У-2006

МИКРОБИОЛОГИЯ И САНИТАРИЯ

Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов специальности «Товароведение и экспертиза товаров» учреждений, обеспечивающих получение высшего образования

Минск
ИВЦ Минфина
2006

579.67
М59
У-2006

УДК [579.67:663/664.002.6+614.31](075.8)
ББК 36-1я73+51.23я73
М59

Магілёўскі дзяржаўны
універсітэт харчавання
БІБЛІЯТЭКА

Авторы:

кандидат технических наук, доцент *И. Ю. Ухарцева*; кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой *Л. А. Галун*; кандидат биологических наук доцент *Е. К. Шарковский*; старший преподаватель *В. М. Гулевич*; ассистент *Е. Г. Тюлькова*

Рецензенты:

кафедра технологии пищевых производств УО «Могилевский государственный университет продовольствия» (канд. техн. наук, доцент *В. Н. Тимофеева*); руководитель отдела организации испытаний ГУ «Минский городской центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья» канд. биол. наук, доцент *М. А. Гриц*

Микробиология и санитария: учеб. пособие для студентов специальности «Товароведение и экспертиза товаров» учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / И. Ю. Ухарцева [и др.] — Минск: ИВЦ Минфина, 2006. — 332 с., ил.

М59

ISBN 985-6782-53-8.

В книге подробно рассмотрены теоретические основы микробиологии: морфология и физиология микроорганизмов, их распространение в природе, классификация, практическое значение. Приведены сведения о наиболее распространенных пищевых заболеваниях. Особое внимание обращено на современные проблемы микробиологии и санитарии пищевых продуктов. Впервые изложена микрофлора пива, вин, кваса, пищевых концентратов, мясных консервов и рыбных пресервов. Описаны возбудители микробиальной порчи пищевых продуктов, меры профилактики и борьбы с ними; освещены основы санитарии и гигиены продовольственных товаров с учетом действующих в Республике Беларусь нормативно-правовых актов.

Пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, практических работников торговли и общественного питания.

УДК [579.67:663/664.002.6+614.31](075.8)
ББК 36-1я73+51.23я73

ISBN 985-6782-53-8

© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2006

ВВЕДЕНИЕ

Предмет и задачи микробиологии. Микробиология (от греч. *mikros* — малый, *bios* — жизнь, *logos* — учение) — наука о малой жизни, объектом изучения которой являются микроорганизмы. Особенность их — простота и очень малый размер.

Микроорганизмы широко распространены в природе. Их общая масса на планете примерно в 25 раз превышает массу всех животных [1]. Встречаются они повсеместно, кроме кратеров вулканов и эпицентра ядерного взрыва. В 1 м^3 воздуха содержится от нескольких микробных клеток до десятков тысяч. Очень много их на коже человека, а при одном акте чихания выделяется до 150 тысяч живых бактерий [2]. В зависимости от степени загрязнения число бактерий в 1 см^3 воды колеблется от десятков и сотен до 1 млн и более [3]. Кроме того, она является вместилищем и для болезнетворных микроорганизмов. Например, холерный вибрион может сохраняться в воде до 3 месяцев. В морской воде также содержатся микроорганизмы.

Огромное количество микроорганизмов находится в почве, где их содержание достигает 3000 млн в 1 г [1, 4]. В почве они могут существовать довольно долго. Например, в теле мамонтов, вымерших 15–16 тыс. лет назад, обнаружены живые бактерии. Особенно устойчивы споры бактерий. Они могут в течение 1 ч выдержать температуру 160–170 °С, а также и –253 °С [5].

Значение микроорганизмов в природе и жизни человека велико [6–9]. С их помощью получают различные кислоты, спирты, витамины, гормоны, ферменты, антибиотики и др.; используют в хлебопечении, при производстве пива, вина, кисломолочных продуктов, сыра и др.; получают белок (дрожжи, цианобактерии).

Микроорганизмы участвуют в почвообразовательных процессах, формируют полезные ископаемые (нефть, залежи железа, серы,

марганца), фиксируют азот. Их условно подразделяют на полезные и вредные. Полезные микроорганизмы изучает общая микробиология, вредные — специальная.

Микробиология включает:

техническую или промышленную, она изучает микроорганизмы, применяемые в производстве молочных продуктов, хлебопечении, виноделии, получении витаминов, ферментов, органических кислот, антибиотиков и других биологически активных веществ;

сельскохозяйственную — рассматривает микроорганизмы, поражающие сельскохозяйственные растения; повышающие урожайность, участвующие в силосовании кормов; разрабатывает методы борьбы с микроорганизмами — вредителями сельскохозяйственных культур;

водную — изучает микроорганизмы в водной обстановке, занимается очисткой питьевых и сточных вод, исследует коррозию водных сооружений;

геологическую — изучает микроорганизмы, обитающие в различных геологических разрезах, участие микроорганизмов в образовании и разрушении горных пород, нефти и газа;

космическую — исследует влияние космического излучения на земные микроорганизмы;

почвенную — изучает роль микроорганизмов в образовании и плодородии почвы, в питании растений; изыскивает методы приготовления бактериальных удобрений.

Специальная микробиология включает:

медицинскую — исследует патогенные микроорганизмы, вызывающие заболевания человека, и разрабатывает методы диагностики, профилактики и лечения этих болезней;

ветеринарную — изучает возбудителей заболеваний животных, разрабатывает методы их диагностики, профилактики и лечения;

санитарную — рассматривает распространение патогенных микроорганизмов во внешней среде и методы борьбы с ними.

Одна из наиболее молодых дисциплин — *генетика микроорганизмов.* Она изучает молекулярные основы наследственности и изменчивости микроорганизмов, разрабатывает методы и принципы

управления жизнедеятельностью микроорганизмов и получения новых штаммов, полезных для человека.

Неотрывно связана с микробиологией *вирусология*, исследующая вирусы, их взаимоотношения с клеткой, развитие заболеваний у животных и человека.

В практической деятельности работников торговли и общественного питания постоянно приходится пользоваться данными микробиологии, так как пищевые продукты представляют собой хорошую питательную среду для микроорганизмов. Зная условия, при которых микробы растут и развиваются, и необходимые для их подавления, можно правильно организовать хранение и реализацию продуктов питания.

Микроорганизмы не только портят внешний вид продовольственных товаров, но и изменяют их химический состав, снижают полезные свойства. В результате этого продукт становится несъедобным. Кроме того, в природе большое количество болезнетворных микробов, попадая в пищевые продукты, вызывают отравления и заболевания. Чтобы уберечь продукт от вредных микроорганизмов, необходимо знать, когда и при каких условиях они попадают на продукты, как сохраняются и развиваются на них и какие условия для них губительны.

Знание микробиологии пищевых продуктов необходимо специалистам в области торговли для организации хранения продовольственных товаров и создания режимов, при которых развитие микроорганизмов будет сведено к минимуму. Все это очень важно для обеспечения населения высококачественными продуктами питания.

2 История развития микробиологии. Микробиология сравнительно молодая наука. Начало ее приходится на конец XVII века. Известны 3 периода ее развития: 1 — морфологический (конец XVII – начало XIX вв.); 2 — физиологический (вторая половина XIX – начало XX вв.); 3 — биохимический (начало XX–XXI вв.).

Огромный вклад в становление и развитие микробиологии внесли известные ученые. Ниже, по данным литературных источников [2, 5, 10], приводится краткая характеристика их достижений.

Основоположник морфологического периода голландский натуралист Антоний ван Левенгук (1632–1723) сконструировал микроскоп с увеличением в 300 раз. Рассматривая под ним капли воды, зубной налет, различные настои, он всюду находил мельчайших «зверюшек» — amimalcula. Первые наблюдения Левенгук опубликовал в трудах Лондонского королевского общества. В 1695 г. была издана его книга «Тайны природы, открытые Антонием Левенгуком», где были описаны микроорганизмы с точки зрения их формы, подвижности, окраски.

Начало физиологического периода относится к 60-м годам XIX в. и связано с деятельностью выдающегося французского ученого Луи Пастера (1822–1895), который заложил основы изучения микроорганизмов с точки зрения их физиологии. Он установил биологическую природу спиртового, масляно-кислого и молочно-кислого брожений. Изучил болезни вина и пива и разработал способы предохранения их от порчи.

Общебиологическое значение имеют работы Пастера по самопроизвольному зарождению жизни. На простых и убедительных примерах он показал, что в стерильных бульонах, закрытых ватными пробками во избежание контакта с воздухом, самозарождение микроорганизмов из неживой природы в условиях развитой жизни невозможно. В 1860 г. Пастер как ученый-биолог был награжден премией Парижской Академии наук.

Занимаясь вопросами брожения и гниения, Пастер решал одновременно и практические задачи. Им предложен *метод пастеризации.*

Исключительную ценность представляют работы Пастера, посвященные вопросам биологической природы заразных болезней, ослаблению вирулентности патогенных микробов, *вакцинации.* В процессе исследований ученый установил, что многие болезни человека и животных вызываются микроорганизмами. Они, подобно возбудителям брожения, весьма специфичны: каждый вид патогенных микроорганизмов вызывает строго определенное заболевание. Пастером открыты возбудители куриной холеры (вибрион Мечникова), родильной горячки (стрептококки), гнойных абсцессов. Занимаясь изучением природы инфекционных болезней, Пастер обнаружил важное свойство патогенных микроорганизмов — способствовать ослаблению вирулентности. Попадание в организм животных таких микроорганизмов не вызывает заболевания и предохраняет от последующего заражения. Оценив это явление, Пастер предложил использовать культуры микроорганизмов с ослабленными вирулентными свойствами в качестве вакцин против инфекционных болезней. Им были предложены методы получения вакцин против бешенства, сибирской язвы, куриной холеры.

Например, создавая вакцину против бешенства, возбудителем которого является вирус, Пастер и его ученики столкнулись с огромными трудностями. Получить обычным способом культуру микроорганизма не удавалось, тогда, используя в качестве материала мозг больных животных, ученые заметили, что возбудитель теряет вирулентность при обезвоживании. Ядовитые свойства мозга, пораженного вирусом, ослабевают после высушивания его над каустической содой, а на 14-й день исчезают вовсе. Так была создана вакцина против бешенства. При введении ее человеку, укушенному бешеным животным, в организме вырабатывался стойкий иммунитет к болезни. Изобретение приобрело мировую известность и помогло спасти жизнь многим людям.

Большое значение для развития микробиологии в этот период имели исследования немецкого ученого Роберта Коха (1813–1910). Он предложил методику получения чистых культур на питательных средах, стал применять в практике изучения микроорганизмов анилиновые красители.

Кох открыл возбудителей холеры и туберкулеза. Возбудитель туберкулеза был назван «палочкой Коха». Из него Кох получил препарат туберкулин, который хотел использовать для лечения больных туберкулезом. Однако на практике он себя не оправдал, зато оказался хорошим диагностическим средством и помог в создании ценных противотуберкулезных препаратов. Одним из таких препаратов явилась вакцина BCG, полученная французским микробиологом, учеником Пастера, Альбертом Кальметтом совместно с Шарлем Гереном (название вакцины по заглавным буквам фамилий —

Callmett и Geren). Кох и его ученики открыли также возбудителей дифтерии, столбняка, брюшного тифа, гонореи.

Развитие микробиологии тесно связано также с работами русских и советских ученых. Основоположником общей микробиологии в России следует назвать Льва Семеновича Ценковского (1822–1887). Он установил близость бактерий и сине-зеленых водорослей, создал вакцину против сибирской язвы, до настоящего времени успешно применяемую в ветеринарной практике.

Илья Ильич Мечников (1845–1916) занимался вопросами медицинской микробиологии. Изучал взаимоотношения бактерии и «хозяина» и установил, что воспалительный процесс — реакция организма на внедрившиеся микробы; разработал фагоцитарную теорию иммунитета. Мечников сформулировал общую теорию воспаления как защитную реакцию организма и создал новое направление в иммунологии — учение об антигенной специфичности. В настоящее время оно приобретает все большее значение в связи с разработкой проблемы пересадки органов и тканей, изучения иммунологии рака.

К числу важнейших работ И. И. Мечникова в области медицинской микробиологии относят исследования патогенеза холеры и биологии холероподобных вибрионов, сифилиса, туберкулеза, возвратного тифа. Он является основоположником учения о микробном антогонизме, послужившем основой для развития науки об антибиотикотерапии.

Идея о микробном антогонизме использовалась И. И. Мечниковым при разработке проблемы долголетия. Ученый пришел к выводу, что причиной старения организма является хроническое отравление продуктами гниения, вырабатываемыми в толстом кишечнике гнилостными бактериями.

И.И. Мечникова по праву считают основоположником биологического метода борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений, который в настоящее время применяется все шире.

В 1909 г. И. И. Мечникову за его открытия была присуждена Нобелевская премия.

Развитие микробиологии тесно связано с именем крупнейшего ученого, друга и соратника И. И. Мечникова Н. Ф. Гамалеи (1859–

1949). Всю жизнь он посвятил изучению инфекционных болезней и разработке мер борьбы с их возбудителями. Он открыл возбудителя холероподобного заболевания птиц, разработал вакцину против холеры человека и оригинальный метод получения оспенной вакцины. Гамалея первый описал лизис бактерий под влиянием бактериофага.

Он организовал первую в России станцию по прививкам против бешенства, принимал участие в ликвидации оспы. Н. Ф. Гамалея является не только одним из основоположников медицинской микробиологии, но и иммунологии и вирусологии.

Основоположником эпидемиологии считается Д. К. Заболотный (1866–1920). Он изучал чуму в Индии, Китае, Шотландии; холеру — на Кавказе, Украине, в Петербурге. В результате им получены научные доказательства о роли диких грызунов как хранителей возбудителя чумы в природе. Им установлены пути заноса холеры, роль бациллоносительства в распространении заболевания, изучена биология возбудителя в природе и разработаны эффективные методы диагностики холеры.

С. Н. Виноградский (1856–1953) внес большой вклад в исследование физиологии серобактерий, нитрифицирующих и железобактерий; открыл хемосинтез у бактерий — величайшее открытие XIX века. Виноградским изучены азотфиксирующие бактерии и открыт новый тип питания микроорганизмов — автотрофизм. Ученый опубликовал более 300 научных работ, посвященных экологии и физиологии почвенных микроорганизмов. Его по праву считают отцом почвенной микробиологии.

Учеником Виноградского В. Л. Омелянским (1867–1928) изучены нитрификация и фиксация азота, брожение целлюлозы. Он создал первый русский учебник по микробиологии «Основы микробиологии», который выдержал девять изданий и в течение десятилетий был настольной книгой специалистов. Работа Омелянского «Роль микроорганизмов в выветривании горных пород» легла в основу геологической микробиологии.

Основоположник вирусологии — Д. И. Ивановский (1864–1920). Его идеи сыграли решающую роль в изучении возбудителей вирус-

ных болезней человека и животных, растений и микроорганизмов. Имя Ивановского в вирусологии столь же значительно, сколь имена Пастера и Коха в микробиологии.

В развитии технической микробиологии большое значение имеют работы С. П. Костычева, С. Л. Иванова и А. И. Лебедева, изучавших процесс спиртового брожения. На основании исследований С. П. Костычева и В. С. Буткевича химизма образования органических кислот грибами в СССР в 1930 г. было организовано промышленное производство лимонной кислоты.

Большой вклад в область технической микробиологии внесли В. Н. Шапошников и Я. Я. Никитинский (1878–1941). Шапошников написал первый учебник по технической микробиологии, а труды Никитинского и его учеников положили начало развитию микробиологии консервного производства и холодильного хранения скоропортящихся пищевых продуктов. Значительные успехи в области микробиологии молока и молочных продуктов достигнуты школой С. А. Королева (1876–1932) и др.

Экологическое направление в микробиологии успешно развивалось Б. Л. Исаченко (1871–1948). Всеобщую известность приобрели его работы в области водной микробиологии. Он впервые исследовал распространение микроорганизмов в Северном Ледовитом океане и указал на их роль в экологических процессах и в круговоротах веществ в водоемах.

Ведущая роль в изучении изменчивостей микроорганизмов принадлежит работам Г. А. Надсона (1867–1940). Он впервые выделил в чистую культуру и исследовал зеленую бактерию, а также взаимоотношения между микроорганизмами (антагонизм, симбиоз). Научный интерес представляют работы ученого об участии микроорганизмов в круговоротах железа, серы и кальция. Он впервые указал на перспективы развития геологической микробиологии. Надсон допускал возможность сохранения жизнеспособности микроорганизмов в космосе, подчеркивая значение лучей короткой волны в изменении их наследственности и таким образом заложил основу космической микробиологии.

В настоящее время микробиологическая наука продолжает развиваться. Усовершенствуются технологии, в которых главное место занимают микробиологические процессы (получение новых антибиотиков, ферментов, витаминов (B_{12}), стероидных гормонов и др.), создаются совершенные методы микробиологического контроля пищевых продуктов.

Преимущество микробиологического синтеза в том, что он не требует особых условий (высоких температур, давления, вакуума), исходным сырьем служит доступное и дешевое природное и техническое сырье, в том числе и отходы ряда производств (деревообрабатывающего, свеклосахарного, гидролизно-дрожжевого, нефтеперерабатывающего и др.). К настоящему времени уже осуществляется промышленное производство микробного белка из нефти. По содержанию аминокислот он более полноценен, чем растительный и синтезируется быстрее, чем высшими организмами. Так, в организме коровы массой 500 кг синтезируется только 0,5 кг белка, в то время как те же 500 кг дрожжей синтезируют за сутки более 50 т белка. Поэтому можно ожидать, что при совершенствовании данного процесса микробный белок будет использоваться не только в животноводстве, но и в питании людей.

Достижения микробиологии практически применяются в металлургии для извлечения различных металлов из руд. Так, уже реализован способ микробиологического выщелачивания меди из сульфидной руды халькопирита. В перспективе — использование микроорганизмов для получения золота, свинца, лития, германия и др.

Микроорганизмы эффективно используются в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур, в повышении плодородия почвы, других областях хозяйственной деятельности человека.

На микроорганизмах впервые установлена роль дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) в передаче наследственной информации, доказана сложная структура гена и зависимость мутаций от изменений в структуре ДНК. Микроорганизмы имеют большое значение в решении таких вопросов молекулярной генетики, как открытие и расшифровка генетического кода, механизмов повреждения ДНК. Они являются удобным объектом для познания жизнен-

но важных процессов, осуществляющихся на клеточном, субклеточном и молекулярном уровнях. С помощью различных мутантов микроорганизмов удалось расшифровать пути биосинтеза многих аминокислот, витаминов, азотистых оснований.

Успехи в области микробиологии открыли новые возможности и перспективы в профилактике и лечении многих инфекционных болезней, в борьбе с которыми ранее медицина была бессильна. За сравнительно небольшой период почти полностью ликвидированы чума, оспа, холера, малярия, бывшие в прошлом бичом человечества. В настоящее время внимание микробиологов сосредоточено на проблеме борьбы со злокачественными опухолями.

Таким образом, микробиология вносит существенный вклад в решение многих естественно-научных и практических задач, проблем здравоохранения, сельского хозяйства, пищевой промышленности, способствует развитию определенных отраслей производства и помогает в разрешении важнейших проблем, стоящих перед человечеством.

Раздел 1. ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

Глава 1. МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ

Морфология микроорганизмов изучает их внешний вид, форму и особенности строения клеток, способность к движению, спорообразованию, а также способы размножения.

С древнейших времен живой мир делили на растения и животных. Исследования А. Левенгука показали, что существуют еще и микроскопические живые существа, отличающиеся и от растений, и от животных. По принятой в настоящее время систематике органического мира все живые существа подразделяются следующим образом (рис. 1):



Рис. 1. Схема строения органического мира

У *прокариотов* нет обособленного ядра, ядрышка и ядерной оболочки, отсутствуют митохондрии, аппарат Гольджи, пластиды.

У *эукариотов* имеются сформированное ядро, ядрышко, кариоплазма, органоиды, развита эндоплазматическая сеть. Это характерно для всех грибов, растений и животных.

Акариоты — неклеточные формы жизни (вирусы).

Основными группами микроорганизмов, играющими большую роль в пищевой промышленности, являются бактерии, плесневые грибы, дрожжи, вирусы и бактериофаги.

1.1. Бактерии

Бактерии — это обширная группа микроорганизмов. В настоящее время открыто и описано около 100 тысяч видов [11], большинство из которых одноклеточные.

Форма и размеры бактерий. По форме они разделяются на три основные группы: шаровидные или кокковые, палочковидные и извитые (рис. 2).



Рис 2. Формы бактерий [12]: *1* — микрококки; *2* — стрептококки; *3* — сарцины; *4* — палочки без спор; *5* — палочки со спорами (бациллы и клостридии); *6* — вибрионы; *7* — спирохеты; *8* – спириллы

Между этими формами имеются многочисленные и часто незаметные переходы.

Кокки имеют округлую форму диаметром 1–2 мкм. В зависимости от расположения клеток после деления различают ряд их групп: *микрококки* — клетки располагаются поодиночно; *диплококки* — клетки не разделяются, а остаются связанными попарно; *стрептококки* — клетки образуют цепочки разной длины. Все эти морфологические группы имеют место при делении клеток в одной плоскости. Однако кокки могут делиться в нескольких плоскостях и направлениях. При их делении в различных направлениях возникают скопления клеток, напоминающие гроздья винограда. Это *стафилококки*. Деление кокков в двух взаимно перпендикулярных направлениях приводит к образованию *петракокков*. При одновременном делении кокков в трех плоскостях получаются пакеты из восьми кокков в виде тюков кубической формы. Это характерно для *сарцин*.

Отдельные представители кокков имеют полукруглую форму клеток. Это *пневмококки, менингококки и гонококки*. Форма пневмококков овальная, напоминающая пламя свечи, клетки соединены попарно широкими основаниями. Менингококки и гонококки имеют форму бобов или кофейных зерен, клетки соединены по две вогнутыми сторонами.

Кокковые формы, за исключением *Sarcina urea* (мочевой сарцины), не образуют спор, неподвижны, широко распространены в природе. Многие из них патогенны и являются возбудителями воспалительных процессов (пневмококки, менингококки, гноеродные стрептококки и стафилококки), другие непатогенные вызывают, например, молочно-кислое брожение (*Streptococcus lastis, Streptococcus. cremoris*), некоторые используются для биосинтеза декстрана — заменителя плазмы крови (*Leuconostoc mesenteroides*).

К ***палочковидным*** относится самая многочисленная группа бактерий, широко распространенных в природе. Клетки их имеют цилиндрическую форму с округлыми либо срезанными концами, диаметр — 1 мкм, длина — 10 мкм, но могут быть и 200–300 мкм.

По способности к спорообразованию палочковидные формы делятся на две группы: *бактерии* и *бациллы*. Клетки, не образую-

щие спор, называются *бактериями*. Они, как правило, располагаются одиночно. В основном это мелкие палочки, относящиеся к роду *Pseudomonas*.

Палочковидные формы, образующие споры, — это *бациллы*, они стойки к внешним условиям среды. Такие бактерии могут быть патогенными и непатогенными. Размножаются путем деления и половым способом, путем конъюгации. В отличие от кокков часто имеют жгутики. К палочковидным бактериям относятся также клостридии палочки, способные образовывать споры в анаэробных условиях.

К группе *извитых форм* относят изогнутые или спиралевидно извитые клетки. В зависимости от формы и количества завитков различают три типа клеток:

• *вибрионы* — широко распространены в природе, длина 1,5–2 мкм, имеют форму полумесяца или запятой, размножаются путем деления, очень быстро движутся. Существуют патогенные (холерный вибрион) и непатогенные формы;

• *спириллы* — имеют количество витков не более 5, длина 20 мкм и более. По диаметру либо крупнее бактерий, либо такие же; могут иметь жгутики с одной или двух сторон, расположенные полярно. Размножаются делением;

• *спирохеты* — длина 30–500 мкм, размножаются делением или почкованием. В спирохете есть аксиальная нить, определяющая извитую форму тела. Микроорганизмы вызывают некоторые заболевания (сифилис).

Кроме описанных бактерий, основных в природе, известны и иные формы. Так, бактерии рода *Mycobacterium* наряду с палочковидной формой на ранней стадии имеют ветвистую форму. Особенно сильным ветвлением характеризуются клетки актиномицетов. В пресных и соленых водоемах широко распространены стебельковые почкующиеся бактерии.

Строение бактериальной клетки. Структура и функции бактериальной клетки наиболее подробно изложены в работе Г. Шлегеля [13]. Несмотря на внешнюю простоту, клетка бактерии имеет довольно сложное строение (рис. 3).

Клеточная оболочка (стенка) — очень важный и обязательный структурный элемент бактериальной клетки, помогает сохранять определенную форму. На долю оболочки приходится 5–20 % сухих веществ клетки, толщина ее колеблется от 10 до 20 нм. Клеточная оболочка — плотная ригидная структура. Она, обладая эластичностью и достаточной механической прочностью, выдерживает внутриклеточное давление, достигающее 10–20 атм.

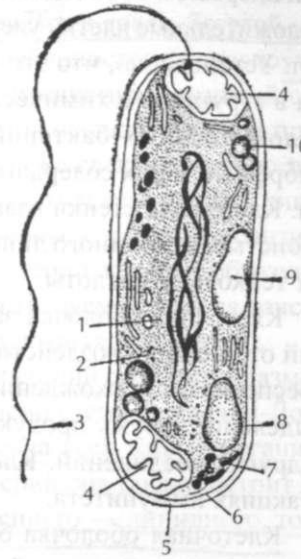


Рис. 3. Схема строения клетки бактерий [12]: *1* — нити дезоксирибонуклеиновой кислоты (диффузное ядро); *2* — рибосомы; *3* — жгутик; *4* — мезосомы; *5* — клеточная оболочка; *6* — цитоплазматическая мембрана; *7* — гликоген; *8* — волютин; *9* — вакуоль; 10 — запасной жир

В структуре клеточной оболочки большинства бактерий различают два компонента: *матрикс* и погруженную в него сеть *микрофибрилл*, обеспечивающую прочность стенки. Химический состав клеточных оболочек различных видов бактерий неодинаков, довольно сложен и отличает их не только от клеток растений и животных, но и друг от друга.

Изучение биохимии клеточных стенок бактерий показало, что в их состав входят *пептидогликан* и *тейхоевые кислоты*. Пептидогликаны являются главными структурными компонентами клеточных стенок всех прокариотов. Они обнаружены также у сине-зеленых водорослей и риккетсий и составляют основной каркас клеточной стенки — муреиновую сеть. В нее вплетаются тейхоевые кислоты, полипептиды, липопротеиды.

Химический состав и структура клеточных оболочек определяют окрашиваемость бактерий по Граму. Разделение всех бактерий на грамположительные и грамотрицательные основано на способности их окрашиваться генцианвиолетом и не обесцвечиваться нейтральными растворителями — спиртом и ацетоном. Этот метод вве-

ден впервые в 1884 г. датским физиком Христианом Грамом. Грамположительные клетки удерживают краску, а грамотрицательные — нет. Установлено, что это обусловлено существенными различиями в структуре и химическом составе оболочек бактерий. У грамположительных бактерий клеточные оболочки более толстые, аморфные, в них содержится 80–90 % муреина и тейхоевые кислоты. Клеточные стенки грамотрицательных бактерий более тонкие, слоистые, в них много липидов, всего 5–10 % муреина и отсутствуют тейхоевые кислоты.

Клеточная оболочка защищает содержимое клеточных бактерий от внешних воздействий, участвует в формировании капсулы, обеспечивает прохождение внутрь клетки питательных веществ и выделение наружу продуктов обмена гидролитических ферментов и других соединений. Клеточная стенка играет важную роль и в реакциях иммунитета.

Клеточная оболочка бактерий часто бывает покрыта слизью. Слизистый слой может быть тонким, едва различимым, но может быть и значительным, образующим *капсулу*. Толщина капсул может во много раз превосходить диаметр клетки. В основном капсулы состоят из полисахаридов-декстранов и леванов и полипептидов-гликопротеидов. Капсулы содержат до 98 % воды и могут служить своего рода защитным барьером против притока значительного количества воды и высушивания, т. е. барьером для неблагоприятных условий внешней среды.

Наблюдениями установлено, что бактерии, образующие капсулы, могут жить в такой среде, в которой рост бактерий без капсул ограничен. В некоторых случаях вещество капсулы может использоваться как пищевой резерв: например, капсула активно усваивается бактериальной клеткой, когда приток питательных веществ уменьшается. Иногда капсулы могут быть ненужными продуктами обмена веществ бактериальной клетки.

Оболочки в некоторых случаях бывают настолько сильно ослизлыми, что капсулы отдельных клеток сливаются в слизистые массы, в которые вкраплены бактериальные клетки (зооглеи).

Установлено, что образование капсул и слизи зависит от условий существования бактерий. Так, развиваясь в среде, богатой углеводами и бедной белками, бактерия лейконосток (*Leuconostoc mesenteroides*) может за короткое время превратить сахарный сироп в тягучую слизистую массу, что иногда наблюдается при производстве сахара в сахаристых экстрактах из свеклы. Слизью покрываются и другие продукты: мясо, творог, колбасы, молоко, пиво, вино, квашеные овощи. Но с другой стороны, с помощью слизистых форм, например, молочно-кислых бактерий, которые образуют из лактозы полифруктозаны, достигается требуемая тягучая консистенция некоторых кисломолочных продуктов (ацидофилин).

Цитоплазматическая мембрана — внешний слой цитоплазмы, прилегающий к клеточной стенке. Согласно схеме Даниелли-Доусона [13–14] цитоплазматическая мембрана всех живых организмов имеет трехслойное строение. У бактерий она также состоит из двух наружных белковых слоев и внутреннего — липидного, толщина ее около 6–8 мкм (рис. 4). Белки составляют около 70 %, липиды — до 30 %. Мембраны некоторых бактерий содержат 2–5 % углеводов, образующих комплексы с липидами. По биохимическим данным в мембранах бактерий сосредоточено 75 % всех липидов клетки. Липиды мембран представлены нейтральными жирами и фосфолипидами. Нейтральные жиры включают моно-, ди- и триглицериды и каротиноиды. Содержание их не более 9–10 %. Наиболее богаты мембраны фосфолипидами (28–30 %). Полагают, что они обеспечивают эластичность и проницаемость мембраны.

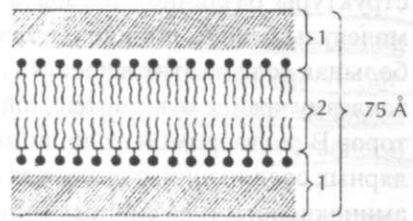


Рис. 4. Структура элементарной биологической мембраны [13–14]: *1* — белок; *2* — фосфолипид

Основные биологически активные компоненты мембран бактерий — белки. Они различаются по молекулярному весу, аминокислотному составу и ферментативными свойствами. Мембранные белки прочно связаны с липидами. Неферментные белки образуют

комплексы между компонентами мембран и ферментами. Предполагают, что так называемые белковые мостики пронизывают слой цитоплазматических мембран и служат своеобразными порами, через которые осуществляется обмен веществ клетки со средой.

Мембрана является основным осмотическим барьером, обеспечивающим поступление различных веществ в клетку и выделение продуктов метаболизма. В ней локализованы системы активного переноса питательных веществ с помощью субстрат специфических пермеаз. Полагают, что в мембране происходит биосинтез некоторых составных частей клетки, главным образом компонентов клеточной стенки и капсулы.

Цитоплазма составляет основную часть бактериальной клетки и представляет собой полужидкую коллоидную массу, состоящую на 70–80 % из воды. Цитоплазма включает основное вещество — *матрикс* и *рибосомы*.

Матрикс содержит очень тонкие (до 20 Å и менее) нитевидные структуры различной длины и гранулы, представляющие собой молекулы белков, липидов, углеводов и нуклеиновых кислот. Наибольшая доля из этих веществ приходится на белки, что делает цитоплазму крайне чувствительной к действию самых различных факторов.В растворимой фракции цитоплазмы, кроме высокомолекулярных соединений, содержатся нуклеотиды, пигменты, свободные аминокислоты и различные минеральные вещества. Благодаря наличию разнообразных органических соединений, цитоплазма бактериальных клеток характеризуется повышенной вязкостью. Она в 800–8000 раз больше вязкости воды (приближается к вязкости глицерина), причем у молодых клеток вязкость цитоплазмы наиболее низкая, чем у стареющих. Вязкость цитоплазмы характеризует не только возраст клетки, но и ее физиологическую активность.

Рибосомы постоянно присутствуют в цитоплазме бактериальной клетки, имеют сферическую форму размером 180 Å. Они состоят на 60–65 % из рибосомальной рибонуклеиновой кислоты — рРНК и на 35–40 % — из белка; являются стабильными структурными органоидами. В клетке их содержится от 5 до 50 тысяч. Большая часть рибосом в цитоплазме находится в свободном состоянии, а остальная объединена нитями матричной РНК в полисомы. Количество рибосом в полисомах может достигать нескольких десятков. Это свидетельствует о высокой белковосинтезирующей активности клетки, так как рибосомы являются местом белкового синтеза. Их образно называют «фабриками» белка.

У некоторых почвенных и водных бактерий обнаружены *вакуоли*. Они могут быть заполнены газом, либо находятся в сомкнутом состоянии, либо заполнены клеточным соком. В клетке их 40–60 шт. Регулируя состояние вакуолей, клетка вертикально движется в водоемах и капиллярах почвы. Предполагают, что это своеобразный способ передвижения бактерий, который выработался в процессе эволюции у бактерий, лишенных жгутиков.

Запасные питательные вещества, кроме описанных структурных элементов, в цитоплазме бактерий содержатся в виде включений гранулы различной формы и размеров. Присутствие их в клетке непостоянно и связано с составом питательной среды и физиологическим состоянием культуры.

Многие цитоплазматические включения состоят из соединений, которые служат источниками энергии и элементов питания. Химический состав включений различен и неодинаков у разных видов бактерий. Ими могут быть полисахариды, липиды, кристаллы и гранулы неорганических веществ.

Из *полисахаридов* следует прежде всего назвать крахмал, гликоген и крахмалоподобное вещество — гранулезу. Наиболее распространен гликоген. Эти включения используются клеткой как источники энергии и углерода.

Липиды накапливаются в цитоплазме бактерий в виде мелких капель и зерен. У многих бактерий липидные включения представлены поли-β-оксимасляной кислотой, на долю которой часто приходится до 50 % сухой биомассы бактерий, в связи с чем это соединение является идеальной «кладовой» энергии. У некоторых бактерий накапливается воск и нейтральные жиры. Так, у актиномицетов и микобактерий воски иногда составляют до 40 % сухой массы, нейтральными жирами богаты клетки дрожжей родов *Candida, Rhodotorula*, количество их достигает почти 60 %. Все

липидные включения у микроорганизмов служат источниками энергии и углерода.

В клетках множества бактерий часто обнаруживаются *зерна волютина*, по химической природе представляющие собой полифосфат. Волютин используется клеткой как источник фосфатных групп и частично энергии.

У бесцветных и пурпурных бактерий внутри клетки в виде капель откладывается минеральная сера. Для бесцветных бактерий она служит источником энергии, для пурпурных — донором электронов.

Наряду с серой у некоторых серобактерий обнаружены включения *карбоната кальция*, предположительно выполняющего функцию нейтрализаторов среды.

Нередко мембрана клетки дает внутриплазматические ответвления (инвагинации), которые приводят к образованию *мембранных структур*, причем у фотосинтезирующих и нефотосинтезирующих бактерий они различные.

У *нефотосинтезирующих* бактерий имеются *мезосомы*. Они представляют собой спиралевидно закрученные, плоские или сферические трубчатые тельца. Мезосомы принимают участие в окислительно-восстановительных процессах, т. е. в освобождении и накоплении энергии в форме аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

Мембрана и мезосомы выполняют функции, свойственные митохондриям клеток высших организмов, в которых или на которых локализованы дыхательные ферменты — поставщики энергии. Кроме того, в мезосомах бактериальной клетки располагается еще ряд специфических ферментных систем, которые участвуют в азотфиксации и хемосинтезе.

Мезосомы формируются в клетке в период ее деления вблизи закладки поперечной перегородки. Это специализированные органоиды, участвующие в распределении наследственного материала между дочерними клетками и обеспечивающие синтез веществ клеточной стенки. На участие мезосом в клеточном делении указывает связь ее с ДНК нуклеотида.

Ламеллы — это «стенки пластинок», связанные с цитоплазматической мембраной. Роль их неясна.

У *фотосинтезирующих* бактерий имеются *хроматофоры* — пузырьки, образованные из выпячиваний мембраны. В них содержатся поглощающие свет пигменты — бактериохлорофилл и каротиноиды, ферменты транспорта электронов — убихиноны и цитохромы, компоненты системы фосфорилирования.

У пурпурных серобактерий пузырьки сплющены, имеют вид стопок или трубок и по аналогии с гранами хлоропластов зеленых растений называются *тилакоидами*. В них концентрируется бактериохлорофилл, и они выполняют функцию фотосинтезирующего аппарата.

Накопленные к настоящему времени сведения говорят о том, что мембранные структуры бактерий достаточно дифференцированы и обеспечивают ход различных метаболических процессов в клетке.

Бактериальное ядро. Первые сведения получены в 1897 г. Однако малые размеры бактериальной клетки и высокое содержание РНК, которое окрашивается так же, как и ДНК, затрудняли четкое выявление ядерных структур. Поэтому вопрос о наличии ядра у бактерий, его морфологической структуры и физиологической функции решался в течение многих десятилетий. Не вызывало сомнений наличие у бактерий наследственного аппарата.

Вопрос о ядре у бактерий и его структуре окончательно решился только с развитием электронно-микроскопических и генетических исследований. Сейчас установлено, что бактерии имеют структуры, состоящие из ДНК, функционально тождественные ядрам клеток высших организмов. По аналогии и называются бактериальными ядрами, или нуклеоидами [13].

Нуклеоид представляет собой кольцевую хромосому, которая по химической природе является гигантской молекулой ДНК с молекулярной массой около $2 \cdot 10^9$. Это одна из особенностей нуклеоида бактериальной клетки. Вторая состоит в том, что нуклеоид не имеет ядерной мембраны и ДНК непосредственно контактирует с цитоплазмой.

Морфология нуклеоида меняется в зависимости от фазы роста культуры, от содержания в среде катионов. Обычно для нуклеоида характерна неправильная ветвистая форма, но может быть палочковидная и сферическая.

Бактериальный нуклеоид так же, как и ядро клеток растений и животных, является носителем наследственной информации, регулирует направленность белкового синтеза, специфичность синтезируемых белков и обеспечивает функционирование всех внутриклеточных процессов. Именно благодаря наличию ядерного вещества, отграниченного от содержимого цитоплазмы ядерной мембраной, бактерии относятся к прокариотам.

Подвижность бактерий достигается с помощью *жгутиков* [8]. Жгутики — это структуры, представляющие собой винтообразные скрученные нитевидные образования, выступающие из-под цитоплазматической мембраны над поверхностью клетки.

По характеру расположения жгутиков бактерии делятся на ряд групп: *монотрихи* — жгутик на одном полюсе клетки; *амфитрихи* — по одному жгутику на обоих полюсах; *лофотрихи* — пучок жгутиков на одном из полюсов; *перитрихи* — жгутики расположены по всей поверхности клетки (рис. 5).

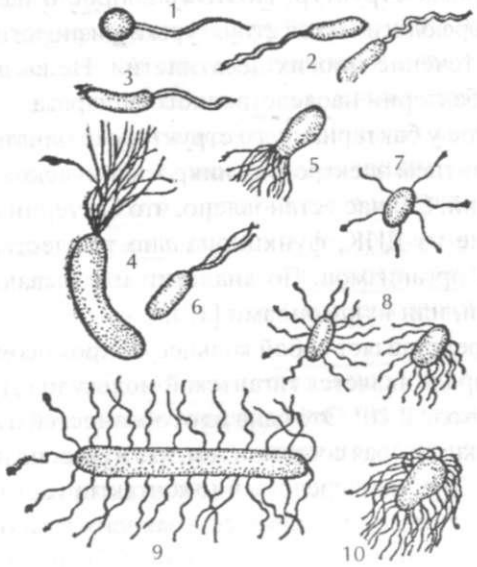


Рис. 5. Расположение жгутиков у бактерий [12]: *1–3* — монотрихи; *4–6* — лофотрихи; *7–10* — перетрихи

Жгутик имеет сложное строение. Он состоит из 17–20 тончайших нитей (субфибрилл), скрученных вместе. Обычно они спиралевидной формы и по структуре напоминают канат. Химический состав их почти полностью представлен белком (98 %) флагеллином, сходным с белком мышечных клеток миозином.

Характер движения бактерий определяется особенностью расположения жгутиков. Монотрихи всегда движутся по прямой линии, перитрихи — беспорядочно и с кувырканием. В первом случае жгутик вращается против часовой стрелки, во втором — по часовой. Жгутики также выполняют функции питания и осязания.

Наличие жгутиков позволяет бактериям значительно глубже проникать в питательные среды. Так, бактерии группы кишечной палочки при определенных условиях проникают в мясо на 14 см/сут, в то время как неподвижные — только на 2 см/сут.

Некоторые бактерии имеют на поверхности тела отростки в виде ресничек — *фимбрии (пили)*, образующиеся у жгутиковых и безжгутиковых бактерий. Они короче и тоньше жгутиков и имеют вид прямых нитей. Число их может доходить до нескольких тысяч. Обнаружены у палочковидных и кокковидных бактерий.

Фимбрии не являются органами движения. Они служат для прикрепления к субстрату и участвуют в поглощении питательных веществ из окружающей среды, так как сильно увеличивают поверхность бактериальной клетки.

Бактериям со жгутиками присущ *свободноплавающий* тип движения с высокой скоростью: от 28 (*Escherichia coli*) до 30 мкм/с (*Vibrio cholerae*).

Для бактерий, лишенных жгутиков, характерен *вращательно-спиральный* тип движения. Он свойственен только спирохетам и осуществляется за счет сокращения специального органоида — осевой нити.

Третий тип движения бактерий — *скользящий*. Наблюдается у миксобактерий и сине-зеленых водорослей в результате соприкосновения выделяемой ими слизи с плотной поверхностью субстрата. Скорость движения очень низкая — 2–10 мкм/мин.

Размножение бактерий обычно происходит бесполым путем — делением клетки на две части. Деление начинается спустя некоторое

время после деления нуклеоида. Характерная особенность размножения бактерий — их высокая скорость. Некоторые виды делятся через каждые 15–20 мин, другие — 5–10 ч. При этом образуется огромное число клеток. Это часто наблюдается на пищевых продуктах: молоко скисает за счет развития молочно-кислых бактерий, мясо и рыба быстро портятся за счет размножения гнилостных бактерий и т. п.

Иногда у бактерий наблюдается «половой» процесс (конъюгация). Электронно-микроскопическое изучение кишечной палочки позволило обнаружить цитоплазматические мостики между «мужскими» (F^+) клетками этой бактерии, содержащими фактор фертильности (плодовитости) и «женскими» (F^-).

В процессе конъюгации клетки F^+ передают ДНК или часть ДНК клеткам F^-, в результате чего образуется *зигота*. Бактериальная конъюгация считается процессом частичного переноса или неполного оплодотворения, где зигота в основном построена из «женской» клетки и имеет только часть от «мужской» клетки.

Спорообразование. Споры у бактерий формируются внутри клетки и называются эндоспорами. Образование эндоспор присуще палочковидным бактериям родов *Bacillus и Clostridium* и является для них характерным и постоянным признаком. Среди других морфологических групп спорообразование — редкое явление. Только одиночные представители кокков (*Sarcina urea*), спирилл (*Spirillum amyloferum*) и вибрионов (род *Desulfatomaculum*) обладают такой способностью.

У бактерий спорообразование не связано с процессами размножения, так как не увеличивается количество особей. Обычно спорообразование происходит при неблагоприятных условиях: повышенной температуре, кислотности, недостатке питания. Существует мнение, что спорообразование — естественный процесс в общем цикле развития клеток и является не только средством перенесения неблагоприятных условий, но и способом обновления организма, повышения жизнеспособности клеток и всего вида. В каждой бактериальной клетке образуется только одна спора.

Спорогенез, или спорообразование, — процесс сложный [7, 12] и начинается с накопления белка в определенной части клетки.

В течение первых 5 ч перестраивается до 75 % белков материнской клетки. При этом происходит синтез специфического для спор соединения — дипиколиновой кислоты, отсутствующей в вегетативной клетке. В споре она содержится в виде дипиколината кальция, составляя 10–15 % сухого вещества, что обусловливает высокую ее устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Процесс спорогенеза контролируется более чем 100 генами.

Общая схема спорообразования может быть представлена в следующем виде. В результате неравномерного деления бактериальной клетки (рис. 6), сопровождающегося выпячиванием (инвагинацией) цитоплазматической мембраны, наблюдается обособление части нуклеоида вместе с небольшой частью цитоплазмы. Таким образом, спора получает полный набор генетической информации клетки. Образуется первичная спора — *проспора*, которая затем покрывается цитоплазматической мембраной.

Таким образом, внутри клетки бактерии возникает новая клетка — проспора, окруженная двумя мембранами. В дальнейшем между ними образуется клеточная стенка.

Дальнейшее развитие споры состоит в образовании споровых оболочек и в ее созревании. Зрелая спора имеет сложное строение.

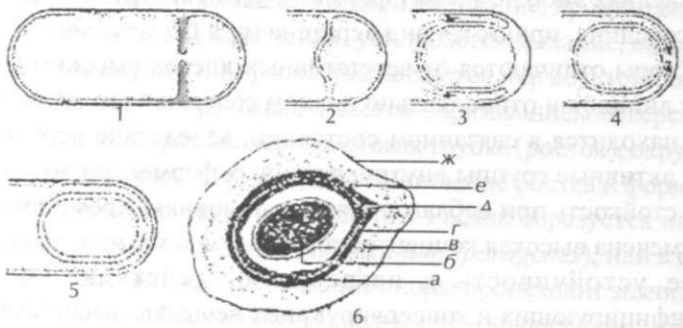


Рис. 6. Схема спорообразования и построение зрелой споры [4]: *1, 2* — образование септы(перегородки); *3, 4* — окружение протопласта споры протопластом материнской клетки; *5* — образование кортекса (коры) и оболочек споры; *6* — зрелая спора: *а* — цитоплазма с ядерным веществом; *б* — цитоплазматическая мембрана; *в* — клеточная стенка зародышевой клетки; *г* — кортекс споры; *д* — внутренняя оболочка споры; *е* — наружная оболочка споры; ж – экзоспориум [13]

Она покрыта двумя оболочками: внешней — *экзиной*, внутренней — *интиной*, пространство между которыми заполнено гликопротеидами и называется *кортексом* (корой споры).

Наружная оболочка (экзина) формируется из протопласта бактериальной клетки и состоит из нескольких слоев (2–4), имеющих подчас разнообразную «лепную» форму (рис. 7). Она пропитана смолистыми и липидными веществами и почти полностью непроницаема для воды. У некоторых бактерий образуется еще один внешний покров — *эндоспориум*. Внутренняя оболочка (интина) играет определенную роль в построении оболочки при прорастании споры.

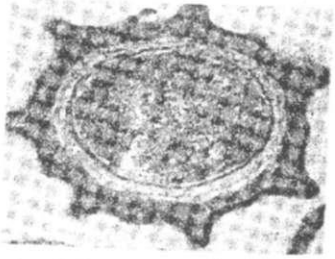


Рис. 7. Электронная фотография поперечного среза споры *Bacillus polymyxa* (× 45 600) [4]

Наиболее распространенные формы спор — сферическая, эллипсоидная, иногда цилиндрическая. У некоторых бактерий спора формируется на конце клетки, которая при этом несколько расширяется, приобретая вид барабанной палочки (род *Plectridium*). У других бактерий спора образуется в центре клетки, и последняя либо не меняет формы (род *Bacillus*), либо расширяется в середине, принимая вид веретена (род *Clostridium*) (рис. 8).

Споры отличаются от вегетативных клеток высоким содержанием липидов и относительно низким содержанием воды. Причем вода находится в связанном состоянии, вследствие чего блокируются активные группы внутриклеточных ферментов, что повышает ее стойкость при неблагоприятных условиях. Кроме того, в споре отмечена высокая концентрация кальция и магния, что повышает ее устойчивость к нагреванию, действию УФ-лучей, дезинфицирующих и консервирующих веществ, высушиванию.

Таким образом, физико-химические и биологические особенности споры характеризуют ее как весьма устойчивую форму, находящуюся в состоянии покоя. Зрелая спора длительное время может быть в состоянии покоя и сохранять жизнеспособность. Например, в почве, которая пристала к растениям из гербария,

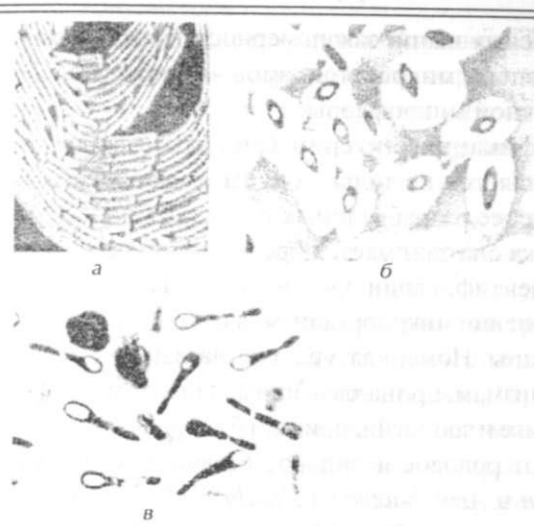


Рис. 8. Спорообразующие бактерии [14]: *а* — бациллы; *б* — клостридии; *в* — плектридии

пролежавшего 200–320 лет, было обнаружено небольшое количество жизнеспособных спор *Bacillus subtilis* и других видов бацилл.

Попадая в благоприятные условия, споры начинают прорастать. Этому предшествует поглощение воды и набухание, происходят глубокие физиологические изменения: усиливается дыхание, возрастает активность ферментов, резко уменьшается термоустойчивость спор. Прорастание споры заканчивается образованием отверстия в оболочке, через которое выходит ростовая трубка (росток), окруженная клеточной стенкой. Далее следует удлинение ростка и формирование полноценной вегетативной клетки. Росток образуется или на одном конце споры — полярно (*Clostridium sporogenes*), или в средней части — латерально. Прорастание споры происходит значительно быстрее, чем ее образование. В среднем этот процесс занимает 4–5 ч. Процесс прорастания спор, так же как и образования, носит необратимый характер. Созревшая спора выходит в окружающую среду из разрушившейся, саморастворившейся клетки.

Спорообразующие бактерии имеют огромное значение в пищевой промышленности. Разработка режимов стерилизации консер-

вов опирается на знание закономерностей воздействия высоких температур на споры микроорганизмов — возбудителей порчи консервов и токсичной микрофлоры.

Классификация бактерий. Систематика, или таксономия, прокариотов является не только одним из наиболее важных и сложных, но и менее разработанных разделов микробиологии.

Как наука она занимается проблемами классификации, номенклатуры и идентификации организмов. Задачей классификации является объединение микроорганизмов с общими свойствами в определенные группы. Номенклатура дает названия отдельным группам и микроорганизмам, принадлежащим к ним. В микробиологии так же, как в ботанике и зоологии, принята бинарная номенклатура, т. е. бактерии имеют родовое и видовое названия. Например, *Azotobacter chroococcum* и *Azotobacter vinelandii* — два вида бактерий, относящихся к одному роду. Идентификация устанавливает принадлежность к определенному таксону на основании конкретных признаков.

В названии микробов могут быть также отражены имена открывших их ученых: лямблии описаны русским врачом Лямблем, сальмонеллы названы в честь американского микробиолога Сальмона, род «Эшерихиа» — в честь немецкого ученого Эшериха, род «Шигелла» — японского микробиолога Шига. Иногда название микроорганизмов связано с органом, который они поражают: менингококки — мозговые оболочки, пневмококки — легкие. Эти названия не согласуются с правилами номенклатуры.

В настоящее время в микробиологии существует два различных подхода к систематике, обусловливающие два вида классификации. Одни исследователи считают, что классификация должна отражать историю развития организмов и строиться на филогенетической основе. Это *естественная классификация*. В 1936–1950 гг. исследователи голландской школы Клюйвер, ван Ниль и Стениер разработали филогенетические подходы к систематике бактерий. Сторонником этой классификации был и советский ученый Н. А. Красильников [15].

Второй подход к систематике основан на учете признаков, удобных с точки зрения практики. Это *искусственная,* или *традиционная классификация*. Она чаще всего заранее подчинена конкретным задачам. При такой классификации признаки, определяющие принадлежность организма к той или иной таксономической единице, часто выбираются произвольно. Иногда микроорганизмы объединяются в группы на основании одного ведущего признака. Поэтому группы микроорганизмов, классифицированные по данной систематике, могут иметь большое практическое значение, но не соответствуют естественной классификации. Искусственная классификация предназначена для определения той группы организмов, которая интересует исследователя. Искусственная классификация положена в основу определителя Берджи [16].

По определению Н. А. Красильникова [15], все микроорганизмы отнесены к низшим растениям *Protophyt*а, которые разделяются на два отряда: хлорофиллсодержащие (*Schizophyceae*) и бесхлорофильные (*Schizomyceae*). В последних различают 4 класса: актиномицеты (*Actinomycetes*); настоящие бактерии (*Bacteriae*); миксобактерии (*Myxobacteriae*) и спирохеты (*Spirohaetae*). Каждый из классов делится на более мелкие систематические единицы. По мнению Красильникова трудность в составлении классификации на филогенетической основе — в недостаточной изученности жизни многих микроорганизмов [2].

Определитель Берджи отличается от определителя Красильникова номенклатурой бактерий и некоторыми принципами. Согласно классификации Берджи все микроорганизмы объединены в царство прокариот (*Procaryotae)*. В нем различают два отдела: цианобактерии и бактерии. Последний состоит из 19 частей, которые подразделяются на порядки, семейства и роды.

В систематику микроорганизмов введен новый класс — *Mollicutes.* К нему относятся микоплазмы — организмы, лишенные клеточной стенки.

Цианобактерии (сине-зеленые водоросли). Сине-зеленые водоросли (класс *Cyanophyta*) так же, как и бактерии–прокариоты. У них отсутствуют ядро и ядерная мембрана, митохондрии, хлоропласты. Из пигментов содержатся хлорофилл, α-, β-каротин, фикоцианин и фикоэритрин. По физиологии фотосинтеза цианобакте-

рии сходны с растениями: фотосинтез сопровождается выделением кислорода.

Среди данной группы организмов есть одноклеточные и многоклеточные. Одноклеточные (*Chroococcales*) имеют палочковидную или сферическую форму и по размерам сходны с бактериями. Многоклеточные (*Hormogonales*) представляют собой длинные нити, состоящие из отдельных клеток.

Сине-зеленые водоросли неприхотливы к содержанию питательных веществ в среде. Благодаря способности к фотосинтезу они образуют все необходимые соединения из углекислоты и минеральных веществ. В связи с этим цианобактерии широко распространены в природе, являются первыми поселенцами на почвообразующей горной породе. Они привлекают внимание ученых как продуценты пищевого белка.

Бактерии. Морфологически и функционально это очень неоднородная группа микроорганизмов. Условно ее можно разделить на ряд подгрупп: организмы, обладающие всеми типичными признаками прокариотов, — истинные бактерии (эубактерии); бактерии, сходные с эубактериями и цианобактериями — фототрофные бактерии и отдельные представители скользящих бактерий (бесцветные серобактерии); бактерии, отличающиеся от эубактерий структурной организацией клетки — почкующиеся бактерии, миксобактерии, спирохеты, актиномицеты, микоплазмы и риккетсии.

Истинные бактерии (эубактерии) — это одноклеточные организмы шаровидной, палочковидной и извитой формы — представляют самую обширную и многообразную группу прокариотов. Клетки имеют жесткую клеточную стенку. Сюда относят подвижные и неподвижные бактерии. Среди них встречаются спорообразующие и неспорообразующие виды, грамотрицательные и грамположительные аэробы и анаэробы, сапрофиты и паразиты. Многие из них имеют большое значение в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, медицине и т. д. Типичными представителями эубактерий являются бактерии семейств *Pseudomonadaceae* (псевдомонады); *Enterobacteriaceae* (кишечные палочки); *Bacillaceae* (бациллы); *Spirillaceae* (спириллы) и др.

Большинство псевдомонад, особенно родов *Pseudomonas* и *Xantomonas*, — возбудители болезней растений. Отдельные представители, в частности *Pseudomonas aeruginoza,* вызывает энтерит у новорожденных и вторичную инфекцию долго незаживающих ран и язв.

Семейство *Enterobacteriaceae* объединяет грамотрицательные факультативно анаэробные и аэробные палочки с перитрихиальным жгутикованием. Спор не образуют, хорошо растут на обычных питательных средах.

Патогенные виды вызывают различные желудочно-кишечные заболевания: брюшной тиф (*Salmonella*), дизентерию (*Shigella*) и пищевые токсикоинфекции (род *Salmonella*, за исключением возбудителей брюшного тифа и паратифа).

Условно-патогенные виды являются постоянными обитателями кишечника человека и животных. С фекалиями они попадают во внешнюю среду и долго сохраняются в почве, сточных водах, пищевых продуктах. Поэтому микробы кишечной группы, в частности, кишечная палочка *Escherichia coli*, служат индикаторами фекального загрязнения среды и используются для оценки санитарного состояния пищевых продуктов и воды.

