вещества микробов; у некоторых бактерий, например туберкулезной палочки, липидов значительно больше — от 20 до 40%. Из жироподобных веществ в микробной клетке обнаружены свободные жирные кислоты, фосфатиды, нейтральные жиры, воск. Есть грибы (*Endomyces vernalis*), которые содержат 50—60% жира. Значительная часть липидов связана с другими веществами клетки, образуя сложные комплексы, играющие важную роль в жизни микробной клетки. Например, липопроотеиды регулируют окислительно-восстановительные процессы; фосфолипиды (фосфатиды) принимают участие в обмене веществ клетки.

Количество белка, углеводов, жиров и минеральных веществ в бактериальной клетке значительно варьирует и зависит от вида микроба и от условий его существования, в первую очередь питания. Например, железобактерии больше других бактерий содержат железа, серобактерии — серы, морские микроорганизмы — натрия и хлора. Поэтому, выращивая микроорганизм, необходимо включать в питательные среды в доступной форме набор тех питательных элементов, в которых нуждается данный вид микробов для синтеза составных частей своего тела.

Изучение химического состава микроорганизмов представляет определенный практический интерес. Зная, на каких питательных средах тот или иной микроб накапливает больше белков и жиров, можно использовать их для практических целей. Например, дрожжи *Torula utilis* и некоторые другие очень быстро размножаются на аммиачных солях и меляссе (отход свеклосахарной промышленности), превращая азот аммиачных солей в белковый азот. *Torula utilis* в заводском чане емкостью в 500 гектолитров в течение 8 часов может образовать около 350 кг чистого дрожжевого белка (М. В. Федоров).

Питание микроорганизмов. Микроорганизмы поглощают питательные вещества и выделяют продукты жизнедеятельности всей поверхностью тела, поэтому обмен между клеткой и внешней средой происходит очень быстро и интенсивно. Специальных органов для принятия пищи у микробов нет, проникновение питательных веществ совершается путем диффузии и адсорбции. Интенсивность этих процессов зависит от многих условий, из которых особенно важна разность концентрации питательных веществ в клетке и окружающей среде, а также от строения самой клетки, проницаемости ее плазменной оболочки, пропу-

скающей растворенные питательные вещества, и от способности их подвергаться сложной биохимической перестройке в протоплазме клетки. Установлено, что концентрация клеточного сока бактерий значительно выше слабых водных растворов, в которых обычно живут микробы. Осмотическое давление клеточного сока бактерий чаще всего от 3 до 6 атм., но может быть и выше — от 3,5 до 16,7 атм. (в засушливых районах).

Даже у одного и того же вида микробов давление может колебаться. Например, у *Vas. tuscoides*, выделенных из северных почв, давление равняется 3—7 атм., а у выделенных на Кавказе и в Средней Азии достигает 10—15 атм. Эти данные необходимо учитывать в практической деятельности, в частности при использовании бактерий для удобрения почв.

Разница в осмотическом давлении микробной клетки и окружающей ее среды обеспечивает поступление в клетку воды и растворенных в ней питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности. При постоянном токе воды внутрь клетки цитоплазма ее находится в набухом состоянии и плотно прижата к оболочке. Такое постоянное напряжение клеточного содержимого — тургор — одно из необходимых условий роста клетки.

При увеличении концентрации питательного раствора (например, добавлением поваренной соли или сахара) бактериальная клетка обезвоживается, цитоплазма ее сокращается и отходит от оболочки, клетка переходит в состояние расслабления и вялости. Такое явление называется **п л а з м о л и з о м** (рис. 25). Оно может привести к гибели клетки. Плазмолиз по-разному проявляется у разных видов микробов.

Наиболее устойчивы к нему сальная палочка, стафилококки и сарцины. Легко поддаются плазмолиту кишечная палочка, холерный вибрион, сибиреязвенная палочка. Однако в природе существуют микроорганизмы, нормально развивающиеся только в среде с высоким осмотическим давлением. Такие микробы названы **о с м о ф и л ь н ы м и**. Осмофильные микроорганизмы, устойчивые к высоким концентрациям поваренной соли, называют **г а л о ф и л а м и** (солелюбивые).

Если концентрация раствора значительно ниже концентрации содержимого клетки (например, дистиллированная вода), наступает процесс, обратный плазмолиту, — **п л а з м о п т и з** (рис. 26). В протоплазму начинает поступать большое количество воды, содержимое клетки разбухает, форма ее меняется, и в конце концов клетка может погибнуть.

Проницаемость оболочки зависит от химического строения составляющих ее веществ. Вещества с малым



Рис. 25. Плазмолиз бактерий разных видов.

молекулярным объемом легче проникают через оболочку бактерий, чем вещества крупномолекулярные. Например, этиловый спирт с одной спиртовой группой попадает в клетку быстрее, чем этиленгликоль, имеющий две спиртовые группы. Жирные кислоты с одной карбоксильной группой проникают значительно легче, чем соответствующие оксикислоты. Из питательного субстрата не могут проникать через оболочку вещества, нерастворимые в воде, в частности липониды, клетчатка. Они усваиваются микробной клеткой лишь после того, как произойдет их расщепление ферментами, выделяемыми клеткой в окружающую среду.

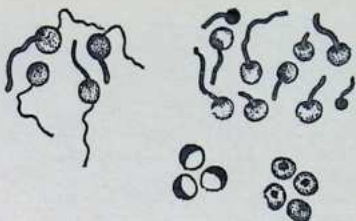


Рис. 26. Плазмолиз холерных вибрионов.

Для поступления питательных веществ в клетку имеет значение и обменная адсорбция. Установлено, что она может наступать в том случае, если электрический заряд поверхности тела бактерий противоположен заряду ионов питательного раствора. При этом реакция среды определяет величину и знак заряда: заряд поверхности клетки положителен, если реакция среды кислее изоэлектрической точки коллоидной системы протоплазмы, и, наоборот, если реакция среды щелочнее изоэлектрической точки протоплазмы, заряд поверхности клетки будет отрицательным. При определенной концентрации водородных ионов в питательной среде между клеткой и средой начинается процесс обменной адсорбции, что приводит к поступлению питательных веществ в протоплазму клетки. В этом процессе имеют значение ионы H^+ и HCO_3^- . Образываясь в живых клетках в процессе дыхания, они скопляются у прилегающего к оболочке наружного слоя протоплазмы и могут выходить в окружающую среду, обмениваясь на другие катионы и анионы.

Почему же вещества, поступившие в протоплазму клетки из окружающей среды, не могут выделиться через эту же оболочку обратно? Это объясняется тем, что в результате различных синтетических реакций эти вещества быстро превращаются в сложные органические соединения, из-за их коллоидной природы теряют способность проникать через оболочку и прилегающий к ней слой цитоплазмы и накапливаются в клетке. Почти всегда усвоение (ассимиляция) пищи и биосинтетическая деятельность клетки превышают распад (диссимиляцию) веществ протоплазмы, что способствует тому, что масса клетки увеличивается, клетка растет, развивается, размножается.

Из всех питательных элементов, необходимых для микроорганизмов, наибольшее значение имеет углерод. По типу усвоения углерода все микроорганизмы принято делить на автотрофы (или прототрофы) и гетеротрофы.

Автотрофы — микроорганизмы, не нуждающиеся в органическом углероде; они усваивают углерод из угольной кислоты воздуха, причем не с помощью энергии солнечных лучей (фотосинтез), как растения, а путем хемосинтеза, то есть с помощью энергии, освобождающейся при реакции окисления некоторых минеральных веществ. Например, нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак в азотистую кислоту, а затем в азотную; выделяющаяся при этих реакциях свободная энергия дает микробу возможность синтезировать воспринятую углекислоту в сложные органические соединения. К автотрофам относятся нитрифицирующие бактерии, железобактерии, большинство серобактерий и др. Заслуга открытия хемосинтеза у автотрофных бактерий принадлежит русскому микробиологу С. Н. Виноградскому.

Некоторые виды автотрофных микроорганизмов питаются подобно зеленым растениям — осуществляют фотосинтез. Примером могут служить серобактерии, вырабатывающие особый пигмент — бактериопурпурин (подобные хлорофилла), с помощью которого и используется световая энергия. Подмечена любопытная особенность этих бактерий. Ассимилируя углекислоту за счет световой энергии и превращая ее в органические вещества своего тела, микроорганизмы в то же время разлагают имеющиеся в среде готовые органические вещества до углекислоты, затем сами же ее усваивают.

Гетеротрофы — микроорганизмы, способные воспринимать углерод только из готовых органических соединений. В эту группу входят гнилостные бактерии, возбудители разных брожений, болезнетворные микробы. Следует отметить, что гетеротрофные микроорганизмы, развиваясь на готовых органических соединениях, могут вовлекать в обмен веществ и угольную кислоту. Например, пропионовокислые бактерии образуют янтарную кислоту из пировиноградной и угольной кислоты.

Углекислота действует на различные физиологические процессы, происходящие в живой клетке. Некоторые бактерии (например, *Brucella bovis* — возбудитель аборта у крупного рогатого скота) размножаются только в том случае, если в среде имеется около 10% CO_2 . Она оказывает влияние на проницаемость клетки, на окислительно-восстановительные реакции, протекающие в ней, изменяет реакцию как внешней среды, так и внутри клетки. Гетеротрофная группа микроорганизмов подразделяется на метатрофы и паратрофы.

Метатрофы, или сапрофиты («сапрос» — гнилой, «фитон» — растение), питаются мертвой тканью растений и животных, то есть для ассимиляции углерода нуждаются в мертвых органических субстратах. **Паратрофы** («пара» — возле, «трофе» — питание) нуждаются в живом белке и размножаются в теле живых существ. К этой группе микроорганизмов относят всех возбудителей болезней человека, животных и растений.

Такое подразделение микроорганизмов весьма условно. При изменении условий среды у микроорганизмов может измениться обмен веществ в соответствии с характером питательного субстрата. Например, относящиеся к автотрофам азотфиксирующие бактерии при

выращивании на питательных средах, богатых белком, перестают использовать молекулярный азот воздуха и усваивают связанный азот (гетеротрофный тип питания). Многие болезнетворные бактерии размножаются не только в присутствии живого белка, но и на искусственных питательных средах, иногда даже на безбелковых. Таким образом, группы автотрофов, метатрофов и паратрофов связаны взаимными переходами. Некоторые группы гетеротрофных микроорганизмов имеют большой набор ферментных систем, и они могут активно синтезировать сложные вещества своего тела из простых соединений. Они также способны синтезировать все необходимые для жизни источники дополнительного питания — витамины, аминокислоты, различные ростовые вещества и т. п. Это дает возможность им расти на простых синтетических средах. Другие микробы не растут на таких средах. В этом случае требуется вносить для них питательные вещества.

Очень часто неспособность усваивать сложные органические вещества обусловлена отсутствием у микроорганизмов нужных ферментов. Однако под влиянием длительного пребывания в среде тех или иных питательных веществ у микробов появляются соответствующие ферменты, и микробы начинают питаться соединениями, которые ими раньше не усваивались.

Питаются микробы по-разному. Даже у одного и того же вида усвоение питательных веществ может быть неодинаковым. Одно и то же вещество бывает питательным для одних видов бактерий и ядовитым для других. Питательные вещества обычно усваиваются легче, если их молекулярное строение более близко к строению веществ протоплазмы клетки. Количество питательных веществ, необходимое для поддержания жизни микробной клетки, очень велико. За сутки клетка может переработать объем пищи, в 25—30 раз превышающий ее собственный вес. За сутки 56 кг дрожжевых клеток могут использовать 1,5 т питательных веществ, 27 тыс. л воды и 765 м³ воздуха. При этом клетки увеличивают свой вес до 450 кг. В число элементов, необходимых для питания микробов, входят главным образом органогены: углерод, азот, кислород и водород, из которых построен белок как основной носитель жизни. Потребность микробов в остальных элементах (сера, фосфор, калий, железо, магний, кальций и др.) незначительна, их бывает вполне достаточно в естественных субстратах.

Усвоение веществ, содержащих углеродистые вещества, происходит по-разному. Для одних микробов они могут быть хорошим источником углерода, для других — совершенно непригодным. Наиболее подходящи для питания бактерий — сахара (особенно гексозы), затем многоатомные спирты (глицерин, маннит, сорбит и т. д.) и различные органические кислоты. Эти вещества и добавляют часто к искусственным питательным средам для выращивания микроорганизмов. В природе существуют также микробы (актиномицеты, плесневые грибы и бактерии), которые свободно используют парафиновые углеводороды, нефть, керосин. Нефть при добавлении фосфорных, азотных и калийных солей, а также воды является средой, в которой могут

размножаться некоторые виды микроорганизмов и превращать ее в сложные соединения своей клетки с большим содержанием белка и витаминов группы В.

Усвоение азота. Азот необходим микроорганизмам, так как без него невозможен синтез белковых веществ, а следовательно, и построение протоплазмы живой клетки. Для разных видов микроорганизмов источники азота различны. Одни виды микроорганизмов (аминоавтотрофные) синтезируют белковые вещества из минеральных источников азота или простейших форм органического азота, например типа мочевины. Некоторые представители этой группы, например нитрифицирующие бактерии, ассимилируют азот из разных солей (аммиачных, азотнокислых).

В литературе приводятся интересные данные. Бык весом 500 кг, находящийся на пастбище, синтезирует в сутки лишь 0,5 кг белка, а 500 кг микробов за такое же время при соответствующих условиях могут дать 1250 кг белка (в 2500 раз больше).

Азотфиксирующие бактерии могут усваивать и элементарный азот. Используя азот из минеральных источников или простейших органических соединений, микроорганизмы вначале переводят его в форму аммиака, а последний используют уже для синтеза аминокислот. Другие виды микроорганизмов (аминогетеротрофные) используют главным образом готовые аминокислоты, так как синтезировать их самостоятельно не способны. Патогенные микробы потребляют азот из белка живого организма. Для выращивания большинства микробов (гетеротрофных) необходимы белки или продукты их расщепления (пептоны, полипептиды); их и добавляют в искусственные питательные среды. В то же время для нитрифицирующих бактерий даже ничтожное количество пептона в питательной среде является ядом. Что касается удовлетворения потребности микробов еще в двух органогенах — кислороде и водороде, то в большинстве случаев бывает достаточно тех атомов кислорода и водорода, которые содержатся в молекуле органических веществ или в воде.

Потребность микробной клетки в минеральных веществах (зольные элементы питания) невелика, однако без них существовать она не может.

Сера воспринимается микробами по-разному. В основном она усваивается ими из сульфатов или органических соединений (цистин, цистеин). Некоторые микробы ассимилируют молекулярную серу (серобактерии). **Фосфор** ассимилируется из различных фосфорнокислых солей. **Калий, кальций, магний, железо** — жизненно необходимые элементы — бактерии воспринимают из различных солей. Для нормального роста и развития микробов нужны **бор, цинк, марганец, кобальт** и другие микроэлементы, которые они получают из минеральных солей, содержащихся в различных питательных субстратах и воде. Отсутствие того или иного микроэлемента в питательной среде влияет на нормальное развитие микробной клетки. Микроэлементы входят в состав ферментных белков, и без них нормальная физиологическая активность протоплазмы нарушается.

Для многих микробов требуются ростовые вещества, или стимуляторы роста (биоактиваторы). Их выделяют в большинстве случаев сами же микробы (дрожжи, патогенные бактерии и простейшие). По химической структуре и физиологическому действию стимуляторы роста представляют собой витаминоподобные соединения. Ничтожно малое количество этих веществ у ряда микроорганизмов способствует увеличению массы клетки, изменяет обмен веществ. Например, добавление всего 1 мг ростового вещества к 100 000 л среды ускоряет размножение микробов. Добавление биотина к среде при производстве пекарских дрожжей приводит к увеличению выхода дрожжей на 20%. Разные микроорганизмы относятся к этим соединениям по-разному. Так, автотрофные бактерии не нуждаются в витаминах, так как сами синтезируют их; для одних микроорганизмов витамины служат стимуляторами роста, для других являются совершенно необходимыми составными частями питательной среды, как и витамины для животных.

Микробы, не способные синтезировать витамины, используются в качестве специфических индикаторов в различных субстратах. Для этой цели часто применяют некоторые виды дрожжей и молочнокислые бактерии, не растущие без витаминов, но нормально развивающиеся при весьма малых дозах их в питательной среде. Чтобы выяснить наличие витамина в том или ином субстрате, последний вносят в специально подготовленную среду. Если микроиндикатор будет хорошо размножаться в этой среде, это означает, что в исследуемом продукте содержится витамин.

Многие микробы способны продуцировать большое количество витаминов, что дает возможность использовать их для промышленного приготовления ряда витаминов. Некоторые виды микробов могут усваивать витамины (обладающие летучестью витамин В₁, никотиновая и парааминобензойная кислоты) даже из воздуха.

Для культивирования микроорганизмов готовят искусственные питательные среды, учитывая при этом потребность данного вида микробов в органогенах и минеральных веществах. Для большинства бактерий (гетеротрофных) питательные среды изготавливают на различных экстрактах из мяса и растительных бобов с добавлением пептона (мясопептонный бульон, МПБ), мясопептонный агар (МПА), мясопептонный желатин (МПЖ) и др. Автотрофные бактерии на этих средах не растут. Для них готовят питательные среды, состоящие из минеральных соединений. Широко стали применяться элективные (избирательные) питательные среды, на которых может развиваться лишь один вид бактерий. Такие среды особенно необходимы, когда из смеси разных видов бактерий надо получить один вид, например из содержимого кишечника выделить ацидофильную палочку или возбудителя какой-либо болезни. С целью повысить питательность среды в нее часто добавляют сыворотку крови, кровь, яичный белок, желток, глицерин и др. Питательные среды должны содержать все необходимые питательные вещества для тех или иных микробов, обладать прозрачностью, стерильностью, иметь оптимальный рН,

быть свежими. На продолжительно хранящихся средах микробы развиваются слабо или совсем не дают роста.

Дыхание микроорганизмов. Как известно, зеленые растения получают энергию от солнца, утилизируя ее посредством хлорофилла. Подавляющее большинство микроорганизмов не может пользоваться солнечной энергией, а добывает энергию посредством химических реакций. Эта выделенная энергия * и является движущей силой для микробной клетки. За счет ее происходит синтез сложных органических соединений в самой клетке. Таким образом, дыхание микроорганизмов — сложный процесс окисления различных, преимущественно органических соединений.

Строго разграничить процессы питания и дыхания у микроорганизмов невозможно. Принято, однако, считать, что в процессе питания происходят эндотермические реакции (с поглощением тепла); основу же дыхания составляют экзотермические реакции (сопровождающиеся освобождением тепла). Эти два процесса идут параллельно, освобождающаяся энергия при дыхании необходима микробам для синтеза живых белков. Источником для эндотермических и экзотермических реакций, то есть дыхательным и строительным материалом, может быть одно и то же органическое соединение. Например, сахар расходуется гетеротрофами и в качестве источника углевода для построения белков тела, и в качестве энергетического материала (Иерусалимский). Для получения энергии чаще всего служат безазотистые вещества, для пластической работы микробов — азотсодержащие.

Микробные клетки могут выделять большое количество тепла; часть его (до 25%) используется клеткой, а большая часть поступает во внешнюю среду и вызывает повышение температуры. На этом явлении основано использование микробов для практических целей (создание парников для выращивания ранних овощей — «биотопливо», приготовление бурого сена и др.).

У большинства микробов, живущих при доступе кислорода воздуха, так называемых аэробов, дыхание, как и у высших животных, сопровождается поглощением кислорода и выделением углекислоты; только процесс этот происходит у них без участия гемоглобина, а при помощи особых ферментов. У некоторых микробов, поглощающих кислород, реакции окисления не доходят до получения конечного продукта, то есть до образования углекислоты. Примером такого неполного окислительного процесса может служить дыхание уксуснокислых бактерий, у которых конечным продуктом окисления этилового спирта является не углекислота, а уксусная кислота. У некоторых видов плесневых грибов при окислении сахара образуются щавелевая и лимонная кислоты. Эти микроорганизмы используются в промышленности для изготовления уксусной, лимонной и щавелевой кислот. У ряда бактерий дыхательный акт состоит в окислении неорганических

* Бактерии в процессе своей жизнедеятельности расходуют на единицу своего собственного веса столько же энергии, сколько современный реактивный самолет.

соединений. Например, нитрифицирующие бактерии окисляют аммиачные соли в соли азотистой, а затем азотной кислоты.

Л. Пастером в 1861 г. открыта группа бактерий, названная им анаэробами, со своеобразным процессом дыхания: они добывают энергию не путем окисления, а путем расщепления органических соединений в отсутствие свободного кислорода, причем бескислородное дыхание для них — такой же нормальный акт, как кислородное дыхание для других микроорганизмов.

При расщеплении сложных органических соединений питательной среды анаэробы наряду с выделением энергии получают кислород. Аэробы же поглощают кислород из воздуха. Отсюда следует, что кислород используют как аэробы, так и анаэробы, разница только в источнике поступления кислорода и в химизме его ассимиляции. Для целей дыхания может служить любая экзотермическая реакция, сопровождающаяся восстановительными или окислительными процессами.

Химизм дыхания у бактерий изучен недостаточно. Точно известно лишь то, что молекулярный кислород воздуха не в состоянии окислять вещества микробной клетки. Чтобы произошло окисление, вначале должно наступить активирование молекулярного кислорода или активирование водорода в окисляемом субстрате. Кислород активируется посредством дыхательных ферментов — *о к с и д а з*. Активирующим фактором для водорода служат специфические ферменты — *д е г и д р а з ы*.

Сущность процесса дыхания у аэробных бактерий объясняется двояко. Одни ученые (А. Н. Бах, Варбург и др.) отводят главную роль в реакциях окисления кислороду воздуха, который легко поглощается окисляющимися органическими веществами и образует с ними перекиси. В свою очередь, перекиси под влиянием ферментов микробов пероксидаз выделяют атом кислорода и окисляют субстрат. Другие ученые (А. В. Палладин-Виланд) утверждают, что главная роль в реакциях окисления принадлежит водороду, выделяемому бактериями в субстрат. В результате этого образуется перекись водорода, которая является ядом, так как энергично окисляет протоплазму клетки. Нейтрализующим веществом перекиси может служить фермент *к а т а л а з а*. Многие микроорганизмы выделяют этот фермент, тем самым разрушают перекись водорода и вызывают образование свободного молекулярного кислорода. Таким образом, при доступе кислорода могут развиваться те микробы, которые способны выделять этот фермент.

За последние годы разные толкования (Баха, Варбурга, Палладина, Виланда и др.) по этому вопросу объединены в одну теорию — *б и о э н е р г е т и ч е с к у ю*. Согласно этой теории, первичное окисление углеводов и других органических веществ происходит путем отщепления водорода, который в расщепляемом веществе передается по цепи ферментов и в конце концов соединяется с кислородом воздуха с образованием воды (в реакциях промежуточного обмена веществ роль посредника часто выполняет вода). За счет имеющихся в воде водорода и кислорода происходят окислительно-восстановительные реакции между атомами углерода. В результате их может происходить восстановление углеродных радикалов ($-\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{}$), и одновременно углеродные атомы окисляются с образованием кар-

бонильных ($-\text{CHO}_2-\text{CO}-$) и карбоксильных групп ($-\text{COOH}$). Приведенные теории не могут дать объяснения всем случаям окислений, происходящих в живой клетке. Установлено, что при окислительных процессах в реакции развиваются электродвижущие силы *, которые могут быть измерены (например, электрометрическим методом) и выражены в виде так называемого окислительно-восстановительного потенциала $-r\text{H}_2$.

Величина $r\text{H}_2$ показывает отрицательный логарифм величины давления (в атмосферах) молекулярного водорода в среде и вычисляется по формуле:

$$r\text{H}_2 = \frac{E_h}{29} + 2p\text{H} (t=18^\circ),$$

где E_h — условное обозначение окислительно-восстановительного потенциала (в вольтах). Чтобы определить величину $r\text{H}_2$ в среде, надо знать значение $p\text{H}$, которое устанавливают иономером.

Потеря электронов веществом сопровождается его окислением, и, наоборот, присоединение электронов — восстановлением. В живой микробной клетке окисление одного вещества обязательно сопровождается восстановлением другого вещества, то есть эти явления сопряжены, поэтому объединены в единый, так называемый окислительно-восстановительный процесс. В результате этого процесса и выделяется энергия, необходимая для жизнедеятельности микробной клетки, причем безразлично, сопровождается ли потеря электрона при окислительном процессе присоединением кислорода или отнятием водорода.

Рассматривая дыхание микроорганизмов с позиций учения об окислительно-восстановительном потенциале, надо предполагать, что в каждой живой клетке имеются как положительные, так и отрицательные окислительно-восстановительные системы, при этом отрицательные системы будут окисляться за счет положительных. Разница уровней свободной энергии отрицательной и положительной системы и служит энергетическим источником организма.

Величина окислительно-восстановительного потенциала питательной среды имеет важное значение в жизни микробов, поэтому ее надо учитывать, так же как и величину концентрации водородных ионов ($p\text{H}$). Опытами установлено, что при $r\text{H}_2=28$ среда нейтральная, при $r\text{H}_2<28$ (меньше 28) обладает восстановительной способностью, при $r\text{H}_2>28$ (больше 28) — окислительной. Для аэробных бактерий величина $r\text{H}_2$ лежит в пределах от 14 до 35, для анаэробных — от 0 до 14, для факультативных анаэробов — от 0 до 20. Регулируя окислительно-восстановительные условия в среде, можно влиять на характер процессов, вызываемых микробами.

Питательные среды, как правило, обладают восстановительными свойствами. При отсутствии кислорода они имеют низкий окислительно-восстановительный потенциал, при равновесии с кислородом — высокий. Лакмусовое молоко (молоко окрашено в синий цвет) после автоклавирования почти полностью обесцвечивается. Это происходит потому, что кислород из него вытесняется, и лакмус, являющийся показателем (индикатором) окислительно-восстановительного потенциала, так же как и $p\text{H}$, оказывается восстановленным. При охлаждении молока и растворении в нем кислорода лакмус снова окрашивается в результате окисления.

* Бактерии могут служить источником электрического тока. Американские ученые сконструировали радиопередатчик, работающий от бактериального источника электрического тока. Электроэнергию вырабатывают бактерии, питающиеся сахаром, растворенным в морской воде.

По типу дыхания микробы принято делить на две большие группы: аэробы и анаэробы. Анаэробная группа микробов подразделяется, в свою очередь, на облигатные анаэробы и факультативные. Облигатные анаэробы растут только в отсутствие кислорода воздуха, для них молекулярный кислород — яд; факультативные анаэробы развиваются как в присутствии, так и в отсутствие молекулярного кислорода (рис. 27).

Анаэробы, подобно аэробам, широко распространены в природе. Их можно обнаружить не только в местах, куда нет доступа воздуха или приток его затруднен (глубокие слои почвы, навозные кучи), но и в средах с хорошим доступом воздуха, так как они могут жить в симбиозе с аэробами. Деление микроорганизмов по типу дыхания на две названные группы условно, так как тип дыхания зависит не только от отношения микробов к кислороду, но и от наличия ферментов, участвующих в процессах дыхания.

Ферменты и их значение в жизни микроорганизмов. Все сложные процессы (питание и дыхание) в микробной клетке происходят с участием ферментов (энзимов), которые по своему действию являются сложными органическими катализаторами. Катализаторы — это вещества, оказывающие влияние на скорость химической реакции, но не входящие в состав ее конечных продуктов. Как только субстраты изменились или прореагировали между собой, катализатор переходит к своему исходному состоянию и оказывается неизменным (он не образует стойких соединений с субстратом). Поэтому небольшое количество катализатора быстро превращает большое количество субстрата, оставаясь при этом в свободном состоянии. Например, 1 часть сычужного фермента (химозин) может свернуть до 12 000 000 частей молока. Один грамм фермента амилазы при определенных условиях может превратить в сахар тонну крахмала.

Ферменты вырабатываются клетками и способны действовать, даже будучи выделенными из нее, что имеет большое практическое значение. Для них характерны термолабильность (неустойчивость к повышенным температурам), высокая специфичность действия. Например, фермент лактаза гидролизует лактозу и не действует на родственные дисахариды (мальтозу, целлобиозу). Один и тот же фермент при одних условиях может катализировать расщепление белков, жиров, углеводов, при других быть катализатором их синтеза. Подобно неорганическим катализаторам, ферменты ускоряют прямую

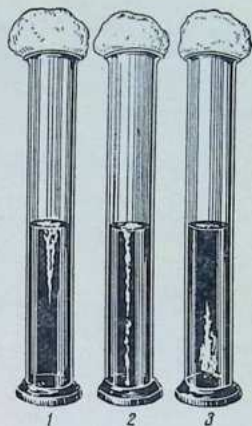


Рис. 27. Рост аэробов (1), факультативных анаэробов (2) и анаэробов при посеве уколом (3).

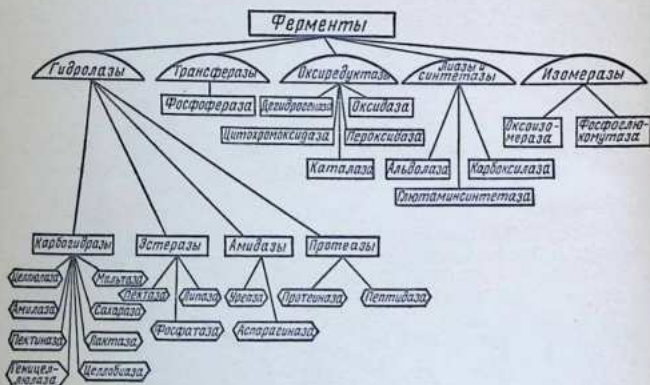
и обратную реакции, причем направление процесса при определенной температуре и среде всецело определяется концентрацией исходных и конечных продуктов превращения.

Микробная клетка может содержать большое количество ферментов. Например, у гриба аспергилл обнаружено до 50 различных ферментов. Благодаря этому микроорганизмы в состоянии осуществлять одновременно ряд различных реакций в среде, где они находятся.

Принято различать эктоферменты и эндоферменты. Эктоферменты не связаны со структурой протоплазмы; легко выделяются в субстрат при жизни микробной клетки (гидролитические ферменты), они растворимы в питательной среде и проходят через бактериальные фильтры. Эти ферменты связаны в основном с процессом питания. Они расщепляют сложные высокомолекулярные вещества (белки, крахмал, клетчатку и пр.), то есть подготавливают питательные вещества к усвоению их микробной клеткой. Эндоферменты прочно связаны с протоплазмой клетки и действуют только внутриклеточно, осуществляя дальнейшее разложение поступающих питательных веществ и превращение их в составные части клетки (например, дегидрогеназы, оксидазы).

Наилучшая температура для действия ферментов 40—50°, для некоторых — 58—60°; при температуре около 100° ферменты разрушаются.

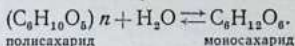
На активность ферментов влияет и pH среды. У бактерий, растущих при кислых значениях pH (ацидофиллы), максимум активности ферментов наблюдается при pH 4,8; у растущих при нейтральном и близком к нейтральному значению pH максимум активности ферментов наблюдается при pH 7,2. У бактерий, способных расти в широком диапазоне pH, реакция среды не оказывает заметного влияния на активность ферментов (см. схему).



Гидролазы (по-гречески «гюдор» — вода). К этой группе относится большое количество ферментов, расщепляющих полисахариды, дисахариды, жиры и белки. Преимущественно однокомпонентные (протеины) ферменты (простетических групп не содержат). Молекула ферментов представляет собой молекулу специфического белка, обладающего ферментной активностью. В боковых цепях молекулы имеются обычно активные группировки (ОН, SH, CHO и др.), при помощи которых осуществляется гидролиз соответствующего вещества. Некоторые ферменты этой группы получены в кристаллическом виде. Процесс гидролитического расщепления совершается при обязательном участии воды.

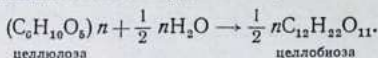
К этой группе относят следующие основные подгруппы ферментов: карбогидразы, эстеразы, протеазы, амидазы.

1. Карбогидразы. Эти ферменты вырабатываются многими микроорганизмами. Большинство микробов выделяет их во внешнюю среду (в субстрат), где они расщепляют клетчатку, крахмал и другие полисахариды. При расщеплении полисахаридов получают ди- или моносахариды:



Наибольшее значение имеют следующие ферменты.

Целлюлаза (цитаза) вырабатывается аэробными и анаэробными целлюлозоразлагающими микроорганизмами. Расщепляют целлюлозу до целлобиозы (затем фермент целлобиаза расщепляет целлобиозу до глюкозы):

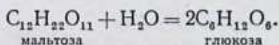


Амилазы (диастаз) гидролизуют крахмал до более простых углеводов. Содержатся во многих плесневых грибах и бактериях.

Пектиназа гидролизует пектиновые вещества (содержащиеся в большом количестве в растительных организмах в качестве межклеточных веществ) на галактозу, арабинозу, ксилосу, уксусную и галактуроновую кислоты. Этот фермент обнаружен у многих видов бактерий и плесневых грибов.

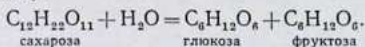
Гемипеллюлазы расщепляют гемипеллюлозы в моносахариды. Ферменты, вызывающие гидролиз дисахаридов с образованием гексоз, найдены в клетках многих микроорганизмов. Из них можно привести следующие.

Мальтаза расщепляет мальтозу (солодовый сахар) на две молекулы (α -Д) глюкозы:



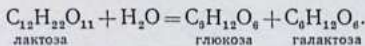
Обнаружена почти у всех микроорганизмов.

Сахараза (инвертаза) расщепляет сахарозу (тростниковый сахар) на α -Д-глюкозу и β -Д-фруктозу:



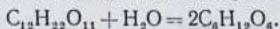
Обнаружена у грибов, дрожжей и бактерий.

Лактаза расщепляет лактозу (молочный сахар) на α -Д-глюкозу и β -Д-галактозу:



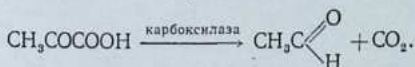
Содержится во многих молочнокислых бактериях.

Целлобиаза расщепляет целлобиозу на две молекулы глюкозы:



2. Эстеразы (ферменты сложных эфиров). К этой подгруппе относят ферменты, способные катализировать разрыв эфирной связи между кислотами и спиртами.

щепление воды, аммиака, углекислого газа и т. д., то есть лиазы производят более глубокий распад субстрата без присоединения каких-либо веществ. Из этой группы ферментов наиболее важное значение имеют следующие: *альдолаза* — катализирует распад фруктозодифосфата на фосфодиоксиацетон и фосfogлицериновый альдегид; *карбоксилаза* — приводит к дальнейшему расщеплению пировиноградной кислоты до уксусного альдегида с выделением углекислоты:



Синтетазы (лигазы) катализируют соединение двух молекул, связанное с расщеплением пирофосфатной связи в АТФ или других нуклеозидтрифосфатах.

Изомеразы (ферменты изомеризации) катализируют изомеризацию различных органических соединений, имеющих важное значение в обмене веществ.

Ферменты дают возможность микроорганизмам производить в колоссальных размерах разложение различных органических и неорганических веществ.

Используя ферментативную способность бактерий и грибов, их широко применяют в промышленном производстве для приготовления уксусной, молочной, щавелевой, лимонной кислот, молочных продуктов (сыр, ацидофилин, кумыс и пр.), в виноделии, пивоварении, силосовании. По ферментативной специфичности отдельных бактерий можно в лабораторных условиях дифференцировать их виды и разновидности. Например, изучая действие микроорганизмов на различные сахара и другие органические соединения, определяют характерные для данного вида ферментативные признаки по конечным продуктам расщепления (кислоты, щелочи, CO_2 , H_2 , H_2S и др.). По биохимическим свойствам можно дифференцировать группы кишечных бактерий от паратифозных, что имеет важное значение для уточнения диагноза при заболевании молодняка сельскохозяйственных животных. Пользуясь ферментативными признаками, можно определить разновидности стрептококков, патогенных анаэробов и др.

Применение меченых атомов при изучении процессов метаболизма микробов. Метод меченых атомов, или, как его еще называют, метод изотопных индикаторов, широко используют в биохимии, физиологии, медицине. В микробиологии радиоактивные изотопы находят широкое применение для мечения микроорганизмов и изучения их обмена веществ — метаболизма.

Радиоактивные изотопы в определенной концентрации (которая не повредила бы жизненным функциям клетки) добавляют в питательные среды, предназначенные для выращивания микробов, например с целью изучения их физиологических функций. Вещества, находящиеся в растворенном виде в питательной среде, в том числе и радиоактивный изотоп (индикатор), поступают внутрь бактериальной клетки. Меченые атомы, как правило, ведут себя в физических и химических процессах так же, как и обычные (немеченые). Однако меченые атомы вследствие радиоактивности (то есть испускания альфа-, бета- и гамма-лучей) позволяют наблюдать за перемещением и распределением их в живой клетке, иначе — в общем обмене веществ. Для обнаружения радиоактивных излучений применяются различные радиометры с использованием счетчиков Гейгера — Миллера. Концентрацию стабильных изотопов определяют на масс-спектрографах.

При изучении метаболизма микробов посредством применения углекислого газа с меченым углеродом удалось установить, что фиксация углекислоты микроорганизмами является активным процессом, связанным с их жизнедеятельностью, особенно

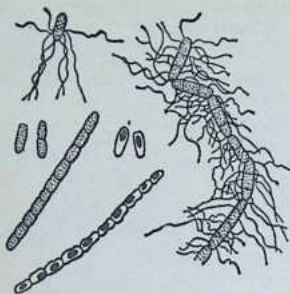


Рис. 28. Цикл развития у *Bac. subtilis* (схематично).

удается проследить путь их распространения в организме; это имеет большое значение для изучения возникновения и развития болезней.

Развитие микроорганизмов. У более высокоорганизованных микроорганизмов — дрожжей, миксобактерий, паразитических грибов и др. — наблюдается сложный цикл развития, то есть комплекс морфологических и физиологических изменений, происходящих в течение жизни.

Прослежены стадии развития сенной палочки. В молодом возрасте она имеет большое количество жгутиков, затем, теряя их, начинает делиться и постепенно превращается в длинные цепочки, которые впоследствии снова приобретают жгутики и затем распадаются на отдельные клетки, каждая из которых повторяет прежние стадии развития (рис. 28). После многократного повторения такого превращения внутри клеток образуются споры, причем клетка опять теряет жгутики. Оболочка клеток ослизняется и исчезает, спора остается свободной и в благоприятных условиях

с азотным обменом, и что это усвоение у растущих клеток во много раз энергичнее, чем у покоящихся.

При добавлении в жидкую питательную среду радиоактивных изотопов серы (S^{35}) было показано, что растущая бактериальная культура заметно поглощает сульфаты из среды, включая их в сложные органические соединения. Сульфат поглощается клетками только тогда, когда образуется новая протоплазма, формируется новое живое вещество.

С помощью радиоактивных изотопов можно уточнить, какие элементы нужно добавлять в питательную среду, чтобы те или иные микробы больше синтезировали антибиотики, витамины, белки, успешно используемые в народном хозяйстве. Меченые атомы позволили изучить взаимоотношения между бактериофагами и бактериями. По меченым микроорганизмам

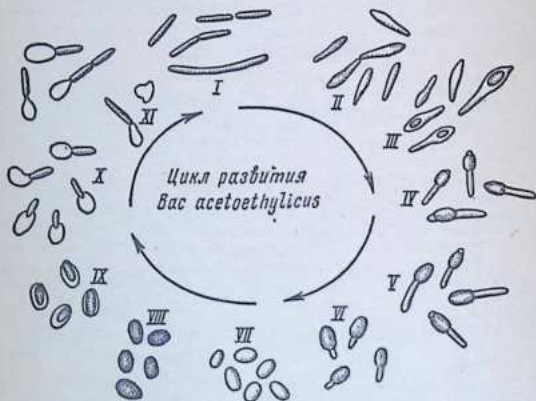


Рис. 29. Цикл развития у *Bac. acetoethylicus* (схематично) (по Чумак).

начинает прорастать. Вначале спора набухает, на одном из концов ее или посередине оболочки разрывается, в месте разрыва появляется проросток, который растет и достигает величины нормальной клетки. Затем клетка приобретает жгутики, и описанные стадии развития повторяются. Примерно такой же цикл развития у *Vas. acetothylacus* (рис. 29).

Изменение формы микроба в разных стадиях развития не нужно смешивать с изменениями формы микробных клеток при неблагоприятных внешних воздействиях.



Рис. 30. *Vas. cereus*. Последовательность образования перегородок при делении клетки. Электронная микрофотография по Джонсону.

12. Рост и размножение микробов в природе и на питательных средах. Под ростом бактериальной клетки подразумевается увеличение массы ее протоплазмы, происходящее в результате синтеза клеточного материала в процессе питания. Достигнув предела индивидуального роста и зрелости, клетка начинает размножаться. При этом происходит увеличение ее суммарной биомассы за счет роста и размножения клетки.

Наиболее распространенный способ размножения бактерий — простое деление клетки пополам после достижения ею зрелого возраста. На стенках средней части клетки образуются выросты, которые увеличиваются внутрь и образуют перегородку, хорошо заметную в электронном микроскопе (рис. 30). Расщепляясь надвое, перегородка делит клетку пополам. У палочковидных бактерий перегородки располагаются перпендикулярно длинной оси. По последним данным, бактерии могут размножаться путем отпочковывания от материнской клетки дочерних особей, как дрожжи. У миксобактерий размножение происходит перешнуровыванием клетки без перегородки.

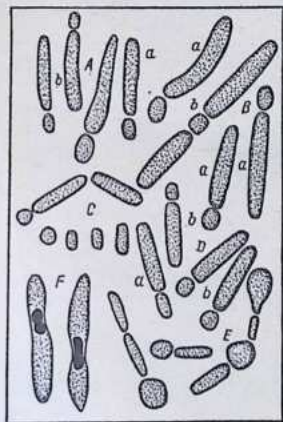


Рис. 31. Гетероморфное деление бактерий (увел. в 2000 раз) (по Имшенецкому).

Когда материнская клетка делится пополам, обе дочерние клетки бывают одинакового размера (изоморфное деление). Ядерное вещество также делится поровну. Но иногда бактериальная клетка делится не на равные доли (гетероморфное деление). Тогда образовавшиеся дочерние клетки имеют неодинаковую величину (рис. 31). Диплококки и стрептококки после деления остаются соединенными про-

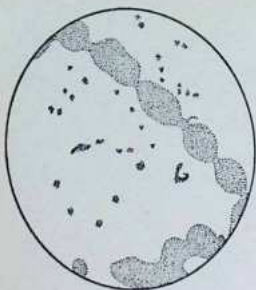


Рис. 32. Стрептококк при увеличении электронного микроскопа. Отдельные кокки соединены тончайшими протоплазматическими тяжами.

ются и прекращаются, плазма слабее преломляет свет, и клетка постепенно лизируется, то есть наступает ее естественная смерть. Дочерняя особь отличается от материнской. Она более чувствительна к неблагоприятным внешним факторам, с более интенсивным обменом веществ, лучше окрашивается.

Микробы способны размножаться очень быстро. По достижении пределов индивидуального роста бактериальная клетка может делиться примерно через каждые 20—30 минут. Подсчитано, что через 5 часов бактериальная клетка дает 1024 клетки, через 10 часов — 1 048 576 клеток, через 20 часов — 1099 млрд. 511,6 млн. клеток, вес которых составляет 80 мг, через 25 часов вес клеток достигает 82 г, через 30 часов — 89,2 кг, а через 40 часов — 18 841,6 т. Холерный вибрион за 30 часов может дать поколение, способное покрыть сплошным слоем всю поверхность земли. Однако быстрому развитию микробов препятствуют разные неблагоприятные внешние факторы —

топлазматическими тяжами (рис. 32). При делении шаровидных клеток перегородки располагаются различно: последовательно в одной плоскости (стрептококки, рис. 33), в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (тетракокки, рис. 34), в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (сарцины, рис. 35). Некоторые ученые высказывают мысль, что при вегетативном делении образуются не две равноценные дочерние клетки, а только одна. Вторая клетка остается материнской и через определенное время вновь делится. В течение индивидуальной жизни клетка может делиться 10 и более раз (М. О. Стрешинский), затем начинает вытягиваться, утончаться, процессы деления замедля-

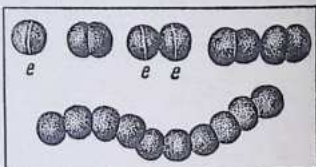


Рис. 33. Расположение делящей перегородки в одной плоскости (схема).

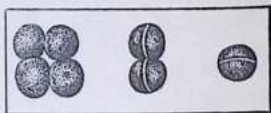


Рис. 34. Расположение делящей перегородки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (схема).

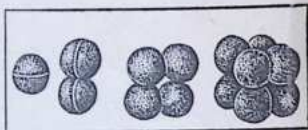


Рис. 35. Расположение делящей перегородки в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (схема).

действие света, высушивание, антагонизм между различными микробными видами, накопление собственных продуктов обмена в среде и ряд других явлений.

Быстрота размножения бактерий зависит от питательности среды, ее влажности, температуры, аэрации и ряда других условий. Например, на мясопептонном бульоне кишечная палочка дает новое поколение через 23 минуты, а на пептонной воде — только через 33 минуты. Большинство патогенных бактерий при температуре 37° образует новое потомство в 3—4 раза быстрее, чем при температуре 22°. Быстрота размножения обусловлена уровнем обмена веществ, скоростью и непрерывностью поступления питательного материала внутрь клетки.

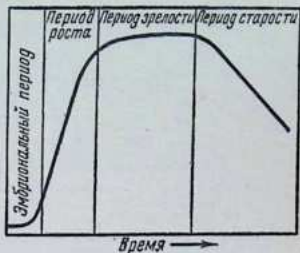


Рис. 36. Схематическая кривая роста бактериальной культуры (по Иерусалимскому).

На скорость размножения влияет и количество микробных клеток, внесенных в питательную среду. Чем больше внесено клеток, тем быстрее в первые часы они размножаются. Объясняется это тем, что в начальной фазе развития деление клеток усиливается благодаря поступлению в среду промежуточных продуктов обмена веществ микробов. Это нашло подтверждение в лабораторных опытах, когда в среду добавлялось небольшое количество аминокислот, стимулировавших начальную фазу развития при малом содержании бактерий в среде.

При размножении микробов на несменяемой искусственной питательной среде отмечено несколько фаз, или стадий, в течение которых изменяются быстрота размножения, морфологические и физиологические свойства микробных клеток (размеры, окрашиваемость основными красителями, ферментативная активность и пр.): первая фаза — «лаг-фаза» (lag — по-английски — отставание, запаздывание), фаза задержки, когда микробы не размножаются, а затем, по мере перестройки и приспособления, в течение 1—2 часов начинают размножаться в нарастающем темпе; вторая — экспоненциальная — фаза (логарифмического) * роста, в которую микробы размножаются с максимальной быстротой, число микробных клеток увеличивается в геометрической прогрессии (1, 2, 4, 8, 16, 256 и т. д.); третья фаза — стационарная, или фаза зрелости, когда кривая роста достигает максимума, а затем становится почти параллельной оси абсцисс; число образующихся новых клеток в эту фазу соответствует примерно числу отмерших; четвертая фаза — фаза старости, когда микробные клетки начинают гибнуть (рис. 36). Длительность этой фазы разная. Например,

* В настоящее время называется «экспоненциальной фазой», так как в уравнениях время стоит в экспоненте (показателе степени).

пневмококки погибают через 2—3 дня, а кишечные палочки — по истечении нескольких месяцев.

Такой характер размножения микробных клеток можно объяснить постепенно меняющейся концентрацией продуктов обмена их веществ в питательной среде. Известно, что ядовитые вещества в малых дозах стимулируют развитие клеток, в больших — тормозят и даже убивают их. Эти данные имеют большое практическое значение для учета сроков посева бактериальных культур, а также сроков хранения и годности вакцин, приготовленных из живых микробов.

Колонии микроорганизмов и культуральные признаки. Микроорганизмы, выращиваемые на твердых питательных средах (мясопептонный агар, мясопептонный желатин, свернутая кровяная сыворотка и др.), образуют хорошо видимые невооруженным глазом колонии, размножившиеся из одной или нескольких микробных клеток (см.

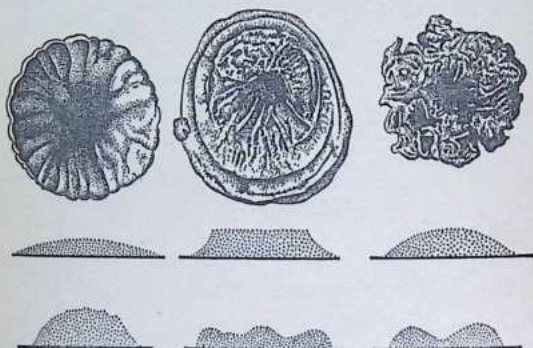


Рис. 37. Типы колоний микробов. Вид сверху и в разрезе.

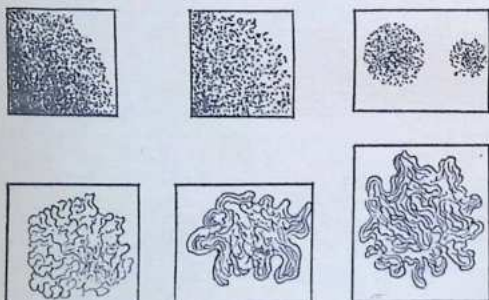


Рис. 38. Края колоний разных бактерий.

цв. табл. II). Каждому виду микроорганизмов свойственны определенная величина (может достигать 1—5 мм), форма, консистенция, окраска и структура колоний. Эти признаки нередко используют при диагностике бактериальных болезней.

Поверхность колоний микробов может быть плоской, выпуклой, вогнутой, складчатой, зернистой (рис. 37). Колонии лежат на поверхности или врастают в глубь плотной питательной среды. Края колоний могут быть ровные, волнистые, лучистые, зубчатые, изъеденные, локонообразные (рис. 38).

По консистенции колонии бывают слизистыми, рыхлыми, крошковатыми, рогоподобной плотности. Они могут быть просвечивающимися или матовыми. Окраска колоний (пигментобразующие микроорганизмы) самая различная — белая, желтая, красная, розовая и др. (см. цв. табл. II).

Форма колоний зависит от взаимного расположения клеток после их деления. У некоторых видов бактерий при делении клетки происходит скользкое передвижение, одна из клеток совершает круговое движение около другой и клетки располагаются рядами или параллельно (рис. 39). При этом колонии имеют гладкую поверхность и ровные края (паратифозные палочки). Если при делении происходят «изломы» палочки, клетка изгибается в противоположную сторону, одна клетка частично прекрещивается с другой, образуя впоследствии шероховатую поверхность и неровные края колонии (сибирязевенные палочки).

Колонии могут образоваться путем поступательного движения микробных клеток. Например, колонии подвижного протея ползут по поверхности агара тонким налетом; бактерии, имеющие капсулу, образуют слизистые колонии в виде вязкой прозрачной массы; у спорообразующих бацилл колонии имеют матово-серый оттенок и непрозрачны. Такое передвижение клеток после их деления происходит в результате действия поверхностного натяжения. При этом большое значение имеют химический состав клеточной оболочки бактерий, тип дыхания; определенное влияние оказывают питательная среда и другие факторы.

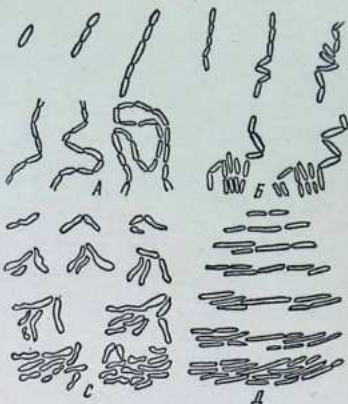


Рис. 39. Схема первоначального образования колоний:

А — формирование колоний из отдельно лежащей палочки, образующей петли; Б — формирование колоний из бактерии, образующей складки; В — формирование колонии из бактерии, образующей изломы; Д — формирование колонии из бактерии, способной к скольжению.

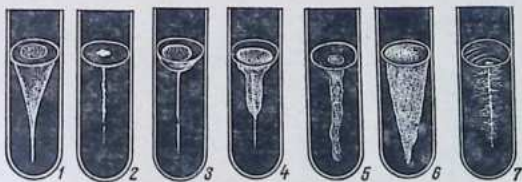


Рис. 40. Разные формы разжижения желатины гнилостными бактериями.

Когда посев проводится уколом в столбик желатина, культура растет по линии укола, образуя стержень различной формы, от которого могут отходить боковые отростки. При этом одни виды бактерий (протеолитические) разжижают желатин, другие не разжижают (рис. 40). На мясопептонном бульоне бактерии в большинстве случаев вызывают помутнение среды, а некоторые бактерии образуют пристеночное кольцо или пленку на поверхности среды. Описанные культуральные признаки используются для определения вида бактерий.

Пигментные, светящиеся, ароматобразующие микроорганизмы. Пигментные микроорганизмы. Некоторые виды микроорганизмов способны образовывать красящие вещества — пигменты: красные, синие, желтые, фиолетовые и др. Цвет пигмента определяется по окраске колоний на плотной питательной среде, а иногда и по цвету жидкой питательной среды (см. цв. табл. II).

Различают пигменты: растворимые в воде, причем питательный субстрат окрашивается ими в определенный цвет (пиоцианин, синазинин, флюоресцин); растворимые в спирте, но не растворимые в воде; не растворимые ни в воде, ни в спирте (черные и бурые пигменты дрожжей и плесеней).

Красный пигмент вырабатывают некоторые бактерии, актиномицеты и дрожжи. Особый интерес представляет *Bact. prodigiosum*, названная «чудесной палочкой». Это совершенно безвредный микроб, чаще всего растущий на крахмалистых продуктах и на стенах сырых помещений в виде кроваво-красных пятен (колоний). Появление кровавых пятен воспринималось в средние века как знак гнева божьего на людей за какие-либо скрытые злодеяния. Таких людей сжигали на кострах.

Синий пигмент продуцируется синегнойной палочкой (*Pseudomonas pyocyanea*), которая нередко обнаруживается в загрязненных ранах и окрашивает гной в синевато-зеленый цвет. Микроб *Bact. pyocyanea* вызывает порок молока, окрашивая его в синий цвет.

Желтый пигмент вырабатывается стафилококками и сарцинами.

Черный и бурый пигменты продуцируют некоторые виды грибов и дрожжей.

Отдельные виды микробов могут вырабатывать два пигмента и более. Например, синегнойная палочка при нейтральной реакции среды вырабатывает голубой, а при щелочной — зеленый пигмент. У одних видов микробов пигментные вещества рассеяны в протоплазме клетки в виде зерен, у других пигмент отлагается в оболочке, у третьих выделяется в питательный субстрат как продукт жизнедеятельности клетки. Интенсивность образования пигмента у бактерий зависит от ряда условий: доступа кислорода, температуры (для большинства микробов требуется 20—25°), состава питательной среды (наличие крахмала, солей магния, фосфора и др.). При отсутствии благоприятных условий пигментные микробы дают бесцветные колонии. Физиологическое значение пигментов для микробной клетки точно не изучено.

Светящиеся, или фотогенные, бактерии способны излучать фосфоресцирующий свет. «Свечение фотобактерий» представляет собой своеобразную форму освобождения энергии при окислительных процессах, происходящих в теле бактерий. Свечение

бывает тем ярче, чем сильнее приток воздуха к бактериям» (В. Л. Омелянский). Оно обусловлено наличием в теле светящихся микроорганизмов фотогенного вещества (люциферина), который легко окисляется кислородом при участии фермента люциферазы.

Огромное количество фотобактерий находится в морской воде; в пресной воде их меньше; они встречаются в мясных тушах, рыбе, сгнившем дереве. При свете одной пробирки с фотобактериями можно отсчитать показания стрелки карманных часов, сфотографировать саму колонию (рис. 41). Фотобактерий, патогенных для человека и сельскохозяйственных животных, не обнаружено.



Рис. 41. Колонии *Bact. phosphoreum*, сфотографированные в их собственном свете.

Ароматобразующие микробы обладают свойством выделять ароматические вещества — сложные эфиры, летучие кислоты, углекислый газ, ацетилметилкарбинол, который при окислении переходит в диацетил, придающий приятную ароматичность маслу и сыру. Ароматобразующие микробы широко используются в молочной промышленности (*Str. citrovorus* и *Str. paracitrovorus*, сбраживающие содержащиеся в молоке соли лимонной кислоты) и виноделии.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ МИКРОБОВ В ПРИРОДЕ

Микрофлора почвы. Почва особенно богата микроорганизмами. Она является основным резервуаром и поставщиком микробов в воду и воздух. В почве есть все условия, необходимые для жизнедеятельности микроорганизмов: органические и минеральные вещества, достаточное количество влаги, защита от воздействия прямых солнечных лучей и др. В самом верхнем слое почвы микробов мало; они гибнут здесь от воздействия прямых солнечных лучей и высыхания. Наибольшее количество микробов на глубине 10—20 см. По мере углубления их становится меньше, на глубине 4—5 м микробы почти не встречаются. Однако не исключена возможность присутствия их и на более значительных глубинах.

Количество и качество микрофлоры находятся в зависимости от состава почвы, ее влагоемкости, реакции среды, времени года, метеорологических и климатических условий, агрохимических факторов и пр. В песчаных и каменистых почвах микроорганизмов меньше, чем в пахотных, особенно удобренных. Где больше органических питательных веществ, там лучшие условия для размножения микробов многих видов. В большом количестве они скапливаются в зоне корневой системы растений (ризосферы). Количество бактерий в 1 г почвы может достигать нескольких миллионов и даже миллиардов. В 1 г почвы кладбища было обнаружено 19 млрд. бактерий. М. В. Федоров приводит такие данные: в 25-сантиметровом слое почвы, взятой с пло-

шади одного гектара, вес микробов доходит до 3 т (при 5 млрд. в 1 г почвы).

К постоянным обитателям почвы относят следующие виды микробов: спороносные аэробы (*Bac. mycoides*, *Bac. subtilis*, *Bac. megatherium*, *Bac. mesentericus* и др.), спороносные анаэробы (*Clostr. sporogenes*, *Clostr. putrificus*, *Clostr. perfringens* и др.), термофильные бактерии, пигментные, кокковые формы (*Micrococcus albus*, *roseus flavus*). В почве находятся нитрифицирующие, денитрифицирующие, азотфиксирующие бактерии, серобактерии, бактерии, разлагающие клетчатку, актиномицеты, плесневые грибы, дрожжи, протозойные организмы, микроскопические водоросли. Некоторые представители этих микробов при попадании в пищевые продукты могут вызвать порчу их. Многие виды бактерий, актиномицетов, дрожжей, плесневых грибов после получения в чистом виде используют для производства антибиотиков, витаминов, ферментов и пр.

Почвенным микроорганизмам принадлежит основная роль в превращениях содержащихся в почве органических и минеральных веществ. Вся масса органических веществ, которая ежегодно поступает в почву (остатки растений, трупы животных), под влиянием почвенных микробов разлагается на более простые соединения, которые являются питательным веществом для растений. Большая роль принадлежит микроорганизмам в образовании структуры почвы и почвенного гумуса (перегноя). Гумус может образоваться из самых различных природных растительных соединений при участии различных видов бактерий (аэробов и анаэробов) и грибов.

В процессе эволюционного развития между отдельными группами почвенных микроорганизмов сложились метаболические отношения; физиологическая специализация микробов создала условия, вполне приемлемые для одновременной жизни многих миллионов микроскопических существ даже в ничтожно малом кусочке почвы. Отдельные примеры метабиоза приведены на странице 102. У различных групп микроорганизмов существует и взаимный антагонизм. Бактерии-антагонисты подавляют и уничтожают некоторые виды грибов и бактерий. Бактерии-антагонисты имеют большое значение в природе, в почвенных процессах и особенно в борьбе с болезнетворными микробами. Многие бактерии размножаются в большом количестве на корнях растений, защищают их от фитопатогенных грибов.

Взаимоотношения между почвенными микробами и растениями очень сложны и многогранны. В почве имеются микроорганизмы, так называемые активаторы, которые продуктами своей жизнедеятельности ускоряют рост и развитие (рост корней и надземных частей) растений. Чем больше бактерий-активаторов в почве, тем больше образуется ростовых веществ. В 1 г почвы может быть таких бактерий от нескольких тысяч до многих сотен миллионов. По своей природе бактерии-активаторы представляют сборную группу. Сюда входят спороносные и неспороносные бактерии, дрожжи, грибы и другие микроорганизмы.

Многие виды микробов почвы (азотобактер, клубеньковые, микробактерии, грибы, актиномицеты и др.) образуют витамины: тиамин, рибофлавин, витамин С, К, В₆, В₁₂, биотин, никотиновую кислоту и др.

На интенсивность образования витаминов и других биотических веществ большое влияние оказывают так называемые спутники и микробы. Есть виды микробов, которые усиливают или, наоборот, подавляют продукцию витаминов другими микробами. Например, азотобактер в чистой культуре синтезирует 173 мг гетероауксина (вещество стимулирует рост растений), а в присутствии *Vas. tuscoi-des* — 220 мг. Растения усваивают корнями биотические вещества и аминокислоты из почвы в том виде, в каком они образуются микробами.

В опытах установлено, что растения интенсивно поглощают антибиотики, образуемые грибами, актиномицетами и бактериями. У одних видов растений антибиотики концентрируются больше в корнях, у других — в стеблях и листьях и длительно там сохраняются. Это обстоятельство послужило основанием для разработки метода применения антибиотиков в растениеводстве как лечебного и профилактического средства; например, получен вполне удовлетворительный результат от применения антибиотиков в борьбе с бактериальным увяданием абрикосовых деревьев.

Некоторые виды бактерий ризосферы пользуются корневыми выделениями как источниками питания. Усваивая или разрушая корневые выделения, бактерии тем самым не дают им накапливаться и, таким образом, предохраняют зону корней от выделений, вредных для роста растений. Растительный покров, в свою очередь, активно воздействует на микрофлору ризосферы, он является мощным фактором отбора и накопления определенных видов микробов почвы.

В почве могут находиться и патогенные микроорганизмы, которые попадают туда с трупам, испражнениями, зараженными сточными водами и разными отбросами. Предполагают, что некоторые патогенные микробы в почве размножаются (возбудители сибирской язвы, столбняка), но большинство из них не находит в ней благоприятных условий для размножения и со временем теряет болезнетворность и гибнет.

Сохраняемость бактерий в почве различна. Некоторые микроорганизмы находятся в почве в жизнеспособном состоянии довольно долго, например туберкулезная палочка — от 5 месяцев до 2 лет, бруцеллы — до 100 дней, бактерии рожи свиней — до 166 дней, бактерии паратифозного аборта кобыл — более 52 дней, гноеродные кокки — до 2 месяцев, вирус чумы свиней — до 5 дней (при высушивании крови с землей). Еще продолжительнее сохраняются в почве споровые патогенные микроорганизмы: споры сибирской язвы, столбняка и злокачественного отека — десятки лет. Зараженная патогенными микробами почва может служить источником распространения некоторых инфекционных болезней. Особенно большую опасность представляют возбудители сибирской язвы, шумящего карбункула, столбняка и злокачественного отека.



Рис. 42. Бурав для взятия проб почвы.

Микробиологическое исследование почвы имеет важное значение в санитарной ее оценке при строительстве, планировке территории ферм для животных, водохранилищ, а также для оценки санитарно-зоогигиенического состояния, интенсивности загрязнения почвы микроорганизмами. Пробы почвы берут из разных участков и исследуют каждую отдельно или в виде средних проб, полученных путем смешения нескольких образцов. Для бактериологического исследования пробу почвы берут на глубине 1—2 см стерильной металлической ложечкой в стерильную колбу. Для взятия пробы из больших глубин пользуются специальным буравом (рис. 42).

Почву исследуют с целью установления титра кишечной палочки, а также на присутствие патогенных микробов. Для определения загрязненности почвы кишечной палочкой пользуются средой Булижа; для подавления развития грамположительных бактерий в нее добавляют генцианвиолет (0,15 г на 1 л среды). Посевы выдерживают 24 часа при 43°. Дальнейший ход исследования такой же, как и при исследовании воды (см. руководство по практическим занятиям).

Микрофлора воды. Содержание в воде значительного количества хотя бы только сапрофитных бактерий нежелательно, особенно в пищевой промышленности, потому что микробы могут снизить качество продуктов и сократить срок их годности. Присутствие же болезнетворных микроорганизмов в воде представляет серьезную опасность для человека и животных.

Большое количество микробов попадает в открытые водоемы из почвы во время дождей и с оседающей пылью. Кроме того, вода загрязняется отбросами фабричного производства, испражнениями животных, стоками нечистот и пр. Так, в сточных водах боен и молочных заводов обнаружены туберкулезные бактерии; в сточных водах туберкулезных больниц (до хлорирования) найдено 100 тыс. туберкулезных бактерий в 1 мл (К. Вагнер, У. Рейсс, 1953). Наряду со случайно попавшими некоторые микроорганизмы постоянно обитают в воде, например *Pseudomonas fluorescens liquefaciens*, *Bact. aquatilis*, сарцины и т. п.

Дистиллированная вода меньше всего содержит микробов, они попадают в нее из воздуха или с загрязненной посуды. Некоторые виды микробов могут не только сохраняться, но и развиваться в такой воде. Артезианская вода также почти свободна от микроорганизмов. В 1 мл ее не больше десятка микробов, попадающих туда обычно в момент прохождения воды по трубам. Ключевая вода содержит незначительное количество микробов. Атмосферные воды (дождь, снег) сравнительно бедны микробами. Капли дождя, хлопья снега, падая вниз, увлекают из воздуха частицы пыли, а вместе с ними и микробы. В 1 мл осадков, выпадающих над земной поверхностью, воздух которой сильно загрязнен микробами, может насчитываться до нескольких сотен микробов.

Глубокие почвенные воды колодцев содержат микробов меньше, чем поверхностные воды, так как, просачиваясь через толщу почвы, вода фильтруется. Увеличение количества микробов в колодезной воде можно объяснить попаданием туда микробов из воздуха вместе с пылью и дождем, а также просачиванием поверхностных вод через щели деревянных срубов. Загрязнение может происходить и через ведра, особенно когда за колодцем нет постоянно закрепленного ведра. Если в колодезную воду попадают болезнетворные микробы, она становится источником заражения людей и животных (бруцеллез, паратиф, сибирская язва и др.).

Вода озер может содержать разное количество микробов. После дождя содержание микроорганизмов в ней обычно сильно возрастает, в солнечные дни уменьшается. Больше микробов в прибрежной зоне, где вода соприкасается с почвой, и на глубине от 5 до 20 см.

В воде морей меньше микробов, чем в воде озер и рек. В морской воде встречаются не только такие виды, которые хорошо переносят повышенную концентрацию солей, но и такие, которые развиваются на питательных средах с обычным содержанием поваренной соли. Встречаются споровые и бесспоровые палочки, реже — кокки, микобактерии, актиномицеты, грибы и дрожжи. В Северном Ледовитом океане на глубине до 100 м обнаружены нитрифицирующие, денитрифицирующие и азотфиксирующие бактерии. Число гетеротрофных бактерий может колебаться от 35 до нескольких тысяч на 1 л воды.

В воде рек выше населенных пунктов микробов меньше, чем в воде ниже населенных пунктов. В 1 мл воды р. Урала у ряда населенных пунктов содержалось до 197 тыс. микробов, а ниже населенных пунктов — 400 тыс. Самоочищение речной воды происходит в результате разбавления ее свежими притоками, уменьшения в ней питательных веществ из-за минерализации органических соединений, образующихся вследствие жизнедеятельности микроорганизмов, постепенного оседания на дно нерастворимых органических соединений и вместе с ними — микроорганизмов, влияния солнечных лучей, действия бактериофага и микробов-антагонистов, а также механического разрушения микробов (движение воды) и уничтожения их простейшими организмами (протозоя). Все многощетинковые черви, рачки-бокоплавы, моллюски Северного Каспия поедают за сутки 525 т бактерий.

Водопроводная вода в зависимости от источника водоснабжения может содержать различное количество микробов. Если водопроводная сеть питается артезианской водой, количество бактерий в ней незначительно; если же вода поступает из открытого водоема, бактерий больше. Воду, поступающую из открытых водоемов, подвергают отстаиванию, коагуляции, фильтрации, хлорированию.

Помимо сапрофитов, в воде могут находиться и патогенные микроорганизмы: сибиреязвенная палочка, бактерии сапа, брюшнотифозные и паратифозные бактерии, бруцеллы, бактерии туляремии, мятный стрептококк, бактерии рожни свиней, столбнячная палочка, бациллы шумящего карбункула, возбудители лептоспироза, холерный вибрион, возбудитель дизентерии, вирус чумы свиней, вирус ящура и др. Не-

которые патогенные микробы могут не только сохраняться в воде продолжительное время, но и размножаться. Продолжительность сохранения в воде некоторых видов бактерий приводится в таблице 3.

Таблица 3

Продолжительность сохранения бактерий в воде

Вид бактерий	Характеристика воды	Срок хранения
Бактерии сапа	Стерильная	1 год
Бруцелла	Стерильная и питьевая	72 дня
Мытный стрептококк	Дистиллированная и водопроводная	9 дней
Бактерия туляремии	То же	90 "
Возбудитель пуллороза	" "	200 "
Возбудитель инфекционного аборта кобыл	" "	Более 178 дней
Бактерия туберкулеза	Речная	5 месяцев
Вирус ящура	Сточная	103 дня

Обнаружить в пробах воды болезнетворные микробы ввиду их малой концентрации в большинстве случаев трудно. Поэтому прибегают к косвенным показателям по выявлению возможного наличия патогенных микробов в воде. С этой целью используют метод определения фекальных микроорганизмов, характерных для кишечника человека и животных, так как с испражнениями в воду могут поступать и патогенные микробы.

Интенсивность фекального загрязнения определяется титром кишечной палочки (коли-титр) или коли-индексом. Коли-титр — наименьшее количество исследуемого материала, в котором обнаруживается кишечная палочка; коли-индекс — количество кишечных палочек, обнаруженных в 1 л исследуемой пробы воды.

Для санитарной оценки водоемов большое значение имеет определение числа микробов по количеству колоний, выросших на агаре через 24 часа после посева 1 мл неразбавленной воды. По ГОСТ это число не должно превышать 100 (коли-титр не менее 500; коли-индекс не более 2) для водопроводной воды и 1000 для воды колодцев и открытых водоемов (коли-титр должен быть не менее 111, а коли-индекс не более 9). Степень загрязнения воды можно определить методом обнаружения в ней бактериофага и его титрацией. Пробу воды берут специальным прибором или для этого приспособляют однолитровую бутылку (рис. 43). Емкость должна быть стерильной.

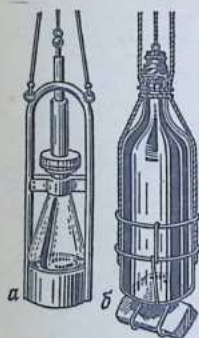


Рис. 43. Прибор (а) и бутылка (б) для взятия воды из глубины.

Бутылку или прибор опускают на желаемую глубину, затем шпагатом, закрепленным к пробке, извлекают последнюю из сосуда. После наполнения емкость вытаскивают и сразу же воду доставляют для исследования.

Принципы очистки и обезвреживания питьевой воды. Питьевая вода из открытых водоемов предварительно обрабатывается и в случае необходимости обеззараживается. Предварительной обработкой с применением осаждения, коагуляции и фильтрации преследуется цель осветлить и улучшить воду в физическом отношении; хлорированием уничтожаются патогенные микроорганизмы.

Осаждение взвесей применяется при наличии в воде значительной мути. С этой целью на больших водоочистительных установках устраивают отстойники-резервуары, через которые медленно пропускают воду. При этом крупные частицы оседают на дно вместе с бактериями. Количество бактерий при этом снижается на 75%, а количество кишечной палочки уменьшается в 50 раз.

Коагуляция. Для ускорения осаждения взвеси в воду прибавляют коагулянт (сернокислый глинозем или сернокислую закись железа) вместе с известью. Эти вещества соединяются с двууглекислыми солями кальция и магния, всегда находящимися в воде, и образуют коллоидный раствор гидрата окиси алюминия, переходящий вскоре в крупные хлопья. Образующиеся хлопья оседают на дно, увлекая за собой взвешенные частицы и бактерии. Через 6 часов после добавления коагулянта вода становится прозрачной. Чтобы ускорить очистку, можно пропускать воду через фильтры. Количество бактерий в воде при этом уменьшается на 90%.

Фильтрация воды проводится обыкновенно через песочный фильтр, состоящий из кварцевого песка (диаметр песчинок 0,35—0,55 мм) слоем 0,7 м, гравия и щебня общей высотой 0,6 м. Воду пускают слоем в 1,2 м над песком. Через 10—12 минут на поверхности песка образуется из взвешенных в воде частиц неорганическая пленка, которая задерживает мельчайшую мусть и 99% бактерий, содержащихся в воде.

Хлорирование — самый распространенный и доступный способ обеззараживания воды, гарантирующий уничтожение паратифозных, бруцеллезных и других беспоровых патогенных микроорганизмов, а также сокращение общего числа микробов в воде на протяжении всего времени нахождения в ней остаточного хлора. Для хлорирования используется хлорная известь, которая содержит активный хлор, обладающий окисляющими свойствами и губительно действующий на бактерии при определенной дозе. При хлорировании необходимо, чтобы вода была достаточно чистой и прозрачной, так как хлор убивает бактерии, находящиеся непосредственно в воде. Если же они будут заключены в комочках грязи, ила и т. п., то останутся недоступными для хлора, то есть не будут уничтожены, и употребление такой воды может вызвать заражение.

Озонирование воды дает более эффективные результаты, чем хлорирование. Так, 0,1 мг активного хлора уничтожает 6000 бактерий кишечной группы в 1 л воды через 4 часа 10 минут, а аналогичное количество озона — через 5 секунд.

Биологическая очистка загрязненных вод. В крупных населенных пунктах, на фабриках, маслодельных, сыродельных и других заводах, мясокомбинатах всегда бывает большое количество загрязненных вод. Спускать эти воды в открытые водоемы без предварительной очистки нельзя, так как происходит сильное загрязнение естественных водоемов, что небезопасно в санитарном отношении.

Наиболее простой способ очистки сточной жидкости — биологическая очистка на полях фильтрации или на полях орошения. При первом способе сточная жидкость спускается на специально подобранные земельные участки, где она, просачиваясь через слой почвы, почти полностью освобождается от взвешенных частиц, органических соединений, а также от микроорганизмов. Органические вещества в верхних слоях почвы под действием гнилостных бактерий подвергаются аммонификации с образованием аммиака, который затем окисляется в азотистую и азотную кислоты. Патогенные и другие микробы сточной жидкости погибают в этих слоях почвы.

На полях фильтрации можно очистить значительное количество сточной воды, но при этом способе очистки ценные удобрительные вещества сточной воды остаются

без использования. При втором способе, когда устраиваются поля орошения, этого недостатка нет. При данном способе фильтрационные участки работают посменно: один участок используется для фильтрации и накопления в почве удобрительных веществ, другой — для засева культур. При очистке на полях орошения вода в значительной степени освобождается от бактерий, но малая пропускная способность полей препятствует широкому использованию этого способа в крупных городах.

Для массовой очистки загрязненных вод в настоящее время применяют биологические фильтры. С этой целью используют искусственные сооружения, получившие название аэротанков. Они представляют собой бассейны, наполненные сточной жидкостью и илом, носящим название «активного ила», при помощи которого происходит коагуляция взвешенных в сточной воде частиц; снизу в аэротанк вдувается воздух, который распределяется в жидкости в виде пузырьков. В результате этого частицы активного ила находятся все время во взвешенном состоянии. Таким образом, главным фактором биологической очистки сточной жидкости является ил и кислород.

Биологическая очистка сточной жидкости проходит в две фазы. Сначала в результате адсорбции активным илом коагулируют органические вещества, находящиеся во взвешенном состоянии в сточной жидкости, то есть осуществляется физическая очистка. После этого происходят биологические процессы. Органические вещества, адсорбированные на частицах ила, подвергаются аммонификации и нитрификации (окислению аммиака до азотной кислоты). При этом резко снижается общее количество микробов и постепенно гибнут патогенные микроорганизмы.

Микрофлора воздуха. Воздух сам по себе неблагоприятная среда для размножения большинства видов бактерий. В нем нет питательных веществ и других необходимых для развития микроорганизмов условий. Кроме того, под действием солнечных лучей микробы быстро гибнут. Однако, применив особую методику — тонких стеклянных «нитей обрастания» (методика воспроизводит для микроорганизмов условия, практически не отличающиеся от естественных), удалось доказать возможность размножения некоторых видов микроорганизмов в воздухе. При этом на «нити обрастания» обнаруживался ряд размножающихся организмов, отнесенных к мицелиальным формам, палочковидным бактериям, дрожжеподобным организмам. Нити обрастают довольно быстро: уже через 36 часов появляются микроколонии, а через двое суток — мицелиальные формы (Кордюм и Бобченко, 1959).