Семейство Bacillaceae включает эубактерии, образующие термостойкие эндоспоры. В основном это грамположительные палочки за исключением кокка-мочевой сарцинны *(Sarcina ureae),* которая тоже образует споры. Наибольшее значение из всех пяти родов семейства имеют два рода: *Bacillus и Clostridium.*

К роду *Bacillus* относятся аэробные, грамположительные подвижные палочки. Бациллы нетребовательны к питанию, хорошо растут на обычных органических средах. Большинство из них — сапрофиты — широко распространены в природе, особенно в почвах, богатых органическими веществами *(Bacillus subtilis, Bacillus mycoides*).

Патогенными свойствами обладают *Bacillus anthracis* — возбудитель сибирской язвы, *Bacillus thuringiensis* — возбудитель болезней насекомых, который выделяет токсин, губительно влияющий на личинки многих видов бабочек и мух.

Магілёўскі дзяржаўны універсітэт харчавання БІБЛІЯТЭКА
У-2006

Bacillus thuringiensis используется для приготовления энтомопатогенных препаратов. Некоторые виды бацилл применяют как продуценты антибиотиков (*Bacillus brevis, Bacillus subtilis* и др.).

К роду *Clostridium* относятся облигатно анаэробные спорообразующие палочки. По сравнению с бациллами они более требовательны к составу питательных сред. Большинство из них, особенно патогенные, нуждаются в сложных органических средах. К патогенным относятся возбудитель столбняка *Clostridium tetani*, который выделяет сильнодействующий токсин, поражающий двигательные нервные центры; широко распространенный в почве возбудитель пищевых, часто смертельных отравлений — *Clostridium botulinum*, образуемый им токсин является самым сильным биологическим ядом. В почве также встречается возбудитель гангрены *Clostridium perfringens*.

Наряду с патогенными формами клостридий встречаются и сапрофиты. Например, *Clostridium pastuerianum* фиксирует молекулярный азот; *Clostridium butyricum* используется для промышленного получения масляной кислоты, ацетона, бутанола в результате масляно-кислого брожения. Анаэробные бациллы применяются при мочке льна, конопли и других прядильных растений.

Семейство *Spirillaceae* — грамотрицательные бактерии, которые имеют спиральную и изогнутую форму клеток.

Все спириллы, кроме *Spirillum minus,* — сапрофиты, безвредные для человека. Они живут в стоячих или загрязненных водоемах, на гнилых остатках животного и растительного происхождения.

Spirillum minus — патоген для человека и вызывает лихорадку — болезнь Содоку. Обнаружен в крови мышей и крыс.

К семейству *Spirilliaceae* близки бактерии с изогнутой формой клетки. Их выделили в самостоятельное семейство *Vibrionaceae*. Наиболее изучены бактерии рода *Vibrio*. Вибрионы имеют форму палочек, изогнутых в виде запятой или полумесяца; клеточная стенка жесткая, как у спирилл; движение осуществляется с помощью жгутика.

Большинство вибрионов — сапрофиты, обитают в стоячих загрязненных водах. Но среди них есть возбудители опасных заболеваний, например, *Vibrio comma* — возбудитель холеры.

Бактерии, сходные с цианобактериями. Наибольшим морфологическим и физиологическим сходством с сине-зелеными водорослями обладают бесцветные серобактерии. Клетки этих бактерий нитчатой формы.

Бесцветные серобактерии иногда относят к нефотосинтезирующим сине-зеленым водорослям. Обитают они обычно в морских и пресных водоемах.

Почкующиеся бактерии. Для них характерен определенный цикл развития. На материнской клетке почкованием может образовываться подвижная клетка зооспора. Отделившись от материнской клетки, дочерняя приступает к размножению только после созревания. У некоторых бактерий размножение может идти без почкования.

Нитчатые бактерии. Представителем этих форм бактерий является род *Sphaerotilus.* Это одноклеточные, палочковидные, грамотрицательные организмы, имеющие полярно расположенные жгутики. Растут в виде длинных нитей, представляющих собой цепочки клеток, соединенных концами и покрытых слизистой капсулой. Нить в ряде случаев имеет длину в несколько миллиметров. Размножаются эти бактерии внутри капсулы делением. Представители этого рода обитают в пресных водоемах. Они прикрепляются к какому-либо твердому предмету в воде или плавают в виде скоплений.

Миксобактерии. Эти микроорганизмы относятся к группе скользящих бактерий, к порядку *Myxobacteriales.* Это грамотрицательные, палочковидные или веретенообразные бактерии. Клетки миксобактерий не имеют жесткой клеточной стенки. Благодаря этому они могут менять форму тела. Движение осуществляется по типу скольжения и возможно только на твердом субстрате.

Многие миксобактерии образуют ярко окрашенные плодовые тела разной формы и размеров (рис. 9). Среди миксобактерий известны виды, патогенные для водных животных.

Спирохеты. Это сравнительно небольшая группа одноклеточных микроорганизмов со спирально извитой формой. Клетки спирохет очень тонкие (0,1–0,6 мкм) и длинные (5–500 мкм), разделя-

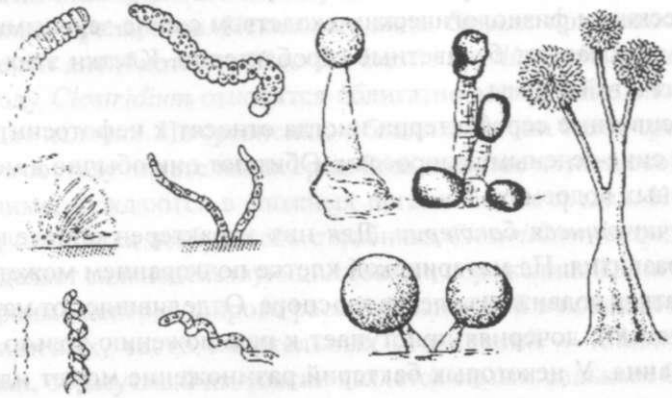


Рис. 9. Морфология сине-зеленых водорослей и миксобактерий [14]

ются на три основные структуры: тело клетки, аксиальную (опорную) нить и трехслойную наружную оболочку.

Среди спирохет есть сапрофиты (род *Spirochaetae*), обитающие в застойных водах при пониженном содержании кислорода, и патогенные формы. Так, спирохеты рода *Borrelia* вызывают возвратный тиф, *Treponema pallidum*, бледная спирохета — сифилис. Представители рода Leptospira являются возбудителями лептоспирозов [7, 17].

Микоплазмы. Это прокариоты, характеризующиеся отсутствием клеточной стенки. Клетки микоплазмы окружены цитоплазматической мембраной, имеют сферическую или овальную форму. Некоторые из них представлены мелкими круглыми гранулами, тонкими нитями или звездочками. Это очень мелкие микроорганизмы (0,1–0,2 мкм) и проходят через бактериальные фильтры. Размножаются отшнуровыванием участка клетки.

Большинство микоплазм — паразиты растений и животных (род *Mycoplasma*), есть и сапрофиты. Существует интересная группа микоплазм, которые откладывают на поверхности цитоплазматической мембраны оксиды железа и марганца (род *Metallogenium*).

1.2. Вирусы

Вирусы известны науке с 1892 г. благодаря работам русского ученого Д. И. Ивановского, изучавшего мозаичную болезнь табака [4]. Он обнаружил, что возбудителем этой болезни является микроорганизм, проходящий через мельчайшие бактериальные фильтры и не способный расти на лабораторных питательных средах. Название «вирус» предложено голландским ученым Бейеринком от латинского слова «virus» — яд. В последующие 20 лет открыты вирусы ящура, саркомы Рауса, бактерий. Таким образом, к началу XX века стали известны вирусы растений, животных и бактерий [18].

Вирусы — это биологически активные *структуры неклеточного строения*, занимающие промежуточное положение между живой и неживой природой. На двойственность природы вирусов указывает их способность к кристаллизации при сохранении всех присущих им биологических свойств [13, 19].

Другое свойство вирусов, не позволяющее относить их к полноценным живым существам, — это *отсутствие самостоятельного обмена веществ.*

Лишенные ферментов вирусы в свободном состоянии представляют собой безжизненные, инертные частицы, отождествляемые с веществом. Биологическая активность вирусов проявляется только в зараженных ими клетках. Вирусы — облигатные внутриклеточные паразиты. В отличие от клеточных организмов они содержат только один тип нуклеиновой кислоты — дезоксирибонуклеиновую (ДНК), либо рибонуклеиновую (РНК). Это в значительной степени определяет неполноценность вируса как живого организма.

Вместе с тем вирусы обладают определенными свойствами, которые ставят их в один ряд с живыми существами. Они состоят из структурных упорядоченных макромолекул белка и нуклеиновых кислот, а отдельные из них (вирусы животных) содержат липиды и углеводы. Они обладают способностью к изменчивости и передаче наследственных признаков. Вирусы способны размножаться, но только за счет энергетических ресурсов и обмена веществ клетки. Таким образом, это специфические внутриклеточные паразиты, которые в процессе эволюции приспособились к подчинению и

использованию метаболизма инфицированной клетки. Происхождение их неизвестно, существуют лишь гипотезы.

Согласно *экзогенной гипотезе* вирусы произошли от древнейших доклеточных форм и в процессе эволюции приспособились к паразитированию в первичных одноклеточных, а затем эволюционировали вместе с хозяином, т. е. сначала могли появиться вирусы бактерий, а затем растений и животных.

По *эндогенной гипотезе* вирусы произошли из генетического материала клеток-хозяев. Не исключено также, что это — регрессивные формы патогенных бактерий, у которых в результате паразитизма предельно упростился химический состав и ферментативный аппарат. Вполне допустимо, что РНК- и ДНК- содержащие вирусы имеют разное происхождение.

Размеры вирусов очень малы. Применение электронного микроскопа позволило точно определить их. Некоторые из них, например, осповакцины, приближаются к бактериям — (200–350 нм). К крупным относят вирус бешенства (100–150 нм); средним — гриппа (80–120 нм), саркомы кур (70 нм); самым мелким — ящура, полиомиелита (10–12 нм).

Форма вирусов также разнообразна [13]. Различают сферическую (вирус гриппа, герпеса), палочковидную (вирусы растений), нитевидную (некоторые вирусы растений и бактерий), икосаэдрическую (двадцатигранник — кори и парагриппа), булавовидную (вирусы бактерий и актиномицетов) (рис. 10).

Химический состав вирусов несложный. Зрелая частица вируса — вирион — содержит *нуклеиновую кислоту* и *белок*. Нуклеиновая кислота составляет внутреннее содержание вириона, окруженное белковой оболочкой — капсидом, которая предохраняет его от неблагоприятных внешних воздействий и обеспечивает прикрепление вируса к клетке. Капсид состоит из отдельных структурных единиц — капсомеров, особенность укладки которых в капсиде определяет тип симметрии вируса. Он может быть спиральный, кубический, сферический и смешанный (рис. 11).

Вирусные белки содержат дикарбоновые кислоты и устойчивы к действию протеолитических ферментов, химических и физичес-

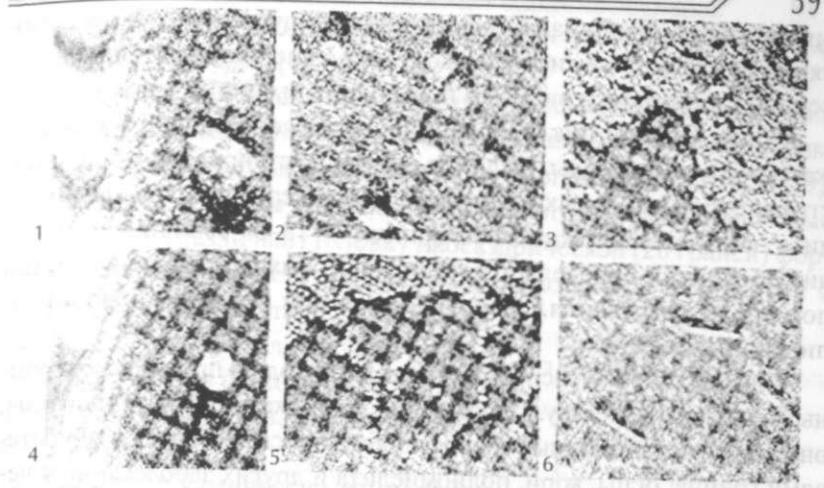


Рис. 10. Вирусы животных (*1-4*) и растений (*5-6*) (× 50 000) [4]: *1* — вирус коровьей оспы; *2* — вирус гриппа, тип А; *3* — вирус полтомиелита, тип II; *4* — вирус болезнетворный для насекомых; *5* — вирус мозаики табака; *6* — вирус, поражающий кустарники

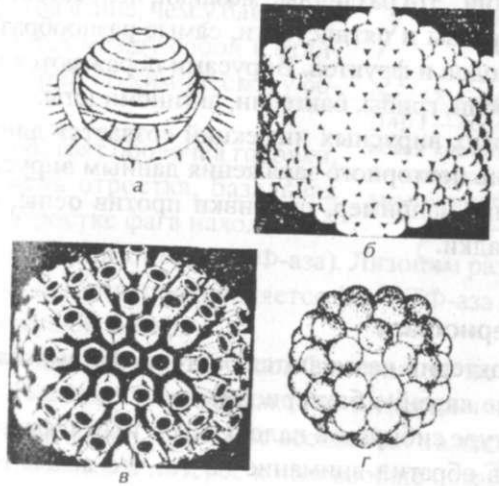


Рис. 11. Схематическое изображение расположения капсомер вирусов [20]: винтовое — вирус гриппа (*а*); кубическое — аденовирус (*б*) и вирус герпеса (*в*); сферическое — вирус полиомиелита (*г*)

ких факторов. Основная функция белков вируса заключается в изоляции нуклеиновых кислот от контакта с внешней средой, обеспечении автономности вируса и повышении его устойчивости.

Кроме белка и нуклеиновых кислот некоторые вирусы содержат *липиды* и *углеводы*. Наличие липидов установлено у большинства вирусов животных и человека. Например, вирус энцефаломиелита лошадей содержит 54 %, гриппа — 18–37 % липидов. Наличие последних определяет постепенный выход вирусов из клетки по мере их созревания. У вирусов растений не обнаружено ни липидов, ни углеводов.

Вирусы широко распространены в природе и причиняют огромный вред человечеству. Паразитируя в клетках живых организмов, они вызывают различные заболевания. Вирусы являются возбудителями гриппа, оспы, кори, полиомиелита и других заболеваний у человека. Вирусы оспы, кори и папилломы поражают кожу, полиомиелита и бешенства — спинной и головной мозг, а вирус желтой лихорадки — печень. Всего более 100 заболеваний. Вирус ящура поражает коров и коз, орнитоза — птиц. Весьма многочислены вирусные заболевания растений. Это различные мозаики, полосатости и курчавости листьев, некрозы и пятнистости, самые разнообразные поражения цветов, плодов и фруктов. Вирусами поражаются и микроорганизмы: водоросли, грибы, бактерии, актиномицеты.

После многих вирусных инфекций создается длительный иммунитет против повторного заражения данным вирусом. Чрезмерно эффективны, например, прививки против оспы, бешенства и желтой лихорадки.

1.3. Бактериофаги

Вирусы бактерий называются бактериофагами или просто фагами. Впервые явление бактериофагии наблюдал Н. Ф. Гамалея в 1898 г. в культуре сибирской палочки. А в 1917 г. французский ученый Д'Эррель обратил внимание на то, что какой-то невидимый агент разрушает культуры дизентерийных палочек. Он изучил биологические особенности этого агента, его взаимоотношения с бактериями и дал ему название бактериофаг, т. е. «пожиратель бактерий». Этот термин вошел в литературу, хотя и не всегда фаг вызывает гибель бактерий [8].

Фаги распространены повсюду, особенно богат ими кишечник человека и животных. Известны многочисленные разновидности бактериофагов; обычно они поражают бактерии определенного вида [19].

Наиболее изучены фаги кишечной палочки, так называемые Т-фаги. У них различают головку икосаэдрической (20 граней) формы и отросток. Отросток заканчивается базальной пластинкой с выростами в виде шипов. От них отходят тонкие нити. Базальная пластинка и нити участвуют в процессе адсорбции и прикрепления фага на бактериальной клетке (рис. 12).

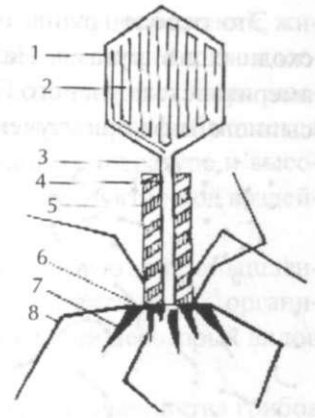


Рис. 12. Схема строения фага [14]: *1* — оболочка; *2* — нуклеиновая кислота; *3* — стержень; *4* — канал; *5* — чехол; *6* — базальная пластинка; *7* — зубцы; *8* — нити

Основные химические компоненты фагов — *белки* и *нуклеиновые кислоты* (НК). Они составляют содержимое головки фага. Большинство имеют двунитчатую ДНК, некоторые — РНК. Содержание НК у фагов выше, чем у бактерий. Фаги различаются между собой и отличаются от бактерий по химическому составу ДНК.

Из белков состоят оболочка головки, чехол и стержень отростка, базальная пластинка. В отростке фага находятся и ферментные белки (лизоцим и АТФ-аза). Лизоцим разрушает стенки бактерий, на которые прикрепляется фаг. АТФ-аза обеспечивает сокращение чехла отростка.

Так как бактериофаги разрушают бактерии, то их пытались использовать для лечения и профилактики инфекционных заболеваний. Но терапевтический эффект не всегда был положительным, а с открытием антибиотиков интерес к ним вообще ослаб. Позже фаги заняли ведущее место в решении более важных общебиологических проблем. Простота структурной организации фагов, высокий выход потомства в короткий промежуток, доступность работы с ними дела-

ют фаг удобной моделью для изучения разнообразных вопросов молекулярной биологии. Они стали основным объектом исследований в области молекулярной генетики. На модели фага были проведены классические исследования тонкой структуры гена, по расшифровке наследственного кода, механизма передачи наследственной информации, молекулярные основы мутационных процессов.

1.4. Риккетсии

Это особая группа облигатных внутриклеточных паразитов, сходных с вирусами. Названы по имени открывшего их в 1910 г. американского ученого Говарда Риккетса, погибшего в Мексике от сыпного тифа при изучении возбудителей заболевания [21].

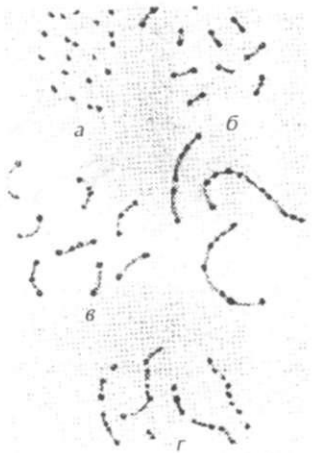


Рис. 13. Типы риккетсий [14]: *а* — кокковидные; *б* — палочковидные; *в* — бациллярные; *г* — мицеллярные

Риккетсии по строению сходны с бактериями. Имеют палочковидную, овальную или сигарообразную форму клеток (рис. 13). Размер клеток — 300–2000 нм (0,3–2 мкм); неподвижны, спор не образуют, размножаются делением на две части. У них есть клеточная стенка, ядро в виде нуклеотида, в клетке содержатся ДНК и РНК, комплекс дыхательных и гидролитических ферментов.

Известно около 50 видов риккетсий, паразитирующих в пищеварительном тракте и слюнных железах вшей, тлей, клопов и клещей, не причиняя вреда хозяину. Некоторые из них передаются при укусе человеку и, размножаясь в его клетках, вызывают симптомы болезней. Известно шесть видов риккетсий, являющихся возбудителями болезней человека. Они, в частности, вызывают сыпной тиф и пятнистую лихорадку.

Риккетсии культивируют в тканях куриного зародыша, развивающегося в яйце. Таким образом их выращивают в больших количествах для получения вакцин.

1.5. Грибы

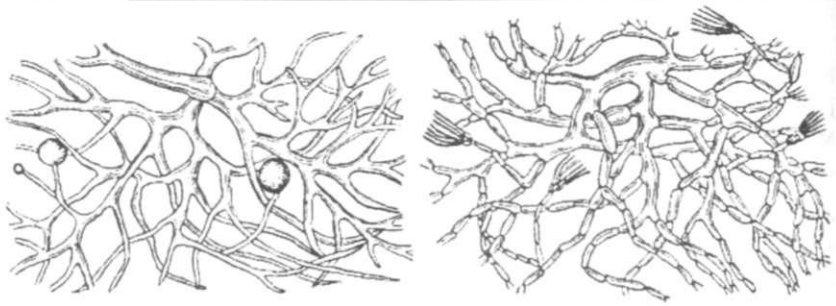
Грибы — обширная и разнообразная группа низших споровых растительных организмов, многие из которых называют плесенями или микроскопическими грибами. Они лишены хлорофилла и поэтому не способны к синтезу органических веществ из диоксида углерода и воды, а нуждаются для своего развития в готовых питательных веществах. К настоящему времени открыто и описано около 50 тысяч видов микроорганизмов, принадлежащих к этой таксономической группе [11].

Отдельные грибы — паразиты высших и низших растений, животных и человека и могут вызвать у них заболевания. Многие плесневые грибы вызывают порчу пищевых продуктов (мяса, сыра, масла, хлеба и т. д.). Обильное их развитие на продуктах наблюдается при широком доступе воздуха, повышенной температуре и высокой влажности. Изменения, возникающие в продуктах под воздействием плесени, напоминают брожение.

Многие грибы употребляют в пищу, используют в промышленном производстве для получения ферментов, витаминов, органических кислот, антибиотиков и при изготовлении некоторых видов сыров (Рокфор).

Строение тела гриба. Вегетативное тело большинства грибов состоит из тонких ветвящихся нитей, называемых *гифами*, толщиной 1–5 мкм. Они собраны в густо переплетенные скопления — *мицелий*, или *грибницу* [22]. Мицелий состоит из нижней и верхней частей. Нижняя (вегетативная) стелется по поверхности субстрата по всем направлениям; верхняя — спорообразующая. По мере роста эта часть поднимается над субстратом в воздух, образуя паутинообразные, пушистые или бархатистые налеты различной окраски (черной, зеленой, желто-бурой, коричневой и др.).

Гифы у грибов бывают различные. У одних они не имеют перегородок и мицелий представляет собой одну разросшуюся гигантскую клетку. Это одноклеточные грибы, а мицелий — несептированный (неклеточный). У других видов грибов гифы разделены перегородками на отдельные клетки. Это многоклеточные грибы с септированным мицелием (рис. 14).



а *б*

Рис. 14. Мицелий грибов [5]: *а* — неклеточный; *б* — клеточный

Строение клетки. Грибы относятся к эукариотам (рис. 15). Клетки их имеют многослойную клеточную стенку, состоящую в основном из полисахаридов — хитина или целлюлозы. Под клеточной стенкой расположена трехслойная цитоплазматическая мембрана.



Рис. 15. Схема строения грибной клетки [5]: *1* — клеточная стенка; *2* — ядро; *3* — ядерная оболочка; *4* — рибосомы; *5* — митохондрии; *6* — цитоплазматическая мембрана; *7* — лизосомы; *8* — аппарат Гольджи; *9* — эндоплазматическая сеть; *10* — цитоплазма

В цитоплазме находятся вакуоли и различные включения с запасом питательных веществ (гликоген, жир, волютин), а также рибосомы и митохондрии.

Рибосомы — очень мелкие, округлые, многочисленные образования, в которых происходит синтез белка.

Митохондрии — образования из липопротеиновых мембран, осуществляющие энергетические процессы в клетке с получением АТФ-вещества, богатого энергией.

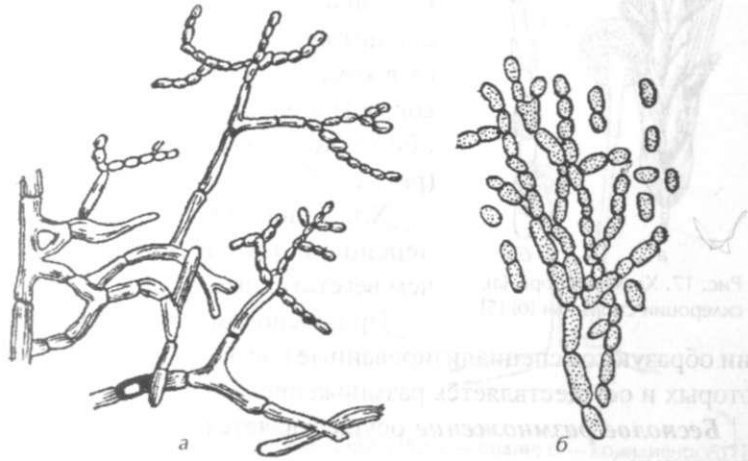
В *эндоплазматической сети*, пронизывающей всю цитоплазму, происходит синтез углеводов, липидов и других соединений.

Аппарат Гольджи является «транспортной» системой клетки, через которую движутся вещества, синтезируемые в эндоплазматической сети, а также удаление продуктов обмена.

В клетках грибов содержится ясно выраженное обособленное *ядро*, а иногда и несколько ядер. Ядро окружено двойной мембраной и имеет ядрышко и хромосомы, содержащие ДНК.

Размножение грибов. Их характерной особенностью является способность размножаться многими способами. Между разными видами грибов наблюдаются существенные различия, которые заключаются в строении органов спороношения и способах размножения. Грибы размножаются вегетативным, бесполым и половым путями.

Вегетативное размножение происходит без каких-либо специализированных органов: частями мицелия или отдельными клетками — оидиями (рис. 16).



а *б*

Рис. 16. Распадающийся мицелий (*а*) и оидии (*б*) гриба оидиум [12]

Размножение частями мицелия происходит следующим образом. Каждый кусочек мицелия, попав в благоприятные условия, начинает увеличиваться в размерах, растет, ветвится и дает начало новому организму.

Оидии — тонкостенные клетки, на которые распадаются гифы некоторых грибов. Каждая оидия прорастает в новую гифу. Расчле-

нение гифы на оидии начинается с концов и может привести к распаду всего мицелия.

Многие грибы при наступлении неблагоприятных условий способны образовывать покоящиеся стадии — *склероций*. Склероций — плотное сплетение гиф с запасом питательных веществ и малым количеством воды. Снаружи он покрыт оболочкой и находится некоторое время в анабиозе. В благоприятных условиях склероций прорастает. Например, рожки спорыньи в колосьях злаков (рис. 17, *а*).

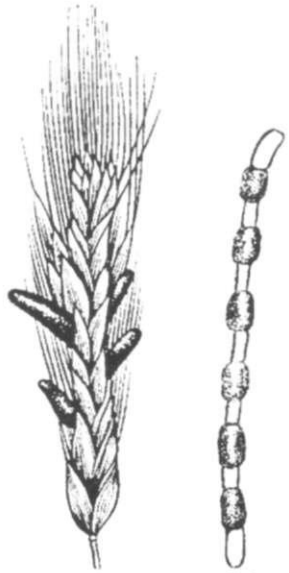


Рис. 17. Хламидоспоры (*а*); склероции спорыньи (*б*) [5]

Другой покоящейся стадией являются *хламидоспоры*. В отличие от оидий они имеют толстую клеточную оболочку. При их образовании у некоторых грибов цитоплазма гиф начинает собираться в комочки, каждый покрывается новой, обычно толстой и темноокрашенной оболочкой, образуя хламидоспору (рис. 17, *б*).

Хламидоспоры и склероции легче переносят неблагоприятные условия, чем вегетативные гифы и оидии.

При бесполом и половом размножении образуются специализированные клетки — споры, с помощью которых и осуществляется размножение.

Бесполое размножение осуществляется спорангиоспорами и конидиями.

Размножение *спорангиоспорами* характерно для одноклеточных грибов. У этих грибов от мицелия, который достиг определенной зрелости, начинают расти вверх более толстые плодоносящие гифы — *спорангиеносцы*. Конец спорангиеносца утолщается и превращается в шаровидную головку — *спорангий*. Спорангиеносец при этом врастает внутрь спорангия в виде колонки или булавы. Многоядерная цитоплазма спорангия по мере созревания начинает

распадаться на громадное количество одноклеточных и обычно неподвижных эндоспор — спорангиоспор. Когда споры созревают, спорангий лопается и споры легко разносятся ветром. У некоторых грибов спорангиоспоры имеют жгутики (зооспоры). Образуются они у грибов, ведущих водный образ жизни.

Размножение *конидиями* (рис. 18) характерно для грибов с многоклеточным мицелием. Конидии являются экзоспорами, так как появляются снаружи плодоносящих гиф — *конидиеносцев*, которые могут располагаться на мицелии поодиночке или группами. При групповом развитии конидиеносцы образуют пучки *коремии* или располагаются тесным слоем в особых образованиях — *ложе* или *пикнидах*. Пикниды — колбовидные образования, ложе — блюдцеобразные.

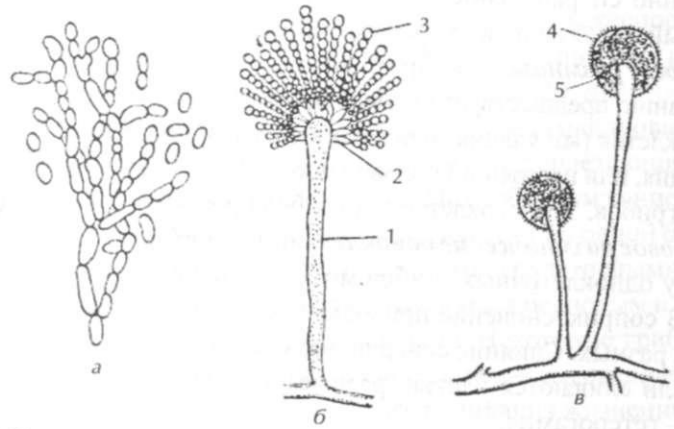


Рис. 18. Органы бесполого размножения грибов [5]: *а* — оидии; *б* — конидиеносец *(1)* со стеригмами *(2)* и конидиями *(3)*; *в* — спорангиеносец со спорангием *(4)* и спорангиоспорами *(5)*

Конидии получаются путем отделения непосредственно от конидиеносцев или специальных клеток, которые находятся на его вершине. Это клетки в форме бутылочки — *стеригмы*. Конидии располагаются на конидиеносцах поодиночке, группами, цепочками и т. д. (рис. 19). Они слабо соединены между собой, поэтому легко разносятся по воздуху.

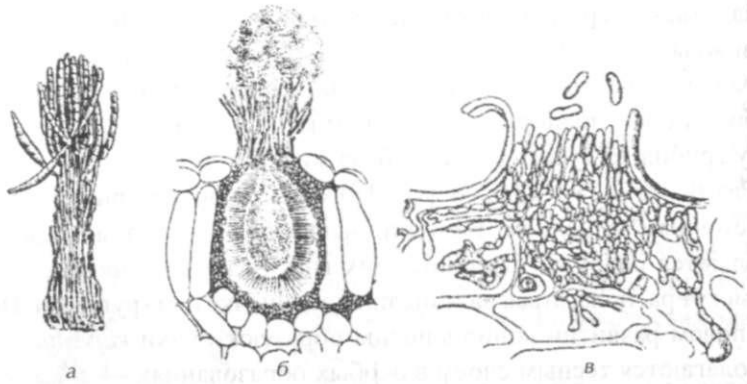


Рис. 19. Типы конидиального спороношения [5]: *а* — коремия; *б* — пикнида; *в* — ложе

Именно спорангиеносцы и конидиеносцы образуют видимый пушистый налет на поверхности материалов, пораженных грибами.

Половое размножение. При половом размножении грибов спорообразованию предшествует половой процесс — слияние содержимого двух клеток (копуляция) или слияние ядер в двухъядерной клетке. Копуляция, или настоящий половой процесс, наблюдается у одноклеточных грибов. У многоклеточных грибов происходит слияние ядер.

Половое размножение одноклеточных грибов. Копулирующие клетки у одноклеточных грибов могут быть совершенно одинаковыми. В соприкосновение приходят гифы одного и того же мицелия или разных. Слияние совершенно одинаковых клеток — *изогамия.* Если сливаются клетки, разные по возрасту и по внешнему виду, — гетерогамия.

При *изогамной копуляции* к моменту созревания грибницы на лежащих близко друг к другу гифах появляются раздутые отростки, отделенные от основной гифы перегородкой. Эти отростки затем переходят в соприкосновение, при котором наблюдается постепенное растворение оболочек, вздутие в месте соприкосновения и последующее слияние содержимого обеих клеток в общем канале. Возникающая двухъядерная клетка покрывается многослойной и постепенно темнеющей оболочкой и, наконец, превращается в спору – *зиготу,* или *зигоспору* (рис. 20).

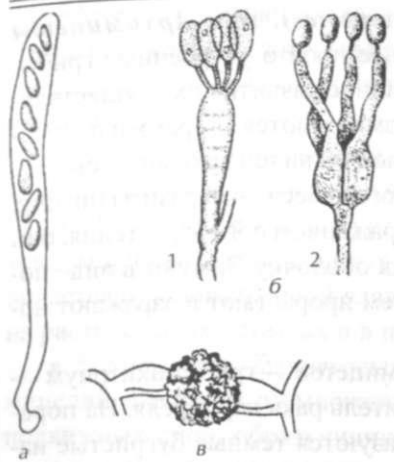


Рис. 20. Органы полового спороношения: *а* — сумка (аскус) с аскоспорами; *б* — базидии с базидиоспорами: *1* — одноклеточная базидия; *2* — многоклеточная базидия; *в* — зигота

При *гетерогамной копуляции* мелкая (мужская) клетка — антеридий — без слияния переходит в более крупную (женскую) клетку — оогоний. При этом образуется двухъядерная клетка — оосифа.

Половое размножение многоклеточных грибов. У многоклеточных грибов из клетки, появившейся после слияния, развиваются органы плодоношения:

• *сумки (аски)* представляют собой вытянутые клетки, внутри которых образуется определенное число (чаще 8) аскоспор различной формы, бесцветных или окрашенных (рис. 20, *а*).

• *базидии* — имеют вид продолговатых мешковидновытянутых клеток, которые образуются у основания переплетающихся гиф. Выполняют функции конидиеносцев. На свободном конце базидии вырастают 4 отростка — стеригмы, на каждом по одной *базидиоспоре* (рис. 20, *б*). Базидии могут быть и многоклеточными.

Большинство грибов может размножаться бесполым и половым способами, их называют *совершенными.* Некоторые грибы, вообще неспособные к половому размножению, — *несовершенными.*

Многоклеточное строение, дифференциация жизненных функций между частями гриба (воздушным и глубинным мицелием) свидетельствуют о том, что это более высокоорганизованные, сложные организмы по сравнению с бактериями.

Систематика грибов. Классификация грибов основывается на использовании комплекса признаков. В зависимости от особенностей строения мицелия и органов бесполого размножения, способности к половому размножению и строению плодовых тел все грибы, являющиеся возбудителями порчи пищевых продуктов и используемые в промышленности, делятся на следующие классы [23].

Хитридиомицеты (Chitridiomycetes),* или *Архимицеты (Archimycetes). Это низшие, наиболее просто устроенные грибы. У них совсем нет мицелия. Вегетативное развитие их осуществляется за счет комочка цитоплазмы. Размножаются спорами и посредством жгутиковых зооспор. Известно 300 видов архимицетов.

Большинство представителей этого класса — паразиты низших и высших растений. Развиваясь в пораженном органе растения, они уничтожают цитоплазму клеток и их оболочку. Зимуют в виде покоящихся спор — цист, которые затем прорастают и заражают новые растения.

Важнейший представитель архимицетов — гриб синхитриум — *Synchytrium endobioticum* — возбудитель рака картофеля. На пораженных клубнях около глазков образуются темные бугристые наросты различных размеров, напоминающие губку. В наростах содержится масса зооспор, которые освобождаются из разрушающихся тканей клубня и заражают другие клубни. Потери урожая могут быть до 40–60 %.

Гриб *ольпидиум* (*Olpidium brassicae*) вызывает заболевание капустной рассады «черная ножка».

Фикомицеты (Phycomycetes). Этот класс грибов содержит около 500 видов. Их нитевидные тела напоминают водоросли. Размножаются половым и бесполым способами, сходными с размножением водорослей. Поэтому фикомицеты иногда называют «грибы-водоросли». В гифах этих грибов мало или совсем нет перегородок, а мицелий содержит много ядер, погруженных в общую массу цитоплазмы.

По типу полового размножения фикомицеты подразделяются на два подкласса: оомицеты и зигомицеты.

• *Оомицеты (Oomycetes)* имеют хорошо развитый одноклеточный мицелий. Бесполое размножение осуществляется подвижными спорами — зооспорами, а половое — ооспорами. Многие грибы этого подкласса вызывают заболевания растений. Из оомицетов наибольшее значение имеют фитофтора и плазмопара:

• *фитофтора (Phytophtora infestans)* поражает клубни и ботву картофеля, плоды томатов и баклажаны. На клубнях, зараженных

фитофторой, образуются вдавленные пятна, захватывающие постепенно весь клубень, который при этом отмирает. Поверхность клубня покрывается белым пушистым налетом, состоящим из спорангиеносцев;

• *плазмопара (Plasmopara viticola)* вызывает болезнь винограда, поражающую листья и ягоды (ложная, мучнистая роса, мильдью). Пораженные ягоды буреют, покрываются паутинным налетом, сморщиваются и опадают. Особенно интенсивно болезнь развивается при повышенной влажности. Споры грибов сохраняются на растительных остатках и в почве в течение нескольких лет.

• *Зигомицеты (Zygomycetes)* имеют развитый одноклеточный мицелий. Бесполое размножение осуществляется с помощью неподвижных спор, образующихся в спорангиях, половое — зигоспорами. Широко распространены в природе. Многие из них — активные возбудители порчи пищевых продуктов. Наиболее часто встречаются мукор, ризопус, тамнидиум:

• *мукор (Mucor)* — серая плесень, исключительно неприхотлив и быстро размножается. Поражает плоды, овощи, готовые кулинарные изделия и другие продовольственные товары, а также древесину, обои, ткани и др. При бесполом размножении образует крупные одиночные спорангии;

• *ризопус (Rhizopus)* образует неветвящиеся спорангиеносцы, растущие кустиками. Вызывает «плесневение» хлеба, «мягкую гниль» ягод и овощей;

• *тамнидиум (Thamnidium)* имеет два вида спорангиев. На вершине спорангиеносца образуется крупный многоспоровый сифангий, а на боковых его ветвях — мелкие спорангиоли с небольшим количеством спор (рис. 21).

Некоторые мукоровые способны возбуждать слабое спиртовое брожение и их применяют наряду с дрожжами в производстве алкогольных напитков. Среди мукоровых грибов существуют возбудители заболеваний человека и животных, паразиты насекомых — вредителей сельскохозяйственных культур.

Аскомицеты (Ascomycetes), или сумчатые грибы представляют самый обширный класс грибов (35 тыс. видов), имеющий мно-

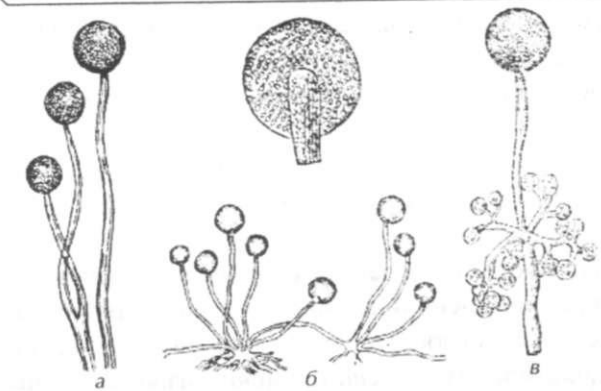


Рис. 21. Спорангиеносцы зигомицетов Mucor (*а*); Rhizopus (*б*); Thamnidium (*в*) [5]

гоклеточный мицелий. Размножаются аскомицеты бесполым путем с помощью конидий. При половом размножении эти грибы формируют споры в особых сумках (асках). В каждой развивается от 2 до 8 спор. Некоторые сумчатые грибы не имеют плодовых тел, и сумки у них развиваются непосредственно из мицелия. Грибы, образующие плодовые тела, называются *плодосумчатыми,* а не образующие — *голосумчатыми.*

Широко распространены плодосумчатые грибы родов аспергиллус и пенициллиум.

Грибы рода Аспергиллус (Aspergillus) имеют одноклеточные и неразветвленные конидиеносцы, верхушки которых образуют утолщение, несущее на поверхности бутылочновидные клетки (стеригмы) с цепочками конидий (рис. 22, *а*).

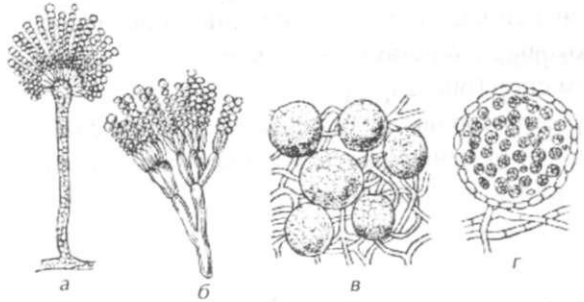


Рис. 22. Конидиеносцы и плодовые тела (клейстотеции) грибов [5]: *Aspergillus* (*а*); *Penicillium* (*б*); плодовые тела (общий вид и разрез) (*в, г*)

У грибов рода Пенициллиум (Penicillium) конидиеносцы многоклеточные, ветвящиеся, на концах разветвлений находятся стеригмы с цепочками конидий. Конидии бывают зеленой, голубой, серо-зеленой окраски или бесцветные. Верхняя часть конидиеносца (рис. 22, *б*) — в виде кисточки.

Грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium* являются возбудителями плесневения продуктов питания, промышленных изделий и материалов. Некоторые представители используются в промышленности. *Aspergillus niger*, например, применяют в производстве лимонной кислоты; *Aspergillus oryzae* и *Aspergillus awamori* используют для получения ферментных препаратов.

Отдельные виды *Penicillium* применяют в производстве антибиотика пенициллина. *Penicillium roqueforti* необходим для созревания сыра Рокфора, *Penicillium camemberti* — в производстве сыра Камамбера.

К плодосумчатым грибам также относятся *склеротиния* (*Sclerotinia*), вызывающая порчу плодов и овощей, — огурцов, моркови (белая гниль моркови); *спорынья* (заражает зерновые культуры), а также съедобные грибы — сморчок, строчок и трюфель.

К голосумчатым грибам относятся дрожжи и дрожжеподобные грибки (эндомицеты). Например, *Endomyces vernalis*, развиваясь на отходах целлюлозно-бумажного производства, может накапливать в клетках до 30 % жира и используется в промышленности при производстве жиров.

Представители голосумчатых способны вызывать меловую болезнь хлеба, при которой в мякише появляются белые сухие пятна.

Базидиомицеты (Basidiomycetes) включают шляпочные, домовые, ржавчинные и головневые грибы, трутовики (всего 25 тыс. видов). Они получили такое название потому, что их половое размножение связано с образованием *базидий*, сходных с сумками аскомицетов. Каждая базидия представляет собой разросшуюся булавовидную клетку гифы, на конце которой развиваются 4 базидиоспоры. Базидии с базидиоспорами могут развиваться непосредственно на мицелии, но у многих базидиомицетов есть плодовые тела.

Шляпочные грибы имеют плодовое тело из шляпки и ножки. Нижняя поверхность шляпки состоит либо из пластины (сыроежка, опенок, рыжик), либо из трубочек (белый гриб, подберезовик и др.), на боковых поверхностях которых развиваются базидии. Известно около 200 видов съедобных грибов и около 25 видов ядовитых.

Трутовики разрушают древесину живых деревьев и лесоматериалов. Например, грибы рода *Foles* образуют лопатовидные и веерообразные наросты на стволах деревьев, делая древесину непригодной для использования.

Домовые грибы также можно отнести к трутовикам. Они поражают деревянные части зданий, складских помещений, бочки и другие предметы. Наиболее опасен настоящий домовый гриб *Serpula lacrymans*, который, развиваясь на древесине, образует белый мицелий с розоватыми или желтоватыми пятнами и водянистой жидкостью.

Головневые и *ржавчинные грибы* имеют многоклеточные базидии и не имеют плодовых тел. Поражают плодовые деревья, ягодники, огородные и полевые культуры.

Дейтеромицеты (Deuteromycetes),* или *несовершенные грибы (Fungi imperfecti), — известно 25 тыс. видов. Это многоклеточные грибы, у которых не обнаружено полового размножения. Размножается большинство из них конидиями, а некоторые вообще не имеют органов размножения.

Несовершенные грибы широко распространены в природе. Многие из них являются возбудителями порчи пищевых продуктов, некоторые паразитируют на растениях и могут вызывать заболевания у людей (рис. 23).

Наиболее распространенными и опасными возбудителями порчи продуктов являются следующие грибы.

Оидиум (Oidium). Гифы плесени распадаются на оидии, из которых может развиться новый мицелий.

Oidium lactis — молочная плесень, часто развивается на поверхности сметаны, кисломолочных и других продуктов в виде белой или кремово-белой бархатистой пленки, может поражать также сливочное масло. Развиваясь на квашеной продукции, использует мо-

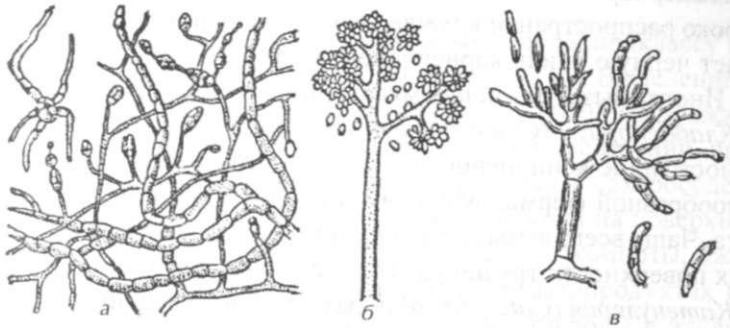


Рис. 23. Несовершенные грибы (дейтеромицеты) [5]: *а* — альтернария; *б* — ботритис; *в* — фузариум

лочную кислоту с образованием воды и диоксида углерода. Опресненный слой становится доступным для гнилостных микроорганизмов, которые вызывают порчу этих продуктов.

Ботритис (Botritis) размножается конидиями, которые располагаются на конидиеносцах, напоминающих гроздь винограда. Вызывает шейковую гниль лука, серую гниль различных овощей (капусты, моркови, томатов и др.) и ягод (малины, земляники, крыжовника и др.). Пораженные овощи и ягоды покрываются серым пушистым налетом, ткани становятся водянистыми, буреют, ослизняются и размягчаются.

Фузариум (Fusarium) имеет мицелий, который развивается в глубине субстрата. Поражает плоды, овощи, злаки, вызывая фузариозы.

Фузариоз лука вызывает *Fusarium cepae.* Поражение начинается с донца луковицы. Появляется белый налет, ткани луковицы буреют и размягчаются.

Фузариоз картофеля («сухая гниль»). Мицелий гриба проникает в клубень, который сморщивается, превращаясь в серовато-белую крахмалистую массу.

Этот гриб часто поражает корни бобовых и тыквенных растений, вызывая их усыхание. Некоторые виды, развиваясь на зерне злаков, способны вырабатывать яды. Хлеб, выпеченный из такого зерна, вызывает отравление, сходное с опьянением; так называемый «пьяный хлеб».

Альтернария (Alternaria). Мицелий гриба почти черного цвета. Широко распространен в почве, на растительных тканях. Гриб вызывает черную гниль корнеплодов (морковь, свекла и др.) и плодов. Иногда вызывает порчу мясных и молочных продуктов.

Кладоспориум (Cladosporium) или гроздевидная плесень имеет прямостоящие конидиеносцы с быстро отпадающими конидиями разнообразной формы. Мицелий и конидии — темно-оливкового цвета. Чаще всего вызывает порчу мяса, масла, сыров, яиц, образуя на их поверхности трудно удаляемые черные пятна.

Катенулярия (Catenularia) образует мелкие колонии. Конидиеносцев нет, на концах гиф образуются длинные цепочки темно-коричневых конидий, похожих на ожерелье. *Catenularia fuligena* — «шоколадная плесень», вызывает порчу сгущенного молока с сахаром, образуя в нем комки и подушечки шоколадного цвета.

Фома (Phoma) не имеет наружного мицелия, размножается пикнидами черного цвета. Развивается внутри гниющего субстрата. Вызывают порчу пищевых продуктов, овощей, бумаги, материалов, находящихся в сырых помещениях.

Phoma betae вызывает сердцевинную гниль свеклы, *Phoma pigmentifora* — порчу сливочного масла.

Монилия (Monilia). Некоторые его виды образуют почкующийся мицелий, либо у них происходит почкование. Другие виды имеют хорошо развитый многоклеточный мицелий и размножаются конидиями. Вызывают «плодовую гниль» семечковых и косточковых плодов. Пораженная мякоть буреет и размягчается, на поверхности плодов появляются скопления конидиеносцев с цепочками крупных конидий на концах в виде сероватых бородавок.

Монилия может вызвать болезнь горла и ротовой полости у человека — молочницу, или афтозный стоматит, а также поражает слизистые оболочки легких и половых органов.

Несовершенные грибы семейства *Trichophytoneae* поражают кожу человека и животных, вызывая стригущий лишай, грибковое заболевание ног и заболевание кожи лица — паразитарный сикоз.

1.6. Дрожжи

Дрожжи относятся к классу сумчатых грибов, подклассу голосумчатых, насчитывают около 50 тысяч видов [11]. Выделение их в отдельную группу объясняется широким применением дрожжей в ряде производств: хлебопечении, виноделии, пивоварении, производстве спирта и др. Они хорошо развиваются в сахаросодержащих средах, плодово-ягодных соках, встречаются на поверхности фруктов, ягод, овощей, во фруктовых изделиях (компоты, джемы, повидло, варенье), а также в маринадах, томатопродуктах и др. Дрожжи способны превращать различные углеводы в этиловый спирт и углекислый газ, вызывая спиртовое брожение.

Некоторые дрожжи используют в качестве пищевого и кормового продукта. С другой стороны, развитие дрожжей в пищевых продуктах вызывает их порчу (вспучивание, изменение запаха и вкуса).

Форма и размеры дрожжей. Дрожжи — одноклеточные, неподвижные микроорганизмы. Клетка дрожжей гораздо крупнее бактериальной, длина ее может достигать 6–10 мкм, а в отдельных случаях — 12–18 мкм, ширина — 4–8 мкм.

Чаще всего встречаются дрожжи округлой, яйцевидной и овально-эллиптической формы, реже — цилиндрической, лимоновидной, колбасообразной. Форма и размеры зависят от среды, в которой дрожжи развиваются (рис. 24).

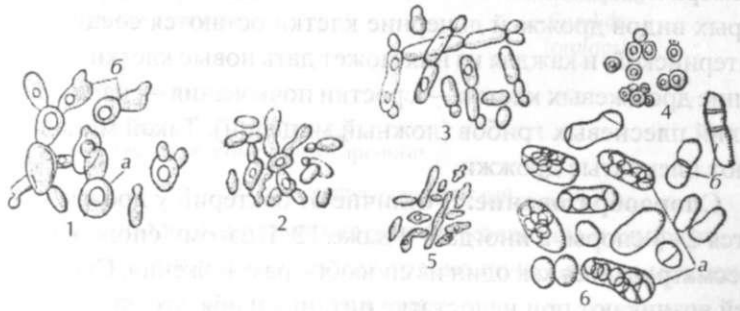


Рис. 24. Дрожжи: форма клеток и размножение [12]: *1* — яйцевидные: *а* — клетка с вакуолью; *б* — почкующиеся клетки; *2* — эллипсовидные; *3* — цилиндрические (палочковидные); *4* — круглые; *5* — лимонообразные; *6* — дрожжи, размножающиеся делением и спорами: *а* — клетки со спорами; *б* — клетки делящиеся

Клеточная оболочка у дрожжей плотная, двухконтурная, содержит 60–70 % гемицеллюлозы, небольшое количество белков, липидов и хитина.

В отличие от бактерий дрожжи имеют дифференцированное (резко выраженное) ядро с двухслойной ядерной мембраной. Поэтому они относятся к *эукариотам.* Дрожжевая клетка имеет такое же строение, как и клетка грибов (рис. 15).

У молодых дрожжевых клеток цитоплазма голубовато-зеленого цвета с нежнопенистым строением. По мере развития клеток в цитоплазме появляются вакуоли, наполненные клеточным соком. Кроме этого, в цитоплазме имеются эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, мезосомы, митохондрии, рибосомы. В качестве запасных питательных веществ в цитоплазме дрожжей могут быть зерна гликогена, волютина, капельки жира. У некоторых разновидностей дрожжей жира накапливается так много, что их используют в промышленности.

Дрожжи размножаются главным образом почкованием, реже — при помощи спор и еще реже — простым делением.

При почковании на поверхности дрожжевой клетки появляется бугорок — почка. В нее переходит из материнской клетки часть цитоплазмы и половина ядра. В месте ее соединения с материнской клеткой возникает перетяжка. При благоприятных условиях примерно через 2 ч молодая клетка достигает половины или полного размера материнской клетки, затем она отделяется. Однако у некоторых видов дрожжей дочерние клетки остаются соединенными с материнской, и каждая из них может дать новые клетки. Такое скопление дрожжевых клеток — сростки почкования — напоминает мицелий плесневых грибов (ложный мицелий). Такой мицелий образуют пленчатые дрожжи.

Спорообразование. В отличие от бактерий у дрожжей появляются 2–4 споры, а иногда 8 и даже 12. Поэтому спорообразование рассматривается как один из способов размножения. Споры у дрожжей возникают при недостатке питания и обязательно при доступе кислорода воздуха.

Ядро споролирующей клетки без предварительного оплодотворения (копуляции), т. е. партеногенетически, начинает делить-

ся на столько частей, сколько образуется спор у данного вида дрожжей. После чего постепенно в клетке (как в сумке) получаются аскоспоры.

При половом способе образованию спор предшествует копуляция, например, прорастающих спор. В большинстве случаев споры у дрожжей округлые и овальные, и лишь у некоторых имеют своеобразную форму — шляповидную (*Willia anomala)* или игловидную. У некоторых видов дрожжей наблюдается простое деление, как у бактерий. Встречаются виды, которые сначала почкуются, а потом делятся.

Классификация дрожжей основана на различии их физиологических признаков и способах размножения. По способности к образованию спор дрожжи делят на истинные и ложные (рис. 25).



Рис. 25. Классификация дрожжей

Дрожжи, способные размножаться почкованием и спорами, — *истинные.* Если они размножаются только почкованием и не способны к спорообразованию, — *ложные.*

Наибольший интерес представляют дрожжи рода сахаромицес (*Saccaharomyces*), который объединяет культурные и дикие виды. Разделен на шесть групп.

К *культурным* дрожжам относят микроорганизмы, которые в результате многолетнего применения приобрели те или иные полезные свойства. В промышленности наиболее широко используют два вида дрожжей: сахаромицес церевизиа и сахаромицес эллипсоидеус.

Сахаромицес церевизиа (Saccaharomyces cerevisiae) — дрожжи округлой или овальной формы, используют в производстве спирта, хлебопечении, пивоварении. Представлены многочисленными расами.

Сахаромицес эллипсоидеус Saccaharomyces ellipsoideus имеют эллиптическую форму и применяют в виноделии, также представлены специфическими расами.

Расы дрожжей — отдельные разновидности, относящиеся к тому или иному виду и различающиеся некоторыми признаками.

Применяемые в производстве спирта и хлебопечении, — это так называемые *верховые дрожжи*. Брожение с их участием протекает быстро при температуре 20–28 °С. Выделяющийся диоксид углерода способствует образованию большого количества пены и выносит дрожжи в верхний слой бродящего субстрата. Оседание дрожжей на дно жидкости происходит после брожения. Спиртовые дрожжи обладают высокой устойчивостью к спирту. Хлебопекарные дрожжи отличаются большой скоростью размножения и быстрым равномерным выделением диоксида углерода, что способствует хорошему разрыхлению теста.

В пивоварении и виноделии чаще используют *низовые дрожжи*. Брожение с их участием протекает спокойно, при более низкой температуре. Дрожжи остаются на дне, что способствует хорошему осветлению вина и пива.

Из *ложных* дрожжей наибольшее значение имеют дикие дрожжи родов *Торулопсис (Torulopsis), Кандида (Candida)* и *Микодерма (Mycoderma)*.

Торулопсис (Torulopsis) вызывает слабое спиртовое брожение и используется в закваскаx для приготовления кефира и кумыса. Эти дрожжи округлой формы и способны образовывать розовые и черные пигменты; могут вызывать прогоркание молока, сыра, масла.

Дрожжи *Кандида (Candida)* имеют клетки вытянутой формы, не способны к спиртовому брожению. Являются вредителями в производстве вин, пива, пекарских дрожжей, вызывают порчу квашеных овощей, безалкогольных напитков. Некоторые виды вызывают заболевания кандидозы у людей, при этом поражаются слизистые оболочки рта и других органов.