В воздух микробы попадают главным образом с поднимающейся пылью и с ней же вновь оседают на поверхность почвы. Поэтому количественный и качественный состав микробов воздуха находится в прямой зависимости от микрофлоры почвы, а так как в почве больше всего сапрофитных микробов, то они преобладают и в воздухе. Чаще всего в воздухе встречаются спорогенные и пигментные виды, споры различных плесневых грибов и дрожжей, как наиболее устойчивые против высыхания и действия ультрафиолетовых лучей.

С выделениями человека и животных, из трупов, разных отходов и отходов в почву попадают патогенные микробы. Подсохнув, они с пылью поднимаются в воздух. Кроме того, при чихании, кашле в воздух выбрасывается большое количество капелек жидкости, внутри которых содержатся микроорганизмы. При одном акте чихания выделяется от 4500 до 150 000 живых бактерий. Мельчайшие из этих капель часами удерживаются в воздухе и вследствие легкости могут быть подняты воздушными течениями на очень большую высоту над поверхностью земли и унесены на далекие расстояния. При оседании капли

высыхают, превращаются в так называемую бактериальную пыль, которая легко увлекается воздушными течениями и постепенно вновь оседает. Микробные аэрозоли имеют большое значение в распространении заразного начала. Аэрозолем называют коллоидные частицы, состоящие из воздуха и распыленных в нем твердых веществ или капелек жидкости. Аэрозоли могут иметь разные размеры. Частицы диаметром более 100 мкм опускаются быстрее. Частицы, поперечник которых меньше 100 мкм, оседают очень медленно. Скорость переноса их воздухом зависит и от силы воздушных потоков.

Из патогенных микроорганизмов в воздухе жилых помещений обнаруживали туберкулезную палочку, сибиреязвенные и столбнячные споры, пневмококки, возбудители газовой гангрены, стрептококки, стафилококки и др. Вдыхая такой воздух, человек и животные могут заразиться той или иной болезнью. Наибольшее количество патогенных микробов находится в воздухе закрытых помещений, грязно содержащихся, с недостаточной вентиляцией и освещением, большой скученностью животных. В коровниках при обычных производственных условиях А. К. Скороходько находил от 121 до 2530 бактерий в 1 л воздуха. На высоте от 5 до 220 см над уровнем пола в среднем в сутки оказывалось 980 микробных клеток на 1 л воздуха.

Распределяются микроорганизмы в воздухе скотных дворов неравномерно. Больше всего их в зоне пребывания животных — в средней части коровника, меньше — вдоль стен, еще меньше — у входных дверей, куда постоянно поступают новые порции наружного воздуха. Увеличению количества микробов в воздухе скотных дворов способствуют раздача грубых кормов, чистка животных, уборка помещений.

Очень много микробов в воздухе над крупными населенными пунктами и особенно промышленными городами, так как вследствие большого движения здесь поднимается много пыли. Сравнительно меньше микробов в воздухе сельской местности. Еще меньше их в воздухе над лесами, садами, лугами и незначительное количество в воздухе над океаном, высокими горами и ледяными полями (табл. 4).

Таблица 4

Содержание бактерий в воздухе (по данным Войткевича)

Скотный двор	1 000 000—2 000 000 в 1 м ³
Жилое помещение	около 20 000 в 1 м ³
Городская улица	5000 » 1 »
Городской парк	200 » 1 »
Морской воздух	1—2 » 1 »
Воздух в Арктике под 73° северной широты	1 » 10 »
Воздух в Арктике под 80° северной широты	0

По мере подъема воздух становится более свободным от микробов даже над крупными промышленными городами. В Москве на высоте 500 м в 1 л воздуха не более 2—3 микробных клеток, на высоте 1000 м — 1,5 микроба, на высоте 2000 м — 0,5 микроба. В 5—7 км от Москвы

на тех же высотах микробов в 3—4 раза меньше (Е. Н. Мишустин). Есть данные, что микроорганизмы с частицами пыли могут попадать даже в нижние слои стратосферы (до 11 км над землей). На высоте свыше 7000 м обнаружены спороносные бациллы и грибы (особенно плесневые); в большом проценте (34,6%) выделяют анаэробные бактерии (Я. Г. Кишко, 1959).

На микрофлору воздуха влияет время года. Наибольшее количество микробов в воздухе летом, наименьшее — зимой. При выпадении атмосферных осадков воздух временно очищается от микробов. Для определения общего количества микробов в воздухе применяют различные методы исследования, преследующие цель обнаружения общего количества микробов или определения качественного состава микрофлоры. Повышенное содержание микробов в воздухе — показатель антисанитарного состояния помещения (плохая вентиляция, некачественная уборка, скученность животных и т. п.). В жилых помещениях содержание более 500—1000 бактерий в 1 м³ считается показателем чрезмерного загрязнения воздуха. Для выделения патогенных микроорганизмов используют элективные питательные среды, а также заражение восприимчивых животных.

Микрофлора тела сельскохозяйственных животных

Микрофлора кожи. На поверхность кожи попадают микробы из внешней среды — из пыли, воздуха, из почвы, экскрементов животного. Постоянные обитатели кожи — кокковые формы (стафилококки, стрептококки), находясь в волосяных мешочках, протоках сальных и потовых желез, могут при повреждении кожи или ослаблении организма вызвать заболевание в виде фурункулов, абсцессов (гнояники). На коже обитают кишечная, синегнойная, сенная бактерии. Помимо постоянной, на коже попадает случайная микрофлора, например из группы почвенных микробов — анаэробов и аэробов. Количество микробов на коже зависит от условий содержания животных: при плохом уходе на 1 см² поверхности кожи может быть до 1—2 млрд. микробных клеток.

Микрофлора конъюнктивы глаз состоит главным образом из кокковых форм: стафилококков, стрептококков, сарцин; реже встречаются микрококки, актиномицеты, дрожжевые и плесневые грибы.

Микрофлора дыхательных путей. У новорожденных животных дыхательные пути свободны от микробов. При первом вздохе на слизистые попадает микрофлора воздуха; особенно много микробов оседает на слизистой носа, преимущественно кокковых форм — стрептококков, стафилококков, микрококков, реже обнаруживаются сарцины, диплококки. В небольшом количестве находят палочковидные формы: сенную палочку (*Bac. subtilis*), корневидную бациллу (*Bac. mycoides*) и др., а также актиномицеты, дрожжевые и плесневые грибы. На слизистых оболочках нижележащих участков дыхательных путей обнаруживаются в основном кокковые формы. На слизистой гортани, верхней, средней и нижней части трахей микробов становится все меньше;

в паренхиме легких у здоровых животных не удается выделить микробы, так как здесь они быстро погибают. Однако есть достоверные данные, что частицы пыли, содержащие споры бацилл и грибов, а также возбудителей туберкулеза, могут проникать в легкие, достигая альвеол и у ослабленных животных вызывать тяжелые заболевания (туберкулез, аспергиллез птиц и др.). Нередко на слизистой гортани у клинически здоровых животных обнаруживаются возбудители рожи свиней, геморрагической септимии, мыта лошадей и при ослаблении организма вызывают заболевание.

Сапрофитная микрофлора кожи, слизистых оболочек дыхательных путей не приносит вреда, но при нарушении нормального состояния она может вызвать тяжелое заболевание и даже смерть животного. Об этом всегда должны помнить зоотехники и другие работники животноводства.

Микрофлора мочеполовых органов. Яичники, семенники, матка, мочевой пузырь в норме, как правило, не содержат микробов. На слизистой влагалища обнаруживали стафилококки, стрептококки, бактерии из группы кишечной палочки, молочнокислые бактерии, и кислотоупорную *Bact. smegmæ*. Постоянным обитателем слизистой оболочки влагалища является *Bact. vaginale vulgare* — крупная палочка с резко обрубленными концами или тонкая, длинная, с заостренными концами. Влагалищные бактерии обладают антагонистическими свойствами по отношению к другим микробам. Микрофлора влагалища количественно и качественно изменяется в зависимости от физиологического состояния организма и особенно при различных гинекологических заболеваниях — метритах (воспаление матки), эндометритах (воспаление слизистой оболочки матки).

Микрофлора полости рта. К постоянным обитателям полости рта относятся кокковые формы (диплококки, стафилококки, сарцины, микрококки), палочковидные, нитчатые, ацидофильная палочка, крупные палочки, извитые формы (вибрионы — аэробы и анаэробы), мелкая с большим количеством завитков *Spirochaeta dentium* — главный виновник кариоза зубов (разрушение плотной ткани зуба). Во рту обнаруживается и случайная микрофлора (попавшая с кормами) — гнилостные бактерии, дрожжевые и плесневые грибы.

Количественный и качественный состав микрофлоры полости рта зависит от возраста, вида животного, типа кормления. Например, при кормлении сочными кормами у травоядных животных микробов обнаруживается в 10 раз больше, чем при даче грубых кормов. У старых свиней в ротовой полости всегда можно найти спирохеты, у молодых они бывают очень редко. Особенно много микробов у свиней.

Микрофлора желудочно-кишечного тракта жвачных и других животных. У новорожденных животных желудочно-кишечный тракт не содержит бактерий. И только после принятия первых порций пищи в нем можно обнаружить микроорганизмы, которые начинают постепенно размножаться. Кроме того, в кишечник вместе с кормами ежедневно вводятся новые порции различных микробов. Через несколько

дней организм животного заселяется разнообразной микрофлорой, которая в дальнейшем может более или менее изменяться, но в основном сохраняется до конца жизни животного.

Качественный и количественный состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта зависит от возраста, вида животного, кормления и физико-химических условий среды желудочно-кишечного тракта. В самом раннем возрасте, пока животное питается молоком, в кишечнике обитают главным образом молочнокислые бактерии. С переходом к грубым кормам состав последних соответствующим образом влияет на микробиологические процессы, протекающие в кишечнике, и преобладание в нем той или другой группы микроорганизмов. Например, если в корме много углеводов, в микрофлоре кишечника увеличивается количество кислотообразующих бактерий. Попадая в кишечник с кормом, микрофлора подвергается здесь большим изменениям. Часть видов микроорганизмов погибает, часть же, приспосабливаясь к новым условиям, начинает постепенно размножаться.

Микрофлору пищеварительного канала принято делить на факультативную, которая подвержена изменениям в зависимости от вида корма, и облигатную, которая приспособилась к условиям среды желудочно-кишечного тракта и стала постоянным ее обитателем. К облигатной микрофлоре относятся молочнокислые стрептококки (*Str. lactis*), молочнокислые палочки (*Lactobact. acidophilum*), кишечная палочка (*Escher. coli*).

В пищеварительном канале жвачных встречаются следующие виды микроорганизмов: молочнокислые бактерии — стрептококки и палочковидные; бактерии кишечной группы; гнилостные анаэробные и аэробные бактерии; бактерии, сбраживающие крахмал, пектиновые вещества; бактерии, разлагающие клетчатку наряду со спорообразующими анаэробными бациллами, короткие палочки, кокковые формы и актиномицеты. В небольшом количестве обнаруживаются термофильные бактерии, актиномицеты, споры плесневых грибов и дрожжи. Микрофлора желудочно-кишечного тракта еще недостаточно изучена. Установлено, что в разных участках пищеварительного канала она неодинакова.

Микрофлора желудка представлена сравнительно небольшим числом микроорганизмов. Объясняется это бактерицидным действием желудочного сока, имеющего высокую кислотность. В содержимом желудка выживают споровые и кислотоустойчивые бактерии, а также некоторые представители сарцин (*Sarcina ventriculi*). В желудке травоядных обнаружены споры плесневых грибов, имеющиеся в сене и в воздухе скотных дворов. Эти споры, попадая в желудочно-кишечный тракт, там не размножаются.

Микрофлора рубца жвачных более богата. Здесь много гнилостных бактерий, возбудителей различных видов брожения, не меньше факультативных анаэробов, образующих споры. В рубце содержатся преимущественно их вегетативные формы. Число их достигает 10 000 000, а по данным некоторых исследователей, нескольких сотен миллионов в 1 г содержимого рубца.

В большом количестве находятся инфузории. Их может быть несколько (3—4) миллионов в 1 мл. В рубце обнаружено более 30 видов свободно живущих инфузорий. Специально поставленные опыты показали, что инфузории попадают в рубец от других животных во время роста и формирования рубца, а бактериальная флора попадает в рубец главным образом с грубыми кормами.

В тонком отделе кишечника микроорганизмов немного, в основном они те же, что и в желудке. Толстый отдел кишечника и прямая кишка наиболее богаты микрофлорой. В 1 г экскрементов травоядных может содержаться до 3,5 млрд. различных микроорганизмов. Вес микробов составляет около 40% сухого вещества испражнений. По данным Института сельскохозяйственной микробиологии, количество бактерий в разных отделах желудочно-кишечного тракта коровы таково (в тысячах на 1 г): корм — 3270, рубец — 6855, сычуг — 100, двенадцатиперстная кишка — 4350, слепая кишка — 7765, кал — 14 760.

Несмотря на то, что среда кишечника (температура, влажность, питательные вещества) благоприятна для развития микроорганизмов, размножение их там имеет пределы. По-видимому, в желудочно-кишечном тракте есть особые вещества, тормозящие развитие бактерий и ограничивающие бактериальные процессы. Следует также иметь в виду, что на развитие микробов могут влиять в желудке кислый желудочный сок, а в двенадцатиперстной кишке — желчь.

Большое значение имеет и антагонизм между разными видами микробов. Доказано, что молочнокислые бактерии обладают антибиотическими свойствами по отношению к кишечной палочке и гнилостным бактериям. Из 500 факультативно анаэробных культур, выделенных из рубца свежееубитого рогатого скота, 58% оказались антагонистами, 11 патогенных и условно патогенных видов микробов (данные зарубежных исследователей). Фитонцидные вещества, содержащиеся в травах, поедаемых скотом, по-видимому, влияют на микрофлору пищеварительного тракта и на бактериальные процессы.

В толстом отделе кишечника животных, наряду с сапрофитной микрофлорой, часто обнаруживают при отсутствии клинических признаков болезни патогенные микроорганизмы, например возбудителей паратифа, бруцеллеза, анаэробных инфекций, столбняка. Следовательно, навоз даже здоровых животных может служить источником некоторых болезней, поэтому его необходимо сразу вывозить в навозохранилище.

Микробиологические процессы в желудочно-кишечном тракте животных. В желудочно-кишечном тракте животных происходят сложные микробиологические процессы, связанные с расщеплением питательных веществ. Выработался замечательный симбиоз между животными и огромным количеством микробов и инфузорий, обитающих в их пищеварительном тракте. У жвачных углеводы и белки, входящие в состав корма, до ассимиляции организмом и последующей диссимилиации в тканях подвергаются действию микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте; таким образом, микробы подготавливают пищу для животного, делают ее удобоусвояемой. Некоторые виды

микробов синтезируют витамины, которые усваиваются организмом жвачных. Углеводистые вещества корма под влиянием микробов подвергаются в кишечнике разным превращениям с образованием молочной, уксусной, пропионовой и других кислот, спирта и газов — углекислоты, метана и водорода.

Особый интерес представляет деятельность бактерий, вызывающих брожение клетчатки. Исследователям не удалось выделить фермента целлюлазы из желудочно-кишечного тракта. Однако он был найден в экстракте из клеток микробов, обитающих в рубце. Целлюлаза расщепляет клетчатку до целлобиозы; под действием фермента целлобиозы целлобиоза расщепляется затем до глюкозы, которая легко усваивается организмом. Первый фермент устойчив против действия низкой температуры. Наивысшая его активность проявляется при 40° и рН 5,0.

Целлюлозные микроорганизмы, попав вместе с кормом в преджелудки и размножаясь там, принимают участие в сбраживании клетчатки корма. Продукты брожения клетчатки всасываются в последующих отделах желудочно-кишечного тракта. В сычуге, двенадцатиперстной и тощей кишках деятельность целлюлозных микроорганизмов ослабевает, возможна даже их частичная гибель; в подвздошной кишке активность анаэробных целлюлозных микроорганизмов восстанавливается, в толстом отделе кишечника они снова размножаются и вызывают брожение клетчатки. Всасывание продуктов брожения происходит главным образом в ободочной кишке (Н. И. Ломова, 1953).

Путем правильного сочетания кормов в рационе при хорошем их качестве можно добиться высокой активности микробиологических процессов в желудочно-кишечном тракте, что приводит к более полному усвоению кормов. Правильно составленный рацион оказывает влияние непосредственно на организм животного и опосредованно — через микрофлору желудочно-кишечного тракта. Установлено, что нормально процессы в пищеварительном тракте происходят только при определенном количественном и видовом составе бактерий и инфузорий, находящихся в симбиозе с организмом животного.

При возникновении заболевания, связанного с расстройством моторики желудочно-кишечного тракта, количественный и качественный состав микрофлоры рубца изменяется; некоторые микроорганизмы при этом могут вызывать тяжелые заболевания. Выяснено, что при одностороннем кормлении или перегрузке животного грубыми кормами уменьшается количество инфузорий и угнетается гидролиз (разложение) клетчатки в содержимом рубца. Включение в рацион дойных коров кукурузного силоса способствует созданию в желудочно-кишечном тракте среды, благоприятной для размножения флоры рубца (М. П. Коваль, 1959). В кишечнике не удалось обнаружить и фермента пектиназы. Следовательно, расщепление пектиновых веществ происходит здесь благодаря деятельности микроорганизмов, продуцирующих пектиназу.

В слюне лошади нет фермента амилазы; гидролиз крахмала происходит под воздействием микробов, выделяющих амилазу, и частично

под действием фермента, содержащегося в растительном корме. Основная масса белков расщепляется при пищеварении в желудке под действием желудочного сока и фермента пепсина. Оставшаяся часть нерасщепленных белков подвергается частичному расщеплению в кишечнике под воздействием бактерий, выделяющих протеолитические ферменты. Аминокислоты, попавшие в кишечник, разлагаются также под действием дезаминирующих, декарбоксилирующих и других ферментов бактерий кишечной микрофлоры. Многие продукты расщепления аминокислот не усваиваются организмом и при накоплении в большом количестве могут оказать ядовитое действие, вызывать интоксикацию. К типичным продуктам кишечного гниения относятся: сероводород, метан, метилмеркаптан, биогенные амины, индол, скатол. Часть этих продуктов может выделяться с мочой в неизмененном виде, а часть обезвреживается (главным образом в печени).

Имеется сообщение, что состав молока зависит от того, какие жирные кислоты образуются в рубце коровы при брожении съеденного корма. Увеличение количества уксусной кислоты повышает удой, но не влияет на состав молока, а уксусная кислота в смеси с масляной увеличивает в молоке содержание жира. Пропионовая кислота дает избыточные белки и углеводы. «Заквашивая» корм микроорганизмами, вызывающими преимущественно масляное, уксусное или иное брожение, можно при одном и том же рационе получить от коров молоко разного состава. Таким образом, судя по далеко не полным данным, которыми располагает наука, микроорганизмы играют большую роль в пищеварении животных.

Роль микроорганизмов в синтезе белковых соединений. В кишечнике животных бактерии разлагают органические вещества на более простые соединения и часть их ассимилируют. Установлено, что многие виды бактерий кишечника способны ассимилировать аммиак и аминокислоты. В рационе жвачных, богатом углеводами, можно заменять часть белка более простыми азотистыми соединениями — хлористым аммонием, мочевиной, аспарагином, уксуснокислым аммонием. Однако при повышенной дозировке (более 100—200 г в день) или неправильном скармливании (при недостаточном количестве углеводистых кормов) мочевина может стать причиной отравления, так как образующийся аммиак создает щелочную среду в рубце и, всасываясь, повышает щелочность крови и тканей организма; содержание кальция в крови при этом, наоборот, понижается, в результате животное может погибнуть. Суточная дача мочевины не должна превышать крупному рогатому скоту 110—175 г, овцам — 8—10 г (Хорнонум с сотр.; Румянца).

Есть предположение, что небелковые азотистые соединения служат бактериям рубца источником азотистого питания. При этом азотистые соединения вначале переходят в белок микробной клетки, а после гибели бактерий их белок усваивается организмом животного. Азотистые вещества небелкового характера могут утилизироваться организмом животного и непосредственно. Белок корма не расщепляется в рубце. Основная масса белка подвергается ферментативному распаду в

сычуге и тонком отделе кишечника. Опытами установлено, что высушенный бактериальный белок при скормливание животным хорошо усваивается ими.

Животные могут использовать также аминокислоты и белки, вырабатываемые микроорганизмами. Так, можно сохранить жизнь крыс, собак, кур, скормливая им в качестве источника азота микробы рубца. Вопрос о роли бактерий в превращении азотистых соединений небелкового характера в желудочно-кишечном тракте требует дальнейших глубоких исследований.

Образование бактериями витаминов. Жвачные животные, получая корма, лишенные витаминов группы В, оставались здоровыми, не проявляли признаков авитаминоза и давали нормальный приплод. Их молоко по сравнению с молоком животных, содержащихся на нормальном рационе, имело такое же количество витаминов группы В. Приплод, выращенный без добавки к корму витаминов группы В, также был совершенно здоровым. Оказалось, что выделенные из желудочно-кишечного тракта некоторые бактерии (*Bac. subtilis*, *Bac. vulgatus*, пропионовокислые бактерии и др.) обладают способностью образовывать витамины группы В. В период сбраживания кормовых масс в рубце концентрация многих витаминов сильно возрастает. Количество некоторых витаминов может увеличиться в 100 раз (Блэкстер).

Из рубца крупного рогатого скота удалось выделить (А. В. Сизова, З. А. Аркадьева, 1968) культуру пропионовокислых бактерий, которая продуцирует витамин В₁₂. Содержание этого витамина достигает 4—5 мг/л. В рубце жвачных и в толстом отделе кишечника других животных (в том числе птиц) и человека бактерии в изобилии синтезируют витамин В₁₂ и фолиевую кислоту. Образующийся в толстой кишке витамин В₁₂ используется организмом в незначительной степени или вообще не используется. Только жвачные усваивают поступающий из рубца в тонкую кишку витамин В₁₂ (К. Хаусманн, 1955). Витамины, синтезируемые микроорганизмами пищеварительного канала, могут поступать в окружающую среду или оставаться в теле микроба. Степень такого поступления зависит от вида микроорганизма и витамина.

Нарушение синтеза витаминов группы В у мелкого и крупного рогатого скота может быть при кобальтовой недостаточности; отсутствие кобальта в кормовом рационе жвачного вызывает прекращение синтеза этого витамина микроорганизмами. Синтез витаминов микробами, таким образом, зависит от полноценности рациона. Зоотехники обязаны знать качественный состав кормов, получаемых от агрономов, которые должны заготавливать только высококачественные корма.

Опыты, поставленные на животных с постоянной фистулой рубца с целью установления количества витаминов в корме и в содержимом рубца, показали, что взрослые жвачные не нуждаются в даче витамина К и витаминов группы В (тиамина, рибофлавина, пиридоксина, биотина, фолиевой кислоты, витамина В₁₂). Синтез никотиновой кислоты микрофлорой доказан, но точных данных о ее использовании животными еще нет (Г. Симонне и Г. Ле-Барс, 1956). Молодые жвачные, у

которых рубец и сетка развиты еще слабо, первые недели жизни нуждаются в подкормке витаминами группы В.

У травоядных с однокамерным желудком (лошадь) витамины синтезируются в слепой и ободочной кишках. Если даже эти витамины в толстой кишке могут быть в свободном состоянии, всасывание их оспаривается большинством исследователей; по-видимому, большая часть витаминов находится в самих бактериях, которые выделяются с экскрементами.

В отечественной и зарубежной печати имеются сообщения о том, что живые дрожжи, проходя через кишечный тракт животного, не отдают сколько-нибудь заметного количества своих витаминов, а, наоборот, поглощают витамины, находящиеся в кишечнике, и таким образом обедняют организм. Предварительно же высушенные или убитые нагреванием дрожжи хорошо усваиваются организмом, обогащая его витаминами. Из этого следует, что накопленные микроорганизмами белки, витамины и другие вещества делаются достоянием организма животного главным образом после гибели и разрушения микробных клеток.

Приведенные далеко не полные данные указывают на большую роль микроорганизмов в питании животных. Мы еще очень мало знаем о жизнедеятельности микробов желудочно-кишечного тракта. Они, по-видимому, играют не меньшую роль, чем почвенные микроорганизмы для растений. Микробиологам, биохимикам, физиологам совместно со специалистами по кормлению животных нужно более глубоко изучать эти вопросы.

Гнилостная микрофлора как причина заболевания пищеварительного тракта. Уже говорилось о том, что к постоянным обитателям желудочно-кишечного тракта относятся многочисленные разновидности кишечной палочки и гнилостные бактерии (*Proteus vulgaris*, *Clostr. putrificus*, *Clostr. sporogenes*, *Clostr. perfringens* и др.). Нарушение нормального состояния организма животного может повлечь изменение среды, в которой обитают микроорганизмы кишечника, и это поведет к изменению свойств названных микроорганизмов. Например, если новорожденное животное получает недостаточное количество молозива или неполноценное молозиво, его естественная устойчивость против заболеваний снижается. Эти же факторы изменяют среду обитания микрофлоры кишечника, вследствие чего могут измениться и биологические свойства микробов. Так, *Escher. coli* в определенных условиях приобретает патогенные свойства и вызывает у новорожденных телят заболевание колибактериозом (белый понос).

При расстройствах деятельности желудочно-пищеварительного тракта всегда отмечается низкая переваримость и усвояемость корма, а это благоприятствует гнилостным процессам в кишечнике, ведущим к отравлению организма. Разложение кишечного содержимого сопровождается образованием газообразных продуктов (CO_2 , H_2 , H_2S , NH_3 , CH_4) и ароматических соединений (фенола, индола, скатола, гипуровой, фенилуксусной и других кислот). Эти вещества нарушают нормальную реакцию содержимого желудочно-кишечного тракта и ферментативную обработку корма. Набухшая, а иногда лишенная эпителия слизистая

оболочка пищеварительного тракта становится проходимой для токсических веществ (например, малорасщепленного белка), микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. В результате появляются признаки острого расстройства пищеварения.

Дача недоброкачественного силоса вызывает накопление токсических веществ и как следствие дегенеративные явления (перерождение) в паренхиматозных органах у коров и новорожденных телят (Григор; Румыния, 1964). Иногда у крупного и мелкого рогатого скота наблюдается острое вздутие рубца (метеоризм), возникающее в результате накопления газообразных веществ — метана, водорода и др. Причина этого — перекармливание животных кормами, легко подвергающимися микробному брожению.

Ацидофильные бактерии и их значение в кишечной микрофлоре. Ацидофильные бактерии (*Lactobact. acidophilum*) обладают большой устойчивостью против щелочей, фенола и индола и хорошей приживаемостью (отдельные расы) в кишечнике животных разных видов. Наиболее часто они встречаются в кишечнике молодняка, питающегося молоком матери. Поэтому их легче всего выделить из фекальных масс молодых животных, а также грудных детей. Скващенное этими бактериями молоко называется ацидофильной простоквашей или ацидофином.

Культура ацидофильных бактерий, помимо молочной кислоты, образует термостабильные, проходящие через бактериальные фильтры вещества, которые действуют антибиотически на кишечную, паратифозную, дизентерийную и гнилостные бактерии. В специально поставленных опытах (А. Я. Панкратов) установлено, что бактерицидные свойства ацидофилина при комнатной температуре значительно слабее, чем при температуре 37°. Ацидофильность бактериальной клетки зависит от ее способности разлагать и использовать кислоту в качестве источника энергии. Ацидофильные бактерии крайне нетребовательны к питанию, развиваются в очень широком интервале рН (от 8,0 до 3,5), что дает им возможность обильно размножаться в условиях, непригодных для жизни типичной болгарской палочки. Все эти качества, по видимому, и обуславливают способность ацидофильной палочки приживаться в кишечнике человека и животных, где она продуцирует кислоту и другие продукты обмена веществ (антибиотические вещества), вредно действующие на гнилостные бактерии. Не исключена возможность, что ацидофильная палочка принимает участие в образовании витаминов группы В.

Ацидофильная микрофлора является постоянным обитателем желудочно-кишечного тракта животных-молочников. У 1—2-суточных телят ацидофильная палочка обнаруживалась в количестве 1—2 тыс. на 1 г первородного кала, а в 10—15-суточном возрасте — в количестве 3—5 млн. на 1 г испражнений. У телят, больных воспалением кишечника, содержание ацидофильных палочек резко понижается, выделенные бактерии обладают пониженной жизнеспособностью и биохимическими свойствами (Улендеев, 1956). Таким телятам необходимо давать ацидофильное молоко.

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В КРУГОВОРОТЕ

Под круговоротом веществ и энергии принято понимать в природе превращений органических и неорганических веществ. Последние не исчезают и не создаются вновь, они могут только изменяться. Энгельс писал, что «ничто не вечно, кроме вечно изменяющейся материи и законов ее движения и изменения».

Великий русский ученый М. В. Ломоносов первый установил закон сохранения материи. Этот закон позже подтвердил французский философ Лавуазье, который писал: «Вещество не творится и не исчезает ни в каких превращениях, ни в природных процессах; во всех превращениях количество действующих веществ и составляющих их элементов — меняются лишь способы их взаимного сочетания» для органической и для неорганической материи.

Установлено, что все зеленые растения образуют органические соединения. Кроме того, разлагая углекислотную среду кислородом, необходимым для поддержания жизни, они могут синтезировать белок из неорганических соединений. Растения нуждаются в готовом органическом веществе и получают его из почвы.

В теле животных также происходят сложные процессы. Здесь далеко не все органические вещества расщепляются до простых соединений, которые могли бы поступить для питания. В процессе жизнедеятельности животных выделяется большое количество простых соединений. Кроме того, на поверхности земли бывает много растительных остатков. Все это огромное количество органического вещества, которое в виде простых соединений (белки, углеводы, жиры) постепенно разлагается микроорганизмами. Таким образом вовлекаются в круговорот вещества, но и ряд сложных органических соединений, которые в процессе жизнедеятельности растений и животных забирает корневая система растений и включает в свой состав.

Круговорот азота

Превращения азота имеют исключительное значение для поддержания жизни на земле. Азот в виде соединений является необходимой составной частью всех живых организмов. Запасы азота в природе весьма значительны. Азот находится в воздухе в виде свободного азота N_2 — 75,5% по весу или 78,11% по объему свободного азота. Азот входит в состав всех растительных и животных организмов, в белке которых его содержится 16—18%. Азот находится в виде органических и минеральных соединений в почве. В пахотном слое 1 га почвы содержится 100 кг азота. Однако растения могут использовать только 20 кг азота. Азот азотных соединений, составляющих не более 20% азота в почве.

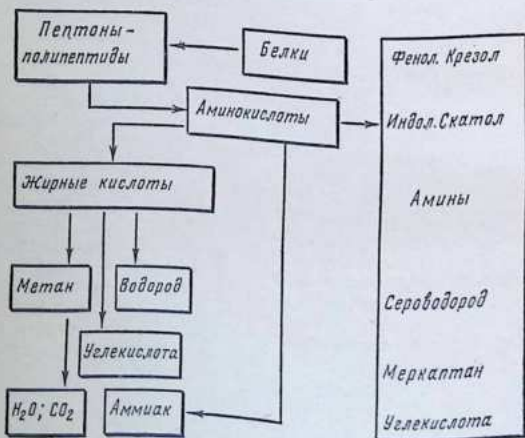
Органические азотистые вещества растений и животных. В теле животных происходит усвоение азотистых веществ из почвы. Затем в процессе обмена веществ азотистые вещества подвергаются расщеплению и в качестве продуктов распада выводятся с мочой и испражнениями в почву. Здесь азотистые вещества под действием микроорганизмов постепенно разлагаются.



Рис. 44. Схема превращения азота.

доступные растениям соединения. Свободный азот атмосферы вовлекается в круговорот веществ также благодаря жизнедеятельности чрезвычайно широко распространенных азотфиксирующих микроорганизмов. Их деятельность является решающим звеном в круговороте азота в природе. Схема круговорота азота в природе изображена на рисунке 44.

Гниение представляет собой глубокое расщепление белка, сопровождающееся образованием дурно пахнущих продуктов. Первый микробиологический процесс в цепи сложных превращений белка начинается с его гидролиза под действием протеолитических ферментов, выделяемых микроорганизмами в окружающую среду. Гнилостные процессы обычно наступают при соответствующей температуре (не ниже 10°), влажности, доступе воздуха. Некоторые виды гнилостных бактерий (*Pseudomonas liquefaciens*, *Bact. proteus*) расщепляют белковую молекулу до пептонов и аминокислот, другие (*Clostr. perfringens*, *Clostr. sporogenes*, *Clostr. putrificus*) — до более простых азотистых и даже безазотистых продуктов (индола, скатола, фенола, жирных кислот, аммиака, метана, углекислоты, водорода). Примерное направление процесса расщепления с образованием конечных продуктов распада гниющего субстрата, содержащего белковые соединения (мясо-молочные продукты, зерно, зернопродукты и т.п.) приводится в следующей схеме:

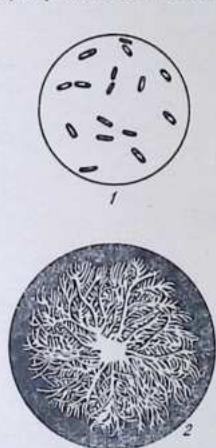


При обильном доступе кислорода воздуха в результате энергичного процесса окисления неприятно пахнущих продуктов образуется меньше. Такой вид гниения принято называть **т л е н и е м**.

(В верхних слоях почвы, где много органических веществ (остатки растений и пр.), гнилостные процессы особенно энергичны. Под действием микроорганизмов белковая молекула расщепляется с образованием аммиака и его солей, преимущественно углеаммиачных. Процесс, сопровождающийся образованием аммиака и аммиачных солей, называется **а м м о н и ф и к а ц и е й**, а бактерии, участвующие в накоплении аммонийных солей, — **а м м о н и ф и к а т о р а м и**.)

Белки и гниющие субстраты разлагаются под действием протеолитических ферментов (преимущественно экзоферментов), выделяемых гнилостными микробами в процессе их жизнедеятельности. Эти микроорганизмы широко распространены в природе; они встречаются в почве, воде, воздухе, в кишечнике человека и животных. К числу гнилостных микроорганизмов относят: аэробные, факультативно-анаэробные и анаэробные бактерии.

А э р о б н ы е б а к т е р и и. *Bact. mycoides* представляет собой подвижную палочку размером $0,8-1,2 \times 5$ мкм, образует споры овальной формы разной величины; на агаре дает характерные ветвистые колонии (рис. 45), по внешнему виду напоминающие мицелий гриба (*mycoides* — грибовидный); бактерия широко распространена в природе; при разложении белка не образует сероводорода.



45. Рис. *Bact. mycoides*:
1 — клетки в начале образования спор (увел. в 1000 раз);
2 — колония на агаре.

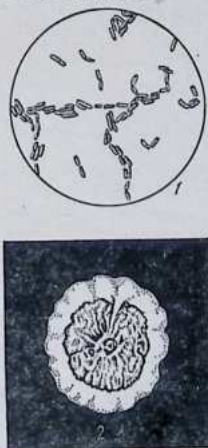


Рис. 46. *Bact. mesentericus*:
1 — картофельная палочка;
2 — колония.

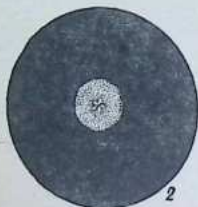
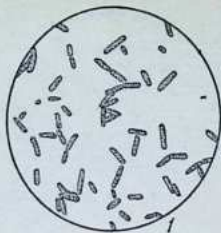
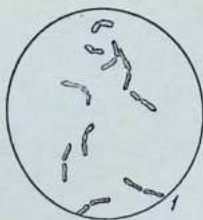


Рис. 47. *Bact. megatherium*:

1 — палочковидные клетки с закругленными концами (увел. в 1000 раз); 2 — колония.

Рис. 48. *Bact. subtilis*:

1 — палочки и овальные споры (увел. в 1500 раз); 2 — колония.

Bac. mesentericus (картофельная палочка) (рис. 46) образует колонии с морщинистой поверхностью. Палочка с закругленными концами, длиной от 1,6 до 5,0 мкм, толщиной 0,8 мкм, подвижна, по Граму красится положительно. Образует споры. Вызывает порчу хлеба (тягучая, или картофельная, «болезнь» хлеба).

Bac. megatherium образует слизистые колонии (рис. 47). Бактерии представляют собой подвижные палочки размером $1,5-2 \times 8$ мкм, часто располагающиеся в цепочку. В отличие от *Bac. mycoides* образуют много сероводорода, оптимальная температура роста $36-45^\circ$.

Bac. subtilis (сенная палочка, постоянно находится на сене) — короткая, подвижная палочка с округленными концами, образует овальные споры и морщинистые колонии (рис. 48); широко распространена в природе, энергично аммонифицирует белок. Температура роста $37-50^\circ$.

Pseudomonas fluorescens — небольшая подвижная палочка размером $1-2$ мкм (рис. 49), на питательных средах дает желто-зеленый флуоресцирующий пигмент (флуоресценс).

Bact. prodigiosum — «чудесная палочка» (рис. 50), не образует спор, вырабатывает напоминающий капли крови красный пигмент, который выделяет в окружающую среду.

Факультативные анаэробные бактерии. *Proteus vulgaris* — подвижная бесспорная палочка длиной от 1,6 до

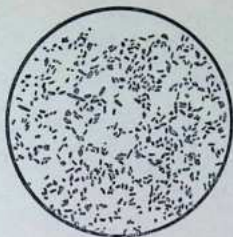


Рис. 49. *Pseudomonas fluorescens*. Короткие палочки (увел. в 1000 раз).



Рис. 50. *Bact. prodigiosum*. Короткие палочки и длинные нити (увел. в 1000 раз).

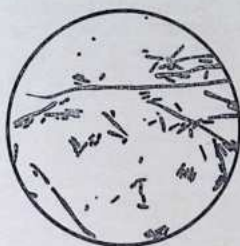


Рис. 51. *Proteus vulgaris*. Длинные и короткие палочки (увел. в 1500 раз).

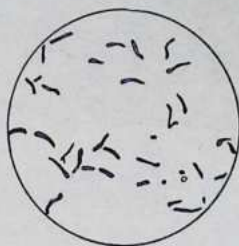


Рис. 52. *Clostridium putrificum* (увел. в 300 раз).

4,0 мкм (рис. 51); разжижает желатин, весьма полиморфна; на питательных средах меняет форму и размеры, откуда и получила свое название *Proteus* (мифический бог Протей, сказочные превращения которого были описаны Гомером в «Одиссее»). При разложении белка *Proteus vulgaris* образует сероводород и индол, а на углеводных субстратах — углекислоту и водород.

Анаэробные бактерии. *Clostr. putrificum*. — споровая длинная подвижная палочка размером $5,6 \times 0,8$ мкм (рис. 52); разлагает белки в анаэробных условиях с выделением большого количества газа; встречается в гниющих трупах, пищевых продуктах, навозе, почве, консервах. *Clostr. sporogenes* — подвижная спорообразующая палочка, при разложении белка образует много сероводорода.

Гниение трупа начинается через несколько часов после смерти организма. Находящиеся в кишечнике гнилостные бактерии при жизни организма не могут проникать через стенки кишечника, после смерти этот защитный барьер устраняется; в результате микробы беспрепятственно проникают в ткани и начинают энергично размножаться в них,

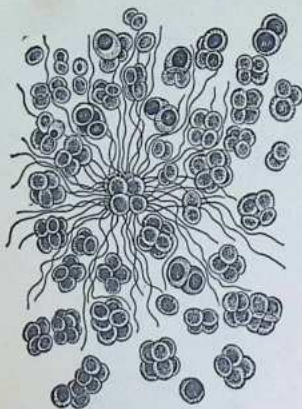


Рис. 53. *Planosarcina ureae* (увел. в 1000 раз).

вызывая гнилостные процессы. Если смерть организма наступила от инфекционного заболевания, патогенные микробы под действием гнилостных бактерий быстро разрушаются. Поэтому материал разлагающихся трупов непригоден для бактериологической диагностики. Лишь некоторые возбудители различных болезней (туберкулезная палочка, возбудитель рожи свиней и споровые формы патогенных микробов) сохраняются продолжительное время в трупах.

Разложение, или аммонификация, мочевины. Значительная часть азота, принимаемого с пищей человеком и животными, выделяется ими наружу с мочой в виде мочевины (около 2%), мочевой и гипуровой кислот (в моче здоровых людей и животных белка нет). Ежедневно в почву поступают сотни

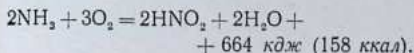
тысяч тонн азота мочи. Мочевина непригодна для азотистого питания растений и только после разложения при участии бактерий становится для них усвояемой.

Мочевина расщепляется так называемыми уробактериями (от греческого «уреа» — моча) и гнилостными бактериями. Действующим началом является фермент *уреаза*, выделяемый уробактериями. Последние энергично действуют в местах скопления большого количества мочи (на скотных дворах, в отхожих местах и пр.). Под действием бактерий моча быстро загнивает и вследствие выделения аммиака приобретает резкощелочную реакцию. В результате расщепления мочевины образуется углеаммиачная соль, которая частично разлагается на аммиак, углекислоту и воду: $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

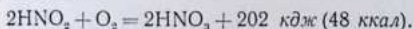
Большинство уробактерий аэробы, и лишь небольшая часть из них анаэробы. По форме уробактерии бывают шаровидные и палочковидные. К шаровидным относятся *Planosarcina ureae* (рис. 53). Микроб представляет собой по форме сарцину со множеством жгутиков. Наиболее энергично разлагают мочевины палочковидные бактерии. Из большого числа их заслуживают внимания *Urobacillus pasteurii* (рис. 54) — длинная подвижная палочка, образующая споры, и *Bac. probatus* — крупная споровая палочка, разлагающая до 140 г мочевины в 1 л раствора.

Нитрификация. Образующиеся в почве в результате гниения белков и разложения мочевины аммиачные соли и аммиак могут быть непосредственно использованы растениями, но в основном они прежде превращаются в нитраты.

Процесс окисления аммиака в нитриты, а затем в нитраты получил название нитрофикации, а вызывающие его бактерии — нитрифицирующие. Впервые были выделены русским ученым С. Н. Виноградским (1889). Процесс нитрификации аммиака происходит в две фазы при участии двух видов аэробных бактерий. В первую фазу аммиак окисляется в соли азотистой кислоты:



В этом процессе участвуют нитрозные бактерии, объединенные в три рода: *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrospira*. *Nitrosomonas* — овоидный кокк (рис. 55), подвижный; имеется пять его разновидностей (а, в, с, d, e), различающихся по форме и отношению к pH среды; часто встречается в удобренных почвах. *Nitrosocystis* — кокки, образующие крупные зооглеи (скопления, окруженные общей капсулой); широко распространены в лесных почвах. По последним данным А. А. Имшенецкого, этот микроб не представляет особого вида нитрификаторов. *Nitrospira* — бактерии спиральной формы различной длины (до 20 мкм). Во вторую фазу нитрификации соли азотистой кислоты окисляются в соли азотной кислоты:



В процессе участвуют бактерии рода *Nitrobacter*, имеющие форму палочки (рис. 56), несколько заостренной с одного конца; они неподвижны и грамотрицательны.

В результате деятельности аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий азот белковой молекулы переходит в селитру, которая хорошо усваивается растениями, и плодородие почвы повышается.

Денитрификация. Денитрификацией называют процессы восстановления нитратов до азотистой кислоты, а иногда до свободного азота. Эти процессы приводят к потере нитратов почвой и, таким образом, являют-

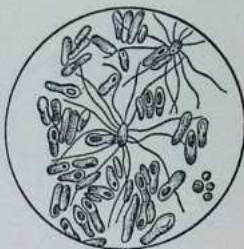


Рис. 54. *Urobacillus pasteurii*. Палочки со спорами (увел. в 1000 раз).

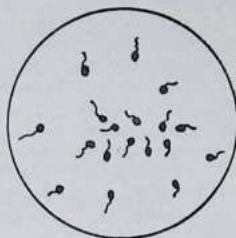


Рис. 55. *Nitrosomonas* (увел. в 1000 раз).

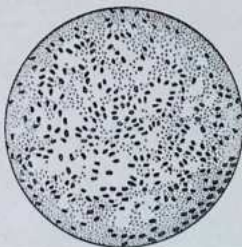


Рис. 56. *Bact. nitrobacter* (увел. в 1000 раз).

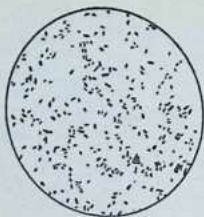


Рис. 57. *Pseudomonas denitrificans* (увел. в 1000 раз).

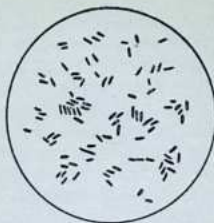


Рис. 58. *Pseudomonas fluorescens* (увел. в 800 раз).

ся обратными нитрификации. Они нежелательны, так как снижают количество связанного азота в почве и способствуют улетучиванию свободного азота в атмосферу.

Лучше всего денитрификация происходит в анаэробных условиях при участии денитрифицирующих бактерий: *Ps. denitrificans* — мелкой подвижной бесспоровой палочки (рис. 57), факультативного анаэроба; *Ps. fluorescens* — подвижной палочки, дающей желто-зеленый флуоресцирующий при низкой температуре пигмент, и *Pseudomonas fluorescens* (рис. 58) — палочки, которая лучше всего растет в аэробных условиях, дает пигмент, окрашивающий среду в синне-зеленый цвет, часто встречается в воде, молоке, иногда в гное. Все эти бактерии восстанавливают нитраты до свободного азота. Основные условия, при которых происходит потеря азота почвой, — плохая аэрация и высокая влажность.

Азотусваивающие бактерии. Фиксация атмосферного азота в природе может происходить физико-химически и биологически. При электрических разрядах азот вступает в реакцию с кислородом или водородом и попадает на землю в виде окислов азота либо аммиака. Однако полный возврат связанного азота в почву таким путем невозможен. Наиболее мощный в этом процессе — биологический фактор. В почве обитают микроорганизмы, способные фиксировать атмосферный молекулярный азот и переводить его в связанное состояние. Это азотфиксирующие, или азотусваивающие, бактерии. В результате их деятельности осуществляется непрерывный круговорот азота в природе. Они способны фиксировать ежегодно на каждом гектаре почвы от 25 до 50 кг азота, а на культурной — до 60 кг (М. В. Федоров). Известны две группы азотфиксирующих бактерий: клубеньковые и свободно живущие в почве.

Клубеньковые бактерии. Практиками давно замечено, что бобовые растения хорошо растут на почвах, бедных азотом. Это явление не могло не заинтересовать естествоиспытателей. М. С. Воронин (1866), исследуя клубеньки на корнях бобовых растений, обнаружил в них микроорганизмы.

Клубеньки растений бывают разной величины и формы (рис. 59). Образуются они на мелких разветвлениях корня (гороха, вики, клевера) или на основном его стержне (люпина). При микроскопировании содержимого молодых клубеньков в нем обнаруживаются мелкие ($0,9 \times 0,8$ мкм) подвижные бесспорные палочки. В более развитых клубеньках встречаются зернистые, искривленные и ветвящиеся формы, так называемые бактериоиды (рис. 60), чаще всего видимые при микроскопировании среза клубенька. Бактериоиды могут распадаться на кокки, которые впоследствии переходят в палочковидную форму, обладающую подвижностью. Клубеньковые бактерии клевера образуют фильтрующиеся формы, способные регенерировать (переходить) в исходные формы и образовывать клубеньки.



Рис. 59. Клубеньки на корнях люпина.

Различают семь основных разновидностей клубеньковых бактерий— люцерны, клевера, донника, гороха, вики, фасоли, сои. Каждая разновидность обладает свойством образовывать клубеньки только на определенных видах бобовых растений.

Клубеньковые бактерии, получая от бобовых растений безазотистые органические вещества (сахара), переводят их путем ассимиляции молекулярного азота в азотистые соединения. Часть азотистых веществ потребляется самими бактериями, часть выделяется наружу в виде веществ, хорошо усваиваемых бобовыми растениями.

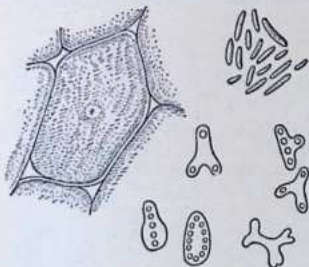


Рис. 60. Клетка клубенька люпина, наполненная клубеньковыми бактериями (слева), и бактерии в разной стадии бактериоидов (справа).

Ввиду того, что клубеньковые бактерии относятся к аэробам, усиленное образование клубеньков происходит только при хорошей аэрации. Клубеньковые бактерии находятся не только в клубеньках, но и в почве, на которой произрастают бобовые растения, и могут продолжительное время там сохраняться, так как весьма устойчивы против высыхания и даже против солнечных лучей.

Свободно живущие азотусваивающие бактерии. Из них наибольшего внимания заслуживают *Azotobacter* и *Clostridium pasteurianum*.

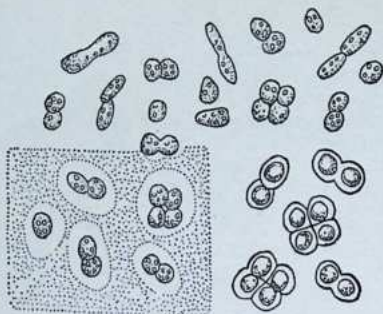


Рис. 61. Азотобактер:
внизу — клетки окружены слизистой капсулой.

Имеется несколько видов азотобактера, различающихся морфологическими признаками. Например, *Asotobacter chroococcum* шаровидной, слегка овальной формы; клетки сцеплены попарно, диаметр их 4—6 мкм, по Граму окрашиваются положительно, образуют слизистую капсулу (рис. 61), что особенно хорошо видно при окрашивании Фуксином и смешивании с разбавленной тушью; в молодом возрасте подвижны, на питательных средах (старые культуры) дают желтовато-бурое окрашивание (отсюда и название *chroococcum*); оптимальная температура роста 25—30°, pH 6.

Фиксированный молекулярный азот в теле азотобактера отлагается в виде белковых соединений. Отмирая в почве, клетки подвергаются гниению, а затем нитрификации, и накопленный ими азот становится доступным для растений. Развитие азотобактера и фиксация им азота бывают более интенсивными, когда в почве присутствуют соли извести, фосфорной и азотистой кислот.

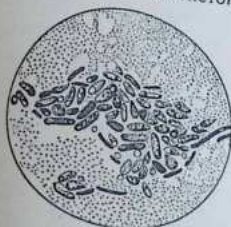


Рис. 62. *Clostridium pasteurianum*. Веретенообразные клетки со спорами (увел. в 1000 раз).

Clostridium pasteurianum открыт С. Н. Виноградским в 1893 г. Анаэроб палочковидной формы (в период образования спор принимает форму короткого веретена; рис. 62) широко распространен в природе, является возбудителем маслянокислого брожения. В природе встречаются и другие микроорганизмы, фиксирующие атмосферный азот, но в небольших количествах. Азотфиксирующими свойствами обладают также некоторые сине-зеленые водоросли (например, *Nostoc*) и пурпурные фотосинтезирующие бактерии. Механизм фиксации ими атмосферного азота еще недостаточно изучен.

Землеудобрительные бактериальные препараты. С целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур применяют бактериальные препараты: нитрагин, азотобактерин (азотоген), фосфобактерин и др.

Превращения углерода

В воздухе содержится примерно 0,03% (по объему) углекислоты—одного из основных источников питания растения. Под действием солнечной энергии зеленые растения превращают углекислоту в сложные органические соединения — углеводы, белки, жиры. Одновременно воздух пополняется углекислотой при вулканических извержениях, сжигании топлива, а также в результате дыхания людей и животных. В небольшом количестве углекислота выделяется растениями, так как наряду с синтезом в них происходит и разложение органических соединений, связанное с окислением их молекулярным кислородом.

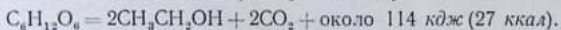
Однако всего этого количества углекислоты было бы недостаточно для развития растений. Углекислота воздуха в скором времени превратилась бы в органические соединения растений и животных и за несколько десятков лет исчезла бы из атмосферы, если бы в природе не происходил обратный процесс, которым углерод органических соединений возвращается в воздух в виде углекислоты. В этом процессе активнейшую роль играют микроорганизмы, разлагающая способность которых во много раз выше, чем у животных и растений. В процессах дыхания и брожения они разлагают разнообразные органические соединения и вновь возвращают углерод в атмосферу в форме углекислоты.

Брожением принято называть процесс биохимических изменений углеводов, жиров, белков и других органических веществ, вызываемых ферментами микробов. Эти процессы сопровождаются выделением тепла и характеризуются большим несоответствием между количеством действующих микробных ферментов и размерами вызываемых ими изменений того или иного вещества.

Разные виды брожения были известны еще в древности (приготовление вина, молочнокислых продуктов), но природа брожения была изучена только во второй половине XIX века. Заслуга в этом принадлежит Л. Пастеру (1857), доказавшему, что брожение происходит при участии микроорганизмов.

Разные виды брожения получили название в зависимости от получающихся конечных продуктов, например спиртовое, молочнокислое, маслянокислое, или от подвергающегося сбраживанию исходного вещества, например целлюлозное, пектиновое и др.

Спиртовое брожение. При спиртовом брожении углеводы (сахара) разлагаются на этиловый спирт и углекислоту:



Вызывается оно дрожжевыми грибами *Saccharomyces* (сахаромикес) (рис. 63). Действующим началом являются ферменты. Процесс происходит в анаэробных и аэробных условиях, поэтому принято различать дрожжи верхового и низового брожения.

Верховое брожение осуществляется при несколько повышенной температуре (14—24°), вся жидкость приходит в движение, при этом выделяется большое количество газа. Дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*) поднимаются вверх и образуют на поверхности сбраживаемой жидкости пленку. Этот

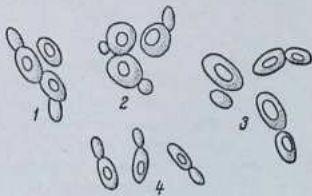


Рис. 63. Сахаромикеты:

1 — пекарские дрожжи; 2 — кормовые дрожжи (горгуля); 3 — пивные дрожжи; 4 — винные дрожжи (по Кашкину).

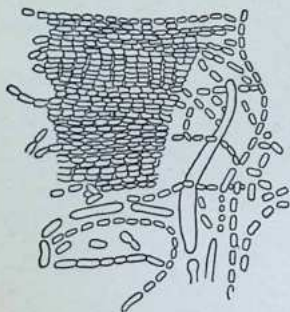


Рис. 64. *Acetobacter aceti*. Молодая пленка на пиве (увел. в 1000 раз).

вид дрожжей применяется в виноделии и хлебопечении.

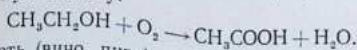
Низовое брожение происходит при более низкой температуре (4—10°) и вяло, дрожжи (*Saccharomyces vini*) размножаются в нижних слоях и оседают на дно. Этот вид дрожжей применяется в пивоварении и виноделии.

Спиртовое брожение невозможно, если концентрация сахара в жидкости превышает 30%, и прекращается при накоплении спирта в количестве 15—17%.

Химизм спиртового брожения. Процесс спиртового брожения совершается в несколько стадий. Одной из промежуточных ста-

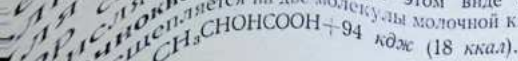
дий является образование пировиноградной кислоты (CH_3COCOON), которая при декарбоксилировании превращается в уксусный альдегид ($\text{CH}_3\text{COCOON} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{CO}_2$), а затем в этиловый спирт. Одновременно получается незначительное количество побочных продуктов: янтарной кислоты, сивушного масла, глицерина и др. Если к бродящей жидкости прибавить серноокислые соли, уксусный альдегид дает с ними соединение, изменяющее ход брожения: выход этилового спирта прекращается, вместо него накапливается глицерин.

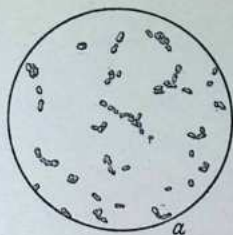
Окисление этилового спирта в уксусную кислоту. Этот вид окисления происходит с участием уксуснокислых бактерий, этиловый спирт окисляется в уксусную кислоту:



Если жидкость (вино, пиво), содержащую этиловый спирт в концентрации до 14%, оставить в тепле в открытом виде, в ней постепенно образуется уксусная кислота, а на поверхности появляется пленка из уксуснокислых бактерий (рис. 64). Л. Пастер (1862) первый обратил внимание на этот биологический процесс, и ему удалось выделить из поверхностной пленки сбраживаемой жидкости микроб, который назвал *Mycoderma aceti*. В процессе изучения уксуснокислого брожения было установлено, что *Mycoderma aceti* состоит из трех самостоятельных видов уксуснокислых бактерий (*Acetobacter aceti*, *Acetobacter pasteurianus*, *Acetobacter Küzingianum*). В дальнейшем удалось выделить еще несколько видов этих бактерий.

Для приготовления уксусной кислоты используют 10—12%-ный этиловый спирт. Этиловый спирт под действием уксуснокислых бактерий окисляется в уксусный альдегид, а затем в уксусную кислоту. При этом виде брожения молекула молочной кислоты расщепляется на две молекулы молочной кислоты:





а



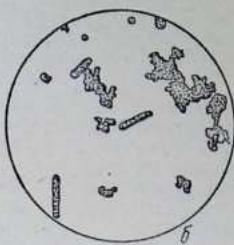
б

Рис. 65. *Str. lactis*:

а — шаровидные клетки в чистой культуре (увел. в 1500 раз); б — молочнокислые стрептококки в мазке из кислого молока (увел. в 1000 раз).



а

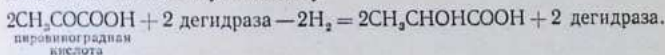


б

Рис. 66. *Lactobact. bulgaricum*:

а — препарат — отпечаток с колонии (увел. в 1000 раз); б — мазок из кислого молока (увел. в 1500 раз).

Промежуточными продуктами служат пировиноградная кислота и водород. Из-за отсутствия в протоплазме молочнокислых бактерий фермента карбоксилазы дальнейшего расщепления пировиноградной кислоты не происходит. Присоединяя водород, последняя окисляется в молочную кислоту:



Возбудителями молочнокислого брожения являются разные микроорганизмы. *Streptococcus lactis* (рис. 65) в молодых культурах представляет собой типичный стрептококк. Кокки величиной от 0,5 до 1 мкм располагаются короткой цепочкой или в виде диплококка, по Граму красятся положительно, спор и капсул не образуют, неподвижны, лучший рост при температуре 30—35°. На агаре образуют мелкие колонии с ровными краями. Это факультативный анаэроб. Источником азота для него служит пептон. Имеет большое значение в молочном деле. Образует около 0,8—1% молочной кислоты.

Lactobact. bulgaricum — болгарская палочка, выделена И. И. Мечниковым из болгарской простокваши. Представляет собой длинную неподвижную бесспорную палочку длиной 4—5 мкм (рис. 66), по



Рис. 67. *Lactobact. acidophilum*. Препарат — отпечаток с колонии (увел. в 1200 раз).



Рис. 68. *Lactobact. cucumeris fermentatum*.

Граму красится положительно. Температура развития 40—48°, образует большое количество (3—3,5%) молочной кислоты.

Lactobact. acidophilum — выделена из экскрементов грудных детей и молодняка животных, по форме и действию сходна с болгарской палочкой (рис. 67).

Lactobact. Delbrücki — длинная бесспорная палочка размером 2—7×0,5—0,8 мкм. Как и болгарская палочка, растет при повышенной температуре (45—50°), накапливает молочной кислоты до 2,2%, в присутствии мела — до 10%. Используется при заводском способе приготовления молочной к.

Lactobact. brassicæ

— возбудитель сквашивания капусты; слабее — молочный.

Lactobact. caci (2,0 мкм), часто сплетения огурца образует 1%

Перечисл

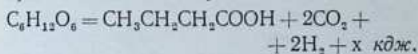
мо ферме

Наряду с ними есть нетипичные, или гетероферментативные, бактерии (бактерии из группы *coli-aërogenes* и др.), которые в процессе жизнедеятельности образуют, помимо молочной кислоты, янтарную, уксусную кислоты, этиловый спирт, углекислоту и водород.

Процессы молочнокислого брожения могут происходить в среде, содержащей гексозы (глюкозу), дисахариды (молочный и тростниковый сахар), пентозы (арабинозу), многоатомные спирты, многоосновные кислоты и даже белки. Вследствие этого молочнокислое брожение имеет большое распространение в природе и широко используется для сквашивания молока и сливок, приготовления сыров, силосования кормов, получения кислого хлебного теста и пр.

Маслянокислое брожение может происходить в присутствии не только углеводов, но также и жиров, поэтому часто встречается в

природе. На производстве для получения масляной кислоты используют дешевые сорта крахмала, отруби, древесину, мелассу. Суммарное уравнение этого вида брожения имеет следующий вид:



Природу маслянокислого брожения впервые изучил Л. Пастер (1861). Он выделил возбудителя этого брожения и установил, что оно представляет собой анаэробный процесс, однако может происходить и в аэробных условиях, например при разложении белков и молочнокислых солей. При маслянокислом брожении, как и при спиртовом, вначале образуются промежуточные продукты — пировиноградная кислота, уксусный альдегид, альдол, затем масляная кислота, а также побочные продукты — бутиловый спирт, ацетон, углекислота и водород.

Возбудителей маслянокислого брожения описано до 25 видов. Все они представляют собой подвижные палочки, которые в стадии спорообразования принимают веретенообразную форму (*Clostridium*) или форму барабанной палочки. По Граму красятся положительно. Оптимальная температура развития колеблется в пределах 30—40°. Облигатные анаэробы. Находятся в почве, навозе, загрязненной воде. Содержат гликоген и гранулезу, окрашивающиеся йодом в бурый и синий цвет, отсюда и название *Granulbacter*. Споры их весьма устойчивы против высоких температур, иногда переносят стерилизацию при температуре 120°; могут сохраняться в консервах и выделять яд.

Из этой группы бактерий наиболее известны: *Clostridium pasteurianum* — при разложении сахара и других органических веществ образует масляную кислоту, углекислоту и водород;

Clostridium felsineum — спорообразующая палочка, от других маслянокислых бактерий отличается тем, что сбраживает пектиновые вещества;

Clostridium acetobutylicum — обладает свойством сбраживать углеводы с образованием бутилового и изопропилового спирта и ацетона (рис. 69);

Clostridium butyricum — способен сбраживать углеводы с образованием масляной кислоты и ряда других продуктов.

Разложение клетчатки. В оболочке клеток высших растений много целлюлозы (клетчатки). В листьях и древесине ее до 60%. Распад целлюлозы в природе происходит под влиянием жизнедеятельности анаэробных и аэробных бактерий и грибов. В результате этого биохимического процесса в круговорот веществ в природе возвращается углерод в форме углекислоты.

Микробы, разлагающие клетчатку, широко распространены в природе; больше всего их в почве лесов, в гниющих кучах органического вещества, в иле, навозе и даже в пищеварительном канале многих животных, особенно травоядных. Действующим началом в расщеплении

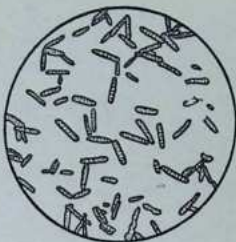


Рис. 69. *Clostridium acetobutylicum* (увел. в 1500 раз).

мент целлюлоза. Известный микробиолог установил, что разрушение целлюлозы есть брожения — водородного и метанового.

Брожение — процесс расщепления клетчатки с выделением водорода и образованием молочной кислоты, углекислоты и др. Возбудитель брожения — *Bac. cellulosaes hydrogenicus*, анаэроб, длинная палочка, на конце конуса, принимающая форму барабанной палочки

Брожение — процесс расщепления клетчатки, с выделением большого количества метана, образуются уксусная кислота, углекислота и др. Брожение в культуре *Bac. cellulosaes methanicus* — более короткой палочкой, также анаэроба. По сравнению со спорами возбудителя брожения споры возбудителя метанового брожения быстрее (рис. 71). Брожение целлюлозы может вызываться и другими бактериями (например, *Clostridium thermocellum*). В культурах образуются уксусная и молочная кислоты, спирт, метан, углекислота. Такие бактерии обнаружены в конском навозе. Они являются спороносными палочками, сбраживают целлюлозу и относятся к факультативным анаэробам.

В клетчатку не только анаэробные микроорганизмы, но и аэробные. Из них наибольший интерес представляет *Cytophaga* — неспоровая длинная слегка изогнутая палочка с заостренными концами. Бумага, находящаяся в жидкой среде под действием бактерий, разлагающих клетчатку, вначале желтеет, а затем постепенно разрушается.

Брожение клетчатки в аэробных условиях может происходить под действием актиномицетов и плесневых грибов (пенициллиум, аспергилл и др.).

Микроорганизмы, разлагающие клетчатку, играют важную роль в жизни травоядных животных. В их желудках до 75% клетчатки и тем же путем перевариваются грубые корма. Деятельность целлюлозных бактерий при разложении клетчатки приводит к образованию перегной — гумус. В природе брожение часто используется в переработке органических веществ.

Разложение пектина

Пектины — это межклеточные вещества, в большом количестве содержащиеся в клетках растений. Особенно много их в плодах, в ягодах, в коре, в листьях, в которых они образуют желеобразную массу. Будучи растворимыми в воде, пектины образуют желеобразную массу в кондитерских изделиях. Разрушение пектина приводит к потере способности давать желе, поэтому пектин называют пектином.

Полный гидролиз пектина приводит к образованию уксусной кислоты, спирта. С разложением пектина в отмерших растениях происходит разложение межклеточных веществ, что приводит к разрушению тканей.

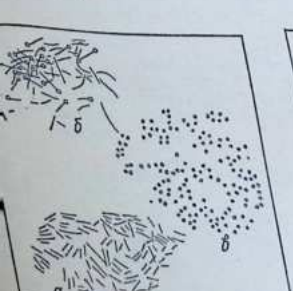


Рис. 70. *Bac. cellulosaes hydrogenicus*: а — молодые клетки; б — барабанные палочки; в — споры (увел. в 1000 раз).

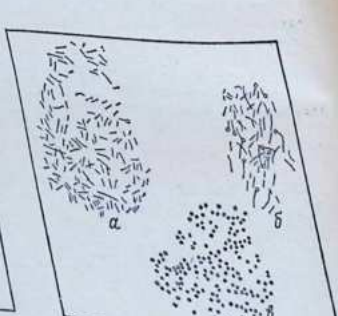


Рис. 71. *Bac. cellulosaes methanicum*: а — молодые клетки; б — барабанные палочки; в — споры (увел. в 1000 раз).

агающие клет-
ль в пищеваре-
. Они разлагают
самым повышают
ормов. Вследствие
ых бактерий в поч-
тчатки образуется
ромышленности это
зуется для получе-
лот, спиртов.

овых веществ. Пекти-
вещества в большом
ся во всех раститель-
но много их в парен-
оках и других плодах,
ают фруктовые экстрак-
лаженными, последние
разные массы, применяе-
ком производстве (изготов-
мармелада и пр.). Из-за

звать студнеобразную массу межклеточные вещества
тиновыми (от греческого «пектос» — студень).
идролиз пектина осуществляется под воздействием
ектиназы, при этом образуются галактуроно-
кислоты, галактоза, арабиноза, ксилоза, метил-
разрушения пектиновых веществ начинается разложе-
стительных остатков. В процессе пектинового бро-
точное вещество расщепляется, вследствие этого рас-
пани распадаются на отдельные клетки, что способст-
во клетчатки, особенно в почве.



73. *Clostridium pectinovorum*.
палочки со спорами на конце (увел.
в 1500 раз).

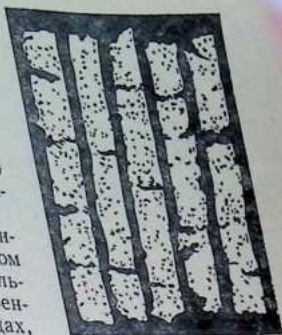


Рис. 72. Полоски фильтро-
вальной бумаги, изъеденной
Bac. cellulosae.

Процесс пектинового бро-
может происходить при у-
анаэробных и аэробных ба-
Анаэробные возбудители п-
вого брожения представля-
довольно крупные палоч-
12 мкм длиной и 0,8 мкм и-
по Граму красятся поло-
подвижные, со спорами
клетки. Они сбражива-
глюкозу, крахмал, но
вают клетчатку. Одни-
дителей брожения пе-
ществ является *Clostri-*
vorum (рис. 73).

Пектиновое бро-
используется для
локна из лубяных

конопля, джут, кендырь и др.). Лубяные волокна, идущие на изготовление пряжи, должны быть отделены от клеток паренхимной ткани коры и от древесины (костры), а это возможно тогда, когда паренхима после разрушения пектиновых веществ распадается на отдельные клетки. После разрушения пектиновых веществ лубяные волокна отделяются от стебля механически (трепанием и чесанием). Для разрушения пектиновых веществ применяется анаэробная водяная мочка, при которой пектин разлагается анаэробными бактериями, и аэробная росная мочка, когда в разложении пектина участвуют некоторые аэробные бактерии и плесневые грибы.

Преобразования серы, фосфора и железа

Сера, фосфор, железо являются составной частью белка животных и растений. В почву, в воду эти вещества попадают частично в форме органических соединений вместе с растительными и животными остатками. Сложную работу в превращении этих органических соединений в удобоваримую форму для растений производит большая и разнообразная группа микробов.

С е р у разлагают нитчатые серобактерии из рода *Beggiatoa*, *Thiothrix* и *Thiopolica*; ф о с ф о р — *Vas. micoides*, нитрифицирующие бактерии и ряд других; ж е л е з о — нитчатые железобактерии — *Leptothrix ochracea*, *Crenothrix polyspora* и др. В результате почва обогащается необходимыми питательными веществами для растений. Урожайность полей повышается. В водоемах серобактерии окисляют ядовитый сероводород в безвредные сернокислые соли (санитарный фактор). Железобактерии в озерах, прудах откладывают болотную руду, которая может накапливаться до колоссальных размеров и служить для промышленных целей.

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ

Из внешних факторов, влияющих на жизнедеятельность микробов, могут быть физические (температура, высушивание, свет, излучение радиоактивных веществ и др.), химические (карболовая кислота, сулема, хлорная известь и др.), биологические (антибиотики, бактериофаги, лизоцим).

Влияние физических факторов

Влияние температуры. Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов необходима определенная температура. При неблагоприятной температуре (слишком высокой или слишком низкой) жизнедеятельность микробов ослабевает или прекращается. Правда, по сравнению с другими живыми организмами микробы лучше приспособлены к колебаниям температуры. Например, некоторые сапрофитные бактерии нормально развиваются при температурах от 20 до 30°, а сальная палочка — в пределах от 6 до 50°. В литературе имеются сообщения, что температурный диапазон, в котором могут развиваться некоторые микроорганизмы, колеблется от —18 до +104°. Большинство патогенных микробов, паразитирующих в теле теплокровных, нормально развиваются только при температуре, близкой к температуре тела хозяина (35—37°), и не переносят резких температурных колебаний.

Принято различать три основные температурные точки, имеющие решающее значение для развития того или иного микроба: оптимальную, минимальную и максимальную. Оптимальная — такая температура, при которой жизнедеятельность данного вида микроба проявляется наиболее активно. Минимальная — предельно низкая температура, ниже которой развитие микробов прекращается. Максимальной считают наивысшую температуру, при которой еще происходит, хотя и слабо, развитие и размножение микробов. Выше этой температуры жизнь микробов прекращается. Температурные оптимум, минимум и максимум зависят от постоянного места обитания микроба. Приведем температурный режим для некоторых микробов (в градусах).

	Минимум	Оптимум	Максимум
Для светящихся бактерий северных морей	0	20,0	38
Для сенной палочки	6	30,0	50
» сибиреязвенной палочки	12	37,0	45
» туберкулезной »	30	37,5	42
» термофильной »	40	60,0	72

На питательных средах в лабораторных условиях микроорганизмы культивируют при оптимальной температуре, например плесневые грибы, дрожжи при температуре 26—28°, патогенные — при температуре 36—37°. Нужная для выращивания микробов температура поддерживается в термостате с постоянным режимом обогрева и автоматическим регулированием температуры.

По отношению к температуре микробы принято делить на психрофильные, мезофильные и термофильные. К п с и х р о ф и л ь н ы м (от греческого «психрос» — холодный и «фило» — люблю), то есть холодолюбивым, относят микроорганизмы, приспособившиеся в процессе эволюции к развитию при низкой температуре. Это — светящиеся бактерии, бактерии холодных водоемов, ледников, полярных бассейнов, холодильников, некоторые железобактерии. Оптимальная температура для них 15—20°, максимальная 30—35, минимальная 0 и даже —6°, а жизнедеятельность некоторых плесневых грибов прекращается лишь при температуре —11°. К этой группе принадлежат микробы, вызывающие порчу продуктов в холодильниках.

М е з о ф и л ь н ы е б а к т е р и и (от греческого «мезос» — средний) развиваются при средних температурах. К этой группе относятся большинство сапрофитов, гнилостных бактерий и все патогенные микробы, возбудители брожений. Оптимальная температура для мезофилов 25—36°, минимальная 10°, максимальная 43—50°.

Т е р м о ф и л ь н ы е б а к т е р и и (от греческого «термос» — теплый) развиваются при сравнительно высокой температуре. Оптимальная температура для них 50—60°, минимальная около 35°, максимальная до 80°. К этой группе относятся микробы, обитающие в пищеварительном тракте животных, на поверхностных слоях почвы, в горячих источниках. Например, в горячих источниках Камчатки с температурой до 90—95° с помощью стекол обрастания были обна-

ружены кокковые, палочковидные и нитчатые формы микроорганизмов. Термофильные бактерии, так называемые термотолерантные (переносящие высокие температуры) и термогенные (которые не только выдерживают действие высоких температур, но и производят тепло), не погибают при температуре до 85° . Термофильные бактерии принимают деятельное участие в нагревании навоза, силоса, влажного зерна, муки, хлопка и других субстратов, где происходит разложение органических веществ с повышением температуры массы до 90° , после чего жизнедеятельность микробов прекращается. В эту группу входят ряд почвенных бактерий, а также различные виды актиномицетов, грибов (пенициллин, аспергилл и др.). На практике биотермогенез используется для дезинфекции навоза, обогrevания теплиц, приготовления бурого сена.

Зная отношение различных видов бактерий к температуре, можно успешно размножать в лабораторных условиях при оптимальной температуре различные микроорганизмы, чтобы подробно изучить их для использования с практической целью, а также регулировать разные процессы, связанные с микробиологической деятельностью. Например, при изготовлении кефира параллельно идут два процесса — молочнокислород и спиртовое брожение. Регулировать их можно путем изменения температуры. При температуре 20° и выше усиленно развиваются молочнокислые бактерии, образуется много молочной кислоты. При температуре 15° и ниже преобладает развитие дрожжей (спиртовое брожение).

Влияние низких температур. Низкие температуры не убивают микробы, но приостанавливают их жизнедеятельность и вместе с этим процессы гниения и брожения. Вот почему низкие температуры используются для предохранения от порчи мяса, рыбы, масла, молочных и других скоропортящихся продуктов. В специальных холодильниках, изотермических вагонах, пароходах-рефрижераторах скоропортящиеся продукты могут сохраняться длительное время. Некоторые бактерии и плесневые грибы переносят температуру жидкого воздуха — $170-190^{\circ}$ и жидкого водорода — 252° . В трупахны жизнеспособные гнилостные бактерии и споры. Из пекарских дрожжей, пролежавших 50 лет на складе в мерзлой почве, обнаружены организмы: *Saccharomyces cerevisiae*, выделены следующие микроорганизмы: *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodotorula pallida*, *Rhizopus arrtizus*, *Pseudomonas*, кокки.

Губительно действуют на микробы повторное замораживание и оттаивание. Так, возбудители паратифа при частом замораживании и оттаивании погибают в течение нескольких дней.

Влияние высоких температур. Высокие температуры действуют на бактерии губительно, так как вызывают свертывание их протоплазмы. Нагревание до 60° убивает большинство микробов, за исключением спорных и термофильных. В жидкой среде при нагревании до 60° большинство бесспорных микробов гибнет за полчаса — час, нагревание до 70° убивает их за 10—15 минут, кипячение —

почти мгновенно. Чем больше микробов в среде, тем продолжительнее должно быть воздействие высоких температур.

Во влажной среде бактерии гибнут скорее, чем в сухой, так как в присутствии влаги белок свертывается при более низкой температуре. Чтобы убить микроба сухим жаром, требуется температура от 160 до 180°. На действии высоких температур основан ряд методов уничтожения микробов.

Влияние высушивания. Споровые формы микроорганизмов мало чувствительны к высушиванию, сохраняясь в высушенном состоянии много десятков лет. Более чувствительны к высушиванию вегетативные формы бактерий; степень чувствительности у них зависит от видовых свойств и технических условий высушивания. Например, стафилококки переносят высушивание более двух лет, молочнокислые бактерии — до десяти лет, возбудитель туберкулеза — от трех до девяти месяцев, паратифозные бактерии — до двух месяцев. Безвредные бактерии в высушенных белковых субстратах — крови, сыворотке, мокроте — могут сохраняться жизнеспособными много месяцев. В частности, туберкулезная палочка, высушенная в мокроте, сохраняется полгода и больше. Вследствие обезвоживания жизненные процессы в бактериальной клетке при высушивании сильно ослабевают, процесс размножения приостанавливается. Поэтому мясо, рыбу, молоко, овощи и фрукты с целью консервирования высушивают. На этом же принципе основано приготовление сена. В молочной промышленности высушенные молочнокислые бактерии применяют для закваски.

Влияние света. Прямые солнечные лучи губительно действуют почти на все виды бактерий, за исключением пурпурных и фотобактерий, которые развиваются на хорошо освещенных местах. Большинство бактерий в культурах, подвергнутых действию прямых солнечных лучей, гибнет за несколько минут или часов. Так, туберкулезная палочка гибнет на солнечном свете через 20—30 минут. Патогенные бактерии вообще более чувствительны к воздействию солнечных лучей, чем сапрофитные.

Рассеянный свет влияет на микробы слабо и вызывает их гибель только при длительном действии. Для сохранения микробных культур от высушивания их держат в лабораторных условиях в запаянных пробирках в темноте. Солнечный свет имеет большое гигиеническое значение, поэтому при строительстве жилых домов и помещений для скота надо обязательно принимать во внимание световую площадь. В помещениях, доступных солнечному свету, микробов значительно меньше, чем в затемненных.

Губительное действие на микробы оказывают лучи с короткой волной и сильным фотохимическим действием — ультрафиолетовая, фиолетовая и голубая часть спектра. Ультрафиолетовые лучи применяются для стерилизации воды, молока и материалов, разрушающихся под действием высоких температур, для лечения кожного туберкулеза. Ультрафиолетовое облучение активирует защитные реакции организма, повышает сопротивляемость его инфекциям. Поэтому животных полезно держать больше на свежем воздухе (за исключением плохой

погоды). Путем ультрафиолетового облучения стерилизуют помещения, где производятся массовые посевы бактериальных культур (приготовление вакцин, антибиотиков), воздух в операционных, на маслодельных заводах, сыроварнях, мясоперерабатывающих фабриках. Под действием ультрафиолетовых лучей погибают через несколько минут не только вегетативные формы бактерий, но и споры. Наиболее устойчивы против ультрафиолетовых лучей патогенные (болезнетворные) грибы.

✓ **Влияние лучей радия, рентгена и электричества.** Лучи радия и рентгена в малых дозах и при непродолжительном действии стимулируют размножение бактерий и вызывают глубокие изменения в их строении; в больших же дозах они убивают микробы. Под влиянием ионизирующих излучений у некоторых видов микробов значительно повышается биосинтез жиров, липоидов, нуклеиновых кислот, антибиотиков и др. Действие электричества (постоянного и переменного тока) на микробы незначительно. Электрический ток высокой частоты убивает их. Особенно сильное действие на микробы оказывают токи ультравысокой частоты. Приведенные в колебательное движение молекулы клетки вызывают быстрое нагревание всей ее массы, независимо от состояния окружающей среды.

Влияние механических сотрясаний и высоких давлений. Механическое движение губительно действует на большинство микробов. Самоочищение рек частично происходит вследствие действия на микробы сильных и частых толчков. Это убедительно доказано в лабораторных условиях: если долго встряхивать колбу с водой, где находятся микробы, они разрушаются и гибнут. Разрушение микробов ускоряется, если в колбе находится песок или стеклянные бусы.

Бактерии малочувствительны к высоким давлениям. Живые микробы обнаружены в морях на глубине 9 км, где давление равно 900 атм. Дрожжи не теряют бродильных свойств при давлении 500 атм., а некоторые дрожжи, плесневые грибы и бактерии переносят давление в 3000 атм. Барофильные бактерии даже требуют повышенного давления.

Влияние химических факторов

Химические вещества действуют на разные виды микроорганизмов по-разному. Отмечено интересное явление, получившее название **х и м и о т а к с и с а**. Если в каплю воды, содержащую подвижные гнилостные бактерии, опустить один конец капилляра, наполненного раствором пептона, через несколько секунд у отверстия капилляра скопится большое количество бактерий (рис. 74). Такое явление названо положительным химиотаксисом. Может быть и обратное явление, когда бактерии уходят от диффундирующего в воду вещества. Такое явление названо отрицательным химиотаксисом.

В ничтожно малых концентрациях (0,007—0,0018%) положительный химиотаксис вызывают пептон, минеральные соли, особенно фосфорно-кислые. Обратное действие (отрицательный химиотаксис) оказывают свободные кислоты, щелочи и спирты. Иногда положительный химиотаксис наблюдается не только к питательным веществам, но и к яду в зону соответствующей концентрации данного вещества, уже не могут свободно покинуть ее вследствие раздражения, вызванного изменением концентрации. Таким образом, химиотаксис представляет собой не живой клетки — раздражимость, ответную реакцию на проникающее вещество.

Животноводов должно особенно интересоваться губительное действие химических веществ на микробы, вызывающие заразные болезни, и на бактерии, являющиеся причиной гнилостных процессов. Учение о ядовитом действии химических веществ на микробы представляет большую практическую ценность. Многие химические вещества применяются для дезинфекции, консервирования пищевых продуктов, кормов и пр. Химические вещества, применяемые для уничтожения микробов, получили название дезинфицирующих средств. Их действие на микробы неодинаково. Например, эфир, алкоголь и слабые растворы щелочей растворяют липоидные (жироподобные) вещества, входящие в состав тела микробных клеток; соли тяжелых металлов (сулема, свинец, ртуть, медный купорос и др.), кислоты, формалин, относящиеся к протоплазматическим ядам, свертывают белки и могут поражать не только микробные, но и все клетки организма; азотная кислота, хлор, хлорная известь, марганцевокислый калий, сильно окисляя органические вещества, разрушают их. Такие вещества, как глицерин, концентрированные растворы солей, сахара, влияют на осмотическое давление.

Дезинфицирующая активность химических веществ зависит от их структуры, концентрации раствора, продолжительности контакта с микробом, вида микроба, физико-химического состава среды, в которой он находится, ее температуры. Микробная клетка погибает в том случае, если химическое вещество проникло через ее оболочку.

Дезинфицирующие вещества оказывают губительное действие, будучи растворены в воде. Действие их в сильной степени снижается в растворе масла и ацетона. Большое значение имеет концентрация водных растворов яда. Карболовая кислота убивает ряд бактериальных видов в 2—5%-ном растворе, формалин — в 1%-ном растворе, хлорная известь — 1 : 10, свежегашеная — 1 : 20, сулема — в разведении 1 : 1000 — 1 : 5000. Алкоголь обладает большим губительным действием на микробы в концентрации 75—80%, чем в более высоких концентрациях. Это объясняется тем, что концентрированный раствор алкоголя слабее проникает внутрь микробной клетки. Некоторые химические вещества в малой концентрации стимулируют размножение бактерий.

Требуется определенное время, чтобы наступила гибель клетки под действием химического вещества. Повышенная температура (выше 40°) усиливает действие дезинфицирующего вещества на бактерии; среда, в которой находятся бактерии, тоже может оказать определенное действие

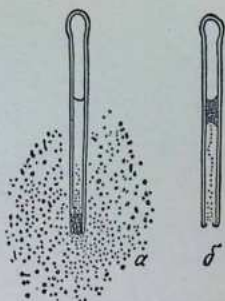


Рис. 74. Химнотаксис:

а — часть капли воды с *Bact. fluorescens liquefaciens* и запаянный с одного конца капилляр, наполненный слегка щелочным 5%-ным раствором пептона; у отверстия капилляра видно скопление микробов (через 4 минуты); б — $1/4$ — $1/2$ часа позже; скопление бактерий в верхней части капилляра у пузырька воздуха (увел. в 50 раз) (по Омелянскому).

на активность дезинфицирующих веществ. Например, присутствие в субстрате гноя, молока, мокроты затрудняет доступ яда к микробной клетке. Чтобы убить бесспорную палочку сибирской язвы в воде, требуется сулема в разведении 1 : 50 000, а в сыворотке — в разведении 1 : 2000, так как сулема с белком сыворотки образует безвредные ртутные альбуминаты, которые и защищают микробы.

Различные виды микроорганизмов неодинаково относятся к одному и тому же химическому веществу. Большой устойчивостью против химических веществ обладают туберкулезная палочка, содержащая жировосковое вещество, и стафилококки. Некоторые ацидофильные бактерии малочувствительны к действию карболовой кислоты (фенол). Для выделения ацидофильной палочки из смешанных культур пользуются питательной средой с добавлением в нее фенола. Разницу в чувствительности к химическим веществам бактерий разных видов можно объяснить их неодинаковой химической структурой. Грамотрицательные бактерии менее чувствительны к некоторым анилиновым красителям, чем грамположительные. Аналогичное явление наблюдается с действием антибиотиков. Например, стрептомицин действует главным образом на грамотрицательные бактерии, а пенициллин и грампозитивные — на грамположительные. Некоторые антибиотики губительно влияют на те и другие.

Особенно устойчивы против химических веществ споровые формы микробов. Это объясняется малым содержанием в них свободной воды и плохой проницаемостью оболочки. Чтобы вызвать, например, гибель споры сибиреязвенной палочки в 5%-ном растворе фенола, требуется 14, а иногда и 40 суток.

Химическое обеззараживание практикуется в медицине, в ветеринарной практике и пищевой промышленности. Для консервирования некоторых продуктов (плоды и ягоды в компотах) используют в слабых концентрациях борную, салициловую и бензойную кислоты, глицерин и др. Для стерилизации питьевой воды применяют хлор и хлорную известь. Последняя используется также для стерилизации воды, употребляемой в маслоделии.

Влияние концентрации водородных ионов. Реакция среды (pH) оказывает определенное влияние на микроорганизмы. Водородные ионы, находясь в среде, изменяют электрозаряд коллоидов плазменной оболочки и, в зависимости от концентрации, увеличивают или, наоборот, уменьшают проницаемость оболочки клеток для отдельных ионов.

Развитие того или иного вида микробов возможно только в строго определенных границах щелочности и кислотности. Наиболее благоприятна для большинства бактерий нейтральная или слабощелочная реакция, для плесневых грибов и дрожжей — слабощелочная и оптимальны pH для ряда микроорганизмов — слабощелочная.

Если концентрация водородных ионов приводятся в таблице 5. малые границы для данного вида микроба, его жизнедеятельность прекращается. Например, в процессе созревания силоса при постепенном снижении pH вначале погибают гнилостные бактерии, затем молочнокислые стрептококки и наконец молочнокислые палочки. Из-

Таблица 5

Концентрация водородных ионов (рН) для ряда микроорганизмов

Микроорганизмы	Кислотный минимум	Оптимум	Щелочной минимум
Дрожжи	4	5,8	6,8
Молочнокислые бактерии:			
<i>Streptococcus lactis</i>	4,0—5,1	—	7,9
<i>Bact. casei</i> (Lönnis)	3,0—3,9	—	7,1
Группа кишечной палочки:			
<i>Escherichia coli</i>	4,4	6,5—7,8	7,8
Маслянокислые бактерии:			
<i>Clostr. amylobacter</i>	5,7	6,9—7,3	—
Гнилостные бактерии:			
<i>Bac. mesentericus</i>	5,8	6,8	8,5
<i>Clostr. putrificus</i>	4,2	7,5—8,5	9,4
Азотсвязывающие бактерии:			
<i>Asotobacter chroococcum</i>	5,6	6,5—7,8	8,8—9,2
Нитрифицирующие бактерии:			
группа <i>Nitrosomonas</i>	3,9	7,7—7,9	9,7
" <i>Nitrobacter</i>	3,9	6,8—7,3	13,0
Плесневые грибы:			
<i>Aspergillus niger</i>	1,2	1,7—7,7	9,2—11,1

менением реакции среды можно изменить характер брожения. В лабораторных условиях питательные среды для выращивания микроорганизмов готовятся с учетом их отношения к рН: для патогенных бактерий он находится в пределах 7,0—7,6, для грибов и дрожжей — в пределах 3,0—6,0.

На величину рН влияет присутствие в среде ряда соединений, в том числе многих веществ коллоидального характера, например белка и пептона. Такие буферные вещества как бы тормозят изменение величины рН. Например, развитие молочнокислых бактерий приостанавливается при рН 4. Если выращивать эти бактерии в среде с малым содержанием буферных веществ, в ней сравнительно быстро накопится то количество кислоты, при котором рН будет равен 4, развитие бактерий приостановится и дальнейшее накопление кислоты прекратится. Иначе проходит реакция в молоке, где сильным буфером является казеин. Чтобы достичь рН 4 и прекратить развитие молочнокислых бактерий в молоке, потребуется значительно большее накопление кислоты. Таким образом, молочнокислые бактерии живут в молоке более длительное время, следовательно, образуют больше молочной кислоты, чем в безбуферной среде. Явления буферного действия, как одного из регуляторов микробиологических процессов, бывают в почве, различных органических субстратах и др.

Влияние биологических факторов

В естественных условиях обитания (в почве, воде, организме животных) микроорганизмы взаимодействуют не только с неживой средой, но и друг с другом и с иными живыми организмами, вступая с ними

в биоценоз. Эти взаимоотношения могут носить характер симбиоза, метабиоза, синергизма, антагонизма.

Симбиоз — такое сожительство, когда в одной среде существуют и размножаются два вида или более, не мешая друг другу. Для некоторых микроорганизмов симбиотическое сожительство необходимо. Известен симбиоз анаэробных микробов, например *Clostridium pasteurianum*, с аэробными. Аэробы, поглощая кислород воздуха, разрушают вредные продукты обмена анаэробов, создают условия, необходимые для их развития. Анаэробы, в свою очередь, фиксируя атмосферный азот и переводя его в связанное состояние, доставляют азотистую пищу аэробам. Такая форма полезного сожительства носит название мутуализма (*mutuus* — взаимный).

Метабиоз — один вид микроорганизмов в процессе жизнедеятельности создает благоприятные условия для другого вида микробов. Например, многие сапрофиты расщепляют белки до пептонов, аминокислот и других относительно простых соединений. Эти продукты являются исходным материалом для нитрифицирующих микробов, которые переводят аммиачные соли в азотистую, а затем в азотную кислоту, хорошо усваиваемую растениями.

Интересны взаимоотношения между азотобактером и бактериями, разрушающими клетчатку. Азотобактер нуждается в безазотистых органических соединениях, но он не способен разлагать клетчатку. На помощь ему приходят бактерии, сбраживающие клетчатку. В результате разложения клетчатки образуется большое количество органических кислот, вредно действующих на самих микробов. Азотобактер окисляет эти кислоты до углекислоты и воды и таким образом создает благоприятные условия для дальнейшего воздействия бактерий, и не образовывали органических кислот, азотобактер не мог существовать. В свою очередь, не будь азотобактера, бактерии, разрушающие клетчатку, скоро погибли бы от продуктов своей жизнедеятельности. Таких примеров очень много. Именно метабиозом можно объяснить быструю минерализацию органических веществ почвы; на процессах метабиоза построен круговорот веществ в природе.

Синергизм — содружественное действие двух или нескольких видов микробов. Примером синергизма может служить совместный синтез ростовых веществ (гетероауксина — стимулятора роста растений) азотобактером и *Vas. mycoides*. Азотобактер в чистой культуре синтезирует 173 мг гетероауксина, а в присутствии *Vas. mycoides* — 220 мг.

Антагонизм, или **антибиоз**, такое взаимоотношение, когда один вид микробов не может развиваться в присутствии другого вида. Явление антагонизма микробов впервые описал в 1877 г. Пастер, наблюдая угнетение роста сибиреязвенных палочек гнилостными бактериями. И. И. Мечников в конце XIX столетия установил антагонизм между молочнокислыми и гнилостными бактериями и предложил использовать молочнокислые бактерии для борьбы с вредными гнилостными бактериями, населяющими кишечник человека и животных. Антагонизм наблюдается и у других бактерий. Например, сине-

гнойная палочка вырабатывает ядовитые вещества, губительно действующие на микробы сибирской язвы; в присутствии этого микроба палочка сибирской язвы не может размножаться.

Антагонизм, наряду с другими факторами в природе, играет большую роль в естественном отборе, изменчивости и эволюции микроорганизмов. Изучение явлений антагонизма в жизнедеятельности микроорганизмов привело к открытию антибактериальных веществ, получивших название антибиотиков.

Антибиотики (от греческого «анти» — против, «биос» — жизнь) — вещества микробного, животного и растительного происхождения, подавляющие развитие и биохимическую активность чувствительных к ним микроорганизмов.

Учение об антибиотиках тесно связано с проблемой антагонизма микробов. В процессе борьбы за существование большое значение для микробов имеют выделяемые ими вещества разного химического строения и различной силы действия, которые могут подавлять рост и размножение микробов — бактериостатическое действие или обуславливать их гибель — бактерицидное действие и даже растворение, лизис — бактериолитическое действие. Противобактериальные свойства зеленой плесени в эксперименте впервые были установлены в 1871 г. русским ученым В. А. Манассеиным. А. Г. Полотебнов в 1872 г. использовал это явление в практике, применив для лечения гнойных ран и сифилитических язв повязки с зеленой плесенью или спорами в миндальном масле. В 1904 г. М. Г. Тартаковский при лечении пастереллеза кур пользовался продуктом гриба пенициллиум. В 1928 г. английский микробиолог Флеминг обнаружил среди колоний бактерий, выросших на питательной среде, зеленую плесень, вокруг которой не росли стафилококки, установив, таким образом, антагонизм зеленой плесени по отношению к стафилококкам. Доказано, что некоторые молочнокислые бактерии обладают свойством выделять, кроме молочной кислоты, антибиотики, устойчивые против высокой температуры и кислоты и подавляющие жизнедеятельность микроорганизмов. В настоящее время выделено большое количество антибиотических веществ, часть которых нашла широкое практическое применение.

Пенициллин — антибактериальное вещество, выделяемое плесневым грибом *Penicillium notatum*, *P. chrysogenum*. С целью получения пенициллина плесневый гриб выращивают на специальных жидких питательных средах (при 20—24°), где по мере его размножения в течение 5—6 дней накапливается пенициллин.

Питательную жидкость отфильтровывают от гриба, подвергают специальной обработке и химической очистке. Концентрированный очищенный пенициллин высушивают в вакууме при низкой температуре и проверяют на активность. Чаще выпускается, как наиболее стойкая, натриевая или калиевая соль пенициллина в расфасовке по 1 000 000, 2 000 000, 3 000 000, 5 000 000 единиц активного вещества (ЕД).

Все антибиотики измеряются в единицах противомикробной активности (ЕД). Для пенициллина такой единицей является то наименьшее его количество, которое полностью задерживает (при действии в течение 4—5 часов при 37°) рост чувствительных к пенициллину стафилококков штамма 209, содержащегося в 50 мл питательного

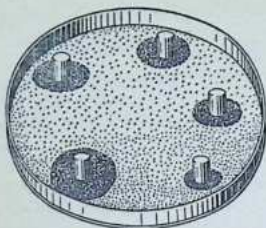


Рис. 75. Определение концентрации пенициллина кольцевым методом (по Гаузе). Кольцеобразная зона — отсутствие роста культуры микроба.

бульона. Это количество составляет 1 ЕД, а по весу 0,6 микрограмма (1 микрограмм = $= 1/1000$ миллиграмма = $1/1\,000\,000$ грамма). Следовательно, в 1 миллиграмме сухого порошка пенициллина содержится 1666 ЕД. Для других антибиотиков за единицу принято считать 1 микрограмм (рис. 75).

Пенициллин действует на грамположительные микроорганизмы и не действует на грамотрицательные. Наиболее чувствительны к нему стрептококки, стафилококки и пневмококки. Палочковидные формы более устойчивы против пенициллина, чем кокковые.

В фазе логарифмического деления чувствительные к пенициллину бактерии поглощают антибиотиков в 100 раз больше, чем в лаг-фазе. Легко проникая в бактерию, он связывается необратимо. Пенициллин очень быстро (через 2 минуты) проникает через оболочку клетки. Под действием пенициллина чувствительные микробы изменяют свою форму (удлиняются, образуют длинные цепочки или шары; может наступить лизис), теряют способность к размножению, окрашиванию по Граму, поглощению из среды и усвоению некоторых аминокислот (в особенности глутаминовой) и различных неорганических веществ. Под влиянием антибиотика у микроба происходит нарушение синтеза веществ клеточной оболочки, в результате незащищенная протоплазма лизируется, наступает гибель клетки.

Установлено интересное явление: в отличие от других антибиотиков, с повышением концентрации пенициллина выше той, от которой был получен максимальный антимикробный эффект, наблюдается снижение биологического действия антибиотика. Обладая свойством задерживать размножение в организме многих патогенных микробов, пенициллин широко применяется в медицине и ветеринарии.

За последние годы английскому ученому (Эрнест Чейн, 1959) удалось получить так называемое пенициллиновое ядро — 6-аминопенициллиновую кислоту (6-АПК). Она может вступать в реакцию со многими химическими веществами, благодаря чему можно получить большое количество новых полусинтетических пенициллинов. Само ядро обладает незначительной антибактериальной активностью. Однако полученные в лаборатории с ее помощью производные приобретают новые, часто очень ценные качества. Например, получен пенициллин-метилциллин, который в сотни раз устойчивее к ферменту пенициллиназе, чем обычный пенициллин; оксациллин обладает кислотоустойчивостью, такой препарат можно принимать внутрь (без инъекции). Открывается перспектива в лабораторных условиях получать большое количество полусинтетических пенициллинов, используя для этого 6-АПК (как полуфабрикат) и определенное химическое вещество, чаще всего производное карбоновой кислоты.

Стрептомицин — антибиотик, образуется одним из видов лучистых грибов — актиномицетов (*Actinomyces globisporum streptomycin*). Он обладает свойством подавлять рост многих грамотрицательных и грамположительных микроорганизмов, а также туберкулезной палочки. Стрептомицин по сравнению с пенициллином медленнее поглощается клеткой (через 4 часа), и чем выше концентрация антибиотика в среде, тем больше его поглощается клеткой. Связь стрептомицина с бактериальной клеткой неустойчива, его можно удалить путем обработки клетки растворами неорганических солей. Проникая в глубь клетки, стрептомицин связывается различными внутриклеточными соединениями, что и обуславливает его биологическую активность. Он подавляет окислительные процессы и в сильной степени влияет на обмен веществ чувствительной клетки, в основном тормозит синтез важного для метаболизма бактерий вещества, близкого по своей структуре к фосфорилированным сахарам.

Грамицидин — вещество, полученное из культуры почвенной споровой палочки *Vac. brevis*. В 1942 г. советские ученые Гаузе и Бражникова получили антибиотик, названный грамицидином С (советский грамицидин). Он отличается от зарубежного грамицидина Дюбо (1939) тем, что содержит меньше аминокислот и свободной аминной группы и более активен против грамотрицательных бактерий. Антибиотик действует на грамположительную микрофлору (стафилококки, стрептококки, пневмококки) и на некоторые виды грамотрицательных бактерий. С лечебной целью применяется только наружно для лечения инфекционного мастита коров, гнойных ран мягких тканей.

Тетрациклины. В эту группу входит ряд антибиотиков, сходных по химической структуре: хлортетрациклин, окситетрациклин, тетрациклин и некоторые другие.

Хлортетрациклин (ауромин, биомин, дуомин, антибиотик А-377) — солянокислый кристаллический антибиотик. Получен из культуральной жидкости *Actinomyces aureofaciens*. Кристаллы хлортетрациклина растворимы в воде, раствор имеет желтую окраску. Антибиотик подавляет рост многих грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов.

Окситетрациклин (террамицин, оксимикон, риомицин) — продуцируют лучистые грибы (*Actinomyces rimosus*). Обладает широким спектром действия: подавляет рост грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов; помимо бактерий, оказывает неблагоприятное действие на вирусы.

Тетрациклин (амбрамин, ахромин, панмин, полициклин, тетрацин, цикломин) выделяется в основном из культуральной жидкости *Actinomyces aureofaciens*, который образует также и хлортетрациклин. Как и другие антибиотики этой группы (окситетрациклин, хлортетрациклин и др.), тетрациклин обладает широким спектром действия и подавляет развитие грамположительных и грамотрицательных микробов и кислотоустойчивых бактерий. В группу антибиотиков тетрациклинового ряда входят еще бромтетрациклин, диметилхлор-

тетрациклин. Вся эта группа антибиотиков применяется при лечении паратифа телят, поросят, рожи свиней и др.

Механизм биологического действия тетрациклиновых антибиотиков, по литературным данным, сходен между собой. Вся эта группа (тетрациклинов) снижает проницаемость для дыхания бактерий, уменьшает окисление углеводов. Низкие их концентрации подавляют действие уреазы, снижают синтез белка, а высокие — тормозят также включение нуклеиновых кислот. Хлортетрациклин и окситетрациклин препятствуют включению фосфора в нуклеиновые кислоты. Тетрациклины снижают активность некоторых ферментов (например, пептаз, фумараз и др.).

Антибиотики обладают избирательным действием на микроорганизмы: каждый антибиотик действует только на определенные виды микроорганизмов, то есть имеет определенный антимикробный спектр действия. Одни антибиотики активны к грамположительным, другие — к грамотрицательным, а некоторые подавляют рост тех и других; имеются антибиотики, губительно действующие на грибы, но безвредные для бактерий. За последние годы получен ряд новых антибиотиков, которые оказались высокоэффективны в профилактике и лечении желудочно-кишечных заболеваний телят и поросят (полимиксин, прополицилин-витаминно-антибиотический препарат, колимицин, биветин, бицилин). Некоторые виды актиномицетов (*Act. luridus*) образуют антибиотическое вещество *люризин*, действующее против вируса гриппа и некоторые фаги (Красильников с сотр.). Получен антибиотик *иманин*, губительно действующий на вирус табачной мозаики и, кроме того, способствующий развитию растений (АН УССР) а также *интерферон*, губительно действующий на многие вирусы (гриппа, кори, полиомелита, энцефалита, оспы).

Устойчивость микроорганизмов к антибиотикам. Установлено, что некоторые микроорганизмы при многократном воздействии на них антибиотиком приобретают определенную устойчивость к нему, что необходимо учитывать при лечении. Например, золотистый стафилококк прекращает развитие при концентрации пенициллина 0,05—0,06 ед/мл в среде, при 20 последовательных пересевах с постепенно увеличивающимися концентрациями антибиотика устойчивость стафилококка возрастает в 700 раз, а при пересеве в течение 40 раз его устойчивость увеличивается более чем в 5500 раз. Может быть перекрестная устойчивость. Например, микроб, ставший устойчивым к хлортетрациклину, может одновременно стать устойчивым и к окситетрациклину и тетрациклину. Более того, отдельные микроорганизмы, «привыкая» к присутствию антибиотика в среде, перестают размножаться в субстрате, в котором нет соответствующего антибиотика; он становится необходимым для их питания.

Наиболее эффективно в борьбе с устойчивыми формами микроорганизмов комбинированное лечение разными антибиотиками или антибиотиками и химическими средствами. Работой, выполненной под руководством автора И. М. Беспаловым, установлено, что сочетания хлортетрациклина с альбомуцином и альбомуцина со стрептомицином при действии на микробы колипаратифозной группы *in vitro* (в пробирке) взаимно усиливают действие друг друга (синергидное действие). Однако не

сении
тера-
оцесс
и по-
обра-
дуют
ость

всегда можно сочетать любые антибиотики: при некоторых инфекциях пенициллин и хлортетрациклин проявляют себя как антагонисты.

Механизм образования устойчивых форм микроорганизмов еще недостаточно изучен. Ряд исследователей (Игл, Планельес и др.) считают, что устойчивость приобретается разными путями. Пенициллиноустойчивые микроорганизмы вырабатывают фермент пенициллиназу, разрушающую пенициллин. Такого типа ферменты образуются, по-видимому, и против других антибиотиков.

Микробная клетка обладает способностью увеличивать продукцию метаболитов (продукты жизнедеятельности), нейтрализующих химиотерапевтические вещества. Например, устойчивые к сульфаниламидам бактерии усиленно вырабатывают парааминбензойную кислоту, и эти бактерии становятся нечувствительными к данному препарату. Устойчивость может появиться в результате возникновения новых путей обмена, при помощи которых микробная клетка продолжает существовать без тех ферментов, которые вышли из строя под действием химиотерапевтических веществ, используя для обмена другие ферменты. Устойчивость приобретается, по-видимому, и вследствие физико-химических изменений поверхности клетки, приводящих к различной способности фиксировать препарат. Например, устойчивые микроорганизмы связывают меньшее количество пенициллина, чем чувствительные.

Механизм действия антибиотиков в организме еще недостаточно изучен. Известно, что в организме животных большинство антибиотиков, применяемых в лечебных дозах, не убивает, а только приостанавливает жизнедеятельность микробов и задерживает их размножение. Окончательное освобождение от таких микробов принадлежит самому макроорганизму (фагоцитоз и действие других защитных свойств). Некоторые антибиотики, действуя на микроб — возбудитель инфекции, тонизируют организм животного. Например, стрептомицин в организме туберкулезного больного тормозит размножение туберкулезных палочек и стимулирует тканевое дыхание макроорганизма, повышая тем самым способность его разрушать бактерии. Антибиотики более эффективно действуют в ранних стадиях заболевания, когда микробов в организме еще мало и макроорганизм, его физиологические функции и органы не подверглись большому изменению под действием болезнетворных микробов.

В настоящее время антибиотики широко применяются не только в медицине и ветеринарии, но и в зоотехнии и агрономии: для повышения продуктивности животных и урожайности сельскохозяйственных культур, для увеличения плодовитости при искусственном осеменении, в борьбе с бесплодием коров. Пенициллин или стрептомицин, добавленные в сперму быков, смешанную с желточно-лимоннокислым, желточно-фосфатным или молочным разбавителем, пагубно действуют на микрофлору, не понижая жизнеспособности спермиев (при добавлении 500 единиц на 1 мл разбавителя). Тем самым сперма предохраняется от чрезмерной загрязненности бактериями.

Использование антибиотиков для кормовых целей*. В начале 40-х годов текущего столетия, когда антибиотики стали достаточно широко применять для лечения, было отмечено, что нередко весьма небольшие их количества (в 10—50 раз меньше лечебных доз), введенные в корм, стимулирующе влияют на рост животных. В последнее время как за рубежом, так и в нашей стране проведена очень большая работа по проверке отмеченного явления и на основе полученных результатов сделано заключение о целесообразности использования в ряде случаев антибиотиков в качестве стимуляторов роста сельскохозяйственных животных. Наибольший смысл применять антибиотические вещества как стимуляторы роста при выращивании молодняка и цыплят. В настоящее время от 30 до 50% выработанных в разных странах антибиотиков используется в кормовых целях. В отдельных случаях от введения в корм антибиотиков увеличение прироста веса молодняка колебалось от 10 до 90%. Средний эффект следует считать равным 15—20%. При добавлении антибиотиков в корм взрослых животных получался меньший эффект. Некоторые исследователи отмечали улучшение выводимости птицы при скормливании антибиотиков, особенно когда рацион был недостаточен по витамину B₁₂.

Наиболее часто применяются в корм животным антибиотики тетрациклинового ряда — хлортетрациклин, окситетрациклин, тетрациклин. Следует рациональнее использовать в животноводстве отходы антибиотического производства, включая их в комбикорма. В этих отходах обычно содержатся не только антибиотики, но и витамины. Разработана рецептура обогащения кормов антибиотиками в хозяйственных условиях путем введения соответствующим образом подготовленного зерна чистых культур микробов — продуцентов антибиотических веществ. Следует, однако, отметить, что выполнять эту работу могут только люди со специальной подготовкой; при ошибках в технологии на корме могут размножаться не только внесенные, но и разнообразные сапрофитные микроорганизмы, среди которых иногда встречаются формы, вырабатывающие токсические вещества. Следует считать более правильным использование антибиотиков, приготовленных в производственных условиях.

В механизме действия малых доз антибиотических веществ на организм животного еще много неясного. Становится все более очевидным, что антибиотики действуют профилактически против явно проявляющихся и скрытых заболеваний, в результате которых происходит задержка роста и повышается смертность. Не исключено также тонизирующее действие антибиотиков, вследствие чего может повыситься иммунитет.

Проведен ряд опытов с кормлением антибиотиками стерильно выращенной птицы, не имевшей кишечной микрофлоры. На такую птицу антибиотики не оказывали заметного положительного действия. Это

* Раздел «Использование антибиотиков для кормовых целей» написан Е. Н. Мишустинным.

еще раз подтверждает значительную роль их в изменении состава крофлоры, имеющейся в организме.

Антибиотики, принимаемые с кормом, подавляют не только микрофлору кишечника. Во многих случаях общая численность микроорганизмов содержимого кишечника у животных, получающих с кормом антибиотики, даже возрастает. Однако при этом отмечена известная перегруппировка состава кишечной микрофлоры. В частности, нередко наблюдается уменьшение числа клеток кишечной палочки и *Clostr. perfringens*.

У разных групп животных нет тождественной реакции на антибиотики, и различные антибиотические вещества, очевидно, действуют на микрофлору кишечника неодинаково. Мысль о непосредственном действии антибиотиков на микрофлору кишечника подтверждается тем, что их введение в организм через рот более эффективно, чем под кожу или в кровяное русло.

Антибиотики оказывают определенное воздействие на витаминный и аминокислотный обмен у животных. Имеется ряд данных о том, что антибиотики при известных условиях снижают потребность организма в витамине В₁, способствуют аккумуляции в организме витамина В₁₂, биотина, рибофлавина и других витаминов. Если корм вполне обеспечен витаминами, эффект от использования антибиотиков снижается. Такое же действие оказывает добавление в корм богатых витаминами трав и выжатого из них сока.

Установлено, что частое и бесконтрольное применение антибиотиков приводит к появлению патогенных бактерий, против которых антибиотики утрачивают свое лечебное действие, а у людей возникают тяжелые болезни аллергического характера. Кроме того, нарушается нормальная функция печени, кровеносных органов, появляются раздражения желудочно-кишечного тракта, поражается слуховой аппарат и т. д. Эти явления могут возникать в связи с наличием незначительного количества антибиотиков в продуктах животного происхождения. При исследовании (данные французских исследователей, 1968 г.) 248 туш и органов различных видов животных (крупный рогатый скот, свиньи, лошади) в 34 пробах (13,7%) содержались антибиотики (пенициллин и др.). Чаще всего (в 22,8% проб) обнаруживались антибиотики в тушах и органах (особенно в почках) телят. При исследовании 70 почек здоровых телят и 50 почек здоровых свиней ни в одном случае антибиотики не были выявлены.

Поэтому для усиления роста животных наиболее целесообразно использовать антибиотики, не применяющиеся в медицинской практике. За рубежом, например, используют бацитрацин, тилозин и др. В Советском Союзе в широких опытах (И. И. Шмыгин, М. Р. Рашидов, О. А. Гаврилова, Н. И. Леонов, Т. Н. Ракова, А. Я. Панкратов и др.) проверен антибиотик гризин, полученный в Институте микробиологии АН СССР под руководством Н. А. Красильникова. Применяется он в виде кормового препарата — кормогризина, по эффективности не уступает тетрациклиновым антибиотикам. Имеются и другие эффективные препараты антибиотиков.

Фитонциды. Лечебное действие многих растений известно с незапамятных времен. Действие растительных веществ на микробы установлено Б. П. Токиным (1928—1930).

Вещества, продуцируемые растениями в процессе их жизнедеятельности и обладающие губительным свойством по отношению к бактериям и грибам, названы фитонцидами. Если листья березы разрезать на мелкие кусочки и на расстоянии 2—3 мм от них поместить висющую каплю воды с протозоа, через 20—25 минут воздействия летучих ве-

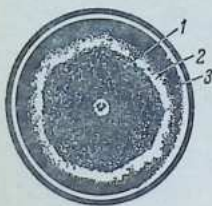


Рис. 76. Действие фитонцидов чеснока *Aspergillus niger*; чашка с кашицей чеснока (в центре):

1 — стерильная зона; 2 — зона роста гриба без спорообразования; 3 — зона роста гриба со спорообразованием.

ществ все простозои окажутся мертвыми. Такое же действие оказывают летучие вещества и многих других высших растений: листьев черной смородины, можжевельника, крапивы, а также чеснока, лука, алоэ и др. (рис. 76). Фитонциды черемухи губительно действуют и на насекомых. Из листьев зеленых помидоров получено вещество (томатин), активно действующее на различные грибы — возбудители заболеваний человека и животных. Из лука выделен кристаллический препарат, который в разведении 1 : 40 000 моментально убивает дифтерийную палочку. Достаточно в течение 1—3 минут пожевать кусочек лука или чеснока, чтобы находящиеся во рту микробы погибли (Токин, 1951).

Фитонциды действуют специфично: сок того или иного растения губительно действует на одни микробы и безвреден для других. Фитонциды чеснока, лука, хрена, горчицы обладают значительной бактерицидностью против многих гнилостных микробов. Природа фитонцидных свойств многих растений не изучена. Известно, что антимикробное действие присуще различным продуктам жизнедеятельности растительных организмов: эфирным маслам, глюкозидам, органическим кислотам, дубильным веществам, смолам и др. Когда животные поедают на пастбищах растения, содержащие фитонцидные вещества, последние, по-видимому, благотворно действуют на их желудочно-кишечный тракт. Фитонциды применяются для лечения гнойных ран.

Бактериофаги («пожиратели бактерий»), или **фаги**. У бактерий, как и у других живых существ, есть свои паразиты, получившие название бактериофаги. Под действием их бактерии погибают или изменяют свои морфологические и физиологические свойства. В микробиологии под бактериофагией понимают явление растворения микробов — лизиса. Явление бактериофагии впервые (1898) наблюдал известный русский ученый Н. Ф. Гамалея у микроба сибирской язвы в дистиллированной воде. Полученное вещество, названное им «перевивающимся лизином», растворяло в течение 6—12 часов свежие культуры микроба сибирской язвы.

Подробное изучение бактериофагии началось после работ Д'Эрелля (1917), выделившего бактериофаг из фильтрата испражнений выздоравливающего от дизентерии человека. Им был проделан следующий опыт. В стерильный бульон вносилось несколько капель жидких испражнений человека, уже выздоравливающего от дизентерии. После суточного нахождения колбы в термостате в бульоне выросла смешанная культура. Ее профильтровали через бактериальные свечи. Когда фильтрат добавили в свежие культуры дизентерийных палочек, бульон через несколько часов стал прозрачным, микробы из него исчезли (растворились). Д'Эрелль повторил этот опыт несколько раз

и каждый раз получал одинаковый эффект. Перевивки (пассажи) растворяющего агента усиливали его действие на микробы. Обнаруженный растворяющий агент был назван бактериофагом.

Действие бактериофага наблюдается и на твердых питательных средах. Если на молодой посев бактерий на агаре нанести несколько капель бактериофага, через несколько часов на местах нахождения капель появятся стерильные пятна, то есть произойдет лизис бактерий (рис. 77).

Размеры и формы бактериофагов. Бактериофаг относится к вирусам, патогенным для микробов; проходит через бактериальные фильтры. Размер частиц бактериофага колеблется от 8—10 до 90—100 нм. С помощью электронного микроскопа установлено, что бактериофаг имеет корпускулярное строение — шаровидную или овальную головку и отросток (рис. 78). Обнаружена оболочка, покрывающая головку и отросток. Долгое время не могли решить вопрос, является ли бактериофаг живым существом или это ферментоподобное вещество. В настоящее время большинство ученых придерживаются первого мнения. Химический анализ показал, что бактериофаг состоит из белковых соединений (нуклеопротеидов), отличающихся по характеру от белков микробов. Фаг способен усваивать из питательной среды азот и некоторые соединения фосфора. Все эти и другие признаки подтверждают живую природу бактериофага.

Основные свойства бактериофагов. При увеличении электронного микроскопа удалось проследить, как бактериофаг соприкасается с поверхностью тела микроба, своим отростком «прокалывает» его оболочку и впрыскивает в тело клетки свое содержимое. По последним данным, этим содержимым является дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК). У некоторых бактериофагов на конце отростка обнаружен фермент липаза, вызывающий разрыхление клеточной стенки бактерий. Этот фермент, по-видимому, облегчает проникновение вируса в клетку, разрушая ее клеточную стенку. Через несколько минут после проникновения ДНК внутри клетки образуется множество новых бактериофагов, оболочка микробной клетки разрывается, и вся масса бактериофагов выходит во внешнюю среду (рис. 79).

Бактериофаг действует только на живые, растущие бактерии. Аналогичное действие оказывает и актинофаг, растворяющий актиномицеты. Иногда в молодых бульонных культурах, где наблюдался бактериофагический процесс, вновь начинается рост бактерий, и просветленный бульон мутнеет. Такие культуры микробов называют вторичными. Они устойчивы против данного штамма фага, но растворяются другим его штаммом.

Под воздействием бактериофагов изменяются свойства микробов: понижается патогенность, теряется способность образования капсул,



Рис. 77. Явление бактериофагии, «стерильные» пятна.



Рис. 78.

А — группа бактериофагов в кишечной палочке: видны голова и хвостовой отросток фага; Б — молекулы ДНК, которые содержатся в головке; В — один фаг, головка которого взорвана и ДНК рассеяна по пленке (остались только мембрана и хвостовой отросток). При исследовании в электронном микроскопе все три препарата дают трехмерное изображение благодаря применению метода напыления (Е. де Робертис, В. Новицкий, Ф. Сазс).

некоторые микроорганизмы приобретают способность образовывать слизи. В некоторых клетках бактерий бактериофаг может размножаться, но не вызывать лизис. Эти бактерии носят название **лизогенных**, а бактериофаг, который содержится в бактерии в потенциальном состоянии, называют **профагом**. Фаг, выделяемый лизогенными бактериями, называют **умеренным фагом**.

Методы выделения и титрования фагов. Для получения бактериофагов обычно используют испражнения животных и людей, гной ран, загрязненные воды, молоко, которые предварительно фильтруют через мелкопористые фильтры. Для обнаружения бактериофага в фильтрате его вносят в соответствующие молодые культуры бактерий. При наличии фага в испытуемом материале бактерии растворяются, жидкость просветляется, а на поверхности плотных сред на месте нанесения фильтратов отсутствует рост, образуются «стерильные пятна» (плешинки). Для выделения чистой культуры бактерио-

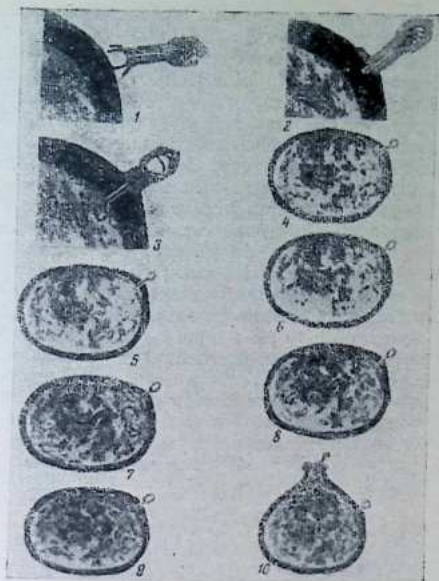


Рис. 79. Механизм взаимодействия фага с бактериальной клеткой:

1, 2 — адсорбция фага; 3 — проникновение ДНК фага; 4, 5, 6 — внутриклеточное размножение фага; 7, 8, 9 — созревание фага; 10 — лизис инфицированных бактерий.

фага с поверхности стерильных пятен агара стерильно берут соскоб и вносят его в небольшое количество молодой культуры предполагаемого вида микроба.

Приготовленный в лабораторных условиях бактериофаг представляет собой растворенную бульонную культуру соответствующего вида бактерий, профильтрованную через бактериальные фильтры. В таком фильтрате содержатся фаг и растворимые элементы тел бактерий, он соломенно-желтого цвета. Препарат расфасовывают во флаконы разной емкости или запаивают в ампулы.

Для определения активности бактериофага его титруют. Фильтрат, содержащий фаг, разводят в нисходящей пропорции от $1:10$ до $1:10^{-9}$. Титром бактериофага называется то его наибольшее разведение, которое способно вызвать растворение соответствующих бактерий. Титр обозначают цифрой 10 в соответствующей степени, взятой

с обратным знаком, например титр 10^{-6} указывает, что данный бактериофаг действует в разведении 1 : 1 000 000.

Специфичность бактериофагов. Бактериофагия — явление высокоспецифическое. Специфичность бактериофага сводится к избирательному действию на отдельные виды и даже типы микробов. Есть и поливалентные фаги, действующие на группу родственных видов микробов или на виды, далеко отстоящие друг от друга, но имеющие общую антигенную структуру. Отдельные штаммы фага можно приспособить (адаптировать) к разным бактериальным культурам, а также повысить активность бактериофага. Достигается это путем пассажа — переноса бактериофага на свежие культуры бактерий.

Распространение бактериофагов. Бактериофаги находятся повсюду, где есть микробы. Они встречаются в сточной и речной воде, в выделениях человека и животных, в почве. В настоящее время выделены фаги для многих патогенных видов бактерий.

Практическое применение фаги нашли в медицине и ветеринарии. Хорошее профилактическое действие оказывают они при паратифе, колибактериозе телят и поросят. Наличие фага в сточных водах рассматривается как фактор самоочищения воды; в то же время обнаружение бактериофага в воде может служить показателем загрязнения ее соответствующим фагу микробом.

* * *

Физические, химические и биологические факторы могут оказывать на микробы бактерицидное или бактериостатическое действие. **Бактерицидное действие** — это такое действие того или иного вещества на микробы, при котором они погибают. **Бактериостатическое действие** чаще всего отмечается, когда химические или биологические (например, антибиотики) вещества берут в больших разведениях; гибели микробов не наступает, только приостанавливается их рост. Физические и химические методы борьбы широко используются в практике для уничтожения микробов.

Антисептика — уничтожение микробов в ране химическими веществами. Лечение гнойных ран химическими веществами впервые было применено основоположником русской хирургии Н. И. Пироговым. Позже Листер широко ввел в практику антисептику, применяя растворы карболовой кислоты.

Асептика — предотвращение попадания микробов в живые ткани, например раны. Чтобы микробы не попали в рану, операционное поле, инструментарий, перевязочный материал, руки хирурга, его специальную одежду (халат, колпак, маски) тщательно стерилизуют.

Под стерилизацией (от латинского «стерилис» — бесплодный), или обеспложиванием, понимают полное уничтожение живых, как вегетативных, так и споровых, форм микроорганизмов. Стерилизацией широко пользуются в микробиологической практике для получения стерильной посуды и стерильных питательных сред,

в хирургической практике — для обеспложивания перевязочного материала и инструментов, в пищевой промышленности — для изготовления консервов.

Существует много способов стерилизации; каждый из них должен гарантировать полное уничтожение всей микрофлоры, не влияя вместе с тем на состав и качество стерилизуемых жидкостей, питательных сред, предметов.

Стерилизация кипячением производится в специальной посуде — стерилизаторе. Через 10—15 минут в кипящей воде обычно погибают все микроорганизмы, в том числе и большинство споровых. Но споры столбнячной палочки, ботулинуса не всегда погибают даже после трехчасового кипячения. Добавление к воде 1—2% соды ускоряет разрушение микробов, несколько повышает температуру кипения воды и способствует лучшему очищению стерилизуемых предметов (металлические инструменты и др.).

Стерилизация текучим паром проводится в аппарате Коха или в автоклаве (в этом случае выпускной кран не закрывают и крышку не завинчивают) при температуре 100°. Этим методом пользуются в лабораториях при изготовлении питательных сред, разрушающихся при высоких температурах (некоторые углеводные среды). Однократная стерилизация текучим паром даже в течение 45—60 минут не гарантирует полной стерилизации, так как некоторые споры не погибают при температуре 100°. Поэтому пользуются дробной стерилизацией (см. далее).

Стерилизация паром под давлением проводится в автоклаве. Этот метод наиболее надежен. В котле автоклава при подогревании создается большое давление. При повышении давления в автоклаве на 1 атм. температура пара будет 120°. При такой температуре все вегетативные и споровые формы микробов погибают за 15—20 минут. В автоклаве при температуре 115—120° стерилизуют пищевые продукты, например консервы, приготовленные из мяса, рыбы, овощей. После стерилизации консервы могут сохраняться неопределенно долгое время без изменения. В некоторых случаях стерилизуют молоко.

Пастеризацией уничтожаются только вегетативные формы микробов, споры же сохраняются. При этом методе пользуются температурами в 56—60° в течение 30 минут или температурой 70—90° в течение 5—10 минут. Широко применяют пастеризацию для обезвреживания от патогенных бесспоровых микробов (возбудителей бруцеллеза, кишечного-паратифозных инфекций, патогенных стрептококков) молока и других пищевых продуктов, которые при более высоких температурах теряют питательные и вкусовые качества (свертывание и частичное разрушение белков, карамелизация, разложение некоторых сахаров, разрушение витаминов и пр.).

Пастеризуя молоко, сливки, необходимо соблюдать определенные требования: равномерно прогревать все слои пастеризуемой жидкости и по окончании пастеризации быстро охлаждать до 10—11°, в противном случае оставшаяся в живых микрофлора начнет вновь размножаться.

Тиндализация — вид дробной стерилизации, которым пользуются для обеспложивания веществ, легко разрушающихся под действием высоких температур, — кровяной сыворотки, сред с яичным белком и желтком и др. В водяной бане или аппарате Коха материал прогревают 1 час при температуре 56—75°. При этом погибают вегетативные формы микробов, а споры остаются. Чтобы дать им прорасти в вегетативные клетки, раствор держат при комнатной температуре, а на следующий день вновь прогревают жидкость. Так повторяют несколько раз на протяжении 3—7 дней, после чего раствор считают стерильным.

Стерилизация сухим нагретым воздухом проводится в сушильном шкафу (печь Пастера) при температуре 150—160° в течение 1—1½ часов или при 180° в течение 10—15 минут. Этим методом обеспложивают стеклянную посуду, пипетки, вату и марлю в бумажных пакетах. Последние при температуре 170° обычно желтеют, а при более высокой температуре обугливаются. Поэтому высокой температурой можно пользоваться только для стерилизации стеклянных предметов без бумаги и ваты.

Дезинфекция, или обеззараживание. Основная цель дезинфекции — уничтожение болезнетворных микроорганизмов в помещениях или на пастбищах, где находились больные животные, на упряжи и предметах ухода за животными, на техническом животноводческом сырье. Для дезинфекции выбирают такое химическое вещество, которое в первую очередь действует на данный микроб — возбудитель болезни.

Различают *дезинфекцию профилактическую*, когда обеззараживают объект, предмет с целью предупреждения развития тех или иных заразных микробов. *Дезинфекция текущая и заключительная* проводится в хозяйствах, явно неблагополучных по заразным болезням, например в хозяйстве, где зарегистрирован бруцеллез, туберкулез. Воздействуя на микроорганизмы физико-химическими и биологическими средствами, можно регулировать состав микрофлоры и деятельность микробов или полностью их уничтожать.

Пищевые и кормовые продукты, содержащие органические вещества, в обычных условиях портятся и разлагаются под воздействием микроорганизмов и частично вследствие ферментативных процессов. Методы хранения быстропортящихся пищевых продуктов основаны на принципах биоэоза, абиоза, анабиоза и ценанабиоза.

Методы хранения, основанные на принципе **биоэоза** (от греческого «биос» — жизнь), направлены на поддержание жизненных процессов, происходящих в организмах, и на продление их естественной устойчивости. Заботятся также о том, чтобы приостановить жизнедеятельность микроорганизмов, находящихся на поверхности этих продуктов, и тем самым не допустить гнилостных процессов и минерализации органического вещества. Для этого в помещении поддерживают низкую температуру (не выше +4, +5°), чистоту и определенную влажность. Так хранят свежие плоды и овощи.

Методы хранения, основанные на принципе абиоза («абиоз» — уничтожение жизни), направлены на уничтожение микробов и их спор. Это достигается действием высоких температур (120° и выше) в автоклавах. Так обрабатывают различные консервы (мясные, овощные, рыбные). На принципе абиоза основано также применение антисептиков, химических ядовитых веществ, которые убивают бактерии и безвредны для организма человека и животных (например, борная, салициловая, муравьиная кислоты), а также копчение мяса и рыбы.

На принципе анабиоза (от греческого «анабиозис» — приостановка жизни) основаны хранение различных продуктов на холоде, солка, сушка, консервирование в крепких растворах соли, сахара. Понижение температуры, например, тормозит жизнедеятельность микробов, а затем приостанавливает ее.

На принципе ценианабиоза основано консервирование плодов, овощей путем квашения (приготовление силоса, квашение капусты). При этом консервирующим началом служит молочная кислота, накапливающаяся в результате молочнокислого брожения.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МИКРОБОВ

Генетика бактерий. Генетика — наука о наследственности и изменчивости организмов. Установлено, что первичная информация наследственных свойств и признаков высших организмов находится в хромосомах, заключенных в ядрах клеток всех организмов. Основной единицей наследственности (и изменчивости) признан определенный отрезок хромосомы, получивший название ген. По последним данным ген, в свою очередь, состоит из более мелких элементарных частиц. Ядерная структура бактерий, состоящая в основном из ДНК, условно названа «хромосомой». Предполагают, что в этой «хромосоме» содержится вся ДНК бактериальной клетки (или частицы фага) и эта ДНК находится в виде одной двойной спирали. Основной структурной единицей ДНК является нуклеотид. Он состоит из фосфорной кислоты, одной молекулы сахара (дезоксирибозы) и одного азотистого основания (пуринового или пиримидинового). Фаг X_{174} содержит 6000 нуклеотидов, бактерия — 5 000 000 (в человеческой клетке находится 500 000 молекул ДНК, а в каждой молекуле — 40 000 нуклеотидов). ДНК ответственна за 10 000 разных химических реакций, протекающих ежеминутно в клетке. В ДНК закодированы все наследуемые свойства: морфология, структура ферментов, специфика обмена и другие; всего 2000 признаков бактерий.

Имеются доказательства, что расположение кода наследуемых признаков в хромосоме линейное (рис. 80), последовательное от одного конца к другому, в определенном порядке, соответствующем очередности биохимических реакций, которые они контролируют. Всего у бактерий на хромосоме размещено 2000 функциональных единиц (изучено всего 100 признаков). Основной функциональной единицей хромосомы служит отрезок ее, кодирующий структуру одного

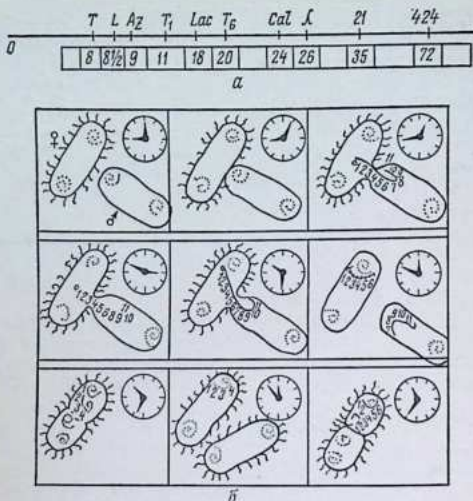


Рис. 80. Генетическая карта и схема передачи генетического материала:

а — генетическая карта «хромосомы» кишечной палочки. Цифры внизу обозначают время (в мин.) передачи при конъюгации генетических маркеров, обозначенных на хромосоме. 0 — время смешивания исходных клеток: T (треонин); L (лейцин); Az (азид); T₁ (чувствительность к фагу); Lac (лактоза); Gal (галактоза); б — схема конъюгации бактерии (со жгутиками) с бактерией (без жгутиков). Часы показывают время от начала приготовления смеси культур, буквы — последовательность расположения отдельных генетических детерминант вдоль «хромосом» донора (по Жакобу и Вольману).

определенного фермента — **цистрон** (или **локус***), содержащего несколько сотен нуклеотидов. Каждый цистрон включает в себя мельчайшие участки — **мутон**ы, изменение которых приводит к мутации (протяженность мутонa выражена одной парой нуклеотидов).

В молекуле ДНК, как уже указывалось, записана генетическая информация, но она не приводит непосредственно к синтезу белков. Функцию переноса информации и синтеза белка осуществляют молекулы РНК. На отдельных сегментах-генах ДНК синтезируются рибонуклеиновые кислоты, получившие название информационных РНК или РНК-посредников. РНК-посредник — точный слепок (матрица, м-РНК) определенного участка ДНК, который несет информацию о том, в каком порядке должны соединяться аминокислоты, образующие белок. Поступая из ядра в протоплазму и-РНК фиксируется на рибосомах, где происходит синтез белка (рис. 81). Аминокислоты, находящиеся в цитоплазме клетки, доставляются на рибосомы так называемые

* Лocus (от лат. locus — место) применяется для обозначения места, занимаемого геном на хромосоме. Термины ген и locus хотя и зачастую употребляются как синонимы, но смысл их не вполне одинаков.

мой транспортной РНК (РНК-переносчик, синтезируется за 20—30 секунд и распадается через 5—10 минут). т-РНК имеет 20 разновидностей соответственно 20 разным аминокислотам. Здесь на матрице РНК-посредника аминокислоты распределяются в заданном порядке, образуя полипептидные цепи, из которых и формируется белок. Рибосома, продвигаясь вдоль по цепи до другого конца, достигнув дальнего конца, соскальзывает с цепи и в этот момент в протоплазму поступает синтезированная молекула белка. Так возникает цепочка: ДНК-и-РНК — белок.

Как ДНК может «предусмотреть», какие белки, какие ферменты нужны клетке в данный момент и даже в каком количестве? В настоящее время ученым удалось вскрыть и этот секрет (Ф. Жакоб и Ж. Моно, Франция). Оказывается, ДНК обладает еще одной функцией синтезировать особые вещества, получившие названия репрессор — (лат. *repressio* — подавление), — это белок (молекулярный вес 150 000); он, как и все белки, чувствителен к высокой температуре, теряет свою активность при нагревании до 50°.

Репрессор наделен двумя свойствами: 1) чутко реагировать на изменения окружающей среды и 2) регулировать активность ДНК на стадии ДНК-и-РНК. Репрессоры определяют, каким генам или структурным цистронам нужно действовать, а каким нет, в зависимости от условий среды. Нить ДНК можно уподобить гирлянде лампочек (цистронов). Часть из которых включены — «горят», а часть погашены репрессорами.

В клетке обнаружено большое количество репрессоров, но, как правило, их несколько меньше, чем структурных цистронов или соответствующих им белков. Поэтому один репрессор вынужден управлять одновременно несколькими структурными цистронами, которые несут ответственность за синтез родственных между собой белков. Участок структурных цистронов, управляемый репрессором, получил название *о п е р о н*. Выключить работу оперона в состоянии только свободный, не связанный с субстратом репрессор. Если репрессор будет связан с соответствующим веществом, который подвергается химическим изменениям ферментами, синтезируемые с участием опе-

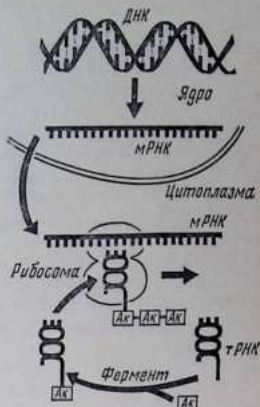


Рис. 81. Схема механизма белкового синтеза:

АК — аминокислота; т-РНК — транспортная РНК, м-РНК — информационная РНК. Рибосомы движутся вдоль цепи информационных РНК, и по мере их движения молекулы т-РНК, несущие каждая свою аминокислоту, по очереди прикрепляются к тем участкам м-РНК, которые в данный момент соединены с рибосомой. Когда молекула т-РНК отделяется, уступая место следующей, ее аминокислота остается на месте и образует часть растущей полипептидной цепи.

рона, то такой репрессор уже не может принять участия в выключении оперона.

Чтобы это наглядно себе представить, разберем конкретный случай: в среде, где размножается клетка, отсутствует сахар, галактоза; репрессор (имеющий родство с ДНК), находясь в протоплазме клетки, не встретив этого сахара, беспрепятственно соединяется с участком (опероном) ДНК, который вырабатывает фермент галактозидазу и выключает тем самым синтез ненужного в данный момент клетке фермента. Но вот обстановка меняется, в среде появилось большое количество галактозы, весьма нужной для жизнедеятельности клетки. Теперь ей крайне необходим фермент галактозидаза. Раствор сахара действует на репрессор, вынуждает его вступить в соединение, что приводит к образованию комплекса репрессор-галактоза. Этот комплекс уже не в состоянии выключить оперон ДНК. Оперон начинает усиленно действовать, в клетке появляется необходимый фермент, в данном конкретном случае галактозидаза, разлагающая галактозу.

Возникает таким образом авторегулируемая цепочка обратных связей вещество-репрессор-ДНК-фермент. Такие обратные связи и обуславливают необходимые концентрации нужных ферментов в клетке, тонко реагируют на любые изменения во внешней среде и помогают клетке приспособиться к существованию в новых условиях обитания. Совсем недавно выделен из клетки еще один репрессор и назван лямбда-фаг; он пока еще очень мало изучен по сравнению с лак-репрессором, которому выше дано краткое описание. Эти два репрессора (лак-репрессор и лямбда) выделены в 1967—1968 гг. из кишечной бактерии.

Научные достижения, сделанные за последние годы, открывают большие перспективы. Не за горами, по-видимому, то время, когда с помощью репрессоров и эффектов репрессии представится возможность целенаправленно, сознательно управлять активностью ДНК — штаба клетки. Перед наукой задача — научиться безболезненно снимать репрессоры с тех генов (цистронов), которые заведуют биосинтезом нужных ферментов. Особенно в тех случаях, когда клетка попадает в новые условия среды. Появится возможность вынудить клетку в изобилии вырабатывать нужные белки и не допускать синтеза ненужных, вредных.

Генотип бактерий. Согласно основам генетики, у микробов, как и у высших организмов, из поколения в поколение передаются признаки, осуществляемые набором генов, которые определяют весь комплекс наследственных признаков (см. выше) данного организма.

Фенотип бактерий — комплекс признаков, которые проявляются у них в конкретных условиях существования и не наследуются. Фенотип представляет собой результат взаимодействия генотипа и среды. Изменчивость, возникшая у микробов под действием факторов внешней среды, в искусственных условиях нередко сохраняется лишь только в период их действия. При возвращении микроорганизма в естественные условия жизни восстанавливаются и его прежние свойства, присущие данному виду микроба.

Фенотипические различия между организмами, одинаковыми по генотипу, принято называть модификацией. Примером модификации может служить бацилла сибирской язвы. Выращиваемая при температуре 42,5°, сибиреязвенная палочка прекращает спорообразование. С понижением температуры до оптимальной (35—37°) восстанавливается способность образовывать споры. В данном случае наступившие изменения не влияли на генетическую наследственность, а произошло только возникновение различных фенотипов. Причины того, что приобретенные признаки и свойства часто не наследуются, пока еще не выяснены.

Существует несколько методов изучения генетики бактерий или способов смешивания (рекомбинаций) генетического материала от двух клеток и получения измененного потомства, унаследовавшего частично качество обеих родительских клеток: трансформация, трансдукция, конъюгация.

Трансформация — это превращение одной разновидности бактерий в другую в результате проникновения дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Штамм, из которого получена ДНК, является донором, а штамм, которому препарат ДНК передает признаки донора, — реципиентом. Проникновение трансформирующего агента (ДНК) в чувствительные клетки изображено на рисунке 82. Под влиянием, например, ДНК удается превратить одни виды пневмококков в другие со значительным изменением их свойств. Аналогичные превращения под влиянием ДНК отмечены и у других микробов. Например, микобактерии, образующие белые колонии, изменили свои свойства под влиянием ДНК, выделенной из сапрофитных микобактерий, дающих желтые колонии, и стали образовывать колонии желтого цвета. Есть данные, что феномен трансформации удается только в том случае, если в среде содержатся белки.

Различают две стадии трансформации: а) адсорбция ДНК и б) внедрение ее в клетку. Механизм включения частицы ДНК донорской клетки в клетку реципиента не изучен.

Трансдукция — это перенос частиц генетического вещества из одной бактериальной клетки в другую бактериофагами. С помощью фага, то есть его ДНК, можно передать качества одной микробной клетки другой: понизить или усилить патогенность микроба, исключить способность образования капсул, устойчивость к антибиотикам и т. д. Фрагменты ДНК прикрепляются к фагу чаще всего без всякой специфичности. С проникновением фага происходит и перенос частиц ДНК в микробную клетку. Вероятность переноса этим способом — величина небольшая и составляет 10^{-4} на одну фаговую частицу (С. Е. Бреслер).

Другой способ переноса осуществляется так называемыми умеренными фагами (например, фаг λ). Они образуются иногда с генетическим дефектом — пропуском, или делецией, то есть на хромосоме отсутствует какой-то участок, контролирующий тот или иной признак клетки. В этом участке хромосомы может специфически закрепиться генетический маркер из хромосомы бактерии, а затем перенестись вместе

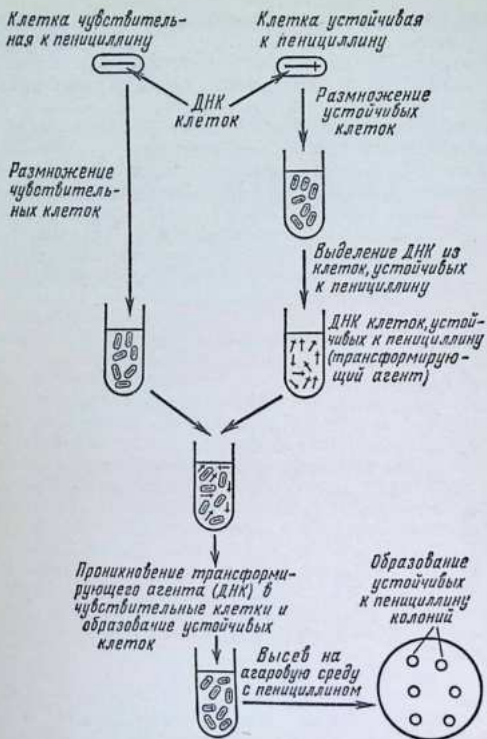


Рис. 82. Схема трансформации ДНК.

с хромосомой этого фага в другую клетку бактерии (например, дефектный фаг λ переносит локус Gal — способность сбраживать галактозу). Каждый умеренный фаг переносит лишь определенный маркер. Для трансдукции отбирают культуру бактерии (в качестве донора) и заражают ее фагом в условиях, способствующих размножению фага и лизису клеток. Освободившиеся фаговые частицы отделяют от уцелевших клеток и используют для заражения другого штамма (реципиента), но в условиях, обеспечивающих выживание бактерий.

Получены интересные данные: если бактериофаг недостаточно активен (умеренные бактериофаги), то отдельные микробные клетки вы-

живают и приобретают иммунитет (устойчивость) к данному бактериофагу. Это вновь приобретенное качество передается новому поколению. Открывается перспектива использования своеобразной иммунизации микробов для получения устойчивых штаммов к бактериофагу, которые могут быть использованы, например, в изготовлении кисломолочных продуктов, в ацетонобутиловом производстве.

Конъюгация — это одна из форм переноса генетического материала (отдельных участков ДНК) из одной клетки в другую (во многих отношениях конъюгация сходна с процессами трансформации и трансдукции). При конъюгации между двумя бактериальными клетками образуется цитоплазматический мостик (рис. 83), через который генетический материал переходит из одной клетки в другую. При скрещивании двух бактерий одна является донором, а другая — реципиентом. Происходит односторонний перенос генетического материала, в результате чего образуется диплоидная зигота.

Предполагают, что хромосома у бактерий, например у *Escherichia coli*, замкнута в виде кольца. При конъюгации она разрывается, раскручивается и начальным концом (на рис. 80 обозначен буквой 0) входит в женскую клетку. Чем длиннее локус, тем больше времени затрачивается на его переход из мужской клетки в женскую. Установлено, что для перехода треонина (Т) в зиготу требуется 8 минут, а число ее рекомбинатов через час достигает 20%. Локус, в котором заложен признак Gal⁺, переходит за 25 минут (число рекомбинатов за это время достигает 4%). От первоначальной точки, обозначенной 0, до Gal⁺, проходит 25 минут (рис. 80), что соответствует $\frac{1}{4}$ длины всей хромосомы, а для передачи всех признаков требуется около 100 минут. При конъюгации хромосома чаще всего разрывается, и процесс завершается образованием частичной зиготы — м е р о з и г о т ы.

Если за единицу расстояния на хромосоме принять одну минуту времени вхождения хромосомы (ДНК) из одной клетки в другую, то, пользуясь для этого генетическими маркёрами*, можно провести генетический анализ клетки, то есть ее признаков. Под генетическими маркёрами принято подразумевать способность клетки к синтезу треонина, лейцина и др., а также сбраживать сахара и спирты, обеспечивать устойчивость к антибиотикам и т. д. Маркёры обозначаются символами: Т — треонин, L — лейцин, Sm^r — резистентность к стрептомицину и т. д. Знания этих явлений позволяют составить генетиче-

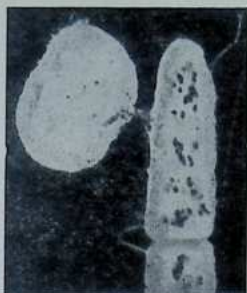


Рис. 83. Электронномикроскопическое изображение двух конъюгирующих клеток кишечной палочки.

* *Margher* (греч. *margher*) — отмечать.

скую линейную карту некоторых изученных признаков бактерий (см. рис. 80).

Клетки донора принято называть мужскими клетками (F^+), обладающими фактором плодovitости (англ. fertility — фертильность), а клетки реципиента — женскими (F^-), не обладающими этим фактором. При скрещивании штаммов $F^+ \times F^-$ происходит передача фактора плодovitости из клетки F^+ в клетку F^- . В результате этого последние превращаются в вариант F^+ ; следовательно, происходит передача признаков из одной клетки (донора) в другую. К такому же результату приводит скрещивание и $F^+ \times F^+$, а при скрещивании $F^- \times F^-$ признаки не передаются.

Некоторые исследователи утверждают, что наряду с ДНК хромосомы свойством передачи наследственных признаков могут обладать так называемые эписомы, которые в биохимическом отношении относятся к ДНК, но находятся автономно в цитоплазме, а не в ядре клетки.

В настоящее время бесспорно доказано, что материальную основу наследственности, или генетическую систему, у бактерий составляют ДНК и эписомы.

Историческая справка об изменчивости микробов. Из истории развития науки о микробах известно, что в середине XIX века возник спор по вопросу о существовании и устойчивости у бактерий естественно-исторических видов. Существовало два противоположных взгляда — мономорфистов и плеоморфистов (полиморфистов). Представителями мономорфистов были ботаник Кон и микробиолог Кох. Они утверждали, что каждому виду бактерий присущи совершенно определенные морфологические и физиологические признаки. По их мнению, виды бактерий постоянны и устойчивы. Если и происходит изменение формы бактерий, то оно временно и не передается по наследству. Плеоморфисты во главе с ботаником Негели (1877), выступив против учения мономорфистов, признавали быструю, неограниченную изменчивость микроорганизмов в зависимости от условий существования. Они утверждали, что существует несколько видов микробов, а возможно, только один вид, переходящий в кокковую, палочковидную и извитую форму и обратно. Один и тот же вид микроба, по их мнению, может в зависимости от условий вызвать любое брожение, гнилостный процесс и даже любую болезнь. Крайние плеоморфисты (Галлир и др.) отрицали возможность существования видов, они считали, что одна форма превращается в какие угодно другие формы.

В своих крайних выводах мономорфисты и плеоморфисты были неправы. Взгляд мономорфистов метафизичен. Развитие рассматривалось ими обычно как количественный рост и простое повторение старого. Идеалистичность этой теории заключается в том, что она допускала возможность сотворения мира, а следовательно, и отдельных неизменных видов. Совершенно неправильно и утверждение плеоморфистов об отсутствии у микробов качественной видовой принадлежности. По морфологическим, биологическим и другим признакам можно отличить один вид микроба от другого. Каждый вид в определенных условиях имеет свои обособленные качественные отличия.

В. Д. Тимаков (1956), исходя из литературных данных и собственных наблюдений, дает следующее определение понятия вида в применении к патогенным микроорганизмам: вид — это совокупность микроорганизмов, филогенетически родственных между собой, сходных по морфологическим и биологическим свойствам, обладающих наследственно закрепленной способностью вызывать в среде естественного обитания качественно определенные специфические процессы. Это определение учитывает наиболее важные биологические особенности, характеризующие бактериальный вид.

Спор об изменчивости микробов не прошел бесследно для микробиологической науки. Шла интенсивная исследовательская работа. Было открыто много возбудителей различных болезней человека, животных, растений, разработаны способы раз-

лчать один вид микроба от другого, получать их в чистой культуре, предложены специфические методы борьбы с заразными болезнями (вакцины).

Учение Ч. Дарвина, в дальнейшем творчески развитое и другими исследователями, дает правильное, материалистическое понимание эволюции жизни на земле. Весь мир живых организмов находится в состоянии непрерывного развития. Благодаря процессам изменчивости и естественного отбора происходит становление новых форм на смену старым. Микроорганизмы, так же как и другие организмы, претерпевают непрерывный процесс эволюции, в основе которого лежат изменчивость и наследственность.

В естественных условиях микробы находятся под действием многих факторов: температуры, влажности, радиации. Кроме того, существуют микробный антагонизм, бактериофагия и др. Изменчивость микроорганизмов под влиянием условий внешней среды была классически доказана Пастером и Ценковским. Выращивая микробы сибирской язвы при повышенной температуре (42,5°) и доступе кислорода воздуха, получили культуры микроорганизмов с измененными биологическими свойствами. Вирулентность возбудителей сибирской язвы была ослаблена. Они приобрели ценные свойства, которые закрепились и передаются по наследству при выращивании их в условиях нормальной температуры (37°). Изменяя искусственно условия внешней среды, можно выделить расы микробов. Например, при выращивании с постепенным увеличением концентрации спирта в среде получены расы дрожжей, устойчивые к более высоким концентрациям этого вещества. Выход спирта от применения этих рас увеличился на несколько процентов.

Формы изменчивости и методы, применяемые для получения новых видов микробов. Г и б р и д и з а ц и я (скрещивание) возможна только у микробов, имеющих половой процесс. Получен новый гибрид путем скрещивания пекарских дрожжей с *Saccharomyces validus*. Он обладает лучшими свойствами по сравнению со стандартными пекарскими дрожжами. Получены гибриды, которые синтезируют в больших количествах биотин, пантотеновую кислоту и другие витамины группы В. Отсутствие полового процесса у многих микроорганизмов, ценных в практическом отношении, позволяет проводить исследования, применяя вегетативную гибридизацию. При этом происходит слияние только плазмы клеток. Например, у плесневых грибов в результате слияния конидий или появления анастомозов (соединений) между гифами наблюдается образование новых вариантов (разновидностей).

Нельзя отрицать наличия гибридизации у микробов и в природных условиях. Сожительство разных видов микробов, взаимообмен между ними продуктами жизнедеятельности имеет широкое распространение в почве, воде и организмах. Производя ряд превращений веществ в природе, а также в организме человека и животных, они сами могут изменять свои свойства.

Д и с с о ц и а ц и я. При выращивании бактерий в лабораторных условиях наблюдается процесс изменчивости, получивший название диссоциации (расщепления). При этом процессе на плотных питательных средах наряду с типичными колониями появляются новые, измененные колонии бактерий. Первые колонии — обычно гладкие, влажные, четко округлые — принято обозначать буквой S (от английского smooth — гладкий), вторые — шероховатые, с неровными краями — буквой R (от английского rough — шероховатый) (рис. 84). Культуры, полученные из этих колоний, отличаются рядом признаков: S — форма

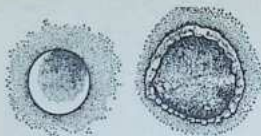


Рис. 84. Гладкий и шероховатый типы колоний тифозной бактерии.

бактериофаг или соответствующие иммунные сыворотки. Форма R, наоборот, редко переходит в форму S. На бульоне форма R дает рост в виде хлопьевидной взвеси, красится нетипично, часто неподвижна.

Необходимо отметить, что характеристика S-колоний относится не ко всем видам микроорганизмов. Например, для бактерий туберкулеза, бацилл сибирской язвы, для картофельной, сенной палочек и некоторых других бактерий нормальным является рост в указанных питательных средах в виде хлопьевидного осадка или морщинистой пленки, а среда остается прозрачной.

Адаптация — это приспособление микроорганизмов к новым условиям жизни. В настоящее время этому явлению дается совершенно иное толкование. Опытами установлено (Нейссер и Массини, Лурия и Дельбрук и др.), что в культуре микробов, которые предназначены для адаптации, например, к действию антибиотика, уже находятся отдельные клетки-мутанты, то есть измененные особи микробов, возникшие спонтанно, и именно они в искусственно создаваемых условиях начинают быстро размножаться, а остальные клетки этой популяции замедляют свой рост или совсем не развиваются. Путем дальнейших пересевов на средах с более высокой концентрацией антибиотика получают расу микроба, устойчивую к данному антибиотику. Таким образом, в популяции происходит два процесса — мутация и селекция. Экспериментатор может ускорить этот процесс и получить нужную расу микроба.

Мутация — это возникшее внезапное изменение в свойствах или признаках организма, передающееся потомству.