Микодерма (Mycoderma) — дрожжи с вытянутыми клетками. Образуют беловато-серые морщинистые пленки на поверхности квашеных овощей, вина и пива. Эти дрожжи не способны к брожению и называются *пленчатыми*. Особенно энергично *Mycoderma* развивается при повышенных температурах. Снижение кислотности открывает возможность для развития гнилостных микробов. В результате этого качество продукции резко снижается, появляются неприятный вкус и запах.

1.7. Актиномицеты

Актиномицеты, или лучистые грибы — микроорганизмы, весьма близкие и к плесневым грибам, и к бактериям. К настоящему времени открыто и описано 10 тысяч видов [11].

Это мицелевидные и немицелевидные одноклеточные микроорганизмы с ветвлением отдельных клеток или целых нитей, неподвижные. Диаметр нити — 0,5–0,8 мкм. Палочковидные формы имеют боковые выросты (рис. 26). У мицелия имеются оболочка и цитоплазма. Оболочка толстая, плотная, многослойная, ее толщина 10–30 мкм, состоит из фибрилл. Цитоплазма покрыта мембраной, ядра нет. Есть нуклеоид, волютин состоит из РНК и полифено-

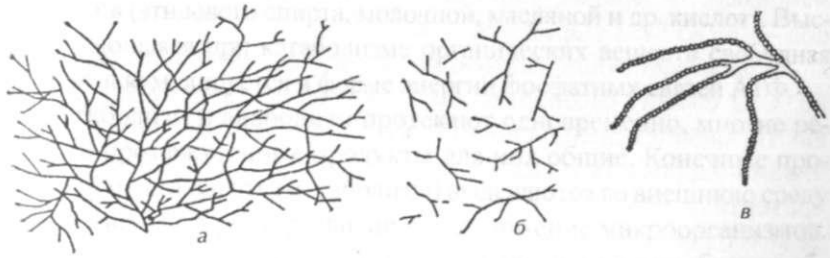


Рис. 26. Актиномицеты: строение тела и размножение [12]: *а, б* — клетки; *в* — споры на воздушной части мицелия

лов. У старых клеток хорошо видны вакуоли, расположенные одиночно или отдельными группами. Размножаются спорами, которые образуются на воздушных ветвях мицелия. Немицелевидные актиномицеты размножаются делением и перешнуровыванием клеток.

Актиномицеты малотребовательны к условиям обитания по сравнению с другими микроорганизмами. Широко распространены в природе, встречаются на почве, на растительных и животных остатках, в воде. Могут вызывать порчу пищевых продуктов, придавая им землистый запах. Ряд актиномицетов окрашен в красный, бурый и черный цвета. Есть и патогенные формы этих микроорганизмов — туберкулезная и дифтерийная палочки.

К актиномицетам относят также проактиномицеты и микобактерии. Микобактерии рассматривают как промежуточную группу между актиномицетами и эубактериями. По морфологии они близки к коринебактериям, занимающим промежуточное положение между микобактериями и пропионово-кислыми бактериями.

Таким образом, актиномицеты можно рассматривать как переходную форму между бактериями и плесневыми грибами.

Глава 2.
ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ МИКРООРГАНИЗМОВ

Физиология микроорганизмов изучает процессы их роста, развития, питания, способы получения энергии для их осуществления, а также происходящие при этом превращения веществ в клетке.

Попав внутрь клетки микроорганизма, питательное вещество участвует во множестве разнообразных химических реакций. Эти реакции, а также все остальные химические проявления жизнедеятельности микроорганизмов носят общее название обмена вещества, или *метаболизма* [24]. Он состоит из двух групп жизненно важных процессов — анаболизма и катаболизма.

Анаболизм (конструктивный обмен) объединяет процессы синтеза макромолекул (нуклеиновых кислот, белков, полисахаридов и т. д.) из более простых соединений. Они связаны с потреблением свободной энергии, вырабатываемой в результате дыхания или брожения, и поставляется в форме аденозинтрифосфата (АТФ).

Катаболизм (энергетический обмен) — это процесс распада белков, жиров, углеводов в основном за счет реакций окисления. У микроорганизмов различают две основные его формы — дыхание и брожение. При дыхании полностью разрушаются органические вещества с выходом большого количества энергии и образованием бедных энергией конечных продуктов (CO_2 и H_2O). При брожении неполностью распадаются органические вещества с высвобождением незначительного количества энергии и накоплением богатых энергией конечных продуктов (этилового спирта, молочной, масляной и др. кислот). Высвобождающаяся при катаболизме органических веществ свободная энергия аккумулируется в форме энергии фосфатных связей АТФ.

Катаболизм и анаболизм протекают одновременно, многие реакции и промежуточные продукты для них общие. Конечные продукты обмена веществ (метаболиты) выделяются во внешнюю среду и обусловливают рост, развитие и размножение микроорганизмов.

Особенность микроорганизмов — в большом разнообразии обменных процессов: различны потребности в питательных веществах

для синтеза веществ тела, способы добывания энергии и, кроме того, необычайно интенсивен обмен веществ. За сутки при благоприятных условиях одна микробная клетка потребляет пищи в 30–40 раз больше массы тела. Основная часть пищи расходуется при катаболизме с выделением в среду большого количества продуктов обмена: спиртов, кислот, диоксида углерода, водорода и др. Эта особенность микроорганизмов широко используется в практике переработки растительного и животного пищевого и непищевого сырья, а также обусловливает быструю порчу пищевых продуктов.

2.1. Химический состав микроорганизмов

Для понимания процессов метаболизма у микроорганизмов и их потребностей в пище необходимо знать химический состав их тела.

Микробная клетка по химическому составу в общих чертах сходна с клетками всех живых организмов. Она содержит одинаковые с ними минеральные и органические вещества. Минеральные представлены одними и теми же элементами. Они входят в состав органических молекул, а также содержатся в клетке в свободном состоянии. Органические вещества по структуре и функциям сходны с аналогичными соединениями клеток других организмов [24].

Вода составляет бльшую часть вегетативной микробной клетки. На ее долю приходится 75–85 % от общей массы. Остальные 15–25 % составляют сухие вещества. Содержание воды в цитоплазме зависит от особенностей вида микроорганизма, его возраста, питания и состава среды. В цитоплазме у кишечной палочки, например, 73 % воды, у протея — 80 %, в клетках плесневых грибов — до 85 %, а у дрожжей — 68–83 %.

Вода играет существенную физиологическую роль в жизни клетки. Она служит растворителем органических и минеральных веществ, является дисперсионной средой для всех коллоидов, источником водородных и гидроксильных ионов, основной средой для протекания реакций промежуточного обмена. Только в водной среде возможна нормальная жизнедеятельность микроорганизмов.

Вода содержится в клетке не только в свободном виде, но и в связанной с клеточными коллоидами форме. Связанная вода более

устойчива к испарению и замерзанию. Она обусловливает изменение значений криоскопической точки цитоплазмы, что, например, объясняет устойчивость микроорганизмов к холоду, высоким температурам, высушиванию. Эти явления вызваны связью воды с компонентами клетки — протеинами, полисахаридами, липидами.

В состав сухих веществ микробной клетки входят *органогены, или органические вещества* — углерод, водород, кислород и азот, которые составляют 90–97 % сухого вещества. Органогены идут на построение сложных органических соединений клетки: белков, углеводов, липидов. Другие элементы — *минеральные (зольные),* на их долю приходится 3–10 %.

Минеральные вещества. Наличие минеральных веществ в клетке необходимо для ферментативных реакций, регулирования осмотического давления, pH и окислительно-восстановительного потенциала. Минеральные элементы используются клеткой и в качестве пластического материала для биосинтеза макромолекул.

Наибольшее количество (4,19–74,3 % от общей массы минерального остатка) приходится на фосфор. Он входит в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов и ряда коферментов. Также фосфор используется для синтеза энергетического производного АТФ и играет существенную роль в клеточном обмене. Несколько меньше (2,4–39,8 %) в клетке содержится калия, необхидимого для гидролиза АТФ и для процессов декарбоксилирования. Магний (0,12–12 %) играет важную роль в активировании ферментов (нуклеаз, фосфотаз), входит в состав пигментов некоторых микроорганизмов. В клетке постоянно обнаруживаются сера, железо, медь, кобальт. Все они в той или иной степени необходимы для жизнедеятельности микроорганизмов.

Органические вещества. Органическую часть микробной клетки составляют белки, нуклеиновые кислоты, углеводы, липиды и другие соединения. В отличие от клеток высших организмов в микробной клетке эти вещества содержатся не в чистом виде, а соединены друг с другом в сложные биополимеры. Кроме того, клетки микроорганизмов содержат специфические для них органические соединения, отсутствующие у макроорганизмов.

Белки. На долю белков в микробной клетке приходится 15–80 % сухого вещества. У бактерий их 50–80 %, дрожжей — 40–60 %, у грибов — 15–40 %. Они имеются в различных клеточных структурах и выполняют множество разнообразных функций. Белки выступают как катализаторы химических реакций (ферменты); входят в состав клеточных структур (капсула, клеточная стенка, мембрана); обеспечивают транспорт питательных веществ в клетку; входят в состав двигательных систем — жгутиков.

По химическому составу белки микробной клетки существенно не отличаются от белков животного и растительного происхождения. Они состоят либо только из аминокислот — *простые белки (протеины)* либо из аминокислот в соединении с веществами небелковой природы (полисахаридами, нуклеиновыми кислотами) — *сложные белки (протеиды)* и включают 20 важнейших аминокислот.

Протеины микробных клеток являются основной частью протеидов, а также носителями ферментативных свойств. Содержание протеинов составляет 40–80 % от сухого вещества клетки и зависит от вида микроорганизма, возраста культуры, состава питательной среды и содержания азотистых веществ. Протеины микроорганизмов относятся к альбуминам и глобулинам.

Из протеидов в микробной клетке обнаружены рибонуклеопротеиды — комплексы РНК с определенными белками, из них состоят рибосомы клетки. Липопротеиды, кроме протеина, включают липиды, гликопротеиды — углеводы.

Нуклеиновые кислоты. Это сложные полимеры, состоящие из огромного количества (1,5 тыс. — 5 млн) элементарных единиц — нуклеотидов. В состав каждого из них входят молекула фосфорной кислоты, сахар (рибоза и дезоксирибоза) и азотистое основание (пуриновое или пиримидиновое).

ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) содержит дезоксирибозу и основания: аденин, гуанин, цитозин, тимин. ДНК является материальной основой наследственности. В ней закодирована информация всех генетических свойств микроорганизмов.

РНК (рибонуклеиновая кислота) содержит рибозу и основания — аденин, гуанин, цитозин, урацил. РНК преимущественно сосредоточена в цитоплазме и в рибосомах и участвует в биосинтезе белка.

Липиды. Под этим названием объединяется целый ряд веществ: нейтральные жиры, высшие жирные кислоты, воски и фосфолипиды. Липиды могут находиться в микробных клетках в свободном состоянии, но чаще образуют комплексы с белками. Они составляют 3–10 % сухого вещества. Лишь у некоторых дрожжей и плесеней количество липидов может достигать 40–60 %.

Липиды микроорганизмов значительно сложнее и разнообразнее, чем липиды макроорганизмов. Физиологическая роль липидов следующая: они являются запасными питательными веществами; входят в состав полного антигена, чем обусловливают антигенные свойства и токсичность патогенных бактерий; входят в структуру клеточной стенки, влияя на ее проницаемость; участвуют в энергетическом обмене микроорганизмов; определяют кислотоустойчивость микроорганизмов.

Углеводы. В клетках большинства бактерий содержится 10–30 % (от сухого вещества), у грибов — 40–60 % различных типов углеводов. Основную часть их составляют полисахариды — крахмал, гликоген, крахмалоподобное вещество (гранулеза) — и продукты их гидролиза. Они являются резервными веществами и по мере надобности используются клеткой как источники энергии и углерода.

Кроме внутриклеточных, многие микроорганизмы образуют внеклеточные полисахариды. Они входят в состав капсулы и слизистых слоев. Так, *Leuconostoc mesenteroides* образует декстран, который используют как заменитель плазмы крови. Возбудитель уксусно-кислого брожения *Acetobacter xylinum* образует целлюлозу, которая по химическому составу тождественна целлюлозе хлопчатника. Большинство микроорганизмов продуцируют внеклеточные гетерополисахариды сложного состава. С химическим строением полисахаридов, входящих в капсулу, например, связана серологическая специфичность и вирулентность патогенных бактерий.

Пигменты. У некоторых микроорганизмов они составляют значительную долю сухого вещества. Пигменты обусловливают окраску микроорганизмов, а иногда выделяются в окружающую среду.

Фотосинтезирующие бактерии содержат особый пигмент типа хлорофилла растений — *бактериохлорофилл*, отличающийся от него строением. В настоящее время известно четыре типа бактериохлорофилла: *a*, *в*, *c*, *d*.

Фототрофы и некоторые дрожжи образуют, кроме того, пигменты *каротиноиды*, которые аналогично бактериохлорофиллу участвуют в ассимиляции углекислого газа.

У некоторых дрожжей в значительном количестве образуются желто-розовые и оранжевые каротиноиды, которые являются провитаминами витамина А. Такие дрожжи перспективно использовать для получения белково-витаминных кормовых продуктов [25].

Живая микробная клетка имеет постоянную и определенную концентрацию ионов водорода (pH) в цитоплазме независимо от того, находится ли она в кислой или щелочной среде. Реакция цитоплазмы у микроорганизмов слабощелочная, а электрический заряд у большинства отрицательный.

Относительная плотность микробных клеток составляет 1,03–1,04, причем молодые культуры имеют большую плотность, чем старые. Вегетативные клетки по плотности меньше, чем споры.

Ферменты микроорганизмов. Все разнообразные и многочисленные биохимические реакции, протекающие в живом организме и связанные с обменом веществ, ростом, развитием, совершаются при участии ферментов. *Ферменты* — это белковые катализаторы, синтезируемые живыми клетками.

Некоторые ферменты состоят только из белка. Другие имеют два компонента, один из них представляет белок (апофермент), а второй (кофермент) — органическая молекула меньшей величины, обычно содержащая фосфат. В состав коферментов входят тот или иной витамин, например, B_1, B_2, B_6, или различные металлы (Mn, Cu, Co, Zn, Fe). Коферменты могут легко отделяться от белковой части и вступать во временную связь с другими белками.

Кофермент обусловливает каталитическую способность ферментов, а апофермент — специфические свойства, избирательную способность действовать на определенный субстрат.

Некоторые ферменты могут всегда присутствовать в клетке и носят название *конститутивных*, а те ферменты, которые вырабатываются клеткой только при изменяющихся условиях среды, — *адаптивные (индуцибельные)*. Индуцибельные ферменты синтезируются только в ответ на присутствие в среде необходимого для клетки субстрата-индуктора. Индуцированный синтез ферментов идет только до тех пор, пока в среде присутствует индуктор. При этом фермент синтезируется заново во всех клетках одновременно. Индукторами биосинтеза ферментов являются многие питательные вещества.

Одни ферменты свободно выделяются в окружающую среду при жизни клетки и называются *экзоферментами*. К ним относятся ферменты, катализирующие реакции расщепления сложных питательных веществ (белков, липидов, углеводов) вне клетки. Другие ферменты прочно связаны с клеточными структурами и действуют внутри клетки — это *эндоферменты*.

Каталитическая способность некоторых ферментов поистине феноменальна. Например, одной молекулы каталазы достаточно для разложения 5 млн молекул перекиси водорода в минуту при 0 °С.

Ферменты различаются специфичностью, числом субстратов, на которые они могут действовать. Некоторые ферменты абсолютно специфичны, например, фермент мальтаза расщепляет только солодовый сахар (мальтозу), а лактаза — только молочный (лактозу).

Другие ферменты обладают относительной специфичностью и действуют на несколько близких друг другу веществ. Пероксидаза расщепляет несколько различных перекисей, в том числе и перекись водорода.

Специфичность ферментов обусловлена структурными особенностями молекул фермента и субстрата. Катализируемая ферментом реакция начинается со связывания субстрата с апоферментом, а точнее с его активным центром. Образуется комплекс *фермент-субстрат*. По окончании реакции образовавшийся комплекс фер-



Рис. 27. Схема взаимодействия фермента с субстратом [5]

мента с продуктами реакций распадается с освобождением исходного фермента и конечных продуктов ферментативного процесса (рис. 27).

Факторы, влияющие на активность ферментов. Ферменты отличаются неустойчивостью к воздействию ряда факторов внешней среды. Это связано с белковой природой ферментов и выражается в потере их активности.

Температура. Ферменты теряют активность при нагревании: при температуре 50–60 °С большинство ферментов инактивируются. Инактивация их необратима, так как после охлаждения активность не восстанавливается. Однако известны и исключения из этого правила. Некоторые виды сине-зеленых водорослей живут в горячих источниках, где температура воды достигает почти 100 °С.

Оптимальная температура, при которой данный фермент наиболее активен, для разных ферментов различна и характеризует каждый фермент. У холодолюбивых микроорганизмов температурный оптимум ферментов значительно ниже, чем у теплолюбивых.

При температуре ниже той, при которой наступает инактивация ферментов (около 40 °С), скорость большинства ферментативных реакций примерно удваивается с повышением температуры на каждые 10 °С.

Замораживание обычно не приводит к инактивации ферментов. При низких температурах ферментативные реакции значительно замедляются или не идут вовсе, но при повышении температуры до нормальной каталитическая активность возобновляется. Ферменты сохраняют активность в замороженных продуктах.

Кислотность. Ферменты чувствительны к изменениям pH среды. Большинство внутриклеточных ферментов имеют оптимумы

pH близ нейтральной точки, а в кислой или щелочной среде их активность значительно ниже. Под действием сильных кислот и оснований они необратимо инактивируются.

Концентрация фермента, субстрата и кофакторов. Если pH и температура ферментной системы постоянны и субстрат имеется в избытке, скорость реакции прямо пропорциональна количеству фермента (рис. 28, *а*).

При постоянстве pH, температуры и концентрации фермента в системе начальная скорость реакции возрастает вплоть до известного предела пропорционально количеству субстрата (рис. 28, *б*).

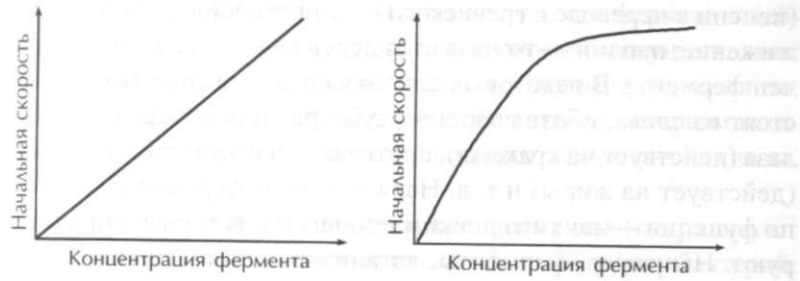


Рис. 28. Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации фермента

Если ферментная система нуждается в каком-либо коферменте, то концентрация этого вещества или иона может при определенных обстоятельствах устанавливать общую скорость реакции. На активность ферментов влияет присутствие в среде некоторых химических веществ.

Активаторами ферментов, ускоряющими ферментативные реакции, являются витамины и металлы (Cu, Ni, Mg, Co). *Ингибиторами* ферментов, снижающими их активность, служат соли тяжелых металлов, сероводород, антибиотики, некоторые яды и др. Некоторые ферменты могут действовать как яды. Установлено, что 1 мг кристаллического фермента трипсина достаточно для того, чтобы убить крысу.

Лучистая энергия (УФ-лучи, радиоактивные излучения) инактивируют ферменты. Хотя ферменты вырабатываются клеткой, но и после ее смерти временно остаются активными и может произой-

ти саморазрушение клетки под влиянием внутриклеточных ферментов — ***автолиз*** (от греч. autos — сам, lysis — растворение). При этом процессе ферменты поступают в субстрат, где развивались микроорганизмы. При хранении пищевых продуктов, значительно обсемененных микроорганизмами, даже в условиях, исключающих их развитие, возможно снижение их качества за счет ферментов автолизированных микробных клеток.

Классификация ферментов. Номенклатура ферментов складывалась постепенно по мере их открытия и изучения. Например, в названии фермента учитываются лишь некоторые его свойства (пепсин в переводе с греческого — пищеварение; трипсин — разжижение; папаин — от названия дерева папайи, из которого получен фермент). В некоторых случаях наименования ферментов состоят из слова, обозначающего субстрат и окончания «аза»: амилаза (действует на крахмал), протеаза (действует на белки), липаза (действует на жиры) и т. д. Наряду с этим ферменты называют и по функции — по химическим процессам, которые они катализируют. Например, ферменты, катализирующие отщепление водорода от субстрата (дегидрогенирование), называют дегидрогеназами и т. д.

В настоящее время известно более 1000 ферментов. В соответствии с существующей в настоящее время классификацией все ферменты делят на шесть классов: оксидоредуктазы; трансферазы; гидролазы; лиазы; изомеразы; лигазы (синтетазы). Каждый фермент имеет название и шифр из четырех цифр. Первая цифра обозначает класс, вторая — подкласс, третья — подподкласс, четвертая — порядковый номер данного фермента.

1. Оксидоредуктазы — это ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции. Они играют большую роль в процессах биологического получения энергии.

К ним относят *анаэробные дегидрогеназы* (НАД, НАДФ) и *аэробные дегидрогеназы* (флавиновые ферменты); *цитохромы,* в состав котрых входит ион Fe^{2+}, являющийся частью гема гемоглобина. Так как в состав флавиновых ферментов входит рибофлавин (витамин B_2), они окрашены в желтый цвет. К этой же группе относятся пероксидаза (содержит железо и окисляет органические вещества с помощью перекиси водорода) и каталаза (расщепляет H_2O_2 до воды и кислорода).

2. Трансферазы — эти ферменты катализируют перенос отдельных радикалов частей молекул или целых молекул от одних соединений к другим. Реакции, которые катализируют эти ферменты, имеют большое значение в жизнедеятельности микроорганизмов, так как они обеспечивают перенос энергии от одной системы к другой в виде макроэргических фосфатных связей.

3. Гидролазы катализируют реакции расщепления белков, жиров, углеводов с участием воды. Протеолитические ферменты действуют на белки и пептиды; гидролазы глюкозидов осуществляют каталитическое расщепление углеводов и глюкозидов (мальтаза, сахараза, лактаза, α- и β-амилаза и многие другие); эстеразы катализируют расщепление и синтез сложных эфиров — липазы, фосфотазы.

Сюда относятся и пектолитические ферменты (гидролизуют пектины), которые есть у многих плесеней и некоторых бактерий. Развитие этих микроорганизмов в плодах и овощах приводит к размягчению тканей.

4. Лиазы катализируют реакции негидролитического расщепления органических веществ с освобождением CO_2, H_2O, NH_3.

5. Изомеразы катализируют превращение органических соединений в их изомеры. Ферменты этой группы играют большую роль в ряде процессов обмена веществ.

6. Лигазы (синтетазы) катализируют синтез сложных органических веществ из простых. Они играют большую роль в углеводном и азотном обмене микроорганизмов.

Использование микробных ферментов. Широкое применение микроорганизмов в пищевых производствах основано на использовании их ферментативной деятельности в перерабатываемом пищевом сырье.

Распространение ферментов в пищевой промышленности позволило интенсифицировать технологические процессы, повысить выход и улучшить качество готовой продукции.

Микроорганизмы обладают большим разнообразием ферментов, среди которых есть такие, которые отсутствуют у растений и животных. Они растут на дешевых субстратах и очень быстро размножаются, что позволяет за короткий промежуток получить большую биомассу клеток, следовательно, выделить большое количество фермента.

В настоящее время очень хорошо разработаны методы культивирования различных микроорганизмов в промышленных масштабах, поэтому очень интенсивно развивается производство микробных ферментов.

Препараты грибной амилазы применяют при производстве этилового спирта из крахмалсодержащего сырья; в хлебопекарной промышленности — взамен солода. При этом процессе изготовление теста ускоряется, улучшается качество хлеба, его вкус и аромат. Используют эти препараты в пивоварении.

Пектолитические ферменты грибов применяют в производстве соков и вин. В результате разрушения пектина ими ускоряется процесс выделения соков, повышается их выход, улучшается фильтрация и осветление сока.

Препараты, содержащие микробные протеазы, используют для предохранения от белкового помутнения вин и пива; в сыроделии — частично взамен сычужного фермента. Применяют их и для размягчения мяса, ускорения созревания мяса и сельди, получения из отходов мясной и рыбной промышленности гидролизатов и других продуктов.

2.2. Питание микроорганизмов

Способы питания. Микроорганизмы, как и все другие живые существа, нуждаются в пище, которая поступает в их клетки из внешней среды.

Пища — это вещества, которые, попав в живой организм, либо служат источником энергии для процессов жизнедеятельности, либо «строительным» материалом для построения составных частей клетки. Потребность в питательных веществах микроорганизмы могут удовлетворять или непосредственно усваивая их, или предварительно изменяя и делая доступными для использования.

Известны два способа питания живых существ — *голозойный* и *голофитный*. При голозойном способе питания плотные частицы пищи захватывает или заглатывает живой организм, в пищеварительном тракте которого пища переваривается. Этот способ питания характерен для животных (от высших до простейших).

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

Как известно, большинство органических соединений представляют собой полимеры (например, белки и полисахариды) и не могут быть поглощены и использованы непосредственно в обмене веществ клетки. Такие вещества вначале должны быть расщеплены на простые соединения, для которых клеточная мембрана проницаема. Крупные молекулы расщепляются экзоферментами. Это так называемое внешнее или внеклеточное переваривание, свойственное только микроорганизмам.

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

Активная роль в процессе поступления в клетку питательных веществ принадлежит цитоплазматической мембране. Она обладает полупроницаемостью и является осмотическим барьером. Проницаемость ее для различных веществ неодинакова.

Процесс обмена между микробной клеткой и внешней средой протекает очень быстро и интенсивно. В основе механизма проникновения питательных веществ через клеточную оболочку лежат сложные физико-химические явления: диффузия, осмос, об-

менная адсорбция. Считается, что протекают они параллельно. Однако в зависимости от температуры, концентрации, химической природы питательных веществ и некоторых других факторов одно из этих явлений может преобладать, хотя два других при этом не исключаются. Таким образом, питание микроорганизмов осуществляется комплексно.

Диффузия — взаимное проникновение частиц одного вещества между частицами другого, обусловленное их хаотическим движением. Механизм проникновения питательных веществ в клетку путем диффузии можно представить следующим образом: вследствие того, что частицы вещества во всем объеме раствора стремятся выровнять концентрацию, возникает диффузный поток питательных веществ внутрь микробной клетки. Интенсивность этого потока поддерживается тем, что внутри клетки нужные для нее вещества быстро усваиваются, т. е. химически преобразуются в вещества клетки микроба. Благодаря этому концентрация нужных для клетки веществ в поверхностном слое цитоплазмы все время оказывается низкой, что обусловливает непрерывную диффузию их из окружающей среды к поверхности тела микроба. Бесполезные или вредные для микроорганизма вещества химически не преобразуются клеткой. Поэтому концентрация их как внутри клетки, так и снаружи в окружающей среде быстро выравнивается. В результате устанавливается подвижное диффузное равновесие и поступление вредных веществ в клетку прекращается.

Диффузия может быть:

• *пассивной,* когда транспортируется вещество по градиенту концентраций. Основной движущей силой ее является разность концентраций по обе стороны цитоплазматической мембраны. Пассивная диффузия идет без затраты энергии с помощью белков и ферментов. Скорость такого переноса веществ весьма незначительна;

• *облегченной,* которая осуществляется так же, как и пассивная.

Движущая сила этого процесса — разница в концентрации какого-либо вещества по обе стороны мембраны. При этом молекула вещества соединяется с молекулой-переносчиком у наружной стороны мембраны и образовавшийся комплекс диффундирует через

мембрану к ее внутренней стороне. Там он диссоциирует и освобожденное вещество оказывается внутри клетки. Затем переносчик диффундирует обратно к наружной поверхности и сразу же может присоединить к себе другую молекулу вещества. Переносчиками являются связанные с цитоплазматической мембраной сходные с ферментами белки *пермеазы*.

Облегченная диффузия не требует расхода энергии, если наружная концентрация веществ выше внутренней. Скорость ее зависит от концентрации вещества в наружном растворе.

При *активной диффузии* растворенные вещества поступают в клетку против градиента концентрации. Считается, что большинство веществ проникает в клетку микроорганизма в результате активного переноса. Подобный транспорт веществ нуждается в энергии (АТФ), получаемой в результате дыхания или брожения. При отсутствии источников энергии накопления веществ внутри цитоплазмы не происходит.

Но на самом деле поступление различных веществ в микробную клетку во многих случаях подчиняется законам осмоса (греч. толчок).

Осмос — явление, наблюдаемое при соприкосновении двух растворов разной концентрации, отделенных друг от друга полупроницаемой мембраной. Мембрана пропускает частицы растворителя, но препятствует прохождению частиц растворенного вещества.

Растворитель проникает через мембрану в обе стороны. Однако, если с одной стороны мембраны находится более концентрированный раствор, то в эту сторону поступление молекул растворителя окажется гораздо большим, чем в обратном направлении. Идущая с количественным перевесом в одну сторону диффузия растворителя продолжается до тех пор, пока концентрации растворов не выровняются и не установится подвижное равновесие.

Высоким суммарным осмотическим давлением в клетках микроорганизмов можно объяснить их способность развиваться на сравнительно сухих средах. Так, плесневые грибы могут поражать товары и материалы влажностью 15 % и ниже.

В связи с высоким осмотическим давлением внутри каждой клетки создается постоянный приток в нее воды. Как бы набухшая

цитоплазма с определенным напряжением давит на клеточную оболочку. Такое состояние называется *тургором*. В этом состоянии микробы, находясь на пищевых продуктах, вызывают их порчу. Если клетка оказывается в среде, где концентрация растворенных веществ выше, чем внутри клетки, происходит их обезвоживание и цитоплазма сжимается. Такое состояние называется *плазмолисом*. Длительное нахождение микробной клетки в нем делает ее нежизнеспособной и вызывает гибель. Это используется в практике консервирования, когда создают концентрированные растворы соли или сахара при приготовлении солений, варенья, джема и др.

Если клетки находятся в растворе, где концентрация растворимых веществ мала по сравнению с концентрацией веществ в клетке, то в нее проникает много воды, что приводит к состоянию *плазмоптиса* (переполненности). При этом оболочка может даже разорваться.

Типы питания у микроорганизмов. Микроорганизмы в отличие от растений и животных характеризуются многообразием типов питания. В основу классификации микроорганизмов по типам питания положен источник углерода, источник энергии и донор электронов (см. таблицу).

Классификация микроорганизмов по типам обмена [14]

Тип организмов	Источник углерода	Источник энергии	Доноры электронов	Представители
Фотолитотрофы	CO_2	Свет	Минеральные вещества (H_2S, S, H_2)	Сине-зеленые водоросли, фотосинтезирующие бактерии
Фотоорганотрофы	Органические соединения и CO_2	Свет	Органические соединения	Несерные Пурпурные бактерии
Хемолитотрофы	CO_2	Реакции окисления минеральных веществ	Минеральные вещества (NH_3, H_2S, H_2, S)	Нитрифицирующие, серные и водородные бактерии
Хемоорганотрофы	Органические соединения	Реакции окисления органических веществ	Органические соединения	Большинство бактерий

Источником углерода для одних микроорганизмов могут служить неорганические соединения (углекислоты), для других — органические вещества. Те микроорганизмы, которые получают углерод только из углекислоты — *автотрофы* (от греч. autos — сам, throphe — пища), или «самостоятельно питающиеся». Они характеризуются наибольшей автономностью и независимостью своего питания от жизнедеятельности других организмов, могут развиваться в чисто минеральных средах. Другие микроорганизмы могут использовать углерод из готовых органических соединений. *Гетеротрофы* (от греч. heteros — другой, throphe — пища), или «питающиеся другими», развиваются на органических средах.

Восстановление углерода до органических соединений требует затрат энергии. Источником ее может быть солнечный свет и химические связи органических минеральных веществ. Организмы, использующие световую энергию, — это *фототрофы* или фотосинтезирующие, а энергию химических реакций — *хемотрофы* или хемосинтезирующие.

В качестве доноров электронов для восстановления углерода могут служить органические и минеральные вещества. По отношению к ним микроорганизмы разделяются на *органотрофы* — используют органические вещества и *литотрофы* — минеральные вещества (от греч. litos — минерал, камень).

Следовательно, по способу получения энергии микроорганизмы могут быть разделены на четыре группы: фотолитотрофы, фотоорганотрофы, хемолитотрофы, хемоорганотрофы.

Фотолитотрофы — микроорганизмы, применяющие энергию света для синтеза веществ клетки из CO_2 и неорганических соединений (H_2O, H_2S, S), т. е. осуществляющие фотосинтез. К данной группе относятся сине-зеленые водоросли, серные пурпурные бактерии, зеленые серобактерии и, конечно, зеленые растения.

Серные пурпурные бактерии содержат пигмент бактериохлорофилл, обусловливающий их способность к фотосинтезу. Кроме того, у них есть каротиноидные пигменты красного, коричневого и пурпурного цвета (бактериопурпурин). В большинстве случаев это облигатные анаэробы.

Зеленые серобактерии содержат зеленый пигмент хлоробиум-хлорофилл и γ-каротин. Они являются строгими анаэробами.

Фотоорганотрофы — микроорганизмы, которые для получения энергии, помимо фотосинтеза, могут использовать еще и органические соединения. К этой группе относятся несерные пурпурные бактерии, содержащие бактериохлорофилл и каротиноидные пигменты — коричневый и пурпурный. Они не способны окислять H_2S, накапливать серу и выделять ее во внешнюю среду.

Хемолитотрофы — микроорганизмы, получающие энергию при окислении неорганических соединений (H_2, CO, NH_3, NO_2, Fe, Mn, Sb и H_2S, S, SO_2 и др.). Этот процесс называется *хемосинтезом*. Он осуществляется нитрифицирующими бактериями (окисляют аммиак или нитраты), серобактериями (окисляют серу, H_2S, сульфиты, сульфиды), железобактериями (окисляют соединения двухвалентного железа), бактериями, окисляющими водород до воды и т. д. Явление хемосинтеза открыто у железобактерий и нитрифицирующих бактерий известным русским микробиологом С. Н. Виноградским [5]. В результате процессов, вызываемых хемолитотрофами, выделяется значительное количество энергии.

Хемоорганотрофы — микроорганизмы, получающие необходимую энергию в результате окисления или брожения органических соединений. Сюда относится большинство микроорганизмов, обитающих в почве и других субстратах. Хемоорганотрофы относятся к гетеротрофам, их делят на *сапрофиты* (от греч. sapros — гнилой, phyton — растение), составляющие большинство микроорганизмов, населяющих нашу планету. К ним относят микроорганизмы, которые разлагают органические вещества в природе, вызывают порчу продуктов или используются в процессах переработки растительного или животного сырья. Большинство известных в настоящее время бактерий, грибов, дрожжей — сапрофиты.

Наиболее специфичны *паразиты* (от греч. parasitos — нахлебник, блюдолиз). Они живут на поверхности или внутри другого организма — «хозяина» и питаются за его счет органическими веществами живых тканей, нарушая различные физико-химические и химические процессы, протекающие в организме «хозяина». Паразиты бывают:

а) облигатные (от лат. obligatus — обязательный) — живут только за счет других живых клеток. Высшая степень паразитизма — вирусы, риккетсии, вибрионы;

б) факультативные — в зависимости от условий среды обитания ведут себя то как паразиты, то как сапрофиты (возбудитель ботулизма).

Многие микроорганизмы являются *миксотрофами*, т. е. они способны переходить от одного типа питания к другому. Так, некоторые микробы, считавшиеся гетеротрофами, свободно включают в обмен веществ угольную кислоту H_2CO_3. Этот промежуточный метаболизм обнаружен и у пропионово-кислых бактерий, которые усваивают CO_2 из бикарбонатов. Установлено, что такая способность существует и у других гетеротрофов и даже патогенных микроорганизмов.

По характеру *азотного питания* микроорганизы подразделяют на группы:

- фиксирующие азот атмосферы;
- усваивающие минеральные формы азота;
- развивающиеся в присутствии аминокислот или их смеси;
- развивающиеся в белковых средах.

Первые две группы относят к аминоавтотрофам, а две другие — к аминогетеротрофам.

Потребности микроорганизмов в дополнительных питательных веществах. Потребности микроорганизмов не ограничиваются наличием в питательной среде источников энергии и доноров электронов. Для роста и развития их требуются также *минеральные элементы*, а для некоторых — так называемые *ростовые вещества*.

Минеральные элементы. Концентрации элементов минерального питания, необходимые для максимального роста микроорганизмов, различные для разных видов. Такие из них, как фосфор, магний и калий требуются в сравнительно больших количествах — 0,2–0,5 г/л. Они называются макроэлементами. Микроэлементы — молибден, цинк, медь, кобальт и др. — нужны в очень низких концентрациях (0,1–0,001 мг/л).

Минеральные элементы входят в состав различных органических веществ клетки. Некоторые из них (железо, сера, медь) — в состав активной группы ферментов; соли фосфорной кислоты играют незаменимую роль в энергетическом обмене микроорганизмов.

Основной функцией минеральных элементов в клетке является активация различных ферментов. Так, для азотфиксирующих бактерий важное значение имеют молибден, железо, кобальт. Молибден и железо входят в состав азотфиксирующей ферментной системы. Кобальт играет большую роль в окислительно-восстановительных реакциях цикла Кребса, активируя действие ферментов транспорта электронов.

Ростовые вещества. В эту группу веществ входят витамины, пуриновые и пиримидиновые основания, органические кислоты. Они крайне необходимы для развития всех микроорганизмов. Некоторые синтезируют их самостоятельно. Однако другие в процессе развития утратили эту способность (или никогда не обладали ею), и поэтому, чтобы обеспечить нормальное их развитие, недостающие соединения необходимо вносить в питательную среду. Такие дополнительные вещества называются *ростовыми* или *факторами роста.*

Микроорганизмы, нуждающиеся в факторах роста, называются *ауксотрофными*, а не нуждающиеся — *прототрофными.*

Ростовые вещества нужны микроорганизмам в ничтожных количествах (мкг/л). Они чаще всего входят в состав ферментов и поэтому играют незаменимую роль в физиологии микробной клетки. Например, витамин B_2, или рибофлавин содержится в дыхательных ферментах — флавиновых дегидрогеназах и необходим всем анаэробным микроорганизмам. Некоторые микроорганизмы синтезируют его сами, а стрептококки, светящиеся бактерии и некоторые молочно-кислые бактерии должны получать B_2 из питательной среды.

Аналогичную функцию выполняет витамин B_5, или никотинамид. Он также входит в состав дыхательных ферментов и играет важнейшую роль в окислительных процессах клетки. К наличию

его в среде чувствительны золотистый стафилококк, дизентерийная палочка и некоторые другие микробы, не способные синтезировать этот витамин.

Ростовыми факторами некоторых микроорганизмов являются также аминокислоты. Глутаминовая кислота, например, стимулирует рост гемолитических стрептококков, палочки сибирской язвы, гонококка.

Источниками ростовых веществ могут служить экстракты из органов животных (печень, сердце), растений (семена и проростки), а также и бактериальных тел.

Другие микроорганизмы, наоборот, хорошо развиваются при отсутствии ростовых веществ в среде. Они способны синтезировать витамины из веществ питательной среды, накапливать и выделять из клетки наружу. Некоторые микроорганизмы синтезируют витамины в количествах, значительно превышающих собственные потребности. Их используют для промышленного производства витаминов. Так, с помощью гриба эремотециум (*Eremothecium ashbyii*) получают витамин B_2. Некоторые актиномицеты, пропионово-кислые и метанообразующие бактерии применяют для получения витамина B_{12}.

В настоящее время с помощью микробиологического синтеза получают и другие биологически активные вещества — антибиотики, ферменты, органические кислоты, гормоны.

2.3. Дыхание микроорганизмов

Для осуществления процессов жизнедеятельности микроорганизмов — синтеза клеточного материала, размножения движения, образования спор, капсул и т. д. — требуется энергия.

В отличие от растений и животных у микроорганизмов известны три способа ее получения: путем использования энергии видимого света, окисления органических и минеральных соединений.

Способностью использовать световую энергию обладают только фототрофные бактерии, которые, аналогично высшим растениям, преобразуют энергию света в энергию фосфатных связей в процессе фотосинтетического фосфорилирования, затем расходуют ее на биосинтетические и механические процессы.

Большинство микроорганизмов получает энергию за счет расщепления различных органических соединений — углеводов, аминокислот, липидов и других, потребляемых из внешней среды. В клетке эти вещества окисляются через ряд последовательных ферментативных реакций. Реакции окисления сопровождаются выделением энергии и образованием более простых соединений, служащих исходным материалом для процессов биосинтеза. Небольшая группа хемолитотрофных бактерий получает энергию за счет окисления неорганических соединений, таких как сероводород, аммиак, нитрит, молекулярный водород и др. Окисление осуществляется в процессе *аэробного* или *анаэробного* дыхания. Энергия, выделяемая в процессе дыхания, накапливается в специальных соединениях — аккумуляторах энергии. Универсальным аккумулятором энергии и ее переносчиком является аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). АТФ имеет две высокоэнергетические связи примерно по $4{,}2 \cdot 10^6$ Дж каждая.

В зависимости от конечного акцептора водорода хемоорганотрофные микроорганизмы делят на две группы:

• *аэробы*, окисляющие органические вещества с использованием молекулярного кислорода, который и является конечным акцептором водорода;

• *анаэробы*, которые в энергетических процессах не используют кислород. Конечными акцепторами водорода служат органические или неорганические соединения.

Аэробные микроорганизмы, к которым относят грибы, некоторые дрожжи и многие бактерии, подобно высшим организмам (растениям, животным) окисляют органические вещества полностью до минеральных веществ — диоксида углерода и воды.

Современные понятия о дыхании изложены в теории В. П. Палладина [2]. Согласно ей окисление веществ при дыхании сопровождается процессом отщепления водорода и отнятием электронов от окисляемых веществ и передачей их другим. Эти процессы в клетке происходят ступенчато.

Аэробное дыхание состоит из двух фаз. Первая включает серию реакций расщепления органического субстрата до пировиноградной кислоты без участия кислорода. Затем пировиноградная

кислота подвергается полному окислению до CO_2 и H_2O [5]. В этой фазе совершается цикл реакций, известный под названием *цикла трикарбоновых кислот* или цикл Кребса (рис. 29). Обе фазы совместно ведут к окислению субстрата и образованию биологически полезной энергии в виде АТФ и других соединений.

У некоторых микроорганизмов, усваивающих простые источники углерода, например, уксусную кислоту, имеется специфический цикл трансформации трикарбоновых кислот, известный под названием *глиоксалатного цикла*.

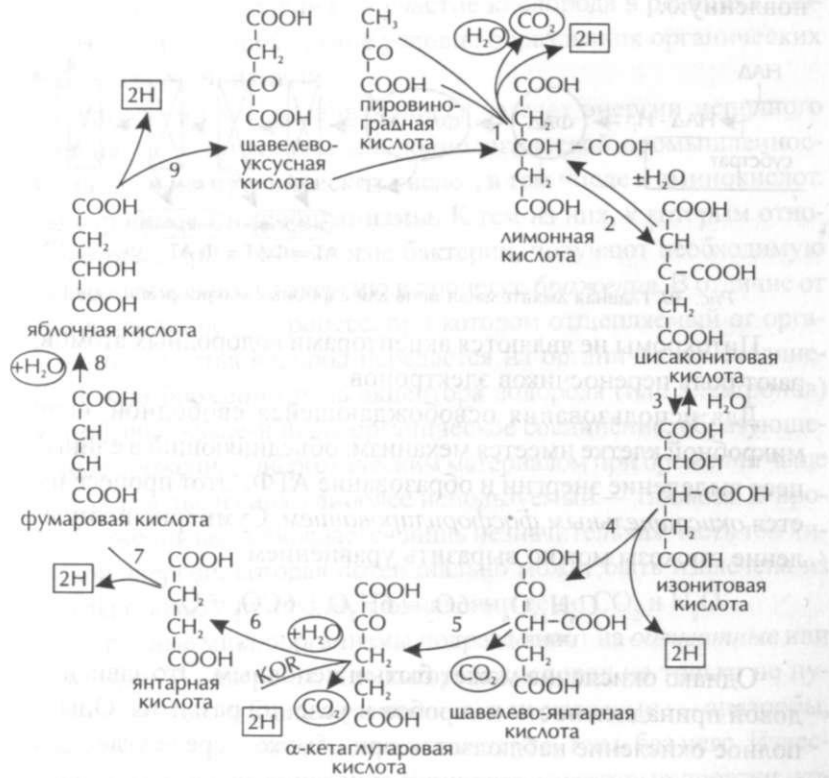


Рис. 29. Схема цикла трикарбоновых кислот [4]: *1* — декарбоксилаза пировиноградной кислоты, кофермент А; *2, 3* — аконитатгидратаза; *4* — изоцитратдегидрогеназа; *5* — декарбоксилаза шавелевой кислоты; *6* — α-кетоглутаратдегидрогеназа; *7* — сукцинатдегидрогеназа; *8* — фумаратдегидрогеназа; *9* — малатдегидрогеназа

Цикл Кребса сопряжен с дыхательной цепью (рис. 30). При всех реакциях дегидрирования в цикле Кребса атомы водорода, отщепляемые специфическими дегидрогеназами, акцептируются коферментами НАД и НАДФ и затем переносятся по цепи, образуемой флавопротеидом (ФАД) и различными цитохромами. Роль цитохромов состоит в том, что его окисленная форма отнимает электрон от водородного атома, содержащегося в дегидрогеназе. В результате эти водородные атомы превращаются в ионы водорода (H^+), а цитохром из окисленной формы переходит в восстановленную.

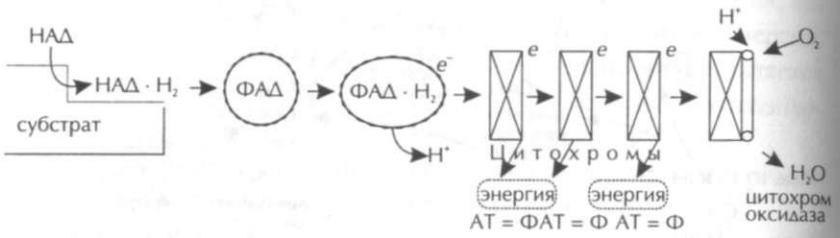


Рис. 30. Главная дыхательная цепь для аэробных микроорганизмов [4]

Цитохромы не являются акцепторами водородных атомов, а играют роль переносчиков электронов.

Для использования освобождающейся свободной энергии в микробной клетке имеется механизм, объединяющий в единый процесс выделение энергии и образование АТФ. Этот процесс называется *окислительным фосфорилированием*. Суммарно полное окисление глюкозы можно выразить уравнением

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2 = 6H_2O + 6CO_2 + Q.$$

Однако окисление может быть и неполным. Это зависит от видовой принадлежности микробов и условий развития. Обычно неполное окисление наблюдается при убытке в среде углеводов. Конечными продуктами неполного окисления являются органические кислоты: уксусная, лимонная, фумаровая, глюконовая и др. Типичный пример неполного окисления — образование уксусной кислоты из спирта бактериями рода *Acetobacter:*

$$\underset{\text{этиловый спирт}}{C_2H_5OH} + O_2 \rightarrow \underset{\text{уксусная кислота}}{CH_3COOH} + H_2O + Q.$$

Этот окислительный процесс используется микроорганизмами для получения энергии. При неполном окислении общий выход энергии значительно меньший, чем при полном. Часть энергии окисляемого исходного субстрата сохраняется в образующихся органических кислотах. В связи с тем, что сходные кислоты (янтарная, молочная) возникают при брожении углеводов, неполное окисление называют *окислительным брожением*. Отличительная особенность неполного окисления — участие кислорода в реакциях. Поэтому аэрация — необходимое условие образования органических кислот микроорганизмами.

Микроорганизмы, развивающиеся за счет энергии неполного окисления, используются в микробиологической промышленности для получения органических кислот, в том числе и аминокислот.

Анаэробные микроорганизмы. К тем из них, к которым относят некоторые дрожжи и многие бактерии, получают необходимую для жизнедеятельности энергию в процессе *брожения*. В отличие от дыхания брожение — процесс, при котором отщепляемый от органического вещества водород передается на органические соединения, т. е. при брожении роль акцептора водорода (или электронов) играет обычно какое-нибудь органическое соединение, образующееся в ходе брожения. Энергетическим материалом при брожении чаще служат углеводы, из них наиболее используемый — глюкоза. В процессе брожения высвобождается лишь незначительная часть той химической энергии, которая потенциально может быть извлечена из молекулы глюкозы при полном окислении ее до CO_2 и H_2O.

Анаэробные микроорганизмы подразделяют на *облигатные* или *безусловные* — анаэробы, для которых кислород не только не нужен, но и вреден, и *факультативные*, или *условные* — анаэробы, которые могут жить как при доступе воздуха, так и без него. Известны факультативные анаэробы. Например, некоторые дрожжи, которые в зависимости от условий развития способны переключаться с анаэробного на аэробный тип получения энергии. Различают следующие виды брожения.

Спиртовое брожение осуществляется многими дрожжами в анаэробных условиях

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} = 2\underset{\text{этиловый спирт}}{C_2H_5OH} + 2CO_2 + Q.$$

Молочно-кислое брожение — процесс получения энергии молочно-кислыми бактериями. Глюкоза в этом энергодающем процессе превращается в две молекулы молочной кислоты

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} = 2\underset{\text{молочная кислота}}{CH_3CHOH\,COOH} + Q.$$

Масляно-кислое брожение вызывается облигатно анаэробными масляно-кислыми бактериями. Глюкоза при этом превращается в масляную кислоту, диоксид углерода (CO_2) и водород

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{масляная кислота}}{C_3H_7COOH} + 2CO_2 + 2H_2 + Q.$$

Среди конечных продуктов брожения всегда есть органические вещества — продукты неполного окисления, которые заключают неполное количество потенциальной энергии.

Некоторые микроорганизмы способны использовать для окисления не только свободный, но и связанный кислород окисленных соединений, например, солей азотной или серной кислоты, которые превращаются при этом в более восстановленные соединения. Эти процессы называют *анаэробным дыханием*.

Микроорганизмы, способные осуществлять дыхание за счет нитратов (*нитратное дыхание*), являются факультативными анаэробами и относятся главным образом к родам *Pseudomonas и Bacillus*. А микроорганизмы, использующие сульфаты в дыхании (*сульфатное дыхание*), считаются строгими анаэробами и относятся к десульфатирующим бактериям из родов *Desulfibrio и Desulfotomaculum*.

По современным представлениям значение дыхания в обмене веществ не ограничивается ролью только энергетического процесса. Установлено, что часть более или менее простых веществ, образующихся в процессе дыхания, вновь вовлекается в процесс синтеза необходимых для организма сложных соединений.

Выделяемые микроорганизмами в окружающую среду продукты жизнедеятельности, накапливаясь, губительно влияют на них. При возрастании концентрации продуктов обмена в среде процессы жизнедеятельности замедляются и могут прекратиться совсем. Так, жизнедеятельность дрожжей значительно замедляется при накоплении в сбраживаемом субстрате 10–14 % спирта; не более 3–4 % уксусной кислоты переносят уксусно-кислые бактерии. Это можно объяснить тем, что продукты обмена затормаживают течение биохимических реакций, необходимых для поддержания нормальной жизнедеятельности клеток, итогом которых является образование этих веществ.

Некоторые продукты обмена широко применяются в хозяйственной практике. Так, молочная и уксусная кислоты, спирт, диоксид углерода и другие вещества употребляются для защиты пищевых продуктов от микробиальной порчи.

Использование энергии микроорганизмами. Освобождаемая в процессах дыхания и брожения свободная энергия не может быть непосредственно использована клеткой.

Энергия должна быть преобразована в биологически полезную форму — в химическую энергию макроэргических фосфатных связей фосфорорганических соединений, главным из которых является АТФ. Только часть энергии окисления органических веществ резервируется в АТФ, значительное ее количество, преимущественно в виде тепловой энергии, теряется — рассеивается во внешней среде.

АТФ называют «энергетической валютой» клетки. Из этого своеобразного аккумулятора организм черпает энергию для удовлетворения жизненных потребностей. В энергетическом отношении дыхание — значительно более выгодный процесс, чем брожение.

У анаэробов в процессе брожения запасается всего лишь около $0{,}09 \cdot 10^6$ Дж. Большая часть энергии остается в выделяемых в среду органических веществах — конечных продуктах брожения, много теряется и в форме тепловой энергии.

У аэробов в процессе дыхания при полном окислении 1 моля глюкозы резервируется же около $1{,}6 \cdot 10^6$ Дж. Тем не менее аэробами полезно используется около 50 % энергии и около 50 % теря-

ется в виде тепла. Этим объясняется явление самосогревания навоза, силосных кормов, зерна, клубней картофеля, когда вследствие повышенной влажности в них обильно развиваются различные микроорганизмы.

При самосогревании зерновая масса приобретает несвойственные здоровому зерну запах и цвет. Происходит потеря массы, значительно снижаются всхожесть, технологические качества и может быть полностью потеряна потребительская стоимость продукта.

Самосогревание торфа, недостаточно просушенного сена, хлопка и других материалов, возникающее при массовом развитии сначала мезофильных, а затем термофильных микроорганизмов, приводит иногда к самовозгоранию. Это явление обусловливается тем, что при повышении температуры материала до 60-70 °С начинают развиваться автокаталитические химические окислительные процессы, которые вызывают еще большее нагревание материала, вплоть до воспламенения.

У некоторых микроорганизмов наблюдается выделение неиспользованной энергии в форме световой. Такой способностью обладают некоторые бактерии и грибы. Свечение морской воды, сгнившего дерева, рыбы обусловлено присутствием в них светящихся микроорганизмов.

2.4. Важнейшие биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами, и их практическое значение

В процессе обмена веществ микроорганизмы осуществляют разнообразные химические реакции, в результате которых образуются ценные продукты: спирты, кислоты, витамины, ферменты и др. Они широко применяются в медицине, пищевой и легкой промышленности, быту. Многие биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами, используют в промышленных производствах; велика их роль в круговороте веществ в природе.

Разнообразные вещества, входящие в состав пищевых продуктов и различных материалов, сравнительно легко поддаются воздействию микроорганизмов. В зависимости от того, какие микро-

бы действуют на одно и то же вещество, из него могут получиться самые различные продукты. Так, под влиянием дрожжей сахар превращается в спирт и диоксид углерода, молочно-кислые бактерии из сахара образуют молочную кислоту, а некоторые аспергилловые грибы — лимонную.

Изучение биохимической деятельности микроорганизмов позволяет лучше использовать наиболее полезные из них, правильно организовать технологический процесс с их участием. С другой стороны, раскрывается сущность процессов, происходящих в пищевом сырье и продуктах переработки при самопроизвольном развитии в них микроорганизмов. Это позволяет успешнее вести борьбу с возбудителями порчи продуктов.

Превращение микроорганизмами соединений углерода

Анаэробные процессы. *Спиртовое брожение* заключается в превращении некоторыми микроорганизмами углеводов в этиловый спирт, углекислый газ и другие вещества посредством окислительно-восстановительных реакций.

Возбудители спиртового брожения — некоторые дрожжи, главным образом из рода *Saccharomyces*. При определенных условиях слабое спиртовое брожение могут вызвать некоторые бактерии и плесневые грибы *Mucor и Fusarium*. Легче всего сбраживаются дрожжами моносахариды (глюкоза, фруктоза). Дисахариды (сахароза и мальтоза) также могут сбраживаться, но предварительно они гидролизуются на моносахариды. Молочный сахар (лактоза) сбраживается немногими расами дрожжей. Полисахариды (крахмал, целлюлоза) дрожжи не сбраживают. В качестве источника азотного питания дрожжи используют белки, пептоны, аминокислоты, а также аммонийные соли. Дрожжевая клетка вырабатывает многие витамины, а присутствие некоторых ростовых веществ в среде усиливает рост дрожжей. Общий вид уравнения спиртового брожения следующий:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{этиловый спирт}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2.$$

В процессе брожения образуются в некотором количестве янтарная и уксусная кислоты, глицерин, уксусный альдегид, сивушные масла (смесь изомеров высших спиртов — амилового, изоамилового, бутилового, изобутилового), от присутствия которых зависят специфический вкус и аромат пива, вина и других продуктов.

Обычно спиртовое брожение протекает при кислой реакции среды (pH 4,0–5,0). Если же реакция питательного субстрата поддерживается на щелочном уровне (pH 8,0), одним из основных продуктов брожения является глицерин. В этом случае спиртовое брожение протекает по уравнению

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + H_2O = \underset{\text{уксусная кислота}}{CH_3COOH} + \underset{\text{этиловый спирт}}{C_2H_5OH} + 2\underset{\text{глицерин}}{CH_2OHCHOHCH_2OH} + 2CO_2.$$

Спирт производится в анаэробных условиях. В них же дрожжи способны окислять органические кислоты и другие соединения.

Развитие дрожжей может происходить в относительно широком диапазоне температур: от 3–5 до 38–40 °С.

По характеру брожения дрожжи подразделяются на верховые и низовые. Брожение, вызываемое *верховыми* дрожжами, протекает бурно и быстро при 18–30 °С. При этом на поверхности бродящей жидкости образуется много пены и под действием выделяющегося диоксида углерода дрожжи выносятся в верхние слои субстрата. По окончании брожения дрожжи оседают на дно сосуда рыхлым слоем.