Ряд авторов предлагают бактериальные мутанты делить на две категории: 1) спонтанные, то есть возникшие под влиянием каких-то внешних факторов, без вмешательства экспериментатора, и 2) индуцированные, возникшие в результате обработки бактериальной популяции так называемыми мутагенными агентами, к которым относятся различные виды радиации (рентгеновские, ультрафиолетовые лучи), ряд химических веществ (иприт, азотистая кислота, хлористый марганец и др.), а также температура. Данные, полученные за последнее время, позволяют целенаправленно, по намеченному плану, изменять последовательность аминокислот в молекулах белка, например при воздействии на клетки бактерий азотистой кислотой может произойти замена пары азотистых оснований аденин-тимина парой цито-

зин-гуанина. Это превращение ведет к появлению мутаций. Изменяются признаки, свойства микроба.

До настоящего времени наука пока не располагает достоверно точными данными, какие именно изменения в структуре гена приводят к возникновению желаемого качества. При облучении или химическом воздействии можно получить организмы с разнообразными как хозяйственно ценными, так и нежелательными мутациями. В дальнейшем приходится проводить отбор форм с ценными признаками. Это самая трудоемкая работа.

Стало известно, что влияние радиации обусловило эволюцию популяций микробов на радиоустойчивость. Например, в воде атомного реактора (в Лос-Анжелосе) появились бактерии, способные жить и размножаться в среде, которая за 8 часов получает большое количество (10 млн. р.) радиоактивных веществ. Имеются данные, указывающие на то, что некоторые индуцирующие факторы не действуют непосредственно на молекулу ДНК, а косвенно вызывают ее превращение вследствие метаболических изменений, происходящих в протоплазме. Например, облучение кишечной палочки малыми дозами ультрафиолетовых лучей приводит к косвенным изменениям ДНК вследствие торможения ферментативных синтетических процессов. Хлористый марганец, как мутагенный фактор, не влияет непосредственно на молекулу ДНК, а оказывает действие на обменные процессы, что и приводит к изменению клетки. Таким образом, изменение наследственных признаков может быть индуцировано внешними (условия среды), а также внутренними факторами (обменными).

За последние годы успешно развивается так называемая радиационная и химическая селекция микробов. Метод облучения стал применяться для получения мутантов, производящих антибиотики *. Например, природный штамм плесневого гриба, продуцирующий пенициллин, давал очень небольшие выходы антибиотика. Путем облучения были получены мутанты, которые продуцируют в тысячу раз больше пенициллина, чем исходные плесневые грибы. Быстрая изменчивость микроорганизмов под влиянием облучения дает возможность получить этим методом новые расы микробов — продуцентов ферментов, витаминов, ценных пищевых аминокислот, ростовых веществ.

В настоящее время нет еще методов, которые бы позволили быстро обнаружить и отобрать необходимые варианты после облучения. Первоначальный отбор мутантов проводят по морфологическим измененным признакам, а затем определяют физиологические свойства, для чего исследователю требуется проверить много сотен или даже тысяч культур, выросших после облучения, чтобы отобрать нужную для производства культуру. Это обстоятельство затрудняет быстрое получение культур для использования в производстве. Если удастся

* Изменение микробной клетки под действием ультрафиолетовых лучей зависит от длины волны. Наибольшее количество мутантов отмечается при длине волны 2650 Å (Р. Каплан и др.).

получить высокопродуктивный штамм, то он затем во сто крат оправдывает себя в производстве. Например, только для производства ныне вырабатываемого количества пенициллина понадобилось бы в 100 раз больше заводов, если использовать для этой цели дикие культуры гриба пенициллиум. Колоссальный скачок произошел в развитии промышленности незаменимых аминокислот: лизина и глутаминовой кислоты. Только в одной Японии в 1963 г. микробиологическим методом было выработано 48 000 т кристаллической глутаминовой кислоты. Осуществить такую возможность помогли штаммы культур микробов, которые в 300 раз превышают продуктивность своих предков.

Пока еще нет единой методики, при помощи которой было бы возможно изменять природу микроба, его наследственность. Для этого приходится прибегать к самым разнообразным способам. В этом вопросе большую роль должна сыграть наука о генетике микробов, изучающая наследственность и изменчивость на молекулярном уровне. Действительно, чтобы научиться управлять жизнью клетки, нужно знать, какие физические, химические изменения происходят в микробной клетке воздействием тех или иных факторов (мутagensов).

О механизмах диссоциации, адаптации, мутации и других формах изменчивости микробов можно сделать заключение, что все они безусловно связаны с генетической системой микробной клетки. Ряд авторов утверждает, что все формы изменчивости имеют мутационное происхождение. В этом направлении ведутся большие экспериментальные работы.

ИНФЕКЦИЯ И ИММУНИТЕТ

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ ОБ ИНФЕКЦИИ

Сапрофиты и паразиты. Микроорганизмы по их взаимоотношениям с окружающей средой принято делить на две большие группы — сапрофиты и паразиты.

Сапрофиты обычно размножаются на мертвых субстратах и не способны вызывать заразные болезни. Их много в почве, воде, воздухе, а также в организме человека и животных. Находясь в живых организмах, микробы вступают с ними в сожительство. В природе можно наблюдать разные формы сожительства между макро- и микроорганизмами. Некоторые микробы, находясь в организме животного, питаются его отбросами и тем самым приносят ему пользу. Молочнокислые бактерии, например, задерживают в кишечнике развитие гнилостных бактерий; целлюлозоразлагающие микробы своими ферментами разлагают клетчатку и делают ее усвояемой для организма животного.

Некоторые виды микробов, находясь в организме, не причиняют ему вреда. Такой вид сожительства называется **комменсализм**. Примером комменсализма может служить обитание многих сапрофитов в кишечнике (кишечные палочки), на поверхности кожи (кокковые формы). Надо, однако, иметь в виду, что, если под влиянием неблагоприятных факторов (плохие кормление, уход, содержание) устойчивость организма ослабевает, эта группа микробов вызывает тяжелые заболевания и даже гибель животного. Так, кишечная палочка может вызывать у телят, поросят смертельно протекающее заболевание — колибактериоз («белый понос»), а стафилококки и стрептококки при нарушении целостности кожи и других тканей — гнойно-воспалительные процессы.

Паразиты. Ферментативная деятельность их приспособлена к паразитическим условиям существования. Попадая в организм, они используют для своего питания его ткани и соки. К паразитам относят патогенные (болезнетворные) микробы. Они не только питаются за счет своего хозяина (растения, животного), но и выделяют вредные для него продукты, вызывая тем самым инфекционные заболевания.

Инфекция — сложный биологический процесс, возникающий в результате взаимодействия патогенных микробов с восприимчивым организмом и развивающийся в зависимости от конкретных условий внешней среды.

Когда в организм проникает патогенный микроб, он нарушает постоянство его внутренней среды. При этом в организме происходят сложные биологические процессы. Стремясь восстановить относительное постоянство своей среды, организм пытается уничтожить инфек-

ционное начало всеми своими механизмами, предназначенными для защиты и регулируемые центральной нервной системой. Если нарушение относительного постоянства внутренней среды переходит границы, за пределами которых центральная нервная система уже не может регулировать это постоянство, наступает заболевание со всеми его клиническими проявлениями (повышение температуры, потеря аппетита и т. п.).

Решаю-
принадле
условия
ционной
лезнями
степени
гав

направлении и исходе инфекционного процесса
анизму. Изучение организма в единстве с
зможность правильно понять сущность инфек-
и эффективную борьбу с инфекционными бо-
инфекции зависит от нескольких факторов:
рулентности) микроба, состояния макроор-
среды.

пр-
фекцион-

Патогенность и токсичность микроорганизмов.
способность определенного вида микроба
ниях вызывать характерное для него ин-

Следовательно, патогенность есть видовой
признак. В и р у л е н т н о с т ь — это степень патогенности опре-
деленного штамма микроба, то есть индивидуальный признак. Напри-
мер, бактерия сибирской язвы является патогенной, так как обладает
свойством вызывать заболевание сибирской язвой. Но штамм одной
культуры вызывает заболевание и смерть животного через 96 часов,
а другой — через 6—7 дней. Следовательно, вирулентность первого
штамма более высокая, чем второго. Мерой вирулентности служит
наименьшее количество живых микробов, способных вызвать забо-
левание и гибель восприимчивого животного (учитывается порода,
вес животного). Это количество микробов принято называть мини-
мальной смертельной дозой (DLM — Dosis letalis minima).

Ввиду того, что у лабораторных животных существует индивиду-
альная чувствительность к патогенному микробу или его токсину, в
последнее время принято вместо минимальной смертельной дозы уста-
навливать среднюю летальную дозу, которая вызывает гибель до
50% подопытных животных (LD_{50}). Вирулентность микроба может
быть повышена путем его пассажей через чувствительный организм
лабораторных животных, то есть последовательным заражением ряда
животных (после гибели первого зараженного животного выделенными
из него микробами заражают следующее животное и т. д.). В естес-
венных условиях вирулентность бактерий повышается путем пассажа
через восприимчивый организм, поэтому зараженное животное нужно
немедленно удалить из общего стада.

Снизить вирулентность микроба в лабораторных условиях можно
путем пересевов и выращивания на питательных средах при повышен-
ной температуре или при добавлении в среду некоторых химических
веществ (бычья желчь, слабый раствор карболовой кислоты и пр.).
Основываясь на этом принципе, готовят ослабленные живые вакцины,
которые затем применяют против заразных болезней. Вирулентность
микроба может понижаться и в естественных условиях под действием

солнечных лучей, высушивания и пр. Таким образом, вирулентность, как мера патогенности, — величина переменная. Она может быть повышена, понижена и даже утеряна.

Патогенность, как особое качество болезнетворного вида микроба, проявляется в агрессивных его свойствах и в токсическом действии на организм. А г р е с с и в н о с т ь — это способность патогенного микроба жить, размножаться и распространяться в организме, противостоять неблагоприятным влияниям, оказываемым организмом. Некоторые патогенные микробы, размножаясь в организме или на питательной среде в пробирке, вырабатывают растворимые продукты, получившие название а г р е с с и н ы. Назначение агрессивнов — подавлять действие фагоцитов. Сами агрессивны безвредны для организма, но, если их прибавить к несмертельной дозе культуры соответствующего микроба, они вызывают смертельно протекающую инфекцию. Т о к с и ч н о с т ь — способность патогенного микроба вырабатывать и выделять ядовитые вещества, вредно действующие на организм. Токсины бывают двух видов — экзотоксины и эндотоксины.

Экзотоксины выделяются в окружающую среду при жизни микробов в организме или на искусственных питательных средах. Они сильно ядовиты. Например, 0,005 мл жидкого столбнячного токсина или 0,0000001 мл ботулинического токсина убивают морскую свинку. Человек погибает от 0,00025 г столбнячного токсина, что в 20 раз меньше смертельной дозы яда кобры и в 150 раз меньше смертельной дозы стрихнина. Микробы, способные образовывать токсины, получили название токсигенных. Ядовитое действие многих бактериальных экзотоксинов связано с ферментами — л е ц и т и н а з о й (разрушает эритроциты), к о л л а г е н а з о й, г и а л у р о н и д а з о й (расщепляет гиалуроновую кислоту) и рядом других, которые производят в организме разрушение жизненно важных соединений, что способствует развитию инфекционного процесса. Установлено также, что некоторые патогенные бактерии (дифтерийные стафилококки и стрептококки) продуцируют фермент д е з о к с и р и б о н у к л е а з у. Под влиянием нагревания и света экзотоксины легко разрушаются, а под действием некоторых химических веществ теряют токсичность.

Эндотоксины прочно связаны с телом микробной клетки и освобождаются только после ее гибели и разрушения. Они весьма устойчивы против высоких температур и не разрушаются даже после нескольких часов кипячения. В зараженном организме микробы при распаде выделяют большое количество токсинов, что может ускорить смерть человека и животного. В процессе жизнедеятельности патогенные микробы выделяют и другие вещества, обуславливающие их вирулентность. Каждый вид патогенных микробов не обязательно должен обладать всей суммой указанных факторов вирулентности; достаточно бывает двух для того, чтобы вызвать заболевание и даже смерть больного.

Пути внедрения патогенных микробов в организм. Место проникновения патогенных микробов в организм называется в х о д н ы м и в о р о т а м и и н ф е к ц и и.

В естественных условиях заражение происходит через пищеварительный тракт (алиментарный путь), когда животные поедают зараженный корм или пьют загрязненную воду. Если при этом повреждается целостность слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, создаются наиболее благоприятные условия для проникновения микробов в ткани организма. Болезнетворное начало может проникать через поврежденные, а при некоторых инфекционных болезнях (бруцеллез) и неповрежденные слизистые оболочки рта, носа, глаз, мочеполовых путей и кожу. При инфекционном вагините (заразное воспаление влагалища), случайной болезни и некоторых других воротами инфекции могут быть половые пути. Заразное начало передается во время случки от больных животных.

Пути распространения патогенных микробов в организме. Проникнув в организм, патогенные микробы могут распространяться в нем разными путями: по кровеносной системе (гематогенный путь), когда микробы прямо с места внедрения попадают в кровь; по лимфатической системе (лимфогенный путь), проникая при этом в лимфатические щели, затем в лимфатические сосуды, а оттуда — в другие ткани и органы; по нервной ткани (неврогенный путь — при бешенстве); по продолжению однородной ткани, например при заражении дыхательных путей — по слизистым оболочкам гортани и бронхов в глубине легких; путем соприкосновения, когда микроб распространяется с больной ткани или органа на близлежащую здоровую ткань или орган.

Судьба патогенных микробов, попавших в организм, может быть различной, в зависимости от состояния организма и вирулентности возбудителя. Некоторые микробы, попав с током крови в определенные органы, оседают (задерживаются) в их тканях, размножаются здесь, выделяют токсины и вызывают заболевание, например возбудитель туберкулеза в легочной ткани. Любая инфекционная болезнь, независимо от клинических признаков и локализации микроба в организме, представляет собой заболевание всего организма.

Если патогенные микробы проникли в кровяное русло и быстро начинают размножаться в крови, за короткое время они заполняют все внутренние органы и ткани. Такую форму инфекции называют септициемией. Она характеризуется быстротой и злокачественностью течения и нередко заканчивается смертельным исходом. Когда микробы находятся в крови временно и не размножаются в ней, а посредством ее только переносятся в другие чувствительные ткани и органы, где затем уже размножаются, инфекцию принято называть бактериемией. Иногда микробы, проникнув в организм, остаются только в поврежденной ткани и, размножаясь, выделяют токсины. Последние, проникая в кровь, вызывают общее тяжелое отравление (столбняк, злокачественный отек). Такой процесс называется токсемией. Пути выделения патогенных микробов из организма также различны: со слюной, мокротой, мочой, калом, молоком, выделениями из родовых путей.

Условия возникновения инфекции и значение состояния организма в этом процессе. Для возникновения инфекционного процесса

требуется несколько условий. Во-первых, микроб должен быть достаточно вирулентным; во-вторых, необходимо внедрение определенного минимального количества микробов; в-третьих, они должны проникнуть в организм через наиболее благоприятные для них ворота инфекции и достичь восприимчивых тканей; в-четвертых, организм хозяина должен быть восприимчив к данному возбудителю болезни; в-пятых, необходимы определенные условия среды, при которых происходит взаимодействие между микробом и организмом.

Чем вирулентнее микроб, тем быстрее наступают все клинические признаки болезни. Для возникновения инфекционного процесса требуется минимально заражающая доза микроба; однако чем больше проникло в организм микробов, тем скорее развивается болезнь. Имеют значение и ворота инфекции. Например, после введения в легкие морской свинки 1—2 туберкулезных микробов может возникнуть заболевание, а чтобы вызвать заболевание путем подкожной инъекции микробов, надо ввести не меньше 800 живых туберкулезных палочек.

Одно из необходимых условий для возникновения заболевания — восприимчивость организма к данной инфекции. Животные того или иного вида к некоторым инфекциям очень восприимчивы, против других же устойчивы. Например, крупный рогатый скот не заражается сапом лошадей, а чума свиней совершенно не опасна в смысле заражения для лошадей и овец.

Исключительно важное значение для возникновения инфекционного процесса имеет состояние организма животного. И. И. Мечников писал: «Болезнь, помимо внешних причин — микробов, обязана своим происхождением еще и внутренним условиям самого организма. Болезнь наступает тогда, когда эти внутренние причины оказываются бессильными помешать развитию болезнетворных микробов; когда они, наоборот, успешно борются с микробами, то организм оказывается невосприимчивым. Проникновение патогенного микроба в чувствительный организм вовсе не обязательно вызывает соответствующее заболевание». Состояние организма животного определяется весьма многими факторами. Остановимся на некоторых из них.

П и т а н и е. Голодание — одно из сильнейших факторов, снижающих устойчивость организма против заражения. Систематическое недоедание обычно ведет к появлению массовых заболеваний среди людей и животных. Если в корме недостает того или иного питательного вещества, это может усилить патологическое состояние организма либо ослабить его защитные функции и, таким образом, способствовать развитию инфекционного процесса. Известно, например, что отсутствие в кормах витаминов, солей фосфора и кальция делает организм высокомолочных коров даже при обильном кормлении очень восприимчивым к заражению туберкулезом и бруцеллезом. Достаточное и полноценное кормление повышает устойчивость организма против инфекционных болезней, усиливает его способность противостоять вредным воздействиям патогенных микробов.

В о д н ы й р е ж и м. Недостаточное потребление животными воды снижает сопротивляемость их организма против инфекционных

болезней. Экспериментально, путем искусственного водного голодания, удалось ослабить организм собак и заразить их сибирской язвой, тогда как в обычных условиях они мало чувствительны к этой инфекции.

Температура. Чрезмерно высокая или очень низкая температура может снизить устойчивость организма против инфекции. Куры при обычных условиях невосприимчивы или мало восприимчивы к сибирской язве, но Пастеру удалось легко заразить курицу сибирской язвой после искусственного понижения температуры ее тела (погружением конечностей в холодную воду). Лягушки устойчивы против столбнячного токсина, но, если после введения этого токсина их содержать при повышенной температуре, у них появляются признаки столбняка.

Утомление. Наблюдения показывают, что переутомление животных, вызванное чрезмерной эксплуатацией, может снизить устойчивость организма против инфекции. Известно много случаев, когда скрытая инфекция обострялась после усиленной эксплуатации животных.

Нарушение зоогигиенических правил (высокая влажность, отсутствие вентиляции, недостаточное количество света и пр.) также ведет к снижению общей сопротивляемости организма животных.

На устойчивость организма влияют возраст и порода животных. Телята-сосуны в возрасте до трех месяцев почти никогда не болевают бруцеллезом; поросята до 2—3 месяцев редко заражаются рожей. И, наоборот, есть болезни, присущие только молодняку. Например, колибактериозом болеет только молодняк в первые дни после рождения. Шумящий карбункул поражает крупный рогатый скот в возрасте от трех месяцев до четырех лет. Рожа свиней заражает свиней в возрасте от трех месяцев до года. Овцы алжирской породы более устойчивы против сибирской язвы, чем овцы других пород. Свиньи йоркширской породы устойчивы против рожи, монгольский крупный рогатый скот — против чумы. При выведении новой породы зоотехники и ветеринарные врачи должны учитывать и фактор породной устойчивости против тех или иных инфекционных болезней.

Течение инфекционного заболевания. Инфекционный процесс проявляется не сразу после внедрения патогенного микроба в организм, а спустя некоторый срок. Время от внедрения микробов в организм до появления первых клинических признаков заболевания называют скрытым или инкубационным периодом.

Его продолжительность определяется вирулентностью и количеством внедрившихся микробов, воротами инфекции, состоянием организма самого животного и окружающими условиями. Однако при каждом заразном заболевании инкубационный период более или менее постоянен. Например, инкубационный период при сибирской язве длится 2—4 дня, при бешенстве — несколько недель, а при таком заболевании, как проказа человека, исчисляется годами.

Животные в инкубационный период опасны в смысле заражения здоровых животных, поэтому, прежде чем пускать вновь приобретенных животных в общее стадо, их надо выдерживать в карантине около месяца. За период инкубации внедрившиеся микробы размножаются, производят качественные биологические изменения в организме, в результате чего появляются клинические признаки заболевания.

По длительности течения инфекции бывают о с т р ы е, к р а т к о-временно протекающие (ящур, холера, сибирская язва и многие др.), х р о н и ч е с к и е — длятся месяцы и годы (туберкулез, бруцеллез и др.). Большинство инфекций относится к острым.

Инфекционные болезни по природе отличаются от других заболеваний следующими свойствами: наличием живого возбудителя, заразительностью (передаются от больных здоровым), инкубационным периодом, иммунитетом (невосприимчивостью) переболевших животных. Последний наступает не всегда.

Источники и пути распространения инфекции. Основным источником и переносчик заразного начала — больной организм. От больного могут заражаться здоровые животные при непосредственном контакте или при употреблении загрязненных больными животными кормов, воды, а также через загрязненную подстилку и т. д.

З а р а ж е н н а я почва является источником заражения животных сибирской язвой, шумящим карбункулом, злокачественным отеком и некоторыми другими болезнями. Болезни, при которых заражение животных происходит в результате попадания патогенных микробов из почвы, получили название п о ч в е н н ы х инфекций.

В о д а, загрязненная патогенными микробами, также может заражать человека и животных, если ее употребляют необезвреженной.

Возбудитель инфекции передается и через воздух. Такая инфекция называется а э р о г е н н о й. Она может быть пылевой и капельной. При *пылевой* инфекции заражение происходит при вдыхании воздуха вместе с пылью. В пылевой инфекции наибольшую опасность представляют микробы, хорошо переносящие высыхание, например споры патогенных микробов, а из неспоровых — туберкулезная палочка и гноеродные микроорганизмы. *Капельная инфекция* вызывается воздухом, загрязненным зараженной мокротой, носовой слизью или слюной (грипп, ящур). Мельчайшие капельки могут находиться в воздухе от 4 до 48 часов и переноситься из одного конца помещения в другой.

Многие инфекции передаются через *необезвреженное* молоко больных животных, через *кровососущих* членистоногих, когда возбудитель инфекции находится в крови. Источником инфекции может служить навоз, зараженный патогенными микробами. По наследству инфекции не передаются, но передается предрасположение к тому или иному заболеванию. При некоторых инфекциях может быть внутриутробное заражение плода от больной матери (например, оспа, сибирская язва и др.).

Некоторые инфекции передаются от животных человеку. Инфекционные болезни, общие для человека и животного, называются *антропозоонозами* (сибирская язва, туберкулез, бруцеллез, бешен-

ство, ящур, рожа свиней и некоторые другие). Заражение человека при этом происходит главным образом от животных; роль человека в передаче этих инфекций здоровым животным незначительна. Заражение людей чаще всего происходит при соприкосновении с зараженными животными (уход за животными) и с животным сырьем (обработка шерсти, кожсырья и пр.) или при использовании полученных от них продуктов питания. Зооветеринарные специалисты должны не только предохранять животных от заражения, но и стоять на страже охраны здоровья человека.

Возникновение и распространение инфекции среди людей и животных в огромной степени зависит от социально-экономических условий. В Советском Союзе благодаря постоянным заботам партии и правительства о материальном благополучии населения и проведению профилактических и лечебных мероприятий значительно снизилось количество инфекционных болезней, а некоторые полностью ликвидированы (чума, холера, оспа, возвратный тиф). Даже в годы Великой Отечественной войны в тылу и на фронте не было массовых заболеваний. За время существования Советской власти в стране ликвидированы многие заразные болезни скота (повальное воспаление легких, чума крупного рогатого скота, сап лошадей и др.), причинявшие когда-то большой экономический ущерб сельскому хозяйству.

Бактерионосительство и бактериовыделение. Бактерионосителями или вирусоносителями (если возбудителем болезни является вирус) в скрытом состоянии инфекции могут быть люди и животные. После выздоровления они могут оставаться бактерионосителями либо не продолжительное время, либо в течение всей жизни. Бактерионосительство встречается также у совершенно здоровых людей и животных. Например, у здоровых свиней на слизистой оболочке глотки часто обнаруживаются возбудители рожи, паратифа, у кроликов — возбудители пастереллеза. Бактерионосительство может быть при бессимптомной инфекции, то есть когда организм заражен, но инфекция протекает настолько легко, что видимых клинических признаков нет.

Бактерионосительство не всегда совпадает с бактериовыделением. Например, у хронически больных бруцеллезом овец и коров бруцеллы выделяются в обильном количестве во время окота, отела; в другое же время выделить бруцеллы не удается или удается редко.

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ ОБ ИММУНИТЕТЕ

Иммунитетом называют невосприимчивость организма к заразному началу или вреднодействующему токсину. Невосприимчивость обуславливается совокупностью наследственно полученных и индивидуально приобретенных организмом приспособлений, которые препятствуют проникновению и размножению микробов, вирусов, а также действительно выделяемых ими продуктов.

В результате борьбы организма с болезнетворными микробами и продуктами их жизнедеятельности в нем происходят сложные биологические процессы, вырабатывается ряд защитных веществ, в резуль-

тате чего наступает усиление фагоцитарной деятельности, повышение антибактериального и анитоксического действия сыворотки и действия других защитных приспособлений организма. В создании иммунитета принимает участие весь организм, но ведущая, регулирующая роль при этом принадлежит центральной нервной системе. Иммунное состояние есть результат физиологической перестройки организма под влиянием инфекционного процесса или искусственной иммунизации (предохранительная прививка).

И. П. Павлов следующим образом представлял воздействие болезнетворных раздражителей на организм: «чрезвычайные раздражители, являющиеся в качестве болезнетворных причин, представляют собой специфические раздражители тех защитительных приборов организма, которые назначены для борьбы с соответствующими болезнетворными причинами».

Возбудитель болезни или вакцины действует на нервные окончания и по дуге через центральную нервную систему на органы, вырабатывающие сывороточные гамма-глобулины, специфически изменяя их функции. Последние в ответ на раздражения вырабатывают главным образом специфические антитела. Какие при этом происходят изменения в самой клетке, точных данных нет. Существует несколько гипотез, некоторые из них приводятся в разделе: «Место и механизм образования антител».

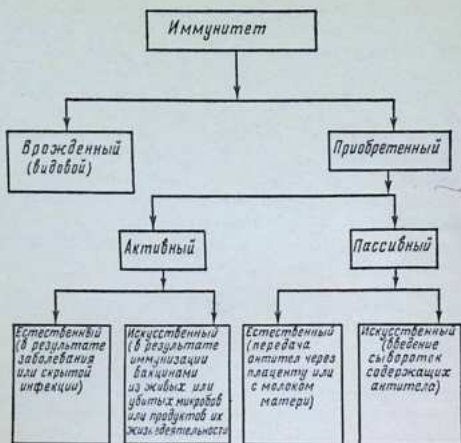
На выработку иммунитета влияют условия внешней среды. Перегревание, переохлаждение или сильное переутомление организма снижает выработку защитных веществ. Активность организма в создании иммунитета снижает также неполноценное питание, особенно недостаток витаминов А и С, солей фосфора и кальция. Отсюда следует, что наряду со специфическими мероприятиями против заразных болезней (вакцинация и др.) необходимы полноценное кормление животных, правильное их содержание и уход за ними.

Виды иммунитета. Различают несколько видов иммунитета (см. схему).

Естественный, или врожденный, иммунитет присущ определенному виду животных. Он обусловлен биологическими особенностями организма и передается по наследству. Примером врожденного иммунитета может служить невосприимчивость рогатого скота к сапу лошадей, лошадей — к чуме собак, человека — к чуме свиней, собак и т. п. Видовой иммунитет может быть одновременно против нескольких инфекций.

Приобретенный иммунитет наступает у человека или животного в результате перенесенного инфекционного заболевания, в таком случае говорят о естественном приобретенном иммунитете; если же иммунитет вырабатывается на введенные в организм специфические биопрепараты (прививка вакцин, сывороток), его принято называть искусственным приобретенным.

Приобретенный иммунитет характерен строгой специфичностью, то есть организм приобретает устойчивость только против определенного вида патогенного микроба.



Естественно приобретенный иммунитет обычно бывает продолжительным, а при некоторых инфекциях остается на всю жизнь. Например, переболевшие мытом лошади в большинстве остаются иммунными к этой болезни на всю жизнь. Пожизненный иммунитет наступает у человека после переболевания оспой и корью. Приобретенный иммунитет принято делить на активный и пассивный.

Активный иммунитет возникает в результате инфекционного заболевания или вакцинации. В том и другом случае организм сам участвует в выработке защитных веществ против возбудителя и его ядовитых продуктов. Активный иммунитет, созданный искусственно, менее продолжителен, чем после переболевания инфекционной болезнью. Вакцина против паратифа телят создает иммунитет примерно на 6 месяцев, вакцина против сибирской язвы — на год. Активный иммунитет возникает через несколько дней (2—10) после введения вакцины.

Пассивный, сывороточный, иммунитет создается путем введения в организм готовых защитных веществ, содержащихся в сыворотке животного, переболевшего инфекционной болезнью, либо в специфических антибактериальных или антитоксических сыворотках. Последние готовят на биофабриках путем многократного введения (гипериммунизация) в организм животного вакцины и живых вирулентных микробов или микробных токсинов. В результате у животных в сыворотке крови накапливаются защитные вещества — антитела. Полученная от этих животных сыворотка и вводится (преимущественно под кожу) в организм другого животного для создания иммунитета. Сывороточный иммунитет наступает уже через несколько часов после введения в организм сыворотки, но длится не больше 2—3 недель.

Хотя такой иммунитет и называется пассивным, организм соответствующим образом реагирует на введенный специфический биопрепарат. Иммунная сыворотка, как белковое вещество, является специфическим раздражителем и действует в первую очередь на нервную систему, в результате чего в организме происходит определенная перестройка, ведущая к кратковременному иммунитету.

Естественный пассивный иммунитет у молодняка сельскохозяйственных животных наступает в результате поступления антител через плаценту (во время утробной жизни) или с молоком матери. Этих защитных веществ обычно больше у тех животных, которые во время беременности кормились полноценными кормами, находились в хороших условиях содержания. Приобретенный искусственный иммунитет, а в некоторых случаях естественно приобретенный иммунитет, бывает относительным; он может быть нарушен («прорван») большими дозами вирулентного микроба, но течение инфекционного процесса при этом более легкое.

Принято различать стерильный и нестерильный, или инфекционный, иммунитет. Стерильным называется такой иммунитет, когда невосприимчивость организма продолжается после полного выздоровления животного и исчезновения из организма возбудителя инфекции. Нестерильный, или инфекционный, — это такой иммунитет, когда повторное заражение тем же микробом не наступает до тех пор, пока в организме находится возбудитель данного заболевания. Такое явление наблюдается чаще всего при наличии инкапсулированных очагов в легких при туберкулезе и сапе лошадей.

Физиологические, естественные, факторы иммунитета. Организм животных и человека обладает рядом защитных приспособлений, препятствующих проникновению патогенных микробов и губительно действующих на них. Эти защитные неспецифические средства называют естественными факторами устойчивости организма. Они есть в любом здоровом организме (человека, животного, растения), их присутствие не связано с переболеванием или введением вакцины или сыворотки в организм и направлены они на нейтрализацию и уничтожение микроба — возбудителя той или иной инфекционной болезни. Появление этих защитных приспособлений произошло, по-видимому, в результате постоянного контакта организма с микроорганизмами.

Кожные и слизистые барьеры. Неповрежденная, здоровая кожа служит преградой для большинства патогенных микробов; они проникают в организм только через ранения и царапины. Кожа не только механически задерживает микробы на поверхности, но и выделяет особые вещества, которые губительно, бактерицидно действуют на ряд патогенных микробов.

Бактерицидное действие кожи зависит от ее чистоты. На грязной коже микробы сохраняются более продолжительное время, чем на чистой. Таким образом, чистка и мытье животных имеют профилактическое значение.

Слизистые оболочки полости рта, носа, глаз, дыхательных путей, половых и других органов также обладают барьерно-защитными функ-

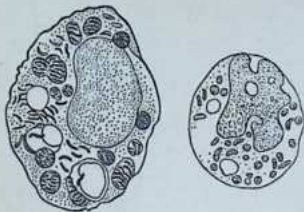


Рис. 85. Фагоцитоз вибрионов (по И. И. Мечникову).

циями, выделяя вещества, губительно действующие на ряд микробов. Из этих веществ хорошо изучен лизоцим. Наиболее активный лизоцим в слезах. Даже разведенные в несколько десятков тысяч раз, слезы губительно действуют на некоторые воздушные микробы. Производство лизоцима и сила его действия зависят от многих причин. В частности, при авитаминозе А содержание лизоцима в слезах уменьшается.

Слюна также содержит лизоцим,

вот почему всевозможные раны во рту заживают быстро, и даже при микробов инфекционный процесс в ране не переходит в гнойный. В животных ран, по-видимому, связано с Отмечено губительное действие носового

ств.
гид.
мик,
в гл.

даются так называемые антиферменты — вещества, разрушающие ферменты микробов. Например, антицид в теле организма фермент гиалуронидазу, так возбудитель инфекции не распространяется

В организме есть барьеры. Микробы, проникшие через кожу и слизистые оболочки, могут задерживаться лимфатическими узлами и постепенно разрушаться в них, а токсичные нейтрализоваться. В печени бактерии подвергаются фагоцитозу. Препятствуют проникновению микробов клетки селезенки и другие клетки мезенхимы, получившие название ретикулоэндотелиальной системы (РЭС). Желудочный сок тоже губительно действует на микробы вследствие содержания в нем соляной кислоты. Эпителий и лимфатические фолликулы кишечника в результате фагоцитоза препятствуют проникновению патогенных микробов в кровь, а сапрофитная микрофлора кишечника тормозит развитие патогенных микроорганизмов.

Воспаление и фагоцитоз. Защитная роль воспалительного процесса впервые была изучена И. И. Мечниковым. Им было доказано, что воспалительный процесс является полезной для организма реакцией. На месте воспаления скапливается большое количество фагоцитов, которые активно пожирают патогенные микробы, внедрившиеся в организм и вызвавшие воспаление (рис. 85).

Гуморальные (от латинского «гумор» — жидкость) факторы иммунитета. На патогенные микробы губительно действуют жидкости организма, в первую очередь сыворотка крови. Если в пробирку налить свежую сыворотку крови и внести в нее патогенные микробы, они через некоторое время погибнут. Но если сыворотку в течение 20—30 минут подогреть при температуре 56°, бактерицидные свойства крови исчезают, микробы остаются в ней невредимыми.

мыми. Защитные свойства сыворотки обусловлены содержанием в ней особого вещества — **а л е к с и н а**, или **к о м п л е м е н т а**. Оно устойчиво против повышенных температур и неспецифично, то есть может действовать на разные микробы. Действие его особенно заметно в иммунном организме при взаимодействии с иммунными антителами сыворотки. Помимо комплемента, в крови животных и человека содержатся и другие бактерицидные вещества (**л е й ц и н ы**, **л и з и н ы**, **л и з о ц и м** и др.), не обладающие специфическим действием; количество их не увеличивается при иммунизации животного.

Много защитных веществ в молозиве. Это ставится в связь с большим содержанием в нем глобулинов (их здесь в 10—20 раз больше, чем в обычном молоке). Вот почему молозиво не только незаменимый питательный продукт для новорожденных, но и хорошее профилактическое средство, повышающее естественные защитные свойства организма. Необходимо отметить, что на первой стадии постэмбрионального развития у сельскохозяйственных животных более резко выражен фагоцитоз, в то время как защитные гуморальные факторы выражены слабо (В. В. Никольский, А. Н. Котляр, Л. А. Косарева и др.), поэтому дача молозива новорожденным будет иметь особенное значение в защите организма от болезнетворных микроорганизмов и их токсинов. Давать молозиво необходимо в первые же часы после рождения животного.

Исход инфекционной болезни зависит прежде всего от того, насколько быстро центральная нервная система мобилизует защитные средства и поддержит их работу на протяжении болезни. Известно, что работа всех защитных факторов организма зависит главным образом от регулирующей деятельности безусловных и условных рефлексов центральной нервной системы. Активность защитных факторов организма обуславливается также внешней средой, снижаясь под влиянием неблагоприятно действующих факторов (переохлаждение, переутомление, голод и пр.).

Учение о фагоцитозе. И. И. Мечников создал стройное учение о фагоцитозе и его роли в невосприимчивости организма к инфекционным болезням. Он обратил внимание на то, что одноклеточные организмы, встречая на своем пути различные частицы, захватывают их, переваривают или выбрасывают наружу, если они неудобоваримы. Такое явление он расценил как физиологический акт, служащий целям питания организма. Внутриклеточное пищеварение было установлено И. И. Мечниковым у беспозвоночных, затем у более высокоорганизованных животных и человека, у которых функция внутриклеточного пищеварения выполняется клетками мезодермы.

Таким образом, функция внутриклеточного пищеварения служит целям питания одноклеточных; сохраняется она и у высших организмов. В дальнейшем И. И. Мечников отметил, что введение в тело животного посторонних нерастворимых веществ (зерен кармина) приводит к скоплению около них мезодермальных клеток, в первую очередь лейкоцитов. Это заставило его предположить, что мезодермальные клетки несут функцию защиты организма от вредных воздействий,

в том числе от патогенных микробов. И. И. Мечников поставил такой простой опыт. В прозрачное тело личинки морской звезды был введен шип розы, через несколько часов вокруг занозы скопилось большое число подвижных клеток. Им был обнаружен также фагоцитоз сибиреязвенного микроба в организме кролика. Все эти исследования позволили ученому сделать правильный вывод, что определенные клетки организма захватывают и пожирают микробы, освобождая тем самым организм от их вредного действия. Это явление и было названо **фагоцитозом**, а клетки — **фагоцитами**, то есть пожирателями микробов. Фагоциты крови отличаются амебовидной подвижностью и хемотаксической чувствительностью — **хемотаксисом**.

У животных, восприимчивых к определенному микробу, фагоцитарная реакция отсутствует или выражена слабо, и, наоборот, у иммунных животных она проявляется резко. При развитии приобретенного иммунитета фагоцитоз активизируется, и в сочетании с другими защитными факторами наступает более устойчивый иммунитет.

Фагоцитарную активность можно усилить или ослабить физическими и химическими факторами. Низкая температура, хинин, холестерин понижают активность фагоцитов. Нормальная температура тела животного, соли кальция, магния и йодистый калий, нормальное содержание витаминов (С, А и некоторых витаминов из комплекса В) активируют фагоцитоз.

Мобилизация лейкоцитов к очагам повреждения тканей объясняется не только тем, что лейкоциты защищают организм от микробов, проникнувших в открытую рану, но и тем, что лейкоциты обладают свойством вырабатывать в организме вещества, способствующие быстрому заживлению ран; более того, есть основания утверждать, что лейкоцитарные факторы стимулируют органы кроветворения (Г. Хрущев, 1959). В организме под воздействием определенного антигена могут накапливаться и специфические защитные вещества — **антитела**.

Антигены и антитела. Антигенами называются высокомолекулярные коллоидные вещества биологического происхождения, которые при введении в организм парентерально (под кожу, в кожу, кровь) вызывают образование в нем особых веществ — **антител**.

К антигенам относятся живые микробы и их токсины, убитые микробы и разные белки, вообще все вещества, способные при введении в организм парентерально (минуя пищеварительный тракт, где под действием пищеварительного сока специфические свойства антигенов изменяются) вызывать в нем образование антител. Для проявления антигенных свойств необходимы следующие условия: 1) введение антигена в ткани или соки организма и 2) гетерогенность антигена, то есть чужеродность его данному организму. Если, например, иммунизировать лошадь сывороткой крови лошади, антитела не появятся; если же ввести лошади сыворотку крови животного другого вида, в организме ее накопятся антитела.

Антителами называются специфические (иммунные) вещества, вырабатывающиеся в тканях организма при воздействии на него

антигенов и обладающие способностью вступать в реакцию с этими антигенами в пробирке, уничтожая их вредное для организма действие. При однократном искусственном введении в организм живых, убитых микробов или их токсинов антитела накапливаются на 2—4-е сутки, содержание их достигает максимума на 6—9-й день, а по истечении 14 дней количество их уменьшается. При многократном введении (два, три раза) антигена (например, вакцины) клетки начинают весьма активно и в большом количестве синтезировать антитела.

В зависимости от характера реакции с антигенами антитела получили разные названия: агглютинины, преципитины, опсонины, бактериолизины, антитоксины.

Агглютинины вызывают склеивание микробов и дают реакцию агглютинации, так как антигеном в данном случае являются микробы, имеющие корпускулярное строение. *Преципитины* осаждают (преципитируют) белок. Антигеном для них служит экстракт бактериальных клеток или тканей органов, представляющий собой прозрачную жидкость с содержанием соответствующего антигена. *Опсонины* протравливают микробную клетку и облегчают ее фагоцитоз. *Бактериолизины* в присутствии комплемента лизируют (растворяют) бактерии. *Антитоксины* нейтрализуют действие токсинов.

Природа антитела еще недостаточно изучена. Известно, что это вещество белкового характера, по составу близкое к нормальным белкам сыворотки — глобулинам, но измененное под воздействием антигена в процессе синтеза.

Место и механизм образования антител. И. И. Мечников впервые указал на то, что образование антител происходит в клетках-макрофагах. Впоследствии было доказано, что антитела образуются главным образом в клетках лимфоидной ткани селезенки, лимфатических узлах, откуда они поступают в кровь и другие жидкости организма. Появился ряд гипотез в отношении формирования антител непосредственно в клетках организма. Некоторые исследователи считают, что образование антител происходит при участии ферментов. Швит и Оуэн (1953), Бэрнет (1959) и др. выдвигают гипотезы антителообразования, в которых антиген (в целом или его только мелкие осколки) рассматриваются как агент, оказывающий влияние на генетический аппарат клетки. Поскольку антитела представляют белки, то их синтез подчиняют генетическому закону (см. синтез белков). Ряд ученых высказывают мысль, что синтез антител происходит под контролем ДНК ядра клеток лимфоидной ткани. Большое количество разнообразных антител закодировано в молекуле ДНК. Предполагают, что антигены вызывают образование антител путем воздействия (посредственным или непосредственным путем) на определенные гены ДНК. В результате эти участки ДНК начинают продуцировать информационную РНК, как матрица «отпечатывать» антитела с определенным расположением аминокислот, то есть с определенными свойствами. Однако все имеющиеся гипотезы требуют глубоких экспериментальных исследований и доказательств. Работы в этом направлении у нас и за рубежом продолжаются.

В настоящее время из иммунной сыворотки особыми приемами удаляют ненужные белки и получают глобулин, содержащий иммунные антитела, которые можно применять с профилактической и лечебной целью вместо иммунной сыворотки, содержащей ряд неспецифических балластных белков.

Роль антител в иммунитете. Антитела имеют большое значение для защиты организма. Так, на свойстве антитоксина нейтрализовать микробные токсины основано применение с целью профилактики и лечения антитоксических сывороток. Бактериолизины и бактерицидные вещества убивают или лизируют микробы, освобождая от них организм. Опсонины, воздействуя на микробы, готовят их к фагоцитозу, усиливая защиту организма. Склеенные и осажденные в результате действия агглютининов, микробные клетки хотя и остаются живыми, но легче фагоцитируются и подвергаются действию других антител — лизоцинов. В защите организма принимают участие и другие антитела.

Таким образом, организм становится иммунным против той или иной инфекции благодаря фагоцитозу, гуморальным факторам — специфическим антителам, факторам неспецифической естественной устойчивости — барьерам (кожи, слизистой оболочки), лизоциму, комплементу, антиферментам и др.

Анафилаксия и аллергия. Повышенная реактивность, или, как принято называть, сенсибилизация (от латинского «сенсibilis» — чувствительный) организма может быть обусловлена антигенным или неантигенным веществом (чувствительность к лекарственным, химическим препаратам, пищевым и другим продуктам). Повышенная чувствительность условно подразделяется на анафилаксию и аллергию. Анафилаксия (от греческого «ана» — против, «филаксис» — защита) — особое состояние организма, возникающее в результате введения чужеродного белка и проявляющееся в виде повышенной чувствительности при повторном (парентеральном) его введении. У подопытных собак повторные введения глицериновых экстрактов из щупалец актиний вызывали резкие токсические явления (Рише и Портье, 1902). Т. П. Сахаров (1905), изучая анафилаксию, описал шок со смертельным исходом от повторного введения лошадиной сыворотки морским свинкам.

Картина анафилактического шока сильно варьирует в зависимости от дозы, способа введения антигена и вида животного. Клинические признаки шока развиваются очень быстро, спустя несколько минут вслед за повторным введением антигена: у животного наступает одышка, расстройство сердечной деятельности, падение кровяного давления и температуры тела, беспокойство, непроизвольное мочеотделение; в результате некоторые животные гибнут. Повышенная чувствительность организма вырабатывается не сразу, а спустя 10—14 дней, и сохраняется несколько месяцев, а иногда и лет.

Анафилактические явления относятся к специфическим реакциям, так как возникают только при условии повторного введения в организм того же антигена. Причины анафилаксии недостаточно изучены.

К явлениям анафилаксии относится и сывороточная болезнь, наблюдаемая при повторных введениях иммунной гетерогенной сыворотки. Животные при этом проявляют беспокойство, у них повышается температура, иногда наблюдаются точечные кровоизлияния на слизистых оболочках.

Инфекционная аллергия. При многих хронических инфекционных заболеваниях развивается повышенная чувствительность организма к микробу и его токсинам. Такая повышенная чувствительность организма получила название инфекционной аллергии.

Аллергическое состояние наступает в результате биологической перестройки больного организма, например при сипе, бруцеллезе, туберкулезе. Чувствительность у инфицированных животных повышается через 10—30 дней после их заражения и может сохраняться продолжительное время даже после клинического выздоровления. Установить аллергическое состояние можно путем введения в кожу или под кожу небольших доз убитых микробов или продуктов их жизнедеятельности. Вещества, вызывающие изменение реактивности организма (аллергию), называют **аллергенами**.

Инфекционная аллергия, так же как анафилаксия и иммунитет, специфичная, поэтому аллергические методы исследования получили широкое применение для диагностики ряда заразных с хроническим течением болезней (туберкулез, бруцеллез, сип, паратуберкулез и др.). С этой целью на биофабриках готовят специальные препараты. Так, **аллерген туберкулин** (изготавливается из туберкулезных палочек, представляет собой темно-желтую или буроватую прозрачную жидкость) применяется для диагностики туберкулеза; **бруцеллизат**, или **бруцеллогидролизат** (готовится из бруцелл), — для диагностики бруцеллеза у овец. Когда такой препарат (туберкулин, бруцеллизат) вводят под кожу или внутрикожно, у больных животных на месте введения получается реакция в виде припухлости и болезненности. Здоровый организм на такое введение не реагирует.

Учение об инфекции, иммунитете, анафилаксии и аллергии легло в основу не только аллергической и серологической диагностики инфекционных болезней, но также в основу их специфической профилактики и специфической терапии (лечения).

Иммунодиагностика. Как уже указывалось, при большинстве инфекционных заболеваний в сыворотке больных появляются специфические антитела, которые могут вступать в реакцию в пробирке с антигеном, вызвавшим это заболевание. Для определения болезни у больного берут кровь, отстоявшуюся сыворотку крови выливают в пробирку, добавляют в нее определенный антиген (взвесь микробов, экстракты из органов или тканей) и в зависимости от реакции антитела с антигеном ставят диагноз болезни. Такой метод получил название **серодиагностики** (от латинского «серум» — сыворотка).

Из серологических реакций наибольшее применение получили реакция агглютинации, реакция преципитации и реакция связывания комплемента.

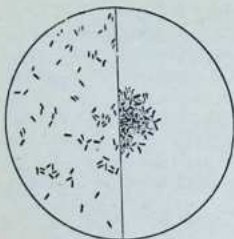


Рис. 86. Агглютинация бактерий под микроскопом. Вид нормальной паратифозной культуры и ее же после агглютинации (справа).

Реакция агглютинации (РА) хорошо заметна невооруженным глазом в пробирке или на предметном стекле (рис. 86). Для проведения ее нужны сыворотка крови, содержащая антитела агглютинины, антиген — взвесь живых либо убитых микробов — возбудителей данной инфекции, а также электролитная среда, создаваемая добавлением 0,85% NaCl (физиологический раствор). Сущность реакции заключается в том, что бактерии, находящиеся в виде равномерной суспензии, вследствие воздействия на них агглютининов в присутствии соли (хлористый натрий) склеиваются (в дистиллированной воде реакция не наступает), делаются малораскатываемыми во взвеси, легко сгущиваются

и выпадают на дно в виде рыхлых хлопьев или мелких зерен (рис. 87).

Реакция агглютинации высокоспецифична. Например, в сыворотке крови больного бруцеллезом образуются специфические агглютинины только по отношению к возбудителю бруцеллеза, и они склеивают только бруцеллезные микробы. В ветеринарной практике РА используется для диагностики бруцеллеза, инфекционного аборта кобыл, пуллороза (белый понос цыплят), лептоспироза.

Реакция преципитации заключается в том, что при добавлении к иммунной сыворотке антигена (прозрачный фильтрат бактериальных культур или белки) появляется муть, а затем на дно выпадает белый белковый осадок, хорошо видимый невооруженным глазом.

Реакция особенно хорошо заметна при осторожной подложке преципитирующей сыворотки под антиген (прозрачный экстракт тканей, органов и пр.) или при наслаивании антигена на сыворотку, содержащую преципитин. На границе соприкосновения двух прозрачных жидкостей через несколько минут образуется серо-белое кольцо (рис. 88).

Реакция преципитации нашла широкое применение в диагностике сибирской язвы (выявление зараженных сибирской язвой кож), а также в судебной медицине для определения происхождения кровяных пятен, в санитарной экспертизе — для определения примеси мяса животных того или иного вида в мясных продуктах. Ставятся и другие серологические реакции. Наиболее сложная из всех реакций иммунитета — реакция связывания комплемента (РСК). Она обладает большой специфичностью и чувствительностью; используется для диагностики сапа, бруцеллеза и других заболеваний.

Иммунопрофилактика и иммунотерапия. В специфической профилактике инфекционных болезней главную роль играет искусственная иммунизация. В древнем Китае и в Индии с целью предохранения людей от заболевания оспой в нос вводились высохшие ко-

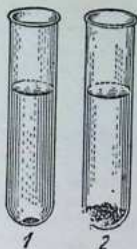


Рис. 87. Реакция
агглютинации:
1 — отрицательная;
2 — положительная.

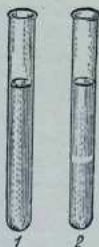


Рис. 88. Реакция
преципитации:
1 — отрицательная;
2 — положительная.

рочки от оспенных поражений кожи больных. В 1796 г. Э. Дженнер иммунизировал детей материалом, взятым от зараженных человеческой оспой коров. В результате такой прививки дети приобретали иммунитет к натуральной оспе. Этот препарат, применяющийся для создания иммунитета, получил название **вакцина** (по-латински означает коровья), а метод иммунизации — **вакцинация**.

Вакцины вводятся чаще всего под кожу шприцем 2—3 раза с промежутками в несколько дней. В результате вакцинации организм вырабатывает активный иммунитет продолжительностью от нескольких месяцев до года и больше.

Вакцины бывают разного происхождения. **Живые вакцины** готовят из ослабленных тем или иным методом микробных культур. Первые вакцины против сибирской язвы во Франции приготовил Л. Пастер, в России — Л. С. Ценковский. Для ослабления вирулентности бациллы сибирской язвы культуру выращивали в условиях повышенной температуры ($42,5^{\circ}$) в течение нескольких дней. При этой температуре сибиреязвенные микробы постепенно теряли вирулентность. Эти новые качества закрепились и стали передаваться по наследству.

Для ослабления микробных культур пользуются и другими способами, например многократным пересевом на питательные среды с добавлением желчи и пр. Из таких качественно новых культур микробов и готовят вакцины. Для консервирования вакцин используют 30%-ный стерильный глицерин или какие-либо другие не убивающие бактерии химические вещества. Живые вакцины могут, не теряя активности, храниться от нескольких недель до нескольких месяцев. В нашей стране освоено приготовление сухих живых вакцин, которые перед употреблением разводят стерильным физиологическим раствором.

Вакцины из убитых микробов изготовляют из вирулентных культур микробов, которые после появления хорошего

роста на питательных средах (твердых или жидких) убивают нагреванием или химическими веществами (формалин, фенол). Убитые вакцины не вызывают заметного переболевания организма; иммунитет бывает более короткий, чем от живых вакцин.

Тканевые вакцины применяют против болезней, вызываемых вирусами, так как получить чистые культуры вирусов на питательных средах не удается. Готовят эти вакцины из тканей, содержащих вирус, например вакцину против бешенства — из тканей мозга кроликов, зараженных ослабленным (фиксированным) вирусом бешенства.

Анатоксины. При некоторых заболеваниях (столбняк, дифтерия) необходимо создать иммунитет не против микроба, а против его токсина (антитоксический иммунитет). С этой целью из токсина микроба готовят анатоксин путем добавления к токсину 0,4%-ного формалина и выдержки смеси при температуре 38—40° в течение нескольких дней. Токсин, потерявший под воздействием формалина токсичность, называется анатоксином. При введении анатоксина наступает активный иммунитет; в организме вырабатываются антитела — антитоксины (не путать с анатоксином!), которые и нейтрализуют токсин микроба.

Вакциноterapia. Вакцины применяют не только с профилактической, но (значительно реже) и с лечебной целью. Применение вакцин с лечебной целью называется вакцинотерапией. Ею пользуются чаще всего при заболеваниях, вызванных стафилококками и стрептококками.

Серопротекция и серотерапия. Серопротекцией называется такой метод, когда с целью предохранения от инфекционных заболеваний применяют специфические иммунные сыворотки. Их получают либо от животных (лошадей, волков), подвергающихся многократным прививкам (гипериммунизация) соответствующими антигенами (убитые и живые вирулентные микробы), либо от выздоравливающих после инфекции или переболевших животных в период наибольшего накопления антител в их организме.

Иммунная сыворотка содержит специфические защитные вещества — антитела против тех микробов, которыми иммунизировали животных. Вводят эти сыворотки под кожу (реже в ток крови через вену), причем в значительно большем количестве, чем вакцины. Можно приготовить сыворотку, содержащую антитела против нескольких болезней. Называются такие сыворотки поливалентными. Иммунные сыворотки применяют при некоторых заболеваниях и с лечебной целью. Чем раньше вводится сыворотка, тем выше ее лечебный эффект.

ВИРУСЫ

Еще в 1886 г. Н. Ф. Гамалея отметил, что кровь телят, болевшего чумой рогатого скота, профильтрованная через фильтр Шамберлана, остается заразной для здоровых телят, но этот единственный опыт остался незамеченным. Вирусы (virus — яд) были открыты известным русским ученым Д. И. Ивановским (1892) при изучении мо-

заичной болезни листьев табака. Им установлено заразное начало в растительном соке и проходимость его через бактериальные фильтры. Полученным фильтратом, не содержащим видимых микроорганизмов, Ивановскому удалось путем нанесения его на листья здорового табака вызвать заражение. Таким образом был открыт мир невидимых существ, имеющих не меньшее значение в природе, чем другие микроорганизмы. После открытия Ивановским вирусов в растениях другими исследователями были обнаружены вирусы — возбудители таких заразных болезней, как чума крупного рогатого скота (1899), оспа овец (1902), бешенство (1903), чума свиней (1903) и др. В настоящее время известно более 600 видов вирусов — возбудителей заразных болезней человека, животных и растений. Вирусные инфекции могут наносить колоссальный экономический ущерб сельскому хозяйству.

Вирусы могут попадать в организм разными путями: через воздух, через грязные руки с пищевыми продуктами, через членистоногих переносчиков — комаров, moskitov, клещей. Из организма вирусы выделяются с мочой, слюной, носовым и конъюнктивальным секретом.

Вирусы относятся к живым организмам, хотя некоторые исследователи оспаривают живую природу растительных вирусов. Для вирусов характерны следующие основные признаки: крайне малая величина, лежащая за пределами видимости в световой микроскоп, проходимость через бактериальные фильтры, отсутствие роста на искусственных питательных средах, способность размножаться только внутри клеток восприимчивого организма и развиваться в культурах тканей.

Современные вирусы, по мнению выдающегося русского вирусолога В. М. Жданова (1953), представляют собой потомков многих первоначальных форм жизни, а не какого-либо одного прародителя. Происхождение вирусов и бактерий изучается в едином комплексе с вопросами о происхождении жизни на земле. Принято рассматривать вирусы как особый класс микробов, проходящих через бактериальные фильтры (фильтрующиеся вирусы).

Форма вирусов, как и у бактерий, может быть различной (по Зильберу): 1) палочковидная, иногда слегка изогнутая. Чаще всего такую форму имеют вирусы, вызывающие болезни растений (вирус картофеля, табачной мозаики и др.); 2) сферическая, шаровидная (вирус гриппа, саркомы, папилломы кроликов и др.); 3) кубовидная (вирус оспенной вакцины и др.); 4) головчатая, характерная для бактериофагов; 5) нитевидная, встречается в некоторых стадиях развития вируса гриппа. В зависимости от условий форма вируса может изменяться.

В е л и ч и н а в и р у с о в неодинакова: так, вирус ящура имеет размеры от 8 до 12 нм, чумы птиц — от 60 до 90 нм, бешенства — от 100 до 150 нм, табачной мозаики — 15 нм (рис. 89).

Для определения величины вирусов пользуются различными методами: применением электронного или светового микроскопа с ультрафиолетовыми лучами; фильтрацией через фильтры с точно калиброванными порами; осаждением вируса в мощных суперцентрифугах, методом особых окрасок. Посредством особой окраски удается видеть

Сравнительная величина вирусов (в мм)	
Чудесная палочка	750
Риккетсии	475
Вирус бакцины	210×260
Вирус герпеса	150
Вирус бешенства	125
Бактериофаг стафилококковый	100
Бактериофаг кишечной палочки	80
Вирус табачной мозаики	15×280
Вирус полиомиелита	25
Вирус ящура	10

ряд вирусов (оспы и др.) в световой микроскоп; они имеют мелкие кокковидные формы и называются *элементарными тельцами*. В настоящее время элементарными тельцами называют все вирусы, способные к саморепродукции. Некоторые из них (например, вирусы орнитоза величиной 200 нм) обнаруживаются микроскопией с иммерсионной системой; более мелкие по размеру становятся видимыми только после особой обработки, приводящей к увеличению их размеров. С этой целью используют также электронную микроскопию.

Рис. 89. Сравнительная величина вирусов (нм).

Структура вирусов. У более простых вирусов (табачной мозаики (рис. 90), полиомиелита и др.) вирусная частица — *вирион* состоит

из нуклеопротеида, в котором нуклеиновая кислота заключена в белковую капсулу — *капсид*. Вирусы имеют два типа симметрии строения капсида: кубический и спиральный (рис. 91). Капсид состоит из отдельных белковых соединений или их агрегатов, получивших название *капсомеры*. У более сложных вирусов имеются и внешние оболочки, которые защищают вирусную нуклеиновую кислоту от внешних воздействий, а содержащиеся в ней энзимы облегчают проникновение вируса в клетку (В. М. Жданов).

По химическому составу элементарные тельца существенно не отличаются от бактерий: в них всегда обнаруживаются белки, углеводы и липиды. Наиболее очищенные препараты вируса гриппа содержат около 60% воды и около 40% сухого вещества, в состав которого входят: углерод (до 55%), кислород (до 24%), водород (до 8%), азот (до 11%), незначительное количество фосфора и серы, минеральная зола (до 3%). Применяв специальные методы обработки, в вирусе обнаружили значительное количество липидов — 25—44%, до 3,5% углеводов, представленных полисахаридами. Количество белков составляет до 65% сухого вещества вируса.

Известные в настоящее время вирусы содержат только одну из двух нуклеиновых кислот (РНК или ДНК) в отличие от других клеток живых организмов, которые имеют в своем составе обе нуклеиновые кислоты. За последнее время удалось (А. Ф. Быковский) обнаружить внутри вируса, помимо нуклеиновой кислоты, рибосомы, которые синтезируют белок. В вирусных тельцах найдены рибофлавин и биотин. Кроме того, установлено, что некоторые вирусы имеют свои собственные ферменты (например, в вирусе гриппа находится нейраминидаза, которая отщепляет нейраминную кислоту от эритроцитов; в вирусе инфлюэнцы свиней — муциназа).

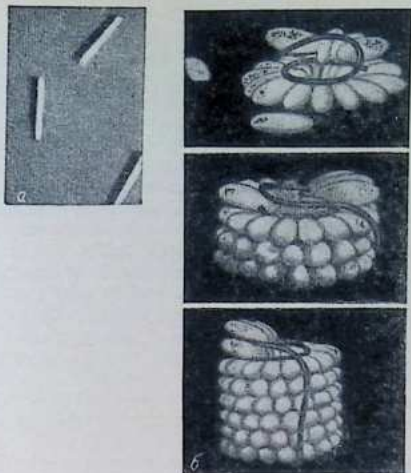


Рис. 90. Вирус мозаичной болезни табака:
 а — электронная микроскопия; б — схема укладки белковых молекул вокруг нити РНК (по У. Стенли и Э. Вэлес).

Тельца-включения. В клетках организма, пораженного вирусами, часто образуются так называемые тельца-включения. Они имеют разные размеры, структуру и неодинаково относятся к красителям. При соответствующей обработке таких внутриклеточных включений некоторые исследователи обнаруживали в них мельчайшие гранулы, которые, согласно окраске, соответствуют элементарным тельцам. Тельца-включения образуются в ядре или в цитоплазме пораженной клетки. Описаны также случаи одновременного образования включений в ядрах и цитоплазме клеток. При бешенстве эти включения обнаруживаются в цитоплазме и называются тельцами Бабеша-Негри. Внутриклеточные включения закономерно встречаются при определенных вирусных инфекциях, и обнаружение их используется как диагностический признак.

Природа телец-включений выяснена недостаточно. По этому вопросу существуют две теории. Представители первой рассматривают тельца-включения как колонии возбудителя, скопления элементарных телец вируса, окруженные реактивными продуктами клеток. Согласно другой теории, включения образуются в результате реакции клетки на внедрившийся вирус. Первая теория имеет больше сторонников.

Культивирование и размножение вирусов в настоящее время проводится главным образом в эмбрионе куриного яйца, а также в куль-

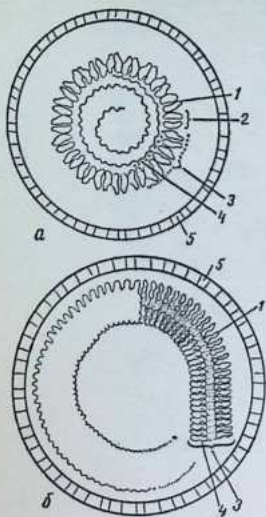


Рис. 91. Изображение некоторого абстрактного «сферического» вируса (а) и вируса со спиральной симметрией (б):

1 — структурная единица, или субъединица; 2 — морфологическая единица, или нуксомер; 3 — капсид; 4 — нуклеиновая кислота; 5 — оболочка.

риалов — белка и нуклеиновой кислоты — полиэдрический вирус желтухи дубового шелкопряда. Проводятся работы по реконструкции «смешанного» вируса табачной мозаики (Френкель — Конрат, 1957). Получены интересные данные. Был отделен и смешан в пробирке белок от штамма А, а нуклеиновая кислота взята от штамма В. Реконструкция вируса в пробирке прошла успешно. Вновь синтезированный вирус обладал свойствами вируса В. При заражении растения признаки болезни были характерными для вируса В. Работы в этом направлении продолжаются.

Вирусы обладают свойством изменять вирулентность (силу болезнетворности). Например, вирус оспы человека, пройдя через организм крупного рогатого скота, теряет свойство вызывать заболевание у человека. На этом свойстве вирусов основан метод получения профилактических вакцин (против оспы человека, против бешенства).

Как и бактерии, вирусы по-разному относятся к физическим и химическим воздействиям. Низкая температура очень слабо действу-

турах тканей. Для заражения вирусом используется оплодотворенное куриное яйцо после 8—10-дневной инкубации при температуре 37—38°. Размножаются вирусы иначе, чем бактерии и грибы. В клетку проникает нуклеиновая кислота вируса, где из белка и других соединений клетки хозяина происходит синтез новых частиц вируса. Подсчитано, что в каждой клетке через несколько минут может образоваться 50—100 новых зрелых вирусов. В результате гибели клетки вирусы беспрепятственно освобождаются. Если клетка остается живой, то размножившиеся вирусы вместе с продуктами обмена веществ удаляются через мембрану в межклеточное пространство и проникают в здоровые клетки. Затем цикл развития повторяется. С количественным накоплением вирусов в организме происходят качественные изменения всего организма — наступает заболевание.

За последние годы удалось (Френкель, Конрат и Шрамм, 1955) провести ресинтез вируса мозаики табака из белка и нуклеиновой кислоты вируса. Советский исследователь М. С. Гершензон (1954—1956) реконструировал из неинфекционных мате-

ет на вирусы, высокая — губительно. Почти все возбудители вирусных заболеваний человека и животных гибнут при температуре 55°. Более устойчивы против высоких температур вирусы растений. Подобно бактериям, вирусы обладают видовой специфичностью. Например, вирус чумы собак заразителен только для собак, вирус чумы свиней — только для свиней. Некоторые вирусы опасны и для животных и для человека, например вирусы ящура, бешенства.

Некоторые вирусы получены в кристаллах (вирус табачной мозаики, полиомиелита). Кристаллический вирус имеет белковую природу (соединение белка с нуклеиновой кислотой), способен размножаться в живых клетках, и ведущая роль в этом принадлежит нуклеиновой кислоте. Например, если отделенную от белка нуклеиновую кислоту вируса внести в растение, оно через короткое время заполняется вирусными частицами и заболевает.

Принципы классификации вирусов. До настоящего времени нет такой классификации, которая бы полностью удовлетворяла практических и научных работников. В 1962 г. на VIII Международном конгрессе микробиологов был организован Международный комитет по таксономии вирусов, который и разработал классификацию вирусов, объединяющую вирусы человека и животных в несколько групп.

Все вирусы были разделены на ДНК- и РНК-содержащие. При распределении на отдельные группы учитывали следующие их свойства: размеры, наличие или отсутствие оболочки, отношение к эфиру, тип симметрии нуклеокапсида (спиральный, кубический или смешанный), число капсомеров. К группе РНК-содержащих отнесены вирусы гриппа, бешенства, ящура и другие; к группе ДНК-содержащих — вирусы гриппа, оспы, вирусы гепатита, орнитоза, паповавирусы (вызывающие доброкачественные или злокачественные новообразования у животных) и др.

ИНФЕКЦИЯ И ИММУНИТЕТ ПРИ ВИРУСНЫХ БОЛЕЗНЯХ

Взаимодействие вируса с клеткой организма. Проникновение вируса в клетку в настоящее время хорошо изучено у бактериофага; что же касается вирусов теплокровных, то здесь требуются еще глубокие экспериментальные исследования. Проникновение вируса в клетку условно разделили на несколько фаз: 1) проникновение вируса в клетку и освобождение его нуклеиновой кислоты от белковых оболочек; 2) перестройка вирусом метаболизма (обмена веществ) клетки; 3) синтез нуклеиновых и белковых компонентов вируса; 4) формирование зрелых вирионов (вирусов) и выход их из клетки.

Прежде чем проникнуть вирусным частицам в клетку, происходит адсорбция вируса на ее поверхности, что обуславливается разностью зарядов и другими факторами, например наличием на поверхности клеточной стенки химических рецепторов — мукопротеидных и липопротеидных, на которых фиксируются вирусы. Однако этого недостаточно; нужно, чтобы клетка была чувствительна к данному виду вируса.

При наблюдении за проникновением вируса внутрь клетки исследователи отметили неожиданное явление (парадокс). Клетка, на которой адсорбировался вирус, своим действием способствует проникновению вируса-паразита внутрь клетки, своим ферментом раз-

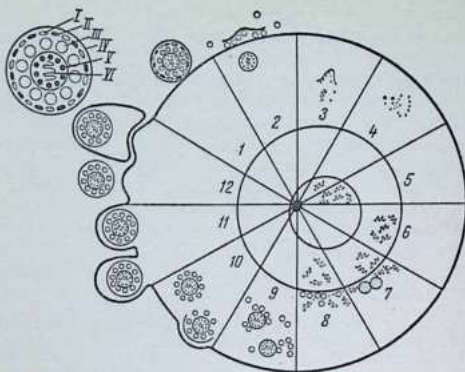


Рис. 92. Механизм репродукции вируса Сендай:

I — нейраминидаза; *II* — симпластообразующий фермент; *III* — гемагглютинин; *IV* — фосфолипидная оболочка; *V* — белок нуклеопротеида; *VI* — вирусная РНК. 1 — адсорбция; 2 — дезинтеграция вирусной частицы и проникновение нуклеопротеида в клетку; 3 — высвобождение вирусной РНК; 4 — проникновение вирусной РНК в ядрышко; 5 — репродукция вирусной РНК; 6 — миграция вирусной РНК вместе с белком S-антигена в ядро, а затем (7) в цитоплазму; 7, 8 — образование матрикса и начало синтеза гемагглютининов; 9, 10 — композиция вирусных частиц и формирование вирионов на клеточной мембране; 11, 12 — выход вирусных частиц из клеток путем выпячивания клеточной мембраны или отшнуровывания части клеточной поверхности.

рушает белковую оболочку вируса, и освобожденная нуклеиновая кислота легко проникает внутрь клетки. Внутри чувствительной клетки, оказывается, имеются все необходимые компоненты для формирования вирионов.

Специальными опытами установлено, что вирус может проникнуть только в те клетки, которые содержат соответствующий фермент и все необходимые соединения (тканевый тропизм вируса) для репликации нуклеиновой кислоты. Может быть и другой способ проникновения вируса в клетку. Клетка псевдоподиями обволакивает адсорбированные частицы вируса на поверхности клеточной стенки, и вирус попадает в протоплазму клетки. Здесь она своими ферментами разрушает оболочку вируса. Свободная от белковой оболочки нуклеиновая кислота (ДНК или РНК) проникает в ядерный аппарат, и здесь происходит репликация ее. Синтез вирусных белков (структурных и ферментативных) протекает на рибосомах цитоплазмы. В последней фазе происходит формирование зрелых вирусов и выход их из клетки. Необходимо отметить, что в процессе формирования вирионов происходит не только синтез белковых мономеров вокруг молекулы нуклеиновой кислоты, но и одновременно идут сложные процессы, связанные с участием клеточных структур. В результате этого происходит включение в вирионы белковых, углеводных и липондных компонентов клетки-хозяина, а также формирование оболочек вокруг вируса (рис. 92).

Установлено (например, у вирусов гриппа, полиомиелита и др.), что в начальной фазе цикла развития вируса (или бактериофага) в клетке наступает период, в течение которого не удается существующими методами выявить его присутствие и его инфекционные свойства, как будто вирус исчез. Поэтому этот период принято называть **эклиптическим** или **эклипсным** (от греч. эклипс — исчезновение). И только через определенный промежуток времени появляются созревшие вирусы, которые затем выделяются из клетки.

Пораженная вирусом клетка чаще всего гибнет, так как в ней нарушается обмен веществ, изменяются органеллы клетки, расходуются ее ресурсы на репродукцию вирусных частиц и т. д. Ответной реакцией чувствительной клетки на действие вируса (вернее ее нуклеиновой кислоты) является образование характерных **внутриклеточных включений**, описанных выше.

Интерференция. Отмечено любопытное явление, что при адсорбции и заражении клеток одним вирусом эти клетки являются уже недоступными для других видов вируса, к которым они чувствительны. Такое явление получило название интерференции. Это открытие имеет практическое значение. Если ввести вирус малой вирулентности, он может вызвать легко протекающие заболевания. Животное остается живым при внедрении другого вируса, вызывающего в обычных условиях смертельную инфекцию. К сожалению, интерферируют между собой не все вирусы, а лишь некоторая часть их. Такое явление отмечено у вирусов животных и бактериофагов.

Противовирусный иммунитет. После вирусных заболеваний часто наступает прочный, пожизненный иммунитет (например, при кори, оспе у людей, чуме собак, оспе овец и т. д.). Однако в некоторых случаях он бывает непродолжительным, например при катаре верхних дыхательных путей лошадей. Фагоцитоз при вирусных заболеваниях, по-видимому, не играет заметной роли в создании противовирусного иммунитета. Специфическим антителам отводится ведущая роль в создании иммунитета при вирусных заболеваниях. При этом отмечены особенности: антитела, введенные в организм или в культуру ткани до или одновременно с вирусом, предохраняют клетки от заражения. Но когда произойдет контакт вируса с чувствительными клетками, антитела уже бессильны предотвратить заболевание. Поэтому вводить противовирусные сыворотки после наступления признаков болезни бесполезно. С профилактической целью до возможного заражения и даже вскоре после него (пока вирус не адсорбировался и не проник в чувствительные клетки) вводить сыворотки нужно. Активный иммунитет к вирусам создается вакцинацией живыми или убитыми вакцинами.

Антигены и антитела вирусов. Антигены по своему составу очень сложны. Вирусные антигены принято разделять на две категории: одни из них неотделимы от вирусной частицы, другие, так называемые растворимые антигены, легко отделяются от нее. *Неотделимые антигены* обладают основными свойствами вируса: инфекционностью и токсичностью, иммуногенностью, способностью вызывать реакцию гем-

агглютинации. *Растворимые антигены* не обладают вышеприведенными свойствами, они участвуют в реакции связывания комплемента (РСК).

Антитела, как уже указывалось, являются основным защитным фактором при вирусных инфекциях. Природа и механизм образования их примерно такой же, что и при других инфекционных заболеваниях (образуются такие же виды антител, что и при бактериальных: агглютинины, преципитины, антитела, нейтрализующие патогенную активность вируса, и др.). Эти антитела используются с диагностической целью в реакциях иммунитета (например, при повальном воспалении легких крупного рогатого скота) для определения наличия вируса в исследуемом материале и др.

Неспецифические, естественные факторы защиты при вирусных инфекциях. По сравнению с бактериальными вирусные инфекции имеют свои особенности. Естественная устойчивость организма к вирусам, являющимся облигатными внутриклеточными паразитами, обеспечивается факторами, которые или совсем не допускают вирус в клетку, или создают такие условия в ней, что репродукция проникшего в нее вируса (ДНК или РНК) становится невозможной. К первой категории неспецифических факторов защиты относят так называемые ингибиторы, ко второй — интерферон.

И н г и б и т о р ы по химическому составу относятся к мукопротеидам и липопротеидам. При наличии в организме (в крови, слюне, моче, тканях и органах) веществ, химически сходных с рецепторами клетки или тождественных им, эти вещества могут вступать в соединение с вирусами, при этом блокируют его активные энзиматические участки. После этого вирус теряет способность адсорбироваться на чувствительной клетке, и развитие вирусной инфекции не наступает.

И н т е р ф е р о н — полипептидное вещество, вырабатываемое клеткой организма. Интерферон не влияет ни на фиксацию, ни на проникновение вирусных частиц. Его присутствие препятствует репродукции (размножению) вируса в чувствительной клетке и тем самым предотвращает развитие вирусной инфекции. Количество интерферона в клетке увеличивается сразу же после поступления в нее вируса. Это вещество (белок низкого молекулярного веса — 64 000) обладает универсальным противовирусным действием. Например, при заражении куриного эмбриона вирусом гриппа получен интерферон, который оказывает губительное действие на вирусы гриппа, осп-вакцины, герпеса, саркомы Роуса. Работы по изучению интерферона интенсивно ведутся как в нашей стране, так и за рубежом. Проверяются его терапевтические и профилактические свойства при различных вирусных инфекциях.

Л а т е н т н ы е в и р у с ы и н ф е к ц и и. Ряд вирусных заболеваний протекает без видимых клинических признаков. При этом человек или животное является вирусоносителем и в некоторых случаях вирусовыделителем, например при инфекционной анемии лошадей, при гриппоподобном заболевании человека и животных, вызываемых вирусом Сендай, при оспе кроликов и др.

ВОЗБУДИТЕЛИ ОСНОВНЫХ ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЖИВОТНЫХ

Пастерелла. Пастереллез, или геморрагическая септицемия, — инфекционная болезнь многих домашних и диких животных. Вызывается овоидной бактерией *Pasteurella*. Название пастерелла присвоено в честь Пастера, открывшего этот микроб. Возбудитель единый для животных всех видов, имеет общие морфологические и культуральные свойства, отличаясь лишь патогенностью в отношении животных определенных видов*.

Морфологические и культуральные свойства. Микроб (в крови и тканях организма) имеет форму короткой палочки (овоида) длиной 1,5 мкм, шириной 0,25—0,5 мкм, с закругленными концами. Палочка не образует спор, неподвижна, по Граму не красится; при непродолжительном воздействии растворами анилиновых красителей окрашивается весьма характерно: на полюсах интенсивно, в центре — очень слабо или не окрашивается. В связи с характерной окраской микроб назван биполяром (см. цв. табл. III). На мясопептонном бульоне образует характерный рост в виде равномерной мути с последующим образованием слизистого осадка на дне пробирки. При встряхивании пробирки осадок поднимается в виде косички. На мясопептонном агаре через 24—36 часов выдерживания в термостате появляются мелкие просвечивающиеся колонии, напоминающие капельки росы. Желатин не разжижает, по уколу образует беловатый стержень. Возбудитель относится к факультативным аэробам.