Брожение, вызываемое *низовыми* дрожжами, протекает медленно и спокойно при 4–10 °С. При этом дрожжевые клетки остаются на дне сосуда. Газ выделяется постепенно, пены меньше.

Верховые дрожжи используют в спиртовой промышленности, хлебопечении. При этом чаще всего употребляют расы *Saccharomyces cerevisiae*.

Низовые дрожжи распространены в пивоваренной промышленности, где обычно используют расы *Saccharomyces cerevisiae*, в виноделии — расы *Saccharomyces vini* и *Saccharomyces ellipsoides*. Например, известны расы винных дрожжей: Алиготе, Массандра, Шампанское и др.

Этиловый спирт, накапливающийся в процессе брожения, неблагоприятно влияет на дрожжи. Его угнетающее действие проявляется уже при концентрации спирта 2–5 %, а при 12–13 % брожение прекращается. Замедляется оно и при избытке диоксида углерода.

Значение спиртового брожения очень велико. Этот процесс лежит в основе целого ряда пищевых производств: виноделия, пивоварения, хлебопечения, получения спирта, производства диетических кисломолочных продуктов.

Дрожжи и близкие и ним организмы используются и для приготовления кормового белка. Культивируя их на средах с дешевым источником углеродного питания (меласса, отходы целлюлозной или текстильной промышленности), удается получать дрожжи, содержащие полноценный белок. После сепарации их применяют для кормовых целей. Некоторые виды дрожжей, так называемые «жировые», используют для получения микробиологическим путем жиров с ценными техническими свойствами.

Не все дрожжи приносят человеку пользу. Они способны портить различные продукты: плоды, ягоды, соку, мясо, рыбу и др. Однако дрожжи могут быть объектом воздействия других микроорганизмов, попадающих из внешней среды. Так, в виноделии очень часто наблюдается порча вин в результате развития «диких» дрожжей. Прессованные хлебопекарные дрожжи могут гнить и плесневеть.

Молочно-кислое брожение — это анаэробное превращение глюкозы молочно-кислыми бактериями с образованием молочной кислоты. По характеру брожения различают две группы молочно-кислых бактерий:

• ***гомоферментативные*** (однотипно бродящие), образующие из сбраживаемых сахаров молочную кислоту и очень незначительное количество побочных продуктов (летучие кислоты, этиловый спирт и др.). Суммарное уравнение гомоферментативного брожения выглядит следующим образом:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} = 2\,\underset{\text{молочная кислота}}{CH_3CHOHCOOH};$$

• ***гетероферментативные*** (разнотипно бродящие), образующие наряду с молочной кислотой и много других продуктов (этиловый спирт, уксусную кислоту, глицерин, ацетон, диоксид углерода и др.). В зависимости от условий развития (pH среды, температуры, степени аэробности и др.) характер конечных продуктов у одного и того же вида молочно-кислых бактерий может меняться. Гетероферментативное молочно-кислое брожение может быть выражено уравнением

$$\underset{\text{глюкоза}}{2C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{молочная кислота}}{CH_3CHOHCOOH} + \underset{\text{уксусная кислота}}{CH_3COOH} + \underset{\text{этиловый спирт}}{C_2H_5OH} +$$

$$+ \underset{\text{янтарная кислота}}{COOHCH_2CH_2COOH} + CO_2 + H_2.$$

Возбудители молочно-кислого брожения. Молочно-кислые бактерии имеют вид кокков или палочек. Размер кокков — 0,5–1,5 мкм, располагаются попарно или цепочками (стрептококки). Размер палочковидных — 1–8 мкм, клетки одиночные или образуют цепочки.

Все бактерии неподвижны, не образуют спор, грамположительны, лишены фермента каталазы, являются факультативными, есть микроаэрофилы. Палочки более, чем спрептококки предпочитают анаэробные условия. Сбраживают моно- и дисахариды, но не любые дисахариды. Некоторые не сбраживают сахарозу, другие — мальтозу, третьи — лактозу. Крахмал и другие полисахариды вообще не сбраживают. Некоторые, преимущественно гетероферментативные, используют пентозы и лимонную кислоту. Различные виды молочно-кислых бактерий образуют неодинаковое количество кислоты, что обусловлено различной их кислотоустойчивостью. Гомоферментативные палочки продуцируют кислоты больше (до 3,5 %), чем стрептококки (1 %) и развиваются при pH 3,8 — 4,0. Наилучшая бродильная активность палочковидных при pH 5,5–6,0.

Большинство молочно-кислых бактерий очень требовательны к составу питательной среды. Они хорошо развиваются только при наличии различных аминокислот и еще более сложных соединений азота, витаминов (B_1, B_2, B_6, PP, пантотеновая и фолиевая кислоты).

Молочно-кислые бактерии обладают протеолитической активностью, наиболее активны палочковидные формы. Они легко переносят высушивание, устойчивы к диоксиду углерода и спирту (выдерживают 10–15 % спирта в среде); некоторые солеустойчивы и могут выдерживать концентрацию поваренной соли 7–10 и даже 20 %.

Существуют *мезофилы* среди молочно-кислых бактерий с оптимумом роста 25–30 °С и *термофилы* — с оптимумом роста 40–45 °С. Встречаются формы, которые могут развиваться при 5 °С и ниже. При нагревании до 60–80 °С они гибнут в течение 10–30 мин, но имеются и термоустойчивые, сохраняющиеся несколько минут при нагревании до 85 °С.

Молочно-кислые бактерии проявляют антагонистические свойства по отношению к некоторым болезнетворным бактериям (возбудителям кишечных заболеваний, стафилококкам). Это связано не только с продуцированием кислот, но и с выделением специфических антибиотиков.

В природе молочно-кислые бактерии встречаются на растениях, в почве, на многих пищевых продуктах (плодах, овощах, молоке, квашеной капусте, кисломолочных продуктах и др.). В большом количестве они встречаются в желудочно-кишечном тракте животных и человека (энтерококки).

Гомоферментативные молочно-кислые бактерии. *Молочно-кислый стрептококк (Streptococcus lactis)* образует короткие цепочки или соединяется попарно. Бактерии встречаются в молоке и сквашивают его, не образуя газа. Мезофил развивается при температуре 30–35 °С, при этом молоко свертывается через 10–12 часов, накапливает в среде 1 % кислоты. Некоторые расы образуют антибиотик низин. Близкий к нему подвид способен сбраживать соли лимонной кислоты с образованием ацетоина и диацетила, что обусловливает ароматичность продуктов, в которых развивается этот стрептококк. Молочно-кислые стрептококки используют при изготовлении кисломолочных продуктов.

Сливочный стрептококк (Streptococcus cremoris) имеет сферические клетки, образующие длинные цепочки. Мезофил развивается при 25–30 °С, накапливает всего 0,8 % кислоты. Используется

вместе с *Streptococcus lactis* в производстве кисломолочных продуктов. Некоторые расы образуют антибиотик *диплококцин.*

Термофильный стрептококк (Streptococcus thermophylus) — длинные цепочки кокков хорошо развиваются при 40–45 °С, накапливает 1 % кислоты. Применяется при изготовлении ряженки, южной простокваши. Играет важную роль при созревании сыра с высокой температурой второго нагревания (Швейцарский, Советский).

Болгарская палочка (Lactobacillus bulgaricus) — крупные палочки, образуют длинные цепочки. Не сбраживают сахарозу. Термофил (максимальная температура развития —40–45 °С, минимальная — 15–20 °С), активный кислотообразователь (накапливает 2,5–3,5 % молочной кислоты). Используют при приготовлении простокваши и кумыса.

Ацидофильная палочка (Lactobacillus acidophilus) — термофил (максимальная температура развития — 37–40 °С, минимальная — около 20 °С), накапливает 2,2 % молочной кислоты. Некоторые виды микроорганизма способны к слизеобразованию. Используется в производстве ацидофилина. Вырабатывает антибиотики, активные по отношению к возбудителям заболеваний желудочно-кишечного тракта. Из чистых культур делают биопрепараты, используемые в ветеринарии.

Палочка Дельбрюка (Lactobacillus delbruecki) — зерновая термофильная палочка (оптимум развития — 40–45 °С, минимум — 15–20 °С) сбраживает растительные сахара, но не сбраживает лактозу, поэтому в молоке не образуется. Используется в производстве молочной кислоты и хлебопечении. Развивается при квашении овощей. Наносит ущерб в сахарном и спиртовом производствах. Накапливает 2,5 % молочной кислоты.

Молочно-кислая палочка (Lactobacillus plantarum) — небольшие палочки, сцепленные попарно или цепочкой. Оптимум развития — 30 °С. Накапливает до 1,3 % молочной кислоты. Это основной возбудитель брожения при квашении овощей и силосовании кормов. Может участвовать в порче сыра типа Чеддер, вызывая появление ржавых пятен, наносит ущерб спиртовому и сахарному производствам.

Сырная палочка (Lactobacillus helveticum) имеет оптимум роста — 40–42 °С, накапливает до 1,5 % молочной кислоты. Очень важна для сыроделия, принимает участие в созревании Швейцарского и Советского сыров, а также в брожении кумыса.

Гетероферментативные молочно-кислые бактерии. *Капустная палочка (Lactobacillus brevis)* сбраживает сахара при квашении огурцов и капусты с образованием до 1,2 % молочной кислоты, уксусной кислоты, этилового спирта, диоксида углерода и ароматических веществ, придающих продуктам вкус и аромат.

Ароматобразующий стрептококк (Leuconostoc cremoris) — удлиненные кокки. Сбраживают лимонную кислоту с образованием диацетила. Температурный оптимум роста — 20–25 °С. Вводят в закваски для ароматизации. Некоторые виды *Leuconostoc* термоустойчивы, выдерживают температуру до 88 °С и являются активными слизеобразователями. В субстратах, содержащих сахарозу, благодаря их развитию образуется много «клейкого» полисахарида декстрана. Микроорганизм участвует в порче вин, понижая их кислотность и превращая в сплошную слизистую массу. При сбраживании углеводов кроме молочной кислоты образует еще и уксусную.

Бифидобактерии (Bifidobacterium) — обитатели кишечника человека и животных. Используются при производстве кисломолочных бифидопродуктов.

Практическое значение молочно-кислого брожения

1. Особенно велика роль молочно-кислых бактерий в молочной промышленности. В производственных условиях разные кисломолочные продукты готовят, заражая пастеризованное молоко соответствующими чистыми культурами бактерий, например, *Streptococcus lactis, Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus acidophilus* и др.

Ряд кисломолочных продуктов готовят, используя закваску, содержащую симбиотические комплексы микроорганизмов. Например, для приготовления кефира вносят так называемые зерна кефира с *Lactobacillus casei*, стрептококки, дрожжи *Saccharomyces kefiri,* сбраживающие лактозу. Продукты брожения — молочная кислота и спирт.

Смешанное брожение наблюдается и при приготовлении кумыса из кобыльего молока. В данном случае молочно-кислое брожение осуществляется термофильными молочно-кислыми палочками, близкими к *Lactobacillus bulgaricus,* и дрожжами из рода *Torula*, сбраживающими лактозу. Сбраживаемое молоко подвергается периодическому взбалтыванию, в результате чего казеиновый сгусток мелко дробится.

Молочно-кислые бактерии играют основную роль и в процессах сыроделия, в основе которых лежит коагуляция казеина молока под действием сычужного фермента. Во время созревания в сырной массе под действием ферментов молочно-кислых бактерий часть казеина переходит в форму аминокислот. Для улучшения качества сыров нередко применяют закваски молочно-кислых бактерий. При изготовлении некоторых сыров используется также деятельность пропионово-кислых бактерий, плесневых грибов и т. д.

2. Молочно-кислое брожение имеет большое значение в квашении овощей, хлебопечении, при изготовлении некоторых сортов колбас, процессе созревания слабосоленой рыбы для ускорения процесса и придания продуктам вкуса, аромата, силосовании кормов и т. д.

3. Молочно-кислое брожение используют для получения молочной кислоты, которую применяют в консервной, кондитерской промышленности и при изготовлении безалкогольных напитков.

В качестве сырья для производства молочной кислоты используют патоку, крахмал и другое сахаросодержащее сырье. Крахмал предварительно осахаривают. Также получают кислоту из молочной сыворотки за счет сбраживания лактозы. В первом случае применяют палочку Дельбрюка, во втором — болгарскую палочку и молочно-кислый стрептококк.

4. Самопроизвольное молочно-кислое брожение в молоке, пиве, вине приводит к их порче — прокисанию, помутнению, ослизнению и др.

Пропионово-кислое брожение. Это превращение сахара или молочной кислоты и ее солей в пропионовую и уксусную кислоты с выделением диоксида углерода и воды. В общем виде уравнение процесса следующее:

$$\underset{\text{глюкоза}}{3C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{пропионовая кислота}}{4CH_3CH_2COOH} + \underset{\text{уксусная кислота}}{2CH_3COOH} + 2CO_2 + 2H_2O.$$

Некоторые пропионово-кислые бактерии образуют еще и другие кислоты (муравьиную, янтарную, изовалерьяновую).

Брожение вызывается бактериями, принадлежащими к роду *Propionibacterium*. По ряду свойств они близки к молочно-кислым и часто развиваются вместе с ними. Весьма требовательны к пище (источникам азота и витаминам), развиваются при pH ниже 5,0–4,5. Это факультативные анаэробы, но могут выносить лишь низкое парциальное давление кислорода. Оптимум роста при 30–35 °С, но могут развиваться и при 15–21 °С. Способны в некоторых условиях накапливать до 1,5 % кислоты. Между собой различаются главным образом способностью сбраживать различные сахара.

Наряду с молочно-кислым брожение пропионово-кислое является процессом, формирующим потребительские достоинства сыров в процессе их созревания.

Пропионово-кислые бактерии помимо сахаров сбраживают еще и молочную, пировиноградную кислоты и глицерин. Последнее очень важно, так как именно этот процесс лежит в основе формирования «рисунка» сыра и отчасти его вкуса и запаха

$$\underset{\text{молочная кислота}}{3CH_3CHOHCOOH} = \underset{\text{пропионовая кислота}}{2CH_3CH_2COOH} + \underset{\text{уксусная кислота}}{CH_3COOH} + CO_2 + H_2O.$$

Медленно выделяющийся углекислый газ образует умеренные глазки в сырной массе. Пропионовая, уксусная, а также ряд жирных кислот, полученных при разложении бактериями различных аминокислот, придает сырам острый вкус и специфический запах.

Некоторые пропионово-кислые бактерии способны синтезировать значительные количества витамина B_{12}, что используется в промышленности; другие пригодны для производства пропионовой кислоты.

3 *Масляно-кислое брожение* представляет собой сложный биохимический процесс превращения сахара масляно-кислыми бактериями в анаэробных условиях с образованием масляной кислоты, диоксида углерода и водорода по уравнению

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{масляная кислота}}{CH_3CH_2CH_2COOH} + 2CO_2 + 2H_2.$$

Процесс открыт в 1861 г. Л. Пастером. Кроме основных продуктов брожения получаются бутиловый спирт, ацетон, спирт, уксусная кислота. В щелочной среде преобладает выход масляной кислоты, в кислой — бутанола и ацетона.

Возбудители масляно-кислого брожения — масляно-кислые бактерии представляют собой подвижные, довольно крупные палочки. Масляно-кислые бактерии — строгие анаэробы. Оптимальная температура их развития — 30–40 °С, pH — 6,9–7,4, при pH < 4,5–4,9 они прекращают развиваться. Масляно-кислые бактерии относятся к семейству *Bacillaceae* роду *Clostridium*. Типичные представители: *Clostridium butyricum*, *Clostridium saccharobutyricum, Clostridium pasteurianum.*

Многие из них способны сбраживать не только простые сахара, но и декстрины, крахмал, пектиновые вещества, глицерин, соли молочной кислоты. Могут усваивать практически любой азот: белковый аминокислотный, аммонийный, даже азот из воздуха.

Масляно-кислые бактерии широко распространены в природе. Они живут в почве, на дне водоемов, в разлагающихся остатках, встречаются в различных пищевых продуктах. Некоторые формы патогенны, например, *Clostridium botulinum, Clostridium tenani, Clostridium perfringens.*

В природе масляно-кислое брожение имеет положительное значение как звено в цепи многообразных превращений органических веществ, но может приносить и значительный вред. Масляно-кислые бактерии вызывают порчу картофеля и овощей, вспучивание сыров, бомбаж консервов, прогорклость молока, увлажненной муки. При замедленном молочно-кислом брожении они вызывают порчу квашеных овощей. Образующаяся при этом масляная кислота придает им острый прогорклый вкус, резкий и неприятный запах.

Масляно-кислое брожение используется для получения масляной кислоты. Эфиры масляной кислоты широко применяются в кондитерской и парфюмерной промышленности. Так, метиловый эфир масляной кислоты имеет запах яблок, этиловый эфир — груш, амиловый эфир — ананаса. Не менее ценными продуктами являются ацетон и бутиловый спирт.

Аэробные процессы. К ним относят вызываемые микроорганизмами биохимические процессы, протекающие с участием кислорода воздуха.

Большинство аэробных микроорганизмов окисляют органические вещества в процессе дыхания до углекислого газа и воды. Однако некоторые из них окисляют их частично, образуя при этом не вполне окисленные органические соединения, накапливающиеся в среде. Поскольку эти продукты окисления сходны с образующимися при брожениях, некоторые аэробные процессы условно называют *окислительными брожениями.*

Уксусно-кислое брожение. Этот вид представляет собой процесс превращения этилового спирта при участии кислорода в уксусную кислоту. Брожение позволяет получать в больших количествах из доступных субстратов уксусную кислоту, которая широко используется в пищевой, текстильной и других отраслях промышленности. Уксусно-кислое брожение протекает в два этапа:

$$\underset{\text{этиловый спирт}}{C_2H_5OH} + O_2 = \underset{\text{уксусный альдегид}}{2CH_3COH} + 2H_2O.$$

$$CH_3COH + O_2 = \underset{\text{уксусная кислота}}{2CH_3COOH}.$$

Возбудители уксусно-кислого брожения — уксусно-кислые бактерии — грамотрицательные палочковидные, бесспоровые, строго аэробные микроорганизмы. Они могут быть подвижными и неподвижными. Кислотоустойчивы, могут развиваться при pH 3, оптимум развития — при pH 5,4–6,3 и температуре 20–34 °С. Некоторые уксусно-кислые бактерии способны синтезировать витамины B_1, B_2, B_{12}, многие сами нуждаются в витаминах и прежде всего в пантатеновой кислоте.

Уксусно-кислые бактерии относятся к двум родам: *Gluconobacterium* — палочки с полярными жгутиками, неспособные окислять уксусную кислоту, и *Acetobacter* — перитрихи, окисляющие уксусную кислоту до диоксида углерода и воды. Наиболее важный представитель этой группы — уксусная палочка *(Acetobacter aceti)*, способная накапливать до 6 % кислоты в среде; орлеанская

уксусная палочка — *Acetobacter aceti substr. Orleanensis* — до 9,5 % (используется для получения винного уксуса), а также палочка Щютценбаха, которая образует сплошную поверхностную пленку и накапливает до 11,5 % уксусной кислоты.

Для промышленного получения пищевого уксуса слабый спиртовой раствор сбраживают чистыми культурами в условиях принудительной аэрации. Процесс ведут в специальных чанах (генераторах), внутри которых неплотно заложены буковые стружки. В верхней части генератора имеется приспособление для равномерного орошения стружек спиртсодержащим сырьем — уксусно-спиртовым раствором с питательными солями или подкисленным разбавленным вином. Подкисление необходимо для предотвращения развития вредителей производства — пленчатых дрожжей и слизеобразующих бактерий. Производственной культурой служит *Acetobacter aceti*. По мере протекания субстрата по стружкам уксусно-кислые бактерии, обильно заселяющие стружки, окисляют спирт в уксусную кислоту, и в нижней части аппарата накапливается уксус, который периодически сливают через сифонное отверстие. Генератор работает непрерывно в течение нескольких месяцев, если культура бактерий не загрязняется посторонними вредными микроорганизмами.

Уксусно-кислые бактерии могут при недостатке спирта окислять уксусную кислоту до углекислого газа и воды. Это — *переокисление*, оно очень опасно для производства. Бактерии способны сбраживать не только этиловый спирт, но и другие первичные спирты, превращая их в соответствующие кислоты. При окислении вторичных спиртов образуются кетоны.

Некоторые уксусно-кислые бактерии окисляют глюкозу до глюконовой кислоты (глюконово-кислое брожение):

$$2C_6H_{12}O_6 + O_2 = 2CH_2OH(CHOH)_4COOH.$$

глюконовая кислота

Глюконовая кислота применяется в ветеринарии и фармации. Особый интерес представляет окисление уксусно-кислыми бактериями многоатомных спиртов в кетоспирты и кетосахара. В промышленности используют окисление сорбита в сорбозу, которая

применяется в производстве витамина С. Уксусно-кислые бактерии окисляют глицерин в диоксиацетон — ценный продукт для химической промышленности.

Уксусно-кислые бактерии широко распространены в природе. Они встречаются на зрелых плодах, ягодах, в квашеных овощах, вине, пиве, квасе. Эти же бактерии, попадая в различные пищевые продукты, могут вызывать их порчу: скисание вина, пива, безалкогольных напитков. Они являются вредителями спиртового, дрожжевого, хлебопекарного и других производств.

Лимонно-кислое брожение. При рассмотрении процессов дыхания и брожения уже отмечалось, что некоторые микроорганизмы не полностью окисляют те или иные органические соединения. В этом случае накапливаются продукты неполного окисления — щавелевая, лимонная, янтарная, фумаровая, яблочная, глюконовая и другие кислоты. Подобные процессы часто вызываются плесневыми грибами.

Грибы из родов *Rhizopus* и *Mucor* образуют из углеводов главным образом молочную кислоту и в небольших количествах янтарную, фумаровую, яблочную, уксусную и муравьиную кислоты, а также этиловый спирт, а представители родов *Aspergillus* и *Penicillium* — глюконовую, щавелевую и лимонную кислоты.

Большое практическое значение имеет получение лимонной кислоты микробиологическим путем из углеводов с помощью гриба *Aspergillus niger*, превращающего почти 60 % глюкозы в лимонную кислоту.

Брожение и расщепление микроорганизмами пектиновых веществ и клетчатки

Микроорганизмы при осуществлении биохимических процессов играют большую роль в круговороте веществ в природе.

Брожение пектиновых веществ. Этот вид брожения близок к масляно-кислому. Под воздействием пектолитических ферментов микроорганизмов, которые развиваются в растительном пищевом сырье и продуктах его переработки, пропектин переходит в растворимый пектин. Пектин разлагается с образованием галактуроновой кислоты, углеводов, метилового спирта и других веществ. Саха-

ра сбраживаются с образованием масляной и уксусной кислот, диоксида углерода и воды. Все это приводит к распаду (мацерации) пораженных продуктов и их порче. Возбудитель брожения — спорообразующие подвижные анаэробные бактерии.

В природе этот процесс очень важен, так как способствует разложению растительных остатков. В промышленности применяется в процессе мацерации льна, конопли при их водной мочке.

Брожение клетчатки. Клетчатка (целлюлоза) — основное вещество клеточных стенок растений. Брожение целлюлозы происходит в анаэробных условиях при участии мезофильных и термофильных целлюлозных бактерий с помощью их ферментов — целлюлазы и целлобиазы. Ферменты гидролизуют клетчатку до глюкозы, которую сбраживают по типу масляно-кислого брожения до образования масляной и уксусной кислот, диоксида углерода и воды. Мезофильные целлюлозоразрушающие бактерии развиваются при температуре 30–35 °С, а термофильные — около 60 °С. Эти микроорганизмы широко распространены в природе. Их биохимическая деятельность играет большую роль в круговороте углерода в природе. Они разрушают осадки производственных и бытовых сточных вод в очистных сооружениях, но могут причинять и вред, разрушая материалы, содержащие целлюлозу.

Разложение клетчатки и пектиновых веществ. Этот процесс в аэробных условиях происходит под действием микроорганизмов, имеющих пектолитические ферменты и целлюлазу. Сначала микроорганизмы гидролизуют клетчатку и пектиновые вещества, а затем окисляют продукты гидролиза до диоксида углерода и воды. Такой способностью обладают многие грибы и некоторые бактерии (цитофаги, миксобактерии и актиномицеты).

Аэробное разложение клетчатки и пектинов имеет огромное значение в процессах минерализации растительных остатков. Однако при этом может быть нанесен вред промышленным материалам, содержащим клетчатку, и растительному пищевому сырью. Происходит разрыхление мякоти плодов и овощей, появляется мокрая гниль при разложении пектинов, а гидролиз клетчатки разрушает стенки клеток мякоти и благоприятствует внедрению в них микроорганизмов.

Разрушение древесины. Древесина состоит главным образом из клетчатки (50–55 %) и лигнина (30 %), кроме этого в ней находятся гемицеллюлоза (15 %) и некоторое количество смолистых веществ.

Сухая древесина может долго сохраняться и стойка к действию микроорганизмов. Но во влажном состоянии она сравнительно легко поражается различными грибами, особенно трутовиками. Все трутовые грибы содержат фермент целлюлазу и вызывают *деструктивное* разрушение древесины, она при этом крошится, темнеет, растрескивается. Некоторые трутовики содержат ферменты, действующие на лигнин. Они вызывают *коррозионное* разрушение древесины, которая при этом становится волокнистой. Продукты разрушения древесины являются для грибов источником питания и энергии. Наиболее опасен для древесины в складских помещениях и в постройках настоящий домовой гриб *Serpula lacrymans*. Для борьбы с ним используют профилактические меры и обработку антисептиками.

Гниение

Большую роль играют микроорганизмы в разрушении белковых веществ. В громадном масштабе происходит разрушение белков в природе, являющееся важной составной частью круговорота веществ. По случайно поверхностному сходству разные виды порчи пищевых продуктов нередко называют гниением. Однако это процесс глубокого разложения белковых веществ микроорганизмами.

Способность разлагать в той или иной степени белковые вещества свойственна многим микроорганизмам. Некоторые из них разлагают непосредственно белки, другие могут действовать только на пептиды и аминокислоты. Продукты распада микробы используют для синтеза веществ своего организма, а также в качестве энергетического материала.

Гниение — сложный, многоступенчатый биохимический процесс, характер и конечный результат которого зависит от состава разлагаемых белков, условий процесса и вида микроорганизмов, его вызывающих.

Разрушать белковые вещества могут только микроорганизмы, имеющие протеолитические ферменты — экзопротеазы, выделяемые клетками в окружающую среду. Процесс распада белков начинается с их гидролиза и протекает ступенчато по схеме:

$$\text{белок} + H_2O \rightarrow \text{пептоны} + H_2O \rightarrow \text{полипептиды} + H_2O \rightarrow \rightarrow \text{аминокислоты}.$$

Образующиеся аминокислоты подвергаются *дезаминированию*, в результате чего образуется аммиак и разнообразные органические соединения. Дезаминирование различают:

• *гидролитическое*: сопровождается образованием оксикислот и аммиака

$$RCHNH_2 - COOH + H_2O \rightarrow RCHOHCOOH + NH_3;$$

• *окислительное:* образуются кетокислоты и аммиак

$$RCHNH_2 - COOH + 1/2O_2 \rightarrow RCOCOOH + NH_3;$$

• *восстановительное*: образуются карбоновые кислоты и аммиак

$$RCHNH_2 - COOH + 2H \rightarrow RCH_2COOH + NH_3.$$

При разложении аминокислот жирного ряда могут образовываться муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и др. кислоты, пропиловый, бутиловый, амиловый спирты.

При разложении ароматических аминокислот появляются характерные продукты гниения: фенол, крезол, индол, обладающие очень неприятным запахом. При распаде аминокислот, содержащих серу, получается сероводород и его производные — меркаптаны с запахом тухлых яиц.

Образующиеся при гидролизе белка диаминокислоты могут подвергаться *декарбоксилированию*.

Оно заключается в отщеплении от аминокислот карбоксильной группы и образовании CO_2. Идет активнее в кислой среде. В результате помимо диоксида углерода образуются амины. Среди них известны *кадаверин, путресцин и агматин*, так называемые трупные яды. Некоторые из них считаются ядовитыми, хотя это и не подтверждено.

Из *аэробных* микроорганизмов в процессах гниения наиболее часто принимают участие:

мукоидес (Bacillus mycoides) — почвенная бацилла, подвижная, образует споры овальной формы; на агаре дает ветвистые колонии, по внешнему виду напоминает мицелий гриба, широко распространена в природе. Белки разрушает с образованием сероводорода;

сенная палочка (Bacillus subtilis) — короткая, подвижная споровая палочка с округленными концами. Дает морщинистые колонии, широко распространена в природе. Энергично вызывает глубокое разрушение;

картофельная палочка (Bacillus mesentericus) близка к сенной палочке. Вызывает «картофельную болезнь» хлеба;

бацилла мегатериум (Bacillus megaterium) — подвижная споровая палочка, образующая цепочки. При разложении белка продуцирует много сероводорода. Колонии имеют слизистую поверхность;

бактерия флуоресценс (Pseudomonas fluorescens) — небольшая подвижная палочка, на питательных средах дает зеленую опалесцирующую окраску за счет пигмента флуоресцина;

бактерия прогидиозум (Pseudomonas progidiosum) — палочка «чудесной крови» — мелкая подвижная палочка, образует кровавокрасные колонии или налет красного, розового цветов на различных продуктах;

протей (Proteus vulgaris) — условный аэроб. Представляет собой мелкие грамотрицательные бесспоровые палочки. Разлагает белки с сильным гнилостным запахом. Некоторые виды протея выделяют вещества, токсичные для человека;

кишечная палочка (Escherichia coli) — грамотрицательные бесспоровые палочки. Обитатель нормальной микрофлоры толстого кишечника. При определенных условиях приобретает патогенные свойства и может вызывать острые кишечные заболевания, воспалительные процессы (перитонит, цистит и др.).

Среди *анаэробов* активными возбудителями гниения являются:

путрификус (Clostridium putrificum) — споровая подвижная палочка. Разлагает белки с выделением газов. Встречается в гнию-щих пищевых продуктах, консервах, почве, навозе;

спорогенес (Clostridium sporogens) — подвижная споровая палочка, характерна активным образованием сероводорода при гниении.

Помимо бактерий белковые вещества способны разрушать плесневые грибы и актиномицеты. Очень важным является участие этих микроорганизмов в гнилостных процессах, происходящих в почве. Значение гнилостных микроорганизмов очень велико. Действуя в широком диапазоне температур (8–40 °С), они вызывают порчу большинства пищевых продуктов, наносят ущерб при хранении товаров, готовых блюд в общественном питании и домашнем хозяйстве. Некоторые из них опасны для человека, так как способны выделять яды (протей, некоторые виды кишечной палочки, масляно-кислые бактерии и др.). Круговорот азота в природе осуществляется еще и некоторыми другими процессами.

Нитрификация. Это процесс последовательного окисления аммиака до азотистой и азотной кислот с помощью нитрифицирующих бактерий. Открыт и изучен С. Н. Виноградским [5].

Процесс идет в две фазы: первая обусловлена нитрозными бактериями, которые окисляют аммиак до нитритов, вторая протекает с участием нитратных бактерий, окисляющих нитриты до нитратов. Процесс идет в присутствии кислорода. Эти бактерии — хемоавтотрофы и живут в почве, водоемах, обогащая их нитратами, которые необходимы растениям.

Денитрификация. Это процесс восстановления нитратов до молекулярного азота. Осуществляют его микроорганизмы — факультативные анаэробы *(Pseudomonas, Micrococcus)*. Некоторые используют в качестве акцептора водорода в анаэробных условиях нитраты, которые восстанавливаются до нитритов, а потом до азота. В аэробных условиях акцептором водорода является кислород. Микроорганизмы, осуществлющие денитрификацию, широко распространены в природе: почве, водоемах. Деятельность их в почве отрицательна, особенно в анаэробных условиях, так как азот нитратов, усваиваемый растениями, переходит в свободный азот, который они не используют.

Азотфиксация. Некоторые бактерии способны переводить азот атмосферы в связанное состояние. Они восстанавливают азот до аммиака, часть используют сами, часть выделяют в окружающую

среду. Одни азотфиксирующие бактерии живут в почве и воде свободно, другие — в симбиозе с растениями (клубеньковые бактерии). Энергию, необходимую для фиксации азота, они получают в процессе окисления безазотистых соединений.

Среди свободно живущих азотфиксирующих бактерий наибольшее значение имеют следующие:

- *Azotobacter chroococcum* — крупная палочка с округлыми концами. В молодом возрасте имеет жгутики, которые во взрослом состоянии отпадают и подвижность теряется. Образуется большая капсула, которая приспосабливает микроорганизм к условиям жизни во внешней среде. Окисляет органические вещества и в аэробном состоянии образуются диоксид углерода и вода. Фиксируют до 20 мг азота при использовании 1 г сахара. Обеспечивает витаминами и ростовыми веществами корни высших растений, подавляет жизнедеятельность патогенных грибов, вызывающих болезни растений. Изготавливают из него азотобактерин в качестве удобрения, который повышает урожайность на 10–15 %.
- *Clostridium pasteurianum* обитает в почве при pH 4,9–9. Фиксирует 10–20 мг азота на 1 г сахара, подвергнутого брожению. Микроорганизм спороносный, со спорой в середине клетки большого диаметра. Растения потребляют продукты обмена микроорганизмов — азотсодержащие вещества. Микробу сопутствуют аэробы, которые перехватывают кислород и создают анаэробные условия.

Среди симбиотических азотфиксирующих бактерий существуют микроорганизмы, объединенные в род *Rhizobium*. Находятся в почве в большом количестве, проникают через корневые волоски, где в корневой паренхиме образуют колонии. Микроорганизмы специфичны для каждого вида растений (соя, клевер, люпин, бобы, фасоль и т. д.). Можно наблюдать образование клубеньков и у других видов растений (голосеменных, хвойных и др.) Из культур клубеньковых бактерий получают препарат нитрагин, используемый в качестве удобрения.

Азотфиксирующие бактерии имеют большое значение. В результате их деятельности почва обогащается доступной для растений формой азотистого питания.

Глава 3.
ВНЕШНЯЯ СРЕДА И МИКРООРГАНИЗМЫ

3.1. Внешняя среда как источник инфицирования пищевых продуктов микроорганизмами

Микрофлора почвы представляет собой поверхностный слой нашей планеты — составную часть биосферы. Почва является естественной средой обитания микроорганизмов в связи с наличием в ней питательных веществ и влаги. Почва хорошо защищает их от влияния прямого солнечного света и высушивания.

Микрофлора почвы по количественному и видовому составу зависит от химического состава почвы, ее физических свойств, кислотности, влагоемкости, аэрации. Существенно влияют также климатические условия, время года, способы сельскохозяйственной обработки, характер растительности и другие факторы.

Почвы удобряемых сельскохозяйственных участков могут содержать до 5–8 млрд клеток микроорганизмов. Много микроорганизмов также во влажных нейтральных или слабокислых почвах, а в кислых, болотистых и сухих — значительно меньше.

Неодинаково распространены микроорганизмы и по горизонтам почвы. Меньше всего их обычно содержится в самом поверхностном слое почвы толщиной в несколько миллиметров, где микроорганизмы подвергаются неблагоприятному воздействию солнечного света и высушиванию. Особенно обильно населен микроорганизмами слой почвы до 5–10 см, так как он постоянно обогащается питательными веществами за счет отмерших растительных и животных организмов, сточных вод. По мере углубления число микроорганизмов снижается. На глубине 25–30 см количество их в 10–20 раз меньше, чем в поверхностном слое, а на глубине в несколько метров встречаются отдельные клетки микробов из-за недостатка органических веществ и слабой аэрации. С глубиной уменьшается и число обитающих видов. В верхних слоях почвы преобладают микроорганизмы, для жизни которых необходим кислород — аэробы, способные разлагать сложные органические

соединения. В более глубоких слоях почвы, куда доступ кислорода ограничен, преобладают анаэробные бактерии.

К типичным для почв микроорганизмам относят различные виды бактерий, актиномицеты, плесневые грибы, водоросли и др. Постоянно обитают в почве различные гнилостные бактерии (сенная и картофельная палочки), масляно-кислые бактерии, а также нитрифицирующие, денитрифицирующие, азотфиксирующие, целлюлозоразрушающие, серо- и железобактерии. Деятельность почвенных микроорганизмов играет большую роль в создании плодородия почв.

Почва населенных мест постоянно подвергается опасности инфицирования патогенными микроорганизмами и яйцами гельминтов. Патогенные микроорганизмы попадают в почву с испражнениями человека и животных, с другими выделениями, с трупами животных, погибших от инфекционных заболеваний. Для большинства патогенных микроорганизмов почвенная среда не вполне благоприятна, и они сравнительно быстро погибают. Однако некоторые спорообразующие бактерии, например, возбудители столбняка, газовой гангрены, сибирской язвы, ботулизма могут находиться в почве несколько лет. Поэтому загрязнение пищевых продуктов через почву представляет серьезную опасность для здоровья человека. Особое значение имеет загрязнение почвы яйцами гельминтов. Огромное количество жизнеспособных яиц гельминтов вносится в почву при удобрении ее необезвреженными нечистотами или сточными водами, что способствует загрязнению яйцами гельминтов овощной продукции.

Таким образом, почва является первоисточником микробов в природных условиях.

Микрофлора воды. Вода — естественная среда обитания многих микроорганизмов. Особенно богата микрофлора открытых водоемов и рек. Наибольшее количество микроорганизмов находится в поверхностных слоях воды, в прибрежной зоне водоемов. Состав микрофлоры очень разнообразен и зависит от химического состава воды, характера использования водоема, заселенности прибрежных районов, времени года, метеорологических и климатических условий и других факторов. Помимо собственных водных микроорганиз-

мов в открытые водоемы попадает много микроорганизмов с поверхности почвы, из воздуха с дождем и пылью, со сточными и хозяйственно-бытовыми потоками. Загрязненность в этих случаях может составлять от десятков тысяч клеток до миллиона в 1 мл воды.

В соленых водах морей и океанов обитают микроорганизмы, приспособившиеся к высокому осмотическому давлению. Большим разнообразием отличается микрофлора придонного ила природных водоемов. В иле обитают серобактерии, нитрифицирующие и азотфиксирующие бактерии, разлагающие клетчатку, жиры и другие вещества. Все они обеспечивают круговорот веществ в природе.

В воде и илах морей, болот, горячих источников обитают древнейшие живые существа Земли — метанообразующие бактерии, использующие в процессе жизнедеятельности водород и углекислоту.

Наименьшее количество водных микроорганизмов находится на глубине 1,5–3 м, куда проникает солнечный свет. Беднее микрофлора почвенных вод, особенно глубоколежащих водоносных слоев, куда из-за фильтрационных свойств почвы микроорганизмы почти не попадают.

Вода необходима для нормального обмена веществ в организме человека. Кроме того, значительное ее количество требуется для удовлетворения хозяйственно-бытовых и производственных нужд. Поэтому вода должна быть безопасной в эпидемическом отношении и безвредна по химическому составу.

При нарушении гигиенических требований к водоснабжению питьевая вода может быть причиной инфекционных заболеваний и гельминтозов, связанных с загрязнением водоемов хозяйственно-фекальными сточными водами, возбудителями заболеваний неинфекционной природы, связанных с необычным природным составом воды либо с загрязнением водоемов химическими веществами за счет поступления промышленных сточных вод или питьевой воды с остаточными количествами реагентов, добавляемых в процессе ее обработки.

Вода является средой, через которую могут передаваться человеку возбудители таких заболеваний, как брюшной тиф, паратифы,

холера, амебная и бактериальная дизентерия, болезнь Боткина, лептоспироз, гельминтозы (аскаридоз, трихоцефалез, описторхоз), некоторые аденовирусные заболевания.

На предприятиях торговли использование загрязненной воды может привести к обсеменению микроорганизмами продуктов, инвентаря, тары и оборудования. Это может стать причиной значительного ухудшения стойкости продуктов при хранении, возникновения пищевых заболеваний среди покупателей. Употребление воды с необычным солевым составом также может быть причиной развития различных болезней.

Доброкачественная питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь хорошие органолептические свойства.

Безопасность питьевой воды в эпидемиологическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям. При этом общее микробное число не должно превышать 50 клеток/мл, количество кишечных палочек (коли-индекс) должно быть не более 3 в 1 л, а колититр (наименьший объем воды, в котором обнаружена кишечная палочка) — не менее 300 мл. Для воды, поступающей из открытых водоемов, учитывается наличие других санитарно-показательных микроорганизмов: энтерококков и клостридий как показателей фекального загрязнения, а также протея, его присутствие в воде указывает на значительное количество в ней органических веществ.

Безвредность по химическому составу определяется по обобщенным показателям и содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах, а также веществ антропогенного происхождения. К этой группе относятся 22 неорганических и 3 органических вещества.

Благоприятные органолептические свойства воды определяются нормативами по запаху, привкусу, цветности и мутности. Не допускается присутствие в питьевой воде различимых невооруженным глазом водных организмов и поверхностной пленки. К показателям радиационной безопасности относят общую α- и β-радиоактивность.

Нормативы качества питьевой воды регламентируются СанПиН 10-124 РБ 99 [26].

Микрофлора воздуха. Воздух — неблагоприятная среда для жизни микроорганизмов. В нем они подвергаются действию солнечной радиации, высушиванию и не находят питания. Микроорганизмы попадают в воздух вместе с почвенной, промышленной и водной пылью, поэтому качественный и количественный состав их является случайным. Он определяется микрофлорой почвы, вод, наличием промышленных предприятий и другими факторами.

Большинство микробов, попадая в воздух, сравнительно быстро погибают. Устойчивы в воздухе споровые палочки, различные кокки, споры плесневых грибов, туберкулезные палочки, вирусы гриппа и возбудители других инфекционных заболеваний.

Микрофлора воздуха может существенно меняться в зависимости от климатических условий, времени года, общесанитарного состояния местности и других факторов. Над морями, океанами он чище, чем над сушей. Зимой воздух также чище, чем летом. Значительно больше микроорганизмов в воздухе населенных местностей, особенно крупных промышленных городов. Благодаря наличию фитонцидов, воздух в лесных массивах и парковых зонах значительно чище, чем над пашенными землями.

Количество микроорганизмов в воздухе рабочих и жилых помещений зависит от их санитарного состояния. При скоплении людей, плохой вентиляции, неправильной уборке помещений количество микроорганизмов в воздухе увеличивается. На предприятиях пищевой промышленности и торговли продовольственными товарами, в местах хранения пищевых продуктов необходимо соблюдать не только определенную влажность и температуру воздуха, но и его чистоту.

Санитарная оценка воздуха помещений осуществляется по общему количеству бактерий и количеству санитарно-показательных микроорганизмов в 1 м^3 воздуха. Санитарно-показательными микроорганизмами являются гемолитические стрептококки и стафилококки — обитатели верхних дыхательных путей, слизистой носа и ротовой полости человека. В воздухе помещений в 1 м^3 должно содержаться не более 100–500 бактерий.

Воздух жилых помещений признается чистым при содержании в 1 м^3 до 1500 бактерий и 16 стрептококков; загрязненным — при 2500/м^3 всех бактерий и 38 стрептококков [5]. Воздух холодильных камер исследуется на загрязненность его спорами плесневых грибов.

Воздух в помещениях систематически очищают путем влажной уборки и вентиляции. Иногда применяют дезинфекцию воздуха. С этой целью используют только те дезинфицирующие вещества, которые быстро вызывают гибель микроорганизмов, безвредны для человека, не портят оборудование и инвентарь, лишены запаха и бесцветны. Применяют дезинфицирующие вещества в виде их испарений или механического распыления. Для обеззараживания воздуха производственных помещений, холодильных камер проводят облучение ультрафиолетовыми лучами и озонирование.

Микрофлора тела человека. В процессе эволюции живых существ, в том числе человека и микроорганизмов происходило их взаимное приспособление. В результате сформировалась группа микроорганизмов, которые постоянно обитают на внешних покровах человека и в его внутренних органах.

Находясь в окружении естественных источников микрофлоры при общении с другими людьми, человек в результате прямых и косвенных контактов обменивается с ними микрофлорой.

В организм человека микроорганизмы поступают из воздуха, воды, с пищей и с различных предметов. Состав такой микрофлоры зависит не только от факторов внешней среды, но и от специфики работы, быта и индивидуальных особенностей человека, его физиологии и обмена веществ. Эта индивидуальная особенность микрофлоры очень высока и в принципе позволяет идентифицировать личность так же, как и по отпечаткам пальцев.

Очень разнообразна микрофлора ротовой полости человека. Подходящая температура, щелочная реакция слюны, остатки пищи служат благоприятными факторами для развития микроорганизмов. В ротовой полости обитают стрептококки, микрококки, стафилококки, споровые и неспоровые палочки, спириллы, вибрионы, ацидофильная палочка, актиномицеты, дрожжи и другие. Особенно

богаты микроорганизмами зубной налет, отложения в кариесных зубах и складках миндалин.

У больных людей и бактерионосителей в ротовой полости могут обнаруживаться гемолитические стрептококки, дифтерийная и туберкулезная палочки, менингококки и возбудители других опасных заболеваний.

Микрофлора органов дыхания непостоянна и определяется микрофлорой вдыхаемого воздуха. Особенно богата микрофлора желудочно-кишечного тракта, в частности, толстого кишечника. В нем постоянно обитают бактерии группы кишечной палочки, некоторые кокки, возбудитель столбняка и др.

Огромное количество микроорганизмов находится на кожных покровах человека, особенно на руках, куда они попадают из объектов внешней среды. Обнаружение на руках кишечной палочки свидетельствует о неудовлетворительном санитарно-гигиеническом режиме труда и быта, низком уровне личной гигиены.

Содержание в чистоте рук и тела, поддержание нормального состояния здоровья является обязательным для работников торговли и общественного питания и служит профилактикой возникновения различных пищевых заболеваний.

Глава 4.
ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МИКРООРГАНИЗМЫ

В естественных условиях микроорганизмы подвергаются воздействию разных по природе факторов: физических, химических и биологических. Их влияние может либо стимулировать развитие, либо вызывать торможение метаболизма, либо приводить клетки к гибели. Наиболее важными *физическими* и *физико-химическими* факторами, определяющими развитие микроорганизмов, являются влажность, давление, температура, лучистая энергия, ультразвук. Из *химических* факторов, влияющих на развитие микроорганизмов, наиболее существенны реакция среды, газовый состав и различные химические соединения.

Сведения о характере и степени воздействия среды обитания на микроорганизмы широко используются в практике хранения и консервирования пищевых продуктов.

4.1. Физико-химические факторы

Влажность среды. Ни один из экологических факторов не определяет в такой мере развитие микроорганизмов, как влажность. Обмен веществ, биосинтез клеточных структур, т. е. все биохимические реакции возможны только в водной среде. В среде, лишенной влаги, прекращается питание, так как в сухом виде питательные вещества не могут транспортироваться в клетку. Влажность определяет доступность питательных элементов для микроорганизмов. Особенно нуждаются во влаге клетки, находящиеся в стадии роста.

Известно, что в клетках микроорганизмов содержится до 85 % воды. Внутриклеточная вода распределена неравномерно и в зависимости от влажности среды возможна в 4 состояниях:

1) при влажности среды выше 20 % вода целиком заполняет клетку и функционирует как непрерывная среда; при такой влажности все биохимические реакции протекают нормально;

2) при влажности ниже 20 % вода с коллоидами клетки образует гель и ферментативные процессы затруднены;

3) при влажности 5–10 % вода располагается по отдельным участкам клетки, но обмен молекулами воды между ними еще возможен; ферментативные реакции практически отсутствуют;

4) при влажности ниже 5 % вода строго локализована и изолирована по отдельным структурам клетки.

Микроорганизмы могут жить и размножаться только в присутствии свободной воды, находящейся в среде главным образом в капельно-жидком виде. Растворенные в такой воде питательные вещества могут поступать в микробную клетку.

Потребность во влаге у различных микроорганизмов колеблется в широких пределах. В зависимости от величины минимальной потребности во влаге для роста различают следующие группы микроорганизмов: *гидрофиты* — влаголюбивые, *мезофиты* — средневлаголюбивые и *ксерофиты* — сухолюбивые. Бактерии в большинстве гидрофиты. Многие плесневые грибы и дрожжи — мезофиты, но имеются гидрофиты и ксерофиты.

Исследования влияния недостатка воды или высушивания показали, что при обезвоживании микробной биомассы вода перемещается внутри клетки от центральной части к периферии. Вместе с водой перемещаются и растворенные в ней вещества. Благодаря проницаемости клеточной стенки они выходят из клетки. При этом периферийные районы клетки насыщаются растворенными в воде клеточными веществами, т. е. здесь концентрируются органические вещества. С повышением их концентрации происходит коагуляция или даже денатурация белка; длительное обезвоживание клетки способствует потере жизнеспособности в результате дезорганизации ферментативных реакций, приводящих к автолизу. Грубых морфологических изменений при обезвоживании микроорганизмов не наблюдается.

Издавна применяется хранение различных пищевых продуктов в сухом виде. Сушка проводится для предотвращения или замедления физико-химических, биологических и других процессов, способствующих снижению пищевой ценности продуктов или их порче. Сушку используют для удлинения сроков хранения зерна, плодов, овощей, грибов, молока, яиц, рыбы и других продуктов. Сушеные продукты имеют меньшую массу, занимают значительно

меньший объем, имеют более высокую энергетическую ценность по сравнению с продуктами свежими или консервированными другими способами. Это в значительной степени облегчает их транспортирование и хранение. Вместе с тем в процессе сушки часто улетучиваются ароматические вещества, окисляются витамины и некоторые другие компоненты. Высушенный продукт нельзя использовать без предварительной подготовки.

Существует несколько способов сушки: нагретым воздухом — конвективная, в виброкипящем слое, распылительная, контактная, вакуумная, сублимационная и др.

Вяление — частный случай применения сушки. Этот способ консервирования основан на медленном обезвоживании в естественных условиях предварительно посоленных мясных или рыбных продуктов.

Микроорганизмы в высушенном состоянии остаются бездеятельными, так как при отсутствии влаги у них прекращаются или предельно замедляются все процессы метаболизма: происходит торможение жизнедеятельности, наступает так называемое состояние *анабиоза*. В этом состоянии у микроорганизмов обмен веществ сведен до минимума, микроорганизмы не размножаются, но жизнеспособность клеток сохраняется. Например, брюшно-тифозные бактерии, многие стафилококки и микрококки, молочно-кислые бактерии могут сохраняться в сухом виде неделями и месяцами, а уксусно-кислые бактерии отмирают быстро. Устойчивы к высушиванию многие дрожжи, и особенно споры бактерий и плесневых грибов; в высушенном состоянии споры сохраняют способность к прорастанию в течение десятков лет. При последующем увлажнении таких микроорганизмов все функции жизнедеятельности восстанавливаются.

Для сохранения сухих продуктов без порчи большое значение имеют относительная влажность воздуха и температура воздуха при хранении. Относительная влажность воздуха — это выраженное в процентах отношение фактически содержащегося количества водяных паров в воздухе к его абсолютной влажности, т. е. к тому их количеству, которое необходимо для насыщения этого же объема воздуха при данной температуре. Абсолютная влажность воздуха, например, при 10 °С составляет 9,4 г водяного пара на 1 м^3 воздуха, при 0 °С — 4,9.

Многие товары при хранении изменяют влажность, становясь доступными действию микробов. Продукты, богатые влагой, легко ее теряют, а сухие обладают способностью поглощать. Эта способность зависит от химического состава, физических свойств, строения продуктов. Влажность изменяется в результате контакта с окружающим воздухом, всегда содержащим некоторое количество паров воды, или контакта с другими товарами и материалами.

Продукты с большой удельной поверхностью (мука, яичный порошок и др.) и содержащие гидрофильные вещества (крахмал, белок и др.), *гигроскопичны*, т. е. способны поглощать пары воды из воздуха. Увлажнение их происходит в случае, если они хранятся при повышенной (для данных товаров) относительной влажности воздуха.

В процессе длительного хранения при неизменной температуре и относительной влажности воздуха продукты приобретают постоянную влажность — равновесную.

Таблица 4.1. **Средние значения равновесной влажности (25 °С) некоторых продуктов [12]**

Продукт	Относительная влажность воздуха, %				
	50	60	70	80	90
Макароны	12,20	13,75	16,60	18,75	22,40
Крахмал	7,40	8,30	9,20	10,60	12,70
Мука	8,50	10,08	12,60	15,80	19,00
Печенье	5,00	6,50	8,30	10,90	14,90

Как видно из табл. 4.1, при 80–90 %-й относительной влажности воздуха товары приобретают равновесную влажность более высокую, чем нижняя граница влажности, при которой исключается развитие микроорганизмов. Для надежного хранения многих товаров необходимо поддерживать относительную влажность воздуха в хранилищах на несколько меньшем уровне, учитывая при этом специфические свойства продуктов, температуру и особенности микрофлоры товаров.

Влагосодержание в продуктах, равновесное 70 %-й относительной влажности воздуха, является нижним критическим пределом, до которого возможен рост микроорганизмов.

Совместное хранение товаров, содержащих много влаги (плоды, овощи, мясо) или мало, но гигроскопичных (карамель, мука, крахмал и др.), способствует увлажнению последних. Поэтому такое размещение товаров недопустимо. Нельзя, например, хранить сахар, кондитерские изделия, сухари вместе с овощами, фруктами, хлебом.

Влажность товаров может оказаться выше безопасного предела и при неправильном вентилировании. Если холодные товары вентилируются теплым влажным воздухом, то выпадающая при этом влага в виде капелек росы увлажняет их поверхность, а затем постепенно проникает во всю массу. Увлажнение опасно тем, что во влажных продуктах происходят микробиологические и биохимические процессы, приводящие к их быстрому изменению и порче. Эти процессы вызывают дополнительное увлажнение, так как всегда сопровождаются образованием воды из сухого вещества продуктов.

Величина относительной влажности воздуха при одном и том же содержании в нем влаги изменяется в зависимости от температуры: с ее понижением уменьшается его влагоудерживающая способность, и наоборот. Поэтому при снижении температуры в процессе хранения продуктов количество водяных паров в воздухе может оказаться избыточным, т. е. выше предела его насыщения. Лишние водяные пары будут оседать в виде капель на поверхности продукта, что способствует быстрому развитию находящихся на нем микроорганизмов.

Влияние воды на развитие микроорганизмов связано с ее поверхностным натяжением, которое служит показателем силового поля поверхности воды. Поверхностное натяжение воды при 20 °С равно $7{,}3 \cdot 10^{-2}$ Н/м.

Существует очень мало веществ, способных повышать поверхностное натяжение, но много — обусловливающих его понижение. Это так называемые поверхностно-активные вещества. Они снижают поверхностное натяжение благодаря тому, что не образуют с водой гомогенных растворов, а находятся на ее поверхности в значительно более высокой концентрации, чем в массе воды. Снижение поверхностного натяжения зависит непосредственно от соотношения концентрации этого вещества на поверхности и в массе воды.

Мыльные растворы или другие вещества, уменьшающие поверхностное натяжение, например, алифатические спирты с длинной цепью или желчные кислоты, токсичны для микроорганизмов.

Снижение поверхностного натяжения питательных сред приводит к изменениям физиологических процессов в клетке микроорганизмов, что проявляется в изменении клеточной проницаемости (разрушение осмотического барьера), остановке процессов размножения и роста микроорганизмов.

На средах с низким поверхностным натяжением размножение некоторых видов бактерий приостанавливается, при этом образуются очень крупные деформированные клетки, задерживается или даже полностью прекращается образование спор. Ряд бактерий вообще не растет на средах с низким поверхностным натяжением.

Многие поверхностно-активные вещества добавляют к дезинфицирующим средствам для повышения их смачивающей способности. Например, смесь мыла (поверхностно-активное вещество), фенола и крезола (обладают бактерицидными свойствами) — весьма эффективное дезинфицирующее средство.

Концентрация растворенных веществ в среде. Большое влияние на рост микроорганизмов оказывает концентрация растворенных в воде соединений. Концентрация веществ внутри микробной клетки и окружающей среде различна. Каждое растворенное вещество движется в ту сторону, где его концентрация ниже. Диффузия веществ через полупроницаемую перегородку, разделяющую раствор и чистый растворитель или два раствора разной концентрации, называется *осмосом. Осмотическое давление* — та энергия, с которой вещества стремятся уравнять концентрацию по обе стороны мембраны, их разделяющей. Проникновение воды и растворенных веществ через полупроницаемую перегородку происходит по-разному. Вода преодолевает ее быстрее, чем растворенные вещества. Если веществ содержится мало, то раствор называется *гипотоническим*. При оптимальной концентрации вещества создаются условия для лучшего роста микроорганизмов. Увеличение ее приводит к задержке роста организмов в связи с повышением осмотического давления в окружающей среде. Раствор с высоким осмотическим давлением называется *гипертоническим*.

Микроорганизмы не могут жить в растворах с более высоким осмотическим давлением, чем внутри клетки. Это объясняется тем, что вода выходит из клетки наружу, клетка обезвоживается, и протопласт сжимается. Данное явление называется *плазмолизом*. В среде с очень низким осмотическим давлением вода будет поступать внутрь клетки, оболочка которой может лопнуть. При этом наблюдается *плазмоптиз*. От величины осмотического давления раствора зависит активность воды и поступление ее в клетку. Эта зависимость выражается уравнением

$$a_w = \frac{P}{P_0} = \frac{n_2}{n_1 - n_2},$$

где a_w, — активность воды; P и P_0 — соответственно давление водяного пара раствора и растворителя (чистой воды); n_1 и n_2 — соответственно число молей растворителя и растворенного вещества.

Для дистиллированной воды $a_w = 1$; для абсолютно обезвоженного вещества $a_w = 0$. Чем выше осмотическое давление, тем ниже активность воды и она менее доступна клетке.

Из гипертонических растворов, т. е. таких, у которых осмотическое давление выше, чем в клетке, микроорганизмы не могут потреблять воду. Это явление известно в биологии как физиологическая сухость.

Осмотическое давление внутри клеток бактерий соответствует давлению 10–20 %-го раствора сахарозы. Благодаря наличию ригидной клеточной стенки и регуляторным функциям цитоплазматической мембраны, обеспечивающим осмотическое равновесие в клетке и среде, большинство бактерий малочувствительны к изменениям концентрации солей в пределах 0,5–3 %.

Размножение многих гнилостных бактерий подавляется при концентрации поваренной соли около 3–4 %, а при 7–10 % оно прекращается. Палочковидные гнилостные бактерии менее стойки, чем кокки. Развитие некоторых возбудителей пищевых отравлений (ботулинуса, сальмонелл) приостанавливается при 6–10 % соли, однако даже при 20 % многие из них долго сохраняются жизнеспособными, находясь в инактивированном состоянии.

Наряду с микроорганизмами, чувствительными к изменению осмотического давления в среде, имеются приспосабливающиеся виды. Некоторые плесени, дрожжи, а также бактерии, живущие обычно в условиях невысокого осмотического давления, растут и на продуктах с относительно высоким содержанием соли или сахара; их называют *осмотолерантными*.

Микроорганизмы обладают различной устойчивостью к повышению осмотического давления. В растворах с высоким осмотическим давлением — около $9 \cdot 10^6$–10^7 Па (15–20 %-й NaCl) — создаются условия, невозможные для роста бактерий и ряда других организмов. Высокое осмотическое давление среды не препятствует росту лишь некоторых микроорганизмов, называемых *осмофильными*, т. е. «любящими» высокое осмотическое давление. Так, многие плесени из родов *Aspergillus* и *Penicillium* могут расти на едва увлажненных субстратах. Осмотическое давление в их клетке достигает $2 \cdot 10^5$–$2{,}5 \cdot 10^5$ Па. Мед иногда разлагается дрожжами, которые растут при содержании сахара 70–80 %. Некоторые из этих осмофильных дрожжей развиваются только при высокой концентрации сахара, но не выносят высокой концентрации солей.

Имеются организмы, которые могут жить лишь при очень высоких концентрациях солей (NaCl). Это *галофильные*, т. е. «любящие» высокую концентрацию солей, организмы (лат. halo — соль). Они представлены двумя основными типами: умеренными галофилами, которые развиваются при содержании соли 1–2 %, хорошо растут в среде с 10 % соли, но могут выносить даже 20 %-е содержание (большинство бактерий не переносят концентрации NaCl выше 5 %) и экстремально галофильными бактериями родов *Halobacterium* и *Halococcus*, которые требуют около 12–15 % солей и способны хорошо расти в насыщенном растворе NaCl — при 32 %-й концентрации соли.

В табл. 4.2 приведены литературные данные, характеризующие устойчивость некоторых микроорганизмов к поваренной соли.

Концентрация соли, необходимая для подавления развития микроорганизмов, варьирует в зависимости от других условий среды, в частности, от ее реакции (pH). Развитие дрожжей в соленых продуктах подавляется в кислой среде при 14 % соли, в нейтральной — только при 20 %.

Таблица 4.2. **Степень устойчивости микроорганизмов к действию поваренной соли, % [5]**

Микроорганизмы	Концентрация соли, приостанавливающая рост микроорганизмов, %	Микроорганизмы	Концентрация соли, приостанавливающая рост микроорганизмов, %
Бактерии		*Дрожжи*	
Streptococcus lactus	2–5	*Candida mycoderma*	10
Eschirichia coli	6–8	*Torulopsis rosea*	20
Clostridium botulinum	6–7,5–10	*Плесневые грибы*	
Clostridium perfringens	5,7–7,4	*Botrytis cinerea*	12
Proteus vulgaris	7,5–10	*Aspergillus niger*	17
Bacillus subtilis	10–15	*Penicillium glaucum*	20
Halobacterium halobium	Выше 25	*Oospora Nicitinskii*	Насыщенный раствор

Для повышения стойкости против микробной порчи при хранении и переработке различных продуктов широко используют поваренную соль и сахар. Консервирование поваренной солью и сахаром основано на повышении осмотического давления среды, в результате чего клетки микроорганизмов обезвоживаются и прекращается их жизнедеятельность.

Поваренную соль в концентрациях 8–14 % используют для консервирования рыбы, мяса, овощей и некоторых других продуктов. При посоле происходит диффузионно-осмотический обмен, изменяются консистенция и структура продукта, формируются его специфические вкус и аромат; отмечаются также потери белковых веществ в результате их перехода в рассол и гидролитического распада, что приводит к понижению пищевой ценности и ухудшению органолептических свойств продукта. В некоторых случаях посол — один из наиболее целесообразных способов консервирования, например,

сельдевых и лососевых рыб, так как при этом значительно улучшаются их вкусовые достоинства. При посоле свинины также наблюдается образование специфических приятных вкуса и запаха.

Поскольку поваренная соль влияет на вкус пищевых продуктов, содержание ее для многих изделий устанавливается в пределах 2,5–6 %. В этом случае консервирующий эффект достигается сочетанием посола с другими видами консервирования — охлаждением, копчением, сушкой и т. д.

Сахар в концентрации не менее 65 % применяют для консервирования при изготовлении варенья, джема, повидла, желе, сиропов и др. При получении этих продуктов избыток влаги удаляют выпариванием, в результате чего еще больше повышается осмотическое давление. Однако при этом частично разрушаются витамины и снижается ценность продукта. Для повышения стойкости консервированных таким способом изделий их дополнительно пастеризуют в герметично закрытой таре.

Таким образом, консервирующее действие соли и сахара определяется в основном изменением осмотического давления и a_w продукта. Однако многие находящиеся в продуктах микроорганизмы, в том числе возбудители ряда пищевых заболеваний, не погибают, приостанавливается лишь их активная жизнедеятельность. Поэтому к перерабатываемому сырью должны предъявляться строгие санитарно-гигиенические требования.

Порча соленых товаров (рыбы, бекона и др.) из-за воздействия галофильных и солеустойчивых микроорганизмов — явление нередкое. Примером может служить покраснение крепкосоленой рыбы — дефект, называемый фуксином, который вызывается бесспоровой бактерией *Halobacterium solinarium* с красным пигментом. Эта галофильная бактерия заносится в продукт с солью. Кроме этого, порчу соленой рыбы вызывают солеустойчивые микрококки, образующие красный пигмент, и галофильные коричневые плесени, которые, как и возбудители фуксина, попадают с солью. Слабосоленая сельдь может подвергаться под влиянием развития аэробных, холодо- и солеустойчивых бактерий «омылению». При этом рыба приобретает неприятный вкус и гнилостный запах; поверхность рыбы покрывается грязновато-белым мажущим налетом. В соленой сельди могут выживать и токсигенные бактерии: сальмонеллы, золотистый стафилококк, ботулинус. Соленые товары следует хранить при низких температурах, чтобы задержать развитие на них микроорганизмов.

Изучение биохимической основы галофилии показало, что некоторые ферменты крайне галофильных бактерий функционируют только при высоком содержании хлористого натрия. Кроме того, ионы натрия необходимы им для усвоения из среды питательных веществ. Так, *Halobacterium solinarium* ионы натрия нужны для потребления глутамата; морским псевдомонадам — для потребления сахаров и ряда аминокислот.

Известны различные виды порчи (плесневение, забраживание) меда, варенья, джема, фруктовых сиропов и других сахарсодержащих продуктов за счет осмофильных плесеней и дрожжей, сбраживающих сахарозу. Порчу многих из этих продуктов, прошедших тепловую обработку, вызывают осмофильные теплоустойчивые (выдерживающие пастеризацию продуктов) дрожжи; иногда под влиянием осмофильных дрожжей обнаруживается бомбаж банок. Наиболее частым пороком сгущенного молока с сахаром является образование «пуговиц» — уплотнений от желтого до коричневого цвета. Возбудителем чаще всего бывает шоколадно-коричневая плесень *Catenularia*, способная развиваться при минимальном содержании воздуха, высокой концентрации сахара и температуре выше 5 °С. Микрококки могут вызывать дефекты вкуса и запаха, связанные с диссимиляцией белков и жира. Порча может явиться и результатом вторичного инфицирования продуктов микробами извне. Чтобы это предотвратить, следует разливать продукт в горячем виде в стерильную тару, герметично закрывать и хранить при пониженной температуре.

4.2. Физические факторы

Температура среды. Большой интерес представляет отношение микроорганизмов к температуре окружающей среды, так как она определяет не только интенсивность развития того или иного организма, но и возможность его существования.

При определении влияния температуры на прокариотические организмы следует различать два момента: способность организмов к выживанию после длительного нахождения в экстремальных температурных условиях и способность их к росту в этих условиях.

Каждый микроорганизм может развиваться лишь в определенных пределах температуры; для одних эти пределы узкие, для других — относительно широкие и исчисляются десятками градусов. При изучении влияния температуры на рост прокариот выделяют температурный диапазон, ограниченный *минимальной* и *максимальной* температурами, при которых рост прекращается, а также область *оптимальных* температур с максимальной скоростью роста.

Положение на температурной шкале основных точек (минимальная, максимальная, оптимальная температуры), а также величина температурного диапазона роста прокариот сильно различаются. На основании этих показателей прокариоты делят на три основные группы: *мезофилы*, *психрофилы* и *термофилы*.

Большинство известных видов относится к мезофилам, у которых оптимальные температуры роста лежат между 30 и 40 °С, а температурный диапазон, в котором возможен рост, находится между 10 и 45–50 °С. Типичный мезофил — *Escherichia coli:* нижняя граница роста +10 °С, верхняя +49 °С, оптимальная температура +37 °С при росте на богатой среде.

Психрофилы (холодолюбивые микроорганизмы) и факторы, определяющие возможность роста при низких температурах. Область температур роста психрофилов лежит в пределах от –10 до +20 °С и выше. Психрофилы делятся на облигатные (обязательные) и факультативные (необязательные), основное различие между ними в том, что облигатные не способны к росту при температуре выше 20 °С, а верхняя температурная граница роста факультативных форм намного выше. Таким образом, факультативные психрофилы характеризуются более широким температурным диапазоном, при котором возможен их рост. При этом если в области низких температур факультативные психрофилы сходны с облигатными формами, то в области повышенных температур первые способны размножаться в значительно более высоких температурных границах.

Различаются они также и оптимальными температурными зонами роста, находящимися у облигатных психрофилов значительно ниже, чем у факультативных. Принципиальное же сходство между ними — способность к росту при 0 °С и минусовых температурах.

В природе большинство психрофилов представлено факультативными формами. Способность их расти в условиях низких температур связывают в первую очередь с особенностями их ферментных белков и мембранных липидов. Увеличение в последних содержания ненасыщенных жирных кислот позволяет мембранам находиться в функционально активном жидкостно-кристаллическом состоянии при низких температурах. Обязательное условие возможности роста психрофилов при минусовых температурах — нахождение воды в жидком состоянии.

Термофилы (теплолюбивые микроорганизмы) и механизмы термофилии. Группу термофилов делят на 4 подгруппы.

1. Термотолерантные виды растут в пределах 10–60 °С, оптимальная область — 35–40 °С. Основное их отличие от мезофилов — способность расти при повышенных температурах, хотя оптимальные температуры роста для обеих групп находятся на одном уровне.

2. Факультативные термофилы имеют максимальную температуру роста между 50 и 165 °С, но способны также к размножению при комнатной температуре (20 °С); оптимум приходится на область температур, близких к верхней границе роста. Особенность этой группы прокариот — способность к росту в области 20–40 °С.

3. К облигатным термофилам относят виды, которые могут расти около 70 °С и не растущие ниже 40 °С. Оптимальная температурная область облигатных термофилов примыкает к их верхней температурной границе роста. Представители этой подгруппы: эубактерии *Bacillus acidocaldarius, Synechococcus lividus,* архебактерии *Methanobacterium thermoautotrophicum, Thermoplasma acidophilum* и др.

4. Экстремальные термофилы обнаружены недавно. Для них характерны следующие температурные параметры: оптимум в области 80–105 °С, минимальная граница роста 60 °С и выше, максимальная — до 110 °С. К экстремальным термофилам относятся организмы из группы архебактерий, не имеющие аналогов среди мезофилов, например, представители родов *Thermoproteus, Pyrococcus, Pyrodictium* и др.

Наиболее термоустойчивы бактериальные споры. У многих бактерий они способны выдерживать температуру кипения воды в течение нескольких часов. Во влажной среде споры бактерий гибнут при 120–130 °С через 20–30 мин, в сухом состоянии — при 160–170 °С через 1–2 ч. Термоустойчивость спор различных бактерий неодинакова; особенно устойчивы споры термофильных бактерий.

Степень устойчивости бактериальных спор при нагревании до 100 °С [5]:

Бактерии	Время отмирания спор при нагревании до 100 °С, мин:
Bacillus carotarum	3–4
Bacillus mycoides	5–10
Bacillus cereus	15–16
Bacillus subtilis	60–180
Clostridium botulinum	300–360
Clostridium sporogenes	510–540
Bacillus stearothermophilus	460–720

Споры большинства дрожжей и плесеней по сравнению со спорами бактерий менее устойчивы к нагреванию и погибают довольно быстро при 65–80 °С, а споры некоторых плесеней выдерживают нагревание до 100 °С. Однако не все клетки или споры даже одного вида микроорганизмов отмирают одновременно, среди них встречаются более и менее устойчивые.

Термоустойчивость одних и тех же микроорганизмов может, кроме того, изменяться в зависимости от свойств среды (pH, концентрации и др.), в которой производится нагревание.

Высокая термоустойчивость бактериальных спор обусловлена, по-видимому, малым содержанием в них свободной воды. Предполагается также, что устойчивость спор к высоким температурам связана с содержанием в них *дипиколиновой кислоты* (пиридин-2,6-дикарбоновая кислота) и кальция. Эта кислота в виде кальциевой соли обнаруживается только в термоустойчивых спорах.

В настоящее время уделяется много внимания выяснению причин, вызывающих возможность развития термофилов при повышенных температурах. В результате многочисленных исследований установлено, что в значительной мере термостабильность микроорганизмов обусловливается комплексом свойств:

1. Клеточная стенка термофильных бактерий обладает большой устойчивостью к действию высокой температуры, что обусловлено ее химическим составом и более термостабильным механизмом синтеза компонентов клеточной стенки.

2. Мембрана термофилов также отличается высокой механической прочностью, что связано с составом мембранных липидов, а именно, преобладанием насыщенных жирных кислот с более высокой точкой плавления. Кроме того, мембраны термофилов содержат свыше 20 различных белков, которые, вероятно, через взаимодействие с липидами повышают термостабильность мембран.

3. Рибосомы, выделенные из термофильных бактерий, обладают значительно большей термостабильностью, чем рибосомы, выделенные из мезофильных форм, что обусловлено различием в составе и структуре рибосомальных протеинов. Исследование химического состава рибосом выявило различия в содержании белка и РНК: его увеличение, по-видимому, обеспечивает повышенную термостабильность рибосом клетки. Кроме того, термофилы характеризуются более высоким содержанием оснований гуанина и цитозина в молекуле рибосомальной и транспортной РНК. Это также связывают с термостабильностью клетки. У термофильных микроорганизмов по сравнению с мезофильными наблюдается более ускоренный синтез и-РНК. Это, возможно, позволяет термофилам осуществлять быстрый синтез белка. Аналогичные свойства выявлены и у ДНК термофилов. Она также включает повышенное количество гуанина и цитозина и отличается термостабильностью.

4. Ферменты термофильных микроорганизмов имеют более высокий температурный оптимум.

Многие из перечисленных выше свойств у облигатно-термофильных микроорганизмов закреплены наследственно, поэтому последние не могут развиваться в обычных температурных условиях.

Механизм действия температуры на микроорганизмы. Отрицательное влияние на жизнедеятельность микроорганизмов оказы-

вают низкая и высокая температура. Однако степень влияния и механизм действия разных значений температуры на клетку совершенно различны. Механизм действия низкой температуры состоит прежде всего в замедлении биохимических процессов, и только в случае образования кристаллов льда внутри клетки происходит повреждение и разрыв клеточных структур. Низкая температура чаще всего вызывает *бактериостатический эффект*, проявляющийся в прекращении роста и размножения бактерий.

Консервирование низкими температурами — один из лучших методов длительного хранения скоропортящихся продуктов с минимальными изменениями их химического состава. Низкие температуры замедляют химические и биохимические процессы обмена веществ в тканях, снижают ферментативную активность, приостанавливают развитие микроорганизмов. Чем ниже температура, тем эффективнее задерживаются микробиологические и биохимические процессы. Однако устойчивость к действию холода у разных видов микроорганизмов различна. Наименее устойчивы бактерии, большинство из которых прекращает свой рост при температуре –2 °С и ниже.

При замораживании продукта многие бактерии погибают. Плесени и дрожжи более устойчивы к низким температурам; некоторые их виды развиваются при температуре –12°С и ниже. Консервируют низкими температурами путем охлаждения или замораживания.

Охлаждением называется обработка и хранение пищевых продуктов при температуре, близкой к криоскопической, т. е. к температуре замерзания клеточного сока, которая зависит от состава и концентрации сухих веществ. Для яблок она колеблется от –1,4 до –2,8 °С, для винограда равна –3,8 °С, для лука –1,6, для рыбы –2, для мяса –1,2 °С и ниже.

При хранении охлажденных продуктов лучше, чем при замораживании, сохраняются их натуральные свойства, однако рост на них многих микроорганизмов не исключается, а лишь замедляется. Поэтому сроки хранения охлажденных продуктов непродолжительны и зависят от температуры хранения и исходной степени обсеменения продукта психрофильными микроорганизмами.

При *замораживании* происходит полная кристаллизация жидкой фазы продукта. Этот способ применяется для более длительного сохранения мясных и рыбных продуктов, овощей, фруктов и др.

При длительном хранении замороженных продуктов изменяется их химический состав, гидролизуются и окисляются жиры, изменяется цвет, частично разрушаются витамины в результате их окисления кислородом воздуха, ухудшаются вкус и запах.

При замораживании микрофлора полностью не уничтожается, особенно холодоустойчивы споровые формы микроорганизмов. Во время размораживания продуктов, особенно при вытекании из них сока, микроорганизмы вновь размножаются и вызывают порчу. Поэтому оттаивать замороженные пищевые продукты следует непосредственно перед употреблением. Кроме того, после размораживания продукта микроорганизмы возобновляют жизнедеятельность и могут привести к его быстрой порче, поэтому размороженные продукты необходимо сразу же перерабатывать. Качество продуктов в значительной степени зависит от способа его размораживания. При быстром размораживании при повышенных температурах происходят большие потери питательных веществ и более интенсивно развиваются микроорганизмы. Во время медленного размораживания при температурах от 0 до 4 °С кристаллы льда оттаивают постепенно, а коллоиды клеток более полно связывают образующуюся влагу. По качеству замороженные продукты уступают охлажденным.

Наиболее губительна для микроорганизмов высокая температура, обусловливающая свертывание белка, а отсюда — нарушение активности ферментов, проницаемости клеточной стенки и, в конечном счете, равновесия всех биохимических процессов. В результате происходит дезорганизация внутриклеточного физико-химического равновесия, обеспечивающего нормальное развитие организма. Усиление действия термического фактора сопровождается также изменением физических структур макромолекул (протеина, глюцидопротеиновых комплексов и др.).

Разные группы микроорганизмов проявляют неодинаковую чувствительность к действию повышенной температуры. Более чув-

ствительны психрофилы и мезофилы, менее — термофилы. Отмечается соответствие между максимальной температурой роста вегетативных клеток и устойчивостью спор. Если культура, например, сенная палочка, выращивалась при высокой температуре, то и споры ее будут устойчивее к высокой температуре, чем споры тех бактериальных клеток, которые выращивались при более низкой температуре. Очевидно, температура, при которой клетки образуют споры, обусловливает их термочувствительность и определяет зависимость между максимальной температурой роста и устойчивостью спор к действию термического фактора.

На губительном действии высоких температур основаны многие приемы уничтожения микробов в пищевых продуктах и в различных других объектах, например, кипячение, варка, обжарка, бланширование продуктов питания, пропаривание производственного оборудования. В практике широко применяют два способа воздействия высоких температур на микроорганизмы: пастеризацию и стерилизацию.

Пастеризация — это нагревание продукта чаще при температуре 63–80 °С в течение 20–40 мин. Иногда пастеризацию производят кратковременным (в течение нескольких секунд) нагреванием до 90–100 °С. Цель обработки — инактивация ферментов и частичное уничтожение микрофлоры, в первую очередь, плесеней, дрожжей, неспороносных микроорганизмов и вегетативных клеток спороносных бактерий. При пастеризации погибают не все микроорганизмы. *Некоторые термоустойчивые бактерии, а также споры многих бактерий остаются живыми.* В связи с этим пастеризованные продукты следует немедленно охлаждать до температуры не выше 10 °С и хранить на холоде, чтобы задержать прорастание спор и развитие сохранившихся клеток. Пастеризуют молоко, вино, пиво, икру, фруктовые соки, варенье, плодово-ягодные компоты и некоторые другие продукты. Иногда для удлинения сроков хранения продуктов проводят многократную пастеризацию — *тиндализацию*. В этом случае продукт после каждой тепловой обработки оставляют на некоторое время (примерно на сутки) в обычных условиях. Эффект, достигаемый тиндализацией, объясняется тем, что при повторных нагревах

уничтожаются вегетативные клетки, вырастающие из спор во время выдержки продукта. Тепловую обработку проводят 2–3 раза, пока не достигнут стерильности. Но такой способ консервирования экономически не выгоден, поэтому его применяют обычно при изготовлении консервов по специальным заказам.

Стерилизация — один из важнейших и необходимых приемов в микробиологической практике. Слово «стерилизация» в переводе с латинского означает обеспложивание. В микробиологии под ней понимают гибель всех живых микроорганизмов. В микробиологической практике стерилизуют среды, посуду, инструмент и другие необходимые предметы. В каждом отдельном случае выбирают такой способ стерилизации, при котором обеспечивается стерильность, сохранение свойств стерилизуемого предмета и химического состава жидкостей, питательных сред и т. д.

Многочисленными исследованиями по изучению кинетики отмирания клеток во время нагревания (как и при воздействии многих других губительно действующих факторов) установлено, что во времени отмирание протекает с определенной закономерностью. *Эффективность стерилизации зависит от количества микроорганизмов, находящихся на стерилизуемом объекте*: чем оно выше, тем больше остается живых, следовательно, для уничтожения всех потребуется длительное нагревание при данной температуре.

В микробиологической практике самым распространенным, удобным и надежным способом стерилизации является применение высокой температуры различными приемами.

Кипячение применяется для стерилизации игл, шприцев и других мелких инструментов.

Прокаливанием на огне (пламя спиртовки, газовой горелки) стерилизуют бактериологические петли, иглы, пинцеты, предметные стекла.

Стерилизация сухим жаром производится в сухожаровом шкафу или в печи Пастера.

Стерилизация паром производится при температуре 100–150 °С. Существует два способа стерилизации паром: а) текучим паром (дробная стерилизация); б) насыщенным паром под давлением.

Самый эффективный способ, обеспечивающий полное и надежное уничтожение микроорганизмов, — стерилизация паром под давлением в автоклаве.

При стерилизации несколько снижается пищевая ценность продуктов, так как при этом происходит гидролиз белков, жиров, углеводов, разрушаются витамины, некоторые аминокислоты (лизин, гистидин, аргинин) и др.

Механическая или *холодная стерилизация* применяется для объектов, которые не могут подвергаться стерилизации ни высокой температурой, ни воздействием на них химических веществ, так как с этим связана денатурация этих объектов (например, сыворотки). В этих случаях пользуются методом фильтрования с помощью бактериальных фильтров. Изготовляются фильтры со столь мелкими порами, что они не пропускают бактерии (последние задерживаются на фильтре), а вытекающая после фильтрации жидкость оказывается стерильной. Фильтры готовятся из мелкопористых веществ: инфузорной земли, каолина и др. Для их применения существуют специальные устройства (аппарат Зейтца).

Более прогрессивен метод *асептического консервирования*. Сущность его состоит в том, что жидкие и пюреобразные пищевые продукты стерилизуют путем кратковременного высокотемпературного нагрева, охлаждают, а затем расфасовывают в стерильную тару и укупоривают в асептических условиях. Этот метод применяют для консервирования томата-пасты, плодово-ягодных соков, молока и других продуктов. Преимущество такого способа в том, что сокращается время тепловой обработки продукта, в результате чего повышается пищевая ценность консервов. Кроме того, для упаковки могут быть использованы полимерные материалы.

Гидростатическое давление. Микроорганизмы неодинаково чувствительны к гидростатическому давлению. Некоторые из них выдерживают огромное давление. Такие бактерии называются *барофильными* (от греч. *baros* — тяжесть). Представителем является *Bacillus. submarinus*, выделенный из Тихого океана с глубины 5000 м. Большинство же микроорганизмов относится к *баротолерантным* и выдерживает довольно высокое давление (630 атм) в течение 1 ч.

При давлении выше 1000 атм прекращается деление бактерий и клетки приобретают нитевидную форму. При длительном воздействии гидростатического давления происходит денатурация белков и инактивация ферментов. Отмечается и ряд других изменений: ускоряются некоторые химические и ферментативные реакции; уменьшается объем органических коллоидов; увеличивается вязкость жидкостей и электролитическая диссоциация. Все эти изменения лежат в основе биологического действия высоких давлений.

В настоящее время направление в микробиологии — *баробиология* микроорганизмов — изучает роль гидростатического давления как экологического фактора, влияющего на распространение и активность микроорганизмов в глубине морей и океанов.

Лучистая энергия. Свет — необходимый фактор для роста фотосинтезирующих зеленых и пурпурных бактерий, имеющих пигменты, обеспечивающие им возможность поглощать энергию светового луча и превращать ее в химическую. Для большинства других бактерий радиация, видимая и невидимая, является или бесполезной, или вредной.

Энергия, распространяющаяся в пространстве в виде электромагнитных волн, называется *лучистой*. Различные ее спектры характеризуются разной длиной волны и оказывают на организмы различное биологическое действие. Большая часть излучения приходится на лучи длинноволновые невидимые инфракрасные (тепловые), видимого света и расположенные рядом невидимые коротковолновые ультрафиолетовые.

Энергия излучения переносится порциями, называемыми *квантами*. Количество энергии изменяется в зависимости от длины волны: большая длина дает немного энергии. Так, инфракрасные лучи с большой длиной волны характеризуются низким содержанием энергии, а короткие ультрафиолетовые и рентгеновские обладают высокой энергией.

Действие, производимое квантом на материю, является функцией заключенной в нем энергии и, следовательно, длины его волны. Кванты инфракрасного света с длиной волны более 1200 нм содержат такое незначительное количество энергии, что они не спо-

собны вызывать химические изменения в поглощающей материи, и их энергия превращается в тепло. Этим объясняется хорошо известный тепловой эффект инфракрасных ламп. Энергия радиации с длиной волны от 1200 (близкая к инфракрасным лучам) до 200 нм (ультрафиолетовые лучи) достаточна для того, чтобы произвести фотохимические изменения в поглощающих молекулах или атомах. При длине волны 200 нм и менее (рентгеновские лучи, α-частицы, космические лучи) энергия квантов столь высока, что молекулы ионизируются. Этот род радиации часто относят к ионизирующей.

Эффекты, вызываемые облучением живых организмов, зависят от длины волны излучения и его *дозы*, т. е. от энергии и количества поглощенных квантов. Излучение в области длин волн от 300 до 1100 нм, приходящееся в основном на видимый свет, обеспечивает возможность осуществления упорядоченных реакций при поглощении его подходящими для этого системами. В организмах излучение в этом диапазоне индуцирует такие процессы, как фотосинтез, фототаксис, фотореактивацию ДНК, синтез некоторых макромолекул. Для излучений с длиной волны больше 1100 нм к настоящему времени не зарегистрировано каких-либо биологических эффектов. Основное действие ИК-излучения — ускорение движения молекул (нагревание). Действие коротковолнового излучения на организмы приводит к возникновению мутаций или вызывает смертельный (летальный) исход из-за необычайно высокой фотохимической активности этого вида излучения, приводящего к модификации или разрушению поглотивших его органических молекул.

Важнейшим источником естественного излучения является солнечная радиация. Основная масса падающей на Землю солнечной энергии (примерно 75 %) приходится на долю видимых лучей, почти 20 % — на ИК-область спектра и только приблизительно 5 % — на УФ с длиной волны 300–380 нм.

Облучение *ультрафиолетовыми лучами (УФЛ)* — это облучение невидимой частью световых лучей с длиной волны 60–400 нм, губительно действующее на микрофлору пищевых продуктов. Наиболее эффективным действием на микроорганизмы обладают лучи

с длиной волны 255–280 нм. Гибель микробиальных клеток обусловлена главным образом адсорбцией УФЛ нуклеиновыми кислотами и нуклеопротеидами, что приводит к денатурационным изменениям этих веществ.

Очень малые дозы облучения действуют даже стимулирующе на отдельные функции микроорганизмов. Более высокие, но не приводящие к гибели дозы вызывают торможение отдельных процессов обмена, изменяют свойства микроорганизмов вплоть до наследственных изменений. Это используется на практике для получения вариантов микроорганизмов с высокой способностью продуцировать антибиотики, ферменты и другие биологически активные вещества. Дальнейшее увеличение дозы приводит к гибели. При дозе ниже смертельной возможно восстановление (реактивация) нормальной жизнедеятельности.

Различные микроорганизмы неодинаково чувствительны к одной и той же дозе. Споры бактерий значительно устойчивее к действию УФЛ, чем вегетативные клетки. Чтобы убить споры, требуется в 4–5 раз больше энергии. Споры грибов более выносливы, чем мицелий.

Устойчивость спор и вегетативных клеток бактерий к действию УФ-лучей [5]:

Бактерия	Кол-во бактерицидной энергии, вызывающее отмирание до 99 % исходного числа бактерий в воде, мВт/см^2 · с
Esthericchia coli	9 000–12 000
Aerobacter aerogenes	9 000–10 000
Pseudomonas fluorescens	4 500–5 000
Micrococcus candicans	9 000–12 000
Sarcina flava	60 000–65 000
Bacillus subtilis (споры)	30 000–40 000
Bacillus megaterium (споры)	36 000–40 000
Bacillus mycoides (споры)	36 000–40 000

Гибель микроорганизмов может быть следствием непосредственного воздействия УФЛ на клетки, и неблагоприятного для них изменения облученного субстрата. В настоящее время УФЛ довольно широко применяют на практике. Ультрафиолетовыми лучами дезинфици-

руют воздух холодильных камер, лечебных и производственных помещений. Обработка УФЛ в течение 6 ч уничтожает до 80 % бактерий и плесеней, находящихся в воздухе. Однако этот способ требует большой осторожности, так как УФЛ опасны для человека, действуют на глаза и кожу. Такие лучи могут быть использованы для предотвращения инфекции извне при разливе, фасовке и упаковке пищевых продуктов, лечебных препаратов, а также для обеззараживания тары, упаковочных материалов, оборудования, посуды (в предприятиях общественного питания). В последнее время бактерицидные свойства УФЛ успешно применяют для дезинфекции питьевой воды.

Стерилизация пищевых продуктов с помощью УФЛ затрудняется их низкой проникающей способностью, в связи с чем действие этих лучей проявляется только на поверхности или в очень тонком слое. Тем не менее известно, что облучение охлажденного мяса, мясопродуктов удлиняет срок их хранения в 2–3 раза.

Предлагается применять УФЛ для стерилизации плодовых соков и вин (в тонком слое). При таком «холодном» способе стерилизации вино получается лучшего качества и сохраняется без порчи дольше, чем пастеризованное. Предлагается обработка совместно с ультразвуком.

Для некоторых продуктов (например, для сливочного масла, молока) стерилизация УФЛ неприемлема, так как в результате облучения ухудшаются вкусовые и пищевые свойства продуктов.

Радиоактивные излучения. Расщепление атомных ядер радиоактивных элементов сопровождается излучением α-лучей, β-лучей (высокоскоростные электроны) и γ-лучей (коротковолновые рентгеновские лучи). Энергия квантов радиоактивных излучений очень высока, в связи с чем они химически и биологически чрезвычайно активны, при этом γ-лучи менее активны, чем α- и β-лучи.

Характерная особенность радиоактивных излучений — в их способности вызывать ионизацию атомов и молекул (образуются положительно и отрицательно заряженные ионы), которая сопровождается разрушением молекулярных структур.

Губительное действие радиоактивных излучений обусловлено многими факторами. Они вызывают радиолиз воды в клетках и в

субстрате. При этом образуются свободные радикалы, атомарный водород, перекиси. Эти вещества, обладая высокой химической активностью, взаимодействуют с другими веществами, в результате чего возникает большое количество химических реакций, не свойственных нормально живущей клетке. Наступают необратимые нарушения обмена веществ, разрушаются ферменты, изменяются внутриклеточные структуры. В настоящее время расширяется использование ионизирующих излучений (в медицине, сельском хозяйстве, промышленности).

При консервировании ионизирующими излучениями стерилизующий эффект получают без повышения температуры. Поэтому иногда консервирование ионизирующей радиацией называют холодной стерилизацией или пастеризацией. Для обработки пищевых продуктов используют рентгеновское излучение, γ-излучение или поток ускоренных электронов. Особый интерес представляет γ-излучение.

Механизм действия ионизирующей радиации основан на ионизации молекул и атомов микроорганизмов, в результате чего нарушаются их нормальные биологические функции и они отмирают. Гибель живых клеток под влиянием ионизирующих излучений наступает вследствие нарушений в нуклеиновом и других обменах клетки. Величина дозы облучения зависит от вида продукта, а также характера и интенсивности обсеменяющей его микрофлоры.

Различают следующие виды обработки пищевых продуктов ионизирующими излучениями.

Радиационная стерилизация, почти полностью подавляющая развитие микроорганизмов, называется *радапертизацией.* В этом случае используют дозы порядка 10–25 кГр. Она применяется для обработки пищевых продуктов, предназначенных для длительного хранения в различных (в том числе и неблагоприятных) условиях.

Обработку пищевых продуктов пастеризующими дозами порядка 5–8 кГр, достаточную для увеличения длительности хранения, называют *радуризацией.*

Существенный недостатк консервирования ионизирующими излучениями в том, что при обработке пищевых продуктов изменя-

ется их химический состав, а это приводит к ухудшению вкуса, запаха, консистенции.

В этой связи большое внимание уделяется подбору режимов облучения пищевых продуктов, не вызывающих изменений органолептических свойств. Перспективный способ — облучение в инертных газах, вакууме, при низких температурах и с применением антиокислителей. Для обработки мяса и рыбы дозы облучения не должны превышать 6–8 кГр, в этом случае почти не наблюдаются изменения вкуса, запаха и консистенции. Для длительного хранения картофеля и некоторых овощей допустимые нормы ионизирующей радиации не превышают 0,10–0,12 кГр, их использование полностью подавляет прорастание лука, чеснока и картофеля при хранении.

Радиоволны — электромагнитные волны, характеризующиеся относительно большой длиной — от миллиметров до километров и частотами от $3 \cdot 10^4$ до $3 \cdot 10^{11}$ герц (Гц).Прохождение коротких и ультрарадиоволн (с длиной от 10 м до миллиметров) через среду вызывает в ней возникновение переменных токов высокой (ВЧ) и сверхвысокой частот (СВЧ). В электромагнитном поле электрическая энергия преобразуется в тепловую.

В последние годы сверхвысокочастотная электромагнитная обработка пищевых продуктов все более применяется в пищевой промышленности и общественном питании (для варки, сушки, выпечки, разогревания, размораживания и др.).

Консервирование токами ультравысокой (УВЧ) и сверхвысокой (СВЧ) частоты основано на том, что в помещенном в высокочастотное электромагнитное поле переменного тока продукте происходит усиленное движение заряженных частиц, а это приводит к возрастанию температуры продукта до 100 °С и выше. Пищевые продукты, укупоренные в герметичную тару и помещенные в зону действия волн ультравысокой частоты, нагреваются до кипения в течение 30–50 с.

Благодаря специфическим особенностям этого способа нагревания перспективно применение его для пастеризации и стерилизации пищевых продуктов. По сравнению с обычной паровой стерилизацией в автоклавах продукты благодаря значительному сокращению срока нагревания (1–3 мин) гораздо лучше сохраняют первоначальные свойства (аромат, вкус, консистенцию, содержание витаминов) при обеспечении достаточной стерильности.

В отличие от тепловой стерилизации при использовании поля УВЧ и СВЧ продукт нагревается одновременно во всех точках, при этом на скорость прогрева не влияет теплопроводность продукта. Отмирание микроорганизмов при нагревании продукта в поле СВЧ происходит значительно быстрее, чем при тепловой стерилизации, в результате того, что колебательные движения частиц в клетках микроорганизмов сопровождаются не только выделением тепла, но и поляризационными явлениями, влияющими на их жизненные функции. Так, для стерилизации мяса и рыбы в поле СВЧ при 145 °С требуется 3 мин, в то время как обычная стерилизация длится 40 мин при температуре 115–118 °С.

Этим методом в плодоовощной промышленности стерилизуют плодово-ягодные и овощные соки, в общественном питании токи СВЧ используют для приготовления различных блюд.

Ультразвук — это высокочастотные колебания звуковых волн более 20 000 Гц. Он оказывает многообразное действие на микроорганизмы. Ультразвук (УЗ) может вызывать разрывы клеток и клеточных структур, поражение внутриклеточных элементов, морфологические, функциональные и физико-коллоидные изменения. Разностороннее проявление биологического действия ультразвука определяется частотой колебаний, интенсивностью и длительностью его воздействия, а также индивидуальными особенностями и физиологическим состоянием озвучиваемого организма.

Губительно действует на микроорганизмы УЗ только определенной мощности, ниже которой даже длительное его действие не приводит к летальному (смертельному) эффекту. Происходят лишь те или иные морфологические и физиологические изменения свойств микроорганизмов.

Ультрузвуковые волны малой мощности ускоряют некоторые физиологические процессы, повышают ферментативную активность, вызывают механическое разделение скоплений клеток; сар-

цины и стрептококки распадаются при этом на отдельные жизнеспособные клетки.

Различные микроорганизмы обладают неодинаковой чувствительностью к воздействию ультразвука; штаммы даже одного вида проявляют разную устойчивость. Бактерии более чувствительны, чем дрожжи, при этом кокковидные формы более стойкие, чем палочковидные. Споры бактерий значительно выносливее вегетативных клеток. Дикие дрожжи более резистентны, чем культурные.

Эффективность действия УЗ при одной и той же интенсивности и частоте колебаний зависит от химического состава облучаемой среды, ее вязкости, pH, температуры. Имеет значение и число бактерий в объекте: чем их больше, тем продолжительнее должно быть воздействие, чтобы получить стерилизующий эффект.

Сравнительное изучение действия ультразвука на бактерии разного возраста показало, что наиболее чувствительны молодые физиологически активные клетки. С возрастом устойчивость клеток к механическому действию ультразвука повышается.

Механизм бактерицидного действия ультразвуковых волн объясняется кавитационно-механической и электрохимической теориями. Согласно первой теории, прохождение ультразвуковых волн через жидкость вызывает разрыв непрерывности данной жидкости с образованием полого пространства — кавитационных пузырьков. Эти пузырьки заполняются парами жидкости, и при внезапном сжатии их в жидкости вблизи поверхности пузырька возникает огромное давление порядка 10 тыс. атм. Происходящий при этом удар вызывает разрушающее действие.

Согласно электрохимической теории, внутри кавитационной полости возникает высокое электрическое напряжение и свободно двигающиеся электрические заряды вызывают ионизацию молекул парообразной воды. В результате появляются ненасыщенные, реакционно способные продукты расщепления воды: OH, OH_2, H_2O_2, которые взаимодействуют с компонентами клетки. Они могут оказать губительное действие на клетку или вызвать изменение различных функциональных свойств.

4.3. Химические факторы

Реакция среды. Кислотность среды (концентрация водородных ионов, pH) является важным фактором, определяющим возможность существования прокариот. Концентрация ионов водорода в окружающей среде действует на организм прямо (непосредственное воздействие H^+) или косвенно (через влияние на ионное состояние и доступность многих неорганических ионов и метаболитов, стабильность макромолекул, равновесие электрических зарядов на поверхности клетки).

Активная реакция среды — функция ионов водорода, их активности и концентрации. Кислотность среды выражается символом pH, со значениями 0–14, представляющими собой десятичный логарифм концентрации водородных ионов, взятый с обратным знаком. Значения pH кислых сред 0–6, щелочных — 8–14, нейтральная точка соответствует pH 7,07.

В зависимости от отношения к кислотности среды прокариоты могут быть разделены на несколько групп: нейтрофилы, кислотоустойчивые и щелочеустойчивые прокариоты, ацидофилы и алкалофилы.

Оптимальные значения pH для жизнедеятельности подавляющего большинства *нейтрофилов* — область, близкая к нейтральной, а рост возможен, как правило, в диапазоне 4–9. Типичными нейтрофилами являются разные штаммы *Eschirichia coli, Bacillus megaterium, Streptococcus faecalis*. Предельные обнаруженные границы pH для роста представителей мира прокариот приблизительно 1–12. Хотя многие способны расти или выживать при значениях pH, лежащих за пределами нормального диапазона, оптимум их роста обычно находится внутри него. Такие прокариоты считаются кисло- или щелочеустойчивыми (толерантными). К кислотоустойчивым относятся многие бактерии, продуцирующие органические кислоты, например уксусно-кислые, молочно-кислые и др. Щелочетолерантны многие из энтеробактерий, устойчивые к pH, равным 9–10.

У некоторых видов адаптация к кислотности среды привела к тому, что оптимум pH для роста переместился в кислую (pH 4 и

ниже) или щелочную (pH от 9 и выше) зону. Такие прокариоты названы *ацидофильными* или *алкалофильными* (*кислото-* или *щелочелюбивые*) соответственно. Среди обеих групп выделяют облигатные формы, потерявшие способность расти в нейтральной области, и факультативные, сохранившие эту способность. Типичными представителями облигатных ацидофилов служат бактерии рода *Tiobacillus*. Из алкалофилов к облигатным можно отнести некоторых представителей рода *Bacillus*.

Способность к росту при низких или высоких значениях pH обеспечивает организму определенные преимущества, так как в этих условиях резко ограничена конкуренция со стороны других организмов.

Для бактерий кислая среда губительнее щелочной. Механизм тормозящего влияния кислой среды на развитие заключается в том, что экзоферменты микробов оказываются в неблагоприятной зоне кислотности. Кроме того, проникая из окружающей среды в цитоплазму микробных клеток, кислоты изменяют направление и активность биохимических процессов, влияя на эндоферменты. Некоторые кислоты (уксусная, масляная и др.) не только смещают активную кислотность в субстратах, но оказывают и специфическое угнетающее влияние на микроорганизмы. Вегетативные клетки обычно менее устойчивы, чем споры. Особенно неблагоприятна кислая среда для гнилостных бактерий и бактерий, вызывающих пищевые отравления. Бактерии, которые в процессе жизнедеятельности образуют кислоту, более выносливы к снижению pH. Одни микроорганизмы, например, молочно-кислые бактерии, при накоплении в среде известного количества кислоты постепенно погибают; другие способны регулировать реакцию среды, образуя в таких условиях соответствующие вещества, которые либо подкисляют, либо подщелачивают среду, препятствуя сдвигу pH в сторону, неблагоприятную для их развития. Например, дрожжи в благоприятной для них кислой среде вырабатывают главным образом нейтральный продукт — этиловый спирт. В нейтральной среде они образуют уксусную кислоту, которая снижает pH среды до благоприятного для них значения, а затем дрожжи начинают вырабатывать этиловый спирт. Некоторые плесневые грибы при росте на белковых средах образуют щавелевую кислоту или другие кислоты, которые препятствуют повышению щелочности субстрата.

Неодинаковое отношение микроорганизмов к реакции среды является одной из причин смены одних форм микроорганизмов другими. Зная отношение различных микроорганизмов к реакции среды и регулируя pH, можно подавлять или стимулировать их развитие, что имеет большое практическое значение.

Так, неблагоприятное действие кислой среды на гнилостные бактерии положено в основу хранения некоторых пищевых продуктов в маринованном и квашеном виде. *Маринование* основано на повышении кислотности среды путем добавления уксусной кислоты. В концентрациях 1,2–1,8 % уксусная кислота подавляет деятельность многих микроорганизмов, в первую очередь гнилостных.

Квашение — консервирование плодов, овощей и грибов молочной кислотой, образующейся в результате сбраживания сахаров продукта молочно-кислыми бактериями. Молочная кислота придает продукту специфический вкус и способствует лучшей его сохранности. В зависимости от вида переработанного сырья продукт называют квашеным (капуста), соленым (огурцы, томаты, арбузы) или моченым (яблоки).

Молочная кислота в концентрации даже 0,5 % тормозит деятельность вредных микроорганизмов, но не задерживает развития дрожжей и плесеней, а при ее концентрации 1,5–2 % прекращается деятельность молочно-кислых бактерий. Одновременно с образованием молочной кислоты в квашеных овощах накапливается этиловый спирт, который также оказывает консервирующее действие. В квашеной капусте и соленых огурцах количество его не превышает 0,5–0,7 %, что не препятствует развитию молочно-кислых бактерий, но заметно улучшает вкус готовой продукции. В моченых яблоках содержание его достигает 0,8–1,8 %.

Поваренная соль, используемая при солении и квашении (2–6 %) вызывает плазмолиз растительных клеток, способствует переходу в рассол клеточного сока, богатого сахаром, и тем самым стимулирует процессы брожения. Кроме того, она подавляюще действует на мно-

гие микроорганизмы, прежде всего на масляно-кислые бактерии и бактерии группы *coli*. Соль также участвует в формировании вкуса квашеных овощей. Активность процесса брожения зависит от начального содержания сахара в продукте, концентрации соли, температуры окружающей среды и вида молочно-кислых микроорганизмов. Температуру брожения поддерживают от 18 до 25 °С.

В дальнейшем заквашенный продукт хранят при более низких температурах (0–2 °С) в анаэробных условиях, чтобы предупредить развитие уксусно-кислых бактерий и плесеней, на которые не влияет молочная кислота.

Для улучшения качества квашеных продуктов, ускорения процесса брожения и предупреждения развития вредных микроорганизмов применяют закваски чистых культур молочно-кислых бактерий.

Химические вещества. Химические соединения различной природы, воздействуя на микроорганизмы, могут вызывать три эффекта: *стимулирующий, бактериостатический* и *бактерицидный*. Стимулирующий эффект наблюдается в тех случаях, когда соединение служит питательным субстратом для микроорганизма. Потребление его стимулирует рост и размножение. Если вещество подавляет рост, а после удаления его рост микроорганизма возобновляется, то такое действие называется бактериостатическим (задерживающим) или в более широком плане — микробостатическим (от греч. stasis — остановить). Бактерицидным является действие любого вещества, убивающего бактерии.

По характеру действия химические соединения делят на несколько групп:

- поверхностно-активные вещества — жирные кислоты, мыла, детергенты, вызывающие повреждение клеточной стенки;
- фенол, крезол и их производные, не только повреждающие клеточную стенку, но и воздействующие на белки цитоплазмы;
- акридины (вещества типа дибензопиридина), обладающие сродством к нуклеиновым кислотам и нарушающие процессы клеточного деления;
- формальдегид (40 %-й раствор формалина), вызывающий денатурацию белков;

- соли тяжелых металлов, приводящие к коагуляции белков, а поэтому обусловливающие гибель не только микроорганизмов, но и вирусов.

Характер действия ядовитого вещества — бактерицидный или бактериостатический — зависит от его концентрации, т. е. его токсичность определяется дозой. Кроме того, среди микроорганизмов имеются формы, устойчивые к действию общих клеточных и метаболических ядовитых веществ (фенол, оксид углерода, сероводород и др.), а некоторые обладают способностью использовать их в качестве источников питания.

По химической структуре антимикробные вещества представляют очень неоднородную группу соединений. К ним относятся вещества органической и неорганической природы.

Из *неорганических соединений* сильным антимикробным действием обладают *соли тяжелых металлов*. Ионы некоторых тяжелых металлов — золота, меди, особенно серебра, присутствуя в растворах в ничтожно малых концентрациях, не поддающихся непосредственному определению, оказывают тем не менее губительное действие на микроорганизмы. Это специфическое действие называется *олигодинамическим* (oligos — малый, dinamys — сила). Проникая внутрь клетки, они взаимодействуют с белками цитоплазмы, образуют с ними нерастворимые в воде соединения (альбуминаты) и вызывают тем самым их коагуляцию. Другие антимикробные вещества инактивируют ферменты, связываясь с группами активного центра.

Из *органических соединений* антимикробным действием обладает *этиловый спирт, фенол, крезол, формальдегид* и др. Этиловый спирт вызывает коагуляцию белка, причем разведенный спирт (50–70 %) оказывает более сильное действие, чем концентрированный. Широко используемый в санитарно-бактериологической практике ароматический спирт фенол, или карболовая кислота, взаимодействует с цитоплазматической мембраной, вызывая растворение липидов и нарушая этим ее основное свойство — полупроницаемость. Вегетативные клетки бактерий быстро гибнут от 3–5 % раствора фенола. Очень ядовит также формальдегид. Он вступает во

взаимодействие с аминными группами пептидов и аминокислот, связывает их и в результате нарушает физиологическую деятельность клетки.

К числу органических соединений, обладающих антимикробным действием, относится и ряд веществ, полученных путем химического синтеза. Наибольшей известностью пользуются *сульфамидные препараты,* применяемые в химиотерапии для уничтожения патогенных бактерий. По структуре формулы сульфамиды весьма сходны с важным клеточным метаболитом — парааминобензойной кислотой (ПАБК), которая входит в состав витамина — фолиевой кислоты.

Многие химические вещества действуют губительно на микроорганизмы. Такие вещества называют *антисептиками*. Их действие на микроорганизмы зависит от концентрации и продолжительности воздействия, а также от pH среды и температуры. В очень малых дозах антисептики оказывают даже благоприятное действие, стимулируя размножение или биохимическую активность микробов. С повышением концентрации антисептиков подавляется развитие микробов, а затем они быстро отмирают. Чувствительность различных видов к одному и тому же антисептику неодинакова.

Применение антисептиков для консервирования пищевых продуктов ограничено. Доза антисептика должна быть достаточной, чтобы обеспечить надлежащее консервирующее действие, но безвредной для человека и не влиять отрицательно на продукт.

Консервирование пищевых продуктов *сернистой кислотой,* ее *солями* и *сернистым ангидридом* называется сульфитацией. Сернистая кислота — сильный антисептик, подавляет деятельность плесеней и бактерий; более устойчивы к ее действию дрожжи, особенно винные расы. Эта кислота применяется для консервирования плодов, ягод, фруктовых и овощных полуфабрикатов. Эффективность действия сернистой кислоты зависит от температуры и pH среды. При повышении кислотности степень диссоциации сернистой кислоты уменьшается, и таким образом сохраняется больше недиссоциированных молекул, обладающих консервирующим действием.

При нагревании сульфитированных продуктов происходит быстрое расщепление сернистой кислоты с выделением газообразного сернистого ангидрида. Сернистый ангидрид действует на дыхательные органы и вызывает раздражение слизистой оболочки, поэтому в больших концентрациях он опасен для человека.

К наиболее часто применяемым солям сернистой кислоты относятся гидросульфит натрия ($NaHSO_3$), гидросульфит калия ($KHSO_3$), тиосульфат натрия ($Na_2S_2O_3$), сульфит натрия (Na_2SO_3) и сульфит калия (K_2SO_3). Их используют для консервирования плодов и ягод с высокой кислотностью. Под действием кислот происходит расщепление солей сернистой кислоты с выделением сернистого ангидрида.

Остаточное содержание сернистого ангидрида в сушеных овощах и фруктах не должно превышать 0,01–0,06 %, в плодово-ягодных пюре — 0,2, в соках — 0,12–0,15 %.

Бензойная кислота (C_6H_5COOH) плохо растворима в воде, поэтому для консервирования обычно используют ее соль — бензойно-кислый натрий (C_6H_5COONa). Эта кислота подавляет жизнедеятельность дрожжей, менее интенсивно действует на масляно-кислые, уксусно-кислые бактерии и почти не влияет на развитие молочно-кислых бактерий и плесеней. Наиболее сильное антисептическое действие бензойной кислоты и бензойно-кислого натрия проявляется в кислой среде при pH 2,5–3,5. Недостаток бензойной кислоты как консерванта — ее отрицательное влияние на вкус консервируемого продукта; под ее действием также происходит помутнение растительных материалов, содержащих белок. Поэтому количество бензойной кислоты, добавляемое в пищевые продукты, строго регламентируется и не превышает 70–100 мг на 100 г продукта. Применяется ограниченно из-за аллергенности.

Сорбиновая кислота ($C_6H_8O_2$) и ее соли являются сильными антисептиками. Они используются для консервирования фруктовых соков, пюре, маринадов и других продуктов с низким pH среды. Сорбиновая кислота относится к непредельным и представляет собой белые или слегка желтоватые кристаллы без запаха со слабокислым вкусом. Эта кислота менее токсична, чем бензойная и

сернистая, но более активно воздействует на микроорганизмы. В небольших количествах она находится в ягодах рябины. Она подавляет деятельность грибов и дрожжей и слабо или почти не действует на бактерии. Сорбиновая кислота труднорастворима в холодной воде, поэтому чаще применяется в виде водорастворимых солей — сорбата натрия или калия. Преимущество сорбиновой кислоты перед другими консервантами состоит в том, что она не изменяет вкус и запах консервированных продуктов.

Количество сорбиновой кислоты, допускаемое для консервирования различных продуктов, неодинаково и колеблется от 0,05–0,1 % (безалкогольные напитки, соки) до 0,5 % (полукопченые колбасы).

Для борьбы с картофельной болезнью хлеба, для предотвращения его плесневения применяют *пропионовую* кислоту (C_3H_7COOH). Хорошие результаты дает введение в тесто солей пропионовой кислоты или обработка ими оберточной бумаги. Рекомендуется применять этот консервант для некоторых рыбных продуктов.

Нитраты и *нитриты* используют в качестве консервирующего средства для повышения стойкости окраски мяса, мясных продуктов и рыбных изделий. Они применяются вместе с поваренной солью и сахаром при засолке мяса. Мясо, консервированное только солью, получается жестким, волокнистым, неприятного серовато-го цвета. Добавление сахара способствует улучшению вкуса продукта, а добавление нитратов и нитритов — сохранению цвета.

Из-за вредного действия на организм человека установлена предельно допустимая норма содержания нитритов и нитратов в пищевых продуктах. Так, в вареных мясопродуктах содержание нитрита натрия не должно превышать 3 мг на 100 г продукта, в полукопченых — 5, в копченых — 10.

Борная кислота (H_3BO_3), *бура* ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) 0,3 %-й концентрации и *уротропин* используются для сохранения зернистой осетровой икры. Борную кислоту также применяют как консервант в производстве меланжа.

Среди многообразия пищевых консервантов, предназначенных для предупреждения плесневения поверхности различных продуктов, особое внимание технологов пищевых производств привлека-

ет *дегидрацетовая кислота* (ДГК) и ее натриевая соль (ДГС), обладающие ярко выраженными фунгицидными и бактерицидными свойствами.

Они находят практическое применение в технологиях защиты поверхности различных пищевых продуктов: вареных колбас, выпускаемых в белковых оболочках, и деликатесной мясной продукции.

На принципе антисептики основано копчение мясных и рыбных продуктов. При копчении продукты пропитываются летучими антисептическими веществами дыма или аналогичными антисептиками коптильной жидкости, которую применяют вместо дыма. Консервирующее действие оказывает при этом и поваренная соль, если она используется для обработки продуктов перед копчением. В дыме содержатся формальдегид, фурфурол, метиловый спирт, многие кислоты (муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, валериановая), ацетон и другие кетоны, фенолы и метиловые эфиры, различные смолы и др. Бактерицидный эффект коптильных веществ обусловлен главным образом формальдегидом, содержащемся в дыме в значительном количестве. Наибольшей антиокислительной активностью отличаются фенольные компоненты дыма — производные пирогаллола, пирокатехина. Однако на микрофлору продукта влияют и другие факторы. При холодном копчении — некоторое обезвоживание продукта (при сушке) и повышенное содержание соли, при горячем копчении большую роль играет высокая температура.

В настоящее время во всем мире широко используют натуральный жидкий дым. Его применение позволяет полностью перейти на технологию бездымного копчения, исключая загрязнение воздушной среды дымовыми выбросами.