Патогенность. Бактерии геморрагической септицемии наиболее патогенны для животных того вида, который заражается ими в естественных условиях. Гибель животного после заражения может наступить через 12—24 часа, а иногда через несколько дней, что зависит от организма животного и вирулентности микроба.

Устойчивость пастерелл небольшая: в жидкой среде они гибнут при 58—60° через 15—20 минут, при высушивании — в течение двух или трех суток, под воздействием солнечных лучей — через несколько минут. Более продолжительное время пастереллы сохраняются в гниющих трупах, в воде и почве (от 1 до 3 месяцев). В навозной жиже, кале, земле, комбикорме, зерне, сеной трухе, в воде

* Название микроба изменяется в зависимости от вида животных, у которых он выделен: *Pasteurella bovis* (от кр. пор. скота), *Pasteurella ovis* (от овец), *Pasteurella avis* (возбудитель холеры кур). Биполярная палочка *Bact. pestis* относится к роду *Pasteurella* и является возбудителем чумы человека, грызунов и верблюдов. Больные верблюды представляют опасность в заражении людей чумой.

жизнеспособность сохраняется до 12 суток. Химические вещества, употребляемые для дезинфекции, убивают их через несколько минут.

✓ Распространение в природе. Пастереллы широко распространены в природе (в почве и воде) как сапрофиты, обнаруживаются и на слизистых (чаще дыхательных путей) оболочках здоровых животных. При прохождении через ослабленный организм или организм соответствующих лабораторных животных вирулентность микроба усиливается.

Специфическая диагностика и профилактика. Для лабораторного исследования берут от свежих трупов кровь из сердца, кусочки печени, селезенки и трубчатую кость. Бактериологическое исследование состоит из микроскопирования препарата, получения культуры возбудителя и заражения подопытных животных.

С профилактической целью против пастереллеза крупного рогатого скота, овец и свиней применяется прещипитированная формолвакцина или полужидкая формолвакцина АзНИВООС, а также (для скота всех видов и птиц) сыворотка против геморрагической септицемии; иммунитет при этом создается кратковременный (10—12 дней). Лечение сывороткой дает хороший результат только в первые сутки заболевания. С лечебной целью при пастереллезе применяют стрептомицин, а также пенициллин (Казарин, 1953).

Бактерии кишечно-паратифозной группы. Кишечно-паратифозная группа объединяет большое количество микробов. Среди них различают бактерии группы *coli-aërogenes* и паратифозные.

Все бактерии кишечно-паратифозной группы характеризуются прежде всего общими морфологическими признаками. Это короткие палочки с закругленными концами, спор не образуют, хорошо окрашиваются анилиновыми красителями, грамотрицательны, подвижны, за исключением возбудителей пуллороза и тифа кур. Все они хорошо растут на обычных питательных средах в аэробных и анаэробных условиях. Желатин не разжижают. Ввиду большого внешнего сходства бактерий кишечно-паратифозной группы важное значение имеет дифференциальная диагностика отдельных видов и разновидностей по биохимическим и серологическим свойствам.

Для определения биохимических свойств бактерий готовят специальные цветные питательные среды, содержащие различные углеводы (лактозу, глюкозу, сахарозу и др.), и химические красящие вещества — индикаторы, например лакмус, фуксин, нейтральрот и др., которые служат показателями изменения реакций среды под влиянием жизнедеятельности тех или иных микробов.

Наибольшей биохимической активностью обладает кишечная палочка, меньшей — паратифозные бактерии (табл. 6). В отношении патогенности, наоборот, паратифозные бактерии превосходят представителей кишечной группы. Кишечная палочка сбраживает ряд углеводов с образованием кислоты и газа; паратифозные микробы также расщепляют углеводы с образованием кислоты и газа, но в отличие от первых не сбраживают лактозу. Поэтому, чтобы отличить кишечную

палочку от паратифозных микробов, готовят питательную среду с добавлением лактозы и индикатора, например среды Эндо, Левина, бактоагар и др. При посевах на эти среды кишечная палочка расщепляет лактозу с образованием кислых продуктов, которые изменяют цвет индикатора и окрашивают колонии в соответствующий цвет. Паратифозные микробы при своем росте не изменяют среды, колонии их не окрашены.

Таблица 6

Биохимические свойства некоторых микробов кишечно-паратифозной группы

Микроб	Лак-тоза	Глю-коза	Ман-нит	Дуль-цит	Ара-бино-за	Сero-во-до-род	Индол	Пато-ген-ность для мышей
<i>Escherichia coli</i>	к, г	к, г	к, г	к, г	к, г	+	+	±
<i>Salm. enter. Cärtneri</i>	—	к, г	к, г	к, г	к, г	±	—	+
<i>Salm. enter. Breslau</i>	—	к, г	к, г	к, г	к, г	+	—	+
<i>Salm. paratyphi B</i>	—	к, г	к, г	к, г	к, г	+	—	—
<i>Salm. suipestifer</i>	—	к, г	к, г	—	—	+	—	+
<i>Salm. abortus egui</i>	—	к, г	к, г	к, г	к, г	±	—	+
<i>Salm. pullorum</i>	—	к, г	к, г	—	к, г	+	—	+

Обозначения: к — кислота; г — газ; — нет реакции; + положительная реакция; ± чаще положительная реакция.

Бактерии группы *coli-aërogenes* принято делить на две подгруппы: *coli* и *aërogenes*. Типичный представитель первой подгруппы *Escherichia coli*, второй подгруппы — *Bact. aërogenes*. Их различие можно установить по подвижности и способности сбраживать углеводы (табл. 7).

Таблица 7

Биохимические свойства бактерий группы *coli-aërogenes*

Разновидность	Подвижность	Сбраживание	
		сахарозы	дульцита
<i>Escher. coli</i>	Подвижная	—	+
<i>Escher. coli communior</i>	»	+	+
<i>Bact. acidi lactici</i>	Неподвижная	—	—
<i>Bact. aërogenes</i>	»	+	—

Паратифозные бактерии составляют особый род, имеющий большое количество видов. Для дифференциации бактерий внутри этой группы используют биохимические, патогенные и серологические свойства (реакция агглютинации с заведомо известными специфическими иммунными сыворотками).

Патогенность. Представитель группы *coli-aërogenes* — кишечная палочка — может быть сапрофитом в кишечнике животных и человека и возбудителем тяжелого заболевания молодняка сельско-

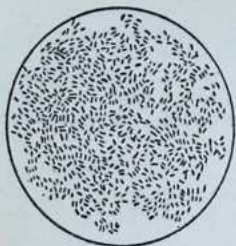


Рис. 93. Кишечная палочка.

хозяйственных животных в первые дни его жизни — колибактериоз. Бактерии паратифозной группы являются возбудителями паратифов сельскохозяйственных животных, в том числе птиц; у человека и плотоядных животных они вызывают мясные отравления.

Возбудитель колибактериоза. Колибактериозом болеет молодняк животных всех видов, в том числе птицы, в первые дни жизни, чаще всего в хозяйствах, не соблюдающих правил зоогигиены и санитарии. В последние годы появилось сообщение, что возбудитель колибактериоза вызывает так

называемую отечную болезнь поросят. Шведские исследователи утверждают, что в результате колибактериальной инфекции возможны случаи бесплодия коров. Иногда *E. coli* может вызывать цистит (воспаление слизистой оболочки мочевого пузыря), перитонит (воспаление брюшины), холецистит (воспаление желчного пузыря), абсцессы (гнойные воспаления), сепсис у взрослых животных. Возбудитель колибактериоза — *Escherichia coli*.

Морфологические и культуральные свойства *E. coli* — это короткая палочка (длиной 1,3 мкм, шириной 0,5—0,8 мкм) (рис. 93), подвижная, хорошо красится обычными анилиновыми красителями, по Граму — отрицательно. К питательным средам нетребовательна, оптимальная температура роста 37°, но может расти и при 44—46°. На мясопептонном агаре через 18—24 часа образует мутные, влажные, слабовыпуклые колонии. На мясопептонном бульоне дает хороший рост с интенсивным помутнением среды и образованием серовато-белого осадка. На среде Эндо образует красные колонии с металлическим блеском. *E. coli* продуцирует экзотоксин (термолабильный) и эндотоксин (термостабильный); выдерживает нагревание до 90—100°.

Устойчивость. Кишечная палочка обладает относительно большой устойчивостью во внешней среде. В воде и почве она в обычных условиях сохраняется несколько месяцев. Против высоких температур малоустойчива, при 60° гибнет через 15 минут. Дезинфицирующие вещества — 5—10%-ная хлорная известь, 3%-ный раствор лизола, 5%-ный раствор карболовой кислоты и др. — вызывают гибель палочки через несколько минут.

Распространение в природе. Кишечная палочка — нормальный обитатель кишечника человека, животных, в том числе птиц. Ее можно обнаружить в кишечнике животных уже в первые дни жизни, куда она попадает с пищей. Вместе с калом она выделяется из кишечника в окружающую среду. В связи с этим почва и вода всегда загрязнены кишечной палочкой. В большом количестве встречается эта палочка в сточных водах. При нарушении санитарных правил может произойти загрязнение кишечной палочкой пищевых продуктов, осо-

ленно молока, в котором она при благоприятной температуре быстро размножается.

Специфическая диагностика и профилактика. Для бактериологического исследования берут кровь из сердца, лимфатические узлы, часть легкого с нормальной и измененной тканью, кусочки печени с желчным пузырем, селезенку, отрезки двенадцатиперстной кишки и толстого отдела кишечника (перевязанные лигатурой), трубчатую кость. Из этого материала производят посев на среду Эндо. Когда появится рост, типичные для кишечной палочки колонии пересевают на агар, желатин, молоко, лакмусовое молоко, цветные среды (лактозу, глюкозу, мальтозу, маннит, сахарозу), из колоний делают мазок и окрашивают по Граму.

При испытании с профилактической целью вакцины не дали положительного результата, поэтому в неблагополучных по колибактериозу хозяйствах с целью профилактики всем новорожденным телятам делают предохранительную прививку антиколибактериозной сывороткой. Иммунитет наступает на срок от двух до четырех недель. Можно применять и бивалентную колипаратифозную сыворотку.

Иммунную сыворотку используют и для лечения больных, но положительный результат она дает лишь в самой начальной стадии заболевания. С профилактической и лечебной целью советские исследователи Квеситадзе, Шерстобаев и другие предложили против колибациллеза колибактериофаг.

При колибактериозе с лечебной целью применяют антибиотики: синтомицин, тетрациклин, окситетрациклин. Большой лечебной эффективностью обладают мицерин, колимицин и мономицин (доза 10 тыс. ед. на 1 кг веса животного), а также полимиксин (10—20 тыс. ед.) (В. И. Проданов, Б. К. Бабкин, 1964).

Возбудитель паратифа телят. Паратиф — острое инфекционное заболевание телят. Возбудителями его могут быть *Bact. enteritidis Gärtneri*, реже — *Bact. enteritidis Breslau* и совсем редко — *Bact. paratyphi B*.

По предложению Международного съезда микробиологов (1934) паратифозные бактерии называют салмонеллами в честь Салмона, открывшего в 1885 г. первого представителя этой группы — *Salmonella suipestifer*, поэтому этих же возбудителей называют еще *Salmonella enteritidis Gärtneri*, *Salmonella enteritidis Breslau*, *Salmonella paratyphi B*. (рис. 94).

Морфологические и культуральные свойства. Это — короткие палочки, длиной 2—4 мкм, шириной 0,5—1 мкм, с закругленными концами, подвижные, спор и капсул не образуют, красятся по Граму

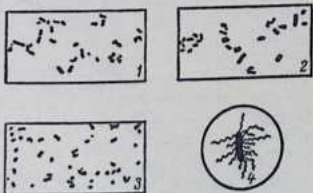


Рис. 94. Разные представители паратифозной группы бактерий:

1 — *S. paratyphi B*; 2 — *S. enteritidis Gärtneri*; 3 — *S. suipestifer*; 4 — жгутики у паратифозных бактерий.

отрицательно. На мясопептонном агаре растут в виде полупрозрачных круглых колоний, иногда со слегка вдавленным центром, края колоний ровные. В дальнейшем колонии мутнеют и сливаются в налет серо-белого цвета. На мясопептонном бульоне образуют муть, иногда нежную пленку.

Устойчивость. Во внешней среде жизнеспособность паратифозных микробов может сохраняться продолжительное время: в пыли — 4—5 месяцев, в испражнениях — до двух лет и больше, в стерильной воде — до 8 месяцев, в молоке — 2 месяца. При 80° микробы гибнут в течение 10 минут, при 60—65° — в течение 1—2 часов, от дезинфицирующих веществ (хлорной извести, карболовой кислоты и пр.) — через несколько минут.

Распространение в природе. Носителями паратифозных бактерий могут быть больные и выздоравливающие коровы и телята всех возрастов (бактерионосители и бактериовыделители). С калом и мочой бактерии выделяются в окружающую среду (почву, воду, подстилку, корма, предметы ухода). Животные заражаются чаще всего через пищеварительный тракт и внутриутробно, иногда через дыхательные пути. Инфекция распространяется главным образом при совместном содержании больных со здоровыми.

Специфическая диагностика и профилактика. Для бактериологической диагностики берут те же материалы, что и при колибактериозе. Порядок исследования тот же; кроме того, выделенные культуры проверяют реакцией агглютинации со специфическими агглютинирующими сыворотками.

В хозяйствах, неблагополучных по паратифу, новорожденным телятам вводят с профилактической целью через 2—3 часа после рождения сыворотку, а по истечении 10 дней — вакцину под кожу двукратно с промежутком в 3 дня. Иммулитет сохраняется до 6 месяцев. При паратифе телят хорошее лечебное действие оказывают синтомицин, хлортетрациклин; антибиотики даются с водой или молоком (в дозах — синтомицин 0,02—0,03 г/кг; тетрациклин 0,01 г/кг) 2—4 раза в день до клинического выздоровления, для закрепления результатов еще 1—2 дня.

Возбудитель паратифа поросят. Поросята восприимчивы к паратифу обычно до четырехмесячного возраста. Возбудитель — *Salm. suispestifer*.

Морфологические и культуральные свойства бактерии в общем сходны со свойствами других салмонелл, а биохимические показаны в таблице 6.

Специфическая профилактика. Против паратифа поросят предложена вакцина. Она содержит паратифозные бактерии и эндотоксины. С профилактической и лечебной целью применяют специфическую иммунную сыворотку. С лечебной целью при паратифе поросят рекомендуют давать тетрациклин, 0,01 г на 1 кг живого веса 2—3 раза в день до клинического выздоровления, а затем еще в течение двух дней.

Возбудитель пуллороза (белого поноса) цыплят. Пуллорозом цыплята заражаются с первого по двадцатый день жизни. У больных отме-

чается понос (испражнения белого цвета), поэтому болезнь называется еще белым поносом. Протекает пуллороз в острой форме, вызывает большую смертность. У взрослой птицы болезнь принимает хроническую, скрытую (латентную) форму. Возбудитель — *Bact. pullorum*. К пуллорозу восприимчивы также индейки, воробьи, овсянки, канарейки, голуби. От больных цыплят заражаются утята и гусята. Утки и гуси мало восприимчивы к пуллорозной инфекции. Из лабораторных животных заболевают кролики, морские свинки и мыши.

Морфологические, культуральные и биохимические свойства возбудителя пуллороза сходны со свойствами бактерий паратифозной группы; отличие лишь в том, что он неподвижен и не изменяет инозит и ксилозу.

Устойчивость. В фекалиях определенной влажности микробы сохраняются более 100 дней, в воде — более 200 дней. При температуре 60° гибнут через полчаса, кипячение убивает их через одну минуту, дезинфицирующие вещества — через несколько минут.

Распространение в природе. Носителями пуллорозных бактерий могут быть взрослые птицы и цыплята, как больные, так и выздоравливающие (бактерионосители и бактериовыделители). С испражнениями бактерии выделяются в окружающую среду — почву, воду, подстилку, корма и пр. Заражение происходит через пищеварительный тракт. В хозяйствах, неблагополучных по пуллорозу, у большинства кур-несушек можно обнаружить в яйцниках *Bact. pullorum*. Такие куры могут передавать возбудителя через яйца выводящимся из них цыплятам. Последние появляются на свет уже зараженными пуллорозом.

Специфическая диагностика и профилактика. Для бактериологического исследования берут несколько трупов цыплят, высевы делают на МПБ и МПА из крови сердца, желчного пузыря, селезенки и костного мозга. Выделенные чистые культуры определяют (дифференцируют) путем посева на цветной ряд и по реакции агглютинации со специфическими агглютинирующими сыворотками.

Серологическая диагностика применяется с целью своевременного выявления зараженных кур и цыплят и удаления их из общего стада. В неблагополучных по пуллорозу хозяйствах птицу исследуют методом реакции агглютинации не менее трех раз в год до полного оздоровления стада от пуллороза. Реакция агглютинации чаще всего проводится ускоренным кровянокапельным методом. Специфическая профилактика не разработана.

При пуллорозе с профилактической и лечебной целью применяют хлортетрациклин.

Кроме перечисленных инфекций, паратифозные бактерии могут быть причиной абортос у кобыл и овец.

Возбудитель туберкулеза. Туберкулез — хронически протекающая болезнь животных, птиц и человека. Возбудитель *Mycobacterium tuberculosis* открыт в 1882 г. Робертом Кохом.

Морфологические и культуральные свойства. Туберкулезная палочка тонкая, иногда изогнутая, длиной 1,5—3,5 мкм и толщиной 0,3—0,5 мкм (см. цветн. табл. I), неподвижна, спор и капсул не образует. Помимо тонкой палочки, в культурах часто обнаруживаются нитевидные формы, достигающие 10 мкм в длину и имеющие разветвления.

Туберкулезная палочка трудно окрашивается анилиновыми красителями. Для ее окрашивания пользуются методом Циль — Нильсена. Туберкулезные бактерии относятся к кислото- и спиртоустойчивым, то есть они довольно устойчивы к воздействию 5—10%-ных растворов серной и соляной кислот и спирта. Кислотоустойчивость палочки объясняют присутствием в теле палочек жировосковых веществ.

Установлена фильтрующаяся (авизуальная) форма туберкулезной палочки. При проведении через организм морской свинки фильтрующихся форм их удается перевести в видимую (визуальную) форму.

На обычных питательных средах туберкулезные бактерии почти не растут; в аэробных условиях на специальных средах, преимущественно с прибавлением глицерина, дают медленный рост — через 7—14 дней. На мясопептонном агаре с 2—3% глицерина спустя 8—10 дней туберкулезная палочка образует сухой налет, переходящий в бородавчатые образования (см. цв. табл. IV). На мясопептонном бульоне с 4—5% глицерина через 10—15 дней после посева на поверхности среды появляется пленка, бульон остается прозрачным. При опускании на дно кусочки пленки дают шаровидные белые колонии, напоминающие ягодные.

Типы туберкулезного возбудителя. В зависимости от происхождения и патогенности различают: возбудителя туберкулеза человека (*Tubus humanus*), возбудителя туберкулеза преимущественно крупного рогатого скота (*Tubus bovinus*), возбудителя туберкулеза птиц — кур, гусей, уток (*Tubus gallinaceus*). Предполагают, что все три типа представляют собой разновидности единого возбудителя, который в процессе длительного паразитирования приспособился к разным видам животных.

Патогенность. Из домашних животных наиболее чувствительны к туберкулезу крупный рогатый скот, меньше — свиньи и лошади, козы и плотоядные. Овцы мало восприимчивы к этой болезни. Из домашней птицы легко заражаются туберкулезом куры, в меньшей степени — гуси и утки. Туберкулезная палочка наиболее патогенна для того вида животных, от которого она выделена.

Человек заражается главным образом возбудителями туберкулеза человека и рогатого скота. Дети легко заражаются при питании молоком от туберкулезных коров. Тип птичьего туберкулеза вызывает заболевание у человека очень редко. Птичьим типом туберкулеза легко заражаются свиньи. За последние годы установлено (Юсковец и др.), что может заражаться и крупный рогатый скот, однако в органах не обнаруживается специфических поражений туберкулезного характера. Выявлен еще тип туберкулезной палочки холоднокровных, но для человека он совсем не опасен. В 1937 г. из организма мышей был выделен

мышинный тип (*Typhus murium*), он патогенен для мышинных пород. Тип возбудителя туберкулеза рогатого скота патогенен также для птиц, лошадей, коз, собак, свиней, кошек. Особенно чувствительны к туберкулезу свиньи в возрасте до года. Рогатый скот сравнительно устойчив против возбудителя туберкулеза человека.

Устойчивость. Туберкулезная палочка обладает значительной стойкостью против химических и физических воздействий. В высушенной мокроте, кусочках пораженной ткани и пыли бактерии сохраняются от 2 до 7 месяцев и больше. Гниение не разрушает микробы до 76—167 дней. В воде микроб сохраняется 5 месяцев, в почве 7. Низкие температуры совершенно не влияют на его жизнеспособность.

Туберкулезная палочка чувствительна к воздействию прямых солнечных лучей, особенно ультрафиолетовых. При рассеянном свете она остается жизнеспособной 40 дней и больше. К нагреванию чувствительна. Во влажной среде гибнет при 70—80° через 5—10 минут, при 100° — моментально. В мокроте и слизистых материалах гибнет при кипячении через 10 минут. В молоке гибель наступает при температуре 85° в течение 30 минут (И. А. Артюх и сотр.), поэтому молоко от животных, реагирующих на туберкулез, рекомендуется пастеризовать при 85° в течение 30 минут или кипятить. В сыром молоке сохраняется 9—10 дней, в скисшем молоке гибнет скорее, в масле сохраняется неделями, в сырах — до 4 месяцев. Под воздействием дезинфицирующих веществ гибнет через 12—24 часа.

Специальными опытами установлено, что пастбища, орошаемые сточными водами, содержащими 10^2 — 10^{12} туберкулезных бактерий в 1 мл, могут служить источником заражения животных в течение нескольких дней.

Распространение в природе. Возбудитель выделяется во внешнюю среду с мокротой, а также с мочой и калом больного. Попадая в почву, воду, навоз, возбудитель может продолжительное время сохраняться жизнеспособным. Заражение животных происходит чаще всего через дыхательные пути (аэрогенно) и пищеварительный тракт (алиментарно).

Специфическая диагностика и профилактика. Для исследования берут молоко, мокроту, пораженные органы (легкие, печень, лимфатические узлы павших и убитых животных).

Микробиологическое исследование состоит из микроскопии мазков патологического материала (мокроты, гноя и пр.), выделения чистой культуры туберкулезной палочки и заражения лабораторных животных. При микроскопии препаратов, окрашенных по методу Циля — Нильсена, обнаруживаются кислотоустойчивые палочки красного цвета. Если у больного имеются клинические признаки или в органах трупа или убитого животного обнаруживаются патологоанатомические изменения, вопрос о заболевании туберкулезом при положительных данных микроскопии решается утвердительно. В случае необходимости из исследуемого материала делают посевы (для получения чистой культуры) и заражают лабораторных животных.

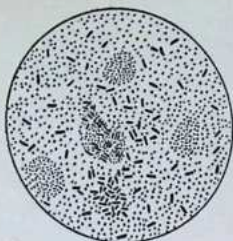


Рис. 95. Палочки возбудителя рожи свиней.

Аллергическая диагностика проводится посредством туберкулина. Реакция на введенный туберкулин проявляется различно, в зависимости от способа введения аллергена животному. Туберкулин можно вводить внутрикожно, подкожно и на конъюнктиву глаза. Наиболее чувствительна внутрикожная проба, в связи с чем последняя была узаконена в СССР как основной метод проверки скота на туберкулез. На месте инъекции туберкулина при положительной реакции развивается ограниченный воспалительный отек.

Специфическая профилактика. В отличие от многих инфекций,

при которых после освобождения организма от возбудителя сохраняется иммунитет (стерильный), при туберкулезе повышенная устойчивость бывает в том случае, если в организме есть инфекционный очаг (нестерильный, инфекционный иммунитет).

В 1924 г. французские ученые Кальметт и Герен приготовили вакцину, которая получила название BCG (БЦЖ). Она представляет собой взвесь живых, но ослабленных туберкулезных палочек в жидкости. Вакцина получила широкое применение для профилактики туберкулеза у детей.

Возбудитель рожи свиней. Рожь свиней — септическая бактериальная инфекция. Возбудитель *Bact. rhusiopathiae suis* (*Erysipelothrix rhusiopathiae*).

Морфологические и культуральные свойства. Бактерия представляет собой тонкую прямую или несколько изогнутую палочку. Неподвижна, спор и капсул не образует, по Граму красится положительно, располагается поодиночке (рис. 95), попарно или небольшими кучками. Бульон через 24—48 часов мутнеет, на дне образуется осадок, который при встряхивании пробирки поднимается в виде облачка. На агаре через несколько дней можно обнаружить очень маленькие колонии в виде мелких капель росы. Весьма характерно растет на желатине; по линии укола через 5—8 дней появляются лучистые горизонтальные ответвления, принимая форму ламповой щетки или щетки для мытья пробирок. Желатин не разжижает.

Патогенность. Наиболее чувствителен к роже свиней молодняк (поросята) в возрасте 3—12 месяцев. Рожистая бактерия заразна для всех видов домашних животных, в том числе птиц. Особенно восприимчивы овцы, преимущественно ягнята в возрасте старше 3—4 недель. Заболевание у них протекает в септической форме (с поражением суставов, сердца, бронхов, легких). Из птиц чаще заражаются индейки, затем фазаны, куры, голуби, воробьи, редко гуси и утки. Рожь свиней заражается и человек.

Устойчивость. Палочка рожи свиней относится к устойчивым бактериям, так как содержит большое количество липоидных

веществ. В гниющих трупах сохраняется до 280 дней. В кусках свинины бактерии обнаруживаются по истечении трех месяцев после копчения, в солонине — через 170 дней. Куски свиного мяса толщиной до 15 см, чтобы убить в них рожистую палочку, необходимо проваривать в течение $2\frac{1}{2}$ часов; жарение и тушение не убивают бактерии. Высушивание и замораживание не убивают микроб в течение нескольких месяцев.

Есть сообщения, что в почвах с щелочной реакцией рожистые бактерии (в трупах) могут даже размножаться в продолжение летних теплых месяцев. Дезинфицирующие вещества (1%-ная хлорная известь, 3%-ный раствор креолина, 5%-ный раствор карболовой кислоты и др.) быстро убивают палочку.

Распространение в природе. Возбудитель выделяется во внешнюю среду больными животными. Попадая в почву, воду, навоз, микроб продолжительное время сохраняется жизнеспособным. При прохождении через восприимчивый организм (свиньи, голубя) вирулентность его повышается для свиней и кроликов. Многократное проведение культур рожки свиней через организм кроликов понижает вирулентность микробов.

Специфическая диагностика и профилактика. Для лабораторного исследования берут от свежих трупов кровь из сердца, кусочки печени, селезенки и трубчатую кость. При жизни животного возбудителя можно обнаружить в крови, взятой из мест поражения кожи. Бактериологическое исследование состоит из микроскопирования мазков, приготовленных из крови и паренхиматозных органов, получения культуры возбудителя и заражения лабораторных животных.

Для создания активного иммунитета свиньям прививают гидроокисальноминиевую формовакцину. Иммунитет у привитых свиней наступает только на 6 месяцев. Для создания кратковременного иммунитета (12—14 дней) применяют противорожистую иммунную сыроворотку.

Хороший лечебный результат получен от применения гипериммунной сыворотки и пенициллина (2000 ед. на 1 кг веса + лечебная доза сыворотки); применяют также экмоновоциллин, стрептомицин, эритромицин.

Возбудитель бруцеллеза. Бруцеллез — заразное заболевание животных, которое может передаваться от них человеку. Вызывается тремя разновидностями бактерий, объединенных в общий вид *Brucella*, названный так в честь ученого Брюса, впервые выделившего возбудителя болезни.

Различают три типа бруцелл: *Brucella melitensis* — возбудитель бруцеллеза мелкого рогатого скота (овец и коз), особенно опасный для человека; *Brucella bovis* — возбудитель бруцеллеза в основном крупного рогатого скота и *Brucella suis* — возбудитель бруцеллеза свиней.

Морфологические и культуральные свойства. Бруцеллы разных типов морфологически и в отношении окраски не различаются. Представляют собой мелкие палочки с закругленными

концами, длиной 0,5—1,5 мкм, шириной 0,4—0,6 мкм (см. цв. табл. III). Встречаются и кокковидные формы. Неподвижны, по Граму красятся отрицательно, спор и капсул не образуют. Лучшая среда для выращивания бруцелл — мясопептонный печеночный агар и мясопептонный печеночный бульон. При первичном выделении из заразного материала рост бруцелл обнаруживается на 7—20-й день, а иногда и позже. Первичное выделение бруцелл крупного рогатого скота связано с некоторыми трудностями, так как *Brucella bovis* требует для своего роста повышенного (до 10%) содержания углекислоты в сосуде. На печеночном агаре бруцеллы образуют выпуклые мелкие круглые сероватые с голубоватым оттенком колонии, которые в дальнейшем сливаются. Печеночный бульон при росте бруцелл равномерно мутнеет, на дне пробирки образуется осадок. Желатин не разжижают. Молоко не свертывают.

Патогенность. Бруцеллезом заражаются все виды животных — крупный рогатый скот, овцы, свиньи, лошади, верблюды; отмечены случаи бруцеллеза у собак, кошек, домашней птицы. Для человека наиболее заразительны бруцеллы от коз и овец. Коровы, зараженные от овец, становятся опасными для человека, как и овцы. Из лабораторных животных к бруцеллезу наиболее восприимчивы морские свинки, заражаются также кролики и белые мыши, а в естественных условиях — серые крысы и зайцы.

Устойчивость. Под действием прямых солнечных лучей жизнеспособность бруцелл сохраняется 4 часа; в земле — от 37 до 100 дней; на одежде, загрязненной мочой больных бруцеллезом, — 14; в коровьем кале — до 45; при низкой температуре воздуха — до 160; в воде — до 75; в моче — 5—17 дней. Жизнеспособность бруцелл в искусственно зараженных сливках — 10 дней, в масле — от 41 до 67, в сырах — 42, в охлажденном молоке — от 6 до 8, в закишем молоке при комнатной температуре — от 1 до 4 дней. В овечьей шерсти, хранящейся на складе, бруцеллы погибают в течение 110—115 дней.

Из дезинфицирующих веществ 5%-ная свежегашеная известь убивает бруцеллы в течение 2 часов; 1—2%-ный раствор формалина — в течение 3 часов; 1—3%-ные растворы фенола, креолина, лизола — в течение часа. Летом в естественных условиях бруцеллы погибают быстрее, зимой могут сохраняться месяцами.

Распространение в природе. Во внешней среде бруцеллы выделяются в большом количестве зараженными бруцеллезом животными с абортированными плодом, плодовыми оболочками, истечением из родовых путей. При этом загрязняются подстилка, корма, стойло, сточные желоба, пастбища, вода. Зараженные животные могут рассевать бруцеллы даже за несколько дней до аборта с истечением из влагалища. Известны случаи, когда в зараженном стаде из молока нормально отелившихся коров с отрицательной реакцией агглютинации выделяли бруцеллы. С мочой бруцеллы могут выделяться в течение 26 месяцев.

Заражение бруцеллезом происходит через поврежденную и неповрежденную кожу и слизистые оболочки, через пищеварительный тракт

и половые пути. Человек заражается бруцеллезом главным образом от животных. В организм человека бруцеллы проникают через поврежденную и неповрежденную кожу, слизистые оболочки рта, губ, носа и глаз. Заражение происходит, когда незащищенными руками отделяют плод у бруцеллезных животных после родов или аборта, снимают шкуру с мертворожденного бруцеллезного ягненка, теленка, при употреблении в пищу сырого молока, брызги, сливки, масла, приготовленных из необезвреженного молока больных бруцеллезом животных.

Специфическая диагностика и профилактика. Для бактериологического исследования в лабораторию посылают абортирванный плод или перевязанный желудок с содержимым, вагинальное истечение, околоплодную жидкость и стерильно взятые пробы молока. Бактериологическая диагностика бруцеллеза состоит из бактериоскопии, выделения культуры и биологической пробы (заражение лабораторных животных).

Серодиагностика проводится методом реакции агглютинации. Положительным результат считается при наличии агглютинации начиная с разведения сыворотки 1 : 100 РА, с разведением сыворотки 1 : 50 признается сомнительным (у крупного рогатого скота). Помимо реакции агглютинации, для диагностики бруцеллеза пользуются более точным серологическим методом — реакцией связывания комплемента.

Аллергическая диагностика нашла широкое применение в распознавании бруцеллеза овец. В качестве аллергена используется предложенный советскими исследователями бруцеллизат и бруцеллогидролизат. Вводится он внутрикожно в области подмышечной складки. Реакция учитывается через 24—48 часов. При появлении отека на месте введения бруцеллизата реакцию считают положительной.

Специфическая профилактика. Установлено, что после 1—2 выкидышей коровы больше не абортируют, как и овцы. С целью создания искусственного иммунитета против бруцеллеза проверялись убитые вакцины, но это не дало положительных результатов. В настоящее время в Советском Союзе и за границей для иммунизации крупного рогатого скота применяется сухая вакцина из ослабленных культур *Brucella bovis*. Продолжительность иммунитета у привитых животных — не более 15—18 месяцев.

Применение вакцины с общим комплексом ветеринарно-санитарных и организационно-хозяйственных мероприятий ускоряет оздоровление хозяйств от бруцеллеза. В Советском Союзе многие районы и области уже полностью освобождены от бруцеллеза.

✓ **Возбудитель сибирской язвы.** Сибирская язва — острое и очень опасное инфекционное заболевание сельскохозяйственных животных. Возбудитель — *Bacillus anthracis*.

Морфологические и культуральные свойства. Бацилла сибирской язвы представляет собой палочку длиной от 4 до 8 мкм, шириной 1—1,5 мкм, она неподвижна, в присутствии кислорода

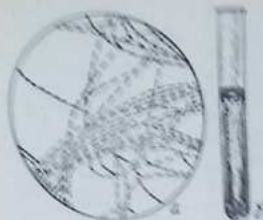


Рис. 96. Возбудитель сибирской язвы:
а — в чистой культуре; б — культура возбудителя в желатине по уколу.

образует споры, а в организме животного — капсулу (см. цв. табл. I). Красится всеми анилиновыми красителями, грамположительна. В неокрашенном состоянии бацилла имеет закругленные концы. В окрашенных мазках из крови и тканей погибшего животного концы палочек, обращенные друг к другу, резко обрублены или даже слегка втянуты, а свободные концы остаются закругленными (рис. 96). Бациллы располагаются одиночно, по две, чаще — в виде коротких цепочек.

Капсула является приспособлением против фагоцитоза и бактерицидных соков организма; этим она усиливает

вирулентность микроба. Образование капсулы происходит только в организме и не наблюдается на обычных питательных средах (МПА, МПБ). Споры в живом организме и в не вскрытом трупе не образуются. Образование спор наступает во вскрытом трупе при доступе кислорода, а также на питательных средах. Спорообразование не происходит, если температура ниже $+12$ и выше $+42^{\circ}$. Споры овальной формы, располагаются в середине микробной клетки, сильно преломляют свет.

К питательным средам бацилла нетребовательна, может расти даже в настоях из соломы, в экстрактах из зерен злаков, стеблей гороха и др. Размножается в аэробных условиях. Оптимальная температура роста от 30 до 37° . Наиболее характерный рост дает на мясопептонном агаре, где через 24 часа появляются пушистые белые колонии, похожие на снежинки. Края колоний неровные; даже под малым увеличением микроскопа видно, что они состоят из переплетающихся между собой локонов с нежными завитками по краям (см. цв. табл. III). Мясопептонный бульон остается прозрачным, на дне пробирки через 18—24 часа выпадает осадок из беловатых хлопьев, при встряхивании пробирки легко разбивающийся в равномерную зернистую массу. На мясопептонном желатине после посева в столбик среды через 2—5 суток появляется рост в виде беловатого стержня с отходящими в стороны отростками, более длинными у поверхности среды и постепенно укорачивающимися по направлению вниз. Рост напоминает елочку, опрокинутую вершиной вниз. Желатин близ культуры постепенно разжижается.

Патогенность. В естественных условиях наиболее восприимчивы овцы, лошади, крупный рогатый скот, олени, верблюды, козы, менее восприимчивы свиньи. Для мясоядных животных (собак, кошек, хищников) малопатогенен. Из лабораторных животных к возбудителю сибирской язвы чувствительны белые мыши, кролики и морские свинки. Восприимчив также человек.

Устойчивость вегетативной формы микроба против физических и химических воздействий небольшая. При температуре 50—55° она погибает в течение часа. Споры, однако, выдерживают десятиминутное нагревание при 110°. Сухой жар (140°) убивает споры спустя 3 часа. В почве споры могут сохраняться десятилетиями. Против низких температур бациллы, особенно споры сибирской язвы, устойчивы. Солнечный свет губительно действует на бациллы и споры, последние погибают после четырехдневного воздействия. Гниение быстро разрушает палочки сибирской язвы, особенно в трупах животных (1—2 дня); в гнилостных же материалах споры могут сохраняться длительное время.

Для уничтожения спор требуются более концентрированные растворы химических веществ. Растворы сулемы 1 : 1000 убивают споры за 12 минут, а по данным некоторых авторов — лишь через несколько часов; 1%-ный формалин и 10%-ный едкий натр — через 2 часа; 5%-ный фенол — через сутки.

Большой интерес представляют сообщения В. В. Архипова (1951), который установил, что корневые выделения клевера, ревеня, вики, пшеницы, ржи и чеснока в почве губительно действуют на сибиреязвенные микробы. Следовательно, в целях обезвреживания зараженных участков можно использовать посевы указанных выше растений. Антагонистически на микробы сибирской язвы действуют также кишечная палочка, стафилококки, гнилостные микроорганизмы и многие другие.

Распространение в природе. Первоисточником распространения заразного начала является больное животное, когда оно начинает выделять возбудителя в окружающую среду. В распространении инфекции имеет большое значение труп сибиреязвенного животного, так как микробы сибирской язвы заселяют все органы и ткани, в большом количестве находятся в крови, жидкостях (инфильтратах), подкожной клетчатке, иногда в кишечнике. В агональном (предсмертном) состоянии из естественных отверстий животного вместе с кровью выделяется в окружающую среду большое количество бацилл сибирской язвы, которые в присутствии кислорода воздуха переходят в споровые формы. Во вскрытых трупах также происходит спорообразование. Попадая в почву, как уже указывалось, споры могут сохраняться десятилетиями. Поэтому категорически запрещается вскрывать трупы при подозрении на сибирскую язву.

Споры сибирской язвы могут не только долго сохраняться, но и размножаться в почве. Однажды зараженная почва может длительное время быть источником инфекции. После весенних паводков или обильного дождя споры сибирской язвы могут разноситься на большие пространства, заражать луга, пастбища, воду и др. Поэтому источниками инфекции могут быть также неблагоустроенные скотомогильники. Переносчиками возбудителя сибирской язвы с больных животных на здоровых могут быть слепни. Заражение сельскохозяйственных животных часто происходит через корм и воду, инфицированные сибиреязвенными микробами. В природе могут встречаться бактерии, по форме

напоминающие микроба сибирской язвы, — ложносибиреязвенные бактерии, но они не патогенны, не образуют капсулу, подвижны.

Специфическая диагностика и профилактика. Для бактериологического исследования берут ухо павшего животного, которое предварительно перевязывают у основания в двух местах шпагатом и отрезают между перевязками. Место отреза на трупе прижигают огнем. Ухо сначала завертывают в марлю, смоченную раствором фенола или сулемы, затем в пергаментную или промасленную бумагу, упаковывают в плотный ящик и в таком виде отправляют с нарочным (а не по почте!).

Лучше посылать на исследование толстую каплю крови на предметном стекле, взятую из разреза уха или кончика хвоста. Место надреза надо прижечь, каплю крови накрыть сверху другим предметным стеклом, стекла закрепить вместе ниткой, завернуть в бумагу, упаковать в плотный ящик и отправить в лабораторию с нарочным. Бактериологическое исследование на сибирскую язву складывается из микроскопии мазков присланного материала, выделения чистой культуры и заражения лабораторных животных.

Серодиагностика основана на методе преципитации. Применяется главным образом для исследования кожевенного и мехового сырья и сильно загнившего материала, когда бактериологическая диагностика затруднена (преципитиноген при гниении не разрушается и устойчив против высокой температуры).

Для создания активного иммунитета против сибирской язвы сельскохозяйственным животным прививают вакцины Ценковского или гидроокисьюалюминиевую вакцину ГНКИ. Иммунитет у вакцинированных животных сохраняется 12—13 месяцев. Противосибиреязвенная сыворотка применяется с профилактической и лечебной целью. Иммунитет после введения сыворотки наступает через 2—3 часа и сохраняется 10—15 суток. Сыворотка дает хороший лечебный эффект, особенно при ранних стадиях заболевания. Применяется она также при лечении сибирской язвы человека. Сибиреязвенный микроб высокочувствителен к хлортетрациклину, пенициллину и стрептомицину. С лечебной целью рекомендуется применять противосибиреязвенную сыворотку с пенициллином.

Возбудители анаэробных инфекций. В эту группу входят возбудитель шумящего карбункула, возбудители раневых инфекций, возбудитель столбняка, возбудитель ботулизма, возбудитель некробациллеза и др. Возбудители анаэробных инфекций имеют много общего между собой: все они имеют форму палочек, по Граму красятся положительно, образуют споры, подвижны, за исключением возбудителя некробациллеза (палочка грамотрицательная, неподвижная, не образующая спор). Споры возбудителей анаэробных инфекций весьма устойчивы против химических и физических воздействий. Vegetативные формы малоустойчивы.

Культивируют анаэробные микробы на специальных питательных средах: в бульоне с кусочками печени (по Кит-Таронци), сахарном бульоне с нейтральротом, печеночном агаре с кровью и др. Для



Рис. 97. *Clostridium Chauvoei*.

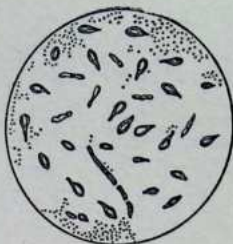


Рис. 98. Микроб эмфизематозного карбункула со спорами.

определения сахаролитической деятельности анаэробов используют жидкие среды с сахаром и индикатором (лакмусовая настойка).

Возбудитель эмфизематозного карбункула крупного рогатого скота. Эмфизематозный, или шумящий, карбункул (эмкар) — острое инфекционное заболевание крупного рогатого скота. Возбудитель — *Clostridium Chauvoei* *.

Морфологические и культуральные свойства. Возбудитель эмфизематозного карбункула представляет собой прямую толстую палочку (2—8 мкм длины и 0,6 мкм ширины) с закругленными концами (рис. 97). Палочки располагаются одиночно или парно и не образуют длинных нитей. Красятся по Граму положительно (в молодых культурах), подвижны, образуют овальные споры, имеющие форму лимона или веретена (рис. 98). Споры образуются как вне организма, так и в патологически измененных тканях (мышцах, подкожной клетчатке) больного животного.

На печеночном бульоне через 16—20 часов культура *Clostr. Chauvoei* дает равномерную муть, затем появляются хлопья, постепенно оседающие на дне пробирки, и бульон просветляется. В начале роста выделяется газ в виде пузырьков. Желатин разжижается. На поверхности глюкозно-кровяного агара возбудитель образует плоские колонии с небольшим возвышением в центре. Вокруг колоний появляется незначительная зона гемолиза.

Патогенность. В естественных условиях заражаются преимущественно крупный рогатый скот, редко — овцы и козы. Из лабораторных животных наиболее чувствительны морские свинки. Слуцаев заражения этой болезнью человека не описано.

Устойчивость возбудителя. Большой устойчивостью обладают споры. При кипячении они гибнут через 2—12 минут, а по другим данным — через 2 часа, в высушенном состоянии сохраняются от 9 до 18 лет. Из дезинфицирующих веществ на споры губительно действуют 3%-ный раствор формалина — разрушает споры за 15 минут, сулема 1 : 500 — в течение 10 минут.

* Произносится: Шовеи.

Распространение в природе. Во внешнюю среду (почву, воду и пр.) возбудитель попадает в результате поздней или небрежной уборки трупов животных, павших от этой болезни, а также во время вскрытия зараженных трупов. Попадая из трупов в почву, споры микроба много лет сохраняют способность заражать восприимчивых животных. Вот почему наибольшее количество заболеваний наблюдается в пастбищный сезон (почвенная инфекция), а новые вспышки эмфизематозного карбункула происходят часто после наводнения или ливней. Это можно объяснить вымыванием спор из глубоких слоев почвы на поверхность. Животные заражаются чаще всего через желудочно-кишечный тракт при поедании зараженного корма и с водой, зараженной спорами. Есть указания, что слепни и другие жалящие насекомые могут быть переносчиками возбудителя эмкара.

Специфическая диагностика и профилактика. Для бактериологического исследования лучше брать кусочки измененной мышечной ткани и посылать их в высушенном виде. Для этого пораженные мышцы разрезают на тонкие полоски и высушивают в тени под слоем марли (предохранение от мух). Этим материалом внутримышечно заражают морскую свинку и после ее гибели делают посевы на питательные среды. Полученные культуры определяют по характерному росту на глюкозно-кровяном агаре, по изменению молока, желатина и по химическим свойствам (на цветных средах).

Для создания активного иммунитета применяются гидроокисьалюминиевая формовакцина; иммунитет создается на 5—6 месяцев. Пассивный иммунитет сроком на 12—15 дней создается иммунной сывороткой (в дозе 15—20 мл). Сыворотка оказывает и лечебный эффект при введении ее в начальной стадии болезни (доза 100—200 мл). С лечебной целью пенициллин вводят вокруг опухоли и в центре ее по 100 тыс. ед. 3 раза в день в течение суток. Применяют также стрептомицин внутримышечно до 500 тыс. ед. в течение 2—3 дней.

Возбудитель злокачественного отека. Злокачественный отек, или газовая гангрена,— заболевание, возникающее как осложнение раневого процесса, вызываемое различными анаэробными микробами (*Vibrio septique*, *Clostr. oedematiens*, *Clostr. perfringens*). Для развития газовой гангрены не обязательно наличие всех перечисленных микробов. Чаще всего возбудителем болезни является *Vibrio septique*.

Морфологические и культуральные свойства. Возбудители злокачественного отека имеют форму палочек, подвижны (за исключением *Clostr. perfringens*), по Граму красятся положительно, образуют споры. Септический вибрион в отличие от других анаэробных бактерий на серозных оболочках образует длинные нити (до 500 мкм). В бульоне с кусочками печени возбудитель злокачественного отека дает равномерную муть; на кровяном агаре вокруг колоний появляется зона гемолиза; желатин разжижает. На искусственных питательных средах и в пораженных тканях организма выделяет сильнодействующие токсины.

Патогенность. В естественных условиях заболевание злокачественным отеком наблюдается у лошадей, крупного рогатого скота, овец, оленей, свиней, а также у человека (газовая гангрена).

Микроб проникает в организм через пораженную кожу или слизистые оболочки рта, зева и родовых путей. Возбудитель особенно быстро размножается, когда попадает в сильно поврежденную ткань с кровоизлияниями, где выделяет токсины и вызывает общую интоксикацию (отравление) организма.

Распространение в природе бактерий злокачественного отека очень большое. Они имеются в почве, сене, соломе, испражнениях, в кишечнике животных, трупях, ранах и т. д.

Специфическая диагностика и профилактика. Для бактериологического исследования в лабораторию посылают кровь из сердца, кусочки пораженной ткани, экссудат из грудной и брюшной полостей. Из этого материала делают мазки, окрашивают по Граму, проводят микроскопию, посевы на питательные среды и заражают морских свинок. Выделенные культуры определяют по морфологическим, культуральным, протеолитическим и сахаролитическим свойствам.

Общие меры профилактики сводятся к тщательной дезинфекции всяких ранений, соблюдению асептики при операциях и предохранению операционных ранений от последующего загрязнения. Доказана возможность надежной активной иммунизации анатоксинами и формолкультурой в лабораторных условиях. В практике эти препараты при злокачественном отеке распространения не получили.

Возбудитель бешенства. Бешенство — инфекционное заболевание животных и человека. Возбудителем является вирус, который проходит через крупнопористые фильтры Беркефельда. У погибших животных вирус находится главным образом в клетках нервной ткани: в продолговатом мозге, в коре больших полушарий, в аммоновых рогах. Этот материал и посылается для лабораторного исследования. В большом количестве вирус содержится в слюне бешеных собак, где появляется за 8—13 дней до клинического проявления болезни.

В организме вирус размножается только в клетках нервной ткани (нейротропный). Наряду с этим в клетках аммоновых рогов, продолговатого мозга, мозжечка имеются особые включения, впервые открытые (1903) Негри и одновременно описанные румынским ученым Бабеш. В честь их эти включения были названы тельцами Бабеша — Негри. Они бывают разной величины — от 0,5 до 27 мкм, чаще от 2 до 10 мкм, округлой, яйцевидной, грушевидной и треугольной формы (см. цв. табл. III). По обнаружению телец Бабеша — Негри в клетках мозга животного или человека устанавливается диагноз на бешенство.

В естественных условиях к бешенству восприимчивы все теплокровные. Заражение происходит через укус бешеными животными, когда вирус со слюной заносится в рану. О внутриутробном заражении плода через плаценту и во время родов данных нет. Описаны случаи, когда от зараженных бешенством коров получены здоровые телята. В медицинской литературе также есть сведения о рождении здоровых детей женщинами, зараженными бешенством.

Устойчивость. Вирус разрушается при 50° в течение 1 часа, при 60° — за несколько минут. При низких температурах (ниже +5°)

и в замороженном (в мозговой среде) состоянии сохраняется дольше года. При гниении мозговой ткани вирус может сохраняться до 8 месяцев. Высушивание при высокой температуре и доступе кислорода приводит к гибели вируса через несколько недель. Дезинфицирующие вещества быстро разрушают вирус.

Специфическая диагностика и профилактика. Диагностика основывается на микроскопии окрашенных мазков или срезов из мозговой ткани и заражении кроликов эмульсией мозговой ткани.

Если в препаратах обнаружены тельца Бабеша — Негри, диагноз на бешенство считается установленным. Если телец Негри нет, бешенство исключать нельзя, так как у известного процента (5—6%) явно зараженных животных (рано убитых) тельца Бабеша — Негри отсутствуют. При отрицательных результатах микроскопирования заражают кроликов эмульсией мозга. Зараженные кролики заболевают бешенством спустя 2—3 недели, иногда два месяца и больше и гибнут на 3—4-е сутки после проявления первых клинических признаков.

Вакцинация против бешенства впервые разработана и предложена Пастером (1885). Из тканей мозга коровы, погибшей от бешенства, Пастер приготовил эмульсию и заразил ею кролика под твердую мозговую оболочку. Через несколько недель кролик заболел типичной формой бешенства и пал. Эмульсией из мозга этого кролика Пастер заразил другого кролика, затем третьего. После многократного пассажа через организм кролика Пастеру удалось изменить природу «уличного вируса» (так принято называть вирус, полученный от бешеных животных, зараженных в естественных условиях). Кролики стали заболевать спустя 6—7 дней. Дальнейшие пассажи через организм кроликов не изменяли вируса бешенства. Пастер назвал его **фиксированным вирусом** (*virus fixe*), то есть вирусом, обладающим определенными, фиксированными вирулентными свойствами в отношении кроликов и не вызывающим заболевание у человека и животных при введении под кожу. Из высушенных тканей мозга Пастер приготовил вакцину, которая предохраняла людей, укушенных зараженными собаками, от заболевания бешенством. Пастеровская, или антирабическая, вакцина получила признание и стала применяться повсеместно.

В настоящее время метод приготовления вакцины изменен. Установлено, что можно пользоваться не только ослабленным (высушенным) вирусом, но и убитым (фенолом) или живым фиксированным. Иммунитет после вакцины сохраняется до одного года. Вакцинацию необходимо проводить немедленно после укуса бешеными и подозрительными на бешенство животными.

Бешеных животных надо сразу убивать, а подозрительных собак (не имеющих признаков бешенства) привязывать и наблюдать за ними не менее 14 дней. Если собака не заболела, прививки укушенному человеку прекращают. Одной из мер профилактики и борьбы с бешенством является уничтожение бродячих собак и кошек.

Возбудитель ящура. Ящур — остро протекающее и очень заразительное заболевание. Восприимчивы к ящуру крупный рогатый скот, свиньи, верблюды, овцы и козы. Редко заражаются и люди, главным образом дети. Болезнь вызывается вирусом. Получить культуру возбудителя заболевания на искусственных средах не удастся.

За последнее время удалось культивирование вируса ящура на переживающей эпителиальной ткани: в культурах тканей кожи эмбрионов морской свинки, крупного рогатого скота, свиней и на эпителии языка крупного рогатого скота.

Выявлено три основных типа вируса — А, О, С. Помимо основных типов, установлены и другие типы ящурного вируса, в Африке — АТ₁, АТ₂, АТ₃, в Азии — «Азия₁» и «Азия₂». Имеются также различные варианты того или иного типа вируса.

Животные за короткий период могут заразиться и заболеть трижды, так как переболевание при заражении одним типом вируса не создает иммунитета против других типов.

Устойчивость. При температуре 60—70° вирус гибнет через несколько минут, при 100° — моментально. Низкие температуры почти не оказывают влияния на возбудителя ящура, а действуют на него консервирующе. При высушивании ящурного вируса на сене заразительность его сохраняется до 20 недель, а на шерсти крупного рогатого скота — 4 недели. В навозе на глубине 30 см вирус остается вирулентным в течение 6 дней, в сухом навозе — до 43 дней, а в сточных водах — до 103 дней. На пастбищах в летнее время он погибает в срок от 1 до 70 дней, а в осенние месяцы — от 20 до 30 дней. Лучшим дезинфицирующим средством являются щелочные растворы (2—3%-ные растворы едкого кали или натра).

Специфическая диагностика и профилактика. Диагноз на ящур устанавливается в хозяйстве на основании клинических признаков болезни. Животные, переболевшие ящуром, а также вакцинированные, приобретают иммунитет. Кроме вакцины, с профилактической и лечебной целью применяют сыворотку, приготовленную на биофабриках; с этой целью можно также использовать сыворотку крови переболевших ящуром животных. В случае вспышки ящура применяют строгие карантинные мероприятия (изоляция для предотвращения заноса и разноса возбудителя заразных болезней).

Возбудитель чумы свиней. Чума свиней — очень заразительное (контагиозное) заболевание, вызываемое вирусом. Вирус чумы свиней патогенен только для свиней. У больных свиней вирус содержится в крови, во всех органах, в желчи, моче, в выделяющемся из носовых отверстий и глаз секрете. Из организма больных свиней вирус попадает в окружающую среду в больших количествах, и, таким образом, создается угроза быстрого заражения здоровых свиней.

Устойчивость. Температура 78° убивает вирус в течение 1 часа. Низкие температуры консервируют вирус. В замороженной сыворотке и в моче он может сохраняться до 3 месяцев. Сильные морозы зимой не убивают вирус. При загнивании мочи, крови и трупов он погибает в 2—3 дня. Устойчив к воздействию солнечных лучей (до нескольких часов). Соление свинины не убивает вирус до 80 дней. Хлорная известь (1 : 5 — 1 : 20) разрушает его через полчаса. Гу-

бительное действие на вирус оказывает 1—2%-ный раствор едкого натра, 6%-ный раствор крезоловой воды.

Специфическая диагностика и профилактика. Вирус чумы, как и другие вирусы, не растет на искусственных питательных средах, чувствителен к нему только свиньи. Диагноз ставится на основании клинических признаков болезни, патологоанатомических изменений, обнаруживаемых при вскрытии трупов, и по другим данным. Для создания активного иммунитета с профилактической целью применяется глицеринизированная кристаллизованная вакцина, которая вводится под кожу с промежутком между инъекциями в 10—14 дней. С профилактической и лечебной целью используют гипериммунную сыворотку, получаемую от свиней, которые специально иммунизируются на биофабриках. После прививки вакцины организм приобретает иммунитет длительностью до 12 месяцев, у молодняка — до 6 месяцев, а после введения сыворотки — до 14 дней.

Возбудитель чумы птиц. Чума птиц — острая септическая лихорадочная болезнь кур, индеек, цесарок, вызываемая вирусом. У зараженных птиц вирус находится во всех органах и тканях, а также в выделениях. Вирус культивируется на развивающихся куриных эмбрионах. Наиболее восприимчивы к чуме куры, менее чувствительны индейки, цесарки и фазаны. Главным источником заражения являются больная птица, помет от нее, инфицированные птицепродукты, а также загрязненные выделениями от больных птиц корм, вода, клетки, почва, выгулы и пр. Передача вируса от больных птиц здоровым происходит и через воздух (капельная инфекция). Разносчиками инфекции могут быть собаки, кошки, крысы и другие млекопитающие. Особо опасны в распространении чумы рынки, куда поступают из различных населенных пунктов живая и убитая птица, яйца, перо и пух.

Устойчивость вируса. Высушивание и холод консервируют вирус. В закрытых зараженных птичниках он сохраняет вирулентность в течение 8 месяцев (осенне-зимне-весеннего периода). В засоленных мясопродуктах вирус вирулентен до 9 месяцев. В яичном меланже при температуре хранения 1—3° вирулентен более года. При температуре 75° вирус погибает в течение 30 минут. В мазках крови на стекле под воздействием прямых солнечных лучей он теряет вирулентность спустя 48 часов, а в птичьем помете — после 72 часов. Дезинфицирующие средства убивают вирус через несколько минут.

Диагноз и специфическая профилактика. Диагноз устанавливается с учетом клинических признаков болезни, патологоанатомических изменений в органах, большой смертности, быстрого распространения и др. С профилактической целью применяют вирусвакцину, изготовленную из биологически ослабленных штаммов вируса чумы птиц.

Возбудитель оспы овец. Оспа овец — весьма заразительное, остро протекающее лихорадочное заболевание, вызываемое вирусом. Вирус содержится в оспенных пустулах кожи и слизистых оболочек. Культивируется на развивающихся куриных эмбрионах. Заражение овец происходит через дыхательные пути (аэрогенная инфекция), возможно

также и через поврежденную кожу. Оспа особенно быстро распространяется, когда больные овцы содержатся совместно со здоровыми. Переносчиками инфекции могут быть обслуживающий персонал, транспортные средства, собаки, корма, шерсть и др.

Устойчивость вируса. Низкие температуры консервируют вирус на срок до двух лет и более. Нагревание до 48° разрушает вирус быстро. Свет действует слабо. В зараженных овчарнях вирус сохраняется до 6 месяцев, в шерсти больных овец — до 2 месяцев и более. Высушивание консервирует вирус на 1—1½ года. В условиях гниения вирус быстро гибнет. Хорошим дезинфицирующим средством является 3%-ный раствор карболовой кислоты, а также 0,5—1%-ный раствор формалина, 2,5%-ный раствор серной или соляной кислоты. Слабое действие оказывает 10%-ный раствор хлорной извести.

Диагностика и специфическая профилактика. Диагноз ставится на основании клинических признаков болезни.

С профилактической целью применяется гидроокисьалюминиевая формолвакцина. Иммуитет у привитых овец сохраняется до 5 месяцев. Для создания пассивного иммунитета (до 15 дней) применяется сыворотка, получаемая от гипериммунных овец, а также сыворотка крови от овец, переболевших оспой.

Возбудители стригущего лишая. Стригущий лишай — грибковое заболевание, протекающее с поражением эпидермиса кожи и волос.

Возбудителями являются грибы, принадлежащие к «несовершенным» (*Fungi imperfecti*), близко стоящие к плесневым грибам. Чаще всего встречаются грибы рода *Microsporon* (микроспорон) и *Trichophyton* (трихофитон). В зависимости от рода, к которому принадлежит возбудитель, болезнь часто называют микроспорией или трихофитией. Диагностика при этих возбудителях одинаковая.

Морфологические и культуральные свойства. В пораженных участках волос или в пораженной коже *Microsporon* имеет форму длинных прямых или разветвленных нитей с круглыми или овальными блестящими сегментами распавшегося на отдельные части гифа мицелия (обычно их называют спорами), которые располагаются вокруг пораженного волоса (рис. 99).

В пораженном трихофитом волосе видны укороченные гифы мицелия — споры, которые располагаются длинными правильными цепочками вдоль волоса; у микроспорона споры располагаются беспорядочно и по размерам меньше спор трихофитона. На питательных средах гриб растет медленно; для его выращивания в питательную среду добавляют сахара (среда Сабуро).

Патогенность. В естественных условиях наиболее восприимчивы к стригущему лишаю крупный рогатый скот, лошади, собаки, кошки и особенно молодняк (телята), менее чувствительны овцы и свиньи. Восприимчив к заражению и человек.

Грибы в качестве продукта жизнедеятельности выделяют экзотоксины. Токсин действует на волосяные фолликулы и вызывает набухание и дегенерацию (перерождение) клеток внутреннего корневого влага-

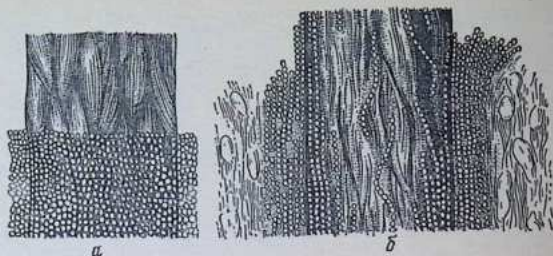


Рис. 99. Волосы, пораженные:
а — микроспорином (*Microsporon*); б — трихофитом (*Trichophyton*).

лища. Волосы теряют гибкость и при выходе из мешочка обламываются. В культурах на питательных средах грибы выделяют токсин, который весьма ядовит для лабораторных животных.

Устойчивость. Гриб во внешней среде очень устойчив. В патологическом материале (кожные соскобы, волосы), хранящемся в бумажных пакетах при комнатной температуре, он не теряет жизнеспособности в течение 3—4 лет и больше, в снегу — до одного месяца. Под действием солнечных лучей культура гриба погибает в течение нескольких часов. Сухой жар — температура 110° — разрушает гриб спустя 30 минут, температура 80° — через 2 часа. Дезинфицирующие вещества (растворы карболовой кислоты, сулемы, креолина, известковое молоко) в общепринятых концентрациях слабо действуют на гриб. В практике для дезинфекции пользуются 5%-ным сернокарболовым раствором. Попоны и холщовые предметы кипятят 15 минут.

Распространение в природе. Грибы стригущего лишая широко распространены в природе. Они встречаются в почве, пыли и кормах, особенно испорченных и заплесневевших, на подстилке, коже животных, могут размножаться на сене, соломе, кусочках дерева, кожи, копытном роге, конском волосе.

Заражение здоровых животных происходит путем прямого контакта с больными, через зараженные предметы ухода (щетки, скребни, сбруя и пр.) или через обслуживающий персонал. Заражение возможно через пищеварительный тракт при поедании зараженного корма, поврежденную и неповрежденную кожу.

Специфическая диагностика и профилактика. Диагностика стригущего лишая основывается на микроскопии патологического материала. Для исследования берут соскобы свежих корок, чешуек эпидермиса и осторожно пинцетом набирают корни волос с периферии свежепораженных участков кожи. После соответствующей обработки этот материал микроскопируют. Специфическая профилактика не разработана.

БОЛЕЗНИ РАСТЕНИЙ

Наука, занимающаяся изучением болезней растений, причин, вызывающих эти болезни, а также разработкой мер борьбы с ними, называется фитопатологией.

Различают неинфекционные болезни растений, причинами возникновения которых являются неблагоприятно воздействующие на рост и развитие растений общие факторы среды, и инфекционные, которые могут быть вызваны паразитическими грибами, бактериями, вирусами и частично цветковыми паразитами.

Бактериальные болезни растений, или, как их называют, б а к т е р и о з ы, широко распространены, встречаясь в самых различных климатических зонах земного шара. Известно более 300 видов бактерий, поражающих растения. В настоящее время изучены бактериозы большинства видов культурных растений.

Фитопатогенные бактерии палочковидной формы, в большинстве не образуют спор, грамотрицательны, аэробы; лишь несколько видов относится к числу спороносных, факультативных анаэробов. Оптимальная температура развития большинства фитопатогенных бактерий 20—25°, минимум лежит около 0—2°, максимум—45—55°.

З а р а з н о е н а ч а л о может передаваться через семена и клубни, разноситься ветром, насекомыми, птицами, мелкими млекопитающими (грызунами), переноситься на растения из верхних слоев почвы или с поверхности пораженных листьев. Заражение может происходить и через естественные ходы в ткани растений (устьица и пр.), через случайные или искусственные повреждения. И н к у б а ц и о н н ы й п е р и о д длится от 7 до 12 дней, но в зависимости от факторов внешней среды может значительно изменяться — от нескольких дней до нескольких месяцев.

Некоторые фитопатогенные бактерии способны поражать только один вид растений или растения, относящиеся к одному роду; другие имеют более широкую избирательную способность и поражают очень большое число видов растений, например *Pseudomonas solanaceae* поражает растения 27 ботанических семейств.

П р и з н а к и поражения растений бактериями могут проявляться в загнивании тканей, увядании, образовании пятен, опухлей (новообразований). Растение отстаёт в росте, пораженная же часть, а иногда и все растение гибнет. Таким образом, вред, наносимый бактериозами, выражается в гибели урожая или в разной степени снижения его качества; в последнем случае влияние бактериозов проявляется в виде порчи плодов, снижения посевных качеств семян, ухудшения пищевых и технологических качеств продуктов и даже придания сельскохозяйственным продуктам ядовитых свойств.

О с н о в н ы е м е р ы б о р ь б ы с бактериозом: правильный севооборот, когда возбудитель живет или сохраняется в почве, дезинфекция семян, саженцев и черенков, культивирование устойчивых против бактериоза сортов, борьба с насекомыми — переносчиками бактерий.

Вирусные болезни растений. Вирусные заболевания сельскохозяйственных растений зарегистрированы во всех зонах земного шара.

Заразное начало находится в протоплазме клеток растения. Вирус не теряет активности даже в очень высоких разведениях. Например, вирус табачной мозаики не теряет вирулентности, будучи разбавленным в соотношении 1 : 100 000. Инфекция передается от больного растения здоровому разными путями. Сосущие насекомые передают заразное начало механически, а также через кровеносную систему и слюнные железы. Некоторые насекомые, насосавшись сока пораженного растения, остаются вирусоносителями практически в течение всей жизни. Инфекция может передаваться также посредством рук или инструментов во время ухода за растениями или их уборки. Вирус, внесенный в ту или иную часть растения, очень быстро распространяется по всем его органам.

Инкубационный период при вирусных заболеваниях бывает разным. Например, для мозаичной болезни табака этот период исчисляется 9—11 днями, а у картофеля признаки болезни проявляются только к осени или даже следующей весной. К одному и тому же вирусу могут быть восприимчивы разные растения не только в пределах рода, но нередко и в пределах целого семейства и даже разных систематических порядков.

Вирусные болезни вызывают в растительном организме глубокие изменения. Происходит нарушение хлоропластов, в результате чего изменяется окраска листа, который приобретает несвойственную ему расцветку с преобладанием желтых тонов, принимает мозаичный вид. Пластинка листа делается скрученной, нитевидной, волнистой. Изменяются также лепестки и чашелистики цветка.

Основные меры борьбы с вирусными болезнями: уничтожение насекомых-переносчиков (тлей, цикадок и клопов) путем опрыскивания или опыливания растений контактными ядами (анабазин-сульфатом, табачным экстрактом и пр.), искоренение сорняков, отказ от использования зараженного посевного или посадочного материала, соответствующие сроки сева, смена растительных культур, выведение устойчивых сортов. Вопрос о вредности растений, пораженных вирусами, для организма животных до сих пор не изучен.

Грибковые болезни растений. Произрастающие на растениях грибы можно разделить на безвредные и вредные. Безвредные не обладают ядовитыми свойствами и не вызывают заболеваний животных. Вредные грибы токсичны и вызывают заболевания. Из этой группы наибольшее значение имеют спорынья и так называемый «пьяный хлеб».

Спорынья, или маточные рожки, — заболевание злаков. Оно проявляется в том, что на растении вместо семян образуются плотные довольно крупные фиолетовые рожки (склероции). Поражаются рожь, ячмень и пшеница, реже овес, луговые и кормовые злаки. Спорынья отмечена более чем на 170 видах растений. Распространяется она не повсеместно, а в районах, где весной и летом отмечается повышенная влажность. Возбудитель болезни — гриб *Claviceps purpurea* (рис. 100).

Рожки спорыньи содержат ядовитые вещества — алкалоиды (эрготоксины, эрготиамин) и амины. При попадании в организм животного (с отрубями, мукой, зерном, половой) спорынья вызывает заболевание, так называемый эрготизм («злая корча»). Беременные самки при этом abortируют. При длительном скармливании кормов, содержащих рожки спорыньи, может наступить хроническое отравление. У коров и лошадей в этом случае отмечается гангрена (омертвление) ушей, хвоста; у свиней на носу и ушных раковинах образуются гангренозные пузыри, иногда развивается сухая гангрена с отпадением ушных раковин; у птиц гангреной поражаются гребень и борода. Иногда наблюдается и судорожная форма отравления.

У человека отравление сопровождается головными болями, головокружением, рвотой, поносом, судорогами, болями в груди и кишечнике. Смерть наступает от паралича дыхания и сердца.

Для обнаружения спорыньи в муке и зерновых отходах пользуются химическим методом; в лабораторию посылают пробы подозрительного на спорынью продукта.

Меры борьбы и профилактики: не допускать к скармливанию животных концентрированные и грубые корма, содержащие примесь спорыньи; тщательно очищать семена от спорыньи на специальных зерноочистительных машинах; искоренять сорняки, лущить стерню и производить глубокую зяблевую вспашку плугами с предплужниками; составлять севооборот с учетом возвращения поражаемой культуры через 1—2 года.

«Пьяный хлеб» — так называется заболевание хлеба, вызываемое грибом из рода фузариум (чаще всего *Fusarium graminearum*). Относится он к несовершенным грибам. Конидии (споры) гриба удлинённой, равномерно изогнутой, серповидной формы (рис. 101), утончающиеся с обеих сторон, с конусовидно-заостренной или суженной верхней клеткой. Мицелий распростерто-хлопьевидной формы, окрашен в различные цвета: бело-розовый, золотисто-желтый, карминно-пурпурно-красный, вишневый.

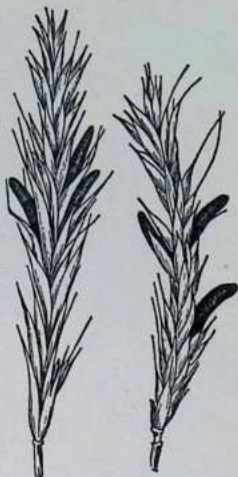


Рис. 100. Колосья ржи, пораженные спорыньей.

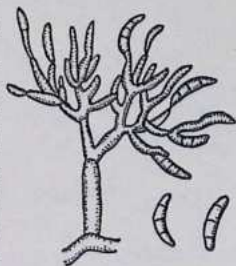


Рис. 101. «Пьяный грибок».

Поражаются этим грибом пшеница, рожь, овес, кукуруза, ячмень. Гриб развивается на злаках и в послеуборочный период в снопах, в плохо просушенном и сложенном на хранение зерне. Сильно пораженное грибом зерно морщинистое, без блеска, щуплое, трухлявое, легковесное (рис. 102), от бледно-розового до темно-розового цвета, иногда пятнистое. На слабо пораженном зерне описанные признаки менее заметны или отсутствуют.

Гриб образует токсин, устойчивый против высоких температур. Восприимчивы к «пьяному хлебу» лошади, крупный рогатый скот, свиньи, собаки. У людей после приема в пищу хлеба или других продуктов, приготовленных из «пьяного» зерна, также бывают признаки отравления. У лошадей через несколько часов после поедания пораженного овса появляется возбужденное состояние, нарушается координация движений, животные хватают зубами близлежащие предметы (признаки ложного бешенства). Затем эти явления сменяются угнетенностью, общей слабостью, дрожью в конечностях, температура тела падает ниже нормы, отмечается ускорение сердечной деятельности (50—60 ударов в минуту). Примерно такие же клинические признаки, но в меньшей степени отмечаются у свиней и крупного рогатого скота.

Для лабораторного исследования направляют пробы зерна с подозрением на поражение грибом. Из средней пробы отбирают 100—200 зерен (или только явно пораженные), раскладывают их в стерильные чашки Петри с фильтровальной бумагой, смоченной стерилизованной водопроводной водой, и выдерживают в термостате при температуре 20—24°. Пораженные грибом зерна по истечении 3—5 суток покрываются мицелием в виде пушистого белого налета.

Меры борьбы и профилактики: отказ от скармливания животным зерна, подозрительного на заражение грибом; уборка хлеба в ясную сухую погоду; просушивание в снопах; быстрый обмолот;

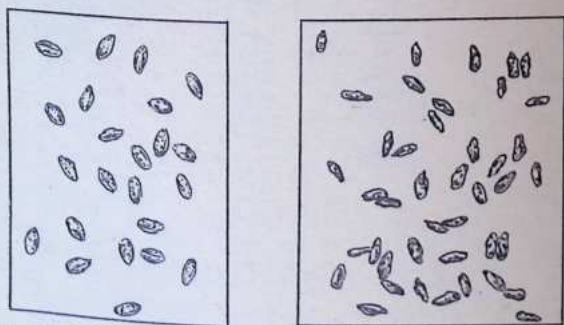


Рис. 102. Зерна пшеницы нормальные (слева) и пораженные *Fusarium graminearum* (справа).

в случае повышенной влажности дополнительная сушка зерна (до 13—14%-ной влажности); правильное его хранение.

Головневые грибы относятся к классу Basidiomycetes (базидиальные). Поражают пшеницу, рожь, овес, просо, ячмень, кукурузу и дикорастущие злаки. Для этих грибов характерна строгая специфичность, то есть каждый из них поражает только определенный вид растений.

Пораженное растение вначале ничем не отличается по внешнему виду от здоровых, и болезнь можно заметить только в период колошения. В одних случаях разрушается содержимое зерен, в других — все части колоса, на растении появляется черная, сажистая, пылящая масса, состоящая из спор гриба;

колос злака принимает вид обгоревшего (рис. 103), отсюда и название гриба «головня». Некоторые отечественные и зарубежные авторы указывают на вредность головни для животных, например в результате кормления лошадей овсом, пораженным головней, более 90% заболевших погибло (М. С. Шабуров, 1959).



Рис. 103. Масса спор пыльной головни ячменя на месте образования зерен в колосе (по Е. С. Квашиной).

КОРМОВЫЕ ОТРАВЛЕНИЯ МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Корма, пораженные грибковой или другой микрофлорой, нередко вызывают массовые отравления скота и домашней птицы. В зависимости от механизма воздействия грибов на организм животных грибковые заболевания принято делить на микозы и микотоксикозы.

Микозы характеризуются тем, что грибы, попадая с кормом в организм животного, прорастая и размножаясь в органах и тканях, вызывают заболевание.

Микотоксикозы характеризуются действием на организм токсинов, выделяемых грибами, и отсутствием способности размножаться в организме животного.

Микозы диагностируются с учетом клинических и патологоанатомических изменений с обнаружением гриба-возбудителя в пораженных тканях больного животного. Для получения и определения грибов — возбудителей микозов сельскохозяйственных животных делают посевы из патологического материала на специфические питательные среды. Диагностика микотоксикозов основывается на обнаружении в неблагополучных кормах токсических грибов, при этом учитываются

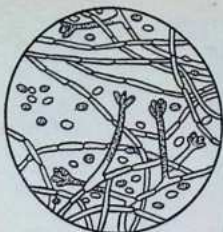


Рис. 104. Гриб стахиботрис альтернанс (двухнедельная культура).

эпизоотические данные, клинические изменения у больных и патологоанатомическая картина вскрытия павших животных.

Возбудитель стахиботриотоксикоза. Стахиботриотоксикоз — заболевание главным образом лошадей, возникающее при поедании грубых кормов, преимущественно соломы, зараженных грибами. На территории СССР стахиботриотоксикоз лошадей был установлен в 1931 г.

Возбудитель болезни — гриб *Stachybotrys alternans* — относится к несовершенным. На питательных средах или естественных субстратах образует черный налет из ветвящегося мицелия, который имеет поперечные перегородки (септирован). Толщина гифа достигает 1—1,5 мкм (рис. 104). От мицелия отходят вверх спороносные гифы, конидиеносцы со стеригмами, на последних располагаются конидии длиной 9—12 мкм и шириной 6—8 мкм.

Stachybotrys alternans — облигатный аэроб. Оптимальная температура роста 22—24°. Может развиваться и при температуре от 5 до 40°. Для выращивания гриба используют специальные питательные среды. Гриб дает также рост на стерилизованных сухих стеблях разных растений (злаки, конопля, донник), положенных в пробирку с небольшим количеством воды или питательной среды (до 1 мл) (рис. 105).

П а т о г е н н о с т ь. В естественных условиях стахиботриотоксикозом заболевают не только лошади, но и крупный рогатый скот (Степанюк, Фортунный, Говоров и др.).