Использование жидкого дыма имеет ряд преимуществ: обеспечивает высокое качество продуктов; позволяет строго регулировать вкус копчения; не вносит в продукт канцерогенные вещества; упрощает и ускоряет технологический процесс; продлевает сроки хранения продуктов; снижает потери при термообработке за счет образования «корочки» на поверхности продукта; повышает санитарно-гигиенические показатели готовой продукции, что в конеч-

ном итоге приводит к уменьшению себестоимости и увеличивает объем выпуска готовой продукции.

Газовый состав. Кислород широко распространен в природе и в связанном, и в свободном состоянии. В первом случае он входит в состав молекул воды, органических и неорганических соединений. Во втором — присутствует в атмосфере в виде молекулярного кислорода (O_2), объемная доля которого составляет 21 %. Кислород является обязательным химическим компонентом любой клетки.

Среди прокариот есть значительные различия в отношении к молекулярному кислороду. По этому признаку они могут быть разделены на несколько групп. Прокариот, для роста которых O_2 необходим, называют облигатными (обязательными) аэробами. К ним относится большинство прокариотных организмов. Среди облигатных аэробов обнаружены существенные различия в отношении к уровню молекулярного кислорода в среде. Некоторые представители этой группы не способны к росту при концентрации O_2, равной атмосферной, но могут расти, если содержание O_2 в окружающей среде будет значительно ниже (порядка 2 %). Такие облигатно аэробные прокариоты названы *микроаэрофилами*.

Рост всех облигатных аэробов подавляет 100 %-й молекулярный кислород. Многие аэробные бактерии могут формировать колонии на поверхности твердой питательной среды в атмосфере, содержащей 40 % O_2, но рост их прекращается, когда содержание O_2 в атмосфере повышается до 50 %.

Известны прокариоты, для метаболизма которых O_2 не нужен, т. е. энергетические и конструктивные процессы у них происходят без участия молекулярного кислорода. Такие организмы называются облигатными анаэробами. К ним относятся метанобразующие архебактерии, сульфатвосстанавливающие, масляно-кислые и некоторые другие эубактерии. До сравнительно недавнего времени считали, что облигатные анаэробы могут получать энергию только в процессе брожения. В настоящее время известно много облигатно анаэробных прокариот, которые произошли от аэробов в результате вторичного приспособления к анаэробным условиям, приведшего к потере способности использовать O_2 в качестве конечного акцептора электронов в процессе дыхания. Такие облигатные анаэробы получают энергию в процессах анаэробного дыхания, т. е. переноса электронов по цепи переносчиков на CO_2, SO_4^{2-}, фумарат и другие акцепторы.

В ряду облигатно анаэробных прокариот, не включающих O_2 в метаболические реакции, существует широкий спектр степени устойчивости к молекулярному кислороду, находящемуся во внешней среде. Многие из облигатных анаэробов не выносят присутствия даже незначительных количеств молекулярного кислорода в среде и быстро погибают. Такие организмы называют строгими анаэробами. К их числу относятся представители родов *Bacteroides, Fusobacterium, Bu1yrivibrio, Methanobacterim* и др. Масляно-кислые бактерии относятся также к группе облигатных анаэробов, но среди них есть виды, умеренно (*Clostridium tetani, Clostridium carnis, Clostridium tertium, Clostridium sporogenes*) или достаточно высоко (*Clostridium perfringens, Clostridium acetobutylicum*) толерантные к O_2. Наконец, молочно-кислые бактерии, обладающие метаболизмом только анаэробного типа, могут расти в присутствии воздуха и выделяться в отдельную группу аэротолерантных анаэробов.

Хотя облигатно анаэробные бактерии в целом очень чувствительны к O_2, они могут в природе находиться в аэробных зонах. Широко распространены представители рода *Clostridium* в местах с высоким парциальным давлением O_2, что объясняется наличием у них нечувствительных к молекулярному кислороду эндоспор. Однако многие необразующие спор строго анаэробные прокариоты обнаружены в природе в местах, где наблюдается активное развитие облигатных аэробов. Вероятно, совместное развитие с облигатными аэробами, активно потребляющими молекулярный кислород, приводящее к образованию зон с низкой концентрацией O_2, создает возможности и для развития строго анаэробных видов.

Описаны прокариотные организмы, которые могут расти и в аэробных, и в анаэробных условиях. Изучение этого явления показало, что природа его различна. Бактерии, не нуждающиеся в O_2 (последний не участвует в осуществляемых ими метаболических реакциях), но способные расти в его присутствии, являются по типу осу-

ществляемого ими метаболизма облигатными анаэробами, устойчивыми к O_2 внешней среды. Примером таких организмов служат молочно-кислые бактерии. Многие прокариоты, относящиеся к этой же группе, приспособились в зависимости от наличия или отсутствия O_2 в среде переключаться с одного метаболического пути на другой, например, с дыхания на брожение и наоборот. Такие организмы получили название факультативных анаэробов, или факультативных аэробов. Представителями этой физиологической группы прокариот являются энтеробактерии. В аэробных условиях они получают энергию в процессе дыхания. В анаэробных условиях источником энергии для них служат процессы брожения или анаэробного дыхания.

Озон, являясь сильным окислителем, способен губительно воздействовать на микрофлору. В атмосфере, содержащей 3–5 мг озона в 1 м^3, происходит заметное подавление развития плесневых грибов, дрожжей, бактерий. Более высокие концентрации озона неблагоприятно действуют на микрофлору, но одновременно влияют на органолептические свойства пищевых продуктов. При периодическом озонировании камер хранения (2–3 раза в неделю по 3 ч) удается увеличить в несколько раз сроки хранения копченых колбас, сыров. Эффект влияния озона на микрофлору, возможно, определяется действием не только озона, но и отрицательно заряженных ионов компонентов атмосферы, образующихся в процессе получения озона.

Диоксид углерода (CO_2) безвреден при введении в большинство пищевых продуктов; быстро и полностью улетучивается после извлечения из камеры хранения. 20–30 % CO_2 в атмосфере значительно замедляет жизнедеятельность большинства микробов, а при 60–80 % и более практически прекращает их развитие. При низких температурах (0–+7 °С) и концентрации CO_2 в атмосфере около 10–20 % развитие почти всех микроорганизмов замедляется в 2–4 раза и соответственно увеличивается срок хранения мяса, рыбы, птицы и других продуктов.

Нормальная газовая среда характеризуется следующим составом, %: 21,0 O_2, 78,0 K_2, 0,03 CO_2, остальное — инертные газы. В настоящее время для хранения некоторых пищевых продуктов используют измененные газовые среды — с пониженным содержанием кислорода и повышенным содержанием диоксида углерода. Этот способ называется хранением в *регулируемой газовой среде* (РГС). Обычно он используется для хранения живых объектов — свежих плодов и некоторых овощей. Основные преимущества хранения в РГС: задерживаются процессы созревания и перезревания плодов, снижаются потери благодаря уменьшению физиологических и микробиологических болезней, лучше сохраняются консистенция, вкус и аромат плодов.

Кроме того, этот способ позволяет сохранять плоды на 2–3 месяца дольше, чем в обычных холодильниках. Для хранения возможно использование трех типов газовых смесей: первый — сумма объемов O_2 и CO_2 равна 21 %; второй — сумма объемов O_2 и CO_2 меньше 21 %; третий — в смеси практически не содержится CO_2, а O_2 — 2–3 %. Если создание нужной концентрации CO_2 в газовой смеси первого типа достигается благодаря процессу дыхания, то для образования смесей второго и третьего типов необходимо использовать какие-либо химические поглотители диоксида углерода, например, едкий натр, поташ и др. Эти смеси можно создавать также, подавая нужные концентрации кислорода и углекислого газа из каких-либо внешних источников, например, из специальных баллонов или газогенераторов. Создание регулируемых газовых сред возможно в хорошо герметизированных помещениях, оборудованных специальной аппаратурой.

Вариантом хранения в РГС является использование барьерных полимерных упаковок. В этом случае оно называется хранением в *модифицированной газовой среде* (МГС). Хранение пищевых продуктов с помощью модифицированной или регулируемой газовой среды проводят по одной из схем:

- вакуумирование упаковки с продуктом и заполнение ее оптимальной газовой средой (табл. 4.3), после чего упаковку герметизируют. Упаковка может иметь определенную газопроницаемость, желательно, близкую к нулевой, т. е. с применением упаковочных материалов с барьерными слоями;
- процесс аналогичен первому, но упаковка малопроницаема для газов (кислорода, диоскида углерода), практически герметич-

Таблица 4.3. **Оптимальные значения МГС, рекомендуемые при упаковывании пищевых продуктов [27], %**

Продукт	Азот	Кислород	Диоксид углерода
Белый хлеб и тосты	0–20	0	80–100
Блины, оладьи	20	0	80
Вафли, кексы	100	0	0
Пицца	70	0	30
Свежее тесто	0	0	100
Свежее мясо	0–10	70–90	20–30
Вареные колбасы, бекон, сосиски	60–80	0	20–40
Мясной хлеб	70	0	30
Копченые колбасы	100	0	0
Полукопченые колбасы	80–90	0	10–20
Мясо сублимационной сушки	100	0	0
Сухой молочный порошок	100	0	0
Творог	80–100	0	0–20
Сливки	100	0	0
Йогурт	0	0	100
Сыры: твердые	100	0	0
«	0	0	100
«	30	0	70
плавленые	30–40	0	60–70
Копченая рыба	85–90	0	10–15
Свежая треска	70	20	10
Свежая камбала	30	30	40
Жирная рыба	80	0	20
Форель	65	20	15
Готовые стерилизованные блюда	100	0	0
Квашеная капуста	0	0	100
Свежие овощи и фрукты	87–94	3–8	3–5

на. Содержание CO_2 и O_2 регулируется в оптимальных значениях соответствующими поглотителями и генераторами используемых газов;

• использование упаковочных материалов с селективной газопроницаемостью, обеспечивающей оптимальный газообмен, соответствующий интенсивности «дыхания» свежих овощей и фруктов.

Эти процессы манипулируют не только с уменьшением в той или иной степени содержания кислорода, но и с введением в упаковку необходимого количества азота, исключающего развитие аэробов, но не задерживающего их развития.

Газовая среда в полиэтиленовых упаковках создается за счет избирательной (селективной) проницаемости пленок для углекислого газа и кислорода. От «барьерности» упаковочного материала, сохраняющего первоначальный состав газовой среды, зависит срок хранения продуктов. Кислородопроницаемость некоторых видов пленочного материала, $см^3/(м^2 \cdot 24ч \cdot атм)$ [28]:

ПВДХ	4,0
EVOH	0,5–1,0
Selar OH (EVOH+слюда)	0,8
Univarsal glas (ПЭТ)	0,1–0,5
МДХ 6 (модифицированный нейлон)	2,0
ПЭ / Мет. ПЭТ / ПЭ	1,0
ПЭ / EVOH / ПЭ	0,8
Мет. ПЭТ / Мет. ПЭТ / ПЭ	0,2
ПВДХ / EVOH / ПВДХ	0,1
ПЭТ / алюминиевая фольга / ПЭ	< 0,1

Из приведенных данных и табл. 4.4 следует, что металлизированный ПЭТ имеет барьерные свойства не хуже, чем самые лучшие барьерные полимерные материалы, а ламинаты, содержащие алюминиевую фольгу, практически непроницаемы для газов.

Проницаемость современных полимерных упаковочных материалов для диоксида углерода значительно (в 2–5 раз) выше, чем для кислорода. Применяя оптимальные соотношения компонентов в МГС и соответствующие условия хранения, можно обеспечить сохранность свежего мяса до 2 недель, бекона и вареного мяса —

Таблица 4.4. **Сроки хранения некоторых продуктов в обычной и модифицированной газовых средах [27]**

Продукт	Газовый состав в упаковке, %			Срок хранения продукта	
	O_2	CO_2	N_2	в МГС, недели	в обычной среде, дни
Свежее мясо	60	30	10	10–14	2–4
Свежая камбала	30	40	30	12	6
Сыр	До 1	99	—	60	45
Картофельные чипсы	До 1	99	—	До 40	10
Песочные пирожные	До 1	99	—	45–100	3–5

до 3, свежей рыбы — до 1, свежих цыплят — до недели, свежего теста — до 2–3 недель и т. д.

Несколько иначе обстоит дело с упаковкой овощей и фруктов в МГС и РГС. В этих физиологически активных продуктах постоянно происходит газообмен: поглощая кислород, они выделяют диоксид углерода. Интенсивность «дыхания» меняется не только для отдельных видов, но и для сортов. Так, интенсивность «дыхания» яблок, см/(кг · ч): сорта ренет кокса — 1,5 O_2 и 1,7 CO_2, гольден делишес — соответственно 7,8 и 8,1, а для антоновки — 4,0 и 5,2. Поэтому оптимальный состав РГС для отдельных сортов яблок должен быть различен. В приведенном случае оптимальное соотношение компонентов в РГС должно быть: для ренет кокса 5 % O_2 и 3 % CO_2, остальное — азот; для гольден делишес — 4 % O_2 и 3 % CO_2, остальное — азот, для антоновки 1 % O_2 и 3 % CO_2.

Интенсивность «дыхания» плодов снижается при понижении температуры хранения. Поэтому рекомендуется хранить физиологически активные объекты при пониженных, но положительных температурах (1–5 °С), чтобы не вызвать замораживания плодов.

4.4. Биологические факторы

Микроорганизмы в природной обстановке, в том числе на пищевых продуктах, живут в тесной взаимосвязи друг с другом и со всем населением окружающей среды. Взаимоотношения между микроорганизмами бывают либо благоприятными, т. е. приносящими взаимную пользу, либо вредными, антагонистичными. Между этими типа-

ми взаимоотношений можно провести лишь условную границу, они могут меняться в результате изменения условий окружающей среды.

В ряде случаев наблюдаются *ассоциативные* взаимоотношения между микроорганизмами. Изменяя компоненты среды, они могут создавать обстановку для благоприятного существования других микроскопических существ. Так, аэробы, поглощая кислород, благоприятствуют развитию анаэробов.

Существуют ассоциации двух разных видов микроорганизмов (или микро- и макроорганизмов) в условиях тесного и длительного пространственного контакта, когда оба партнера взаимно адаптируются к совместному существованию. Такие взаимоотношения между организмами называют *симбиозом*.

В симбиотические отношения с молочно-кислыми и уксуснокислыми бактериями вступают дрожжевые грибки. Молочно-кислые бактерии подкисляют среду и создают благоприятные условия для дрожжей. Последние же продуцируют аминокислоты и витамины, необходимые для нормальной жизнедеятельности молочнокислых бактерий. В результате этого сожительства образуются так называемые кефирные зерна.

Уксусно-кислые бактерии с дрожжами также образуют как бы один целостный организм, напоминающий по форме гриб, известный под названием «чайный гриб», служащий для приготовления в домашнем обиходе освежающего напитка с приятным вкусом.

Типы симбиоза между микроорганизмами, а также между микроорганизмами и растениями (животными) делят на две категории: эктосимбиоз и эндосимбиоз. При экзосимбиозе микроорганизм занимает внешнее положение по отношению к клеткам организма-хозяина (более крупного из двух симбионтов), а при эндосимбиозе микроорганизм растет и развивается внутри клеток хозяина.

Разные типы симбиоза существенно отличаются и по относительной выгоде, которую получает каждый из партнеров ассоциации. При мутуалистическом, или взаимовыгодном, симбиозе оба партнера извлекают пользу от ассоциативного существования; при паразитическом симбиозе пользу получает только один из партнеров, в то время как второй не получает ничего, а часто даже приоб-

ретает различной степени повреждения. Тип симбиоза может измениться при смене условий окружающей среды и взаимоотношения, бывшие вначале взаимовыгодными, могут стать паразитическими, и наоборот.

По степени взаимозависимости партнеров выделяют факультативный и облигатный симбиоз. При факультативном симбиозе партнеров можно культивировать друг без друга. Если симбионтов нельзя культивировать в изолированном виде, симбиоз называют облигатным.

Можно привести несколько примеров мутуалистического симбиоза. Так, развитие или половое размножение некоторых дрожжей и грибов идет лишь в присутствии других микроорганизмов. Взаимоотношения подобного рода обусловливаются, по всей вероятности, образованием микробами-спутниками веществ типа ауксинов, или факторов роста, которые нужны для прохождения определенных фаз развития. Многие бактерии, нуждающиеся в витамине B_{12}, получают его от других микробов, которые обладают способностью синтезировать это соединение. Известны и такие взаимоотношения, как симбиоз гриба с растением при образовании микориз; симбиоз клубеньковых бактерий с бобовыми растениями; симбиоз целлюлозоразлагающих бактерий, обитающих в рубце животных, с животным и др.

Паразитический симбиоз широко распространен в мире микроорганизмов. Явления паразитизма можно разделить на два типа: без контакта с клеткой-жертвой и при контакте с ней. К первому типу относится лизис грибов миксобактериями, осуществляемый гидролитическими экзоферментами. Второй тип предусматривает обязательное внедрение паразита в другой организм.

Примером паразитического симбиоза может служить и инфекционная болезнь, при которой хозяин постепенно ослабевает и, в конце концов, может погибнуть.

Кроме того, существуют еще *комменсалы*. Они живут в кишечнике, во рту, дыхательных путях. Питаются веществами, поступающими в эти органы, являясь своего рода симбионтами при здоровом организме. Если организм заболевает, то они становятся паразитами и могут нанести вред. Например, кишечная палочка *Escherichia coli* может вызвать колиэнтерит, перитонит, пиелит.

Нередко продукты жизнедеятельности одних видов микробов служат источником энергии или питательных веществ для других (явление *метабиоза,* или *синтрофизма*). Например, микроорганизмы, расщепляющие белки на более простые соединения, создают возможность для развития других микроорганизмов, которые сами не могут разлагать белок и усваивают только продукты его распада. Совместным действием различных микроорганизмов обусловлена последовательность превращений одних веществ в другие, что постоянно наблюдается в природе, а также в пищевых продуктах при их микробной порче. Дрожжи, например, развиваясь в сахаристых субстратах, превращают сахар в этиловый спирт. В среде, содержащей спирт, могут развиваться уксусно-кислые бактерии, окисляющие спирт в уксусную кислоту, а уксусная кислота используется плесенями.

Разновидность метабиоза — *сателлитизм* (стимуляция). Для данной формы взаимоотношений характерно то, что микроб-сателлит выделяет в среду ростовые вещества — витамины, ауксины или аминокислоты, которые стимулируют развитие сожительствующего с ним другого вида. Такой способностью обладают дрожжи, сарцины. Этот тип взаимоотношений характерен для совместной культуры дрожжей и молочно-кислых бактерий, особенно на начальных этапах развития последних. На более позднем этапе сателлитизм может смениться новым типом взаимоотношений — *синергизмом*, при котором у членов микробной ассоциации усиливаются физиологические функции, образуются иные продукты метаболизма, чем в чистой культуре. Так, дрожжи в чистой культуре сбраживают сахар до спирта, в смешанной с молочно-кислыми бактериями — до пировиноградной кислоты, окисляемой затем до молочной кислоты. Отсутствие спирта в продуктах брожения стимулирует развитие дрожжей, а последние продуктами жизнедеятельности активизируют развитие молочно-кислых бактерий.

Между микроорганизмами распространены также антагонистические взаимоотношения. Развитие антагонистов осуществляется по принципу: «Моя жизнь — твоя смерть».

Антагонизм между микроорганизмами может быть вызван следующими причинами: конкуренцией за питательные вещества; действием антибиотиков, вырабатываемых некоторыми микроорганизмами; уничтожением одних микроорганизмов другими.

Пассивный антагонизм проявляется в двух формах:

1) обусловленный использованием сожительствующими видами одних и тех же питательных веществ; при этом преимущество получает тот вид микроорганизма, который обладает большей биологической активностью. Так, при одновременном высеве в среду бактерий и актиномицетов первые как более быстроразмножающиеся подавляют развитие вторых;

2) насильственный антагонизм, основанный на том, что при недостатке в среде питательных веществ бактерии, образующие протеолитические ферменты, используют в качестве пищи клетки других бактерий. Этот процесс идет в два этапа: вначале происходит разрушение бактерий протеолитическими ферментами, выделяемыми антагонистом, затем потребление образовавшихся продуктов распада и дальнейшее внутриклеточное их превращение.

Активный антагонизм также подразделяется на две формы:

1) антагонизм, обусловленный накоплением в среде продуктов обмена (спиртов, кислот, щелочей), которые резко изменяют активную кислотность среды и тем самым подавляют развитие организмов других видов. Примером может служить развитие микрофлоры молока. В свежевыдоенном молоке одновременно содержатся молочно-кислые и гнилостные бактерии, которые вначале развиваются независимо друг от друга. Затем в процессе жизнедеятельности молочно-кислых бактерий происходит накопление молочной кислоты. В результате молоко подкисляется настолько, что развитие гнилостных бактерий полностью подавляется. Некоторые плесневые грибы образуют лимонную кислоту, которая также подавляет жизнедеятельность большинства сапрофитных бактерий. Уробактерии, наоборот, развиваясь на МПА с мочевиной, выделяют такое количество аммиака, что pH среды подщелачивается до 9,3 и развитие большинства микроорганизмов в такой среде прекращается;

2) антагонизм, обусловленный наличием в среде антибиотических веществ. Некоторые микроорганизмы вырабатывают особые вещества — антибиотики, которые губительно действуют на рост и размножение других микроорганизмов.

Эффект действия антагонистов может быть бактериостатическим или бактерицидным. Явление антагонизма широко распространено среди различных групп микробов. Наибольшее число их с широким спектром действия обнаружено у актиномицетов. Значительный удельный вес среди антагонистов составляют плесневые грибы. Особенно в этом отношении выделяются пенициллы (25 %) и аспергиллы (40 %). Грибы обладают антагонистическими свойствами в отношении многих групп организмов: вирусов, бактерий, актиномицетов, дрожжевых и дрожжеподобных грибов.

Антибиотики — специализированные продукты жизнедеятельности различных организмов, обладающие способностью в незначительных концентрациях избирательно подавлять развитие микроорганизмов. Термин означает «против жизни» (от греч. *anti* — против, *bios* — жизнь).

З. Ваксман, предложивший этот термин, имел в виду пагубное действие веществ на микробы. Способностью вырабатывать антибиотики обладают некоторые виды растений, животных и микроорганизмов. Это специфическое физиологическое свойство возникло у них и закрепилось естественным отбором в результате длительного эволюционного развития. С общебиологической точки зрения образование антибиотиков является приспособительной функцией организма, обеспечивающей выживание вида.

По химическому составу антибиотики представляют собой разнообразные вещества — от простых соединений до очень сложных полипептидных структур. Химическое строение изучено у большинства антибиотиков и положено в основу их классификации. Согласно М. М. Шемякину и А. С. Хохлову, различают антибиотики ациклического, алициклического и ароматического строения, хиноны, кислород- и азотсодержащие гетероциклические соединения, пенициллины, стрептомицины, антибиотики-полипептиды, актиномицины, антибиотики с установленной и неустановленной суммарной фор-

мулой. С химической структурой антибиотика связаны многие его свойства: растворимость, стойкость, токсичность.

Важная особенность антибиотиков — избирательность действия: каждый из них активен только по отношению к определенной группе микроорганизмов и ингибирует строго определенные биохимические функции. Например, пенициллин действует только на растущие клетки грамположительных бактерий, в то время как грамотрицательные к нему менее чувствительны. В этом состоит одно из существенных отличий антибиотиков от общебиологических ядов — мышьяка, фенола, которые подавляют жизнедеятельность любого организма, вступившего с ними в контакт.

Характер действия антибиотиков различен. Большинство из них бактериостатичны, т. е. задерживают рост чувствительных микробов; другие, обладая бактерицидным свойством, вызывают гибель соответствующих микробов. Значительно меньше антибиотиков с бактериолитическими свойствами. Эффективность антибиотиков зависит от дозы и длительности воздействия: кратковременное воздействие в малых дозах задерживает рост, а более высокие концентрации и продолжительное воздействие вызывают гибель тех же микробов.

Взаимодействие антибиотика с микробной клеткой может вызвать лизис клетки в результате нарушения ее осмотического барьера, изменить проницаемость клеточной стенки, нарушить один или несколько энзиматических процессов, влияющих на метаболизм клетки.

В зависимости от общего биохимического процесса или отдельного звена в цепи реакций, т. е. от мишени, на которую действуют антибиотики, их разделяют на ингибиторы синтеза клеточной стенки, функций цитоплазматической мембраны, синтеза нуклеиновых кислот, функций рибосом.

Микроорганизмы различаются по своей чувствительности к антибиотикам. Существуют антибиотикорезистентные варианты. Механизмы, обеспечивающие антибиотикорезистентность, разнообразны. Возникновение приобретенной устойчивости у микроорганизмов может быть связано с тремя основными факторами:

• способностью клеточной оболочки задерживать антибиотики на поверхности клетки и препятствовать их проникновению внутрь;

• возможностью клетки посредством собственных либо индуцируемых ферментов, синтезированных клеткой в присутствии антибиотика, разрушать препарат раньше, чем он сможет проявить биологическое действие;

• отсутствием чувствительных к антибиотику реакций метаболизма клетки.

Антибиотикоустойчивость микроорганизмов может быть обусловлена способностью клетки к замене одних звеньев обмена веществ на другие (фенотипическая изменчивость), а также наличием в клетках генетических факторов устойчивости. Устойчивость к антибиотикам может появляться в результате мутаций и рекомбинаций.

В связи с широким использованием антибиотиков в различных сферах практической деятельности возникновение устойчивых форм микробов приобретает важное теоретическое и еще больше практическое значение. Оно заключается в том, что появление резистентных форм при применении этих веществ может привести к существенному снижению лечебных свойств этих препаратов.

Основные пути преодоления устойчивости микроорганизмов к антибиотикам — это изыскание и внедрение в практику новых антибиотиков, комбинированное применение одновременно нескольких антибиотиков с различным механизмом действия, удаление из клеток микроорганизмов факторов лекарственной устойчивости.

Антибиотики грибного происхождения. Грибы образуют значительное количество антибиотиков.

Пенициллин получают из культуры плесневого гриба *Penicillium chrysogenum* методом глубинного выращивания при аэрации. Пенициллин — один из наименее токсичных антибиотиков с высоким лечебным действием. Он дает хорошие результаты при лечении сепсиса (общая гнойная инфекция), стрептококковых и стафилококковых заболеваний. Пенициллин действует в основном на грамположительные микробы.

В настоящее время применяются полусинтетические пенициллины, большинство из которых кислотоустойчивы и принимаются внутрь (фенитициллин, пропициллин и др.).

Антибиотики актиномицетного происхождения. Из актиномицетов получено наибольшее число антибиотиков, и многие из них нашли практическое применение в медицине, сельском хозяйстве, пищевой промышленности.

Стрептомицин открыт З. Ваксманом с сотрудниками в 1944 г. при изучении лучистого грибка *Streptococcus griseus*. Он хорошо растворим в воде, устойчив при pH от 3 до 7, но быстро разрушается при кипячении, обладает широким антибактериальным действием, подавляет развитие большинства грамположительных (стафилококки, стрептококки) и грамотрицательных (капсульные бактерии, извитые формы) микробов.

Тетрациклины — группа химически близких антибиотиков с широким спектром действия: активны в отношении грамположительных и грамотрицательных бактерий, риккетсий и ряда крупных вирусов. Тетрациклины широко применяются в медицинской практике, в животноводстве — как стимуляторы роста животных и птиц, в пищевой промышленности — как консерванты скоропортящихся продуктов.

Помимо антибиотиков, которые подавляют развитие болезнетворных микробов, некоторые актиномицеты могут продуцировать вещества, задерживающие развитие злокачественных опухолей. Это так называемые противораковые антибиотики.

К противораковым антибиотикам, полученным из актиномицетов, относятся актиномицин, брунеомицин, рубомицин, стрептонигрин, дауномицин и др. Противораковые антибиотики пока не дают таких успешных результатов, как антибиотики, применяемые для лечения бактериальных заболеваний. Исследования по изысканию новых эффективных антибиотиков против рака продолжаются.

Антибиотики бактериального происхождения. Известно около 60 антибиотиков бактериального происхождения, однако немногие из них нашли практическое применение, что связано в основном с их токсичностью для организма. В практике используется грамицидин С, полимиксины, бацитрацины, пиоцианин и др.

Грамицидин С — вещество полипептидной природы. Получают его из культур аэробной споровой палочки *Bacillus brevis*. Он не растворяется в воде, кислотах и щелочах, только в спирте. Грамицидин С обладает высокой антибиотической активностью в отношении грамположительных и некоторых грамотрицательных бактерий: подавляет развитие фекального стрептококка, на который не действует ни пенициллин, ни сульфонамидные препараты.

Низины выделены из культуральной жидкости *Streptococcus lactis* и представляют смесь нескольких антибиотиков; являются ингибиторами роста стафилококков, многих стрептококков и анаэробных термостойких споровых бактерий — возбудителей порчи консервов. Низин активен по отношению ко многим грамположительным бактериям, воздействует на споры бактерий, задерживая их прорастание. В состав низина входят различные аминокислоты: метионин, лейцин, валин, лизин, гистидин, пролин, глицин, серин и др. Наиболее активно действие этого антибиотика проявляется в кислых субстратах. В организме человека низин быстро разрушается, не оказывая отрицательного действия. Важная его особенность — способность уменьшать сопротивляемость спор термоустойчивых бактерий к нагреванию, что позволяет в консервной промышленности снижать режим стерилизации. Применяется он также при изготовлении сгущенного молока, плавленых сыров.

Антибиотики животного происхождения. Из них наибольшее применение получили лизоцим, экмолин, эритрин. Антибиотики животного происхождения не только обладают антибактериальными свойствами, но и активируют защитные силы макроорганизма. Это отличает их от всех других антибиотиков и делает возможным применение для лечения, и для профилактики.

Лизоцим открыт русским ученым П. Н. Ляценковым в 1909 г. на основе белка куриного яйца. Затем он был обнаружен в слюне, слезах, сердце, печени, селезенке и различных секреторных выделениях. В настоящее время кристаллический лизоцим получают из белка куриного яйца. Лизоцим обладает активным литическим действием в отношении многих грамположительных болезнетворных и сапрофитных бактерий. Он действует растворяюще на клеточные оболочки, в результате чего чувствительные микробы погибают. Лизоцим не токсичен. В организме животных и человека он служит естественным защитным фактором против патогенных микробов.

Экмолин выделен Э. В. Ермольевой в 1950 г. из печени рыб [14]. Этот антибиотик активен по отношению к дизентерийным и тифозным палочкам, стафилококкам, вирусам гриппа. При сочетании пенициллина со стрептомицином экмолин усиливает их активность и удлиняет срок действия.

Эритрин — антибиотическое вещество, полученное из эритроцитов крови. Установлено, что эритрин — термостабильное вещество, хорошо растворимое в воде. Этот антибиотик подавляет развитие дифтерийной палочки, стрептококков и стафилококков. Он с успехом использовался при лечении и профилактике дифтерии. Однако для более широкого его применения необходимы очищенные и более активные препараты.

К антибиотикам животного происхождения следует отнести также белковое вещество *интерферон*, образующееся в клетках под действием вирусов, а также некоторых видов бактерий или бактериальных эндотоксинов.

Для получения больших количеств интерферона используют шестидневные однослойные культуры клеток куриного эмбриона или культивируемые лейкоциты, полученные из крови человека, которые заражают определенным видом вируса. Иными словами, для получения этого вещества создают определенную систему вирус — клетка.

Антибиотики растительного происхождения. Подробно изучены антибиотические вещества растений Б. П. Токиным. В 1928 г. он заметил, что многие растения содержат бактерицидные вещества [14]. Эти биологически активные соединения, образующиеся в результате жизнедеятельности высших растений, он назвал фитонцидами (от греч. «фитон» — растение).

Фитонциды широко распространены в мире растений. Они обнаружены в разных органах большинства культурных и дикорастущих растений. Фитонциды являются одним из факторов естественной сопротивляемости растений к поражению их микробами. Фитонцидными свойствами обладают бальзамы, смолы, вещества хиноидного строения, дубильные вещества, содержащие лактонное кольцо, антоцианы и др. Действие фитонцидов на микроорганизмы избирательно: сок того или иного растения губителен для одних микробов и безвреден для других.

Фитонциды некоторых растений могут стимулировать или подавлять развитие других растений на расстоянии. Обнаружены летучие фитонциды, способные убивать пыльцу других растений или стимулировать ее развитие.

Растения одного и того же вида, выращенные в различных условиях, образуют несколько отличные друг от друга фитонциды. Их биологическая активность меняется у одного и того же растения в зависимости от сезона года, например, осенью хвоя сосны менее бактерицидна, чем хвоя, собранная в мае или в июне.

Антимикробными свойствами обладают многие употребляемые в пищу овощи, пряности. Из чеснока и некоторых сортов репчатого лука выделен аллицин, из репы и редьки — рапин, из томатов — томатин.

Аллицин, выделенный в 1944 г. из чеснока, характеризуется довольно высокой токсичностью и неустойчивостью. В чесноке он содержится не в виде свободного соединения, а в виде вещества, которое может переходить в антибиотик под влиянием специфического фермента. Антибиотик подавляет развитие грамположительных и грамотрицательных микробов, а также туберкулезной палочки.

Иманин получен В. Г. Дроботько с сотрудниками из растения зверобой. Применяется он при лечении язв, ожогов, маститов и других заболеваний [14].

Рафанин содержат водные экстракты семян редиса; корни и листья редиса не содержат антибиотика. Рафанин был выделен в 1947 г. Рафанин подобно аллицину содержится в семенах не как свободное соединение, а в виде проантибиотика, который превращается в рафанин под действием энзима, содержащегося в семенах редиса.

Рафанин подавляет развитие грамположительных и грамотрицательных бактерий при относительно высокой концентрации антибиотика (40–200 мкг/мл). Невысокие концентрации антибиотика задерживают прорастание семян многих растений, кроме семян редиса.

К антибиотическим веществам, образуемым высшими растениями, относятся также соединения, названные *фитоалексинами*. Они возникают в результате проникновения в растение определенного паразита. Процесс формирования этих соединений стимулируется одним или несколькими продуктами жизнедеятельности, которые паразит вводит в клетки растения хозяина.

Характерно, что появившийся под влиянием определенного паразита фитоалексин обладает антибиотическим действием по отношению к нему. По-видимому, устойчивость ряда высших растений к некоторым грибным заболеваниям связана с образованием растениями указанных веществ.

Бактериоцины — антибактериальные вещества белковой природы, образуемые отдельными штаммами разных видов бактерий. В отличие от антибиотиков бактериоцины характеризуются очень узким спектром действия — подавляют развитие бактерий только своего или близкородственных видов. Клетки, продуцирующие бактериоцины, резистентны к влиянию собственных, а также гомологичных бактериоцинов, т. е. специфически устойчивы. Но образование бактериоцинов всегда ведет к летальному исходу — заканчивается гибелью клетки-продуцента. Наиболее изучены бактериоцины *Escherichia coli*, которые называются *колицинами*.

Колицины адсорбируются поверхностью чувствительных к ним бактерий и нарушают различные обменные процессы, вызывая гибель клеток. К настоящему времени описано более 25 типов колицинов. Они различаются по физико-химическим свойствам, по антигенной структуре и способности адсорбироваться на определенных рецепторных участках клетки.

Лечебные свойства различных растений известны давно. Многие так называемые лекарственные растения применяют в медицине в качестве профилактических и лечебных средств. Антимикробные вещества некоторых растений выделены в виде препаратов и используются в медицинской практике, а также в сельском хозяйстве для борьбы с болезнями растений, стимуляции их роста, повышения урожайности. Сохранение скоропортящихся продуктов питания — одна из важнейших проблем, стоящих перед работниками пищевой и консервной промышленности.

Применение антибиотиков при консервировании продуктов питания позволяет значительно снизить время термической обработки того или иного продукта. Используя субтилин, можно проводить мягкую термическую обработку. Под его действием происходит гибель клостридиальных и термофильных бактерий, устойчивых к нагреванию.

Хорошие результаты получены при использовании низина в процессе консервирования томатов, зеленого горошка, цветной капусты и других продуктов. Низин подавляет развитие ряда термофильных спорообразующих бактерий и не оказывает токсического действия на человека.

Микроорганизмы, вызывающие порчу туш, могут попасть на их поверхность из воздуха. Поэтому опрыскивание разделанных и охлажденных говяжьих туш раствором антибиотика или обработка им брюшной полости свиней также способствуют удлинению сроков хранения мяса. Для этих целей обычно используются тетрациклиновые антибиотики.

Известно, что мясной фарш быстро подвергается порче. Добавка хлортетрациклина в концентрации 0,5–2 мкг/г к свежему рубленому мясу приводит к заметному подавлению микрофлоры, вызывающей его порчу.

Огромное значение имеет проблема удлинения сроков хранения свежей рыбы, особенно при промысле в районах, далеко расположенных от берега и баз. Применение антибиотиков при этом может осуществляться различными способами:

1) погружение рыбы на 1–5 мин в морскую воду, содержащую хлортетрациклин в концентрации 5–100 мг/л, способствует значительному удлинению сроков сохранения ее;

2) хорошие результаты получаются при погружении рыбы в охлажденную до 1–1,5 °С морскую воду с содержанием в ней всего 2 мг/л хлортетрациклина;

3) удлинение сроков хранения свежей рыбы на 5 и более дней при содержании рыбы на льду, в составе которого имеется хлортетрациклин в концентрации 1–2 мг/л воды.

Быстро портится свежеразделанная птица. Увеличение сроков сохранности птицы в 1,5–2 раза можно получить при хранении ту-

шек на льду, содержащем широкоспектровые антибиотики при концентрации до 10 мг/л воды. Увеличение сроков сохранности птицы в 2–3 раза наблюдается и в том случае, если тушки помещать на 10 мин в раствор хлортетрациклина концентрации 10–40 мг/л воды.

Тетрациклиновые антибиотики и хлорамфеникол эффективны при хранении свежего молока. Хлортетрациклин и окситетрациклин в концентрации 100 мг/л способствуют сохранению молока до 4 сут при 30 °С. Смесь патулина и хлортетрациклина предохраняет молоко от порчи в течение 10 дней.

Ведутся исследования по использованию фитонцидов (в виде препаратов или измельченной растительной массы) в практике хранения пищевых продуктов. Так, пересыпка в хранилище клубней картофеля измельченной растительной массой (полынью, коноплей, чешуями луковиц репчатого лука, хвоей пихты и др.) снижает поражение клубней фомозом и сухой гнилью на 5–14 %. Обработка томатов аренарином (выделен из бессмертника) снижает заболевание плодов мокрой и вершинной гнилью. Плюмбагин и юглон (выделен из ореховых и плюмбаговых растений) обладают в очень малых концентрациях высокой активностью в отношении дрожжей и молочно-кислых бактерий; эти вещества допущены для консервирования безалкогольных напитков и вин. Использование антибиотических веществ высших растений (лука, моркови, лаврового листа, кориандра, перца красного, можжевеловых ягод и др.) при консервировании мясных и рыбных продуктов, различных овощей способствует уменьшению времени термической обработки и повышает качество продуктов.

Несмотря на перспективы использования антибиотиков, необходимо очень осторожно и внимательно относиться к их применению. Попадание незначительных концентраций этих биологически активных веществ с продуктами питания в организм человека может вызвать у него появление резистентных форм микроорганизмов, что затруднит применение антибиотиков в случае заболевания.

Применение антибиотиков в животноводстве, растениеводстве, в пищевой и консервной промышленностях должно быть поставлено под тщательный контроль.

Раздел 2.
СПЕЦИАЛЬНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

Глава 5.
ПИЩЕВЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ. ИНФЕКЦИЯ И ИММУНИТЕТ

5.1. Патогенные микроорганизмы

Вопросы пищевых заболеваний наиболее полно изложены в учебном пособии Е. К. Шарковского [29].

Патогенными (от греч. patos — болезнь, страдание) называются микроорганизмы, вызывающие заболевания человека и животных. Они широко распространены в природе. Среди них есть паразиты и сапрофиты. Паразиты обладают способностью проникать в ткани, размножаться и жить за счет организма хозяина.

Патогенные сапрофиты живут и размножаются в отмерших тканях, выделяя при этом токсины, которые при попадании в организм человека вызывают тяжелые, а иногда и смертельные заболевания.

Особенностью патогенных микробов является специфичность действия, т. е. способность вида вызывать строго определенное заболевание. Так, пневмококки вызывают только пневмонию, гонококки — гонорею, палочки туберкулеза — туберкулез. Но не все микробы одного и того же вида в одинаковой степени обладают свойством патогенности. Степень или мера патогенности микроорганизмов называется *вирулентностью* (от лат. virulentus — ядовитый, болезнетворный). Вирулентность представляет собой совокупность ряда болезнетворных свойств микроба: инфекционность или

заразительность, инвазивность (способность внедряться в организм и распространяться в его тканях), интенсивность размножения и способность вырабатывать ядовитые вещества. Вирулентность микробов — не стабильный видовой признак, а индивидуальный. Она может изменяться в зависимости от условий.

Штаммы микроорганизмов с искусственно сниженной вирулентностью, но сохраняющие иммуногенные свойства называются *вакцинными,* или *живыми вакцинами*. Принцип получения живых вакцин был разработан в 1880 г. Пастером. Однако основоположником применения их является Э. Дженнер, который еще в 1795 г. предложил метод предохранительных прививок против оспы [5].

Вирулентность микробов определяется также образованием ими специфических веществ белковой природы — агрессинов, безвредных для организма, но подавляющих его защитные функции.

Важный фактор вирулентности — способность микробов вырабатывать ядовитые продукты метаболизма — *токсины.* Попадая в кровь, они разносятся по организму и вызывают различные отравления. Механизм действия большинства токсинов изучен еще недостаточно.

Среди микробных токсинов различают экзо- и эндотоксины. *Экзотоксины*, или истинные токсины, продуцируются клеткой и выделяются в окружающую среду. *Эндотоксины* прочно связаны с клеткой и освобождаются только после ее гибели.

Эндотоксины образуются главным образом грамотрицательными патогенными микроорганизмами. Они представляют собой комплекс полисахаридов и липопротеидов, характеризуются термостабильностью, меньшей ядовитостью, чем экзотоксины. Кроме того, они не обладают специфичностью действия и при поражении макроорганизмом дают однотипную картину патологического процесса: слабость, одышку, головную боль, расстройство кишечника. Малые дозы эндотоксина вызывают повышение температуры, большие — понижение и гибель животного.

В отличие от эндотоксинов экзотоксины вырабатываются только некоторыми грамположительными микроорганизмами — возбудителями столбняка *Clostridium tetani*, ботулизма *Clostridium botulinum*, дифтерии *Corynebacterium diphteriae*, газовой гангрены *Clostridium perfringens*. Они более токсичны и опасны, чем эндотоксины. Это самые сильные биологические яды.

Экзотоксинам свойственна высокая специфичность действия, т. е. они поражают определенные органы и ткани, что проявляется в характерной форме клинического заболевания. Токсин столбнячной палочки, например, поражает двигательные нейроны спинного мозга, вызывая судороги, параличи. Токсин палочки ботулизма действует на окончания двигательных нервов. Оба эти токсина относят к нервным ядам. Дифтерийный токсин поражает сердечную мышцу и надпочечники. Большинство экзотоксинов термолабильны и инактивируются при 58–60 °С. Экзотоксины представляют собой белки.

Действие экзотоксинов проявляется через определенный инкубационный период, который длится от нескольких часов до суток. Это одно из отличий экзотоксинов от ядов небиологической природы. Экзотоксины обладают свойством антигенности, т. е. при введении в организм обусловливают образование антител, нейтрализующих токсины. Весьма важно то, что, теряя токсичность, они сохраняют антигенность. Такие обезвреженные токсины называются анатоксинами. Они используются как вакцины в профилактических целях также для получения антитоксических лечебных сывороток.

5.2. Инфекция и иммунитет

Заболевания, вызываемые патогенными микроорганизмами, называются *инфекционными* (от греч. inficire — заражать, отравлять). Инфекционное заболевание представляет собой взаимодействие патогенного микроорганизма с макроорганизмом, при котором первый нарушает нормальные физиологические функции второго. Возникновение и развитие инфекционного процесса зависит не только от вирулентности микроорганизма, но и окружающей среды, а также от состояния макроорганизма.

Специфическая невосприимчивость, или устойчивость, организма к инфекционным заболеваниям называется *иммунитетом* (от лат. immunitas — освобождение, избавление). Он представляет собой сложный комплекс физиологических реакций, определяющих относительное постоянство внутренней среды организма.

Иммунитет обусловливается совокупностью приспособлений, наследственно полученных или индивидуально приобретенных организмом. В создании иммунитета участвуют различные органы и ткани, что определяет многообразие механизмов и факторов иммунитета.

По происхождению иммунитет бывает врожденный и приобретенный. *Врожденный иммунитет* — видовое генетическое свойство организма, т. е. он передается по наследству и отличается высокой устойчивостью. Поэтому его называют видовым или наследственным. У человека, например, отмечается невосприимчивость к чуме крупного рогатого скота, собак и другим заболеваниям, характерным для животных.

Приобретенный иммунитет по наследству не передается, Он вырабатывается к некоторым заболеваниям индивидуально каждым организмом в течение его жизни и менее стоек, чем врожденный. Для него характерна специфичность: человек, переболевший дифтерией, приобретает иммунитет только противодифтерийный.

Различают иммунитет естественно и искусственно приобретенный. Первый, вырабатывается в результате перенесения организмом инфекционного заболевания; второй вызван прививками, т. е. введением вакцин и сывороток.

Естественный иммунитет передается от матери к ребенку в период его внутриутробного развития. Антитела матери поступают в плод через плаценту. Созданный таким путем иммунитет называется плацентарным. Он сохраняется у новорожденных до шести месяцев.

Искусственно приобретенный иммунитет подразделяется на активный и пассивный. Активный вырабатывается при вакцинации организма живыми или мертвыми вакцинами, пассивный — при введении готовых защитных факторов — антител, взятых от другого иммунного организма. Пассивно приобретенный иммунитет в отличие от активного возникает очень быстро (через 1–2 ч после введения сыворотки), но сохраняется недолго (15–20 дней) до тех пор, пока присутствуют введенные антитела. Организм в создании пассивного иммунитета никакого участия не принимает.

Инфекционный иммунитет развивается при туберкулезе, паратифе, различных вирусных заболеваниях. В отличие от других форм

иммунитета, при которых организм полностью освобождается от инфекции, он не обладает такой способностью и носит название нестерильного.

Организмы обладают защитными приспособлениями против бактериальных и вирусных инфекций. Эти отличия обусловлены особенностями внедрения и репродукции вирусов в клетках макроорганизмов. Например, при врожденном противовирусном иммунитете невосприимчивость может быть вызвана отсутствием у клетки рецепторов, необходимых для адсорбции вирусов. Поэтому вирус даже при попадании в организм не сможет внедряться в клетки и размножаться.

При противовирусном иммунитете большую роль играют неспецифические факторы защиты — ингибиторы, которые блокируют процесс адсорбции вирусов. К ним относятся сыворотка крови, слюна, моча и др. Ингибиторы действуют подобно антителам.

В 1957 г. открыт новый механизм иммунитета к вирусным инфекциям — образование *интерферона* — средства защиты клеток от чужеродных нуклеиновых кислот. Он эффективен против самых разнообразных вирусов, но наиболее активно подавляет развитие, родственных тем, которые первыми внедрились в клетку и вызвали его образование.

Интерферон применяется как лечебное и профилактическое средство. Он лежит в основе интерференции вирусов — подавления репродукции одного вируса другим. Интерферируют между собой только определенные вирусы. Так, вирус осповакцины интерферируют с вирусом ящура и бешенства, вирус гриппа — с вирусом энцефаломиелита лошадей. Интерференция — широко распространенное явление, наблюдается при вирусных инфекциях у человека, животных, растений и бактерий.

5.3. Пищевые заболевания

При несоблюдении санитарно-гигиенических норм и правил пищевые продукты могут стать причиной различных заболеваний микробной и немикробной природы. Заболевания, причиной возникновения которых является пища, инфицированная токсикоген-

ными микроорганизмами, а также загрязненная вредными или ядовитыми примесями различного происхождения, называются пищевыми или болезнями пищевого происхождения. Они вызываются бактериями, вирусами, риккетсиями, микроскопическими грибами, простейшими, гельминтами. Пищевые продукты могут приобрести вредные свойства и в процессе их приготовления. Например, при нарушении правил копчения и жарения в них возможно образование веществ, обладающих токсическими, канцерогенными и другими неблагоприятными свойствами. Пищевые заболевания по признакам и происхождению подразделяются на три типа: пищевые инфекции, пищевые отравления и инвазионные заболевания.

Пищевые инфекции вызываются только болезнетворными микроорганизмами и являются заразными заболеваниями, т. е. передаются от зараженного человека и животного здоровому. Распространяются они не только через пищу, но и через воду, воздух и другими путями. Возбудители в пищевых продуктах обычно не размножаются, но могут длительное время в них сохраняться. Инкубационный период длительный.

Пищевые отравления — наиболее обширный тип пищевых заболеваний. Это острые, реже хронические незаразные заболевания, возникающие после употребления пищевых продуктов, содержащих множество особых микроорганизмов, либо токсичные для организма вещества микробной или немикробной природы. Вне зависимости от природы пищевые отравления не передаются от больного человека здоровому.

Пищевые отравления подразделяются на две группы: микробной и немикробной природы. К первой относятся три подгруппы: пищевые токсикоинфекции, интоксикации и микотоксикозы. Группа пищевых отравлений немикробной природы также включает три подгруппы: отравление продуктами, ядовитыми по природе; ядовитыми при определенных условиях; отравление примесями химических веществ.

К инвазионным заболеваниям относятся болезни, вызываемые паразитарными организмами, в частности, гельминтами (гельминтозы), или глистами (глистные инвазии).

5.4. Пищевые инфекции

Инфекционные (заразные) заболевания вызываются патогенными (болезнетворными) микроорганизмами и передаются от зараженного человека или животного здоровому.

Для возникновения инфекционного процесса достаточно содержания в пищевом продукте небольшого числа живых клеток патогена, которые в результате высокой патогенности активно размножаются в организме человека и вызывают специфическое заболевание. Пищевые инфекции протекают как типичные заразные заболевания с характерными для каждого клиническими признаками.

Источником инфекционного заболевания могут быть пищевые продукты при нарушении санитарно-гигиенических режимов их производства, хранения и реализации. Источником инфицирования пищевых продуктов являются больные люди и животные, бактерионосители, насекомые, грызуны.

Инфекционные заболевания подразделяются на антропонозные и зоонозные. К *антропонозным* относятся инфекционные заболевания, свойственные только людям, и человек заражается ими лишь от человека (брюшной тиф, дизентерия, холера и др.). Инфекционные заболевания животных называются *зоонозами.* Некоторыми из них могут заболеть и люди (бруцеллез, сибирская язва, ящур, спонгиоформная энцефалопатия крупного рогатого скота и др.). Такие инфекционные заболевания относятся к *зооантропонозам*. Однако основным источником этих инфекций являются больные животные.

В целях профилактики пищевых инфекций и других заболеваний на предприятиях торговли и общественного питания предусмотрено обязательное бактериологическое и медицинское обследование поступающих на работу лиц и сотрудников для своевременного выявления, изоляции и лечения больных и бактерионосителей. Предупреждение распространения инфекции предусматривает меры по оздоровлению окружающей среды, объекты которой могут явиться факторами передачи инфекционного начала. Для оздоровления окружающей среды используются общесанитарные и дезинфекционные меры, направленные на уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний.

Мероприятия по предупреждению инфекционных заболеваний подразделяются на профилактические (предупредительные) и противоэпидемические. Они направлены на обезвреживание источника инфекции, разрыв путей ее передачи и повышение уровня невосприимчивости населения к данной инфекции. Это государственные мероприятия по устранению причин появления и распространения инфекционных заболеваний, по повышению уровня санитарной культуры населения.

Кишечные инфекции. Это острые инфекционные заболевания, характерной особенностью которых является локализация возбудителя в кишечнике человека. Для них характерны одинаковый механизм заражения (фекально-оральный, контактно-бытовой), сходные клинические проявления болезни (расстройство желудочно-кишечного тракта) и одинаковые принципы их профилактики.

В распространении кишечных инфекций важная роль принадлежит пищевому и водному факторам передачи инфекции. Это связано с длительной выживаемостью возбудителей инфекций в пищевых продуктах и воде. Так, холерный вибрион при благоприятных условиях на пищевых продуктах сохраняется до 30 дней, в воде — несколько суток, в почве — до 2 месяцев.

Источником острых кишечных инфекций является больной человек и бактерионоситель. К острым кишечным заболеваниям относятся брюшной тиф и паратифы, бактериальная дизентерия, холера, отчасти вирусный гепатит и др.

Брюшной тиф и паратифы — острые инфекционные заболевания, сопровождающиеся общей интоксикацией организма: слабостью, недомоганием, головной болью, повышением температуры тела, тошнотой, иногда рвотой и поражением лимфатического аппарата тонкого кишечника. Возбудитель данной болезни выделяется с фекалиями больного человека. Важную роль в распространении этой инфекции играют зараженное молоко и вода. Возбудители брюшного тифа и паратифов относятся к роду *Salmonella.*

Бактерии кишечно-тифозной группы выдерживают нагревание до 50 °С в течение часа, при кипячении гибнут моментально. Оптимальная температура развития тифопаратифозных бактерий — 37 °С. Они сохраняют жизнеспособность на фруктах и овощах до 5–10 дней, в масле и мясе — до 1–3 месяцев.

Заражение происходит от больного человека или бактерионосителя. Возбудители выделяются в окружающую среду с испражнениями и мочой и попадают в организм здорового человека при употреблении им загрязненной воды или продуктов.

Дизентерия — инфекционное заболевание, характеризующееся поражением толстого кишечника и интоксикацией организма (слабость, недомогание, головная боль, повышенная температура, понос, тошнота, иногда рвота). Вызывается рядом бактерий из рода *Shigella* (палочки Григорьева-Шига, Зонне и др.). Температурный оптимум развития — 37 °С. В пищевых продуктах сохраняются до 10–20 дней. Погибают при нагревании до 60 °С через 10–20 мин.

Здоровый человек заражается непосредственно от больного дизентерией, или от бактерионосителя. Пути передачи возбудителей — бытовой, пищевой и водный. Через загрязненные руки носителя заболевания возбудитель дизентерии попадает на пищевые продукты. В теплый период года факторами передачи являются мухи, которые на хоботке и лапках переносят микроскопические частицы испражнений, содержащих бактерии, на пищевые продукты. Заражение может происходить и при употреблении зараженной испражнениями воды, особенно из открытых водоемов. Заболевания отмечаются в любое время года, но чаще летом и осенью вследствие употребления немытых овощей и т. д.

Больные дизентерией и бактерионосители не допускаются к работе на пищевых предприятиях, предприятиях общественного питания и торговли.

Некоторые дизентерийные бактерии и палочки, вызывающие паратиф В, могут размножаться и на пищевых продуктах. При употреблении таких продуктов, содержащих большое количество бактерий, заболевание протекает нетипично для дизентерии и парати-

фа, а как острое кишечное заболевание, сходное с пищевыми токсикоинфекциями.

Употребление загрязненных продуктов, не подвергшихся термической обработке, может вызвать групповые заболевания. Возможность таких вспышек возрастает, если носитель возбудителя или больной, принимающий непосредственное участие в приготовлении и отпуске пищи, не выполняет гигиенических требований.

Холера относится к особо опасным острым инфекционным заболеваниям и характеризуется тяжелым состоянием и обезвоживанием организма. Возбудителями холеры являются вибрионы — азиатский холерный и Эль-Тор. Особенно устойчив вибрион Эль-Тор. В молоке и молочных продуктах он остается жизнеспособным до 14 дней, в кипяченой воде — до 39 ч. Оптимальная температура роста — 25–37 °С. Погибает при нагревании до 80 °С через 5 мин. Устойчив к низким температурам, но чувствителен к кислотности среды.

Заражение происходит через пищевые продукты и воду, загрязненные выделениями, которые содержат вибрионы. В распространении возбудителей болезни значительную роль играют мухи. Заражение возможно и при купании в загрязненных водоемах при случайном заглатывании воды.

Профилактика состоит в строгом соблюдении гигиенических навыков при использовании пищевых продуктов. Важное значение имеют санитарная охрана источников водоснабжения, санитарный надзор за хранением и реализацией продуктов питания, работой предприятий общественного питания и торговли, обезвреживание нечистот, уничтожение мух.

Вирусный гепатит — общее название двух клинически сходных инфекционных болезней — инфекционного и сывороточного гепатита, характеризующихся преимущественным поражением ретикулоэндотелиальной системы печени и пищеварительного тракта. Возбудитель болезни — вирус. Существуют три вида вируса: один вызывает гепатит А (болезнь Боткина), другой — гепатит В (сывороточный гепатит) и третий — гепатит С. При гепатите А заражение происходит через загрязненные испражнениями пищевые продукты, воду, руки и предметы домашнего обихода. Факторами

передачи вируса могут быть и мухи. Вирусы гепатита находятся в организме человека от 18 до 100 дней и более в зависимости от формы вирусного гепатита.

Загрязнение вирусами пищевых продуктов возможно при их обработке, приготовлении, хранении и реализации. Вирусы довольно устойчивы к факторам внешней среды, выдерживают нагревание до 100 °С в течение 30–40 мин, хорошо переносят высушивание и низкие температуры.

Кроме вирусного гепатита к вирусным заболеваниям, передающимся через пищевые продукты, можно отнести полиомиелит и некоторые другие заболевания. Меры профилактики пищевых заболеваний те же, что и при других кишечных инфекциях.

Зоонозные инфекции. К ним относятся туберкулез, бруцеллез, сибирская язва, спонгиоформная энцефалопатия крупного рогатого скота и др.

Туберкулез — многообразное по проявлениям инфекционное заболевание, вызываемое палочкой Коха — *Micobacterium tuberculosis*. Возбудитель весьма устойчив к физическим и химическим факторам среды. Длительное время может сохраняться жизнеспособным и в пищевых продуктах: в кисломолочных — до 20 дней, сыре — до 2 месяцев, масле — до 3 месяцев, в замороженном мясе — до года. В жидкой среде туберкулезная палочка погибает при 60 °С через 20 мин, при 70 °С — через несколько минут, а при 100 °С — в течение 10 с.

Туберкулез — инфекционное заболевание человека, домашних и диких животных. Человек восприимчив к возбудителю двух типов — человеческого и бычьего. Заражение возбудителем первого типа происходит чаще всего через дыхательные пути, второго — через зараженные молоко и молочные продукты. Заражение возможно и птичьим видом микобактерии туберкулеза, особенно при употреблении в пищу мяса больных кур или их яиц.

Туберкулезная палочка может вызывать поражение не только органов дыхания, но и кишечника, мочеполовых органов, надпочечников, кожи, костей, суставов и др. Больные туберкулезом не допускаются к работе с пищевыми продуктами. Законодательством предусматривается обследование состояние здоровья лиц при по-

ступлении на работу и последующее систематическое обследование их в процессе работы, связанной с производством и реализацией пищевых продуктов.

Бруцеллез — инфекционное заболевание, которым болеет крупный и мелкий рогатый скот, свиньи и др. Для человека более опасен возбудитель бруцеллеза овец и коз. Возбудитель бруцеллеза *Brucella* имеет оптимальную температуру роста 37 °С. Длительно сохраняются в пищевых продуктах: молоке — до 40 дней, сале и масле — до 60–80, брынзе — до 45 дней, в замороженном мясе — до нескольких дней. Бруцеллы устойчивы к высушиванию, легко переносят низкие температуры. При нагревании до 75 °С они погибают через 5–10 минут, а при кипячении — через несколько секунд. Заболевание человека в большинстве случаев связано с употреблением молока и молочных продуктов, а также при контакте с больными животными.

К профилактическим мероприятиям относится строгий санитарно-ветеринарный надзор за животными, направляемыми на убой, и пищевыми продуктами животного происхождения. Мясо больных бруцеллезом животных считается условно годным и подлежит обезвреживанию варкой либо направляется на изготовление колбасных изделий и консервов.

Сибирская язва — острое инфекционное заболевание, характеризующееся тяжелым течением, поражением кожи и внутренних органов. Относится к группе зоонозов.Человек заражается при контакте с больным животным или через инфицированное сырье и изделия из него, а также при употреблении сырых или недостаточно проваренных мясных продуктов.

Возбудитель сибирской язвы *Bacillus anthracis* представляет собой неподвижную спорообразующую крупную палочку. Споры высокоустойчивы в окружающей среде: в почве и воде они могут сохраняться десятилетиями, выдерживают длительное кипячение и автоклавирование. Возбудитель сибирской язвы проникает в организм человека через ссадины и повреждения кожи, при вдыхании пыли, в которой содержится возбудитель, через поврежденную слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта.

При обнаружении у животного сибирской язвы устанавливается карантин. Заболевших животных изолируют и лечат; подстилку, навоз и остатки корма сжигают. Трупы павших животных также сжигают. Мясо и молоко животных, больных сибирской язвой, утилизируют.

Ящур — острое инфекционное заболевание животных, передающееся человеку. Возбудитель ящура — афтовирусы. Они устойчивы к низким температурам и могут долго сохраняться в пищевых продуктах: в молоке — до 12 ч, в масле — до 25 дней, в замороженном мясе — до 145 дней. Чувствительны к нагреванию и при температуре 60–70 °С погибают через 5–15 минут, а при 100 °С — через несколько секунд. Мясо животных, больных ящуром и подозрительных на заболевание, используется как условно годное на изготовление колбасных изделий и консервов или подвергают длительной тепловой обработке.

Спонгиоформная энцефалопатия крупного рогатого скота (губчатый энцефалит, «коровье бешенство») появилась в последние десятилетия XX века. Это инфекционное заболевание идентифицируется как новый вид заболеваний, вызываемых необычными вирусами.

Возбудитель спонгиоформной энцефалопатии может размножаться и накапливаться в головном и спинном мозге зараженных коров, сетчатке глаза и некоторых отделах кишечника.

Заражение человека возможно не только при контакте с больным животным, но и через мясные продукты. При этом важное значение в передаче заболевания в естественных условиях через пищевую цепочку может иметь тот факт, что головной мозг крупного рогатого скота часто используется для приготовления таких мясных продуктов, как паштет, колбаски и сосиски, а спинной мозг — для приготовления отбивных котлет.

Одним из важнейших элементов в организации и проведении профилактических мероприятий в отношении спонгиоформной энцефалопатии является строжайший ветеринарный контроль, препятствующий распространению мяса и других продуктов, приготовленных из мяса крупного рогатого скота, овец и коз, где зарегистрированы губкообразные энцефалопатии животных.

5.5. Пищевые отравления

Отравления микробного характера. При использовании в пищу продуктов, массивно обсемененных микроорганизмами или содержащих их продукты жизнедеятельности (токсины), возможны массовые вспышки пищевых отравлений, если такой продукт употребляется группой людей, или единичные случаи, когда пострадавшими выступает один человек либо одна семья.

Пищевые токсикоинфекции. Это острые заболевания, возникающие при употреблении продуктов с большим количеством размножившихся в них бактерий, вырабатывающих эндотоксины. Последние высвобождаются только после гибели возбудителя и разрушения клетки, что происходит в пищеварительном тракте человека после приема инфицированной пищи.

Для пищевых токсикоинфекций характерно:

- внезапное развитие вспышки заболеваний при очень коротком инкубационном периоде, почти одновременное заболевание всех потребителей одной и той же обсемененной микробами пищи;
- выраженная связь заболевания с употреблением пищи, приготовленной или реализованной при санитарных нарушениях;
- быстрое прекращение вспышки заболевания после изъятия инфицированного продукта из употребления.

Если зараженный продукт используется централизованно через сеть общественного питания или крупные торговые предприятия, пищевые токсикоинфекции могут иметь массовый характер. При использовании эпидемически опасных продуктов в индивидуальном или семейном питании возникают отдельные или мелкие групповые заболевания.

К пищевым токсикоинфекциям относятся пищевые отравления, вызываемые сальмонеллами (сальмонеллезы) и условно-патогенными микроорганизмами.

Сальмонеллезы — это зооантропонозные токсикоинфекционные заболевания, вызываемые бактериями рода *Salmonella.* Сальмонеллы довольно устойчивы во внешней среде, хорошо переносят низкие температуры, большие концентрации хлористого нария и кислот, кипячение. Выживают в воде и на различных предметах при комнатной температуре до 45–90 дней. Сравнительно долго могут находиться в жизнедеятельном состоянии в пищевых продуктах: в соленом мясе — 2–3 месяца, в молоке — 2–40 дней, в кефире — от 40 дней до 10 месяцев, в сливочном масле — 90 дней, в куриных яйцах — до 3 недель и на фруктах и ягодах — 1–2 недели. При комнатной температуре сальмонеллы быстро размножаются в продуктах, не изменяя их органолептических показателей. Сальмонеллы не образуют спор и поэтому относительно быстро погибают при температуре 60 °С через 1 ч, при 70 °С — через 15 мин, при 100 °С мгновенно.

Основной источник сальмонеллезной инфекции — сельскохозяйственные животные, птицы, собаки, кошки, грызуны, больные люди и бактерионосители. Возбудители инфекции выделяются в окружающую среду с испражнениями, слюной, носовой слизью. Наибольшую эпидемическую опасность представляют крупный рогатый скот, свиньи, грызуны, домашняя птица, особенно гуси и утки.

Определенную роль в распространении сальмонеллезов играют больные люди и бактерионосители. Наибольшую опасность представляют лица с легкой и стертой формами заболевания и здоровые бактерионосители. Носительство может сохраняться от нескольких месяцев до 3 лет.

Основными факторами передачи сальмонеллезов являются мясо и мясные продукты, на долю которых приходится 70–80 % всех случаев заболеваний. Обсеменение может произойти при жизни животного или после его убоя. Часто причиной возникновения токсикоинфекции бывает мясо вынужденно забитых животных, особенно мясо, не подвергнутое санитарно-ветеринарному контролю. Большую опасность представляют изделия, приготовленные из мясного фарша. Также инфицирование мяса может происходить непосредственно содержимым кишечника убитого животного, при нарушении технологии производства, заносе инфекции грязными руками, мухами, грызунами, с водой и т. д. Особое значение приобретают инфицированные продукты, прошедшие тепловую обработку. Благоприятная среда для развития возбудителей сальмонеллеза — студень и изделия из субпродуктов, так как условия их тепловой обработки не обеспечивают гибель сальмонелл.

Большую роль в возникновении сальмонеллезов приобретают молоко и молочные продукты. Определенное значение могут иметь и кондитерские изделия с кремом. Связь заболеваний с употреблением яиц и яичных продуктов встречается в 8 %, а с употреблением рыбных продуктов — в 3–5 % вспышек. Описаны также заболевания, возникшие при употреблении салатов и винегретов.

Вспышки сальмонеллеза почти всегда связаны с пищевыми продуктами животного происхождения. Большинство заболеваний возникает в результате нарушений при обработке продуктов на предприятиях общественного питания или в домашних условиях. Это вызвано недостаточным охлаждением продуктов, недостаточным повторным нагревом; неправильным хранением в горячем состоянии, использованием зараженных сырых компонентов и неудовлетворительной чисткой оборудования.

Сальмонеллезы отмечаются круглый год, но максимальное число заболеваний регистрируется в теплый период года, в основном в июле–августе.

Пищевые токсикоинфекции, вызываемые условно-патогенными микроорганизмами. К ним относятся такие микроорганизмы, которые в определенных условиях при ослаблении организма могут служить причиной отравлений. Это в основном микроорганизмы нормальной микрофлоры человека и животных, при нормальных физиологических условиях жизни они не вызывают заболеваний. Постоянно обитают на коже, в кишечнике, дыхательных путях. Некоторые из условно-патогенных микроорганизмов встречаются в почве и воде. Отравления, вызываемые условно-патогенными микроорганизмами, протекают аналогично сальмонеллезам. Их возникновение часто связано с употреблением готовых изделий, зараженных после кулинарной обработки (салаты, винегреты, студни, изделия из мяса и рыбы и др.). По органолептическим показателям они не отличаются от доброкачественных.

Бактерии рода *Escherichia* представляют собой группу кишечных палочек. Различают сапрофитные и патогенные штаммы кишечной палочки *Escherichia coli*. Она является постоянным представителем микрофлоры кишечника человека и животных. С их

испражнениями, через грязные руки, оборудование, инвентарь, воду кишечные палочки попадают на пищевые продукты, в которых при благоприятных условиях быстро размножаются.

Клинические проявления колибактериальной токсикоинфекции сходны с сальмонеллезом. Вспышки часто наблюдаются летом. В отличие от сальмонеллезов при колитоксикоинфекциях главная роль принадлежит больным колиэнтеритом, аппендицитом, а также бактерионосителям. При этом обсеменяться могут самые различные продукты животного и растительного происхождения.

Для профилактики токсикоинфекций колибактериального характера необходимо:

- своевременное лечение работников пищевых объектов, больных колибактериальными холециститами, парапроктитами и др.;
- выявление среди них носителей инфекции;
- тщательный санитарно-ветеринарный контроль за животными;
- строгое выполнение санитарных правил технологии изготовления пищевых продуктов, не подвергающихся тепловой обработке (холодные мясные, рыбные, овощные, молочные и другие блюда, студни, заливные и др.);
- постоянное поддерживание санитарного режима на пищевых предприятиях: правильное хранение пищевых продуктов, строгое соблюдение сроков реализации, тщательное мытье и дезинфекция инвентаря и оборудования, соблюдение производственной и личной гигиены и др.

Бактерии рода *Proteus* широко распространены в почве, воде, пищевых продуктах. Они обнаруживаются и в кишечнике человека. Относятся к гнилостным бактериям. На пищевые продукты возбудитель попадает в основном из выделений человека и животных через промежуточные факторы передачи в процессе транспортирования, хранения, обработки и реализации. Продуктами, вызывающими вспышки этой токсикоинфекции, чаще всего являются фарш, кровяная колбаса, рыба, блюда из картофеля. Заболевания могут вызвать и молочные продукты, фрукты, овощи, салаты и т. д. Наличие в пище протея свидетельствует о нарушении санитарного режима и сроков ее реализации, т. е. протейные токсикоинфекции, как

и заболевания колибактериальной природы, в основном возникают при антисанитарном состоянии пищевого объекта.

Профилактические мероприятия осуществляются по тем же направлениям, что и при колибактериальных пищевых токсикоинфекциях. Это обнаружение и обезвреживание источников инфекции, прерывание путей распространения, принятие соответствующих мер при использовании условно годных продуктов питания, поддержание должного санитарного режима на предприятиях общественного питания и торговли, организация гигиенического воспитания работников этих объектов.

Энтерококки *Enterococcus* входят в состав нормальной микрофлоры человека и животных; находятся также в почве, воде, на растениях. Энтерококки, или фекальные стрептококки, обладают антагонистическими свойствами по отношению к возбудителям кишечных инфекций. Отличаются большой устойчивостью во внешней среде и длительное время могут сохраняться в пищевых продуктах. При температуре 85 °С погибают в течение 10 мин. В остаточной микрофлоре пастеризованного молока до 80 % составляют энтерококки. При комнатной температуре они могут активно накапливаться в разнообразных продуктах и достигать максимума в течение 24 ч.

Основной возбудитель токсикоинфекции — фекальный стрептококк — *Streptococcus faecalis*. Он более устойчив по сравнению с сальмонеллами и кишечной палочкой к воздействию многих физико-химических факторов среды.

Источником инфекции являются человек и теплокровные животные или бактерионосители. Продукты могут быть инфицированы энтерококками при попадании в них кишечного содержимого, а также воздушно-капельным путем. Чаще всего эти микробы присутствуют в студнях, салатах, винегретах.

Профилактика этих токсикоинфекций заключается в соблюдении требований, предъявляемых к хранению, транспортированию и реализации пищевых продуктов, и соблюдении правил личной гигиены.

Clostridium perfringens представляет собой крупные неподвижные грамположительные анаэробные бактерии. Они обнаруживаются в мясных, рыбных и растительных консервах, сале домашнего посола, кисломолочных смесях, холодных закусках и других продуктах при длительном их хранении при комнатной температуре.

Основная роль в возникновении пищевых токсикоинфекций принадлежит *Clostridium perfringens* типа А. Это представитель нормальной микрофлоры кишечника человека и животных, широко распространен в почве, воде и обнаруживается на пищевых продуктах, например, в муке, крупах, пряностях.

Профилактика пищевых токсикоинфекций, обусловленных *Clostridium perfringens*, включает мероприятия, напраленные на предупреждение обсеменения пищевых продуктов возбудителем и недопустимость его размножения. Важное значение придается исключению попадания в пищевые продукты частичек почвы и тщательной очистке от нее овощей, сырья, полуфабрикатов, а также немедленной реализации готовых блюд после кулинарной обработки. Остывание блюд должно быть быстрым, и хранить их нужно в охлажденном состоянии.

Bacillus cereus относится к группе аэробов, это постоянный обитателем почвы. Он широко распространен в окружающей среде, в том числе и на пищевых продуктах. Причиной отравления могут быть различные продукты животного и растительного происхождения.

Профилактические мероприятия те же, что и при токсикоинфекциях, вызываемых *Clostridium perfringens*.

Пищевые интоксикации — заболевания человека, возникающие при употреблении пищевых продуктов, содержащих в основном экзотоксины микроорганизмов. В эту подгруппу входят стафилококковые интоксикации и ботулизм, которые относятся к пищевым интоксикациям бактериальной природы. Все возбудители пищевых интоксикаций выделяют в пищевой продукт экзотоксины, относящиеся к высокотоксичным веществам белковой природы. Они обладают избирательностью, т. е. поражают определенные органы и ткани, причем их воздействие сопровождается проявлением характерных внешних признаков заболевания.

Стафилококковые — наиболее типичные пищевые бактериальные интоксикации. Они регистрируются практически во всех стра-

нах мира и составляют более 30 % острых отравлений бактериальной природы с установленным возбудителем.

В происхождении отравлений главная роль принадлежит токсикогенным штаммам золотистого стафилококка *Staphylococcus aureus*, способным вырабатывать энтеротоксин, — непосредственную причину пищевых интоксикаций.

В замороженных пищевых продуктах он остается жизнеспособным в течение нескольких месяцев, а при обычной температуре хранения — более 4 месяцев. Стафилококковые интоксикации возникают при употреблении различных продуктов, особенно молочных и мясных. Нередко интоксикацию вызывают творог и творожные изделия, сычужные сыры, брынза, сметана. Благоприятной средой для размножения возбудителя и образования энтеротоксина являются кондитерские изделия с заварным кремом — торты, пироженые. В мясном фарше и порционном мясе энтеротоксин накапливается через 14–26 часов при температуре 35–37 °С, в готовых котлетах — через 3 ч. Образование энтеротоксина в картофельном пюре, манной и пшеничной каше наблюдается уже через 5–8 ч при комнатной температуре.

Стафилококковые отравления могут возникать и при употреблении рыбных и некоторых продуктов растительного происхождения. Как правило, пищевые продукты, зараженные патогенными стафилококками, не имеют внешних признаков порчи.

Основной источник возбудителей стафилококковых интоксикаций — люди, к дополнительным источникам относятся животные. При различных гнойничковых процессах, а также при хронических заболеваниях верхних дыхательных путей (ринитах, ангинах, тонзиллитах и др.) увеличивается количество микроорганизмов, выделяемых человеком в окружающую среду. В инфицировании пищевых продуктов значительную роль играют бактерионосители. Если инсточником интоксикации является человек, то при этом могут обсеменяться различные продукты и готовые кулинарные изделия. Через животных в основном заражаются молоко и мясо.

Профилактика стафилококковых интоксикаций состоит в выявлении источников и уменьшении стафилококкового носительства

среди работников торговли и общественного питания, прерывание путей обсеменения продуктов и готовой пищи, соблюдение условий изготовления, хранения и реализации пищевых продуктов.

Для предотвращения обсеменения сырья, пищевых продуктов и готовой пищи необходимо не допускать к работе с пищевыми продуктами лиц, страдающих гнойничковыми заболеваниями кожи, больных острыми респираторными заболеваниями, поддерживать санитарный порядок на рабочих местах.

Важное мероприятие по профилактике стафилококковых токсикозов — соблюдение режима тепловой обработки пищевых продуктов и создание условий, исключающих развитие стафилококков, например, установление сроков реализации скоропортящихся продуктов.

Ботулизм относится к числу наиболее тяжелых пищевых отравлений бактериальной природы, часто сопровождающихся смертельным исходом. Его возбудитель — анаэробная спорообразующая палочка *Clostridium botulinum*, споры которой очень устойчивы к воздействию внешней среды. При температуре 100 °С они погибают в течение 5–6 ч, при 120 °С — через 10–12 мин. Микроорганизмы могут сохраняться в замороженном состоянии в пищевых продуктах и почве месяцами.

Ботулизм возникает под действием нейротоксина, вырабатываемого возбудителем. Особенность токсинообразования при этом отравлении — его «очажковость». Ботулинический экзотоксин чрезвычайно ядовит: 0,0000001 мг токсина убивает морскую свинку, смертельной дозой для человека является 0,35 мг сухого токсина. Летальность составляет в среднем 20 %. При отсутствии лечения смертность может достичь 67 %.

В пищевые продукты возбудитель ботулизма попадает при разделке туш убойных животных; обсеменение рыбы может происходить через наружные покровы при их повреждении в процессе ловли или через кишечник; продуктов растительного происхождения — через почву.

Ботулизм возникает в основном при употреблении в пищу консервированных продуктов без предварительной тепловой обработ-

ки; при использовании растительных консервов с низкой кислотностью, сырокопченых окороков, мясных и рыбных слабосоленых вяленых и копченых продуктов.

Абсолютное большинство случаев ботулизма связано с употреблением продуктов домашнего консервирования: соленых и маринованных грибов в герметически укупоренных банках, вяленой и копченой рыбы, овощных и плодово-ягодных баночных консервов, колбасы, сырокопченого окорока и др.

Основные профилактические мероприятия по предупреждению ботулизма должны быть направлены на строгое соблюдение санитарно-технических и оздоровительных мероприятий во всех отраслях пищевой промышленности, на защиту от попадания возбудителя на сырье, правильную тепловую обработку, предупреждение прорастания спор и размножения вегетативных форм, образования токсина в готовом консервированном продукте.

Не рекомендуется приготовлять домашним способом герметично укупоренные консервы из грибов, мяса, рыбы. Солить и мариновать грибы следует в емкостях со свободным доступом воздуха. Недопустимо консервировать лежалые и испорченные плоды и овощи. Во избежание отравления рыбой ее необходимо сразу же после улова быстро выпотрошить, промыть проточной водой и после посолки для консервирования хранить на холоде. При изготовлении окороков для профилактики ботулизма необходимо исключить загрязнение свиных туш содержимым кишечника, а окорока солить в условиях холода или подвергать их дополнительной варке перед едой.

Важный фактор предупреждения ботулизма в быту — санитарное просвещение населения о правилах заготовки, консервирования и хранения пищевых продуктов.

Пищевые микотоксикозы. Преимущественно хронические заболевания, возникающие при употреблении пищевых продуктов, содержащих токсические продукты жизнедеятельности специфических видов плесневых грибов, относятся к пищевым интоксикациям *грибной природы*.

Плесневые грибы могут продуцировать разнообразные вторичные продукты жизнедеятельности, среди которых многие обладают биологической активностью и используются в качестве антибиотиков для лечебных целей. Однако некоторые продукты, вырабатываемые токсигенными плесневыми грибами, токсически действуют на организм человека и животных и могут вызывать различные микотоксикозы. Грибковые продукты жизнедеятельности, способные оказывать такое действие на людей и животных, называются *микотоксинами*.

К настоящему времени выделено и идентифицировано более 100 микотоксинов. Многие из них — высокотоксичные вещества, канцерогенного, мутагенного, нейротропного воздействия на организм человека. В настоящее время нет надежных способов обезвреживания пищевых продуктов, пораженных токсическими видами плесневых грибов.

Опасность микотоксинов обусловлена и тем, что продуцирующие их плесневые грибы очень широко распространены в природе и при определенных условиях могут поражать и корма, и продукты питания. Особенно актуальна данная проблема в современных рыночных условиях, когда в страну поступает много импортного продовольственного сырья. Такая продукция должна подлежать обязательной сертификации и соответствовать гигиеническим требованиям к качеству и безопасности.

Среди многих микотоксикозов, связанных с продуктами и кормами, зараженными токсикогенными плесневыми грибами, выделяются такие, как афлатоксикоз, фузариотоксикозы, эрготизм и др.

Афлатоксикоз — пищевое отравление, возникающее при употреблении пищевых продуктов, содержащих афлатоксины, продуцентами которых являются в основном плесневые грибы *Aspergillus flavus* и *Aspergillus parasiticus*, реже — некоторые грибы из рода *Penicillium*. Продуценты афлатоксинов чаще развиваются в орехах арахиса и арахисовой муке. Они выявлены в ряде злаковых культур, а также в бобовых и масличных культурах, зернах какао и кофе, в чае, молоке, мясе.

Афлатоксины вызывают поражение печени (цирроз) и раковые заболевания почек, желудка, толстого кишечника и легких. Афлатоксины попадают в пищевые продукты из следующих источни-

ков: из заплесневелого сырья, из растительных продуктов, в которых присутствие плесени не доказано; из продуктов животного происхождения, в которых наличие афлотоксинов обусловлено характером корма.

Основные меры профилактики — правильное хранение зерна, предупреждение плесневения продуктов питания, систематический контроль продуктов и кормов на загрязнение афлатоксинами и их продуцентами.

К *фузариотоксикозам* относятся алиментарно-токсическая алейкия и отравление «пьяным хлебом».

Алиментарно-токсическая алейкия — это тяжелое заболевание, вызываемое заражением зерна плесневыми грибами *Fusarium sporotrichioides,* которые при определенных условиях способны образовывать токсическое вещество. Алименарно-токсическая алейкия сопровождается кровотечениями и обусловлена глубокими нарушениями в системе кроветворения, поражением лимфоидной ткани, изменениями костного мозга. Смертность может достигать 60–70 %.

Меры ее профилактики — запрещение использования для питания поздно убранного с полей увлажненного, заплесневелого зерна; обеспечение условий хранения зерна, исключающее его увлажнение; контроль за содержанием в зерне мукомольно-крупяных и хлебобулочных изделиях токсинов.

Отравление «пьяным хлебом» возникает при употреблении хлеба, пораженного плесневым грибом *Fusarium graminearium.* Он поражает злаки в период роста и в валках в поле, особенно при дождливой погоде, а также в зернохранилищах при увлажнении и плесневении зерна. Токсины гриба оказывают нейтропное действие. Симптомы отравления сходны с алкогольным опьянением. При длительном использовании зараженного хлеба возможно развитие анемии и психических расстройств. К мерам профилактики отравления «пьяным хлебом» относится строгое соблюдение правил хранения зерна, предупреждение его увлажнения и плесневения.

Эрготизм — заболевание, развивающееся в результате потребления продуктов из зерна, зараженного примесью спорыньи. Она содержит токсичные для человека и животных алкалоиды, обладающие нейтропным и галлюциногенным действием, устойчивые при нагревании и сохраняющие токсичность после выпечки хлеба, не инактивируются в процессе длительного хранения.

Для заболевания характерны судороги, галлюцинации, гангрена конечностей, специфическое лечение отсутствует. Это заболевание известно под названием «злые корчи». Профилактика эрготизма заключается в очистке продовольственного и семенного зерна от спорыньи.

К микотоксикозам относятся и *заболевания, вызываемые токсикогенными грибами из рода Penicillium.* Некоторые из них способны вырабатывать сильный микотоксин — патулин канцерогенного действия. Плесени, вырабатывающие патулин, обнаруживаются в свежей плодоовощной продукции, картофеле, бахчевых, в почве. Токсин может присутствовать в персиках, абрикосах, овощных и фруктовых соках, заплесневелом хлебе, в орехах, чае, кофе.

Несмотря на то, что не все виды пресневых грибов, развивающихся на пищевых продуктах, токсикогенны, употребление даже незначительно заплесневелых продуктов опасно для здоровья.

Основная мера профилактики всех микотоксикозов — создание надлежащих условий хранения пищевых продуктов, исключающих их увлажнение и плесневение, а также систематический контроль кормов на предмет загрязнения их плесневыми грибами и их токсинами.

Отравления немикробного характера. К ним относятся отравления продуктами, ядовитыми при определенных условиях или по своей природе, а также примесями химических веществ. Наблюдаются значительно реже, чем отравления микробного происхождения. На их долю приходится примерно 5–10 % от общего числа случаев.

Пищевые отравления продуктами, ядовитыми при определенных условиях. Среди пищевых отравлений этой подгруппы выделяются отравления продуктами растительного происхождения (картофелем, содержащим соланин, бобами сырой фасоли, содержащими фазин, ядрами косточковых плодов и миндаля, содержащими амигдалин и др.) и животного происхождения (некоторыми видами рыб в период нереста, моллюсками и пчелиным медом).

Отравление картофелем. В картофеле содержится около 200 различных химических соединений, в том числе и стероидные гликоалколоиды (соланин). Известны случаи летального исхода из-за употребления картофеля с их повышенным содержанием. Содержание соланина резко возрастает при прорастании и позеленении клубней картофеля. Накопление его возможно и в недозревших клубнях или в результате их механического повреждения.

Для предупреждения накопления соланина в клубнях необходимо хранить каротфель в темных помещениях при температуре 1–2 °С. Основной мерой предупреждения этого отравления является запрет на реализацию и использование проросшего и позеленевшего картофеля.

Отравления ядрами косточковых плодов и миндалем. В ядрах косточковых пород и горьком миндале содержится гликозид — амигдалин, который при гидролизе дает синильную кислоту. В ядрах абрикосов и персиков содержание амигдалина составляет 4–6 %, в горьком миндале — 2–8 %. Употребление примерно 60–80 г очищенных абрикосовых или персиковых ядер может привести к смертельному исходу.

К мерам профилактики относятся ограничение применения горького миндаля в кондитерском производстве; продолжительности настаивания косточковых плодов при производстве алкогольных напитков; запрет на реализацию косточек абрикосов и персиков. Употребление варенья из косточковых плодов не опасно для здоровья человека, так как при варке цианид не образуется.

Отравление бобами сырой фасоли. В обыкновенной фасоли и многих других бобовых растениях содержатся белки, вызывающие склеивание красных кровяных телец — эритроцитов. В класс этих соединений входит содержащийся в сырых бобах фасоли фазин, который разрушается при интенсивном нагревании и теряет токсические свойства. Отравление происходит при употреблении продуктов из фасоли, не прошедших достаточной термической обработки.

Профилактика заключается в соблюдении технологии приготовления блюд и фасолевых концентратов, надежно обеспечивающей инактивацию фазина.

Отравления некоторыми видами рыб во время нереста. В этот период икра, молоки и печень некоторых видов рыб (налим, щука, окунь, скумбрия, линь) приобретает ядовитые свойства. После их удаления рыбу можно использовать в пищу.

Отравление пчелиным медом. Наблюдается в тех случаях, когда мед собирается пчелами с ядовитых растений. Заболевание протекает в острой форме. Профилактика заключается в размещении пасек вдали от произрастания ядовитых растений.

Пищевые отравления продуктами, ядовитыми по природе. К этой группе относятся отравления грибами, ядовитыми сорными растениями злаковых культур с ядовитыми семенами и продуктами животного происхождения. Из пищевых отравлений ядовитыми продуктами наибольшее практическое значение имеют отравления грибами и продуктами животного происхождения.

Отравление грибами. В Беларуси произрастает свыше 100 видов шляпочных грибов из 7 тысяч известных. Съедобных из них примерно половина, остальные условно съедобные и ядовитые.

Ядовитые грибы содержат вещества, вызывающие у человека отравление. Условно съедобны грибы, ядовитые вещества которых исчезают при соответствующей обработке перед употреблением в пищу. Несъедобные грибы не ядовиты, но обладают неприятным вкусом или запахом, не исчезающими даже при длительной обработке (желчный гриб, ложный дождевик). Ядовитые грибы не теряют токсичности при любой обработке (бледная поганка, некоторые мухоморы, ложные опята).

В зависимости от ядовитого начала грибы вызывают несколько групп отравлений.

К первой относятся отравления строчками. Симптомы появляются через 6–10 ч и при несвоевременном лечении смертность составляет 16–50 %. Однако этот токсин разрушается при высушивании строчков в течение 3–4 недель и грибы можно употреблять в пищу. Отравления могут вызывать и сморчки, которые можно употреблять в пищу после 20-минутного отваривания и слива отвара. При этом смертельно ядовитый токсин переходит в отвар и после тщательной промывки водой грибы полностью обезвреживаются.

Вторая объединяет отравления наиболее ядовитыми грибами — бледной поганкой и близкими к ней видами грибов, употребляемыми в пищу ошибочно из-за сходства с шампиньонами, рядовками и сыроежками. Токсины при нагревании и под действием пищеварительных ферментов не разрушаются. Смертность достигает 50 % и чаще всего наблюдается на 2–3 день.

В третью выделены отравления мухоморами. Смертельные исходы редки.

Четвертая вызывается ложными опятами, которые отличаются от настоящих окраской шляпки и наличием на ножке почти незаметного колечка бурого цвета.

Профилактика отравлений грибами заключается в знании отличительных особенностей съедобных, ядовитых, условно съедобных и несъедобных грибов, соблюдении санитарных правил заготовки, переработки и реализации съедобных грибов.

Грибы, поступающие на заготовительно-перерабатывающие пункты, должны быть здоровыми, очищенными от земли и мусора. Обязательным санитарным условием является переработка грибов в день их приема.

К продаже на рынке принимаются только свежие грибы, соответствующие санитарным требованиям. Большую опасность представляют консервированные грибы домашней заготовки в герметично укупоренной посуде. Для предупреждения отравления грибами большое значение имеют правильная технологическая их обработка и санитарное просвещение населения.

Отравление ядовитыми растениями могут быть вызваны при выпасе скота на пастбищах, где растут ядовитые растения, или примесями их в кормах. Ядовитые вещества таких растений могут попасть в пищевые продукты и накапливаться в организме животного. Так, при поедании папоротника в организме молочного скота возможно накопление веществ, обладающих канцерогенным действием.

Серьезную опасность для здоровья человека представляют продукты переработки зерна, загрязненные ядовитыми примесями некоторых сорных растений злаковых культур. Например, при употреблении хлеба, выпеченного из муки, в которую попали семена

триходермы седой, возникает тяжелое заболевание с симптомами энцефалита или менингоэнцефалита (поражение центральной нервной системы). Содержание примесей ядовитых семян некоторых сорных растений в зерне и муке строго регламентируется.

Отравление продуктами животного происхождения может происходить при употреблении в пищу блюд из надпочечников и поджелудочной железы убойных животных. Все чаще отмечаются отравления морскими видами рыб в связи со значительно возросшим поступлением морской рыбы на наши рынки и расширением ее видового состава.

Отравления химическими соединениями, образующимися при хранении, переработке и приготовлении пищевых продуктов. В пищевых продуктах наряду со свойственными им составными частями могут содержаться и посторонние или чужеродные вещества. Многие из них могут образовываться в результате многочисленных химических реакций при хранении, переработке и приготовлении пищевых продуктов. Некоторые из этих веществ могут обладать канцерогенным, мутагенным и иным действием. Поэтому в настоящее время Всемирная организация здравоохранения и национальные органы государств, связанные с охраной здоровья, прилагают большие усилия по ужесточению контроля за содержанием посторонних веществ в пищевых продуктах.

С позиций гигиены пищевых продуктов при токсикологической оценке чужеродных веществ следует обратить внимание на изменение органолептических свойств под влиянием посторонних веществ; влияние на пищевую ценность; образование новых веществ вследствие обработки и хранения; соблюдение агротехнических и технологических рекомендаций, направленных на получение доброкачественных продуктов питания.

Санитарно-показательные микроорганизмы и экспертиза пищевых продуктов по микробиологическим показателям. Качество, санитарно-гигиеническая оценка пищевых продуктов и контактирующих с ними предметов устанавливаются на основе комплекса органолептических, физико-химических и микробиологических показателей в соответствии с требованиями нормативной документации.

Присутствие патогенных микроорганизмов устанавливают не прямым, а косвенным путем — по выявлению загрязнения исследуемых объектов выделениями человека и животных. Индикатором такого загрязнения объектов служит наличие в них санитарно-показательных микробов — возможных спутников болезнетворных микроорганизмов.

Санитарно-показательные микроорганизмы — постоянные обитатели естественных полостей тел людей и животных. Вместе с выделениями организма они поступают во внешнюю среду и в течение определенного времени сохраняются в ней жизнеспособными. Поскольку вместе с ними могут выделяться и патогенные микробы, то обнаружение санитарно-показательных микроорганизмов, специфических для данного выделения, косвенно указывает на возможное присутствие соответствующих патогенных микробов.

В отношении возбудителей кишечных инфекций (дизентерии, брюшного тифа, паратифа) роль таких индикаторов принадлежит представителям нормальной микрофлоры кишечника. Среди массы разнообразных микробов в толстом отделе кишечника — кишечные палочки, энтерококки. Обнаружение этих бактерий в исследуемых объектах служит показателем фекального загрязнения. В настоящее время в качестве показателя такого загрязнения объектов внешней среды, в том числе и пищевых продуктов, служит *кишечная палочка* (*Escherichia coli*). Эта бактерия выделена впервые из испражнений человека Эшерихом в 1885 г.

При санитарно-гигиенической характеристике пищевого продукта необходимо не только установить присутствие в нем кишечной палочки, но и учесть количество этих бактерий. Чем оно больше, тем вероятнее присутствие в объекте патогенных бактерий колигруппы. Поэтому определяют титр (коли-титр) и индекс кишечной палочки (коли-индекс). Коли-титр — наименьшее количество (объем, масса) исследуемого материала, в котором обнаружена кишечная палочка. Коли-индекс — число кишечных палочек в единице объема (массы) исследуемого материала.

В число санитарно-показательных микроорганизмов, кроме кишечной палочки, входят и другие представители нормальной

кишечной микрофлоры человека — *Clostridium perfringens* и энтерококки, а для некоторых продуктов — протей и стафилококки.

Экспертиза пищевых продуктов по микробиологическим показателям включает контроль за четырьмя группами микроорганизмов:

- санитарно-показательными, к которым относятся количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМА-ФАнМ) и бактерий группы кишечных палочек — БГКП (колиформные);
- условно-патогенными микроорганизмами, к которым относятся *Escherichia coli, Staphylococcus aureus*, бактерии рода *Proteus, Bacillus cereus* и сульфитредуцирующие клостридии;
- патогенными микроорганизмами, в том числе сальмонеллами;
- микроорганизмами порчи — в основном дрожжами и плесневыми грибами.

Гигиенические нормативы по микробиологическим показателям регламентируются СанПиН 11-63 РБ 98 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов».

5.6. Гельминтозы

Гельминтозы — это болезни, вызываемые паразитическими червями — гельминтами (глистами). Гельминты разных видов локализуются в определенных органах и тканях. В зависимости от этого гельминтозы протекают с преимущественным поражением того или иного органа, являясь вместе с тем болезнью всего организма. Почти во всех случаях гельминтозы сопровождаются потерей массы больного, общим недомоганием, головокружением, раздражительностью. При паразитировании глистов в кишечнике наблюдаются запоры или понос, тошнота, реже — рвота; в печени — желтушность, отеки; в легких — кашель. При гельминтозах нередко понижается физическое и психическое развитие, задерживается рост и половое созревание, ухудшается память.

Человек заражается гельминтами двумя путями: через внешнюю среду, инвазированную яйцами гельминтов, либо потребляя в пищу

промежуточных хозяев гельминтов — мясо крупного рогатого скота, свиней, рыбу и т. п.

Аскаридоз — инвазионная болезнь, вызываемая аскаридами. Человек заражается аскаридозом при проглатывании созревших яиц, находящихся на грязных руках, невымытых или плохо вымытых овощах и ягодах, выращенных на почве, загрязненной или удобренной необезвреженными фекалиями. Пищевые продукты могут загрязняться яйцами аскарид при мытье посуды, овощей, фруктов загрязненной водой.

Трихоцефалез — инвазионная болезнь, вызываемая власоглавом, паразитирующим в толстом кишечнике человека, чаще в слепой кишке. Заражение происходит так же, как и при аскаридозе.

Энтеробиоз — глистное заболевание, вызываемое острицами. Это круглые черви длиной около 1 см, паразитирующие в нижнем отделе тонкого кишечника человека. Человек может заразиться энтеробиозом непосредственно от больного человека, так как яйца возбудителя попадают во внешнюю среду уже созревшими и способны при внедрении в организм развиваться в половозрелые особи.

Гименолепидоз — глистная болезнь, вызываемая карликовым цепнем. Этот ленточный гельминт паразитирует в тонком кишечнике. Заражение гименолепидозом такое же, как и при аскаридозе.

Профилактика перечисленных гельминтозов состоит прежде всего в строгом соблюдении санитарного режима на пищевых объектах, правил личной гигиены. Поступающие на работу должны обязательно обследоваться на наличие глистных заболеваний. Лица, зараженные острицами и карликовым цепнем, отстраняются от работы до полного их излечения. При заражении другими гельминтами они направляются на лечение без отрыва от производства.

Наибольшую опасность для здоровья человека представляют тениидозы, трихинеллез, дифиллоботриоз, описторхоз, эхинококкоз. Их можно отнести к гельминтозоонозам, поскольку возбудители — гельминты животных, паразитирующие и в организме человека.

Тениидозы — инвазионные болезни, вызываемые ленточными червями (цепнями), паразитирующими в тонком кишечнике человека. Человек заражается при употреблении в пищу мяса крупного

рогатого скота или свиней, инфицированного личиночной стадией ленточного цепня. Личинки цепня называются финнами, а зараженное ими мясо — финнозным.

У человека различают две разновидности тениидозов — тениаринхоз, возбудителем которого является бычий цепень длиной до 4–10 м, и тениоз, вызываемый свиным цепнем длиной 2–3 м. Развитие финн во взрослых цепней происходит в кишечнике человека, потреблявшего недостаточно проваренное или прожаренное мясо животных, содержащих личинки цепня. Тениоз более опасен для здоровья человека, так как одновременно со зрелыми особями у него может паразитировать и личиночная форма в головном мозге и глазах, мышцах и других органах.

В профилактике тениидозов большая роль отводится предупреждению заражения скота и людей, а также активному выявлению лиц, больных гельминтозами; ветеринарно-санитарному контролю за мясом крупного рогатого скота и свиней. Личная профилактика заключается в потреблении только клейменного мяса, прошедшего ветеринарный осмотр, и правильной кулинарной обработке продуктов. Мясо считается обезвреженным от личинок цепня, если оно после проваривания имеет на разрезе серый (говядина) или белый (свинина) цвет, а вытекающий из него сок не содержит примесей крови.

Трихинеллез — глистная болезнь человека и животных, вызываемая круглым червем трихинеллой. Человек заражается при употреблении недостаточно проваренной и прожаренной свинины, свиного сала, мяса кабана, медвежатины с личинками трихинелл. Особенно опасно соленое сало с прожилками мяса.

Профилактика трихинеллеза осуществляется путем проверки мяса на зараженность трихинеллами на мясоперерабатывающих предприятиях и рынках. Необходимо бороться с бесконтрольными убоями свиней без проверки на зараженность их трихинеллами. В профилактике трихинеллеза большое значение имеет борьба с грызунами.

Дифиллоботриоз — гельминтоз, вызываемый широким лентецом, паразитирующим в кишечнике человека и животных. Он достигает в длину 7–10 м и состоит из множества члеников. Человек заражает-

ся дифиллоботриозом при употреблении в пищу рыбы или икры с личинками лентеца. Заражение может возникать при употреблении в пищу сырой, недоваренной, недожаренной, вяленой или недостаточно просоленной рыбы, а также недостаточно просоленной икры щуки и налима.

Для профилактики дифиллоботриоза необходимо употреблять в пищу только вареную, прожаренную, копченую или хорошо просоленную рыбу. Большое значение имеет охрана водоемов от загрязнения их нечистотами человека и животных, очистка сточных вод перед спуском их в водоемы, благоустройство отхожих мест в прибрежных населенных пунктах.

Описторхоз — заболевание, вызываемое кошачьей двуусткой. Это мелкий гельминт длиной 4–13 мм, половозрелые особи паразитируют у человека, кошек, собак, пушных зверей. Заражают человека только при употреблении в пищу сырой мороженой, слабопросоленной или недостаточно проваренной или прожаренной рыбы.

Эхинококкоз — заболевание человека, вызываемое паразитирующими в печени, легких и других органах эхинококком в личиночной стадии. Взрослый эхинококк длиной около 0,5 см — ленточный паразит кишечника собак, волков, кошек, которые выделяют яйца гельминта с испражнениями в окружающую среду. При контакте с больным животным яйцо гельминта может попасть в кишечник человека, откуда проникает в другие органы и ткани, где превращается в личинку. Личинка медленно растет и через несколько лет превращается в кисту. При этом функция пораженного органа нарушается и наступает резкое истощение организма.

Эхинококкозом часто болеют свиньи, коровы и другие домашние животные, при санитарной оценке мяса и субпродуктов исходят из размеров поражения их эхинококком. При сплошном поражении органов мясо направляется на техническую утилизацию, при частичном (только печень и легкие) мясо считается условно годным и после удаления пораженных органов может употребляться в пищу.

Профилактика эхинококкоза состоит в правильном уходе за домашними животными, регулярном ветнадзоре за ними, в соблюдении правил личной гигиены.

Глава 6. МИКРОБИОЛОГИЯ И САНИТАРИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В изложении данного вопроса использован ряд литературных источников [30–33]. Однако наиболее полно это отражено в современной литературе [34, 35].

6.1. Микрофлора плодов и овощей

Химический состав плодов и овощей довольно сложен. Так, плоды и овощи содержат 65–95 % воды в зависимости от их зрелости и сорта. Вода составляет основную массу клеточного сока, в ней растворены сухие вещества — органические и минеральные соединения.

Важнейшая составная часть клеточного сока — сахар (моно- и дисахариды — глюкоза, фруктоза, сахароза и т. д.). Плоды накапливают от 8 до 12 % сахара, лишь виноград может накапливать 16–18 % сахара, а некоторые сорта, например, мускаты — до 25–30 %. Овощи содержат сахара значительно меньше — в среднем 4 %. Более высокой сахаристостью обладают корнеплоды (морковь, свекла).

Значительная часть сухих веществ в плодах и овощах приходится на долю крахмала. К моменту полной зрелости в ягодах и фруктах крахмал исчезает, а во многих овощах наоборот, накапливается. Так, богаты крахмалом картофель (12–15 %), зеленый горошек и другие бобовые культуры, а также сахарная кукуруза. Из других углеводов, которые встречаются в плодах и овощах, следует отметить клетчатку (целлюлозу), пентозы, пентозаны, пектиновые вещества, которые входят в состав клеточных оболочек.

Очень важная составная часть плодового сока — органические кислоты, содержание которых сильно колеблется в зависимости от сорта и степени зрелости. Наиболее распространены яблочная и лимонная кислоты. Винная кислота в большом количестве обнаружена только в винограде, а в других фруктах и ягодах обычно от-

сутствует либо содержится в незначительных количествах. Присутствие в плодах и овощах органических кислот определяет их реакцию, которая варьирует для плодов в пределах pH 2,5 (антоновка) до pH 4,85 (груши). А для овощей — от pH 3,5 (томаты, щавель) до pH 6,9 (огурцы, картофель). По содержанию азотистых веществ плоды и овощи уступают продуктам животного происхождения. Если в мясе крупного рогатого скота содержание азотистых веществ достигает 23 %, то у большинства плодов и ягод оно не превышает 1 %. В овощах азотистых веществ несколько больше и содержание их колеблется в пределах 1–5,5 %.

Кроме того, многие плоды и овощи содержат различные ароматические и красящие вещества, ферменты, витамины. Есть данные, которые свидетельствуют о том, что ярко окрашенные плоды обладают большей сопротивляемостью к действию микроорганизмов. Соки различных плодов и овощей содержат некоторые летучие фракции — фитонциды, которые обладают бактериостатическим действием, приостанавливающим развитие микроорганизмов. Помимо органических соединений в растительных тканях содержатся и минеральные вещества (0,2–1,8 %). Плоды и овощи представляют собой благоприятную среду для жизнедеятельности многих бактерий и плесневых грибов.

На поверхности плодов и овощей содержится большое количество разнообразных микроорганизмов. Они попадают на поверхность плодов и овощей из воздуха, при соприкосновении их с землей, с загрязненными предметами, тарой, заносятся ветром и насекомыми.

Виды микроорганизмов, способные существовать, развиваться или сохраняться в виде спор на поверхности плодов и овощей, образуют так называемую *эпифитную* микрофлору. Ее численность и видовой состав зависят от ботанического вида растения, географических условий местности, климата, метеорологических условий и т. д.

Существенное влияние на развитие эпифитной микрофлоры оказывают: влажность, температура, естественный иммунитет растений, химический состав клеточного сока, наличие фитонцидов, а также целостность поверхности плодов и овощей. Даже микроскопические повреждения поверхности плодов и овощей значительно увеличивают количество и видовой состав микрофлоры, так как обнаруженные внутренние ткани плодов и овощей, а также вытекающий клеточный сок богаты питательными веществами и это способствует быстрому развитию микроорганизмов на поврежденной поверхности.

Гниение и порча плодов и овощей в период хранения вызывается преимущественно плесневыми грибами, особенно быстро развивающимися на поверхности поврежденных и перезрелых экземпляров. Плесневение отличается от других болезней обилием, а также исключительной распространенностью.

Все это заставляет грибные заболевания считать наиболее опасной группой болезней. Под действием плесневых грибов в плодах и овощах происходят следующие биохимические процессы:

- целлюлоза, крахмал и другие полисахариды гидролизуются, превращаясь в сахара;
- растворимые азотистые вещества, сахара, органические кислоты и некоторые другие соединения усваиваются грибом и идут на построение его тела;
- сахара сбраживаются в спирты и переводятся в органические кислоты;
- сахара и органические кислоты окисляются в процессе дыхания до H_2O и CO_2;
- разрушаются или переводятся в нерастворимую форму дубильные вещества;
- уменьшается кислотность (органические кислоты разрушаются до $CO_2 + H_2O$).

Плесневые грибы редко доводят до конца начатый ими процесс порчи плодов и овощей. Кислая реакция клеточного сока и высокое содержание углеводов препятствуют в первый период развитию на плодах и овощах различных бактерий. Однако по мере развития плесеней содержание углеводов в соке плодов и овощей снижается. Реакция клеточного сока становится щелочной, т. е. создаются благоприятные условия для развития бактерий. На определенных стадиях процесса развиваются всевозможные группы бактерий, которые продолжают процесс порчи до полного разрушения плодов и овощей.

Однако имеются и такие виды плодов и овощей, порча которых с самого начала вызывается специфическими видами бактерий. Бактериальная порча наблюдается чаще у овощей, чем у фруктов и ягод, так как овощи имеют меньшую кислотность сока и содержат больше белковых веществ.

В плодах и овощах, как в живых органах растения, в течение длительного срока происходят все жизненные процессы, присущие растению. В период вегетации наряду с диссимиляцией энергично протекают и процессы ассимиляции. Но при зимнем хранении плодов и овощей обмен веществ протекает с преобладанием диссимиляции (разложения), так как пополнение израсходованных веществ и всасывание воды плодами становится невозможным.

Поэтому при хранении плоды и овощи физиологически ослабевают и тем сильнее, чем энергичнее протекает обмен веществ. В результате эпидермис размягчается, плоды сморщиваются. Увядание тканей ведет за собой нарушение коллоидной структуры цитоплазмы растительных клеток. Представителям эпифитной микрофлоры в этот период становится легче проникать в глубину тканей. Питательные вещества плодов и овощей становятся достоянием микроорганизмов.

Краткая характеристика болезней плодов и овощей, их возбудителей

Болезни семечковых и косточковых. *Плодовая гниль* поражает все плодовые культуры, но чаще яблоки и груши. Заболевают плоды, соцветия, побеги, ветви. Вызывается плодовая гниль грибом *Monilia fructigena*. Первые признаки заболевания на яблоках обычно проявляются в момент их налива (примерно в конце июля — начале августа). На плодах возникают бурые пятна. Мякоть размягчается и становится губчатой. Позднее на поверхности бурых пятен появляются желтоватые или сероватые бородавки, которые располагаются концентрическими кругами по поверхности плода. В них образуются органы плодоношения гриба. В дальнейшем больные плоды ссыхаются, чернеют и отвердевают (мумифицируются), а гриб переходит в покоящуюся стадию — склероций.

Образующиеся конидии вызывают заражение почвы и попадают на развивающиеся молодые плоды. Прорастание спор и заражение плодов возможно от 23 до 32–35 °С. Оптимальная температура прорастания спор — 24–28 °С. Кроме того, для прорастания спор необходимо наличие капельно-жидкой воды. Но если споры попадают на свежеповрежденные участки плода, заражение происходит и без наличия влаги. При низких температурах (0–6 °С) прорастание спор плодовой гнили, хотя и возможно, но становится значительно медленнее.

Заражение плодов усиливается при их механическом повреждении — ветром, градом и особенно насекомыми. Возможно заражение и при отсутствии повреждений — при контакте здоровых плодов с больными.

Горькая гниль плодов. На плодах появляются вдавленные округлые пятна, на поверхности которых развиваются многочисленные органы плодоношения гриба розового цвета. Возбудителем заболевания является гриб *Cladosporium fructigena*, образующий короткие конидиеносцы с одной конидией. При поражении горькой гнилью мякоть становится водянистой, плоды приобретают горечь. Вместе с *Cladosporium fructigena* горький вкус могут обусловливать и другие совместно развивающиеся грибы, например, *Penicillium glaucum* (зеленая плесень). Наиболее интенсивное появление горькой гнили наблюдается в июле–августе, иногда позже. Споры возбудителя горькой гнили длительное время сохраняются в плодохранилищах, а гриб, распространяясь с одного плода на другой, может вызвать порчу большого количества фруктов.

Серая гниль. Поражаются вишня, слива, абрикос, персик и другие плоды. Образуется небольшое бурое пятно, которое, разрастаясь охватывает весь плод. Возбудитель — *Monilia cinerea.* Этот гриб является разновидностью *Monilia fructigena* — плодовой гнили (поражает яблоки, груши). Отличительная особенность *Monilia. cinerea* в том, что конидиальные стромы ее располагаются по поверхности плодов не концентрическими окружностями, как это характерно для *Monilia fructigena*, а без всякой закономерности.

Кроме того, конидиальные стромы более темного серого цвета. Зимует гриб не только в виде рассеянных конидий, но и в виде склероций.

Дырчатая пятнистость. Вызывается грибом *Clasterosporium carpophilum.* Поражает косточковые плоды на дереве во время их роста и развития в виде мелких пятен. У абрикосов эти пятна красного цвета. Мицелий гриба *Clasterosporium carpophilum* многоклеточный, конидиеносцы короткие, не разветвленные, светло-бурые. Пораженная ткань выпадает, края утолщаются и образуются глубокие язвочки.

Голубая гниль. Вызывается грибом *Penicillium italicum.* Поражает цитрусовые плоды. Конидии, попав на поврежденную корку, образуют мицелий. Корка становится водянистой, появляется белый налет, который состоит из переплетающихся гиф. Конидии имеют голубовато-зеленый цвет. Болезнь быстро развивается, если хранить плоды при повышенной температуре и влажности воздуха. При хранении плодов при температуре около +1 °С *Penicillium italicum* прекращает рост.

Черная гниль. Поражает лимоны и мандарины при длительном хранении. Возбудитель *Alternaria citri.* Заболевание начинается у основания плода, откуда проникает вовнутрь. Мицелий сначала серовато-коричневого цвета, затем — черно-зеленоватого. Ткань в этом месте размягчается.

Черная гниль винограда. Возбудитель *Phoma inricola.* Ягоды приобретают темную окраску, сморщиваются и засыхают. На поверхности пораженных ягод образуются темные пятна — пикниды.

Болезни овощей

По хозяйственно-ботаническим признакам все овощные растения делятся на группы. Большинство из них поражается одинаковыми грибными болезнями и бактериями, но есть и специфические заболевания.

Болезни картофеля. *Картофельная гниль (фитофтороз).* Возбудитель — гриб *Phytophtora infestans*. Вместе с дождевой водой споры гриба проникают к клубням.

При прорастании спор на поверхности клубней появляются серовато-бурые, слегка вдавленные пятна неправильной формы. В дальнейшем мицелий гриба распространяется по всему клубню. Пораженная ткань размягчается и загнивает. Во время хранения картофеля нужно соблюдать строгий режим, особенно тщательно контролируя клубни, поступающие из районов, где распространено это заболевание.

Рак картофеля. Очень опасное и легко распространяющееся заболевание. Может привести к большим потерям. Возбудителем является гриб синхитриум *Synchytrium endobioticum.*

Заболевание выражается в том, что на пораженных клубнях образуются наросты различной формы и величины. К осени с начала наросты, а затем и клубни картофеля чернеют и загнивают. При растрескивании из наростов высыпается огромное количество спор.

Сухая гниль картофеля (фузариоз). Вызывается различными видами грибов из рода *Fusarium.* Вскоре после уборки картофеля на клубнях образуются бурые пятна, которые быстро распространяются внутрь клубня. Ткань клубня становится морщинистой, складчатой. На поверхности возникают подушечки различной окраски (белой, розовой, желтой), представляющие собой органы спороношения гриба. В зависимости от условий хранения болезнь проявляется либо в виде сухой гнили, либо в виде мокрой.

При пониженной влажности клубни ссыхаются, затвердевают, превращаясь в порошкообразную крахмалистую массу. При высокой влажности ткань клубней размягчается. Внутри клубней образуются полосы, заполненные светлоокрашенной грибницей. Но крахмал в клетках остается нетронутым. Такой картофель можно использовать для получения крахмала.

Гриб *Fusarium* поражает в основном картофель с механическими повреждениями. Основной мерой борьбы с этим заболеванием картофеля является предохранение клубней от механических повреждений. Кроме того, нельзя принимать на хранение картофель с неокрашенной кожицей и непросушенный.

Мокрая бактериальная гниль картофеля. Этот вид порчи вызывается целой группой бактерий, из которой наиболее активна

Pseudomonos xanthoclorum, представляющая собой подвижную неспороносную палочку.

Бактерии проникают в клубни через различные повреждения на кожице и вызывают гниение. Мокрая гниль обычно сопровождает фитофтору и фузариоз.