Первым и весьма характерным признаком стахиботриотоксикоза лошадей служит поражение слизистой оболочки рта, губ и прилегающих областей кожи; наступает поверхностный некроз (омертвение) слизистой губ, десен и щек, появляются «трещины» губ по углам рта; нередко (при остром течении) развивается воспалительный отек нижележащих тканей, и морда лошади принимает бегемотообразную форму. Температура повышается на 1—1,5°. Если кормление животных ядовитым кормом не прекращается, болезнь принимает более тяжелую форму и заканчивается смертельным исходом. На влажных растительных субстратах гриб продуцирует экзотоксин. Температура в 100—120° в течение одного часа не разрушает ядовитых свойств экстракта из культуры гриба. Токсин весьма ядовит для лошадей.

Устойчивость. Гриб *Stachybotrys alternans* при 100° погибает через 5 минут. Устойчив против пищеварительных ферментов и не погибает при прохождении через желудочно-кишечный тракт; 2—4%-ный

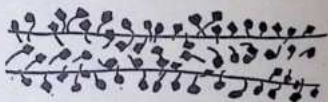


Рис. 105. Соломинка, пораженная грибом стахиботрис альтернанс (слабое увеличение).

раствор едкого натра, применяющийся для дезинфекции кормушек и т. п., разрушает гриб и его токсин спустя 5 минут. Низкие температуры (-30° , -40°) не действуют на гриб. Ультрафиолетовые и рентгеновские лучи при пятичасовом воздействии не приостанавливают роста гриба.

Распространение в природе. Гриб *Stachybotrys alternans* в неблагоприятных по зараженности местах встречается в поверхностных слоях почвы, особенно вблизи токов и мест скирдования соломы. Чаще всего обнаруживается на отмерших растительных остатках, особенно на соломе, полове озимых и яровых культур. Встречается на стерне, стеблях и корнях различных сорняков. На вегетирующем растении гриб не развивается. Благоприятные условия для развития и роста гриба создаются в неправильно сложенных скирдах соломы и половы (затеки). Если влажность соломы достигает $45-50\%$, а температура воздуха $5-40^{\circ}$, гриб хорошо развивается и выделяет токсические вещества. В естественных условиях разрушает целлюлозу.

Специфическая диагностика и профилактика. Для исследования направляют не меньше 10 проб соломы (по $20-30$ г) из разных мест скирды (потемневших и светлых участков) и столько же проб из влажных, затечных мест скирды. Материалом для исследования служат также фекальные массы заболевших и павших животных и органы трупов (печень, селезенка, почки и пр). Исследование сводится к микроскопированию и выделению чистой культуры гриба.

Специфическая профилактика не разработана. Ликвидировать вспышку болезни и предупредить ее появление среди животных можно путем выявления и полного исключения из кормового рациона объемистого фуража, пораженного грибами.

Возбудитель дендродохиотоксикоза. Дендродохиотоксикоз вызывается одним из представителей несовершенных грибов *Dendrodochium toxicum*. Гриб развивается на соломе, мякине и полове и может выделять в большом количестве токсин. Мицелий белый; конидии оливково-черные или черные, поэтому при старении колонии приобретают темный тон. Конидиеносцы неправильно-древовидно разветвлены. Конидии характерной формы — продолговато-эллиптические, к обоим концам заострены.

После поедания смертельной дозы токсического корма гибель животных наступает очень быстро (через $12-24$ часа). При слабом отравлении болезнь принимает затяжную форму. При этом наблюдаются отеки губ, воспаление и некротические явления слизистой рта.

Меры борьбы и профилактики те же, что и при стахиоботриотоксикозе.

Возбудитель алиментарной токсической алейкии («септической ангины»). Алиментарная токсическая алейкия — заболевание, возникающее у животных после поедания зерновых культур, перезимовавших в поле под снегом, а у людей — после употребления продуктов из такого зерна.

Возбудитель болезни — гриб *Fusarium sporotrichoides* (фузариум споротрихида является вариантом фузариум споротрихиела). Микро-

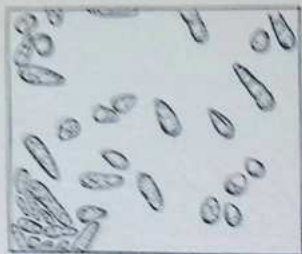


Рис. 106. Шаровидные, грушевидные и удлиненные микроконидии (споры) *Fusarium sporotrichoides* из десятидневной культуры на картофельном агаре (увел. в 1000 раз).

конидии гриба шаровидной, грушевидной или удлиненно-эллипсоидной формы (рис. 106), располагаются на концах гиф, иногда парно-разветвленных. Некоторые из них имеют 1—2 перегородки. Гриб хорошо развивается на разных растительных средах (злаки, овощи и пр.), на мясе, сыре, яйцах, образуя мицелий, микроконидии и хламидоспоры.

Поражаются грибом пшеница, рожь, овес, ячмень, рис, просо, горох, желуди; встречается он и на картофеле. Перезимовавшее под снегом зерно вследствие развития на нем гриба фузариум становится ядовитым. Образованные грибом

токсины весьма устойчивы против повышенных температур. При двухчасовом воздействии температурой 100—120° токсичность зерна не уменьшалась.

Культура гриба, выращенная на злаках, при скармливании лошадям, свиньям и кошкам вызывает отравления. Особенно чувствительны к перезимовавшему вредоносному просу лошади; заболевание у них протекает с поражением слизистой оболочки рта (стоматит), образованием язвочек и некроза (омертвения) слизистой оболочки рта и губ. У крупного и мелкого рогатого скота и птицы вредоносное перезимовавшее просо не вызывает признаков отравления (Саркисов). Потребление продуктов, приготовленных из перезимовавшего под снегом зерна, у людей вызывает заболевание с признаками «септической ангины»; болезнь чаще всего заканчивается смертельным исходом.

Диагностика и профилактика. Установить вредоносное начало и болезнетворность перезимовавшего зерна по одним органолептическим признакам не представляется возможным. Необходимо использовать вытяжку из зерна (70—80 г), нанося ее на огорленную кожу кролика. Вытяжка из ядовитого перезимовавшего зерна дает кожную реакцию (отечность, омертвение). Не следует употреблять в пищу хлеб и другие продукты, приготовленные из зерна, перезимовавшего под снегом. Такое зерно сдается на спирто-водочные заводы или в крайнем случае используется для кормления крупного рогатого скота.

ОТРАВЛЕНИЯ КОРМАМИ, ПОРАЖЕННЫМИ ПЛЕСНЕВЫМИ ГРИБАМИ

Корма часто поражаются плесневыми грибами рода муконовых, аспергилл и пенициллиум, чему обычно содействует повышенная влажность. Из грубых кормов поражению плесневыми грибами чаще всего

подвергаются сено и солома бобовых культур (клевера, гороха, вики и т. п.), иногда трава на корню, если она растет густо.

Пораженные плесневыми грибами корма имеют характерный налет черного (цвета сажи), серовато-бурого, белого и других цветов, неприятный затхлый или прелый, а иногда и кислый запах и содержат склеенные комки. Ядовитые свойства пораженных плесенью кормов обуславливаются разными причинами. Некоторые плесневые грибы, развиваясь, накапливают такие ядовитые вещества, как павеленокислый аммоний, тирозин, птоманины. Кроме того, под влиянием плесневых грибов и гнилостных бактерий может происходить распад белков и других соединений с образованием ядовитых веществ.

Иногда пораженные плесенью корма не вызывают отравления животных; объясняется это тем, что плесневые грибы приобретают токсические свойства лишь в период плодоношения, то есть в стадии спорообразования. В это время в мицелии происходит автолиз (ферментативный распад составных частей), в результате чего образуются ядовитые продукты. В этой стадии плесневые грибы становятся опасными для животных.

Обычно плесневые грибы развиваются на мертвых субстратах (сапрофиты), но среди них есть и паразиты, способные развиваться на живой ткани, внутри живого организма и вызывать заболевания. Эти патогенные плесневые грибы могут попадать с кормами в пищеварительный тракт, а при распылении спор — в дыхательные пути, где начинают прорастать, проникать в глубь ткани и кровью разноситься по всему организму. Прорастая, они образуют мицелий и споры, что вызывает микотические поражения (микозы) органов и тканей. Первичные микозы в виде гнойных узелков или омертвевших участков обнаруживаются в печени, легких, слизистой и подслизистой кишечника, между мочевыми канальцами почек, на слизистых рта, глотки, у птиц в воздушных полостях. В большинстве случаев микозы сопровождаются интоксикацией организма — микотоксикозом.

Пораженные плесневыми грибами корма нередко служат причиной заболевания и падежа животных. Чаще регистрируются отравления заплесневелыми кормами лошадей, реже крупного и мелкого рогатого скота. Особенно чувствительна к действию паразитических плесневых грибов птица (куры, гуси, утки).

Клиническая картина при отравлениях плесневыми грибами весьма разнообразна, что обусловлено количеством съеденного корма, его токсичностью и стойкостью самого организма животного. Чаще всего отравления протекают с явлениями расстройства желудочно-кишечного тракта и тяжелых нервных расстройств; у беременных животных бывают аборт.

Диагностика и профилактика. Для лабораторного исследования используют эфирную вытяжку исследуемого корма, которую наносят на оголенную от шерсти кожу кролика. Если кожной реакции нет, это указывает на отсутствие токсичности.

С целью профилактики болезни не нужно скармливать скоту заплесневелые корма; необходимо правильно высушивать сено и солому,

правильно скирдовать их; хранить зерно и концентрированные корма следует в сухих, хорошо проветриваемых и холодных помещениях.

* * *

Возбудитель ботулизма. Ботулизм сельскохозяйственных животных — кормовое отравление, характеризующееся параличом двигательной системы, чаще всего жевательного и глотательного аппарата. Отравление вызывается бактериальным токсином. Его образует при соответствующих условиях в кормах и продуктах *Clostr. botulinum*. Через несколько часов после поедания такого корма или продукта наблюдается картина отравления с характерными признаками. В этих случаях происходит не инфекция, а отравление микробным токсином.

Различают пять типов возбудителя ботулизма, обозначаемых А, В, С, D и Е. Они имеют некоторые различия в морфологических, культуральных, биохимических, а главное — в серологических свойствах.

Морфологические и культуральные свойства *Clostr. botulinum* — полиморфная палочка длиной 3—9 мкм и шириной 0,3—0,8 мкм, с закругленными концами. Палочки чаще всего располагаются обособленно друг от друга, иногда парами и очень редко в виде коротких цепочек. Старые культуры образуют удлиненные формы и нити. В молодых культурах палочка грамположительна; типы А и В подвижны, типы С, D и Е неподвижны или слабоподвижны. Форма спор овальная; споры толще палочек, поэтому палочки со спорами напоминают теннисную ракетку (рис. 107).

Clostr. botulinum — строгий анаэроб; хорошо растет при температуре 19—37°. На глюкозно-кровяном агаре микроб образует колонии с отростками в виде переплетенных нитей. Вокруг колоний хорошо выражена зона гемолиза. Желатин разжижает. Молоко пептонизирует (с растворением казеина). *Clostr. botulinum* в культурах издает запах прогорклого масла. Сбраживает глюкозу, левулезу, мальтозу, декстрин, глицерин, салицин.

Токсинообразование и патогенность. *Clostr. botulinum* образует исключительной силы токсины в кормах, загряз-

ненных землей, во влажном овсе, прелом сене, испорченном силосе, в овощных, рыбных, мясных консервах и колбасах. Для человека ядовитыми являются токсины типа А, В и С. У лошадей ботулизм чаще всего вызывается токсином В и реже С, у крупного рогатого скота — токсинами D и С, у овец и птиц — типом С.

Токсин ботулизма отличается от других бактериальных токсинов устойчивостью против пищеварительных соков, но малоустойчив против физических и химических воздействий. При температуре 70° разрушается по истечении часа, при кипячении в жид-

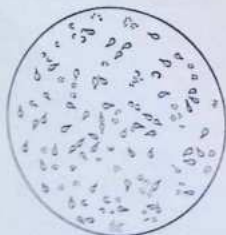


Рис. 107. *Clostridium botulinum*.

кой среде — через 15—20 минут, в мясных продуктах — за 2 часа. Токсин быстро разрушается под действием света и воздуха. В литературе имеются сообщения, что добавление к токсинам ботулизма некоторых аминокислот (триптофана, аргинина, орнитина) резко усиливает ядовитость этих токсинов. При ботулизме, например, в тонком отделе кишечника накапливается специфический яд. Здесь же происходит расщепление пептидов до аминокислот, отделившиеся из которых, как было сказано, резко усиливают титр яда ботулизма.

Устойчивость спор *Clostr. botulinum* большая. Кипячение убивает их по истечении 6 часов. В автоклаве при температуре 120° они погибают через 20 минут; формалин, разведенный пополам водой, и 5%-ная карболовая кислота убивают споры только спустя 24 часа; 10%-ная соляная кислота — через час. Возбудитель не развивается в продуктах (кормах) при кислой реакции (рН 3,0—4,0) и концентрации поваренной соли более 10%.

Распространение в природе микроба большое. Он находится в почве, на траве, на овощах, плодах, в силосе, на пищевых продуктах, при благоприятных условиях (соответствующая температура и влажность) может размножаться и выделять токсин. У животных, съевших такой корм, наступает отравление. Человек чаще всего отравляется токсином ботулизма при употреблении в пищу недоброкачественных консервов и колбас.

Специфическая диагностика и профилактика основываются на обнаружении токсина ботулизма в корме (пище) и органах павших животных. В лабораторию направляют пробы подозрительного корма (оставшегося не съеденным животными до наступления отравления) с измененным цветом и запахом. Получить культуру микроба очень трудно, поэтому прибегают к биологическому методу исследования, используя с этой целью морских свинок или белых мышей.

Против ботулизма человека применяют противоботулиническую сыворотку, которая дает хороший лечебный эффект, если введена больному вскоре после заболевания. При ботулизме сельскохозяйственных животных сыворотка пока не получила широкого применения.

МИКРОБИОЛОГИЯ КОРМОВ*

Эпифитная микрофлора растений и ее происхождение. Корневая система растений всегда усеяна довольно богатой микрофлорой. В корневой зоне (ризосфере) для микроорганизмов создаются особо благоприятные условия существования. Здесь имеется значительное количество отмирающих корневых остатков, служащих источником питания для сапрофитных микроорганизмов почвы. Кроме того, корневая система растений прижизненно выделяет некоторое количество органи-

* Раздел написан профессором, членом-корреспондентом Академии наук СССР Е. Н. Мишустинным.

ческих соединений, являющихся также пищей для разнообразных микробов.

Из бактерий в ризосфере размножаются преимущественно неспороносные формы, составляющие почти до 99% бактериального населения. Эти микроорганизмы всегда преобладают в почвенных зонах, содержащих свежее органическое вещество. Здесь может быть обнаружена образующая желтый пигмент неспороносная палочка *Pseudomonas herbicola* и бактерия *Pseudomonas fluorescens* из этого же рода, дающая на твердых питательных средах флуоресцирующие колонии. Эти бактерии принадлежат к возбудителям гнилостного процесса, как и некоторые представители кишечной группы, встречающиеся в зоне корня растений.

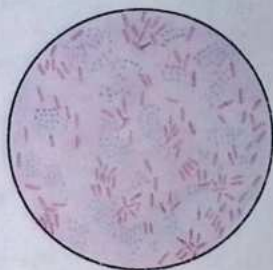
Установлено, что ризосфера содержит значительное количество возбудителей молочнокислого брожения. Правда, в зоне корня преимущественно размножаются гетеро-ферментативные молочнокислые бактерии (см. ниже). Спороносные бактерии в ризосфере малочисленны. Они усиленно начинают размножаться на корневой системе лишь после ее отмирания. Весьма значительно грибное население ризосферы. Как наиболее обычные представители здесь встречаются виды, относящиеся к родам *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*.

Сапрофитные микроорганизмы, как правило, не проникают в корни жизнеспособных растений. Это могут сделать лишь фитопаразиты, а также некоторые симбионты высших растений. Если патогенные микроорганизмы причиняют существенный вред растениям, то микробы-симбионты, наоборот, благоприятствуют их росту. К последней группе относятся клубеньковые бактерии бобовых растений. Симбионтами растений являются также некоторые грибы, проникающие в корень и образующие с его тканями так называемую микоризу. Грибы-микоризообразователи улучшают минеральное питание растений и снабжают их дополнительными факторами роста.

Микробы ризосферы питаются отмершими растительными остатками и корневыми выделениями. Состав этих веществ у разных растений имеет характерные особенности, благодаря чему в ризосфере каждого растения можно встретить наряду с обычно живущими в почве микроорганизмами и некоторые специфические виды.

Некоторые бактерии и грибы, обитающие у корня, постепенно переходят на наземную часть развивающегося растения и расселяются на ней. Пищевыми ресурсами для них служат вещества, выделяемые растением на поверхность эпидермиса. На поверхности растений способна существовать лишь определенная группа микроорганизмов, получившая название э п и ф и т н о й. Жизнь микроорганизмов на поверхности растений протекает в весьма своеобразных условиях, почему лишь немногие виды их могут здесь активно размножаться. Наиболее богато в составе эпифитной микрофлоры представлены неспороносные палочки, обитающие в зоне корня растений (*Pseudomonas herbicola*, *Ps. fluorescens* и т. д.).

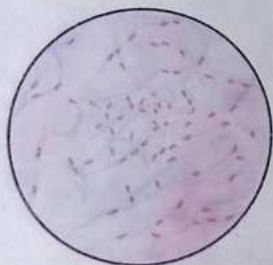
В значительно меньшем количестве на поверхности растений встречаются представители группы *coli-aerogenes*, молочнокислые бактерии,



а



б



в



г

Таблица 1.

а — окраска по Граму — смешанный мазок из культур стафилококка и кишечной палочки;
б — окраска возбудителя туберкулеза птиц по Циль — Нильсену; в — окраска спор по Меллеру;
г — окраска капсул возбудителя сибирской язвы сафранином.

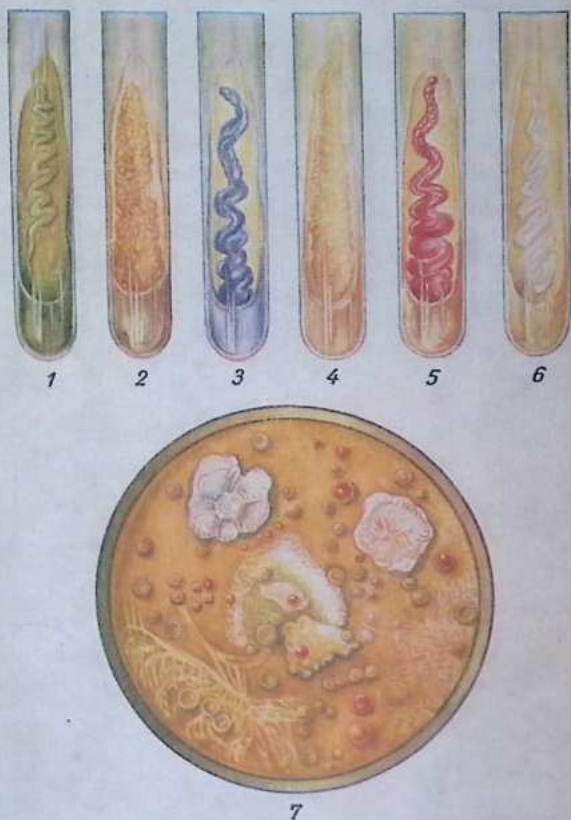
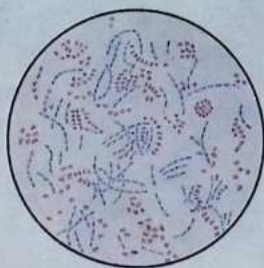
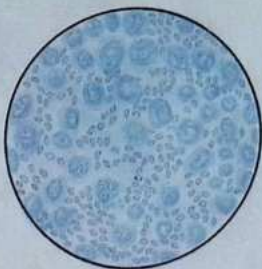


Таблица II

Культуры бактерий на плотной питательной среде в пробирках:
 1 — *Pseudomonas fluorescens lignefaciens*; 2 — *Sarcina aurantiaca*; 3 — *Sorangium*; 4 — *Sarcina*
flava; 5 — *Bact. prodigiosum*; 6 — *Escherichia coli*; 7 — колонии различных видов бактерий
 выросших на чашке с плотной средой.



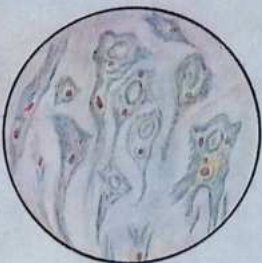
a



b



c



d

Таблица III.

a — окраска бруцелл по Коэловскому; *b* — биполяр в мазке из паренхиматозных органов;
c — колония возбудителя сибирской язвы на агаре (при малом увеличении); *d* — тельца Негри —
 окраска вознином и метиленовым синим.

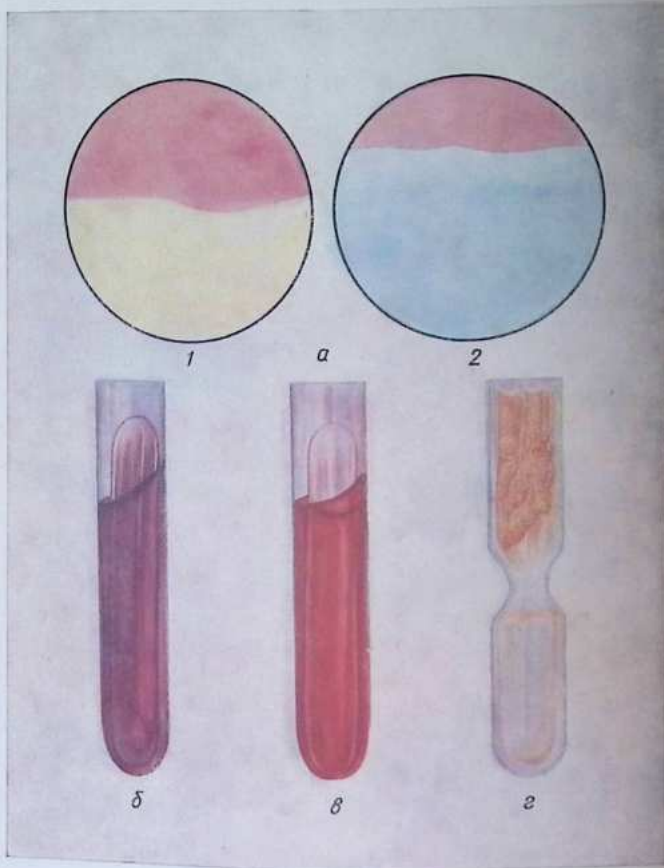


Таблица IV.

а — изменение цвета среды под влиянием роста кишечной палочки и паратифозного возбудителя на среде Эндо (1) и на среде Дригальского (2); б — стерильный сахарный бульон с лакмусом и пробиркой-поплавком; в — изменение бульона с лакмусом при росте в нем кишечной палочки; г — колонии возбудителя туберкулеза на глицериновом картофеле.

бациллярные формы, плесневые грибы и дрожжи. Из последней группы собственно к эпифитным относятся молочнокислые бактерии и в ряде случаев дрожжи. Спорозисные бактерии и плесневые грибы, попадающие из воздуха, находятся на поверхности здоровых растений в покоем состоянии.

Численность эпифитной микрофлоры растений может сильно меняться, от сотен до десятков миллионов на 1 г растительной массы. Здесь сказываются видовые особенности растений, стадия их развития и условия погоды. Так, во влажную погоду численность эпифитной микрофлоры заметно возрастает. Примерное соотношение наиболее часто встречающихся на поверхности растений групп и видов микроорганизмов следующее (в процентах):

<i>Pseudomonas herbicola</i>	30—60
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	до 40
группа <i>coli-aërogenes</i>	» 2
молочнокислые бактерии	до 5 (иногда выше)
спороносные »	» 2

Как показывают приведенные цифры, значительная часть эпифитной микрофлоры состоит из возбудителей гнилостного процесса. Эпифитная микрофлора не оказывает вреда растению, на котором она развивается, так как ее представители не проникают во внутренние ткани, защищенные от их воздействия плотным эпидермисом. Такое положение сохраняется при жизни растения, но когда растение скошено и ткани его повреждены, указанная выше преграда уничтожается. Питательные вещества, находящиеся в растении, становятся доступными микроорганизмам и начинают ими разрушаться. Поэтому для сохранения ценных свойств корма необходимо прибегать к его консервированию. В этих целях наиболее часто используют сушку и квашение (силосование корма).

Сушка сена и других кормов

Большинство микроорганизмов способно размножаться в том или ином субстрате лишь при содержании в нем свободной воды. Вода, входящая в состав химических веществ субстрата (связанная вода), не усваивается микробами. Наиболее требовательны к воде в среде бактерии. Они удовлетворительно размножаются лишь в средах, имеющих капельножидкую воду. Многие плесневые грибы способны развиваться при крайне ограниченных запасах «свободной» воды. Поэтому предметы и продукты чрезвычайно легко покрываются плесенью даже при слабом их отсыревании.

Сушка — чрезвычайно старый и до последнего времени наиболее широко распространенный способ консервирования зеленой массы и других кормов (солома, зерно и т. д.). При сушке микробиологические процессы в корме приостанавливаются вследствие удаления из него «свободной» воды. Эта вода составляет большую часть имеющейся в корме влаги. Так, если в свежескошенной траве содержится 70—80% влаги, то в сене всего 12—16%. Оставшаяся в корме вода представляет

собой «связанную» воду и не может поддерживать развитие микроорганизмов. В зависимости от химического состава корма запас «связанной» воды в нем может меняться. Задача сушки — удаление избыточной воды из корма с наименьшей потерей органического вещества.

В сухую погоду при быстрой сушке бактериальные и ферментативные процессы в увядающей растительной массе весьма ограничены, поэтому потеря ценных составных частей корма бывает очень небольшая, но все-таки неизбежна, так как в свежескошенной траве и других свежесушеных, содержащих много влаги растительных материалах продолжают дыхательный и другие ферментативные процессы. При более или менее затяжной сушке роль названных процессов сильно возрастает, и это ведет к увеличению потерь. Размножающиеся на влажной растительной массе микробы, конечно, существенно увеличивают их размер.

На первый взгляд моментальная сушка сена, если бы она была возможна, может считаться идеалом. Однако опыт показывает, что если подобный процесс искусственно осуществляется, корм получается малоароматный. Он поедается скотом менее охотно, чем обычный. Отсюда следует заключить, что некоторые биохимические процессы, происходящие в высушиваемом сене, до известной степени желательны. Однако слишком бурное развитие ферментативных и особенно микробиологических процессов в сене может вызвать ненужные потери его составных питательных частей.

В практических условиях высушиваемое сено лишь постепенно теряет содержащуюся в нем влагу. Темп этого процесса зависит от условий погоды. Имея в виду лучшее сохранение питательных веществ в сене, рекомендуют скошенную массу на первые сутки оставлять в прокосах, а на следующий день сгребать в валы, где она досыхает в течение следующих 2—3 дней. При перемежающихся дождях на ночь сено необходимо собирать в большие копны, а с утра, после схода росы, разбрасывать.

При сушке обычно теряется не менее 10% органического вещества сена, и эта потеря падает преимущественно на более ценные составные части — белки и простые сахара. Последние потребляются в процессе дыхания и легко разлагаются микроорганизмами. В результате деятельности ферментов растительных тканей белки корма частично гидролизуются с образованием аминокислот. Иногда значительная часть высушиваемого корма теряется вследствие механических причин. Убыль отдельных составных частей сена в зависимости от условий сушки может колебаться в следующих пределах (в процентах):

сахара	20—30	сырого жира	10—40
декстринов	0—45	органического фосфора	7—30
крахмала	2—28	белков	10—40

Содержание клетчатки и лецитина в процессе сушки обычно в сене не меняется.

Зерновые продукты, жмыхи и другие кормовые средства при переработке зерна сохраняются без порчи лишь в том случае, если в них

отсутствует «свободная» вода. Поскольку ее запас изменяется в зависимости от характера продукта и температурных условий, дать какие-то общие нормы влажности, гарантирующие сохранность продукта, нельзя. Например, зерно пшеницы и ржи при влажности ниже 14% может длительное время храниться без поражения микроорганизмами, если температура массы не превышает 30°. На зерне названных злаков бактерии начинают размножаться при 30°, если влажность зерна повышается до 17%, а при 10° для этого уже нужна влажность выше 19%. Плесневые грибы при температуре 30° развиваются на зерне пшеницы при влажности 14,5—15%, а при 10° — при влажности лишь свыше 19%. Влияние влажности

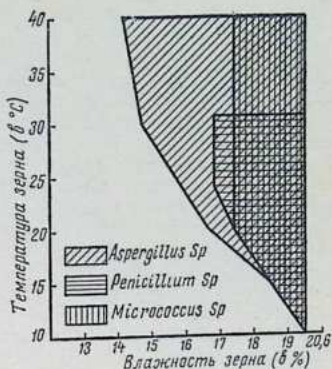


Рис. 108. Влажность зерна и температура хранения, в пределах которых увеличивается количество микроорганизмов на пшенице при месячном хранении (по О. П. Подъяпольской).

зерна пшеницы для развития микробов при разной температуре показано на рисунке 108. На других продуктах, особенно богатых жиром, микроорганизмы способны активно размножаться при более низком проценте влаги. Это объясняется тем, что влага содержится не во всех составных частях зерна, а лишь в некоторых. Например, жир практически не поглощает воду, а белки, углеводы и другие вещества легко ее впитывают. Поэтому при одной и той же общей влажности зерна белки и углеводы зерна, богатого жирами, более обводнены, чем те же компоненты зерна, бедного жиром. В первом случае при одной и той же влажности микробная порча наступает раньше.

В устойчивости того или иного продукта при хранении большое значение имеет питательная ценность его составных частей для микроорганизмов. При прочих равных условиях потенциально менее устойчивы при хранении вещества, содержащие соединения, легко усвояемые микробами. Следовательно, кормовые вещества хорошо хранятся, лишь когда из них удалена «свободная» вода, могущая поддерживать жизнедеятельность микроорганизмов. При сушке продуктов число жизнедеятельных микроорганизмов в них постепенно уменьшается. Тем не менее на доброкачественном корме растительного происхождения всегда можно найти большее или меньшее число микробных клеток, свойственных эпифитной микрофлоре, а также других видов микроорганизмов, попадающих сюда из почвы и воздуха. Порча корма, например в результате подмочки, связана с размножением в нем сапрофитных микроорганизмов. Поэтому в принципе вполне возможно на

основе микробиологического анализа судить о доброкачественности кормовых средств.

Развитие микробиологических процессов в значительных массах хранящихся органических веществ приводит к заметному, а иногда и очень высокому поднятию в них температуры. Это явление, получившее название термогенеза, непосредственно связано с жизнедеятельностью микробов.

Явление термогенеза и деятельность микроорганизмов. Микроорганизмы используют для синтетических целей не более 5—10% энергии потребленных ими питательных веществ. Остальная энергия выделяется в окружающую среду главным образом в виде тепла. Таким образом, термогенез обусловлен в основном неполной утилизацией микроорганизмами энергии, выделяющейся при осуществлении ими биохимических процессов. Большое значение в продукции тепла имеет энергия развития микроорганизмов. Тепла выделяется тем больше, чем быстрее размножаются микроорганизмы. Поэтому в средах с хорошо усвояемыми веществами микробы вызывают большее разогревание, чем на плохо усвояемых ими субстратах. Следовательно, распад разных органических соединений дает далеко не одинаковое количество тепла.

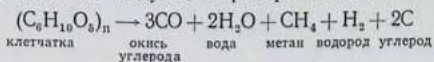
Явление термогенеза становится осязаемым лишь в условиях затрудненной теплоотдачи. В противном случае тепловая энергия рассеивается из среды, где размножаются микроорганизмы, и субстрат заметно не разогревается. В практике отмечается разогревание лишь значительных скоплений различных материалов, то есть таких масс, в которых может происходить аккумуляция (накопление) тепла.

Важную роль в термогенезе играет кислород, а следовательно, доступ воздуха. Лишь аэробные процессы обеспечивают большую продукцию тепла. Поэтому наиболее сильное самонагревание происходит, когда к влажному селу, сырому зерну или другим веществам имеется приток воздуха. При самонагревании растительной массы четко выражена смена микрофлоры. Первоначально в греющейся массе развиваются мезофильные микробы. Постепенно, с повышением температуры, на смену им приходят термофилы, способные развиваться при температуре до 75—80°. Термофилы особенно способствуют повышению температуры органических масс, в которых они живут, так как обладают исключительной энергией размножения. В самонагревании скошенной растительной массы принимают участие также ферментативные процессы. Однако, как показывают вычисления, энергия, выделяющаяся при этих процессах, несопоставимо мала по сравнению с вырабатываемой микроорганизмами.

Высокий разогрев достаточно сухой и пористой массы может вызвать ее обугливание и даже воспламенение, сопровождаемое иногда взрывами, разрушающими хранилище корма. Обугливание растительной массы начинается при температуре около 90°. Совершенно очевидно, что в этой температурной зоне протекают чисто химические процессы, так как бактерии развиваться не могут.

Специфический запах готовой к воспламенению массы указывает на начавшуюся перегонку органического вещества. Этот процесс со-

проводящегося выделением горючих газов — метана и водорода. Они адсорбируются на пористой поверхности обуглившихся растительных частиц, вследствие чего и может произойти самовоспламенение. Распад органического вещества, в частности целлюлозы, при высокой температуре происходит по следующей примерной схеме:



Весьма вероятно, что роль катализатора при воспламенении играют соединения железа. Воспламенение возможно лишь при наличии воздуха, и загореться может только недостаточно уплотненная масса. В ветреную погоду случаи самовоспламенения учащаются.

Явление термогенеза приносит существенный вред. Оно вызывает порчу сена, зерна и других кормовых и продовольственных средств. Однако в некоторых случаях, особенно при умеренном самонагревании, термогенез может быть использован в интересах хозяйства. Так, некоторое разогревание заквашиваемых кормов усиливает в них желательные микробиологические процессы. При изготовлении «самопрелой» соломы разогревание способствует получению более хорошо поедаемого корма и т. д. Явление термогенеза используется при приготовлении так называемого бурого сена.

Приготовление бурого сена распространено в тех местностях, где по климатическим условиям затруднена сушка сена. Для просушивания корма используется там не солнечная энергия, а тепло, выделяемое в результате жизнедеятельности микроорганизмов, развивающихся на растительной массе.

Существует несколько способов приготовления бурого сена, но основная работа сводится к следующему: скошенную и хорошо провяленную траву через 1—2 дня после покоса сгребают в валы, а затем плотно складывают в стог. Влажность такой растительной массы около 45—50%. Иногда, перед тем как сложить траву в стог, ее предварительно собирают в небольшие копны, где она еще несколько подсыхает. Растительная масса, сложенная в стог, имеет достаточно влаги, чтобы в ней возникли энергичные микробиологические и ферментативные процессы. Стог начинает разогреваться. Повышенная температура в нем держится 3—4 недели, а затем по мере подсыхания масса постепенно охлаждается. Совершенно очевидно, что термогенез, происходящий при разогревании сена, приводит к значительно большей потере находящихся в нем питательных веществ, чем обычная сушка.

Цвет созревшего сена от светло-коричневого до почти черного. Скот его поедает охотно. В таком сене около 15% влаги, остальная вода испаряется из стога в период разогревания.

Микробиология силосования кормов

Сущность и способы силосования кормов. Силосование (заквашивание) представляет собой совершенно особый способ консервирования сочного корма, при котором растительная масса сохраняется во

влажном состоянии. Это достигается помещением силосуемой массы в наземные бурты, ямы, траншеи, башни. Корм, более или менее сильно спрессованный и изолированный от доступа воздуха, подвергается брожению. Он приобретает кислый вкус, становится более мягким, несколько изменяется в цвете (приобретает окраску бурого цвета), но остается сочным. Силосоваться могут кукуруза, зеленые корма, корнеплоды, клубнеплоды, арбузы и другие кормовые средства. Квашение капусты и свеклы, засолка огурцов также основаны на принципах силосования.

Силосование имеет ряд крупных преимуществ перед другими способами консервирования корма. Прежде всего оно дает возможность убирать в любую погоду всякую сочную растительную массу. Потери составных частей корма, в том числе и витаминов, при силосовании значительно ниже, чем при сушке. Квашеный корм, будучи сочным, лучше поедается скотом, чем сено. При введении в рацион коров силосованных кормов удои значительно повышаются. Стоимость единицы питательного вещества силосованного корма ниже стоимости единицы питательного вещества сена. При силосовании используются многие корма, пропадающие в хозяйстве даром. Ботва картофеля, свеклы, отбросы сахарного и крахмало-паточного производства превращаются путем силосования в ценный корм. Кроме того, силосование дает возможность хранить корм продолжительное время. Известны два способа силосования: холодный и горячий.

Холодный способ силосования назван так потому, что во время созревания силоса в массе происходит умеренное повышение температуры, достигающее в некоторых слоях максимум до 30—35°; оптимальной температурой считается 25—30°. Растительную массу, если нужно, измельчают, заполняют ею до отказа кормовместилще, утрамбовывают и сверху возможно плотнее укрывают с целью изоляции от воздействия воздуха.

Холодное силосование осуществляется обычно в крупных вместилщах (башнях, траншеях и т. д.), поэтому масса сильно спрессовывается под собственной тяжестью, и в дальнейшем давлении на верхний слой нет необходимости. При силосовании по этому способу в корме накапливается значительное количество кислот, поэтому прежде его называли кислым силосованием.

При горячем способе силосования силосное сооружение заполняют по частям. Рыхлая измельченная масса слоем около 1—1,5 м, не уплотняясь, лежит 1—2 дня. При большом количестве воздуха в ней развиваются энергичные микробиологические и ферментативные процессы, в результате температура поднимается до 45—50°. Кладут второй слой приблизительно той же толщины, и он опять разогревается. Масса нижнего слоя, размягченная высокой температурой, спрессовывается под давлением верхнего слоя. Воздух из нижнего слоя постепенно вытесняется, аэробные процессы в нем прекращаются, и температура начинает снижаться. Так, слой за слоем заполняют все силосохранилище. Самый верхний слой корма утрамбовывают и плотно прикрывают для защиты от воздуха. Силосо-

ранилище при горячем способе силосования обычно делают небольших размеров, поэтому на верхний слой корма устанавливают груз.

В настоящее время при изготовлении горячего силоса не рекомендуется температуру поднимать выше 50°, так как более высокая температура угнетает даже теплолюбивые формы молочнокислых бактерий. Разогрев растительной массы связан с потерей известной (иногда значительной) части питательных веществ корма. Резко уменьшается переваримость белков. Поэтому горячее силосование нельзя считать рациональным способом сохранения растительной массы, и оно применяется у нас лишь в особых случаях (при квашении грубостебельных, малоценных кормов, так как разогревание улучшает их съедобность). Применяются и некоторые другие способы, обеспечивающие консервирование сохраняемых во влажном состоянии кормов: использование разного рода кислот, кислотных смесей и т. д. Условия и целесообразность их употребления будут рассмотрены дальше.

Из отмеченных приемов силосования холодный способ наиболее распространен. Это объясняется как сравнительной его простотой, так и хорошим качеством получающегося корма. Холодное силосование широко используется в СССР. Следует отметить, что по количеству заквашиваемых кормов наша страна стоит на первом месте в мире.

51. **Подкисление и буферные свойства силосуемого корма.** При силосовании в корме накапливаются кислоты, что является результатом деятельности микробов-кислотообразователей, сбраживающих содержащиеся в растениях сахарные вещества в кислоты. Основную роль в этом процессе играют молочнокислые бактерии, продуцирующие из углеводов (в основном из моно- и дисахаридов) молочную и частично уксусную кислоты. Эти кислоты имеют хорошие вкусовые свойства, достаточно полно усваиваются организмом животного и возбуждают аппетит. Молочнокислые бактерии снижают рН корма до 4,2—4,0 и даже ниже.

При порочном брожении корма, когда в нем развиваются разные нежелательные микроорганизмы, накапливается ряд продуктов, в том числе кислоты, с неприятными вкусовыми свойствами. К ним прежде всего следует отнести дурно пахнущую масляную кислоту, амины, аммиак.

Кислотонакопление, происходящее в хорошем силосе, и обуславливает сохранность корма, потому что гнилостные и прочие нежелательные для процесса силосования бактерии не способны развиваться в среде с кислой реакцией (ниже 4,5—4,7). Сами же молочнокислые бактерии относительно устойчивы против кислот. Следует отметить, что к числу микроорганизмов, переносящих весьма сильное подкисление, относятся и плесневые грибы, но они строгие аэробы и в хорошо укрытом заквашиваемом корме размножаться не могут. Кислотоустойчивость свойственна также дрожжам, но эти микроорганизмы не вызывают сколько-либо нежелательных изменений в заквашиваемом корме.

В таблице 8 приводятся некоторые данные, характеризующие отношение отдельных групп микроорганизмов, в том числе и молочнокислых бактерий, к реакции среды. Как видно, последняя группа микроорга-

низмов кончает развиваться при рН около 3,0—3,5. Таким образом, кислотность силоса является одним из главнейших факторов, определяющих его стойкость при хранении. Если по каким-либо причинам кислотность корма уменьшается, это неминуемо ведет к его порче, так как создаются условия, благоприятствующие развитию разнообразных вредных для сохранности силоса микроорганизмов.

Таблица 8

Отношение различных групп микробов к кислотности среды

Группа бактерий	Примерный интервал развития микробов	
	минимальный рН	максимальный рН
Гнилостные бактерии	Несколько выше 4,5	Около 8,5
Молочнокислые кокки	» » 3,5	» 8,5
» палочки	» » 3,0	» 8,0
Маслянокислые »	» » 4,7	» 8,5
Группа кишечной »	» » 4,5	» 8,0
Плесневые грибы	» » 1,0	» 9,0
Дрожжи	» » 3,0	» 7,0

Разные корма для нормального силосования нуждаются в неодинаковом подкислении. Иногда 0,5% молочной кислоты снижают рН корма до 4,2, то есть до показателя, свойственного весьма хорошим силосам. В других случаях для этого требуется 2% той же кислоты. Такое колебание зависит от того, что некоторые составные части растительного сока обладают так называемыми буферными свойствами, которые выявляются в одном случае более резко, чем в другом. Механизм действия буферов заключается в том, что в их присутствии значительная часть Н-ионов нейтрализуется. Поэтому, несмотря на накопление кислоты, рН среды почти не снижается до тех пор, пока не израсходован весь буфер. Связанные буферами кислоты образуют в силосе запас так называемых связанных кислот.

Роль буферов могут играть как различные минеральные соли, так и некоторые органические вещества (например, протени), входящие в состав растительного сока. Более буферный корм для получения из него хорошего силоса должен иметь больше сахаров, чем менее буферный. Таким образом, силосуемость растений определяется не только богатством их сахарами, но и буферными свойствами. Основываясь на буферности сока растений, можно теоретически вычислить нормы сахара, необходимые для успешного силосования различного растительного сырья.

Буферность сока растений находится в прямой зависимости от богатства их белками (табл. 9). Бобовые растения трудно силосуются — в них содержится относительно мало сахара и высок процент белка. Биохимический анализ вполне подтверждает и общее мнение о кукурузе, как о прекрасной силосной культуре. В стеблях и початках кукурузы около 20% сахаров (на сухое вещество), листья же в 4—5 раз беднее углеводами.

Таблица 9

Относительная буферность сока некоторых растений

Растение	Относительная буферность сока	Процент сахара в сухом веществе	Процент белка в сухом веществе
Янтак	100	1,1	—
Донник	92	6,1	—
Крапива	90	4,5	23,3
Люцерна	78	4,0	17,8
Соя	74	3,3	17,8
Вика	64	5,7	18,7
Клевер красный	41	6,1	—
Кукуруза	38	12,1	8,0—10,0
Подсолнечник	32	22,4	18,6

Как уже указывалось, молочнокислые бактерии вырабатывают кислоты главным образом из простых сахаров. Поэтому, зная буферность корма и его химический состав, можно решить вопрос о силосуемости того или иного растения. В основном это связывается с запасом моно- и дисахаридов, обеспечивающих должное подкисление корма. Минимальное их содержание, необходимое для доведения рН корма до 4,2, может быть названо «сахарным минимумом» (А. А. Зубрилин). При вычислении сахарного минимума допускается, что около 60% простых углеводов превращаются в молочную кислоту. Остальная часть сахара может быть использована другими микроорганизмами, не образующими молочной кислоты. Очевидно, если корм содержит больше сахара, чем это показывает вычисленный сахарный минимум, он будет силосоваться хорошо.

Для примера в таблице 10 приводятся некоторые данные, показывающие обеспеченность сахарами отдельных кормов и их сахарный минимум. Как видно, кукуруза обеспечена сахаром с избытком. Клевер имеет ограниченный запас углеводов, а, например, ботва тыквы чрезвычайно бедна сахарами.

Показатели силосуемости разных растений
(по данным З. И. Зубрилин)

Таблица 10

Растение	Сахарный минимум (% от сухого веса)	Содержание сахара (% от сухого веса)
Клевер	6,51	8,52
Кукуруза	5,50	19,71
Картофель (ботва)	9,69	8,53
Столбовая свекла (ботва)	11,61	14,40
Кормовая свекла (ботва)	12,79	25,99
Тыква (ботва)	23,66	7,03
Капуста кормовая	7,41	24,90

Надо отметить, что корма с одинаковым показателем сахарного минимума подкисляются не одинаково быстро, так как быстрота снижения рН силоса зависит не только от буферности корма и накопления кислоты, но также от особенностей структуры растительных тканей. Свойства последних определяют уплотнение массы, появление в ней сока и др. Для улучшения силосуемости кормов, бедных углеводами, их смешивают с кормами, содержащими много сахара. Состав закладываемого в силосное помещение корма можно также улучшить, добавив к нему по определенному расчету меляссу.

Некоторые корма слишком богаты углеводами. При силосовании таких кормов возникает избыточная кислотность (явление «перекисления» силоса). Слишком кислый корм неохотно поедается животными. Чтобы избежать перекисления, корма, содержащие много сахара, перед силосованием перемешивают с кормами, бедными углеводами.

Растительное сырье по его силосуемости может быть разделено на следующие три основные группы: а) хорошо силосующееся, б) трудно силосующееся и в) несилосующееся. У хорошо силосующихся растений значительный избыток сахара по сравнению с тем минимальным запасом, который необходим для успешного силосования. У трудно силосующихся растений величины сахарного минимума и фактического содержания сахара почти совпадают. Вследствие этого малейшие упущения в технике силосования таких растений, влекущие к потере сахара, неминуемо вызывают порчу корма. Несилосующиеся растения содержат явно недостаточный запас сахаров для необходимого подкисления при силосовании.

Другие изменения, происходящие в силосуемом корме. Крахмал и особенно клетчатка практически недоступны молочнокислым бактериям, и при силосовании их запас остается неизменным. Большой интерес для практики представляет сохранность белков в силосованном корме. В процессе квашения некоторая часть белка превращается в аминокислоты, поэтому общий фонд растворимого азота в силосованном корме несколько повышается. При правильном процессе силосования глубокого распада белка с образованием аммиака происходить не должно. Поскольку аминокислоты хорошо усваиваются организмом животных, можно считать, что частичный перевод протеинов в аминокислоты существенно не сказывается на уменьшении кормовых достоинств засилосованной массы. В хороших силосах во время их созревания гидролизуются до 60% белка.

В силосуемой массе обычно имеется больший или меньший запас витаминов. Могут быть обнаружены витамин Е, комплекс витаминов В, никотиновая кислота, провитамин А (каротин), некоторое количество витамина D и др. В процессе силосования часть витаминов разрушается, но, как правило, значительно меньшая, чем при сушке сена. Отчасти это связано с благотворным влиянием кислой среды (в частности, в отношении витаминов В₁, В₂, С). Заквашенная масса хранится по существу в анаэробных условиях. Это также сказывается на сохранности легко окисляющихся витаминов (С и А). Сок засилосованного корма значительно богаче витаминами, чем его основная масса.

В частности, это относится к таким витаминам, как А и D, которые не растворимы в воде. Можно предположить, что подобные витамины содержатся в коллоидной части сока.

Ж и р о в а я фракция корма во время силосования практически не изменяется. Максимальные потери жиров при правильном силосовании не превышают 5% их первоначального содержания в исходной массе. Общие потери сухих веществ корма при холодном силосовании значительно меньше, чем при горячем. В первом случае они не должны превышать 10—15%, во втором достигают 30% и более.

Образование газов при силосовании кормов. Многие микроорганизмы, развивающиеся в силосуемой массе (см. ниже), среди других продуктов вырабатывают из углеводов и других органических соединений углекислый газ. Неудивительно поэтому, что атмосфера хорошо изолированного заквашиваемого корма быстро обогащается CO_2 . Примерно через 2—3 суток углекислый газ составляет до $\frac{2}{3}$ газовой фазы силоса. Как известно, углекислый газ в повышенных концентрациях ядовит для человека и животных. Зарегистрированы смертельные случаи при опускании людей в силосную траншею; они отравлялись углекислотой. Это следует иметь в виду и при работе в силосном помещении; оно должно быть предварительно проветрено.

Некоторые исследователи (Петерсон с сотр.) изучали газовую атмосферу многих силосов, в том числе приготовленных из кукурузы. В составе газов силоса ими в больших или меньших количествах были обнаружены вредные для здоровья окислы азота. Иногда двуокиси азота было так много, что газы, выходявшие из силосного помещения через дренажную трубу, имели явно бурую окраску. Выделение двуокиси азота резко усиливалось при добавлении к силосному корму солей азотной кислоты. Эти данные дают основание предполагать, что двуокиси азота имеет микробное происхождение, так как введение антисептика прекращает выделение как CO_2 , так и NO_2 . В корме есть так называемые денитрифицирующие бактерии, которые восстанавливают соли азотной кислоты до окиси азота и даже молекулярного азота.

Растительная масса всегда содержит большие или меньшие количества нитратов, и в первоначальную фазу созревания корма, когда в нем бурно размножаются гнилостные бактерии, вполне возможно восстановление солей азотной кислоты с образованием окисных соединений азота. При существенном подкислении силосуемой массы, когда основная роль переходит к молочнокислым бактериям, этот процесс становится невозможным. Опыты с меченым азотом показали, что в силосе образуется из нитратов некоторое количество свободного азота. Это вполне возможно, так как молекулярный азот может освобождаться из нитратов при деятельности денитрифицирующих бактерий. Он образуется также при реакции Ван-Слайка между аминокислотами и нитратными. Последние накапливаются при восстановлении солей азотной кислоты денитрификаторами. Помимо отмеченных солей азотной кислоты могут образовывать в силосах небольшие количества водорода, метана и некоторых других газообразных продуктов.

Микроорганизмы, развивающиеся в силосуемой массе. Молочно-кислые бактерии. Общеизвестное уравнение молочнокислого брожения — $C_6H_{12}O_6$ (глюкоза) = $2C_3H_6O_3$ (молочная кислота) является суммарным и подытоживающим ряд сложных, поэтапно совершающихся в микробной клетке превращений углеводов и продуктов их распада. Наряду с основным продуктом брожения — молочной кислотой, в большем или меньшем количестве получаются побочные продукты: уксусная кислота, углекислый газ, иногда этиловый спирт. Характер вызываемого на среде брожения более или менее постоянен для определенной культуры молочнокислых бактерий.

По составу продуктов брожения молочнокислые бактерии делят на две основные группы: 1) гомоферментативные, 2) гетероферментативные.

Биохимическая характеристика названных групп молочнокислых бактерий приведена в таблице 11. Как видно, гомоферментативные молочнокислые бактерии в отличие от гетероферментативных образуют весьма небольшие количества летучих кислот (уксусной кислоты), спирта и дают незначительное количество газа.

Таблица 11

Характер продуктов, образуемых молочнокислыми бактериями из углеводов

Культуры	Процент сахара, превращенного в следующие продукты			
	молочную кислоту	уксусную кислоту	этиловый спирт	CO ₂
Гомоферментативные бактерии:				
кокковидные	86,0—90,0	3,5—7,0	0,7—1,5	2,0—5,5
палочковидные	68,0—80,0	3,8—7,0	Около 1,0	1,0—6,0
Гетероферментативные бактерии:				
кокковидные	26,0—50,0	4,4—14,0	10,0—21,0	17,0—30,0
палочковидные	35,0—37,0	10,0—16,0	12,0—15,0	Около 25,0

Наиболее желательно преобладание в силосах возбудителей гомоферментативного процесса. При типичном молочнокислом брожении получается продукт с приятным вкусом и запахом. Калорийность корма почти не меняется. Одна грамм-молекула сахара при сгорании дает 674 калории, а две грамм-молекулы образовавшейся из нее кислоты — 653 калории. Таким образом, при превращении сахара в молочную кислоту теряется всего около 3% калорийности вещества; при развитии гетероферментативных бактерий потери значительно возрастают.

Продукты, вырабатываемые молочнокислыми бактериями, не только консервируют силосуемую массу, но и представляют собой питательные вещества для животных. Поэтому при квашении кормов всячески стараются усилить деятельность возбудителей молочнокислого бро-

жения. Из типичных гомоферментативных бактерий силоса могут быть названы *Streptococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus* и *Streptobacterium plantarum*, из гетероферментативных молочнокислых бактерий — *Betacoccus arabinosaceus* и *Betabacterium breve*.

На характере продуктов, образуемых молочнокислыми бактериями, сказываются не только биохимические особенности той или иной культуры, но и состав питательной среды. Например, если сбраживается не гексоза, а пентоза, то есть сахар с пятью атомами углерода, один продукт брожения имеет три атома углерода, а другой — только два (первое вещество — молочная кислота, второе — уксусная кислота). Процесс брожения может быть выражен следующим примерным уравнением:



В растительном сырье имеются пентозаны, дающие при гидролизе пентозы. Поэтому даже при нормальном созревании силоса в нем обычно накапливается некоторое количество уксусной кислоты.

Молочнокислые бактерии могут развиваться, используя как источник углеродного питания не только сахара, но и соли органических кислот. Например, многие возбудители молочнокислого процесса неплохо растут на солях лимонной кислоты. Характер конечных продуктов распада при этом будет совершенно иным, чем при росте на углеводах. Даже гомоферментативные молочнокислые бактерии, развиваясь на цитратах (солях лимонной кислоты), образуют весьма малые количества молочной кислоты. В качестве основных продуктов брожения накапливаются уксусная и муравьиная кислоты, а также углекислый газ. Эти явления позволяют понять, почему молочнокислые бактерии вырабатывают в силосуемом материале не только молочную кислоту, но и ряд других, казалось бы, несвойственных им продуктов.

Следует помнить, что молочнокислые бактерии питаются в основном простыми сахарами, поэтому обеспеченность корма этими соединениями в значительной степени определяет его силосуемость. Азот используется данной группой микроорганизмов из органических соединений. Белки при росте на них молочнокислых бактерий частично превращаются в аминокислоты. При этом может также образоваться в небольших количествах аммиак. Комплекс протеолитических ферментов, то есть ферментов, разлагающих белки, у молочнокислых бактерий не очень активен. К тому же данные ферменты в достаточно сильной степени подавляются при довольно высоком значении pH (5,0—5,5), в то время как молочнокислые бактерии подкисляют реакцию силосуемой массы до pH 4,0 и ниже. В последнем интервале ферменты молочнокислых бактерий, разрушающие белок, перестают работать.

Протеолитические ферменты молочнокислых бактерий, очевидно, относятся к эндоферментам и активно проявляют себя в окружающей среде лишь после смерти и автолиза клеток микробов, когда содержащиеся в них ферменты выделяются наружу. Все сказанное позволяет сделать вывод, что в нормальных силосах, созревающих при энергич-

ной деятельности молочнокислых бактерий, не может накопиться значительного количества аммиака. В порочных же силосах глубокий распад белка осуществляется весьма разнообразными гнилостными микроорганизмами.

Для обогащения заквашенных кормов белком иногда рекомендуют при закладке силоса вносить в растительную массу сульфат аммония или мочевины. При этом предполагается, что при развитии микробиологических процессов эти соединения будут ассимилироваться микроорганизмами и превращаться в белок. Эти надежды тщетны. Как было указано, молочнокислые бактерии не усваивают сульфата аммония. Не могут они питаться и мочевиной. Поэтому в правильно созревающем силосе не может иметь места накопление белка за счет ассимиляции сульфата аммония и мочевины.

Для существования молочнокислых бактерий необходимы также фосфор, калий и некоторые другие вещества. Они берутся ими, как правило, из различных минеральных соединений. Для питания многих групп молочнокислых бактерий необходимы дополнительные факторы роста (витамины, «ростовые» вещества и т. д.), которые обычно в достаточном количестве содержатся в силосуемой массе. Молчнокислые бактерии могут успешно размножаться как в относительно холодных, так и в греющихся силосах. Это объясняется тем, что отдельные виды и расы молочнокислых бактерий могут развиваться в довольно различных температурных условиях. Наиболее обычные представители их живут в пределах от 7—10 до 40—42°, при оптимуме около 25—30°.

В природе, однако, нередко встречаются формы молочнокислых бактерий, способные размножаться как в зоне более высоких, так и низких температур. Например, в силосах, созревших зимой при весьма низкой плюсовой температуре, встречаются стрептококки, которые при 5° довольно энергично накапливают в корме молочную кислоту. Температурный оптимум для этих бактерий около 25°, максимум около 47°. При пониженных температурах могут развиваться не только кокковые, но и палочковидные формы молочнокислых бактерий. При температуре 50—55° молочнокислые бактерии развиваются плохо, а при дальнейшем ее повышении погибают как формы, не образующие спор.

Отдельные исследователи указывают, что молочная кислота накапливается в силосах при их разогревании даже выше 60—65°. В связи с этим следует иметь в виду, что молочная кислота может продуцироваться не только молочнокислыми бактериями; в некотором количестве ее вырабатывают и другие бактерии. В частности, она образуется в среде при развитии некоторых спороносных палочек, принадлежащих к группе *Bac. subtilis* и размножающихся при повышенной температуре. Подобные формы всегда представлены в греющихся силосах. Можно, кстати, отметить, что в греющихся субстратах абсолютное число теплолюбивых форм бактерий обычно бывает не столь велико. Это объясняется тем, что данные микроорганизмы имеют весьма непродолжительный срок существования и быстро погибают.

Отмечая отношение молочнокислых бактерий к кислороду, можно подчеркнуть, что они являются условными (факультативными) анаэ-

робами. Степень обеспеченности среды кислородом может быть охарактеризована величиной окислительно-восстановительного (ОВ) потенциала (Eh). Иногда ОВ потенциал выражается величиной gH_2 . В кислородной среде, при нейтральной реакции среды, величина Eh равна 810, а gH_2 — 41, в атмосфере водорода соответственно 421 и 0. Колебания между отмеченными величинами характеризуют ту или иную степень аэробности. В среде, где развиваются молочнокислые бактерии, потенциал может снижаться довольно сильно, до gH_2 5—6. В таблице 12 приводятся данные Ключивера, показывающие предельные значения gH_2 в культурах разных молочнокислых бактерий. Они свидетельствуют о том, что в силосуемой массе благодаря деятельности молочнокислых бактерий создается весьма восстановленная среда.

Таблица 12

Конечное значение gH_2 в культурах молочнокислых бактерий

Культура	Значение gH_2 в среде
<i>Streptob. plantarum</i>	5,1
» <i>lactis</i>	5,0
» <i>cremoris</i>	5,2
» <i>faecium</i>	5,5
» <i>amylolactis</i>	5,1
» <i>thermophilus</i>	6,0
<i>Lactobact. bulgaricum</i>	5,8
» <i>acidophilum</i>	5,7

Молочнокислые бактерии настолько привыкли к получению необходимой им энергии посредством бродильного процесса, что даже при доступе воздуха не переходят на аэробное дыхание и продолжают расщеплять сахар на молочную кислоту. Это объясняется отсутствием у них системы ферментов, обеспечивающих аэробное дыхание. Правда, известны отдельные данные, указывающие на способность некоторых возбудителей молочнокислого процесса существовать в аэробных условиях за счет дыхания. Возможно, подобные формы бактерий и встречаются, но они представляют исключение.

В плотно уложенном силосуемом корме молочнокислые бактерии интенсивно размножаются, в то время как большинство гнилостных бактерий и плесневых грибов находится в подавленном состоянии. Если к силосуемой массе имеется доступ кислорода, молочная кислота разрушается плесневыми грибами и некоторыми аэробными бактериями. Кислотность силоса понижается, в нем начинают развиваться гнилостные процессы, и корм портится. Из рисунка 109 видно, что аэробные условия вызывают быстрое уничтожение молочной кислоты в силосе. В данном случае заквашенная кормовая капуста была испорчена, так как консервирующий фактор — молочная кислота — перестал

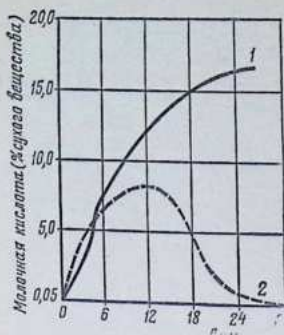


Рис. 109. Влияние доступа воздуха на содержание молочной кислоты в силосе: 1 — анаэробные условия; 2 — аэробные условия.

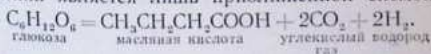
действовать на нежелательную микрофлору, которая сохранялась в пассивном состоянии в кормовой массе.

Вследствие того что молочнокислые бактерии вырабатывают значительное количество кислот, они привыкли жить при довольно низком значении рН. Более значительная кислотоустойчивость свойственна палочковидным формам молочнокислых бактерий. Этим объясняется факт накопления молочнокислых палочек к концу силосования, когда корм значительно подкисляется.

Гнилостные и прочие нежелательные для силоса микробы не способны развиваться в среде с кислой реакцией. Исключение составляют

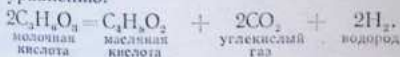
лишь плесневые грибы и дрожжи. Однако первые из них не могут жить без доступа воздуха, и хорошо изолированный корм не будет попорчен ими. Дрожжи обычно вредного влияния на качество корма не оказывают, и нередко первоклассный силос имеет значительное количество этих микроорганизмов. Лучшие всего молочнокислые бактерии размножаются при рН среды, равной 6,0—7,0. Молочнокислые бактерии подавляют не только нежелательную микрофлору; при их действии перестают функционировать и ферменты растительной массы, так как комплекс дыхательных ферментов растений подавляется при рН около 3,0, а протеолитических ферментов — при рН около 4,0.

М а с л я н о к и с л о т н ы е б а к т е р и и. Маслянокислое брожение может вызываться довольно большой группой анаэробных спороносных палочек. Обычно приводимое уравнение распада сахара при маслянокислом брожении является лишь приближенной схемой:



Наряду с масляной кислотой и указанными в уравнении веществами при брожении могут получаться довольно разнообразные побочные продукты: уксусная, пропионовая и муравьиная кислоты; иногда обнаруживаются также этиловый, бутиловый спирт и ацетон. Количественное соотношение этих продуктов в значительной степени зависит от видовых особенностей культур маслянокислых бактерий.

Для процесса квашения весьма существенна способность маслянокислых бактерий переводить молочную кислоту в масляную. Процесс протекает по уравнению:



Это указывает на то, что маслянокислые бактерии способны быть потребителями продуктов, вырабатываемых молочнокислыми бактериями.

Масляная кислота не вредна для животных, однако развитие маслянокислого брожения в силосе крайне нежелательно по ряду причин. Масляная кислота весьма горькая на вкус, с неприятным запахом, и корм, обогащенный ею, плохо поедается. Кроме того, возбудители маслянокислого брожения вызывают гнилостный распад белков и их деятельность сопряжена с порчей корма: при развитии этих микроорганизмов в корме первоначально увеличивается количество водорастворимых форм белка и аминокислот, а затем накапливается аммиак.

Бактерии скормливаемого корма всегда в некотором количестве попадают в молоко. Наличие же маслянокислых бактерий в молоке делает его непригодным для переработки на сыры. Как видно из приведенного уравнения (стр. 208), при маслянокислом брожении выделяются газы — углекислота и водород. Это приводит к вспучиванию сыров. Все отмеченное позволяет оценивать силос с содержанием масляной кислоты как низкосортный.

У бактерий, принадлежащих к группе возбудителей маслянокислого брожения, довольно мощный ферментативный аппарат. Они усваивают не только моно- и дисахариды, но сбраживают также и крахмал. Некоторые представители этой группы разлагают, кроме того, пектиновые вещества и пентозы. В качестве источника азотного питания маслянокислые бактерии могут использовать белки, продукты их распада и соли аммония. Многие представители этой группы способны усваивать даже молекулярный азот. Среди маслянокислых бактерий встречаются формы как мезофильные, так и термофильные.

Маслянокислые бактерии не могут размножаться при столь низком значении pH, как молочнокислые. Минимальное значение pH для них 4,7. На относительно слабой кислотоустойчивости маслянокислых бактерий основана борьба с маслянокислым брожением в силосуемых кормах. Если в силосуемом корме быстро снижается pH, развитие маслянокислого процесса делается невозможным. Известны случаи, когда корма с довольно низким значением pH все же содержат масляную кислоту. Причиной этого может быть медленное подкисление силоса: пока pH силосуемого корма не снизится до 4,7, в нем длительное время развиваются маслянокислые бактерии.

К бактериям маслянокислого брожения относится бактерия ботулизма (*Clostr. botulinum*), накапливающая в среде сильнодействующий токсин. Описаны случаи отравления скота силосованным кормом, причем заболевание протекало со всеми признаками ботулизма.

Бактерии группы кишечной палочки. Как уже говорилось, некоторые молочнокислые бактерии могут образовывать из сахаров газы. Однако наиболее энергичными газообразователями являются представители группы кишечной палочки (*coli-aërogenes*) и близкие к ней формы. Некоторые виды этих бактерий, свойственные вообще микрофлоре кишечника животных, обнаруживаются в значительном количестве на растительной массе и в силосуемых кормах.

Рассматриваемая группа микробов весьма обширна и объединяет многие виды бактерий, имеющих некоторое сходство, особенно по характеру вызываемого ими брожения. Из таких бактерий наиболее распространенными и типичными считаются обитатели кишечника — *Escher. coli* и *Bact. aërogenes*. На растительном сырье весьма часто встречается *Bact. levans*. Бактерии, входящие в группу *coli-aërogenes*, сбраживают сахара с обильным образованием газов — водорода и углекислоты. Белки при воздействии на них бактерий группы кишечной палочки подвергаются гнилоственному распаду.

Бактерии группы кишечной палочки могут развиваться в аэробных и анаэробных условиях. Бескислородное существование возможно лишь при содержании в среде сбраживаемых источников углерода.

В нормально силосуемых растениях бактерии кишечной группы в значительных количествах встречаются лишь в начале процесса. Под влиянием нарастающей кислотности их число быстро уменьшается и они перестают играть сколько-нибудь заметную роль в заквашиваемом корме. Развитие представителей кишечной группы в силосуемом корме следует считать нежелательным. Они не только вызывают гнилостный распад белка, но при их деятельности значительная часть сахаров корма превращается в малценные продукты, отчего снижается кормовое достоинство силоса.

Гнилостные бактерии. На растительной массе всегда есть весьма разнообразные представители гнилостной микрофлоры, способные развиваться как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Размножение этих микроорганизмов в силосуемой массе можно легко подавить, если корм быстро подкислить, так как при рН ниже 4,5—4,7 гнилостные бактерии развиваться не могут. Для силосуемых кормов потенциально наиболее опасны относительно кислотоустойчивые гнилостные бактерии из группы кишечной палочки.

Помимо бактерий, белок может разрушаться и другими микроорганизмами, в частности грибами. Даже в хорошо силосующихся кормах, в которых развитие гнилостных микроорганизмов полностью предотвращено, обычно отмечается некоторое накопление растворимых форм азота — преимущественно аминокислот. Это наглядно показано на рисунке 110, изображающем динамику форм азота в созревающем кукурузном силосе. На основании ряда экспериментальных данных в настоящее время считают, что подобная трансформация в основном связана с деятельностью ферментов растительных тканей, а не бактерий. Ферментативные процессы, вызывающие гидролиз белковой молекулы, полностью приостанавливаются при кислотности, близкой к рН3. Следует заметить, что превращение части белка корма в аминокислоты, вызываемое ферментами растительных тканей, не снижает питательной ценности силосуемого корма.

Как показывает наблюдение, в относительно медленно подкисляющихся при силосовании кормах (например, в бобовых) 40% и более белкового азота может быть переведено в аминную и аммиачную формы. Аммиачный азот в таких силосах составляет до 10—15% общего азота заквашиваемого корма. В хорошо силосующемся корме потери белка

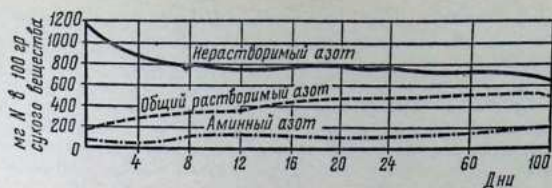


Рис. 110. Изменение форм азотных соединений при силосовании кукурузы.

не превышают 5—6% сырого протеина. В недостаточно подкисленных кормах гнилостные микроорганизмы могут переводить часть аминокислот в моно- и диамины, некоторые из которых обладают токсическими свойствами.

Многие низшие органические кислоты образуются не только при брожении углеводов, но и при разрушении продуктов распада белка. Однако накопление кислот из углеводов (при силосовании — процесс нормальный) происходит при существенном подкислении корма. Образование кислот из аминокислот сопряжено с выделением аммиака, протекает без подкисления корма и должно рассматриваться как порочное явление.

В хороших силосах (рН 4,5 и ниже) органические кислоты в основном представлены молочной и уксусной кислотами, образующимися из углеводов. В порочных силосах, имеющих рН выше 4,5, запас названных кислот уменьшается, но сильно возрастает содержание масляной, валериановой и капроновой кислот, в значительной мере образующихся из распадающегося белка (табл. 13).

Таблица 13

Содержание летучих и жирных кислот в силосах

Значение рН готового силоса	Средняя величина рН	Общее содержание жирных кислот (% от сухого вещества)	Соотношение летучих жирных кислот (%)					
			муравьиная	уксусная	пропионовая	масляная	валериановая	капроновая
3,60—3,80	3,77	2,67	1,1	77,6	11,8	9,3	0,3	—
4,41—4,60	4,51	1,21	6,7	79,0	5,4	8,9	—	—
4,61—4,80	4,70	4,47	3,3	50,0	8,7	27,8	2,2	7,8
5,01—5,20	5,12	7,18	1,2	51,1	8,8	30,1	5,0	3,8
5,21—6,40	6,38	0,90	—	36,7	11,9	34,9	12,7	3,8

Примечание. В таблице приведены данные Барнета.

Дрожжи и плесневые грибы. Дрожжи и близкие к ним (дрожжеподобные) организмы практически всегда обнаруживаются в силосуемых кормах. Чаще всего в них могут быть найдены предста-

ители родов *Saccharomyces* и *Torulopsis*, вызывающие спиртовое брожение.

При небольшом объеме спиртовое брожение в заквашиваемом корме может иметь положительное значение, так как, помимо спирта, дрожжи образуют витамины и некоторое количество ароматических веществ, придающих корму приятный запах и возбуждающих у животных аппетит. Однако в процессе жизнедеятельности дрожжи расходуют сахар, поэтому при ограниченных запасах углеводов в корме спиртовое брожение может сыграть весьма отрицательную роль, задерживая подкисление силоса. Многие дрожжи в присутствии кислорода способны разлагать органические кислоты, в том числе и молочную кислоту.

Обычно дрожжи в заквашиваемых кормах размножаются лишь в течение короткого срока. Уже через несколько дней после начала силосования кривая их развития резко падает и число дрожжевых клеток сильно уменьшается. Причины, ограничивающие размножение дрожжей в силосуемом корме, пока не изучены.

Не исключена возможность, что быстрое снижение окислительно-восстановительного потенциала в заквашенном корме делает среду малоприспособленной для развития дрожжей.

В кормах всегда могут быть найдены представители низших грибов. Подавляющее большинство плесневых грибов — аэробы. Лишь одиночные плесневые грибы (например, *Mucor*) могут слабо развиваться без доступа кислорода, вызывая при этом расход сахара по типу спиртового брожения. Плесневые грибы прекрасно растут на кислых субстратах, минимальный pH для многих из них около 1,2—1,6. Таким образом, кислотность засилосованного корма ни в коей мере не может препятствовать росту плесневых грибов. Среди плесневых грибов чаще всего на силосе обнаруживаются виды *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и *Botrytis*.

Если плесневые грибы получают возможность размножаться на силосованном корме, они начинают использовать для питания молочную, уксусную и другие органические кислоты. Кислотность корма уменьшается, что, в свою очередь, делает возможным развитие разнообразных гнилостных бактерий в заплесневевшем слое силоса. Корм портится и делается непригодным для хозяйственного использования. Борьба с плесневыми грибами в силосе не сложна. В основном она сводится к тщательной изоляции корма от воздуха.

Уксуснокислые и целлюлозоразлагающие микроорганизмы. При правильно проводимом силосовании в заквашиваемой массе создаются анаэробные условия, вследствие чего в ней не могут активно размножаться уксуснокислые бактерии, относящиеся к строгим аэробам. При исследовании силосов не находили в них сколько-нибудь значительных количеств этих микроорганизмов; следовательно, в процессе силосования они значительной роли не играют.

Некоторые молочнокислые бактерии из рода *Betacoccus* и *Betabacterium* накапливают заметное количество уксусной кислоты при развитии на гексозах. Расщепление пентоз этими бактериями также сопровож-

дается выделением значительного количества уксусной кислоты. Бактерии, разлагающие клетчатку, не переносят подкисления среды, поэтому в силосуемых кормах не развиваются, хотя среди них есть и анаэробы.

Основные фазы созревания силосуемого корма. Силосование развивается как динамический процесс, который может быть условно разбит на несколько фаз. Первая фаза созревания заквашиваемого корма названа фазой развития смешанной микрофлоры. Вследствие утраты растительными клетками тургора, коагуляции (свертывания) коллоидов и нарушения целостности оболочек из тканей начинает выделяться сок. Если растения уложены плотно, растительный сок постепенно заполняет пространство между ними и способствует созданию анаэробных условий. Тем не менее первоначально растительная масса не может быть полностью освобождена от воздуха.

Уже в первой фазе брожения значительная часть растворимых питательных веществ корма переходит в растительный сок, являющийся прекрасной средой для размножения разнообразных групп микробов, внесенных с кормом. На растительной массе начинается их бурное развитие, особенно при благоприятной температуре. В эту фазу силосования здесь можно встретить в значительном количестве гнилостные аэробные неспороносные бактерии, представителей группы кишечной палочки, дрожжи, молочнокислые бактерии и прочие микроорганизмы. Спороносные бактерии обычно размножаются медленнее, поэтому их число первоначально сколько-нибудь заметно не меняется. По этой же причине арену жизненной борьбы не успевают захватить и маслянокислые бактерии. В фазу брожения растительные ткани продолжают дышать, используя оставшийся в растительной массе воздух; осуществляются и другие ферментативные процессы.

Обычно первая фаза брожения бывает кратковременной. Однако в зависимости от химического состава корма и условий его укладки в силосное помещение ее продолжительность может существенно меняться. Например, при плотной укладке корма создаются условия, способствующие преимущественному развитию молочнокислых бактерий. Корм быстрее подкисляется, и это приостанавливает размножение нежелательной микрофлоры (*Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas herbicola* и т. д.).

Такие условия бывают при холодном способе силосования, так как температура плотно заложенного корма при этом способе сильно не поднимается. Если же корм укладывается рыхло, первая фаза брожения становится более длительной. Обычно это наблюдается при горячем способе силосования, при котором слабо уплотненный корм довольно сильно разогревается. Причиной разогревания (термогенеза) служат в основном бурно протекающие в корме аэробные микробиологические процессы. Значительно меньшую роль в этом играет деятельность растительных ферментов. После уплотнения в разогревшемся корме создаются анаэробные условия, температура снижается и растительная масса начинает заметно подкисляться.

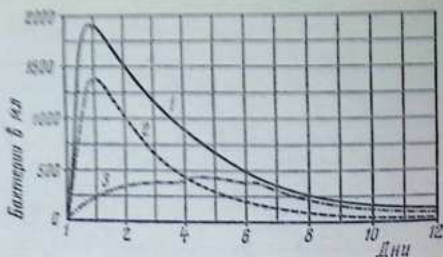


Рис. 111. Смена микрофлоры при силосовании кукурузы:

1 — общее число бактерий; 2 — молочнокислые кокки; 3 — палочки.

Таким образом, как при холодном, так и при горячем силосовании окончание первой, или предварительной, фазы брожения обусловлено подкислением среды, что угнетает деятельность большей части микрофлоры корма. К этому времени в силосе устанавливаются анаэробные условия.

В следующую фазу — фазу главного брожения — основную роль играют молочнокислые бактерии. Они продолжают подкислять корм, и остальная бактериальная флора подавляется. Большинство неспорозоных бактерий погибает, но бациллярные формы в виде спор могут весьма длительное время сохраняться в засилосованном корме.

Молочнокислые бактерии представлены значительным числом видов, которые отличаются друг от друга различными температурными требованиями, неодинаковым отношением к кислотности среды и т. д. Так, кокковидные молочнокислые бактерии более чувствительны к кислотам, чем палочковидные формы. Поэтому в первый период основной фазы брожения в силосах обычно преобладают кокки, которые позднее сменяются палочковидными молочнокислыми бактериями.

Так как ко времени массового развития молочнокислых палочек питательные для бактерий вещества корма, в основном сахара, бывают в значительной мере уже израсходованы, нарастание абсолютного числа этих бактерий не может достичь того высокого уровня, который отмечается при развитии кокков. Поэтому период преобладания в силосованном корме молочнокислых палочек обычно совпадает с известным затуханием размножения бактерий. В это время в корме наступает общее уменьшение бактериальной флоры.

Среди молочнокислых бактерий силоса есть как гомоферментативные, так и гетероферментативные формы. Последние обычно довольно богато представлены в силосе, вследствие чего в заквашенном корме всегда содержится большее или меньшее количество летучих кислот. На рисунке 111 показаны динамика общей численности бактериальной

флоры силосуемого корма и изменение соотношения разных морфологических групп молочнокислых бактерий.

Третья, конечная, фаза брожения корма связана с постепенным отмиранием в созревающем силосе возбудителей молочнокислого брожения. Молочная кислота, выделяемая бактериями, при определенных дозировках становится вредной и для молочнокислых палочек. Последние наряду с оставшимися кокками начинают массово вымирать, и корм становится все беднее и беднее микроорганизмами.

К этому времени силосование корма подходит к естественному завершению. Момент микробиологической зрелости корма не совпадает, однако, с моментом хозяйственной годности засилосованного корма, так как условным сроком созревания корма и его пригодности для скармливания можно считать подкисление силосуемой массы до pH 4,5 (и ниже), несмотря на незаконченный ход микробиологических процессов.

Ошибки, допущенные при силосовании, могут привести к порче корма, даже обладающего хорошей силосуетостью. Из них прежде всего необходимо указать на плохую укладку силосной массы. В рыхло сложенной массе затягивается фаза предварительного брожения, вследствие чего нерационально расходуются сахара. Для последующей работы молочнокислых бактерий, таким образом, остается недостаточный запас углеводов, и корм может быть испорчен.

Лучшему выделению сока и более плотной утрамбовке силоса способствует измельчение силосного сырья. Имеет значение и влажность заквашиваемого корма. Обычно 70—75%-ную влажность считают оптимальной для силосуемого корма. Придерживаясь этой нормы, к водянистым кормам рекомендуют прибавлять такие корма, как соломенная резка или мякина, для уменьшения их влажности. Слишком сухой корм можно увлажнять.

Недостаточно влажные корма имеют склонность к плесневению, так как они с трудом спрессовываются, а слишком влажные — к маслянокислому брожению. Последнее объясняется главным образом тем, что во влажных кормах много сока, который вымывает из растений питательные вещества и сахар, унося их в самые нижние слои. Вследствие этого в основной массе истощаются ресурсы, служащие для образования молочной кислоты, и в корме не создается достаточной кислотности для подавления маслянокислого брожения. Следует отметить, что при хорошей изоляции недостаточно увлажненная растительная масса все же может быть хорошо законсервированной. В таком случае фактором, предупреждающим порчу корма, является, очевидно, углекислота, заполняющая помещение. Подобным способом готовится так называемый сенаж. Микробиологические процессы при его созревании не изучены.

Весьма отрицательное влияние на ход развивающихся при силосовании процессов оказывает загрязнение корма землей. Почва богата маслянокислыми бактериями, присутствие которых в большом количестве в заквашиваемой массе нежелательно. Кроме того, из почвы в силос могут попадать и болезнетворные микроорганизмы.

О качестве силосованного корма достаточно ясно свидетельствует состав накопившихся в нем при брожении органических кислот (табл. 14). О качестве корма можно судить и по результатам микробиологического исследования. Однако в практике к этому обычно не прибегают, так как микробиологическое исследование довольно сложно. Тем не менее надо иметь в виду, что в хорошо созревшем силосе должны находиться преимущественно молочнокислые бактерии (чем больше возраст силоса, тем менее богат он этими микроорганизмами).

Таблица 14

Примерное соотношение кислот в силосах разного качества

Качество силоса	Значение pH	Соотношение кислот (%)
Очень хорошее	4,2 и ниже	Молочной — 60 и больше Уксусной — 40 и меньше Масляной — нет
Хорошее	4,5 и ниже	а) Молочной — 40—60 Уксусной — 60—40 Масляной — нет или следы б) Молочной — мало Уксусной — много Масляной — нет или следы
Среднее	Около 4,5	Состав кислот как у хорошего силоса, но имеется до 0,2% масляной кислоты
Плохое	Выше 4,7	Молочной кислоты мало, масляная кислота в значительном количестве
Очень плохое	Выше 5,5	Преобладают летучие кислоты, в том числе масляная

В хорошем силосе могут быть лишь одиночные клетки (преимущественно споры) гнилостных бактерий и практически должны отсутствовать маслянокислые бактерии и представители группы *coli-aerogenes*. Это весьма существенно, так как при загрязнении молока микрофлорой корма в продуктах его переработки могут возникнуть разнообразные пороки. В этом отношении особенно опасны спорообразующие маслянокислые и болезнетворные бактерии, которых в молоке не удается убить даже при пастеризации. Поэтому в некоторых случаях желательно делать микробиологическое исследование силоса. Это важно, например, когда молоко используют для изготовления сыров.

Использование заквасок молочнокислых бактерий при силосовании кормов. Молочнокислые бактерии хотя и всегда обнаруживаются на поверхности живых растений, количественно представлены бедно. Требуется определенное время, в течение которого бактерии усиленно размножаются и начинают заметно проявлять полезную деятельность. Это время можно сократить, искусственно обогащая корм молочнокислыми бактериями (заквасками).

Относительно широкое применение закваски молочнокислых бактерий при силосовании нашли уже в начале нашего столетия. В Советском Союзе весьма плодотворная работа по изучению использования

заквасок молочнокислых бактерий для силосования была проведена в Институте сельскохозяйственной микробиологии ВАСХНИЛ Л. А. Гардером и М. М. Макаровой (Ленинград), в Узбекистане — Е. И. Квасниковым, в Казахстане — Д. Л. Шамисом и другими исследователями. Полученные материалы позволяют рекомендовать использование заквасок молочнокислых бактерий для силосования весьма разнообразных кормов.

Закваски следует применять прежде всего при квашении трудно силосующихся растений (клеверов и других богатых азотом растений, осок, картофельной ботвы). Хорошие результаты можно ожидать от чистых культур при заквашивании корма в холодное время года. По имеющимся данным, осеннее силосование связано с большими потерями ценных составных частей корма. Низкая температура замедляет размножение в корме молочнокислых бактерий и удлиняет срок деятельности разного рода нежелательных микробов. Этот дефект можно исправить, если внести в корм бактерии, способные развиваться при пониженных температурах. Целесообразно использовать закваски молочнокислых бактерий и при силосовании кормов, подвергавшихся в процессе переработки более или менее значительному нагреву, угнетавшему молочнокислую микрофлору (например, диффузионные остатки).

Для приготовления силосных заквасок используют специальные культуры молочнокислых бактерий, обычно те, которые дают гомоферментативное брожение и энергично сбраживают сахара, присущие растительному сырью. Закваски молочнокислых бактерий для силосования выпускают в виде жидких или сухих препаратов. Последние удобнее из-за более длительной сохранности и транспортабельности. К рассылаемым препаратам обычно прилагается инструкция с указанием способа их применения.

Бактериальные закваски, вносимые в силосуемую массу, никогда не могут оказать отрицательного эффекта. Отсюда можно было бы сделать вывод, что их следует применять при силосовании любого сырья, как хорошо, так и трудно силосующегося. Однако применение заквасок подчас связано с рядом дополнительных работ, что до известной степени усложняет процесс силосования и препятствует их широкому использованию.

В последнее время проводится экспериментальная работа по улучшению силосовости плохо заквашенных кормов ферментными препаратами. Добавлением, например, амилазы можно перевести часть крахмала корма в мальтозу и таким образом повысить запас углеводов, доступных молочнокислым бактериям. Не исключена возможность использования с аналогичными целями фермента целлюлазы, действующей при низком значении pH. В ряде случаев опыты, поставленные с использованием ферментных препаратов для силосования клевера, люцерны и других плохо силосующихся кормов, дали хороший результат. За рубежом некоторые фирмы уже выпустили в продажу ферментные препараты, улучшающие силосование кормов. Так, в Швеции продается препарат «энзималь», содержащий амилазу, в США — «целлюлаза», переводящая часть клетчатки растений в сахара, и т. д.

Применение химических веществ при консервировании кормов.
Как уже говорилось, корма, богатые белками (люцерна, клевер и др.),

силосуются относительно трудно. Медленное подкисление их связано с возрастанием потерь ценных составных частей во время квашения. Отсюда возникла задача разработки мероприятий, снижающих потери при силосовании и улучшающих качество получаемого корма. В результате проведенной работы были рекомендованы разнообразные химические препараты. К их числу следует отнести кислотные буферные смеси. Изучается возможность использования метабисульфита натрия, нитрита натрия, препарата кофазальц (смесь нитрита с формиадом кальция), антибиотиков и ряда других соединений.

Стали применять буферные смеси (АИБ, ААЗ и др.). Они подкисляют корм более стабильно, и заданная величина рН меняется сравнительно немного, оставаясь в кислой зоне. Вполне понятно, что подобное подкисление делает невозможной фазу предварительного брожения. Вульгарная сапрофитная бактериальная флора корма угнетается, а плесневые грибы не развиваются из-за изоляции корма от воздуха. Однако, как показывает опыт, в корме, подкисленном буферными смесями, происходит развитие более кислотоустойчивых форм молочнокислых бактерий. Это приводит к накоплению в силосе некоторых количеств молочной и уксусной кислот. Правда, их образуется обычно меньше, чем при нормальном процессе силосования. При подкислении химическими веществами уменьшаются потери сухого вещества, так как при этом подавляются нежелательные процессы, обычно протекающие в фазу предварительного брожения. Кислотные буферные смеси при их правильном использовании гарантируют высокое качество корма, и это делает перспективным в ряде случаев их использование в сельском хозяйстве.

Существенное внимание последнее время, особенно за рубежом, уделяется использованию метабисульфита натрия. Это соединение (в количестве 0,4—0,45% от веса силосной массы) пробуют применять также для сохранения трудносилосуемого сырья. При этом замедляется снижение рН, уменьшаются потери сухого вещества и особенно белка. Корм получается хорошего качества, а так как метабисульфит натрия безопасен для животных, он может быть применен без неприятных последствий. Опыты, проведенные Е. Н. Мишустиним и В. А. Мирзоевой, показывают, что метабисульфит натрия подавляет грибковые и бактериальные процессы в силосе лишь в концентрации около 1%, то есть в дозе, значительно более высокой, чем применяемые для целей силосования. Дозы же в 0,4—0,45% лишь тормозят развитие микробиологических процессов, но не прекращают их. Можно отметить, что в подкисленном химическими препаратами (АИБ, ААЗ и т. д.) корме действие метабисульфита существенно усиливается.

Препараты, содержащие нитрит натрия, в том числе кофазальц, также действуют положительно на качество силосуемого корма. Судя по данным С. Я. Зафрена, дозировки NaNO_2 в 0,1% и выше усиливают кислотообразование в белковых кормах, уменьшают распад белка и потери сухого вещества. Известно, что нитриты — довольно токсические вещества. Для предупреждения развития гнилостных бактерий их прибавляют в небольших количествах к некоторым консервируе-

мым пищевым продуктам. Установлено также, что молочнокислые бактерии более устойчивы к нитритам, чем кишечная палочка и другие гнилостные бактерии. Поэтому благотворное влияние нитритов на качество силоса может быть объяснено подавлением микрофлоры, обильно развивающейся в первый период силосования. Вообще в несколько повышенной дозировке соединения азотистой кислоты вредны для животных, поэтому с ними следует работать весьма осторожно. Необходимо отметить, что применение консервантов не исключает тщательной и плотной укладки заквашиваемого корма.

Микробиологические методы улучшения качества корма

Приготовление самопрелой соломы. Заключенные в грубых кормах питательные вещества находятся в трудно перевариваемой форме. Так, в соломе озимых, мякине, сухих стеблях кукурузы много одревесневшей клетчатки. Эти корма плохо поедаются скотом, если их не обработать перед скармливанием.

Один из способов обработки соломы — приготовление так называемой самопрелой соломы. Она готовится следующим образом. Соломенную резку укладывают в силосное сооружение слоями в 30—35 см и равномерно увлажняют водой. Некоторые специалисты советуют вместо воды брать солевой раствор. После того как заложенный слой соломы разогреется, его уплотняют и кладут второй слой. Так постепенно загружают все сооружение. Сверху соломенную резку накрывают щитом с грузом, а в холодное время утепляют соломой или соломенными матами. Небольшие вместилища корма загружают одновременно.

Созревание самопрелой соломы происходит при значительном ее разогревании (до 40—45°), так как при любом способе закладки в ней остается много воздуха. Разогревание способствует размягчению резки, а накапливающиеся в результате деятельности бактерий органические кислоты придают ей приятный кислый вкус. Все это улучшает поедаемость корма скотом, но не повышает его питательных свойств. При достаточно теплой погоде самопрелая солома созревает в 3—6 дней, а в холодное время года, особенно при заливке холодной водой, — за 6—8 дней и более.

Исследования показывают, что микробиологические процессы в самопрелой соломе развиваются примерно так же, как и при силосовании. Однако значительного подкисления корма не получается, так как ограниченный запас углеводов соломой тратится во время длительно протекающего предварительного брожения и молочнокислые бактерии не имеют соответствующего резерва сахаров для образования кислоты. Вследствие недостаточной кислотности самопрелая солома не способна к длительному хранению.

В 1949 г. появились публикации М. Л. Полянского о том, что, если соломенную резку, увлажненную 2%-ным раствором поваренной соли из расчета 6 ведер раствора на 100 кг соломы, сразу закладывать в силосное сооружение и хорошо изолировать от доступа воздуха, она

неплохо заквашивается. Таким образом, вместо самопрелой соломы можно готовить квашеную солому, обладающую рядом существенных преимуществ. Одно из них то, что квашеная солома, как корм, имеющий в достаточной степени низкую кислотность в изолированном от доступа воздуха состоянии, может длительное время храниться без порчи. В правильно заквашенной соломе, кроме того, хороший состав кислот (в основном молочная и уксусная), в то время как в самопрелой соломе всегда накапливается масляная кислота. Процесс квашения, как отмечалось, лишь улучшает поедаемость соломы, но не превращает ее в более питательный корм. Поэтому лучше избегать применять термин «силосование» соломы, который может дать повод сравнивать квашеную солому с зелеными силосованными кормами, имеющими высокую кормовую ценность. Как показали работы М. С. Карпова и некоторых других исследователей, солому целесообразно в некоторых количествах (до 20%) прибавлять к силосуемой кукурузе. Это улучшает поедаемость соломы.

46 Дрожжевание кормов. Вопрос об использовании дрожжей для кормления сельскохозяйственных животных был поднят сравнительно давно. Дрожжи содержат много легкопереваримого белка, богаты эргостерином, легко переходящим в витамин D, витаминами A, B, E.

Значительная энергия размножения позволяет получать большую массу дрожжей после заражения ими питательного субстрата, в качестве которого могут служить отходы сельского хозяйства и промышленности. В Германии во время войны 1914—1918 гг. широко использовали так называемые «питательные», или «кормовые», дрожжи, для приготовления которых брали дрожжевидный микроб *Torula utilis*, содержащий много белка.

Кормление животных дрожжами применяется и сейчас. В принципе данное мероприятие следует считать рациональным, особенно при кормлении молодняка, так как дрожжи богаты не только белком, но и витаминами.

Кормовые дрожжи в настоящее время готовят в больших количествах, размножая их на разных производственных отходах, в том числе растительных гидролизатах (солома, древесные отходы и т. д.). Сейчас найдены дрожжи (*Candida*), хорошо размножающиеся на углеводородах. Это дает возможность готовить дешевые кормовые дрожжи на отходах нефтяной промышленности. В ближайшее время они будут выпускаться в большом количестве. Иногда стремятся размножать дрожжи на скормливаемых кормах. Для этого в измельченный и увлажненный корм вносят культуру дрожжей и заквашенную дрожжами массу выдерживают некоторое время в теплом помещении. Периодически ее перемешивают. Дрожжи обильно размножаются в корме, и происходит его подкисление.

Накопление кислот при дрожжевании объясняется развитием молочнокислых бактерий, всегда обитающих в растительной массе.

Дрожжевать можно лишь корма или смеси кормов, достаточно богатые моно- или дисахаридами. В противном случае дрожжи и молочнокислые бактерии развиваться не будут. Помимо концентратов, дрожжуют сочные корма, к которым примешивают грубые корма. Подобные смеси дрожжуют несколько иначе, и вообще их подготовка требует более продолжительного времени.

При дрожжевании концентрированных кормов теряется 5—6% сухих веществ. Эти потери падают главным образом на углеводы, сбраживаемые дрожжами. Так как дрожжевание практически не изменяет коэффициентов переваримости, ясно, что крахмальный эквивалент дрожжеванных кормов несколько ниже такового у исходного материала. При дрожжевании кормов белок корма частично гидролизуются, переходя в растворимые формы. Клетчатка и зола практически не изменяются. Специальными опытами установлено, что дрожжеванный корм не отличается сколько-нибудь заметно по питательным качествам от исходного материала. Вместе с тем дрожжевание улучшает качества корма (делает его приятно кислым) и обогащает корм витаминами. Присутствие молочной кислоты увеличивает у животных аппетит. Многие исследователи считают дрожжевание полезной, но временной мерой. По их мнению, целесообразнее скармливать животным специальные кормовые дрожжи (в высушенном виде), обладающие высокой питательной ценностью.

При дрожжевании кормов представляет существенный интерес возможность обогащения корма белком за счет вносимого минерального азота. Как показывают опыты, дрожжи, потребляя соли аммония, обогащают субстрат белком на 13—17% (в расчете на сухое вещество).

Улучшение витаминного состава кормов микробиологическими методами. Витаминизация кормов особенно важна при выращивании свиней и птицы. Микрофлора рубца и кишечника крупного рогатого скота синтезирует ряд витаминов и, таким образом, до известной степени компенсирует возможный их дефицит в кормах. В кишечнике свиней и птицы заметной синтетической деятельности в отношении витаминов микрофлора не проявляет. Поэтому для названных животных витаминизация кормов приобретает особое значение, хотя и для других животных (особенно молодняка) улучшение витаминного состава кормов не может рассматриваться как безразличное воздействие.

Обогатить корм витаминами можно, применяя выработанные на специальных производствах препараты данных веществ. Однако стоимость витаминных препаратов пока довольно высока. Поэтому возникла мысль об использовании микробиологического фактора для целей витаминизации корма.

В Институте микробиологии АН СССР М. Н. Мейсель разработал метод обогащения корма рибофлавином (витамином B_2), при котором богатая данным витамином культура дрожжей размножается на соответствующим образом подготовленном зерне, крупе или отрубях. Применение обогащенного витамином B_2 корма на птицефабриках дало очень хороший результат: уменьшился отход молодняка, повысилась яйценоскость и выводимость птицы.

Дрожжи — один из богатейших источников эргостерина (провитамина D_2). Эргостерин образуется дрожжами в аэробных условиях. Чем старше культура дрожжей, тем больше в ней эргостерина. Количество этого провитамина может достигать 5—6% веса сухой дрожжевой массы. В определенных условиях эргостерин в организме животного переходит в витамин D. Это превращение может быть осуществлено

путем облучения дрожжей ультрафиолетовыми лучами. Такие облученные дрожжи в ряде опытов с успехом использовались в качестве витаминной добавки к кормам.

В природе существуют дрожжи, окрашенные в красный цвет. Они нередко называются «красными» и «розовыми» дрожжами. В этих дрожжах значительное количество каротина — провитамина А. Разработка способов рационального использования «красных» дрожжей путем их размножения на дешевых средах может дать животноводству новый источник каротина.

Помимо дрожжей, перспективным может оказаться применение в качестве источников витаминов некоторых грибов. Например, гриб *Aspergillus flavus* и *Eremothecium eshbyi* весьма богат рибофлавином (витамином В₂). Хорошим образователем воднорастворимых витаминов В-комплекса оказалась связывающая атмосферный азот бактерия азотобактер, а также другие бактерии.

В последнее время большое внимание привлек к себе витамин В₁₂. Этот витамин вырабатывается рядом бактерий, в том числе вызывающими метановое брожение, пропионовокислыми и спороносной *Bac. megatherium*. Некоторые отходы антибиотической промышленности (например, при изготовлении стрептомицина) содержат значительное количество витамина В₁₂. В настоящее время в СССР значительные количества витамина В₁₂ для кормовых целей получают заводским путем, используя бактерии, вызывающие лектиновое брожение. Эти бактерии размножаются на средах, содержащих меллассу. Таким образом, имеются большие перспективы в использовании микроорганизмов для улучшения качества кормов.

МИКРОБИОЛОГИЯ МОЛОКА

Происхождение микрофлоры молока. Молоко представляет собой исключительно хорошую питательную среду для развития и размножения всевозможных микроорганизмов, поэтому в нем всегда можно встретить то или иное количество микробов. В молоко микробы попадают главным образом с вымени и кожного покрова животного, с рук доярки, из воздуха, посуды.

В вымени всегда содержатся бактерии, проникшие сюда через каналы сосков. Часть их здесь погибает, другая часть остается жизнеспособной. В молоке, полученном при соблюдении всех правил асептики, то есть устранении внешних источников загрязнения, все же содержатся бактерии. Ежедневное исследование молока в течение года показало, что на 1 мл молока приходится от 10 до 1500 микробных тел (в среднем 350). Если за выменем животного нет надлежащего ухода, число бактерий в нем может быть значительно больше и микрофлора разнообразнее.

В первых порциях молока всегда больше бактерий, чем в последующих; особенно много микробов у входного отверстия соска, соприкасающегося с внешней средой. Поэтому первые 2—3 струи молока рекомендуется сдавать в отдельную посуду и ни в коем случае на землю или пол, так как эти порции молока содержат большое количество микробов, среди которых могут быть и патогенные. В одном из опытов молоко сдаивалось в стерильные бутылки после тщательного обмывания

вымени и сосков; в первых порциях содержалось 16 000 бактерий, в средних — 480, в последних — 360 на 1 мл.

Микрофлору вымени принято делить на облигатную и факультативную. Облигатные микробы приспособились к условиям существования в молоке, и их всегда можно обнаружить в нем. К этим микробам относятся кокковые формы, вызывающие медленные изменения в молоке; они почти безвредны. Факультативные микробы попадают внутрь вымени и находятся там временно. К ним относятся различные кокки и стрептококки, близкие к молочнокислым, обладающие свойством разжижать желатин и придавать молоку горький вкус.

Покровы животного (кожа, поверхность вымени) содержат большое количество микробов, которые во время доения могут попадать в молоко. Микробы попадают в молоко и с поверхности вымени. После обтирания вымени сухим полотенцем в 1 мл надоенного молока было обнаружено около 50 тыс. микробов, а после обтирания влажным полотенцем — только 3 тыс. Эти данные показывают, насколько важно содержать вымя коров и скотный двор в чистоте.

Руки доярки тоже могут быть причиной загрязнения молока, так как на поверхности кожи, особенно под ногтями, микробов очень много, среди них иногда встречаются и болезнетворные. Поэтому перед доением необходимо тщательно мыть руки со щеткой и мылом.

Навоз является одним из основных источников бактериального загрязнения молока.

Подстилка, особенно когда ее разбрасывают во время дойки или за несколько минут до нее, тоже оказывает большое влияние на загрязненность молока. Очень много микробов в подстилке из соломы; среди них часто находятся плесневые грибы и бактерии, портящие молоко. В торфяной подстилке микробов меньше; в 1 г соломенной подстилки в среднем 115 млн. бактерий, а в 1 г торфяной — около 27 млн.; кроме того, торф поглощает большое количество жидкости и газов.

В ФРГ подстилку в коровниках регулярно посыпают суперфосфатом. От этого улучшаются гигиенические условия (прекращается выделение аммиака из преющей подстилки). Воздух в помещении значительно чище, чем обычно. Кроме того, суперфосфат значительно ускоряет разложение соломы. За короткое время подстилка перепревает и сама становится полноценным удобрением.

Из воздуха бактерии попадают в молоко во время дойки вместе с пылью. Содержание таких микробов в молоке будет зависеть от количества их в воздухе скотного двора.

Молочная посуда, недостаточно вымытая, может служить причиной загрязнения молока микробами.

Чистота воды, которой моется молочная посуда, играет немаловажную роль в бактериальном загрязнении молока. Помимо сапрофитной микрофлоры, в воде могут находиться микроорганизмы, вызывающие желудочно-кишечные и другие заболевания. Поэтому воду, которой пользуются в молочном производстве, исследуют в лабораториях. При обнаружении большого количества микробов воду перед употреблением кипятят или хлорируют.

Му х и — опасный источник бактериального загрязнения молока во время дойки и при дальнейшем его хранении. На теле мухи находятся тысячи бактерий. Садясь на разные отбросы и испражнения, а затем на молочную посуду и молоко, мухи загрязняют их всевозможными микробами, в том числе возбудителями заразных заболеваний. Поэтому необходима систематическая борьба с мухами в коровнике.

Бактериальное загрязнение молока при машинной дойке может быть значительно меньше, чем при ручной, но при этом требуется тщательная чистка и дезинфекция аппаратуры. Если же уход за доильным оборудованием небрежный, на стенках резиновых трубок и на других частях машины остается много бактерий, и это сильно повышает бактериальную загрязненность молока (табл. 15).

Таблица 15

Число бактерий в молоке при разных способах доения
(по данным А. Ф. Войткевича)

Ручная дойка	Небрежный уход за машинной	Машинная дойка		
		тщательный уход за машинной		
		холодная вода	теплая вода (50°)	теплая вода + 1% соды
14 900	13 000	8 800	8 000	4 000
15 500	231 000	6 500	5 600	4 500
11 500	510 000	18 500	10 000	2 900
28 500	640 000	175 000	6 500	6 000
—	—	6 500	4 800	2 000

Тщательная обработка доильной машины теплой (50°) водой с добавлением 1% соды и последующая промывка чистой теплой водой значительно снижают содержание бактерий в молоке. Промывание машины теплой водой с содой благоприятно влияет и на качество молока. Выдоенное хорошо промытой доильной машиной молоко может храниться при комнатной температуре в течение двух суток, причем кислотность его остается нормальной и повышается только по истечении трех суток. Преимущества машинной дойки очевидны. Помимо того что она облегчает труд доярок и позволяет сократить их число, устраняется возможность инфицирования молока через руки, увеличивается срок хранения молока.

Процеживание молока преследует цель задержать частицы грязи, навоза, а вместе с ним и микробы. Однако процеживание дает положительный результат, если проводится сразу после доения, пока примеси не успели раствориться в молоке. При этом фильтры должны поддерживаться в идеальной чистоте.

Центрифугирование применяется для очистки молока. По данным некоторых исследователей, в первые часы работы центрифуги содержание бактерий в молоке уменьшается. Длительная же

работа центрифуги, наоборот, увеличивает бактериальную загрязненность молока, так как в центрифуге накапливается слизь, содержащая большое количество микробов. Рекомендуется через каждые полтора часа центрифугу чистить и дезинфицировать. Приведенные данные показывают, насколько важно строго соблюдать в молочном деле санитарные и гигиенические правила.

Изменение микрофлоры молока во время хранения. Молоко после дойки может обогащаться микроорганизмами из разных источников (посуда, воздух помещения и др.). Во время хранения молока происходит закономерное количественное и качественное изменение его микрофлоры. Это изменение зависит от температуры и продолжительности хранения, а также от состава микрофлоры выдоенного молока. Процесс развития микрофлоры в молоке от момента его получения до полного использования как пищевого продукта можно разделить на несколько фаз, происходящих в следующей последовательности.

Бактерицидная фаза. В молоке, хранящемся при низкой температуре, в первое время бактерии не только не размножаются, а отмечается даже некоторое уменьшение их количества. Период, в течение которого задерживается развитие бактерий, принято называть **бактерицидной фазой**. Такая задержка развития бактерий и уменьшение их количества происходят, по-видимому, под действием нескольких факторов. В частности, не исключена возможность фагоцитоза и действия антибиотических веществ. В ранний период лактации антибиотических веществ в молоке больше, чем в конце лактации. Некоторые из бактерицидных факторов пока не известны. При нагревании молока (56°) защитные вещества разрушаются и молоко теряет бактерицидные свойства. Продолжительность бактерицидной фазы зависит от степени загрязненности молока бактериями, от быстроты охлаждения молока, от температуры охлаждения. Чем меньше бактерий в молоке, чем быстрее оно охлаждается и чем ниже температура охлаждения, тем продолжительнее бактерицидная фаза (табл. 16).

Таблица 16

Продолжительность бактерицидной фазы молока в зависимости от степени его чистоты (по данным А. Ф. Войткевича)

Температура охлаждения (градусов)	Продолжительность бактерицидной фазы (часов)	
	молоко, полученное в обычных условиях	асептическое молоко
13—14	19,0	36,0
16—18	7,6	12,7
30	2,3	5,0
37	2,0	3,0

Увеличение бактерицидной фазы имеет большое практическое значение, так как это позволяет дольше сохранять молоко и доставлять

его потребителям в свежем виде. В практике применяются два способа prolongации бактерицидной фазы: первый — устранение источников загрязнения молока во время дойки и хранения; второй — немедленное охлаждение молока после дойки.

На молочнотоварных фермах и на молокоприемных пунктах для приемки, фильтрации, охлаждения и хранения молока могут быть использованы ванны П-785, ВО-1000 и АХУ-1000, а также установки емкостью 2000 и 4000 л. Во всех емкостях, кроме установки емкостью 4000 л, для охлаждения используется фреоновая установка ИФ-56.

При низкой температуре стойкость молока значительно увеличивается. Если молоко охладить тотчас же после доения до $+3^{\circ}$, $+5^{\circ}$, кислотность его при температуре не выше 10° остается без изменения в течение 24 часов.

Последовательная смена фаз микрофлоры молока. *Первая фаза.* По окончании бактерицидной фазы, когда уже нет веществ, задерживающих развитие микробов, а температура хранения не ниже 10° (комнатная), в молоке начинают развиваться все попавшие в него микроорганизмы (гнилостные, молочнокислые, стафилококки и пр.), но главным образом гнилостные. Этот период принято называть фазой развития смешанной микрофлоры. Продолжительность ее около 12 часов или несколько больше.

Вторая фаза характеризуется усиленным развитием молочнокислых бактерий, в первую очередь *Streptococcus lactis*, вследствие чего в молоке накапливается молочная кислота, вредно действующая на гнилостные бактерии, которые постепенно погибают. Этот период называется фазой развития молочнокислых стрептококков.

Третья фаза. В молоке накапливается много молочной кислоты, в результате кишечные палочки и молочные стрептококки гибнут, остаются только палочковидные формы молочнокислых бактерий. Это фаза развития молочнокислых палочек.

Четвертая фаза — фаза грибковой микрофлоры — характеризуется максимальным накоплением молочной кислоты, которая подавляет развитие и самих молочнокислых бактерий. В результате происходит уменьшение количества бактерий в молоке.

При максимальном накоплении молочной кислоты в свернувшемся молоке находят благоприятные условия для развития дрожжи и плесневые грибы. Развиваясь, они часть кислоты потребляют в качестве пищи, а часть нейтрализуют продуктами своей жизнедеятельности, вследствие чего кислотность молока постепенно понижается. В такой среде начинают развиваться гнилостные бактерии, и молоко становится совершенно непригодным для питания.

Описанная смена фаз микрофлоры в молоке характерна при температуре выше 10° . При другой температуре, особенно значительно более низкой, смена фаз может протекать иначе. Для бактерий разных видов температурный минимум неодинаков. В молоке, хранящемся при температуре от 0 до 5° , обычно бурно развиваются флуоресцирующие бактерии, а молочнокислых бактерий нет. При температуре от 5

до 10° размножаются флуоресцирующие, гнилостные бактерии и микробы. Развитие молочнокислых бактерий начинается лишь при температуре выше 10°, причем оно тем интенсивнее, чем выше температура. Молоко, хранящееся длительное время при низкой температуре, не изменяя внешнего вида, приобретает горький вкус вследствие накопления в нем продуктов жизнедеятельности гнилостных бактерий и может даже вызвать отравление организма токсинами.

Нормальная микрофлора молока

Молочнокислые бактерии. Типичные молочнокислые бактерии обладают характерной особенностью: при брожении они образуют основной продукт — молочную кислоту и ничтожное количество побочных продуктов — уксусную кислоту с примесью муравьиной и иногда янтарной кислот, а также незначительное количество спирта. Газы они не образуют или образуют очень мало. Все они красятся по Граму положительно, неподвижны, спор и капсул не образуют.

Молочнокислые бактерии принято делить на две основные группы — стрептококки и палочки.

Стрептококки. *Streptococcus lactis* (рис. 112, а). Клетки у *Streptococcus lactis* чаще располагаются попарно, реже — цепочками. Этот микроб дает хороший рост на мясопептонных средах, сбраживает с образованием кислоты (без газа) лактозу, глюкозу, галактозу, а также мальтозу. Он всегда встречается в молоке и кисломолочных продуктах и играет большую роль в скисании молока. Оптимальная температура его развития 30—37°, минимальная около 10°, максимальная около 45°. *Streptococcus lactis* сбраживает около 0,9—1% молочного сахара. Кислотность молока достигает 120° Тернера*.

Streptococcus cremoris образует длинные цепочки (рис. 112, б), не разлагает мальтозу и декстрин. Оптимальная температура развития около 30°, минимальная около 10°, максимальная от 35 до 38°. Придает молоку меньшую кислотность (110—115°), чем предыдущий стрептококк, применяется для приготовления заквасок кисломолочного масла.

Streptococcus citrovoris получил название за способность сбраживать лимонную кислоту, в небольшом количестве содержащуюся в молоке (0,12—0,2%). Слабый кислотообразователь, но образует в молоке летучие кислоты и небольшое количество диацетил, вследствие чего продукт приобретает специфический аромат.

Streptococcus citrovoris и ряд других (*Str. diacetylactis*, *Str. paracitrovorus*) наряду с молочной кислотой образуют уксусную и пропионовую кислоты, ароматические вещества (диацетил, эфиры) и углекислый газ. Эти стрептококки называются ароматообразующими бактериями. Клетки располагаются одиночно, попарно и цепочкой (рис. 112, в).

Streptococcus thermophilus располагается в виде цепочек разной длины (рис. 113, а). Развиваются лучше при повышенной температуре: оптимальная температура

* Градусами кислотности Тернера (Т) называется величина, показывающая число миллилитров 0,1-нормального раствора едкого натра, использованного на нейтрализацию 100 мл молока.

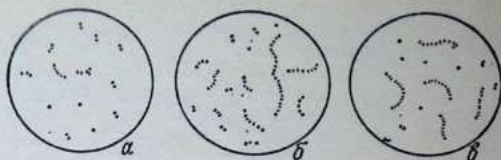


Рис. 112. Молочнокислые стрептококки:

а — *Str. lactis*; б — *Str. cremoris*; в — ароматообразующие бактерии.

для его размножения около 45° , молоко свертывается через 12—14 часов. Консистенция молока сметанообразная, вкус приятно кисловатый.

Streptococcus liquefaciens, или *Mammococcus* (рис. 113, б), по морфологическим и культуральным свойствам близок к типичным молочнокислым стрептококкам, но способен выделять сычужный фермент, поэтому отнесен к группе сычужно-протеолитических кокков. Сгусток молока под действием этого микроба вначале приобретает ровную плотную консистенцию, затем под действием сычужного фермента происходит разложение казеина с выделением прозрачной сыворотки. Оптимальная температура развития около 40° . Кислотность молока достигает 110 — 115° . Микроб обуславливает горький вкус в сырах.

Палочковидные бактерии делятся на термобактерии, стрептобактерии, бета-бактерии.

Термобактерии (термофильные молочнокислые палочки) лучше всего развиваются при температуре 40 — 45° . Свертывание молока под их действием происходит примерно через 12 часов, кислотность достигает 300 — 400° Т (образуют 3—3,5% молочной кислоты). Сгусток молока ровный, плотный, вкус кислый. При рассмотрении под микроскопом бактерии имеют вид крупных (иногда зернистых) палочек, располагающихся поодиночке или цепочкой. На агаре с молочной сывороткой образуют локонообразные колонии, напоминающие кусочки ваты.

В эту группу бактерий входят: 1) *Lactobact. bulgaricum* (*Thermobacterium bulgaricum*, см. рис. 78) — болгарская палочка, выделена Мечниковым из болгарской простокваши; 2) *Lactobact. acidophilum* — ацидофильная палочка, применяется для приготовления ацидофильной простокваши; 3) *Lactobact. casei* (*Thermobacterium helveticum*) — палочка, имеющая зернистость; сбраживает гексозы и дисахариды (за исключением сахарозы). Оптимальная температура развития 40° , минимальная 22° , максимальная 50° . Принимает участие в созревании советского и швейцарского сыров, а также в брожении кумыса.

Стрептобактерии относятся к мезофилам. Оптимальная температура развития около 30° . Под действием этих микробов молоко свертывается через 3—5 дней. Предельная кислотность молока 200 — 250° Т. Сгусток ровный, плотный, вкус кисловатый. Палочки по сравнению с термобактериями более тонкие, располагаются одиночно или цепочкой (рис. 114, а). На поверхности плотных питательных сред образуют круглые колонии с ровными краями. Стрептобактерии принимают участие в созревании голландского сыра и сквашивании кефира.

Бета-бактерии (рис. 114, б) по свойствам близки к ароматообразующим молочнокислым стрептококкам. Оптимальная температура разви-

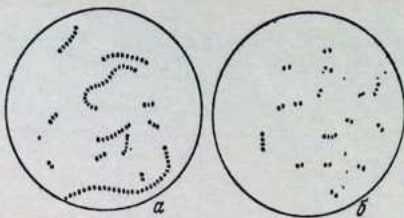


Рис. 113. Стрептококки:
а — термофильный; б — маммококки.

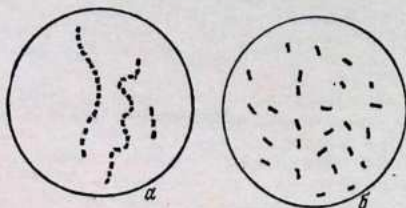


Рис. 114. Молочнокислые палочки:
а — стрептобактерии; б — бета-бактерии.

тия 25—30°. Кислотность повышают мало, молоко не доводят до свертывания, выделяют значительное количество летучих кислот, придают продуктам определенный аромат (сыры, кефир).

Размножение молочнокислых бактерий в молоке. По наблюдениям известного советского специалиста в области микробиологии молока А. Ф. Войткевича, внесенная в молоко чистая культура молочнокислых бактерий при благоприятной температуре размножается сначала в геометрической прогрессии, то есть через каждый определенный промежуток времени количество бактериальных клеток удваивается (кривая идет в виде восходящей линии). По мере накопления в среде кислоты, действующей угнетающе на микробы, размножение их замедляется, а после достижения максимума кривая резко падает — начинается гибель бактерий (табл. 17).

Из таблицы 17 видно, что в течение первых 6 часов, когда идет усиленное размножение бактерий, кислотность не повышается. Этот период принято называть инкубационным. Чем ниже температура, тем инкубационный период продолжительнее.

Понижение активности молочнокислых бактерий. Активность молочнокислых бактерий понижается, если их молоко активные свойства культуры восстанавливаются. При окончательной потере активности повторные пересевы не дают положитель-

Изменение числа бактерий и кислотности в процессе молочнокислого брожения при температуре 30° (по данным А. Ф. Войткевича)

Показатели	Вначале	Через 3 часа	Через 6 часов	Через 12 часов	Через 18 часов	Через 24 часа
Количество бактерий (млн. в 1 мл)	0,29	3	38	1000	2100	1000
Кислотность (градусов Тернера)	23	23	23	74	88	98

ного результата. Такие культуры свертывают молоко медленно или вообще не свертывают, нередко дают ослизнение, поэтому становятся непригодными для практического использования. Подобное ослабление чаще наблюдается у стрептококков, реже — у палочковидных молочнокислых бактерий.

Некоторые исследователи склонны объяснять потерю активности молочнокислых стрептококков действием бактериофага, который производит лизис (растворение) клеток, вследствие чего культура теряет способность кислотообразования. Заражение молока бактериофагом может происходить из воздуха, через аппаратуру, а также молоко коров, больных маститом. Молоко из вымени здоровых коров не содержит бактериофага. Для устранения в приготовлении молочнокислых продуктов явления бактериофагии рекомендуется тщательно пастеризовать молоко, дезинфицировать молочную посуду и оборудование раствором хлорной извести, использовать культуры молочнокислых бактерий, устойчивых против бактериофага.

Бактерии группы coli-aërogenes. Бактерии группы кишечной палочки попадают в молоко обычно с навозом и калом. Развиваясь в молоке, эти бактерии создают неприятный навозный запах и вкус. Данная группа бактерий отличается от молочнокислых тем, что она свертывает молоко медленно (через 3—4 дня) или совсем не свертывает, образуя уксусную, пропионовую и масляную кислоты, немного этилового спирта и значительное количество газа — углекислоты и водорода.

Маслянокислые бактерии попадают в молоко с навозом, из корма, подстилки и пр. При соблюдении санитарных правил дойки они почти не встречаются в молоке. Маслянокислые микробы образуют споры, весьма устойчивые против высоких температур. Пастеризация молока не разрушает спор. При сбраживании молочного сахара микробы образуют летучие кислоты, главным образом масляную, сообщающую молочным продуктам неприятный запах прогорклого масла, кроме того, пропионовую, уксусную и муравьиную кислоты, углекислоту и водород.

Действие маслянокислых бактерий проявляется не сразу, так как они попадают в молоко обычно в виде спор. В первых стадиях развития они остаются незаметными и лишь впоследствии могут быть причиной порчи молочных продуктов. Например, сырам они сообщают неприят-

ный вкус вследствие образования масляной кислоты, а вырабатываемые ими газы вспучивают продукт. Оптимальная температура их развития 30—35°, минимальная 8—10°, максимальная 45°.

Бактерии пропионовокислого брожения часто встречаются в молоке и молочных продуктах. Типичный представитель этой группы — *Bact. acidipropionici*, неподвижная бесспорная палочка, красящаяся по Граму, лучше развивающаяся в анаэробных условиях. Оптимальная температура ее развития 30—35°. Пропионовокислые бактерии представлены несколькими типами (а, б, с, д); одни из них имеют форму палочек, другие похожи на кокки (рис. 115). В молоке пропионовокислые бактерии развиваются медленно, молоко свертывают на 7—10-й день. Предельная кислотность 160—170° Т. Помимо пропионовой кислоты, эти бактерии образуют уксусную кислоту, небольшое количество муравьиной, валериановой и масляной кислот и углекислый газ.

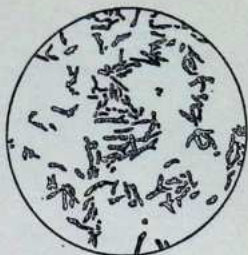


Рис. 115. *Bact. acidipropionici*. Разветвленные палочки с утолщениями. Мазок из агаровой культуры (увел. $\times 1000$ раз).

Пропионовокислые бактерии участвуют в созревании некоторых сыров, сообщая им специфический вкус и аромат, а образующаяся при этом углекислота способствует появлению в сырах правильного рисунка на разрезе.

Гнилостные бактерии. В эту группу входит много разнообразных бактерий: аэробы, анаэробы, споровые и бесспорные. Все они способны выделять протеолитические ферменты, вызывающие распад белков молока. При этом казеин переходит сначала в параказеин, после чего молоко свертывается, затем происходит пептонизация с образованием растворимых продуктов в виде пептонов, которые в дальнейшем переходят в аминокислоты и аммиак. В результате накопления пептонов молоко приобретает горький вкус. Многие виды гнилостных бактерий, выделяя фермент липазу, расщепляют жиры.

Большинство микроорганизмов этой группы вследствие образования аммиака придают молоку щелочную реакцию. Гнилостные бактерии весьма чувствительны к кислотам, поэтому легко подавляются молочнокислыми бактериями.

В молоке чаще всего встречаются следующие гнилостные бактерии.

Аэробы. Флуоресцирующие бактерии. Представителем этой группы может служить *Pseudomonas fluorescens* — подвижная палочка, не образующая спор. Многие виды флуоресцирующих бактерий развиваются при низкой температуре (около 0°), разжижают желатин, способны расщеплять жиры и часто являются причиной порчи масла (прогоркание).

Пептонизирующие кокки обладают свойством пептонизировать молоко и образовывать пигмент (красный, коричневый, желтый), часто встречаются в вымени.

Группа *Proteus* — подвижные бесспорные палочки с протеолитической способностью разжижают желатин.

Спорообразующие подвижные палочки — *Bac. subtilis* (сенная палочка), *Bac. mesentericus* (картофельная) и др.

Анаэробы — спорообразующие палочки, вегетативные формы подвижны. Из анаэробов в молоке чаще всего встречаются *Cl. putrificus*, выделяющие большое количество газа, и очень редко — *Clostr. botulinum* (микроб колбасного яда).

Дрожжи и плесневые грибы. В молоке чаще всего встречаются молочные дрожжи, относящиеся к роду *Saccharomyces*. При сбраживании молочного сахара они образуют газы (углекислоту) и в небольшом количестве спирт. Некоторые виды дрожжей (*Torula amaga*) вызывают прогоркание молока.

Для плесневых грибов кислая среда наилучшая, поэтому они чаще обнаруживаются в кисломолочных продуктах (например, *Endomycetes-lactis*). Некоторые плесневые грибы образуют на поверхности сыров пятна различной окраски. Например, *Monilia nigra* образует на корке твердых сыров черные пятна; *Cladosporium herbarum* окрашивает в черный цвет поверхность мягких и кисломолочных сыров. Некоторые плесневые грибы (*Endomycetes*, *Penicillium* и др.) принимают участие в созревании сыров.

Пороки молока. Нередко молоко имеет ненормальный вкус и запах. Причины такого явления разные. Иногда это происходит вследствие поедания животными корма, который содержит вещества, переходящие в молоко. Например, если коровы поедают полынь, молоко приобретает горький привкус. Но чаще всего пороки молока вызываются развитием в нем разных бактерий.

Горький вкус возникает в результате развития микроорганизмов, чаще споровых палочек, реже — микрококков, маммококков и других микробов, разлагающих белки молока. Микрококки и маммококки вызывают пороки в сыром молоке, а споровые гнилостные бактерии — и в пастеризованном, так как пастеризация не разрушает споры. Горький вкус может появляться при длительном хранении молока при низкой температуре.

Прогорклый вкус вызывается главным образом флуоресцирующими бактериями, которые, выделяя фермент липазу, разлагают жиры с образованием масляной кислоты, альдегида, эфиров и других веществ, сообщающих молоку прогорклый вкус. Чаще всего это наблюдается в случае длительного хранения молока при низкой температуре.

Салистый вкус молока приобретается как действие окислительных ферментов молока на молочный жир. Этот порок чаще возникает в зимнее время года, когда развитие молочнокислых бактерий замедляется.

Дурнопахнущий (травяной, ртутный, травяной) запах и прогорклый вкус возникает вследствие развития в молоке флуоресцирующих бактерий и бактерий кишечной группы. Этот порок чаще наблюдается при поедании животными зеленого корма.

Врожденное молоко. Этот порок характеризуется усиленным спорообразованием. Он может возникнуть в сыром и пастеризованном молоке в зимнее. В первом случае причиной могут быть кишечная палочка и дрожжи, во втором — кислотофильные бактерии.

Преждевременное свертывание молока. Для данного порока характерна следующая особенность: молоко нормальной или чуть повышенной кислотности во время кипячения свертывается. Происходит это вследствие присутствия микрококков и маммококков, обладающих способностью выделять ферменты (близкие к сычужному), изменяющие белки. Преждевременное свертывание возможно лишь в том случае, если названных возбудителей в молоке очень много. Иногда этот порок вызывается примесью молозивного молока.

Тягучее молоко. Этот порок характеризуется тягучестью молока и одновременно повышенной кислотностью или без нее. В первом случае прокисшее молоко имеет вид тягучего сгустка. Виновником такого порока являются некоторые молочнокислые стрептококки, образующие при сквашивании молока слизь. Во втором случае сгустка не образуется, но молоко становится тягучим. Этот порок вызывает *Bact. lactis viscosum* (палочка тягучего молока) — неподвижная, бесспорная палочка.

Окраска молока может появляться при развитии в нем пигментных бактерий. Красное молоко получается в результате размножения *Bact. prodigiosum* — «чудесной палочки», синее — вследствие развития *Bact. cyanogenes* и *Pseudomonas synsuaena*, желтое — при размножении *Bact. synxanthum*. Ввиду того, что эти бактерии относятся к аэробам, окраска появляется обычно на поверхности молока сначала в виде отдельных пятен, а затем распространяется не только на всю поверхность, но частично идет и вглубь. Возникает этот порок лишь в условиях длительного хранения молока при температурах, не допускающих энергичного развития молочнокислого процесса.

Мыльное молоко имеет щелочной, мыльный вкус. Порок вызывается *Bact. lactis saponacei*, попадающей в молоко из соломы или сена. Молоко не свертывается, а на дне посуды образуется сливистый осадок.

63 Ненормальная секреция молока и бактериальные факторы ее. Ненормальная секреция молока может быть в одной или нескольких долях вымени при отсутствии каких-либо видимых отклонений от нормы в остальных долях. Чтобы установить, какая доля поражена, молоко сдаивают из каждой доли в отдельную посуду. Из пораженной доли обычно выделяется молока меньше, чем из здоровых, а оно по качеству отличается от нормального.

Возбудителем воспалительного процесса вымени могут быть различные микроорганизмы, в результате действия которых состав молока отклоняется от нормы. Молоко становится кислым-кисловатым, в нем появляются хлопьевидные, густоватые, сливистые, творожистые нити. Позднее выделяется густая жидкость, иногда с неприятным запахом. Наиболее опасное поражение вымени вызывает маститный стрептококк *Streptococcus mastitidis* (*Streptococcus agalactiae*, рис. 116). Заражение происходит обычно через пищеварительный тракт, но микроб может проникать и сосковым каналом в кожную сумку дойки, из стаканов доильной машины, ложки, подстилки.

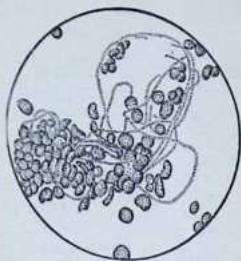


Рис. 116. Стрептококк (*Str. mastitidis*). Возбудитель мастита.

кокк (28,1%), стрептококк агалактия (16,9%) и кишечная палочка (13,5%). Примерно такие же данные получены и другими учеными.

Ненормальная секреция может быть следствием поражения вымени и патогенными бактериями.

Патогенные микробы, передаваемые через молоко

Молоко нередко бывает причиной распространения инфекционных болезней. Заражение его патогенными бактериями может происходить еще в вымени, весьма часто это случается в процессе доения или после получения молока (загрязнение испражнениями, мочой и т. п.). Патогенные микробы попадают в молоко от больных людей или бактерионосителей, из внешней среды во время перевозки, переработки молока, а также заносятся мухами.

Патогенные микробы, передаваемые через молоко, делят на две основные группы. В первую группу входят микробы, вызывающие заболевания, общие для человека и животных: туберкулез, бруцеллез, сибирская язва, мастит, ящур; во вторую — микробы, передаваемые от человека к человеку (брюшной тиф, паратиф, дизентерия, холера, детские поносы, скарлатина, септическая ангина, дифтерия).

Туберкулез. При обследовании коров, больных туберкулезом, бактерии обнаруживаются очень часто в молоке. Туберкулезные палочки могут попадать в молоко не только из пораженного вымени, но и из навоза, так как больные туберкулезом выделяют туберкулезные палочки с экскрементами. Употребляя такое молоко или молочный продукт, приготовленный из необезвреженного молока, человек заражается туберкулезом.

Бруцеллез. Заражение человека бруцеллезом через молоко доказано.

Сибирская язва. Описаны случаи заражения сибирской язвой через молоко. Микробы сибирской язвы проникают в вымя лишь в последней стадии болезни, незадолго до гибели животного. Но они могут попадать в молоко и другими путями — с частицами навоза

и воды, с посуды и т. п. Поэтому при инфекции сибирской язвы в стаде не рекомендуется отправлять молоко для потребления не только от подозрительных на заболевание животных, но и от здоровых.

М а с т и т. Об опасности заражения маститным стрептококком мнения специалистов расходятся. Одни считают его безвредным для человека, другие — опасным. Есть данные, что мастит может быть вызван гемолитическим стрептококком, который вызывает у человека заболевание ангиной и скарлатиной.

К у л и х о р а д к а за последние годы во многих государствах, в том числе и СССР, принимает широкое распространение среди сельскохозяйственных животных, а от них заражается и человек. У животных заболевание протекает без видимых клинических изменений; у коров, овец иногда отмечаются аборт. Возбудителем Ку-лихорадки является особый вид риккетсий (*Rickettsia Burneti*) кокковидной, палочковидной формы. Заражение здоровых животных происходит при контакте с зараженными; переносчиками заразного начала могут быть и клещи. У больных коров, овец риккетсии находятся в молоке. Человек заражается при употреблении необезвреженного (кипячением) молока. Болезнь протекает чаще всего в тяжелой форме.

Я щ у р. Человек заражается от больных ящуром животных при непосредственном контакте или употреблении зараженного сырого молока. После семидневного инкубационного периода появляется слабость, на воспаленной слизистой оболочке рта, иногда на коже пальцев рук выступают пузырьки. Особо чувствительны к ящурной инфекции дети, у которых болезнь иногда заканчивается смертельно.

Б р ю ш н о й т и ф. Возбудитель болезни — палочка брюшного тифа — попадает в молоко главным образом от больного или переболевшего брюшным тифом человека, который на многие годы остается бактерионосителем и может быть опасным в смысле заражения молока этими бактериями.

П а р а т и ф. Возбудители болезни — паратифозные бактерии. По литературным данным, вспышки паратифа и дизентерии происходят в результате употребления необезвреженного молока.

Д и з е н т е р и я. Нередки случаи возникновения дизентерии вследствие потребления молока, зараженного бактериями дизентерии.

Х о л е р а. Возбудитель холеры — холерный вибрион — попадает в молоко от больного человека. При употреблении такого молока может произойти заражение людей.

Д е т с к и е п о н о с ы. Причиной их может быть молоко, содержащее паратифозные бактерии.

С к а р л а т и н а, с е п т и ч е с к а я а н г и н а, д и ф т е р и я. Эти болезни тоже нередко возникают в результате употребления молока, зараженного бактериями — возбудителями этих инфекций.

Помимо передачи болезней, молочные продукты могут быть причиной отравлений. Особенно опасен в этом отношении творог, так как содержит много белка, являющегося хорошей питательной средой для развития стафилококков (*Staphylococcus aureus*) и некоторых видов стрептококков (гемолитический). Размножаясь, они выделяют ядовитые для

организма токсины. Чтобы избежать заражения через молоко, надо прежде всего не допускать больных людей и бактерионосителей на производство, связанное с молочным делом, обязательно пастеризовать молоко, строго соблюдать санитарно-гигиенические правила по получению, хранению и переработке молока, изложенные в специальных инструкциях.

Транспортировка молока. После доения необходимо быстро охлаждать молоко до возможно более низкой температуры, а во время перевозки предохранять от нагревания. Снижение температуры (охлаждение) молока на фермах с 17 до 12° ведет к уменьшению количества бактерий в нем в среднем с 27 млн. до 750 тыс. на 1 мл. В охлажденном до 2—3° молоке в течение 12—15 часов содержание бактерий не увеличивается. Таким образом, быстрое охлаждение молока после доения обеспечивает доставку его потребителю или на завод в доброкачественном виде.

Методы консервирования молока

Стерилизация. Стерилизацией преследуется цель уничтожить вегетативные и споровые формы микробов в молоке. Обычно молоко стерилизуют в автоклаве при температуре 105—115° в течение 30 минут, в бутылках с герметической укупоркой, предотвращающей последующее загрязнение.

Стерилизация имеет и отрицательные стороны: в результате высокой температуры свертывается альбумин, выпадают фосфатно-кальциевые соли, разрушаются ферменты и витамины молока. В последние годы стали применять более производительные и эффективные способы стерилизации молока. Главное в этих методах — комбинация температуры стерилизации и срока выдержки, при которых погибают устойчивые микроорганизмы, а также непрерывность стерилизации и разлива молока в тару.

Кипячение. Кипячением молока чаще всего пользуются в домашней практике. Оно позволяет убивать все вегетативные формы микробов и большую часть спор. Вместе с тем происходит изменение белков, разрушаются частично и витамины. При хранении же такого молока в обычных условиях в него неизбежно попадают микробы из воздуха и оно быстро портится.

Пастеризация. Пастеризацией молока преследуют цель уничтожить вегетативные формы микробов, в первую очередь болезнетворные, из которых наиболее стойкие к высоким температурам туберкулезные. Пастеризация не должна вызывать глубоких изменений физико-химических и биологических свойств молока, его белков, солей, витаминов, а также вкуса, запаха и цвета.

Пастеризуя молоко, надо иметь в виду температуру, до которой подогревается молоко, и длительность ее действия: чем выше температура, тем короче должен быть срок ее воздействия. В практике молочного дела применяют три вида пастеризации — длительную, кратковременную и высокую, или моментальную.

Длительная пастеризация проводится при температуре от 63 до 65° в течение 30 минут. Необходимо следить, чтобы все слои молока в сосуде подвергались одинаковому термическому воздействию. Такая пастеризация не вызывает особых изменений белков, солей и витаминов молока. Недостаток этого метода в том, что он требует специальных ванн для выдерживания молока и занимает много времени. Кроме того, установлено, что при длительной пастеризации в молоке увеличивается количество термофильных бактерий; будучи высезны на твердые питательные среды, они дают «точечные» колонии. Большинство их относится к молочнокислым стрептококкам и споровым палочкам. Хотя микробы, оставшиеся в молоке, после пастеризации не влияют на его качество, присутствие их нежелательно.

Кратковременная пастеризация проводится при более высокой температуре — от 72 до 75° и с кратковременной выдержкой молока (15—20 секунд). Для уничтожения большинства патогенных бактерий и снижения общего количества микробов в молоке такой пастеризации вполне достаточно.

Высокая, или моментальная, пастеризация молока требует высокой температуры (от 85 до 90°) без выдержки. Чаще всего для этой цели

используются пластинчатые пастеризаторы. Молоко в таких пастеризаторах проходит между пластинками тонким слоем, и все его частицы быстро прогреваются до необходимой температуры. При этом физико-химический состав молока не подвергается значительным изменениям. Кроме пластинчатых пастеризаторов, используют и другие установки.

В хозяйствах иногда молоко пастеризуют и в водогрейных коробках. В коробку наливают воду и нагревают ее до кипения, после чего через специальные гнезда на крышке в коробку погружают ушаты с молоком. Чтобы ускорить подогревание, молоко помешивают металлической мутовкой. Когда молоко нагреется до нужной температуры, его выдерживают в водогрейной коробке определенный срок, установленный для пастеризации. По истечении этого срока ушаты с молоком вынимают и погружают в холодную воду, охлажденное молоко выливают в чистые фляги и отправляют по назначению.

После пастеризации молоко надо быстро охладить, так как постепенное охлаждение создает благоприятные условия для интенсивного развития оставшейся микрофлоры. Сравнительное действие разных температур на бактерии показано в таблице 18.

Таблица 18
Действие пастеризации на некоторые виды бактерий
(по данным А. Ф. Войткевича)

Температура нагревания (в градусах)	Время уничтожения (сек.)	
	микрококков	кишечной палочки
80	1—2	—
75	3—5	2—3
70	10—20	5—6
65	30—60	45—60
60	5—10 мин.	2—3 мин.
55	10—20 »	15—20 »

Приведенные данные показывают, что пастеризация уничтожает микроорганизмы за сравнительно короткое время. В пастеризованном молоке остается небольшое количество жизнеспособных бактерий, не превышающее десятой доли процента первоначального количества. При хранении пастеризованного молока при недостаточно низкой температуре в нем могут размножаться кишечная палочка и протеолитические бактерии, инактивированные при нагревании. В основном остаются термофильные микроорганизмы, особенно когда молоко пастеризуют при температуре 60—63°. Кроме того, известно, что даже в пределах одного и того же вида встречаются клетки разной устойчивости по отношению к температуре. Имеет значение и возраст бактерии. Обычно молодые клетки менее устойчивы, чем старые. Поступающее на завод молоко не рекомендуется долго хранить в охлажденном состоянии, лучше возможно скорее пускать его в пастеризатор.

На эффект пастеризации может влиять состав среды. В цельном молоке бактерии лучше выдерживают высокие температуры, чем в снятом, и особенно в молочной сыворотке (защитное действие белков и жира). Особенно тщательной должна быть пастеризация молока от больных коров (маститом, туберкулезом, бруцеллезом).

Для качества пастеризации имеет значение загрязненность молока (кал, навоз и пр.). Рекомендуется перед пастеризацией пропускать молоко через фильтры или через центрифуги-очистители (центробежные очистители). Надо чаще менять фильтры, так как остающиеся на них механические примеси при процеживании молока растворяются и при употреблении грязных фильтров количество бактерий в молоке даже увеличивается.

Другие способы уничтожения бактерий в молоке. Для уничтожения микрофлоры в молоке делались попытки применить электрический ток, звуковые волны высокой частоты, ультрафиолетовые лучи, химические вещества. Все эти способы давали удовлетворительные результаты, но в практике не нашли применения. Электрический ток. При пропускании электрического тока количество бактерий в молоке уменьшается, но не в результате действия самого тока, а вследствие повышения температуры молока. Звуковые волны высокой частоты посылают аппараты с вибраторами, имеющими большую частоту колебаний. Детальная проверка сотрудниками ВНИМИ (1950) действия звуковых волн высокой частоты на микрофлору молока дала отрицательные результаты. Ультрафиолетовые лучи. Облучение тонкого слоя молока ультрафиолетовыми лучами вызывает уменьшение количества бактерий в молоке, но молоко после этого приобретает неприятный привкус; кроме того, частично разрушаются витамины А и С.

Молочные консервы (сгущенное молоко без сахара, с сахаром, сухое молоко и др.) могут храниться продолжительное время без значительного увеличения содержания в них микробов.

Сгущенное молоко без сахара представляет собой обычное стерилизованное молоко, но сухого вещества в нем приблизительно в $2\frac{1}{2}$ раза больше, так как в процессе конденсации часть влаги испаряется. После конденсации молоко разливают в жестяные банки, закрывают крышками и герметически закатывают, после чего предварительно подогревают, затем стерилизуют при температуре $115-117^{\circ}$ в течение 15—16 минут.

Сгущенное молоко с сахаром. Молоко предварительно пастеризуют при $72-74^{\circ}$ с выдержкой 10—15 минут. Таким путем уничтожают вегетативные формы микробов и разрушают фермент липазу. Чтобы продлить срок хранения молока, в него добавляют 16—18% стандартного свекловичного сахара. После сгущения в вакуум-аппарате молоко превращается в густую массу. В сгущенном молоке всегда находится некоторое количество бактерий, но вследствие высокого осмотического давления они не могут развиваться. Хорошо приготовленное сгущенное молоко может сохраняться без изменения год и больше.

Сухое молоко. В процессе сушки молока значительная часть микробов погибает, часть остается, но не находит условий для развития, поэтому молоко может сохраняться продолжительное время. В сыром помещении и без укупорки в молоко может проникнуть влага, что ведет к быстрой его порче, молоко становится непригодным к употреблению, так как приобретает ряд пороков и теряет способность растворяться в воде.

Санитарно-бактериологическая характеристика молока. Разработан государственный бактериологический стандарт для молока. Молоко и сливки выпускаются городскими молочными заводами в пастеризованном виде, они не должны содержать патогенных микробов.

Бутылочное молоко. Молоко, разлитое в бутылки, укупоренное и пастеризованное, можно применять в пищу без кипячения. Оно отпускается потребителю не позже чем через 36 часов после пастеризации.

Фляжное молоко. Пастеризованное молоко, разлитое во фляги и запломбированное, перед употреблением в пищу нуждается в кипячении. В зависимости от общей бактериальной обсемененности и показателя коли-титра предприятия могут выпускать пастеризованное молоко и сливки следующих категорий (табл. 19).

Для бутылочного пастеризованного молока в зависимости от содержания в нем микробов установлено три категории: А, Б и В (ГОСТ 352—41). Пастеризованные сливки разделяются на две категории — А и Б (ГОСТ 353—41). Чем выше категория молока (А), тем меньше в нем бактерий.

Категории пастеризованного молока и сливок

Продукт	Предельное количество бактерий в 1 мл (тыс.)	Допускается одна кишечная палочка в количестве (мл)
Молоко пастеризованное бутылочное:		
А	75	3,0
Б	150	0,3
В	400	0,3
Молоко пастеризованное фляжное	500	Не нормируется
Сливки пастеризованные:		
А	100	3,0
Б	300	0,3

МИКРОБИОЛОГИЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Кисломолочные продукты

Кисломолочные продукты разделяют на две основные группы: продукты молочнокислого брожения (простокваша, ацидофилин) и продукты смешанного — молочнокислого и спиртового — брожения (кефир и кумыс).

Приготовление кисломолочных продуктов (простокваши, кефира, кумыса и пр.) известно с давних времен. Оно основано на молочнокислом брожении: под действием молочнокислых микроорганизмов в молоке из его сахара образуется молочная кислота, которая подавляет развитие гнилостных бактерий, вследствие чего продукт делается более стойким при хранении. Кисломолочные продукты обладают не только высокой питательностью, но также диетическими и лечебными свойствами, хорошо усваиваются организмом. Некоторые исследователи утверждают, что молочная кислота повышает усвоение организмом фосфора и кальция.

Раньше кисломолочные продукты готовились путем естественной закваски и самоквасом, сейчас в производстве кисломолочных продуктов, за исключением кефира, применяются только чистые культуры молочнокислых бактерий. От подбора и качества культур зависит и качество продукции (вкус, аромат и пр.).

В сквашенном молоке по сравнению со свежим больше витаминов группы В и никотиновой кислоты (витамин РР). В последнее время установлено, что ацидофильная палочка и молочные дрожжи способны выделять антибиотические вещества, которые не только задерживают рост стафилококков, возбудителей кишечных заболеваний, но даже убивают их. Эти данные расширяют наши знания о лечебном действии кисломолочных продуктов и свидетельствуют о необходимости подбора антибиотически активных молочнокислых бактерий и дрожжей для

приготовления лечебных молочнокислых продуктов и вообще использования антибиотиков, вырабатываемых микроорганизмами и накапливающихся в пищевых продуктах в процессе их приготовления и созревания.

Простокваша как кисломолочный продукт распространена весьма широко. Каждый народ называет ее по-своему: русские — «простоквашей», армяне — «мацун», грузины — «мацони», азербайджанцы и узбеки — «катык», иранцы — «лебень», болгары — «кисло млеко», греки — «угурт», киргизы — «айран» и т. д.

Простокваша может быть «домашняя» (самоквас), когда молоко сквашивается в результате жизнедеятельности находящихся в нем микроорганизмов, и изготовленная на естественной закваске, когда в пастеризованное молоко вносится сквашенное молоко. Во втором случае сквашивание происходит обычно при температуре 45° и выше. Такая простокваша имеет более резкий вкус в результате более энергичного развития термофильных молочнокислых бактерий. Наряду с молочнокислыми бактериями при естественной закваске в простокваше всегда находятся дрожжи. Они активизируют деятельность молочнокислых бактерий и придают продукту более нежный вкус и аромат.

Лактобациллин, или мечниковская простокваша, вырабатывается из цельного или обезжиренного коровьего молока. Молоко должно быть свежим, пастеризованным при $85-90^{\circ}$ и охлажденным до $38-42^{\circ}$, после чего в него вносится закваска из термофильного молочного стрептококка (*Str. thermophilus*) и болгарской палочки. Термофильный стрептококк усиливает рост болгарской палочки, придает лактобациллину аромат и смягчает вкус, делая продукт менее кислым ($85-120^{\circ}$ T).

Сквашивание при температуре $30-40^{\circ}$ наступает через 4—6 часов. Сгусток должен быть ровным, достаточно плотным, без сыворотки. После окончательного сквашивания кисломолочный продукт охлаждают до $7-10^{\circ}$ и используют в течение суток после приготовления.

Кефир является диетическим и лечебным продуктом. Приготавливают его из цельного или обезжиренного коровьего молока. Предварительно молоко пастеризуют при температуре $90-95^{\circ}$, охлаждают до 26° , после чего вносят закваску. В качестве закваски используют молоко, сквашенное кефирными зернами (кефирными грибами). В высушенном виде кефирные грибки представляют собой зерна золотисто-желтого цвета, неправильной формы, размером от просыаного зерна до лесного ореха. При размачивании зерна набухают и увеличиваются в 3—5 раз, поверхность их становится складчатой или бугровой, более светлой, почти белой окраски (рис. 117).

В состав кефирных грибов входят: молочнокислые стрептококки (*Str. lactis* и ароматообразующие), молочнокислые палочки, молочные дрожжи, микодерма (плесчатые дрожжи) и «палочка стромы». Природа последнего микроба не изучена, так как не представляется возможным выделить его на искусственных питательных средах. При микроскопическом исследовании тонких окрашенных срезов грибка установлено, что строма, то есть основа гриба, состоит из плотно сплетенных бактериальных нитей. В поверхностном слое находится множество дрожже-

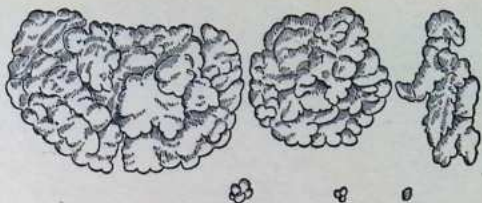


Рис. 117. Кефирные зерна.

подобных клеток и мелких клеток молочнокислых стрептококков. Они же встречаются и в теле грибка.

Готовый кефир, приготовленный на кефирных грибах, имеет сметаноподобную консистенцию, кисломолочный освежающий вкус и запах. Кислотность 90—120° Т. В нем содержатся следующие основные микроорганизмы: 1) молочнокислые стрептококки и их разновидности, которые образуют, помимо молочной кислоты, углекислоту, летучие кислоты и спирт; 2) молочнокислые палочки (мезофилы) и 3) молочные дрожжи.

При брожении происходит два параллельных процесса: молочнокислое и спиртовое брожение. Первое вызывается группой молочнокислых стрептококков и палочек, второе — дрожжами и частично ароматизирующими стрептококками. Эти процессы можно регулировать путем изменения температуры. При температуре 20° и выше более интенсивно развиваются молочнокислые бактерии, что усиливает молочнокислое брожение; температура в 15° и ниже, наоборот, усиливает спиртовое брожение. В процессе созревания кефира происходит и частичное разложение белков, что ведет к увеличению количества растворимых азотистых соединений.

Наилучшей температурой созревания кефира считается 16—17°. В зависимости от возраста различают кефир: однодневный — слабый (кислотность до 90° Т), оказывающий послабляющее действие на кишечник, двухдневный — средний (кислотность не более 105° Т), без заметного послабляющего действия, но хорошо регулирующий функцию кишечника, и трехдневный — крепкий (кислотность 120° Т) с закрепляющим действием на кишечник. Чем больше срок выдержки кефира, тем выше в нем кислотность и содержание спирта. Согласно ГОСТ 364, в однодневном кефире должно содержаться спирта 0,2%, в двухдневном — 0,4, в трехдневном — 0,6%.

Кумыс — кисломолочный напиток, готовится из молока кобылиц и коров. Известен он был еще древним кочевым народам, которые заквашивали молоко в мешках из лошадиной шкуры. В настоящее время для приготовления кумыса употребляют деревянные (липовые и дубовые) кадки — челяки.

Чтобы вызвать брожение, в молоко вносят закваску из высушенного кумыса («кор») или жидкую закваску («катык»), которая сохраняется



Рис. 118. Препарат из кумыса: дрожжи и длинные палочки.

зимой в холодном месте. В сезон приготовления кумыса (летом) закваска поддерживается путем добавления сырого кобыльего молока к зрелому кумысу по мере его потребления. Такая закваска, конечно, содержит разнообразную микрофлору (молочнокислые и гнилостные бактерии, дрожжи и т. п., рис. 118). В настоящее время для изготовления кумыса в санаториях применяют чистую культуру типа болгарской палочки, способную к образованию кислоты, и дрожжи типа *Togula*, хорошо сбраживающие молочный сахар и образующие несколько процентов спирта. Таким образом, кумыс, как и кефир, является про-

дуктом двух брожений — молочнокислого и спиртового. Спиртовое брожение более интенсивное и содержание спирта достигает 2—2,5%. Энергичному спиртовому брожению способствует высокое содержание в кобыльем молоке молочного сахара (больше 6%); определенное значение имеет и микрофлора кумыса.

Молочнокислые бактерии и дрожжи в кумысе существуют в симбиозе. Дрожжи для своего развития нуждаются в продукте жизнедеятельности молочнокислых бактерий — молочной кислоте. В свою очередь, молочнокислые бактерии в присутствии дрожжей лучше развиваются, образуя больше кислоты и дольше сохраняя активность. В процессе брожения находящиеся в молоке молочнокислые стрептококки, а также кишечная палочка погибают вследствие быстрого нарастания кислотности и малой буферности кобыльего молока.

По кислотности и содержанию спирта кумыс принято делить на три сорта: слабый (кислотность 60—80°; до 1% спирта); средний (81—105°; до 1,75%); крепкий (106—120°; до 2,5%).

В процессе брожения выделяется много углекислоты, поэтому кумыс приобретает вид пенящегося шипучего напитка. Свернувшийся казеин образует в нем мелкие хлопья, вследствие чего кумыс имеет жидкую консистенцию, напоминающую сыворотку. Постепенно хлопья казеина оседают на дно. Азотистые вещества в кумысе находятся в растворимой и полурастворимой форме, поэтому продукт хорошо усваивается организмом. В кумысе много витамина С, что еще более повышает его питательную ценность. С лечебной целью кумыс применяется при туберкулезе и некоторых желудочно-кишечных заболеваниях. Под влиянием кумысолечения нормализуются функции вегетативной нервной системы, увеличивается количество гемоглобина в крови.

Кумыс чаще всего готовят из сырого молока. Но опыты приготовления его из молока, пастеризованного при 63° в течение 30 минут, дали хорошие результаты: кумыс получается не хуже, чем из сырого молока.

Ацидофильная простокваша, ацидофильное молоко и его применение в животноводстве. Ацидофильная простокваша—

кисломолочный продукт, очень близкий к болгарской простокваше. Разница между ними только в том, что в качестве закваски при изготовлении простокваши используются не болгарская, а ацидофильная палочка и молочнокислые стрептококки.

И. И. Мечников (1907) впервые установил, что кисломолочные продукты подавляют развитие гнилостных бактерий кишечника, продукты жизнедеятельности (индол, скатол и др.) которых вызывают преждевременное старение. Рекомендую употреблять простоквашу, И. И. Мечников приписывал болгарской палочке антибактериальное действие на гнилостные бактерии. Впоследствии было установлено, что болгарская палочка не может приживаться в кишечнике и быстро погибает, поэтому в настоящее время для приготовления простокваши используют ацидофильную палочку (*Lactobacterium acidophilum*). Присутствие в среде молочных дрожжей стимулирует размножение и биохимическую активность ацидофильной палочки.

В животноводстве нашло широкое применение ацидофильное молоко. В отличие от ацидофильной простокваши, которую готовят на культурах ацидофильной палочки и молочнокислых стрептококков, ацидофильное молоко получают на чистых культурах ацидофильных палочек. Перед выпаживанием животным сгусток разбивают мутовкой, консистенция становится жидкой, поэтому продукт и получил название ацидофильного молока.

Нормальное ацидофильное молоко имеет приятный запах и кисловатый вкус, сгусток плотный, без пузырьков газа и сыворотки. Кислотность — не выше 100° Т. После сквашивания молоко сразу дают животным. Если же молоко нужно сохранить, его охлаждают и ставят в холодную воду со льдом, а перед скармливанием подогревают до 30—32°. Ацидофильное молоко скармливается за 30—60 минут до дачи обычного молока. К ацидофильному молоку телят приучают с первых дней рождения. Первые три дня дают два раза по 100 мл, затем постепенно норму увеличивают и в первый месяц доводят до 1 л в день. При поносах дачу ацидофильного молока увеличивают в 2—3 раза.

Первые опыты в Советском Союзе по применению ацидофильного молока в целях борьбы с кишечными заболеваниями телят были проведены Ф. С. Амфитеатовым, М. И. Айзатуловым, а в борьбе с кишечными заболеваниями поросят — А. Я. Панкратовым и П. М. Мухинным. Опыты дали положительные результаты: применение простокваши, приготовленной на ацидофильных культурах, уменьшало число кишечных заболеваний, отход телят и поросят.

Лучшие результаты получаются при употреблении штаммов ацидофильных бактерий, выделенных из кишечника животных данного вида. Это и понятно, так как такие бактерии уже приспособились к биологической реакции кишечника определенного вида животных и лучше приживаются в нем, когда их вносят с ацидофильным молоком. Дача ацидофильного молока телятам, поросятам и цыплятам способствует не только снижению кишечных заболеваний, но и увеличению привесов, это, по-видимому, связано с присутствием в ацидофильном молоке антибиотических веществ, стимулирующих рост.

Микрофлора масла. В свежем, только что приготовленном масле всегда содержится некоторое количество микробов. Они попадают в масло из сливок.

После промывания и отжимки в сливочном масле остается до 15% влаги, содержащей все необходимые питательные вещества (белки, сахара, соли) для развития бактерий. Для размножения бактерий в масле имеет значение и характер распределения капель влаги. Размер их обычно равен нескольким микронам, а иногда они бывают видны невооруженным глазом. В правильно приготовленном масле микроскопических капель больше, чем крупных. Мелкие капли в большинстве свободны от бактерий, и бактериальные процессы развиваются в основном в крупных каплях. Стойкость масла при хранении зависит от количества стерильных капель, а их будет тем больше, чем меньше в масле микроорганизмов. Чтобы достичь этого, надо максимально снизить микрофлору в сливках, устранив ее источники, то есть соблюдать правила санитарии и гигиены, применяя пастеризацию и другие мероприятия.

Изменение микрофлоры масла при его хранении. Количественный и качественный состав бактерий в масле при его хранении зависит от сорта масла. Содержание бактерий в только что приготовленном сладкосливочном масле находится в пределах нескольких миллионов на 1 г. Если хранение происходит при температуре около 15°, количество бактерий сначала значительно увеличивается, по истечении 1—2 недель начинает уменьшаться, а через 4—6 недель их насчитывается не более миллиона. Кислосливочное масло содержит, как правило, больше бактерий (десятки и сотни миллионов в 1 г). Это объясняется тем, что кислосливочное масло готовят из квашеных сливок, содержащих бактерии в большом количестве. Однако количество их быстро уменьшается, и через 4—6 недель остается несколько десятков тысяч бактерий в 1 г масла.

На качественный состав микрофлоры масла влияет способ его изготовления. В сладкосливочном масле больше микрококков, несколько меньше молочнокислых стрептококков и небольшое количество палочковидных бактерий (например, флуоресцирующих). В кислосливочном масле преобладают молочнокислые стрептококки и в небольшом количестве содержатся дрожжи и плесневые грибы.

Советские исследователи разработали и предложили метод повышения стойкости масла при хранении путем внесения в него специальных культур дрожжей, которые подавляют размножение протеолитических бактерий и плесневых грибов.

Порча масла при хранении. Во время хранения в масле протекают не только химические, но и микробиологические процессы. Наибольшую активность проявляют аэробные микроорганизмы, поэтому разложение масла чаще всего наблюдается на его поверхности. Процессы, происходящие в анаэробных условиях, то есть в глубине масла, намного слабее. Большую опасность представляют для качества масла

микробы, продуцирующие фермент липазу, которая гидролизует жир на глицерин и жирные кислоты. Кислотность масла при этом повышается, изменяются его вкус, окраска. Возбудителями таких изменений являются главным образом гнилостные бактерии и плесневые грибы. Гнилостные бактерии способны расщеплять не только жир, но и белок с образованием дурнопахнущих продуктов распада. Присутствие таких микроорганизмов в масле может вызвать ряд пороков: прогорклость, горький, рыбный вкус, запах навоза, растительного масла и пр.

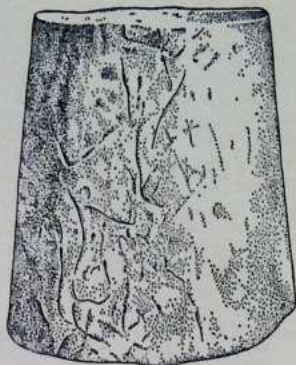


Рис. 119. Вид плесневелого масла.

Наиболее распространенный порок сливочного масла — плесневение (рис. 119). На появление плесеней влияют многие факторы, и в первую очередь условия хранения. Очень быстро плесневеет масло в сыром помещении, поэтому хранить масло надо в хорошо проветриваемом и сухом помещении. При относительной влажности 80—85% развитие плесеней прекращается. На развитие плесеней влияет также температура. Значительно замедляется рост плесневых грибов при температуре 0°, а при минус 11° прекращается. Часто к появлению плесени ведет неплотная набивка и укупорка масла. Плесневые грибы относятся к строго аэробным микроорганизмам, поэтому пустоты внутри масла и между его поверхностью и укупорочным материалом способствуют плесневению. Набивая масло, нельзя допускать внутри него пустот, пергамент должен плотно прилегать к маслу.

В задержании роста плесневых грибов большую роль играет правильная обработка масла. Хорошо приготовленное масло имеет сухую поверхность, где плесени не находят благоприятных условий для развития. Посолка масла по нормативам, установленным стандартом (1,5—2%), только замедляет развитие плесневых грибов. Рост их приостанавливается лишь при 4% соли.

Плесневение может происходить не только на поверхности, но и внутри масла. Это бывает, когда в масле есть не только крупные, но даже очень мелкие пустоты. Воздух и влага, содержащиеся в этих пустотах, создают благоприятные условия для развития плесневых грибов. Чаще всего в таких пустотах развивается гроздевидная плесень *Cladosporium herbarum*, которая менее других требует кислорода воздуха. При развитии плесневые грибы выделяют липолитический фермент, разлагающий молочный жир, вследствие чего масло приобретает прогорклый вкус.

Чтобы предотвратить перечисленные пороки масла, необходимо правильно пастеризовать (при 85—90°) сливки, строго соблюдать санитарно-гигиенический режим, хлорировать воду, применяемую для промывки масла, свежее масло быстро охлаждать до низких температур, придерживаться технологической инструкции в отношении кислотности сливок, обработки масла и посолки его, устранять соприкосновение сливок и масла с такими металлами, как железо, медь, плотно набивать масло в тару и хранить его в сухом помещении.

Микробиология сыроделия

Сыр — пищевой продукт, получаемый из сквашенного молока, обладающий плотной консистенцией и специфическим вкусом. По питательности сыр занимает одно из первых мест среди пищевых продуктов, так как содержит белки, жиры, соли кальция, фосфора, витамины и другие вещества, весьма хорошо усвояемые организмом.

Решающим фактором в изготовлении сыров являются химический состав (количество и свойство молочного жира, белка, минеральных солей и витаминов), физические свойства и микробиологические показатели перерабатываемого молока (не более 10 000 микробных клеток в 1 мл). Особенно опасны в сыроделии представители гнилостных, маслянокислых и газообразующих бактерий группы коли-аэрогенной, а также болезнетворные. Чтобы выполнить основные требования, предъявляемые к молоку, предназначенному для приготовления сыров, необходимо: получать молоко от здоровых коров и кормить их высококачественными кормами; соблюдать полную чистоту при доении, первичной обработке, приемке и транспортировке молока; немедленно охлаждать молоко после дойки до температуры ниже 12° и не задерживать доставку молока на сыродельные заводы.

Техника выработки сычужных сыров складывается из: 1) внесения закваски для свертывания молока; 2) обработки в сырном котле с целью получения сгустка и удаления части сыворотки; 3) прессования для дополнительного удаления сыворотки и придания сыру формы; 4) посолки; 5) созревания в специальных подвалах.

Закваска. Для образования сгустка в молоко вносят сычужный фермент и молочнокислые бактерии. Под действием сычужного фермента казеин расщепляется на параказеин и сывороточный белок. Плохо растворимый в молоке параказеин образует сгусток, состоящий из аминокислот (тирозин, триптофан и др.). Сывороточный белок остается растворенным.

Микробиологические процессы в сырном котле. Процессы, начавшиеся после внесения закваски, продолжают в сырном котле. При благоприятной температуре (не ниже 30°) интенсивно размножаются бактерии, в первую очередь молочнокислые. Накапливающаяся молочная кислота усиливает действие сычужного фермента, образующийся сгусток уплотняется, сыворотка отделяется. Находящаяся в продукте микрофлора распределяется неравномерно: около 75% ее остается в сгустке и только 25% переходит в сыворотку.

В процессе обработки сгустка происходит отдача влаги и формирование зерна, что вызывает еще более энергичное развитие бактерий, так как в среде много белков, связывающих образующуюся молочную кислоту, которая перестает угнетать развитие бактерий (повышается буферность среды). Таким образом, обработкой зерна достигается формирование структуры сыра и ускорение в нем микробиологических процессов.

Вторичное подогревание, применяемое для лучшего обезвоживания сырной массы и закрепления формы зерна, проводится для твердых сыров при температуре около 40° , а также при более высокой температуре ($52-57^{\circ}$ для советского и швейцарского). В первом случае микроорганизмы развиваются довольно интенсивно, во втором — высокая температура угнетающе действует на микробы. Действие высокой температуры второго подогревания продолжается 30—40 минут. За это время часть молочнокислых бактерий погибает, а развитие термофильных молочнокислых палочек заметно замедляется. В результате соотношение между молочнокислыми стрептококками и палочками изменяется в пользу последних. К концу второго подогревания бактерий остается около сотни миллионов в 1 г зерна.

Микробиологические процессы во время прессования. После второго подогревания сырную массу прессуют. Во время прессования начавшиеся в котле процессы продолжают, этому благоприятствует температура, особенно для швейцарского сыра, когда сырная масса поступает под пресс толстым слоем, способствующим длительному сохранению в ней повышенной температуры. К концу прессования количество бактерий достигает примерно миллиарда в 1 г.

Микробиологические процессы при посолке сыров. Посолка улучшает вкусовые качества сыров, изменяет их физические свойства, подавляет развитие вредной микрофлоры.

После прессования сырные головки погружают в ванну с повышенным (до 30%) раствором соли или натирают их поверхность сухой солью. Под действием соли параказеин набухает, делается более пластичным, что способствует созреванию и образованию правильного рисунка сыра. Когда сыр находится в солевом растворе, с его поверхностных слоев диффундируют (просачиваются) растворимые вещества сыворотки (молочный сахар, соли молока), а на их место проникает концентрированный раствор поваренной соли. В результате из сыра удаляется значительное количество веществ, способствующих процессам брожения, раствор же поваренной соли угнетает развитие бактерий. Кроме того, под действием соли на поверхности твердых сыров образуется корка, вследствие чего внутри создаются анаэробные условия, что исключает возможность развития аэробных бактерий и плесневых грибов. Соль и низкая температура солильной приостанавливают бактериальные процессы в сыре, которые возобновляются лишь после переноски сыра в подвал.

Микробиологические процессы при созревании сыров. После посолки сыры сначала выдерживают в

Чтобы предотвратить перечисленные пороки масла, необходимо правильно пастеризовать (при 85—90°) сливки, строго соблюдать санитарно-гигиенический режим, хлорировать воду, применяемую для промывки масла, свежее масло быстро охлаждать до низких температур, придерживаться технологической инструкции в отношении кислотности сливок, обработки масла и посолки его, устранять соприкосновение сливок и масла с такими металлами, как железо, медь, плотно набивать масло в тару и хранить его в сухом помещении.

Микробиология сыроделия

Сыр — пищевой продукт, получаемый из сквашенного молока, обладающий плотной консистенцией и специфическим вкусом. По питательности сыр занимает одно из первых мест среди пищевых продуктов, так как содержит белки, жиры, соли кальция, фосфора, витамины и другие вещества, весьма хорошо усвояемые организмом.

Решающим фактором в изготовлении сыров являются химический состав (количество и свойство молочного жира, белка, минеральных солей и витаминов), физические свойства и микробиологические показатели перерабатываемого молока (не более 10 000 микробных клеток в 1 мл). Особенно опасны в сыроделии представители гнилостных, маслянокислых и газообразующих бактерий группы коли-аэрогенной, а также болезнетворные. Чтобы выполнить основные требования, предъявляемые к молоку, предназначенному для приготовления сыров, необходимо: получать молоко от здоровых коров и кормить их высококачественными кормами; соблюдать полную чистоту при доении, первичной обработке, приемке и транспортировке молока; немедленно охлаждать молоко после дойки до температуры ниже 12° и не задерживать доставку молока на сыродельные заводы.

Техника выработки сычужных сыров складывается из: 1) внесения закваски для свертывания молока; 2) обработки в сырном котле с целью получения сгустка и удаления части сыворотки; 3) прессования для дополнительного удаления сыворотки и придания сыру формы; 4) посолки; 5) созревания в специальных подвалах.

Закваска. Для образования сгустка в молоко вносят сычужный фермент и молочнокислые бактерии. Под действием сычужного фермента казеин расщепляется на параказеин и сывороточный белок. Плохо растворимый в молоке параказеин образует сгусток, состоящий из аминокислот (тирозин, триптофан и др.). Сывороточный белок остается растворенным.

Микробиологические процессы в сырном котле. Процессы, начавшиеся после внесения закваски, продолжают в сырном котле. При благоприятной температуре (не ниже 30°) интенсивно размножаются бактерии, в первую очередь молочнокислые. Накапливающаяся молочная кислота усиливает действие сычужного фермента, образующийся сгусток уплотняется, сыворотка отделяется. Находящаяся в продукте микрофлора распределяется неравномерно: около 75% ее остается в сгустке и только 25% переходит в сыворотку.

В процессе обработки сгустка происходит отдача влаги и формирование зерна, что вызывает еще более энергичное развитие бактерий, так как в среде много белков, связывающих образующуюся молочную кислоту, которая перестает угнетать развитие бактерий (повышается буферность среды). Таким образом, обработкой зерна достигается формирование структуры сыра и ускорение в нем микробиологических процессов.

Вторичное подогревание, применяемое для лучшего обезвоживания сырной массы и закрепления формы зерна, проводится для твердых сыров при температуре около 40° , а также при более высокой температуре ($52-57^{\circ}$ для советского и швейцарского). В первом случае микроорганизмы развиваются довольно интенсивно, во втором — высокая температура угнетающе действует на микробы. Действие высокой температуры второго подогревания продолжается 30—40 минут. За это время часть молочнокислых бактерий погибает, а развитие термофильных молочнокислых палочек заметно замедляется. В результате соотношение между молочнокислыми стрептококками и палочками изменяется в пользу последних. К концу второго подогревания бактерий остается около сотни миллионов в 1 г зерна.

Микробиологические процессы во время прессования. После второго подогревания сырную массу прессуют. Во время прессования начавшиеся в котле процессы продолжают, этому благоприятствует температура, особенно для швейцарского сыра, когда сырная масса поступает под пресс толстым слоем, способствующим длительному сохранению в ней повышенной температуры. К концу прессования количество бактерий достигает примерно миллиарда в 1 г.

Микробиологические процессы при посолке сыров. Посолка улучшает вкусовые качества сыров, изменяет их физические свойства, подавляет развитие вредной микрофлоры.

После прессования сырные головки погружают в ванну с повышенным (до 30%) раствором соли или натирают их поверхность сухой солью. Под действием соли параказеин набухает, делается более пластичным, что способствует созреванию и образованию правильного рисунка сыра. Когда сыр находится в солевом растворе, с его поверхностных слоев диффундируют (просачиваются) растворимые вещества сыворотки (молочный сахар, соли молока), а на их место проникает концентрированный раствор поваренной соли. В результате из сыра удаляется значительное количество веществ, способствующих процессам брожения, раствор же поваренной соли угнетает развитие бактерий. Кроме того, под действием соли на поверхности твердых сыров образуется корка, вследствие чего внутри создаются анаэробные условия, что исключает возможность развития аэробных бактерий и плесневых грибов. Соль и низкая температура солильной приостанавливают бактериальные процессы в сыре, которые возобновляются лишь после переноски сыра в подвал.

Микробиологические процессы при созревании сыров. После посолки сыры сначала выдерживают в

более или менее теплом подвале. Здесь продолжают процессы, начавшиеся под действием молочнокислых бактерий в котле и под прессом. Процесс брожения идет до тех пор, пока не используется весь сахар. В твердых сырах этот период непродолжителен, процесс заканчивается во время посолки или вскоре после переноса сыров в теплый подвал. В мягких сырах, содержащих больше молочного сахара, брожение заканчивается значительно позже.

Из-за отсутствия питательного материала молочнокислые стрептококки постепенно погибают, а вместо них увеличивается количество молочнокислых палочек. Питанием для них служат пептоны, которые к этому времени накапливаются вследствие распада белков. Достигнув максимума, что бывает по истечении 1—2 месяцев, молочнокислые палочки также постепенно гибнут.

В этот период в сыре образуется рисунок, то есть появляются так называемые глазки. Это происходит в основном в результате жизнедеятельности пропионовокислых бактерий, сбраживающих молочную кислоту с выделением углекислого газа, который растворяется во влаге сыра до полного ее насыщения. При перенасыщении влаги сыра углекислотой в отдельных местах образуются газовые пузырьки, увеличивающиеся по мере поступления в них газа. Образуются и новые глазки. Если консистенция сырного теста эластичная, глазки круглые, правильной формы; если же тесто хрупкое, крошливое, глазки бывают неправильной формы. Если реакция сыра слишком кислая, пропионовокислые бактерии размножаются медленно, глазки образуются позднее, когда сырное тесто утрачивает эластичность и вместо глазков возникают трещины. Чтобы получить нормальный рисунок, в 1 г сыра после прессования должно быть не менее 100 пропионовокислых бактерий (Вацлав Кнез, 1960).

Если в сыр попадают газообразующие бактерии из коли-аэрогенной группы, выделяется в большом количестве водород. Он не растворяется в воде, поэтому скапливается в том месте, где образуется, и вместо глазков возникает сплошная сетка трещин, сыры вспучиваются.

После полного сформирования рисунка сыр переносят в подвал с более низкой температурой, где он окончательно созревает. Белки, распадающиеся под действием сычужного фермента и молочнокислых бактерий, придают продукту тонкий вкус и пластичность. Созревание идет очень медленно. Например, для созревания голландского сыра нужно 3 месяца, швейцарского — 9 месяцев.

При распаде белков вначале образуются пептоны, придающие продукту горький вкус, затем полипептиды и наконец аминокислоты. В перезревшем сыре может образоваться незначительное количество аммиака. Таков процесс созревания твердых сыров (советского, голландского, швейцарского). Как видим, он происходит с участием бактерий, находящихся внутри продукта.

Твердые сыры отличаются от мягких тем, что из них удаляется больше сыворотки, они имеют плотную корку, на которой не развиваются микроорганизмы. В мягких сырах больше влаги, так как при выработке сгустка в сырном котле прессование не применяется, сыворотка ча-

стично удаляется лишь в результате самопрессования. Большое содержание сыворотки в мягких сырах обуславливает и повышенное содержание в них сахара. Поэтому они созревают быстрее, чем твердые сыры. В мягких сырах микрофлора развивается главным образом на поверхности. Выделяемые микроорганизмами ферменты постепенно проникают внутрь и на пути разлагают белки. Типичными представителями мягких сыров являются «плесневые сыры» — закусочный, рокфор, обладающие особым вкусом. Специфичность вкуса создается в результате разложения не только молочного сахара и белков, но и жира специально вносимыми плесневыми грибами.

Пороки сыров. *Вспучивание сыра* — наиболее распространенный порок, вызывается бактериями группы *coli-aerogenes* и маслянокислыми. Бактерии группы кишечной палочки вызывают порок в начале созревания, когда в сыре еще есть молочный сахар. Иногда этот порок возникает в соляной ванне, а если в молоке много кишечной микрофлоры, — даже во время прессования. Рисунок сыра получается рваный, неправильный.

Под действием маслянокислых бактерий сыры вспучиваются чаще всего в конце созревания; сырная масса размягчается, иногда становится губчатой, с неправильным рисунком. Сыр приобретает неприятно сладковатый вкус и резкий запах масляной кислоты. Чтобы предотвратить этот порок, надо использовать для выработки сыров молоко, мало обсемененное кишечной палочкой и совершенно лишнее маслянокислых бактерий. Пастеризация молока и применение чистых культур могут гарантировать от вспучивания.

Для подавления развития бактерий из группы кишечной палочки в сыр вносят селитру. Положительный результат дает применение антибиотика низина, выделяемого молочнокислыми стрептококками. Внесение в молоко, содержащее маслянокислые бактерии, молочнокислых стрептококков, выделяющих низин, предохраняет сыр от вспучивания.

Горький вкус обуславливают чаще всего специфические бактерии горького молока (маммококки). Порок наблюдается, когда для приготовления сыра используют сильно загрязненное молоко.

Изъязвления, подкорочная плесень. При изъязвлении поверхность сыра становится как бы изъеденной оспой (отсюда возбудитель порока получил название осповидной плесени). Второй порок выражается в нарушении целостности корки и образовании пустот, где обычно и развивается возбудитель — пенициллиум. Для предотвращения развития подкорочной плесени необходимо, чтобы во время прессования поверхность сыра становилась ровной и плотной; для недопущения развития осповидной плесени рекомендуется выдерживать сыр 3—5 минут в воде, подогретой до 65°, корку сыра надо промывать кислой сывороткой.

Применение в сыроделии чистых культур. Применение чистых культур молочнокислых стрептококков и палочек усиливает в сыре молочнокислое брожение, ускоряет созревание сыра и уменьшает число пороков. Чистые культуры молочнокислых бактерий применяют при выработке сыров из пастеризованного и сырого молока. Сырое молоко при этом должно быть свежее, иначе закваска

чистых культур может не дать положительных результатов и даже ухудшить качество сыра (крошащаяся консистенция).

Для сыров с низким вторым подогреванием используют мезофильные молочнокислые стрептококки (*Str. lactis*, *Str. cremoris*) и ароматообразующие бактерии. Культуры *Str. lactis* подбирают с энергичной способностью сквашивания и повышенной способностью разлагать белки и сообщать продукту кислый вкус. Вместе с молочнокислыми стрептококками в продукт вносят и молочнокислые бактерии, что улучшает качество и вкус сыра. Для сыров с высоким вторым подогреванием используют молочнокислые стрептококки (*Str. lactis*) и термофильные молочнокислые бактерии (*Lactobact. casei* и *Str. thermophilus*). При выработке некоторых сортов сыра (закусочный, рокфор) специально вносятся культуры плесневых грибов из рода *Penicillium*.

Сырные отравления. Описаны случаи отравления людей недоброкачественными сырами.

Сыры могут быть причиной и заражения человека. Так, в сырах, приготовленных из молока коров, инфицированных гнойным стрептококком (мастит) или туберкулезом, микробы — возбудители этих инфекций могут сохраняться в первом случае более 30 дней, во втором — до 4 месяцев (М. Шипка). Возбудитель Ку-лихорадки сохраняется в сыре от 1½ до 3 месяцев (Джоллион и сотр.).

МИКРОБИОЛОГИЯ МЯСА

Мясо от здорового скота практически можно считать свободным от микрофлоры. Мясо от павших, больных и переутомленных животных содержат микробы — аэробы и анаэробы. В момент убоя мясо обсеменяется бактериями, и часто довольно сильно.

Источники попадания бактерий в мясо. Обсеменение мяса микроорганизмами зависит от предубойного состояния животного. Установлено, что при длительных перегонах и ухудшении общего состояния животных их мясо содержит большее количество микробов и при одинаковых условиях портится быстрее, чем мясо от здоровых животных, так как утомление способствует проникновению в мышцы и органы микробов из кишечника. Поэтому рекомендуется после перегонов или перевозок давать животным перед убоем отдых не менее трех суток.

На лезвии ножа обычно бывает множество микробов, которые в момент убоя животного попадают в кровеносные сосуды и засасываются с кровью в сердце, где их почти всегда можно обнаружить. Источником микробного обсеменения мясных туш является также нутровка, когда туши загрязняются содержимым пищеварительного тракта. При антисанитарных условиях разделки, туалета и повышенной температуре воздуха через 6—8 часов микробы можно обнаружить в мышцах на глубине 2—4 см, а через 18—24 часа — во всей толще туши.

Шкура животного. В 1 г шерсти было обнаружено от 70 до 400 млн. бактерий. На поверхности кожи размером 1 см² может быть до тысячи и более микробных клеток. В шерсти находятся самые разнообразные микробы: сарцины, кокки, бактерии кишечной группы, гнилостные (споровые и бесспоровые). Когда шкуру разрезают по бе-

лой линии, микробы вносятся на поверхность разреза, а затем руками, ножом и одеждой разносятся по всей поверхности туши.

Туалет туши. После снятия шкуры проводится туалет туши — обмывание ее водой ($38-40^{\circ}$) под давлением, специальной щеткой. При этом часть бактерий удаляется с поверхности туши. Если туши обмывают водой из ведра с применением одной и той же тряпки, вода быстро загрязняется посторонней микрофлорой, и это влечет еще большее обсеменение поверхности туши микроорганизмами. Некоторые специалисты предлагают отказаться от мокрого туалета, так как микробы попадают в подкожную клетчатку, размножаются там и вызывают порчу под корочкой подсыхания. Необходимость в применении мокрого туалета отпадает, если все мясоперерабатывающие предприятия будут иметь оборудование для чистки и мытья животных перед убоем.

На мясных тушах обнаруживается самая разнообразная микрофлора: бактерии кишечной группы, стафилококки, стрептококки, диплококки, синегнойная палочка, протей, а также спороносные сапрофиты. Встречаются микробы, способные развиваться при 0° , то есть при температуре остьвочной камеры.

Особенно сильно загрязнено микрофлорой мясо и органы вынужденно убитых животных. Мясо и органы вынужденно убитого крупного рогатого скота в $44,6\%$, овец — $47,2$, лошадей — в $50,8$, телят — в $55,3$, свиней — в $62,6\%$ случаев обсеменены патогенными и непатогенными микробами (паратифозная группа бактерий, кишечная палочка, кокки, гнилостные, по М. И. Прохорову). Свиинина в этом отношении — продукт, более опасный, чем мясо животных других видов.

Распространение бактерий в мясе. Бактерии, попавшие на поверхность мяса, постепенно проникают вглубь. Скорость проникновения зависит от температуры мяса и от вида микроба. В зараженном куске мяса весом 2 кг при комнатной температуре бактерии с поверхности проникали на глубину 3 см через 24 часа , а при температуре 37° были обнаружены во всей массе. Бактерии паратифозной группы проникают с поверхности мяса на глубину 14 см , в то время как сапрофиты (при тех же условиях) лишь на глубину $4-5\text{ см}$. Особенно быстро размножаются бактерии в недостаточно обескровленном мясе, поэтому оно очень быстро портится.

В мясо, охлажденное до $2-4^{\circ}$, бактерии проникают через 30 дней на глубину не более чем 1 см . Объясняется это тем, что образовавшаяся корочка подсыхания препятствует проникновению микробов. При хорошей корочке подсыхания туша может храниться при 0° в течение 8 недель .

После убоя животного постепенно наступает посмертное окоченение, выражающееся в том, что мышцы становятся более плотными и несколько сокращаются. Изменения в мышечной ткани происходят вследствие прекращения притока питательных веществ и кислорода, в результате нарушаются физико-химические процессы, свойственные живой клетке, и изменяется коллоидное состояние белковых веществ. Далее наступает период созревания мяса, характеризующийся слож-

ными физико-химическими процессами, возникающими под влиянием ферментов. При распаде гликогена в мышечной ткани накапливаются молочная кислота (количество ее достигает максимума через 24 часа после убоя), а в результате распада аденозинтрифосфорной кислоты — фосфорная кислота.

Кислоты изменяют рН мяса, превращая реакцию слабощелочную (7,1—7,2) в кислую (5,6—5,8). При этом изменяются физико-химические свойства белковых веществ мышечной ткани. Белки становятся нерастворимыми. Созревшее мясо приобретает рыхлую консистенцию, особый вкус и аромат, быстрее разваривается, чем несозревшее. Для завершения созревания мяса (если оно происходит при температуре несколько выше нуля) требуется несколько дней. В дальнейшем, если мясо хранят при температурах, благоприятных для развития микробов, в нем начнутся и микробиологические процессы.

На развитие микробов в туше влияет реакция среды. Мясо здоровых, хорошо отдохнувших, только что убитых животных имеет нейтральную реакцию. Через некоторое время после убоя в связи с образованием молочной и фосфорной кислот мясо приобретает кислую реакцию. Вследствие этого развитие бактерий замедляется. По истечении 96 часов в мясе при температуре остьвочной камеры постепенно восстанавливается щелочная среда. Размножение некоторых микроорганизмов не приостанавливается и в остьвочной камере (+6, +8°). Например, псевдомонас и дрожжи хорошо размножаются при температуре 0° и ниже, образуя на мясе слизь.

Чтобы избежать высыхания мяса и развития в нем микробов, рекомендуется хранить туши при температуре 0° и влажности 85%. Тушу животного необходимо сразу после убоя быстро охлаждать в остьвочной камере.

Порча мяса, вызываемая микроорганизмами. Гниение. Процесс гниения сопровождается выделением неприятно пахнущих газов. При этом происходит разложение азотистых веществ, расщепление жиров и других соединений. В результате образования аммиака реакция мяса из кислой переходит в щелочную. Появление зеленого цвета есть результат жизнедеятельности бактерий, выделяющих сероводород, который соединяется с гемоглобином. При сильном гниении мясо делается мягким, мажущимся, губчатым. Процессы гниения туши начинаются чаще с поверхности, постепенно проникая вглубь, а также около суставов, костей и крупных кровеносных сосудов. Если туша не вскрыта, гниение прежде возникает в кишечнике.

Возбудителями гниения являются споровые и бесспорные гнилостные микробы, аэробы и анаэробы. Наиболее энергичные гнилостные процессы вызывают аэробы: *Bact. proteus*, *Bac. subtilis*, *Bac. mesentericus*, и анаэробы: *Clostr. sporogenes*, *Clostr. putrificum*. Одни виды гнилостных бактерий в процессе жизнедеятельности доводят распад белковой молекулы до конечных продуктов, другие — до стадии образования аминокислот, третьи не способны действовать на цельную белковую молекулу и проявляют себя лишь при наличии уже готовых пептонов.

В процессе распада белковых веществ образуются разнообразные химические вещества: газы — углекислота, сероводород, аммиак, водород и др.; муравьиная, уксусная, валериановая кислоты, оксикислоты и многоосновные кислоты — молочная, янтарная, щавелевая; амины, аминокислоты, амиды, амидокислоты, ароматические кислоты, индол, скатол, фенол, токсины и пр.

Гниение начинается сразу же после того, как закончится процесс созревания мяса, а иногда тотчас после смерти, например у животных, прирезанных или погибших от септических и других заболеваний, сопровождавшихся высокой температурой. Ткани с большим содержанием воды или крови подвергаются более быстрому распаду. Например, ткани молодых животных загнивают очень быстро, так как содержат воды больше, чем ткани взрослых животных. Печень и селезенка, содержащие большое количество крови, также быстро портятся. Особенно быстро развиваются процессы гниения в крови.

В начальной стадии гнилостного распада на поверхности мяса появляются гнилостные кокки, которые образуют слизистый налет. В дальнейшем наряду с кокками развиваются гнилостные палочки (кишечная палочка, флуоресцирующие бактерии и споровые формы); вскоре они становятся преобладающей микрофлорой в гниющем мясе. Примерно через 3—4 дня в глубине мяса начинают размножаться и анаэробы (*Cl. perfringens*, *Cl. sporogenes*, *Cl. putrificum* и др.), способные развиваться в присутствии углеводов. Одни из этих микробов выделяют только протеолитические ферменты, другие — наряду с протеолитическими и сахаролитическими.

По свежести мясо подразделяется: на доброкачественное, мясо сомнительной свежести и мясо непригодное в пищу. Доброкачественность мяса определяют путем органолептического (цвет, консистенция, запах и пр.), химического и бактериоскопического исследований туши, или ее части, или органов.

Кислотное брожение. Кислотное брожение характеризуется образованием кислых продуктов. Мясо при этом издает неприятный кислый запах, теряет красную окраску, приобретает бледно-серый оттенок, становится мягким. При микроскопии препаратов из такого мяса обнаруживают различные микроорганизмы: палочки, стрептококки, дрожжи. Образование кислых продуктов происходит в печени, содержащей много гликогена, а также в мясных продуктах, в состав которых входит мука (например, в некоторых сортах колбас).

Плесневение. Плесневевает мясо как снаружи, так и внутри в местах, доступных воздуху, при недостаточной вентиляции и хранении в теплом, влажном помещении. Плесневение мяса — результат развития плесневых грибов: муковых, пенициллина, аспергилла, кладоспоринума и др., которые образуют налеты разного цвета — белого, зеленого и черного.

Споры плесневых грибов попадают в мясо из воздуха вместе с пылью во время разделки туши и ее транспортировки. Плесневые грибы появляются иногда в виде отдельных белых колоний. Впоследствии, разрастаясь, они образуют на поверхности мяса сплошной налет. Другие

плесневые грибы дают зеленые, черные колонии и прорастают в глубь мяса. Плесневые грибы способны выделять ферменты, разлагающие жиры и белки. Развитие их происходит при низких температурах и замедляется только при температуре — 10°. Оптимальная относительная влажность воздуха 95%. Но некоторые грибы могут расти и при 85% относительной влажности. Чтобы предупредить плесневение мяса, необходимо соблюдать чистоту во время его заготовки, хранить мясо надо замороженным, не допускать излишней влажности, правильно укладывать туши.

Образование налета. Налет может быть на сравнительно сухой поверхности туши или на мясных продуктах, например на колбасах, и очень редко — на свежем мясе. Он имеет вид белого сухого мучнистого образования и состоит из дрожжей и кокков; при комнатной температуре они развиваются лучше, чем при температуре холодильника.

Пигментация мяса характеризуется появлением на его поверхности колоний бактерий, окрашенных в желтый, красный или синий цвет. Когда колонии разрастаются, они образуют разноцветные пятна. Желтые обусловлены развитием сарцин, красные — «чудесной» палочкой, синие — синегнойными бактериями. Колонии эти легко могут быть удалены.

Свечение мяса, заметное в темном помещении, вызывается различными фотобактериями, относящимися к аэробам. Они размножаются только на свежем мясе. Свечение фотобактерий связано с окислительными процессами в их теле. С наступлением гнилостных процессов свечение мяса прекращается. Чаще фотобактерии появляются, когда мясо хранится вместе с морской рыбой, так как фотобактерии являются обитателями преимущественно морей. Каких-либо изменений в мясе фотобактерии не вызывают.

Загар мяса. При неправильном хранении горячего мяса (при отсутствии циркуляции воздуха) в его толстых, глубоких мышечных частях (чаще у жирной туши) возникает неприятный кислый запах, иногда мышечная ткань делается серой или зеленоватой. Причина загара точно не изучена, предполагают, что это порок появляется в результате задержки выделения газов, образующихся при ферментации в первые сутки после убоя животного.

Мясо больных животных. Мясо от животных, больных инфекционными болезнями, может стать причиной заражения человека во время разделки туши, приготовления пищи или при употреблении недостаточно проваренного мяса как людьми, так и разводимыми в хозяйствах пушными зверями.

Мясо животных, зараженных сибирской язвой, эмфизематозным карбункулом, ботулизмом, бродячкой, тулярией, инфекционной энтеротоксемией, инфекционной анемией лошадей, чумой крупного рогатого скота, чумой верблюдов, эпизоотическим лимфангитом, бешенством, злокачественным отеком и сапом, в пищу не допускается. Тушу вместе со шкурой сжигают, а место, где находилась туша, тщательно дезинфицируют. Подвергаются дезинфекции все предметы и одежда,

которые соприкасались с зараженной тушей. Использование в пищу мяса животных, больных туберкулезом, бруцеллезом и другими болезнями, производится в соответствии с действующим ветеринарным законодательством.

Пищевые отравления. Причиной отравлений людей, вызываемых недоброкачественными мясными продуктами, являются микроорганизмы — паратифозные (сальмонеллы), протей, кишечная палочка, стафилококки и др. Характерные особенности мясных отравлений — внезапность возникновения, массовость заболевания, проявляющаяся почти одновременно после употребления одного и того же мясного продукта. С устранением этого продукта случаи заболевания прекращаются так же быстро, как и начинаются.

Признаки заболевания появляются через 6—24 часа после употребления пищи. При этом могут быть рвота, понос, резкие боли в животе, головная боль и общая слабость, в более тяжелых случаях — судороги, ослабление пульса, бессознательное состояние. В большинстве случаев заболевание продолжается 1—2 дня и обычно заканчивается выздоровлением.

Вызываемые микробами пищевые отравления делятся на две группы: токсикоинфекции и токсикозы.

Токсикоинфекция — отравление, которое возникает, когда в организм попадают вместе с пищей живые микробы. Например, такое отравление вызывается паратифозной группой бактерий. В желудочно-кишечном тракте происходит распад бактерий с выделением эндотоксинов, которые, всасываясь, отравляют организм.

Токсикозы — отравление, вызываемое токсинами, которые выделяются микробами в продуктах.

Пищевые отравления (до 85%) вызывает мясо, преимущественно вынужденно убитых животных.

Пути попадания в мясо бактерий, вызывающих мясные отравления, могут быть самыми разнообразными. Заражение бывает как прижизненное, так и посмертное. Иногда здоровое на вид животное является бактерионосителем, чаще паратифозных бактерий. Когда нарушается нормальное состояние организма такого животного, например вследствие утомления, микробы проникают в его органы и мышцы. После убоя животного при неправильном хранении туши эти микробы начинают быстро в ней размножаться. Если такое мясо употреблять в пищу необезвреженным, могут произойти отравления.

В мясо во время его обработки заразное начало иногда вносит человек, будучи больным или носителем бактерий паратифозной группы. Причиной бактериального загрязнения мяса могут быть также крысы и мыши. При исследовании 200 крыс в 22,5% и у серых мышей в 52% случаев были обнаружены паратифозные бактерии Гертнера. При исследовании 50 серых крыс, имевших доступ к красной рыбе, у 12 найдены *Cl. botulinum* (девять штаммов относились к группе А). В трех случаях их обнаружили в прямой кишке, откуда они могли попасть на пищевые продукты.

Причиной бактериального загрязнения мяса очень часто бывают мухи, на теле которых находили от 550 до 6 млн. 600 тыс. бактерий,

среди которых были и возбудители дизентерии. Некоторые авторы, исследуя мух, у 77,2% обнаруживали бактерии кишечной группы, протей энтерококки, стафилококки и синегнойные палочки. Бактериальное загрязнение мяса вызывается также недоброкачественной водой и приготовленным из нее льдом. В натуральном льде неоднократно находили бактерии паратифозной группы: в 1 см³ льда было обнаружено до 14,5 млн. микробов, причем в 17 пробах из 25 содержалась кишечная палочка.

Пищевые отравления, вызываемые Clostr. botulinum. Эти отравления вызываются употреблением в пищу недоброкачественных колбас, ветчины, консервов, копченой рыбы. Отравление наступает при наличии в продукте ботулинического токсина или палочки ботулинуса (описание Cl. botulinum см. в разделе «Возбудитель ботулизма»).

Клинические признаки отравления появляются обычно через 12—24 часа после употребления пищи, содержащей ботулинический токсин. Больной умирает от паралича дыхательного центра или паралича сердца. Смертные случаи составляют от 35 до 85%. Известны случаи, когда клинические признаки заболевания появлялись только через 13 дней после приема зараженной пищи, что исключает непосредственное действие токсина. По-видимому, бактерии развивались внутри организма и выделенные ими токсины вызывали отравление (токсикоинфекция).

Профилактика пищевых отравлений. Основная мера предупреждения отравлений — строгий ветеринарно-санитарный надзор за убоем скота, переработкой, хранением и транспортировкой мяса и мясных продуктов, а также за кулинарной их обработкой.

Перед убоем животное подвергается тщательному клиническому осмотру, у него измеряют температуру, очищают шерстный покров. Во время хранения и перевозки туш необходимо соблюдать установленный температурный режим и влажность, предохранять мясо от пыли и грязи, не допускать контакта с крысами, мышами и мухами. Люди, допускаемые к переработке мяса, исследуются на бактерионосительство и проходят систематический медицинский осмотр.

После убоя туша и внутренние органы должны подвергаться тщательному осмотру ветеринарными специалистами. При подозрении на инфекционные болезни и при вынужденном убое обязательно бактериологическое исследование. Если при этом в мясе или органах животного будут обнаружены бактерии паратифозной группы и возбудители других инфекционных заболеваний, поступают согласно ветеринарному законодательству.

Консервирование мяса преследует цель убить микробы или затормозить их развитие. Для этого мясо охлаждают, солят, вялят, сушат, коптят или подвергают действию высокой температуры.

Охлаждение и замораживание. Низкие температуры приостанавливают микробиологические процессы. Это дает возможность сохранять мясо продолжительное время без особого изменения

его качеств. Охлаждение консервирует на непродолжительный срок, замораживание — на более длительный. Под воздействием низких температур часть микробов со временем гибнет, споровые же формы могут неопределенно долго оставаться жизнеспособными. После оттаивания мяса оставшиеся живыми микроорганизмы начинают быстро размножаться. Мороженое мясо после оттаивания вследствие увлажнения поверхности и нарушения структуры тканей становится более проницаемым для бактерий. Опыты показали, что оттаявшее мясо сохранялось при температуре 12—18° около 79 часов, а свежее при равных условиях — до 197 часов.

Большое значение имеет скорость замораживания. При быстром замораживании в мясе образуются очень мелкие кристаллы льда, которые не повреждают волокна мышечной ткани, и при оттаивании неповрежденные волокна отдают очень мало сока. При медленном замораживании образуются большие кристаллы льда, которые повреждают клетки мускульной ткани, поэтому последние при оттаивании выделяют больше сока, и микробы находят благоприятные условия для развития. Перед тем как замораживать, мясо надо сначала охладить, иначе верхний слой быстро замерзнет, а внутренняя часть останется теплой, и там могут происходить бактериальные и ферментативные процессы. Оттаивают мясо постепенно (чтобы температура поднималась от 1 до 8°), сока при этом выделяется меньше, чем при высокой температуре оттаивания, и микробы в таком мясе не находят благоприятных условий для размножения.

П о с о л к а. Солят мясо тогда, когда нет возможности сохранить его иным путем, не понижая вкусовых и питательных веществ. Посолкой широко пользуются при изготовлении специальных мясных продуктов, например бекона, ветчины, колбас.

Соление мяса — сложный процесс, вызывающий в мясе физические, химические, ферментативные и бактериальные изменения. Из мяса в рассол переходит часть воды с растворенными в ней азотистыми и минеральными веществами. Проникая в глубь мяса, рассол повышает там осмотическое давление, в результате деятельность бактерий приостанавливается (вследствие явления плазмолиза). Скорость и глубина проникновения соли в мясо зависят от концентрации рассола, продолжительности посолки, температуры, величины кусков мяса. Часть микробов, попавших в рассол из мяса, с водой, солью и другим путем, погибает, а часть остается. По мере того, как в рассоле уменьшается количество соли и увеличивается количество питательных веществ — минеральных и белка, микробы начинают размножаться в нем; количество их может достичь многих миллионов в 1 мл рассола.

Плесневые грибы малочувствительны к значительным концентрациям соли, и солонина часто плесневеет, если помещение сырое и плохо проветривается. Патогенные бактерии также переносят большие концентрации соли и могут обнаруживаться в рассоле продолжительное время. Паратифозные бактерии долго сохраняются даже при концентрации 19% соли. В соленом мясе от бруцеллезных овец бруцеллы погибают только через 60 дней. Вирус ящура в солонине при температуре

+17° сохраняется в течение 45 дней, а в костном мозге — 42 дня. Таким образом, патогенные бактерии могут сохраняться в соленом мясе весьма продолжительное время, поэтому нужно солить мясо только от здоровых животных, хорошо отдохнувших перед убоем. Мясо от утомленных животных, как уже было сказано, менее стойко при хранении.

При посолке мяса в рассол вносят селитру и сахар. Посолка ведет к обесцвечиванию мяса, прибавление же селитры восстанавливает его окраску. Доказано, что селитра в мясе восстанавливается до нитритов в результате жизнедеятельности денитрифицирующих бактерий.

В отношении действия нитратов и нитритов на микробы вопрос до сих пор остается нерешенным. Одни авторы придерживаются мнения, что эти соли оказывают консервирующее действие, другие утверждают, что они способствуют росту гнилостных бактерий в рассолах, третьи полагают, что прибавление селитры вызывает возникновение специфической окраски. Практическими наблюдениями установлено, что посолка с селитрой снижает процент порчи продуктов.

Сахар придает ветчине мягкость и нежность. При сбраживании бактериями сахара среда подкисляется, в результате задерживается развитие гнилостных бактерий. Кроме того, сахар предохраняет нитриты от окисления и тем самым сохраняет цвет мяса.

Вяление и сушение. С целью уменьшения влаги в мясе прибегают чаще всего к его высушиванию и значительно реже — к вялению. В древние времена вяление мяса применялось широко, в настоящее время его используют редко ввиду освоения более совершенных методов консервирования. Мясо предварительно солят, затем вялят на открытом воздухе или в хорошо вентилируемом помещении. При этом мясо теряет до 30—35% влаги и может сохраняться продолжительное время.

Высушиваемое мясо теряет много воды, поэтому развитие микроорганизмов в нем приостанавливается. В процессе сушки часть вегетативных форм бактерий гибнет, а часть переходит в инактивированное состояние. Со временем в высушенном мясе остаются главным образом спорные формы. В соответствующих условиях такое мясо может долго сквашиваться. Однако при повышении влажности начинают развиваться микроорганизмы, и мясо портится. При длительном хранении высушенные мясные продукты, содержащие жир, приобретают неприятный вкус. Предполагают, что это происходит вследствие разложения жира под действием окислителей воздуха.

В настоящее время из мяса, непригодного в пищу, готовят мясокостную муку для скормливания животным. Мясо предварительно стерилизуют при 135°, высушивают до 7—10%-ной влажности и размалывают. Такая мука долго не портится. Опытами установлено, что после стерилизации мука не содержит микробов, но при дальнейшей обработке спорами загрязняется again и может содержать в 1 г от 3400 до 900 000 микробных клеток.

Долговечность сохранения бактерий в муке значительна: *Bacillus proteus* погибает только через 35—45 дней хранения; кишечная и паратифозная палочки сохраняются в течение 4—5 месяцев.

Копчение делает продукт более плотным, поверхность его подсыхает и приобретает значительную стойкость против действия микробов. Объясняется это частичной потерей воды, а также проникновением в мясо летучих веществ (продуктов сухой перегонки дерева), содержащих губительные для микробов соединения: формальдегид, фенолы, скипидар, крезол, ацетон, древесный спирт, уксусную кислоту и др.

Дым проникает в глубь мяса медленно, поэтому на микробы в глубинных слоях копчение оказывает слабое влияние. В кислой среде его действие более губительное. В продуктах, содержащих много воды и мало соли, микробы во время копчения гибнут медленно, а иногда и выживают. Слабо действует копчение на патогенные бактерии. Например, возбудители рожи свиней не погибают в мясе, которое находилось 30 дней в засоле или 14 дней в копчении. Туберкулезная палочка также не погибает и не теряет патогенных свойств при копчении. Следовательно, для копчения можно брать мясо лишь от здоровых животных.

Консервирование высокой температурой (баночные консервы). Консервирование мясных продуктов высокой температурой проводят в жестяных герметически закупоренных банках. Мясо стерилизуют в автоклавах при температуре 115—120°. Продолжительность автоклавирования и температура меняются в зависимости от веса консервных банок, сорта и характера изготавливаемого продукта. Присутствие в среде белков, сахаров, жиров и некоторых других веществ снижает эффективность стерилизации, так как эти вещества предохраняют микробы от губительного действия высокой температуры. Чем больше в мясе микробов, тем больше времени требуется для их уничтожения (табл. 20).

Таблица 20

Время гибели *Cl. botulinum* при температуре 105°

Число спор в 1 мл	Время, необходимое для стерилизации (мин.)
9	2
900	14
90 000	20
9 000 000	36
900 000 000	48

Кроме того, в одной и той же культуре могут находиться споры с разной чувствительностью к высоким температурам.

Чтобы получить доброкачественные консервы, надо тщательно соблюдать санитарно-гигиенические правила обработки мяса, начиная с уоя и кончая наполнением банок, содержать в чистоте помещения и аппаратуру, руки и одежду работающих. Иначе продукты могут

оказаться сильно загрязненными споровыми микробами. Тогда обычная стерилизация окажется неэффективной, и консервы испортятся.

При стерилизации погибают не все микробы. Продолжительное время в консервах, не размножаясь, могут сохраняться *Cl. botulinum*, *Vac. subtilis*, *Cl. sporogenes*, стрептококки, стафилококки и микрококки. Это можно объяснить ослаблением их активности под действием высокой температуры. В практике считают возможным выпускать консервы, в которых присутствуют единичные непатогенные споры аэробных и анаэробных микробов. Если же в консервах обнаруживают бациллы ботулизма или другие патогенные бактерии, всю выпущенную партию задерживают и вопрос о ее использовании передают на рассмотрение органов санитарного надзора.

Для консервирования мясных туш в последнее время стали применять специальные антибиотики, которые при дальнейшем нагревании мяса разрушаются. Такие антибиотики вводят в организм животных перед убоем или впрыскивают в тушу тотчас же после убоя. Чтобы сохранить от порчи туши китов, в брюшную полость им вводят под давлением растворы антибиотиков. Если пересыпать рыбу порошком тетрациклина, она долго будет свежей, доброкачественной.

МИКРОБИОЛОГИЯ ЯИЦ

Содержание микробов в яйцах и пути их проникновения. Содержимое яйца является хорошей питательной средой для микроорганизмов. Большинство исследователей пришли к заключению, что свежие яйца от здоровой птицы не содержат микроорганизмов.

При правильном хранении яйца могут долго оставаться стерильными. Это можно объяснить тем, что яйцо представляет собой живую зародышевую клетку, обладающую естественным иммунитетом. В белке имеется лизоцим и антибиотические вещества, губительно действующие на многие виды микробов, особенно на грамположительные кокки и палочки, дрожжи и плесневые грибы; белочная оболочка свежего куриного яйца обладает антибиотическим действием, главным образом на грамположительные бактерии.

При продолжительном хранении яйцо усыхает, лизоцим постепенно нейтрализуется, естественный иммунитет ослабевает, химический состав и строение яйца изменяются, углекислота теряется, повышается рН, белок и желток разжижаются. Наконец, при очень продолжительном хранении яиц естественные поры в скорлупе становятся более проницаемыми для микроорганизмов. Так создаются условия, благоприятные для проникновения и размножения микробов.

Яйца больных птиц могут заражаться микроорганизмами при формировании в яичнике и яйцеводе, а также в процессе хранения через поры скорлупы и подскорлупные оболочки. Бактериальная обсемененность яиц микрофлорой находится в зависимости от времени кладки. Наибольшее количество бактерий содержится в яйцах, снесенных в период интенсивной яйцекладки (апрель, май). Бактерии и плесневые грибы могут проникать внутрь яйца и с поверхности скорлупы через поры и незаметные для невооруженного глаза трещины. Часто бактерии попадают внутрь яйца только вслед за плесневыми грибами. Последние, развиваясь на скорлупе, прорастают через

поры, повреждают подскорлупную оболочку и таким путем открывают бактериям ворота внутрь яйца.

Подвижные бактерии проникают в яйцо быстрее неподвижных. При температуре $+16^{\circ}$ и $+18^{\circ}$ синегнойная палочка и протей проникают через подскорлупные оболочки в содержимое яйца в течение 6—7 суток, бактерии кишечной палочки — в течение 11—17 суток. Скорость проникновения бактерий в содержимое яйца зависит и от температуры. Так, паратифозная палочка Бреслау с увлажненной скорлупы проникает через подскорлупную и белочную оболочки в белок при температуре $+16$ и $+18^{\circ}$ в течение 11 суток, а при $+37$ и $+38^{\circ}$ — в течение 2—3 суток (И. С. Загаевский). При этом колонии бактерий сначала образуются на подскорлупной оболочке, а потом переходят на белок. То же наблюдается и в отношении плесневых грибов.

На поверхности яйца всегда можно найти множество самых разнообразных микробов, которые попадают сюда при небрежном уходе за курами (грязные птичники, выгулы, гнезда), с пометом, с рук человека, собирающего яйца, из упаковочного материала, воздуха и т. д. В яйце обнаруживаются бактерии, дрожжи, плесневые грибы, причем из бактерий чаще всего встречаются кокки, кишечная, «чудесная» и аэробные споровые палочки, а также флуоресцирующие бактерии.

Гниение яиц. Под действием протеолитических ферментов-микробов яичный белок разлагается, делается менее вязким, а желток в результате этого становится подвижным. Под воздействием продуктов жизнедеятельности гнилостных микробов разрушается оболочка желтка и белок смешивается с желтком, принимая серо-зеленую окраску. При овоскопировании такое яйцо совершенно не просвечивается. Скорлупа гниющего яйца серого цвета. До смешивания белка с желтком белок бывает окрашен в зеленый цвет, оболочка желтка — в черный, желток — в оливково-зеленый. В процессе гниения белок разрушается до аминокислот и аммиака, выделяя дурно пахнущие газы — сероводород и др. От скопления газов скорлупа иногда лопается, и содержимое ее выливается, загрязняя находящиеся рядом яйца.

В других случаях гниения яиц происходит быстрое смешивание белка с желтком, масса принимает зеленоватый или охряно-желтый цвет и издает плохой запах. Гнилостные процессы в яйце могут вызывать кишечная и сенная палочки, сарцины, *Bact. vulgare* и другие микробы.

Плесневение яиц. Порчу яиц могут вызывать плесневые грибы. Их разросшиеся колонии на поверхности яиц иногда бывают видны невооруженным глазом. Мицелий плесневых грибов, проникнув через поры скорлупы, разрастается на подскорлупной пленке, в первую очередь около воздушной камеры, где находит достаточно кислорода для развития. Гифы мицелия проникают через кожистую оболочку в белок, образуя там темноокрашенные колонии. Белок под действием ферментов плесневых грибов постепенно растворяется, и переплетенных гифов. Иногда плесень проникшим в футляр из густо образует окрашенные в разные цвета колонии.

При низкой температуре хранения чаще всего развиваются *Cladosporium*, при более высоких температурах — *Penicillium*. Иногда в яйцах встречаются *Aspergillus* и другие виды плесневых грибов.

Яйца как возможный источник болезней. Яйца могут быть иногда причиной пищевой токсикоинфекции у человека, если в них проникли бактерии паратифозной группы.

Испражнения больных птиц могут быть источником заражения яиц патогенными микробами, а птицы-бактерионосители сами несут инфицированные яйца. В процессе хранения яиц паратифозные бактерии могут накапливаться в желтке, а затем в белке в огромных количествах. Лизоцим не оказывает губительного действия на паратифозную группу бактерий, поэтому они могут размножаться в яйце и выделять токсины, не производя в нем видимых изменений. Особенно часты случаи отравления людей при поедании продуктов питания, приготовленных из яиц водоплавающей птицы.

Наибольшую опасность представляет *Salmonella typhi murium*, которая вызывает у человека тяжелые пищевые токсиконфекции. Для полного уничтожения бактерий паратифозной группы рекомендуется утиные и куриные яйца варить 10—13 минут, а гусиные — 14 минут, считая с момента кипения воды. Патогенные бактерии — тифозные палочки, холерный вибрион и др., как показали опыты, при соответствующих условиях могут проникать через скорлупу внутрь яйца и служить причиной заражения человека.

Яйца кур, реагирующих на туберкулин, содержат туберкулезные палочки, обладающие вирулентностью по отношению к кроликам, птицам и мышам-саянкам. Специальными опытами установлено, что при скармливании мокроты больных туберкулезом кур последние заражаются бактериями туберкулеза человеческого типа. Яйца, полученные от таких кур, содержат палочки туберкулеза. Отсюда можно заключить, что яйца от таких кур могут быть источником заражения людей. При инкубировании яиц от больных туберкулезом кур отмечается, что эмбрион погибает незадолго до рождения и гибель эмбрионов, по мнению автора, может быть вызвана (Филиппов, Акулов).

Улитки с мягкой раковиной мол. Это дает им возможность, во время продвижения, сильно сжать тело и протиснуться извне, извне, оболочка раковины, которая является частью тела, сильно сжимается, более принимает более жидкую форму, и улитка может двигаться. Жидкая масса заполняет полость раковины, которая при этом приобретает вид пузыря, воздушная камера увеличивается.

[illegible]

На протяжении жизни человек способен к изменению и развитию, тем самым они сохраняют

ся. Яйца, загрязненные и долго подвергавшиеся воздействию высокой температуры, быстро портятся.

Для массового овоскопирования используют специально сконструированные ящики с отверстиями для яиц. Свежие яйца при просвечивании красновато-желтой окраски, с небольшой воздушной камерой (пуга), желток расположен в центре. У старых яиц воздушная камера увеличена, белок менее прозрачен, желток темнее.

На колхозные рынки, перерабатывающие предприятия и заготовительным организациям яйца можно принимать только из пунктов, благополучных по инфекционным заболеваниям домашней птицы.

Способы консервирования яиц. С целью продолжительного хранения яиц применяют различные способы их консервирования.

Химические способы. В растворе извести или жидкого стекла (3—10%) приостанавливается развитие бактерий на поверхности яиц.

Консервирование замораживанием. Для замораживания берут доброкачественные, проверенные путем овоскопирования яйца, разбивают их, содержимое выливают в чашку. После соответствующей обработки смесь охлаждают до 0° и разливают в жестяные банки различной емкости, которые запаивают и замораживают при —15 и —18°, а потом хранят при температуре —8 и —9°. Такая температура приостанавливает развитие микробов и ферментативные процессы, что позволяет хранить продукт годами. В замороженных яйцах обнаруживаются кишечная палочка, гнилостные бактерии, плесневые грибы и другие микробы. В оттаявшей яичной массе быстро начинают размножаться бактерии, поэтому оттаивать ее надо перед самым употреблением.

Консервирование высушиванием. Высушивание яичной массы не убивает бактерии, отмирание их в процессе происходит очень медленно. Поэтому яичный порошок можно допускать в пищу только после тщательной термической обработки, которая обеспечила бы его полную стерилизацию. Это требование обязательно, так как отмечено много случаев пищевых токсикоинфекций, вызванных употреблением в пищу яичного порошка.

МИКРОБИОЛОГИЯ КОЖЕВЕННО-ЖЕЛТИННОГО СЫРА И ШКУРЫ

Шкура как среда для развития микроорганизмов. Шкура состоит из трех слоев: эпидермиса (внешнего слоя), дермы и подкожной клетчатки. Внутренний слой шкуры после съема с животного называется междриной стороной. Шкура после удаления с нее волос и соответствующе обработанная называется кожей. В отличие от шкуры, она состоит только из дермы, поэтому дерма является наиболее ценной частью шкуры.

Парная, то есть только что снятая с животного, шкура содержит воду (до 70%), белковые вещества (альбумины, глобулины, кератин и др.), жиры и минеральные вещества. Таким образом, состав парной шкуры входит все вещества, необходимые для жизни микроорганизмов. Поэтому при щелочной реакции в повышенной влаж-

туре в ней тотчас же после съема с животного начинается развитие микробов.

Микрофлора парной шкуры и ее источники. В шерстном покрове шкуры множество всевозможных микробов. Мездряная сторона загрязняется из различных источников: с поверхности шкуры при разрезе по белой линии, с инструментов и рук, во время удаления лишней ткани (прирези), а также из воздуха. На парной шкуре сразу после убоя обнаруживается около 20 видов различных микробов: кишечная палочка, стафилококки, гнилостные бактерии, протей, дрожжи и др.

Порча кожевенно-мехового сырья во время его хранения. В неконсервированных парных шкурах при температуре не ниже 10—12° процесс разложения начинается уже через несколько часов. Наиболее быстрому бактериальному разложению подвергаются тощие и густошерстные шкуры. Это объясняется тем, что тощие шкуры содержат главным образом белки, которые разлагаются гораздо быстрее жиров, а шкуры с густой шерстью менее плотны и толсты. Кроме того, в шерсти всегда много микробов, волосяные сумки быстро разрушаются и выпадение волос начинается раньше, чем в шкуре с редкой шерстью.

Загнивание. Принято различать три стадии гниения шкур. *Первая стадия* характеризуется быстрым размножением бактерий в подкожной клетчатке с последующим проникновением их в слой эпидермиса и волосяные сумки. В этой стадии нет видимых изменений шкуры. Во *второй стадии* микробы проникают в глубь шкуры. Мездра делается ослизлой и темнеет, приобретает зеленоватый оттенок, волос легко выпадает из сумки. Ощущается аммиачный запах. В *третьей стадии* ткань дермы разлагается, становится темной, ослизлой и дряблой. Эпидермис легко отслаивается. Наблюдается массовое выпадение волос. Шкура теряет прочность и легко поддается разрыву. Ощущается сильный запах аммиака и сероводорода.

В начале гнилостного процесса обнаруживаются гнилостные аэробные бактерии (упомянуты выше), выделяющие протеолитические ферменты, а затем пептолитические аэробные бактерии. В результате их жизнедеятельности образуются аминокислоты, а в дальнейшем — амины и аммиак. В последующей стадии процесса проявляется деятельность анаэробных бактерий. Гниение шкуры может продолжаться несколько недель. Чтобы создать неблагоприятные условия для развития бактерий и тем самым предохранить шкуры от загнивания, их консервируют сразу же после остывания, в крайнем случае не позже чем через 3—4 часа после съема. Это не только предохраняет шкуры от частичного разложения, но и улучшает их качество. В залежавшихся шкурах уменьшение количества влаги и свертывание крови затрудняют проникновение соли.

Заплесневение. Иногда на мездряной стороне шкуры появляются пятна, которые впоследствии сливаются, поражая всю ее поверхность, и переходят на соседние шкуры. Возбудителем этого порока являются плесневые грибы. Плесневыми же грибами вызывается порок кожи, называемый «мушинные пятна».

Солевые пятна. Чаще всего такие пятна возникают на мокросоленых шкурах, особенно на опойке (телячья шкура). Причина появления их достоверно еще не установлена. Одни исследователи утверждают, что они вызываются химическими примесями соли, при этом имеют значение продукты распада белков и клеточных элементов шкуры.

Большинство авторов склонны объяснять появление солевых пятен развитием так называемых галофильных бактерий, переносящих высокие концентрации поваренной соли.

Размножению этих бактерий способствует высокая температура в помещении или внутри штабеля ($30-32^{\circ}$) и большая влажность. Вначале солевые пятна имеют вид маленьких, с просыное зерно, образований. В дальнейшем пятнышки сливаются и образуют большие пятна желтого и оранжевого цвета.

Проникая в толщу шкуры, они пронизывают ее насквозь, в результате сортность шкуры снижается. Для предупреждения этого порока к соли надо добавлять кальцинированную соду (3—5% от веса соли), хранить шкуры при температуре ниже 10° и влажности не выше 80—85%.

При большой влажности, неправильной укладке и хранении может наступить самонагревание кожевенно-мехового сырья, что ведет к его порче. Поваренная соль может быть источником загрязнения сырья микробами. В каменной соли микробов меньше, чем в соли другого происхождения. Для засолки необходимо применять качественную соль (не загрязненную землей, навозом и пр.). На мокросоленом кожсырье обнаруживаются гнилостные бактерии (*Bac. mesentericus*, *Bac. putridus* и др.), прекращающие рост на питательной среде, содержащей 12% поваренной соли. Споровые палочки выживают в 26%-ном растворе соли в течение 4 месяцев, неспоровые формы в 20—25%-ном растворе поваренной соли погибают через 2—3 месяца.

Консервирование кожевенного сырья. Сущность консервирования сводится к тому, что путем высушивания или обработки солью из шкуры удаляется часть влаги. Поваренная соль, проникая в толщу шкуры, создает неблагоприятные для развития микроорганизмов условия. При большой концентрации соли в шкуре неспоровые бактерии не только теряют способность к развитию, но и гибнут, а споровые формы хотя и остаются живыми, не могут размножаться. Благодаря этому консервированные шкуры могут сохраняться продолжительное время. Существует несколько способов консервирования: тузлучный (или комбинированный), мокросоленный «врасстил», сухосоленный, пресный, замораживание.

Тузлучное (комбинированное) консервирование. Вымытые шкуры кладут в чаны с раствором поваренной соли (26%) на 12—24 часа, затем вынимают, дают стечь с них жидкости и солят врасстил. Через 3—4 дня шкуры складывают и связывают пакетом, шерстью вверх, пересыпая каждый слой солью. При тузлучковании происходит равномерное и быстрое проникновение соли в шкуру, удаление из нее воды и значительной части растворимых, вымываемых

белковых веществ. Таким путем создаются неблагоприятные условия для развития микробов.

Мокросоленное консервирование. Шкуру растапливают шерстью вниз на выпуклую поверхность (чтобы стекала жидкость), покрытую солью, мездру обильно посыпают и натирают солью. Затем таким же способом на первую шкуру кладут вторую, третью и т. д., доводя штабель до высоты 1,5 м. В штабеле засоленные шкуры выдерживают около недели, затем соль стряхивают, а шкуры свертывают в пакеты и хранят при температуре 5—8° и влажности 80—85%.

Хранение мокросоленного сырья при повышенной температуре (25—28°) и большой относительной влажности воздуха (90—95%) благоприятно действует на развитие микробов, в результате чего мокросоленное кожсырье быстро портится.

Сухоосоленное консервирование. Сначала шкуру солят, потом высушивают на воздухе, развешивая ее на шести шерстью внутрь, мездрой наружу. Этот метод весьма надежен, но в то же время имеет отрицательные стороны: во-первых, качество шкур получается невысокое; во-вторых, если шкуры находятся в сыром помещении, они быстро отсыревают и начинают портиться.

Консервирование пресной сушкой. Шкуры сушат без предварительной посолки. После сушки в шкуре содержится около 10—12% влаги. Деятельность бактерий в такой шкуре прекращается, но если шкура отсыреет, активность микроорганизмов может восстановиться, и это приведет к порче сырья. Не рекомендуется сушить шкуры на солнце, так как под действием нагревания коллагеновые волокна превращаются в клей. В результате шкура роговеет и становится непригодной для выделки кожи.

Консервирование замораживанием. Шкуру после съема замораживают под навесом или на открытом воздухе. Замораживание приостанавливает деятельность микробов, однако при оттаивании она вновь возобновляется, и шкура быстро портится. Способ этот применяется редко, так как замораживание сильно снижает качество шкур.

Микрофлора шерсти. Шерстное волокно содержит все необходимые вещества для развития микроорганизмов, которые всегда находятся на поверхности шерсти и при благоприятных условиях могут вызвать порчу волокон. Испытания (Шапошников, Азова, Козлова и др.) доказано, что интенсивное разрушение шерсти производят бактерии, вырабатывающие протеолитические ферменты. Наиболее активными разрушителями шерсти оказались *Act. globisporus vulgaris*, *Bac. mesentericus*, *Bac. cereus* и бактерии, близкие к *Bac. subtilis*; из грибов — аспергиллы и пенициллум. Микробы — разрушители шерсти вызывают процесс аммонификации кератина, что и приводит к разрушению волокна.

При хранении сырой шерсти в сыром помещении создаются благоприятные условия для развития и жизнедеятельности различных видов микроорганизмов — гнилостных, термофильных и других, в результате чего шерсть нагревается. При сильном нагревании может наступить

обугливание шерсти и даже воспламенение. Если нагревание незначительно, то шерсть становится прелой, гнилой, в лучшем случае она теряет цвет, блеск и ряд других ценных качеств. Распад шерсти под действием микроорганизмов — процесс очень медленный, протекающий в течение нескольких месяцев. Нередко происходит синее окрашивание овечьей шерсти, что объясняется развитием пигментообразующего микроорганизма — *Pseudomonas indofera*.

Шерсть необходимо хранить в хорошо вентилируемых сухих помещениях при влажности воздуха около 60% и температуре не ниже 16—17°. Хранят шерсть только в тюках, складывая их в штабеля из деревянных брусков.

Кожевенно-меховое сырье как возможный источник инфекционных заболеваний людей и животных. Животное сырье (кожа, шкура, овчина, меха, шерсть, щетина, кости, рога, копыта, волос и пр.) может стать источником заражения человека и животных, когда оно получено от заразнобольных животных.

В шкуре, снятой с больного животного, нередко содержатся патогенные микроорганизмы (прижизненное заражение). Эти микробы могут быть внесены в сырье и извне (посмертное бактериальное загрязнение). Больные животные, убиваемые вместе со здоровыми, пыль, содержащая патогенные бактерии, совместное хранение зараженных шкур со здоровыми, грызуны, часто являющиеся бактерионосителями, — все это источники перенесения микробов на шкуры от здоровых животных.

Человек заражается при сьеме шкуры с больного животного и дальнейшей ее обработке, а также через воздух (пылевая инфекция) во время работы в помещении с зараженным сырьем. Через кожевенное сырье передаются такие инфекционные болезни, как сибирская язва, сибирский бруцеллез, оспа, туляремия, ящур, рожа свиней, лептоспироз (инфекционная желтуха). Особенно опасны шкуры с сибиреязвенных животных. Микроб сибирской язвы может длительное время сохраняться в споровом состоянии как на поверхности, так и в толще шкур и быть источником заражения животных и человека. Шкуры, зараженные сибирской язвой, уничтожают, а имевшие соприкосновение с ними дезинфицируют подкисленным раствором кремнефтористого натрия.

Ветеринарно-санитарный надзор в мясной и кожевенно-меховой промышленности имеет большое значение в предупреждении заразных болезней среди животных и охране здоровья людей. Все сырье животного происхождения подлежит ветеринарно-санитарному осмотру, а кожевенное и меховое сырье от животных, неизвестных в смысле благополучия по сибирской язве (собрано заготовителями), в обязательном порядке исследуется на сибирскую язву реакцией преципитации. В результате такого надзора на кожевенных и меховых предприятиях не отмечается случаев заражения рабочих сибирской язвой и ликвидируются источники заражения животных.

Запрещается вывоз животного сырья из пунктов, объявленных неблагополучными по сибирской язве, эмфизематозному карбункулу,

чуме рогатого скота, оспе, ящуру, бродячоте овец. Сырье от таких животных, убитых или павших, уничтожают вместе с трупом, за исключением больных ящуром и оспой овец, от них кожевенное сырье подвергают дезинфекции. Дезинфицированное кожсырье может после снятия карантина вывозиться только в тюках.

Большое профилактическое значение имеет правильная и своевременная уборка (изоляция, обезвреживание) трупов, так как всякий труп павшего или убитого животного загрязняет почву, воду и воздух и может явиться источником инфекции для людей и животных. Для перевозки трупов используют особую повозку с непроницаемым для жидкости ящиком с крышкой для предохранения трупа от мух. Повозку обязательно дезинфицируют после перевозки каждого трупа. Трупы сжигают, зарывают в специально устроенных для этой цели скотомогильниках, но лучший способ уничтожения — переработка на утилизационных заводах, где трупы надежно обезвреживают и получают из них технические жиры, мясо-костную муку и пр.

Навоз из скотных дворов надо убирать систематически и вывозить его в специально устроенные навозохранилища, предупреждающие возможность разноса инфекции. Большое профилактическое значение имеет систематическая борьба с насекомыми и грызунами как возможными переносчиками инфекций, а также ветеринарно-просветительная работа (доклады, лекции, статьи в газетах, передачи по радио и пр.) среди населения.

МИКРОБИОЛОГИЯ НАВОЗА

Количественный и качественный состав микрофлоры навоза. Навоз содержит большое количество органических соединений и является благоприятной средой для развития различных видов микробов. Содержание микроорганизмов в навозе может достигать до колоссальных размеров, особенно при благоприятных условиях (соответствующая температура и аэрация). Например, число аммонифицирующих бактерий иногда исчисляется 600 млн. в 1 г навоза. Помимо гнилостных бактерий, в навозе содержатся термофильные, нитрифицирующие, денитрифицирующие бактерии, возбудители разных брожений (целлюлозные, пектиновые, маслянокислые, молочнокислые и др.), плесневые грибы, актиномицеты, дрожжи.

Микробиологические процессы в навозе. Навоз — хорошее удобрение, так как содержит все необходимые для питания растений элементы. Однако свежий навоз не применяется для удобрения, его хранят определенное время в куче и только после этого вносят в почву. Внесение свежего навоза с большим содержанием соломы может в первый год даже снизить урожай, так как бактерии, разлагающие клетчатку, при таких условиях питаются готовыми питательными веществами почвы и, таким образом, понижают их содержание. Потери азота происходят и в связи с процессами денитрификации.

Во время хранения в навозе происходят сложные биохимические процессы. Под действием микроорганизмов значительное количество

органического вещества разрушается, что ведет к потере сухого вещества. Особенно большими бывают потери при рыхлом хранении навоза. При плотной укладке создаются анаэробные условия, процессы разложения прекращаются в первоначальной стадии, так как вследствие образующихся органических кислот приостанавливается дальнейшее развитие микроорганизмов. Это снижает потери органических веществ, что видно из таблицы 21.

Таблица 21

Потери сухого веса навоза при разных условиях хранения
(по данным М. Степановой)

Способ хранения	Количество бактерий (млрд. в 1 г)	Потери сухого веса (%)
Хранение в навозохранилище (с разогревом)	17,5	17,9
Хранение на открытом месте	34,2	25,5
Холодное хранение	32,6	16,0
Хранение в неуплотненной куче	90,6	33,0
Хранение с 25% торфа	25,0	26,2

Сухое вещество теряется главным образом в связи с разложением клетчатки, пектиновых веществ, пентозанов и белковых соединений, в результате чего образуется углекислота. Наибольшее ее количество получается в аэробных условиях хранения. Наряду с углекислотой в процессе разложения навоза образуются метан, водород, молекулярный азот, а также органические кислоты — уксусная, пропионовая, муравьиная и молочная. Последние, не являясь конечным продуктом, могут подвергаться дальнейшим превращениям в аэробных и анаэробных условиях.

Разлагаются и азотистые соединения. Азот в свежем навозе находится в виде мочевины, мочевой и гиппуровой кислот, amino- и амидокислот, белковых веществ и некоторых других соединений. В результате разложения всех этих веществ образуется аммиак. Количество его может быть различным в зависимости от качества разлагающегося органического субстрата и внешних условий, при которых происходят процессы брожения. Наиболее легко и быстро разлагается мочевина с выделением аммиака и углекислоты. Чтобы уменьшить потери ценного для питания растений аммиака, рекомендуется в качестве подстилочного материала для животных использовать торф, который препятствует образованию щелочной реакции, поглощает аммиак и предохраняет его от улетучивания в атмосферу. Аммиак может быть поглощен и находящимися в навозе микроорганизмами (как источник азотистого питания) и перейти в органическое соединение тела бактериальных клеток.

Под воздействием нитрифицирующих бактерий аммиак в навозе окисляется в азотистую и азотную кислоты. Нитрификация особенно интенсивна при рыхлом хранении навоза, то есть при достаточной аэ-

рацин. Образующаяся азотная кислота, проникая в анаэробную зону, становится добычей денитрифицирующих бактерий, которые могут перевести азотную кислоту до свободного азота, а последний улетучивается в атмосферу. Такой процесс нежелателен, так как азот навоза нужен растениям не в свободном, а в связанном состоянии.

Чтобы избежать потерь азота, надо создать в навозе неблагоприятные условия для развития нитрифицирующих бактерий, которые подготавливают питательные вещества денитрифицирующим бактериям. Известно, что нитрифицирующие бактерии развиваются только в присутствии кислорода; значит, необходимо прекратить его доступ. Если навоз сильно уплотнить, доступ кислорода станет весьма ограниченным, жизнедеятельность нитрифицирующих бактерий будет подавлена, накопление азотной кислоты прекратится и денитрифицирующим бактериям не будет материала для восстановления, то есть потерю азота можно свести к минимуму.

Во время разложения навоза очень важно также предупредить потери фосфорной кислоты, которые могут превышать 40% всего содержащегося в навозе ее количества. Происходит это в результате выщелачивания дождем или путем восстановления фосфатов под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов. Последние могут восстанавливать фосфаты не только до фосфорной кислоты, а даже до фосфористого водорода, который улетучивается в атмосферу. При этом ценность навоза как удобрения почвы снижается.

Для предупреждения потерь важнейших для растений питательных веществ — азота и фосфора — большое значение имеет способ хранения навоза.

Способы хранения навоза. Существует несколько способов хранения навоза, но ни один из них не гарантирует от потерь того или иного количества его составных частей.

Наиболее ценный навоз получается при так называемом холодном хранении, когда навоз равномерно складывают в штабель (около 2 м шириной, такой же высоты и произвольной длины) и уплотняют. При этом из него удаляется излишний кислород, вследствие чего исключаются процессы жизнедеятельности микробов — виновников потерь азота. Недостаток этого способа в том, что клетчатка не разлагается полностью, и, когда такой навоз вносят как удобрение, возможны частичная денитрификация и биологическое закрепление подвижного азота в почве.

Указанный недостаток устраняется при аэробно-анаэробном способе хранения. Этот способ заключается в том, что навоз сначала укладывают рыхлым слоем, а когда температура в нем достигнет 70—72°, сильно уплотняют и кладут новый слой навоза. Так до тех пор, пока высота кучи не достигнет 2 м. При этом азота теряется больше, чем при холодном способе, однако ценно то, что высокая температура уничтожает яйца гельминтов, болезнетворные бактерии, грибы и семена сорняков.

Биотермическая обработка навоза применяется с целью его обезвреживания. Навоз от больных сибирской язвой, сапом, бешенством