Ткань клубней становится бурой, грязно-серой или темнеет. В дальнейшем клубни превращаются в кашицеобразную или жидкую массу с неприятным запахом. При высокой температуре и влажности гниль развивается настолько быстро, что может вызвать сплошную порчу картофеля в несколько дней. Низкая температура и сухость задерживают развитие процесса порчи. Поэтому в случае возникновения болезни следует снизить температуру хранения до 1–2 °С, не допускать сырости и необходимо перебрать весь картофель.

Болезни томатов. *Бактериальная гниль томатов.* Вызывается различными микроорганизмами: бактериями *Bacillus carotovorus*, грибами *Fusarium solani* и др.

Гниение томатов под влиянием *Bacillus carotovorus* представляет типичную мокрую гниль созревающих и созревших плодов. Обнаруживается заболевание чаще всего после сбора урожая. Разрушение ткани идет чрезвычайно быстро и в течение нескольких дней может быть испорчена большая часть томатов.

Вершинная гниль томатов. Первые признаки появляются во время образования плодов в виде вдавленного пятна, которое постепенно распространяется, захватывая половину плода. Пораженная ткань темного цвета, кожистая. Плоды твердеют, а в случае попадания других бактерий и грибов размягчаются с образованием мокрой гнили. Возбудитель заболевания — бактерия *Lactobacillus lycopersici.*

Фитофтора. Заболевание вызывается грибом *Phytophora infestans*. На поверхности созревающих плодов появляются бурые пятна, которые постепенно охватывают весь плод. Внутренние части плода твердеют и становятся несъедобными. В сырую погоду на пораженных томатах появляется пушистый налет белого цвета, который состоит из органов спороношения гриба. Наиболее энергично фитофтора развивается при повышенной влажности и температуре 20–22 °С.

Розовая гниль вызывается грибом *Fusarium solani.* Пораженные плоды томатов размягчаются, делаются водянистыми, темнеют. На поверхности возникает белый пушистый налет, а позднее образуются розовые подушечки. Гриб проникает глубоко в мякоть плодов через поврежденные места кожицы и в течение нескольких дней может вызвать их полное разрушение.

Болезни баклажанов те же, что и у томатов, но существуют и специфические. Таким заболеванием является *фомопсис* — баклажанная пятнистость, вызывается грибом *Phomopsis sexans*. На плодах появляются бледные вдавленные пятна с мелкими черными точками (пикнидами). Гриб поражает также корневую шейку, что нередко вызывает гибель всего растения.

Болезни перца. Из них следует отметить *белую гниль* стеблей и плодов, которая вызывается грибом *Sclerotinia libertiana*. Пораженные места стеблей и плодов покрываются белым хлопьевидным налетом с крупными, черными склероциями. Растения, пораженные грибом, увядают и гибнут, а плоды полностью сгнивают.

Черная пятнистость плодов вызывается *Macrosporium solani.* На пораженных плодах перца появляются округлые черные пятна. Постепенно они увеличиваются в размере, сливаются, а поврежденные плоды загнивают. Особенно быстро болезнь развивается при хранении плодов.

Болезни капусты и корнеплодов

Белая гниль. Возбудитель — гриб *Sclerotinia libertiana.* Поражается капуста, морковь, петрушка и другие корнеплоды. При заболевании овощи покрываются белым ватообразным налетом с крупными черными склероциями. Первоначальный источник заражения — почва. Сильное развитие болезни наблюдается во время зимнего хранения овощей. При высокой влажности в хранилище инфекция быстро распространяется от пораженных экземпляров к здоровым, вызывая гибель всей партии.

В результате развития гриба мякоть корнеплодов и кочаны капусты превращаются в слизистую массу. Болезнь может распространяться не только от больных экземпляров к здоровым при их непосредственном контакте, но и через зараженные овощехранилища и тару.

Серая гниль. Вызывается грибом *Botrytis cinerea*. На поверхности качанов капусты и корнеплодов появляется пушистый серый налет. Ткань овощей под действием гриба чернеет и быстро разлагается. *Botrytis* cinerea обычно образует громадное количество склероций, и болезнь получает массовое распространение в хранилище, так как передается не только при непосредственном контакте, но и воздушными течениями.

Черная гниль. Вызывается грибом *Alternaria radicina*. Болезнь поражает морковь при хранении. Сначала на верхушке корнеплода появляются вдавленные пятна черного цвета, такие же появляются по бокам корнеплода. При высокой влажности в хранилище на пятнах развивается темно-серый пушистый налет, в местах поражения ткань плода имеет почти черный цвет. Гриб поражает лишь ослабленную ткань растения, внедряясь через ранки, нанесенные плодам при копке и перевозке.

Мокрая бактериальная гниль вызывается грибом *Bacillus caratovorus*. Ткань пораженного корнеплода темнеет и быстро разлагается. Гниение начинается обычно с кончика корнеплода и очень быстро распространяется.

Болезни свеклы. *Сердцевинная или сухая гниль (фомоз),* вызывается грибом *Phoma betae.* Корнеплод загнивает с головки, и болезнь распространяется затем во внутренние ткани корнеплода. На поверхности возникают слабозаметные сухие темно-бурые или черные пятна, во внутренних тканях они видны явственно. Болезнь быстро передается от больных экземпляров к здоровым.

Болезни лука и чеснока

Серая, или *шейковая гниль,* вызывается грибом *Botrytis allii.* Поражается зрелый лук во время хранения. При высокой влажности наблюдается заболевание луковиц и в полевых условиях. Споры гриба проникают внутрь растительной ткани через шейку луковицы, когда листья лука плохо просушены. На поверхности наружных чешуек и под ними образуется серый порошкообразный налет и мелкие черные склероции. Ткань буреет, размягчается и напоминает по виду вареную луковицу. Больные экземпляры загнивают и разрушаются.

Фузариоз вызывается *Fusarium cepae* и другими видами этого рода. Пораженная ткань луковиц буреет, размягчается и покрывается белым налетом. Заражение начинается с донца луковицы или ее боковых частей. В хранилище болезнь распространяется очень быстро.

Бактериальная гниль вызывается *Bacillus cepivorus.* Наружные чешуйки лука засыхают, теряют блеск, внутренние ткани становятся мягкими, водянистыми и постепенно превращаются в слизистую массу. Болезнь быстро распространяется.

При развитии зеленой плесени *Penicillium glaucum* поверхность луковиц покрывается зеленым налетом.

Болезни тыквенных овощей

Антракноз, или *розовая пятнистость*. Вызывается *Colletotrichum lagenarium.* На плодах появляются бурые пятна в виде язвочек, округлые или неправильной формы, нередко сливающиеся. Во влажную погоду пятна покрываются розовыми подушечками — органами спороношения гриба. Антракнозом поражаются огурцы, кабачки и другие тыквенные растения. Особенно сильно развивается болезнь при влажности 80–90 % и температуре 22–27 °С.Заражению способствует повреждение растительной ткани.

Белая гниль вызывается грибом *Sclerotinia libertiana.* Поражаются чаще всего огурцы и кабачки. Ткань плодов размягчается, становится водянистой и покрывается склероциями.

6.2. Микрофлора квашеных и соленых овощей

Консервирование пищевых продуктов посредством квашения и соления особенно широко распространилось при массовой переработке овощей. В основе такого способа консервирования лежит использование молочно-кислого и частично спиртового брожения. При квашении молочно-кислые бактерии сбраживают сахара, которые содержатся в квасящемся продукте. При этом образуется молочная кислота.

Брожение возникает обычно самопроизвольно. В последнее время делаются попытки применения в этом производстве чистых культур. Молочная кислота в квашеных продуктах действует как консервант. Молочно-кислые бактерии хорошо уживаются с дрожжами, перенося значительное количество образуемого дрожжами спирта.

Дрожжи приспособлены к сравнительно высоким концентрациям кислоты, поэтому обычно сопутствуют молочно-кислым бактериям. Кроме того, дрожжи в процессе жизнедеятельности образуют спирт и различные эфиры, создающие специфический аромат продукта. Гнилостные же и другие вредные бактерии легко подавляются молочной кислотой. Соль, которая добавляется при квашении, подавляет развитие молочно-кислых бактерий. Но очень быстро, благодаря выделению сока, понижается первоначальная концентрация соли. В связи с этим создаются условия для развития полезной микрофлоры. Так, в огурцах, залитых 10 %-м рассолом, через шесть дней он уже содержал 6 % соли, а 15–20 %-й концентрации через восемь дней стал содержать 10–14 % соли.

Действие различных концентраций соли на микрофлору квашеных продуктов представляется в следующем виде:

- 1 %-й раствор соли не влияет;
- 2 %-й значительно ослабляет развитие масляно-кислых бактерий и бактерий группы кишечной палочки. На развитие молочно-кислых бактерий эта концентрация сказывается очень слабо.
- 10 %-й раствор задерживает развитие дрожжей из родов *Torula и Mycoderma,* а также молочно-кислых бактерий типа педиококков.
- 30 %-й раствор соли подавляет развитие всей микрофлоры. Таким образом, концентрация соли может иметь большое значение для правильного течения процессов квашения.

Процесс квашения и хранения квашеных продуктов распадается на три периода:

Предброжение. В этот период происходит выделение клеточного сока заквашиваемых овощей и размножение ведущих процесс микроорганизмов. В этот же период в результате выделения сока и углекислого газа устанавливаются анаэробные условия, благоприятствующие развитию молочно-кислых бактерий. В первую очередь развивается гетероферментативная молочно-кислая бактерия лейконосток *(Leuconostoc mesenteroides)*, образующая сравнительно немного кислоты. Одним из продуктов обмена лейконостока являются эфиры, придающие заквашиваемому продукту характерный запах.

Главное брожение. В этот период накапливаются молочная кислота и спирт. На смену лейконостоку приходят молочно-кислые палочки. Основная роль принадлежит гомоферментативной бактерии *Lactobacillus plantarum*. Развиваются и гетероферментативные бактерии, например, кислотоустойчивая *Lactobacillus brevis*, а также дрожжи, вызывающие спиртовое брожение. Продукт приобретает специфический вкус и запах за счет образования этилового спирта, летучих кислот, ароматических веществ и др.

Дображивание. Выражается в развитии на открытой поверхности квасящихся продуктов пленки, состоящей из пленчатых дрожжей и плесневых грибов *Oidium lactis и из родов Penicillium, Aspergillus*. Эти микроорганизмы потребляют молочную кислоту, в результате чего происходит понижение кислотности. Этому же содействует образование свободного аммиака за счет расщепления азотистых органических соединений. Понижение кислотности, а иногда и появление щелочной реакции способствуют развитию гнилостных, масляно-кислых и других бактерий, которые приводят продукт к окончательной порче.

Виды порчи квашеной капусты

Окрашивание капусты. Массовое развитие окрашенных дрожжей рода *Torula* может придавать квашеной капусте розовую или красную окраску. Проявлению ее способствует приток воздуха и высокая температура. Бесцветные дрожжи могут образовывать на поверхности продукта пленку.

Дряблость капусты. При слишком высокой температуре брожения бактерия *Lactobacillus pentoaceticum,* которая развивается в начальной стадии квашения, вызывает сильное изменение структуры листьев. Капуста становится дряблой.

Ослизнение капусты. Бактерии некоторых видов, например, *Lactobacillus cucumetus, Lactobacillus plantarum* образуют при высокой температуре слизь.

Потемнение капусты появляется также при слишком высокой температуре брожения, при этом нарушается нормальный ход ферментации. Подобная порча может быть вызвана также неравномерным распределением соли в капусте. В связи с этим на отдельных участках могут развиваться аэробные бактерии и дрожжи.

Прогоркание капусты. При развитии масляно-кислых бактерий, которые сбраживают углеводы в масляную кислоту, капуста приобретает прогорклый вкус и запах.

Порча соленых огурцов

Раздувание огурцов и образование пустот. Этот порок вызывают бактерии группы *Actogenes и* дрожжи. Микроорганизмы интенсивно выделяют газ, что ведет к деформации тканей огурцов. Порча может наблюдаться и при высоких температурах, которые ускоряют процесс брожения.

Размягчение огурцов вызывают различные грибы, которые выделяют фермент, гидролизующий пектин. Такой порче особенно подвержены огурцы, пораженные мозаичной болезнью.

Разложение ткани и гнилостный запах наблюдаются при понижении концентрации молочной кислоты вследствие развития гнилостных бактерий.

Дряблость огурцов появляется при загрязнении рассола *Bacillus mesentaticus fuscus*. Эта культура вырабатывает протопектиназу.

Ослизнение огурцов вызывает *Bacillus abderhaloti,* которая относится к масляно-кислым бактериям. Порча происходит при ферментации огурцов без охлаждения. Вкус огурцов становится более острым и кислым, а рассол тягучим.

Потемнение огурцов связано с развитием *Bacllus niger*, которая выделяет черный пигмент. Она появляется в рассоле в условиях малой концентрации молочной кислоты и недостатка азотистых веществ.

Во избежание названных видов порчи наиболее благоприятная температура хранения квашеной капусты — 0–2 °С, соленых огурцов — 0–1 °С.

6.3. Изменение микрофлоры в процессе сушки плодов и овощей

Сушка как метод консервирования основан на том, что в значительно обезвоженных продуктах жизнедеятельность микроорганизмов значительно приостанавливается.

Сухие овощи и фрукты не могут портиться, так как отсутствие нужного количества влаги лишает микроорганизмы возможности питаться. При ее недостатке устраняется осмотическая разница между микробной клеткой и окружающей ее средой, и она не может получать пищу.

Большинство овощей высушивают до 9–12 % влаги. Продукты, богатые сахарами и другими растворимыми веществами (сливы, яблоки), высушивают до более высокого содержания влаги (20–23 %), так как в них подавляется жизнедеятельность микроорганизмов не только путем удаления влаги, но и возрастанием осмотического давления. В этих продуктах повышается концентрация сахаров и других водорастворимых веществ. Например, сушеные абрикосы содержат 67 % сахаров, яблоки — 63 %.

Если влажность пищевого продукта ниже 30 % от его полной влагоемкости, то бактерии уже сокращают свое развитие. При влажности ниже 15 % сильно подавляется развитие грибов.

Тем не менее споры этих микроорганизмов долго еще остаются в жизнеспособном состоянии. Поэтому всякое увлажнение продукта с неизбежностью влечет быструю активацию микробиологической деятельности и порчу. Характер микрофлоры в сушеных плодах и овощах может быть весьма различным и зависит от типа продукта, его химического состава, способа высушивания, а также от обсемененности исходного сырья.

В высушенных овощах, которые хранятся без герметической упаковки, обнаруживаются споры плесневых грибов из родов *Fusarium, Penicillium, Mucor, Alternaria, Aspergillus* и др.; бактерий из родов *Pseudomonos, Bacillus*, некоторые молочно-кислые, масляно-кислые бактерии, микрококки, бактерии группы кишечной палочки. Дрожжи обычно не встречаются.

Микрофлоры сушеных фруктов и овощей отличаются. Это в основном споры плесневых грибов, небольшого количества бактерий, дрожжи, так как в сушеных фруктах концентрация сахаров и органических кислот выше, чем в овощах. Кроме того, в сушеных фруктах значительно меньше микроорганизмов, чем в овощах, особенно в черносливе, так как в нем выше концентрация органических кислот, фитонцидов и пигментов.

При хранении сушеных плодов и овощей количество микроорганизмов снижается, однако повышение влажности воздуха и температуры может вызвать их порчу. Так, увлажнение сушеных плодов и овощей даже на 1–2 % выше нормы вызывает плесневение. Интенсивное развитие плесневых грибов наблюдается при температуре более 20 °С и относительной влажности воздуха более 75 %.

Меры предупреждения микробиологической порчи, особенно плесневения, сушеных плодов и овощей:

- хранение сушеных плодов и овощей в сухих, чистых, прохладных, хорошо вентилируемых помещениях;
- температура хранения не должна превышать 20 °С и относительная влажность воздуха должна быть не более 70 %;
- не допускается при хранении сушеных овощей и фруктов повышение относительной влажности и резкие перепады температуры, что может вызвать увлажнение сушеной продукции, в том числе упакованной в герметичную тару.

6.4. Микрофлора баночных консервов

Все пищевые продукты содержат различные органические вещества — источники питания для микроорганизмов. Поэтому они и подвергаются воздействию различных бактерий и грибов, а это приводит к порче продуктов. Для прекращения развития микроорганизмов необходимо влияние различных факторов внешней среды. Известно, что любой фактор внешней среды, переведенный в состояние минимума или же максимума, прекращает дальнейшее развитие микроорганизмов. В зависимости от того, каким именно фактором подавляется жизнедеятельность микроорганизмов, получаются и различные приемы хранения и консервирования.

По предложению Я. Я. Никитинского все приемы хранения и консервирования пищевых продуктов делят на четыре группы, основанные на принципах биоза, анабиоза, ценоанабиоза, абиоза [5, 34].

Принцип биоза — поддержание в продукте (сырье) жизненных процессов, которые противодействуют развитию в нем вредных микроорганизмов. Кроме того, он основан также на использовании естественного иммунитета: хранение свежевыдоенного и охлажденного молока; хранение плодов, овощей и других продуктов с нормальным и слабым обменом.

Принцип анабиоза — подавление биологических и физико-химических процессов как в пищевом продукте, так и в его микрофлоре. Консервирование пищевых продуктов по этому принципу осуществляется при использовании антибиотиков и фитонцидов.

К физико-химическим способам консервирования по принципу анабиоза относятся: охлаждение и замораживание; высушивание (ксероанабиоз); создание высокого осмотического давления путем добавления соли, сахара (осмоанабиоз); хранение в газовых средах и др.

Принцип ценоанабиоза — подавление жизнедеятельности вредной микрофлоры при помощи других микроорганизмов. Так, квашение и соление основаны на накоплении молочно-кислыми бактериями молочной кислоты, которая подавляет жизнедеятельность гнилостных, масляно-кислых и других микроорганизмов, вызывающих порчу. На этом принципе основана сохраняемость квашеной капусты, сельди, кильки, а также всех кисломолочных продуктов и сыров.

Принцип абиоза — прекращение жизни в продукте и в его микрофлоре. При консервировании по этому принципу используют: действие высоких температур; лучистой энергии и ионизирующего излучения; химических средств (кислоты, соли); физико-химических превращений (копчение) и др.

Баночные консервы — пищевые продукты в герметически укупоренной таре. Их современная технология основана на принципе абиоза. Осуществляется он при воздействии высоких температур, т. е. стерилизации.

Назначение стерилизации — уничтожение вегетативных и споровых форм микроорганизмов. Режим ее (уровень температуры, продолжительность нагревания) зависит от многих факторов: вида продукта и его состояния (плотная масса, содержание жира, залитая жидкостью масса и др.); размера банок, материала, из которого они изготовлены; обсемененности продукта микроорганизмами; кислотности среды (pH).

Разные продукты подвергаются порче различными микробами, а каждый вид микроорганизмов имеет различную устойчивость к нагреванию. Поэтому, чтобы простерилизовать мясные или рыбные консервы, в которых главную опасность представляют стойкие спорообразующие бактерии, банки стерилизуют при температуре 112–120 °С.

Фруктовые компоты, пюре, томатные консервы стерилизуют при 100 °С, так как их порча вызывается главным образом нестойкими дрожжами и плесенями. Кислая среда ослабляет сопротивляемость микробов к нагреванию. Поэтому рыбные и овощные консервы с кислой томатной заливкой стерилизуют при более низкой температуре (100–110 °С), чем натуральные консервы без томата.

В малокислотные консервы добавляют 0,1–0,5 % сорбиновой кислоты. Она безвредна для организма и подавляет развитие плесневых грибов и дрожжей, не изменяет вкуса содержимого консервов. Рекомендуется также добавлять низин, особенно при производстве томатопродуктов и овощных соков. Добавка этих веществ позволяет снизить температуру стерилизации, улучшить качество консервов. Маринованные огурцы или кислые фруктовые компоты стерилизуют при 85–90 °С.

Для каждого вида консервов в консервной промышленности научно разработаны и практически проверены точные режимы стерилизации, обеспечивающие уничтожение всех видов микроорганизмов.

Но даже при правильно проведенной стерилизации некоторое количество банок содержит еще остаточную микрофлору (до 5 %). Столь значительное количество нестерильных банок вовсе не указывает на то, что все они испортятся при дальнейшем хранении даже в теплом месте. Все зависит от того, какая микрофлора там осталась в жизнеспособном состоянии. Если остались жизнеспособными споры анаэробных бактерий, способных вызвать брожение, то консервы испортятся. Если же остались жизнеспособными споры аэробных бактерий, то при отсутствии в банках кислорода они развиться не смогут и никаких изменений в консервной массе не произойдет. Такого рода консервы могут сохраняться также долго, как и стерильные.

При определении продолжительности термической обработки консервов ориентируются на присутствие микроорганизмов с более стойкими спорами. К ним относят в первую очередь анаэробную бактерию *Clostridium botulinum*, вызывающую тяжелое пищевое отравление — ботулизм.

На возможность развития *Clostridium botulinum* в консервах влияет загрязнение продукта другими видами микроорганизмов, например, *Bacillus subtilis, Bacillus mesentericus*, которые поглощают кислород, а также бактериями, понижающими кислотность и тем самым создающими условия для развития *Clostridium botulinum*.

К остаточной микрофлоре натуральных консервов относятся: споровые аэробы *Bacillus subtilis, Bacillus mesentericus*, которые не развиваются; термофильные бактерии из почвы, сахара, соков загрязненного оборудования); мезофильные бактерии.

Виды порчи консервов

Наиболее распространена *плоскокислая порча*. Вызывается термофильными спорообразующими микроорганизмами *Bacillus stearothermophilus, Bacillus coagulans, Bacillus actothermophilus*, которые превращают углеводы без образования газов в молочную, муравьиную и уксусную кислоты. Консервы приобретают прогорклый вкус и запах.

Бомбажная порча чаще наблюдается у консервов из зеленого горошка, спаржи. Вызывается *Closrtidium thermosaccharolyticum*,

Bacillus mesentericus, образующими пигмент красного цвета, и кислотоустойчивыми *Bacillus polymyxa*.

Сероводородная порча встречается редко. Содержимое банки приобретает черную окраску, чувствуется запах сероводорода. Вызывает порчу *Closrtidium nitrificans*. Разлагает аминокислоту цистеин с выделением сероводорода, который связывается с железом банки, образуя сернистое железо.

Бомбаж, вызванный мезофильными бактериями. Чаще всего он вызывается *Clopstridium sporogenes* и *Clostridium putrificum*, которые развиваются в консервах при pH 6 и выше. Бактерии разлагают белки с обильным выделением газов — аммиака и сероводорода.

6.5. Микрофлора вин, пива и кваса

Микрофлора вин. Основной операцией при получении вин является брожение, в результате которого происходит образование и накопление этилового спирта. Процесс этот может протекать самопроизвольно под действием эпифитной дрожжевой микрофлоры плодов и ягод. В настоящее время для получения вин используют чистые культуры винных дрожжей.

В процессе брожения образуется до 12–14 % спирта, при дальнейшем накоплении наблюдается отмирание дрожжевых клеток. Наиболее спиртоустойчивые расы дрожжей образуют 16–18 % спирта.

В период брожения погибает почти вся эпифитная микрофлора винограда, поэтому в сброженном сусле преобладают культурные виды дрожжей *Saccharomyces vini, Saccharomyces oviformis*. Из эпифитной микрофлоры остаются: кислотоустойчивые и спиртоустойчивые молочно-кислые бактерии, некоторые споры плесневых грибов *Mucor, Aspergillus*; из диких дрожжей — *Saccharomyces ludwigii.*

В целях снижения количества микроорганизмов и повышения стойкости при хранении вина подвергают кратковременной тепловой обработке при температуре 60–65 °С. Впервые тепловая обработка вин была предложена Л. Пастером. Исследуя испорченные вина, он пришел к выводу, что причиной болезней является развитие микроорганизмов. Болезни вин вызывают микроорганизмы аэробного или анаэробного происхождения. Жизнедеятельность

этих бактерий обусловливает глубокие изменения состава вин, а иногда их порчу. Наиболее часто в больных винах обнаруживаются аэробные микроорганизмы.

Болезни, вызываемые аэробными микроорганизмами. *Цветение, или цвель (винная плесень)* — может возникать после брожения при хранении вин. Возбудители этой болезни — пленчатые дрожжи из родов *Pichia, Zigopichia, Candida, Mycoderma, Hansenulla, Torulopsis и др.*

На поверхности вина появляется пленка беловатого или грязно-желтого цвета (в белых винах) и грязно-розового (в красных). При дальнейшем развитии болезни пленка утолщается, покрывается слизью и опускается. Вино становится мутным, приобретает неприятный запах и вкус.

Наиболее благоприятная температура для развития цвели — 24–26 °С, ниже 4 °С и выше 32 °С пленчатые дрожжи не развиваются. При содержании в вине спирта более 12 % размножение пленчатых дрожжей прекращается, поэтому особенно легко поражаются столовые вина.

Основные химические изменения в вине связаны с процессами окисления спирта, в результате чего количество алкоголя сильно уменьшается и может исчезнуть совсем.

Уксусное скисание — опасное и наиболее распространенное заболевание. Поражает столовые вина, содержащие менее 12 % спирта. Болезнь вызывается *Acetobacter aceti, Bacillus kutzingianum, Bacillus xylinum.* Главная роль принадлежит *Acetobacter aceti*. Сначала на поверхности вина появляется очень тонкая сероватая пленка, со временем она несколько утолщается и опускается, образуя слизистую комкообразную массу, так называемую «матку». Наиболее благоприятная температура развития уксусно-кислых бактерий — 32–33 °С. При уксусном скисании спирт окисляется в уксусную кислоту.

Болезни, вызываемые анаэробными микроорганизмами. *Молочно-кислое брожение* вызывается молочно-кислыми палочками вида: *Lactobacillus brevis, Lactobacillus biicheri, Lactobacillus fermentii* и менее опасными *Lactobacillus plantarum.*

Характерная особенность этих микроорганизмов — высокая спиртоустойчивость. Большинство из них развиваются в винах с 25 % спирта. Скисанию подвергаются все типы вин, содержащие сахар.

Молочно-кислые бактерии сбраживают сахар до молочной кислоты. В вине появляется муть, оно теряет аромат, приобретает запах кислого и даже прогорклого молока, в отдельных случаях — квашеной капусты. Вкус становится неприятным, сладковато-кислым, щиплющим.

Маннитное брожение распространено в южных районах виноделия. Возбудители брожения — *Bacillus mannitopoeum, Micrococcus acidovorax, Bacillus intermedium.* Ему подвергаются преимущественно красные вина, при получении которых температура сусла выше, чем для белых. При 10 °С деятельность этих видов бактерий замедляется.

В результате маннитного брожения образуется 6-атомный спирт маннит, уксусная и молочная кислоты. Вино мутнеет, во вкусе чувствуются уксусная и молочная кислоты и сладкий привкус маннита. В букете преобладает запах гнилых фруктов. Все это сочетание придает вину характерный неприятный вкус.

Пропионовое брожение вызывается уксусно-кислыми и пропионово-кислыми бактериями. Винная кислота разрушается с образованием уксусной и пропионовой кислот.

Различают два вида этого заболевания — *турн и пусс*. При первом углекислый газ не образуется. При втором, более распространенном, выделяется углекислота, окраска вина изменяется — красное становится желто-бурым, а белое приобретает синевато-сизый оттенок.

Ожирение встречается обычно в северных районах виноделия. Вызывают молочно-кислые бактерии, а также бактерии «ожирения» — *Bacillus viscosus vini.* При развитии этих микроорганизмов накапливаются декстрины. В ожирении могут участвовать дикие дрожжи из родов *Pichia и Torulopsis* и плоские грибы рода *Demotium.* Вина становятся тягучими, вязкими, мутными, вкус пустым, плоским. Заболеванию чаще всего подвержены белые вина, обычно с незначительной кислотностью, малым содержанием спирта и экстракта с остатком несброженного сахара. Не подвержены этому заболеванию десертные и крепкие вина, содержащие более 14 % спирта.

Прогоркание бывает главным образом в красных выдержанных винах. Появляется эта болезнь внезапно и быстро развивается, поражает главным образом старые бутылочные вина. Вино вначале приобретает неприятный привкус, а затем горький вкус. По мере развития болезни в вине появляется осадок, цвет становится мутным, усиливается горький вкус. Прогоркание вин вызывают микроорганизмы, известные как бактерии прогоркания. К ним относятся микрококки, бактерии, близкие к пропионово-кислым, споровые и бесспоровые палочки.

Изменения состава вина выражаются главным образом в разложении глицерина на уксусную, молочную и пропионовую кислоты. При этом кислотность повышается. В больных винах обнаружен акролеин.

Помутнение вин — распространенное заболевание, которое наблюдается после осветления. Помутнение вин считают признаком порчи даже в тех случаях, если оно не ухудшает его вкусовых качеств.

Помутнение, т. е. нарушение стабильности вина, во многих случаях вызывается дрожжами или бактериями. Его можно предупредить пастеризацией с последующим фильтрованием.

Мышиный привкус — заболевание различных вин: белых и красных, столовых, десертных и шампанских. Возбудителями этой болезни являются бактерия *Bacillus mannitopoeum*, пленчатые дрожжи, а также дрожжеподобная плесень, близкая к *Monilia vini.*

В вине происходят сложные окислительно-восстановительные процессы, образуются уксусная и молочная кислоты. По мере развития болезни вино мутнеет, выпадает темно-кремовый осадок, появляется отвратительный привкус и запах. В начальной стадии заболевания мышиный привкус можно устранить применением переливок, пастеризаций, оклейкой и подкислением вина.

К мерам предупреждения заболеваний вин относятся: регулирование уровня активной кислотности вина, а главное — выполнение санитарных норм на всем пути его товародвижения.

Хранение вин. Вина хранят в чистых, хорошо вентилируемых помещениях. Оптимальная влажность воздуха при хранении в бутылках — 70–75 %, в бочках — 75–80 %. Температура в помещении должна быть 8–16 °С. Желательно для хранения сухих столовых и шампанских вин выделять более прохладные помещения, чем для крепких.

Хранение вина при повышенной температуре может ускорить процессы его порчи вследствие заболеваний и развития пороков. Необходимо периодически проверять состояние вина. В бутылках следует осматривать его не реже раза в неделю. При этом обращать внимание на то, сохраняется ли прозрачность, нет ли осадка, пленки и других признаков заболевания и порчи. Доброкачественные стабильные вина могут храниться длительное время без порчи.

Микрофлора пива. Пиво представляет собой слабоалкогольный напиток, получаемый из солода, хмеля и воды, путем сбраживания специальными расами пивных дрожжей.

В отечественном пивоварении используют дрожжи низового брожения. Их достоинства: быстро и глубоко сбраживают пивное сусло; обеспечивают высокую полноту осветления, так как быстро оседают на дно благодаря хлопьевидности; сообщают пиву ярко выраженный аромат и мягкий вкус; обеспечивают стойкость пива в хранении.

Низовые дрожжи пивоваренного производства относятся к виду *Saccharommyces carlsbergensis*. Особенности вида: способность сбраживать глюкозу, фруктозу, мальтозу, сахарозу солодового сусла при низких температурах (6–10 °С) и при температуре дображивания (0,5–1 °С). Кроме того, они обладают редким свойством — подвергать полному брожению трисахарид — рафинозу.

В процессе брожения пивного сусла различают два этапа: главное брожение и дображивание.

На первом этапе дрожжи активно размножаются и основная часть углеводов превращается в спирт. Одновременно образуются и накапливаются летучие органические кислоты и некоторые азотсодержащие вещества.

На втором этапе (дображивание) дрожжи почти не размножаются, а происходит медленное сбраживание оставшегося сахара. В

этот период идет созревание пива, в результате которого оно приобретает характерные свойства, специфический вкус и аромат. Накопление спирта в процессе брожения сусла составляет 1,5–6 %.

Пиво является хорошей питательной средой для развития многих микроорганизмов, которые попадают в него из воздуха, оборудования и тары. К распространенным порокам пива относятся болезни, вызываемые развитием в нем микроорганизмов. Под их воздействием пиво теряет прозрачность, ухудшаются его органолептические свойства. Возбудители *болезней пива* — дрожжи (дикие и пленчатые) и различные бактерии.

Изменение качества пива под действием дрожжей. При развитии в пиве диких дрожжей интенсивно образуется тонкая и трудно устранимая муть. Она может быть причиной так называемой дрожжевой опалесценции. При этом ухудшается запах пива и появляется терпковатый или фруктовый привкус.

Из диких и пленчатых дрожжей в пиве обнаруживают *Saccharomyces pasteurianum, Saccharommyces cerevisia var cratericus, Saccharomyces apiculata, Torulopsis, Candida.* Наиболее опасные дрожжи вида *Saccharomyces guillermondi и Saccharomyces crusei.*

Для предупреждения дрожжевого помутнения пива необходимо особенно тщательно фильтровать сусло и пиво; устранять попадание в пиво воздуха при разливе; хранить пиво при низкой температуре.

Изменение качества пива под действием бактерий. Обогащение пива кислородом создает условия для развития аэробных микроорганизмов, которые по сравнению с дикими дрожжами вызывают более глубокие изменения и даже порчу пива. Особенно опасны уксусно-ксислые и молочно-кислые бактерии. Они вызывают не только помутнение, но и прокисание пива. Среди молочно-кислых бактерий наибольшую опасность представляет вид *Lactobacillus lindnerii*. Из уксусно-кислых бактерий в пиве развиваются *Acetobacter pasteurianum, Acetobacter aceti.* При их жизнедеятельности спирт окисляется до уксусной кислоты и на поверхности пива появляется пленка беловатого или серого цвета.

При развитии в пиве *Acetobacter capsulatum и Acetobacter viscosum* происходит ослизнение пива. Порча пива уксусно-кислы-

ми бактериями чаще всего наблюдается, когда бочки и бутылки недостаточно заполнены или негерметично укупорены.

Понижение температуры хранения пива (но не ниже 0 °С) тормозит развитие уксусно-кислых бактерий. Кроме того, в пиве обнаруживаются термофильные бактерии, бактерии группы кишечной палочки, сенная и картофельная палочки.

Плесневение пива. Возбудителями порчи являются грибы родов *Aspergillus и Penicillium.* Если соблюдать гарантийные сроки реализации пива, то эти пороки практически не наблюдаются.

Хранение пива при температуре не выше 12 °С без доступа света. Ниже 0 °С пиво хранить не рекомендуется.

Микрофлора кваса. Квас — освежающий слабоалкогольный напиток, который получают путем незаконченного молочно-кислого и спиртового брожения. В процессе брожения накапливается этиловый спирт и молочная кислота, которые придают напитку свежий вкус.

Пороки кваса. *Ослизнение.* Возбудителями являются слизеобразующие бактерии *Leuconostoc* и *Bacillus mesentericus*.

Уксусно-кислое прокисание. Возбудители — уксусно-кислые бактерии. В квасе нарастает кислотность, ухудшается вкус, снижается содержание сухих веществ.

Помутнение вызывается гнилостными бактериями. Квас теряет прозрачность, повышается кислотность, появляется запах сельдерея. Кроме того, в нем встречаются пленчатые дрожжи рода *Candida*, которые окисляют спирт, органические кислоты и придают неприятный вкус. В квас могут также попасть бактерии группы кишечной палочки, возможно развитие плесневых грибов, присутствие которых отрицательно сказывается на вкусовых качествах напитка.

6.6. Микрофлора пищевых концентратов

Пищевые концентраты представляют собой пищевые смеси кулинарно подготовленных продуктов (расфасованные, в рассыпном виде или спрессованные в брикеты).

Микрофлора пищевых концентратов будет зависеть в первую очередь от вида и степени обсеменения микроорганизмами основного и вспомогательного сырья, которое очень разнообразно.

Количество и характер микрофлоры пищевых концентратов также во многом зависят и от применения вида тепловой обработки. Чем выше и длительнее тепловая обработка отдельных компонентов пищевых концентратов, тем меньше микроорганизмов в пищевом продукте.

Микрофлора пищевых концентратов представлена: спорообразующими микроорганизмами (*Bacillus mycoides, Bacillus mesentericus, Bacillus subtilus*); неспорообразующими (*Achromobacter fermentations, Achromobacter actophilum*); кокковыми формами (*Sarcina citrea Micrococcus, Staphylococcus allus*); спорами плесневых грибов родов *Penicillium, Aspergillus, Mucor.*

В гороховых и фасолевых супах в большом количестве встречаются *Bacillus allolactis, Bacillus niger, Bacillus mesentericus.*

Пищевые концентраты отличаются низким содержанием влаги, в среднем от 6 до 12 %. В связи с этим при правильном их хранении можно избежать микробиологической порчи.

Для хранения пищевых концентратов складские помещения должны быть чистыми, сухими, хорошо проветриваемыми, затемненными от попадания прямых солнечных лучей; температура должна быть не более 20 °С, а относительная влажность воздуха — не более 75 %.

При этих условиях хранения наблюдается постепенное отмирание вегетативных форм микроорганизмов. Причем, чем ниже влажность, тем быстрее снижается обсемененность. Повышение влажности концентратов до 14 % способствует их плесневению, а до 20 % — развитию бактерий.

6.7. Микрофлора зерна, муки, крупы, хлеба

Микрофлора зерна. Зерно принадлежит к древнейшим культурным растениям и возделывается приблизительно 8000 лет. Оно составляет основу питания человека и в мировом масштабе покрывает 50–65 % энергетических потребностей человека.

Зерно содержит, кроме главного продукта — крахмала, значительное количество белка, минеральных веществ и витаминов. Оно служит в первую очередь для изготовления муки, хлебобулочных изделий, крахмала и других продуктов питания, а также как сырье для пивоварения и спиртовой промышленности.

Поскольку зерно подвергают длительному хранению, то знание его микрофлоры имеет важное значение. Микрофлора зерна состоит из эпифитной и вторичной микрофлоры.

Эпифитная микрофлора — это микроорганизмы, которые живут на поверхности растений, питаются за счет органических загрязнений, находящихся на растениях, и за счет естественных выделений тканей растений. Через оболочку растительных тканей они не проникают и не оказывают вредного воздействия на растение.

К эпифитной микрофлоре относят: *Pseudomonas herbicola, Pseudomonas fluorescens*, некоторые виды плесней и кокков, а также спорообразующие микроорганизмы: *Bacillus subtilis, Bacillus mesentericus, Bacillus mycoides.* Состав эпифитной микрофлоры зависит от внешних условий, в частности, от погоды. Если она влажная, то в составе микрофлоры зерна больше плесневых грибов, если сухая — больше спорообразующих бактерий. Часть микроорганизмов находится в состоянии покоя, т. е. анабиоза.

Вторичная микрофлора состоит из микроорганизмов, в том числе и патогенных, которые попадают в зерно во время уборки, перевозки и различных передвижений зерновой массы до момента ее переработки. Она представлена: спорообразующими бактериями — чаще картофельной и сенной палочками; кокками — чаще микрококками; грибами из родов *Alternaria, Cladosporium, Fusarium, реже Aspergillusum, Penecillium.* Количество микроорганизмов в 1 г зерна обычно колеблется от нескольких тысяч до десятков миллионов.

Степень обсемененности зависит от многих факторов: условий вегетации, морфологических и анатомических особенностей зерна, характера уборки, влажности, содержания поврежденных семян и семян сорных примесей различных растительных остатков. Во время хранения зерна микрофлора его в зависимости от условий и продолжительности может изменяться.

Так, при нормальных условиях хранения обычно отмирают вегетативные формы и остаются спорообразующие. С повышением влажности усиленно развиваются плесени. Возможность и интенсивность развития микроорганизмов определяется температурой и влажностью. Кроме того, на развитие микроорганизмов влияют: целостность зерна и состояние покровных тканей зерна; количество и видовой состав примесей; степень аэрации и т. д.

Наиболее вероятными вредителями зерновой массы при хранении являются грибы. В процессе жизнедеятельности они выделяют влагу и тем самым дополнительно увлажняют продукт, при этом создавая благоприятные условия для развития бактерий.

Развитие микроорганизмов в зерне может привести к самосогреванию зерновой массы. Чаще всего оно происходит в зерне с влажностью 18 % и температурой 24–25 °С. Самосогревание зерна протекает в несколько стадий:

I — температура зерновой массы повышается до 24–30 °С. При этом увеличивается число микроорганизмов, в том числе эпифитных, которые на более поздних стадиях погибают;

II — температура зерновой массы достигает 40 °С. Значительная часть эпифитов погибает, усиленно размножаются плесневые грибы родов *Fusarium, Aspergillus, Penicillium*, картофельная и сенная палочки и актиномицеты. Зерно отпотевает, снижается его сыпучесть, цвет темнеет, ощущается солодовый запах;

III — температура повышается до 50 °С. Она губительно действует на многие микроорганизмы, поэтому общее их количество уменьшается. Остаются термофильные спорообразующие бактерии и некоторые виды плесневых грибов. Зерно приобретает затхлый, иногда гнилостный запах, часто покрывается черной или зеленой плесенью;

IV — температура повышается до 70–75 °С. Микроорганизмы гибнут, но зерно становится непригодным к употреблению, так как идет разложение органических веществ. Биохимические процессы затухают и зерно начинает постепенно охлаждаться. Мерой предупреждения самосогревания зерна является его активное вентилирование.

Последствия роста микроорганизмов в зерне при хранении могут быть различными. Кроме повышенных потерь крахмала, уменьшается всхожесть, ухудшаются свойства клейковины, могут образоваться токсические вещества или вещества, которые ухудшают вкус и запах.

Давно известны заболевания, связанные с потреблением зерна, пораженного грибами. Так, грибы *Fusarium graminearum, Fusarium sporotrichoides* способны вызывать отравления людей, так как в результате жизнедеятельности выделяют токсин — фузариогенин. Мука из него приобретает токсические свойства. Хлеб, который выпечен из этой муки, вызывает отравление, которое напоминает опьянение. Это так называемый «пьяный хлеб». Токсин не разрушается даже при тепловой обработке.

Если зерно перезимовало в поле, то оно может быть поражено *Fusarium sporotrichoides, Fusarium roseum.* В данном случае при употреблении хлеба из такого зерна наблюдается тяжелое отравление — алиментарно-токсическая алейкия, симптомы напоминают ангину. Отравление могут вызвать и некоторые грибы рода *Cladosporium,* которые развиваются даже при температуре до –8 °С. Токсическое действие при развитии грибов рода *Cladosporium* оказывают кладоспориевые кислоты — эпикладоспориевая и фагикладоспориевая.

При поражении зерна грибами *Aspergillus flavus, Aspergillus parasiticus* также наблюдаются пищевые отравления в результате накопления афлатоксинов. Опасные отравления может вызвать гриб *Penicillium islandicum*, который выделяет токсины — исландиатоксин, лютеоскирин. Чаще этим грибом поражается рис.

Спорынья, головня, которые раньше могли привести к отравлениям в связи с потреблением выпеченных изделий из зараженной ими муки, в настоящее время не имеют значения, так как зерно подвергается надежной химической очистке.

Микрофлора муки. Микрофлора муки в значительной степени зависит от микрофлоры зерна. Чем больше микроорганизмов на зерне, тем больше их переходит в муку. Следует стремиться к снижению содержания микробов в муке, применяемой для питания населения (по возможности не более 104 микроорганизмов на 1 г).

Мука в хранении менее стойка, чем зерно, так как она находится в тонкодисперсном состоянии и более доступна действию микроорганизмов. Поэтому, как только повысится влажность и температура микроорганизмы начинают активно развиваться, поскольку влажность муки должна быть не более 15 %. При правильном хранении погибают преимущественно вегетативные формы микроорганизмов.

Наиболее распространенными пороками муки являются следующие:

• *прокисание* вызывают молочно-кислые и масляно-кислые бактерии. Они сбраживают сахара муки с образованием кислот. В такой муке появляются кислый вкус и запах, титруемая кислотность возрастает. Поскольку возбудители прокисания — анаэробы, то процесс начинается во внутренних слоях, особенно при уплотнении муки;

• *прогоркание* — следствие окисления липидов. Происходит в основном за счет кислорода воздуха, но идет более активно при участии липаз микроорганизмов, которые содержат плесневые грибы и бактерии. Прогорклая мука приобретает неприятный запах и горький вкус;

• *плесневение* может наблюдаться при относительной влажности воздуха выше 75–80 %. Мука приобретает затхлый запах, ее хлебопекарные качества понижаются. Плесневение вызывается в основном грибами из родов *Aspergillus u Penicillium.* В процессе жизнедеятельности плесени увлажняют муку и создают условия для развития бактерий. Кроме того, могут накапливаться токсины.

Микрофлора крупы. Получают крупу из зерна, используя ту или иную механическую обработку (обрушение, шелушение, шлифование) и лишь для некоторых видов круп (ядрицы, геркулеса и др.) применяется гидротермическая обработка.

Микрофлора круп, полученных путем механической обработки, очень близка к микрофлоре зерна, но количество микробных клеток гораздо меньше, так как микроорганизмы находятся в основном на оболочках, которые при производстве крупы удаляются. Представлена она в основном бесспоровыми бактериями:

Pseudomonas herbicola, Pseudomonas fluorescens; спорообразующими бактериями: *Bacillus mesentericus, Bacillus subtilis, Bacillus mycoides.*

Обычно в крупу, особенно если зерно покрыто цветочной пленкой, переходит 10–30 % от количества микроорганизмов, содержащихся на зерне.

Микрофлора крупы, полученной с использованием гидротермической обработки, представлена в основном спорообразующими формами. Например, в 1 г геркулеса содержится 50 – 4500 спор. Качественный состав микрофлоры крупы, полученной таким способом, очень непостоянен, так как зависит от случайных загрязнений.

Микрофлора хлеба. Изготовление хлеба и хлебобулочных изделий идет с использованием микроорганизмов — дрожжей и молочно-кислых бактерий. В связи с этим в тесте происходят два вида брожения — спиртовое и молочно-кислое. Микроорганизмы могут вызывать также различные болезни хлеба.

«*Картофельная болезнь*» вызывается спорообразующими бактериями *Bacillus mesentericus* и протекает в несколько стадий: появляется легкий фруктовый запах; затем он усиливается; отмечается липкость мякиша; хлеб приобретает зловонный запах и тянется нитями.

На хлебозаводах обязательно проверяют качество поступающей муки. Для этого проводят пробную выпечку, а выпеченный хлеб помещают в термостат.

Если мука заражена картофельной палочкой, то ее можно использовать очень ограниченно, добавляя небольшими порциями к хорошей муке, Кроме того, необходимо соблюдать определенные меры при реализации такого хлеба. Предотвратить развитие «картофельной болезни» можно путем повышения кислотности хлеба.

Меловая болезнь хлеба вызывается дрожжеподобными грибками из родов *Endomyces и Monilia.* Во время выпечки некоторые из них выживают. В пораженном хлебе в мякише образуются белые, сухие порошкообразные пятна, которые напоминают мел. Пятна представляют собой колонии грибов. Хлеб теряет товарный вид, но для здоровья не опасен.

«*Пьяный хлеб*» не имеет внешних признаков порчи, но его употребление может вызвать сильную интоксикацию. Причиной являются токсины, выделяемые грибом *Fusarium graminearum.* Некоторые разновидности этого гриба вызывают алиментарно-токсическую алейкию.

Пораженный хлеб имеет влажный, мажущийся мякиш от желтого до желто-коричневого цвета. При разламывании или резке мякиш превращается в длинные, тягучие, ослизненные нити.

Плесневение — наиболее широко распространенный вид порчи хлеба. Возникает при неправильном хранении, особенно при повышенной влажности. Вызывается грибами из родов *Aspergillus, Penicillium, Mucor.* Пораженный хлеб приобретает затхлый запах и непригоден в пищу, так как может содержать микотоксины, вызывающие отравление.

6.8. Микрофлора молока

Молоко — один из важнейших продуктов питания, содержит практически все вещества, необходимые для организма и, кроме того, они находятся в наиболее благоприятных для усвоения организмом сочетаниях. Это объясняется тем, что в молоке содержится одновременно более 100 веществ.

Молоко представляет собой питательную среду, в высшей степени благоприятную для развития микроорганизмов, главным образом бактерий. В 1 $см^3$ молока насчитывается от сотен тысяч до миллионов микроорганизмов. Качественный состав молочной микрофлоры разнообразен и представлен следующими группами: молочно-кислые, уксусно-кислые, пропионово-кислые, масляно-кислые бактерии, бактерии группы кишечной палочки, гнилостные бактерии, флуоресцирующие бактерии, дрожжи, плесневые грибы, пептонизирующие бактерии (микрококки, маммококки), возбудители инфекционных заболеваний (дизентирии, брюшного тифа, туберкулеза, бруцеллеза и др.), возбудители пищевых отравлений (золотистый стафилококк, сальмонеллы).

Молочно-кислые бактерии составляют естественную микрофлору молока, а остальные — постороннюю.

В свежем молоке содержатся бактерицидные вещества — *лактенины*, которые в первые часы дойки задерживают развитие в молоке микроорганизмов, а некоторые даже гибнут. Такой период называется *бактерицидной фазой*, продолжительность ее зависит от температуры молока и его обсемененности. Свежевыдоенное молоко имеет температуру 35 °С. При 30 °С фаза с небольшой обсемененностью длится 3 ч, при 10 °С — 20 ч, 5 °С — 36 ч, 0 °С — 48 ч.

По окончании бактерицидной фазы начинается размножение бактерий и тем быстрее, чем выше температура хранения молока. Если молоко сохранять при температуре выше 8–10 °С, то в первые часы уже начинают развиваться бактерии. Этот период — *фаза смешанной микрофлоры*. К концу ее развиваются в основном молочно-кислые бактерии, повышается кислотность молока. По мере их накопления рост гнилостных бактерий подавляется, наступает *фаза молочно-кислых бактерий*. Молоко сквашивается.

Из посторонней микрофлоры чаще всего встречаются пептонизирующие бактерии: микрококки и маммококки.

Микрококки всегда обнаруживаются в молоке. К ним относятся *Micricoccus albus, Micricoccus luteus, Staphylococcus aureus* (возбудитель пищевых отравлений). Оптимальная температура их развития — 25–30 °С, но могут развиваться и при 5–8 °С. Способны сбраживать лактозу с повышением кислотности до 40–45 °С, но одновременно выделять сычужный фермент, что приводит к образованию сгустка при пониженной кислотности. Так как под действием сычужного фермента происходит гидролиз белков до пептонов, то молоко приобретает горький вкус. Некоторые микрококки разлагают жир до альдегидов и кетонов и вызывают прогорклый вкус продукта. Кроме того, некоторые микрококки, например, золотистый стафилококк *(Staphylococcus aureus)*, образует энтеротоксин, который накапливается в молоке, твороге, сметане и может вызвать тяжелые отравления при употреблении таких продуктов. Особенно опасны в этом отношении молочные продукты, которые хранятся при повышенной температуре и с низкой кислотностью.

Представителем маммококков является *Streptococcus liquefaciens*.

Пороки свежего молока, вызываемые микроорганизмами. Горький вкус в сыром молоке возникает в результате развития микрококков и маммококков, гнилостных (споровых и бесспоровых) микроорганизмов; в пастеризованном молоке — гнилостных споровых. Развивающиеся в молоке бактерии выделяют протеолитические ферменты, которые разлагают белки до пептонов и горьких пептидов.

Прогорклый вкус вызывают флуоресцирующие бактерии и микрококки. Развиваясь при 2–5 °С, они выделяют липазу, которая расщепляет молочный жир до альдегидов, кетонов и масляной кислоты.

Мыльный, щелочной вкус. Порок вызывают психрофильные неспоровые палочки *Bacillus lactis saponacei, Bacillus. sapalacticum*. Они разлагают белки с образованием щелочных продуктов и вызывают омыление молочного жира.

Несвойственные молоку запахи (сырный, тухлый, хлебный, навозный, травяной) возникают в результате развития *Pseudomonas fluorescens* и кишечной палочки. Эти бактерии разлагают белки с образованием летучих веществ с разнообразным запахом.

Тягучее молоко. Порок возникает без повышения кислотности и при ее нарастании. В первом случае молоко становится тягучим без образования сгустка вследствие развития неподвижной палочки *Bacillus lactis viscosum*. А во втором случае образуется тягучий сгусток. Порок вызывают некоторые молочно-кислые стрептококки *Streptococcus cremoris* и молочно-кислые палочки *Lactobacillus acidophilus,* которые образуют слизь при сквашивании молока.

Бродящее молоко. Порок характеризуется сильным выделением газов, образующих пену. При этом появляются различные запахи: дрожжевой, навозный, масляной кислоты. В сыром молоке возбудителями могут быть бактерии группы кишечной палочки, которые образуют диоксид углерода, водород, сероводород, индол, а также дрожжи CO_2, спирт.

Изменение цвета:

а) красный цвет молока возникает при развитии «чудесной палочки» (*Bacillus progidiosum*), создающей красные колонии;

б) желтый цвет обусловливает возбудитель *Bacillus synxanthum*. Порок встречается редко;

в) синий цвет возникает при развитии аэробной палочки *Pseudomonas pyocyanea*, которая образует синий и зеленый пигменты.

6.9. Микрофлора пастеризованного молока

Целью пастеризации молока является уничтожение в нем болезнетворных бактерий и возможно более полное снижение общей обсемененности молока сапрофитами. Эффективность уничтожения в молоке микроорганизмов зависит от режимов пастеризации; первоначальной обсемененности сырого молока; состава его микрофлоры.

Чем больше в молоке термостойких бактерий, тем ниже эффективность пастеризации. При хорошей эффективности пастеризации количество бактерий, оставшихся после пастеризации, может составлять от 0,01 %, при низкой эффективности пастеризации — 1,5–2 %. При пастеризации при температуре 72–72 °С в течение 15–20 с количество микроорганизмов остается до десятков тысяч в 1 см^3 молока, в то время как в сыром их десятки миллионов.

Микрофлора, которая остается после пастеризации, — остаточная микрофлора пастеризованного молока. При режиме пастеризации 72–75 °С с выдержкой 15–20 с остаточной микрофлорой являются: ослабленные термофильные стрептококки, стрептококки кишечного происхождения *Streptococcus faecalis, Streptococcus bovis, Streptococcus durans*; микрококки, споровые палочки.

Микрофлора молока, пастеризованного при 85–90 °С, состоит из термофильных молочно-кислых палочек и споровых бактерий. После пастеризации молоко проходит через оборудование, где также может инфицироваться бактериями. С оборудования в молоко попадают бактерии кишечной палочки (десятки клеток/ см^3), психрофильные бактерии, мезофильные молочно-кислые бактерии, термофильные палочки (от десятков до десятков тысяч клеток/ см^3), дрожжи, уксусно-кислые бактерии.

В соответствии с нормативной документацией содержание бактерий в 1 см^3 пастеризованного молока должно составить, тыс:

гр. А — 50, гр. Б — 100, для сливок: гр. А — 100, гр. Б — 200. Предельный титр кишечной палочки в молоке и сливках: гр. А — 3 см^3; гр. Б — 0,3 см^3. Патогенные микроорганизмы не допускаются.

Пастеризованное молоко можно хранить при температуре ниже 10 °С не более 36–48 ч с момента пастеризации.

Пороки пастеризованного молока бактериального происхождения. Возникающие в молоке микробиологические процессы вызывают изменения в его составе и отражаются на внешнем виде, вкусе и запахе пастеризованного молока.

Кислый вкус — наиболее распространенный вид порока. Возникает в результате жизнедеятельности молочно-кислых бактерий.

Прогорклый вкус появляется в результате разложения жира и образования масляной кислоты, альдегидов, кетонов и других соединений. Возбудителями этого порока являются флуоресцирующие бактерии и плесневые грибы, выделяющие фермент липазу. Наблюдается при хранении молока при низких температурах.

Горький вкус — при разложении некоторыми микроорганизмами белковых веществ. Возбудители процесса — споровые палочки, психрофильные бактерии, микрококки и др.

Бродящее молоко характеризуется сильным газообразованием в результате деятельности масляно-кислых бактерий, которые образуют масляную кислоту, диоксид углерода и водород.

Тягучее молоко. Порок может возникать с повышением кислотности и без него. Возбудителями являются те же микроорганизмы, которые вызывают его и у сырого молока.

Изменение микрофлоры молока при хранении. Длительность хранения пастеризованного молока определяется его обсемененностью и температурой. Органолептические совйства молока начинают изменяться при бактериальной обсемененности 5–10 млн/см^3. Стойкость молока с низким бактериальным обсеменением сохраняется при температуре 5 °С до 21 дня, 7–15 °С — 8–12 дней, 22–24 °С — до 24 ч, 27–28 °С — до 8 ч. Установлено, что при хранении пастеризованного молока его микробиологические показатели ухудшаются значительно раньше, чем химические и особенно органолептические.

6.10. Микрофлора стерилизованного молока

Стерилизация — тепловая обработка молока при температуре свыше 100 °С. При стерилизации погибают как вегетативные клетки, так и большинство термостойких спор.

Стерилизованное молоко вырабатывают двумя способами: с одно- и двухступенчатым режимом стерилизации. С микробиологической точки зрения понятие «стерилизованное молоко» не означает, что оно должно быть полностью стерильно. Чтобы при обработке молока обеспечить его абсолютную стерильность, требуется применять высокие температуры, но тогда существенно меняется химический состав молока и его питательная ценность.

Эффективность стерилизации зависит от содержания термостойких спор в сыром молоке. Обычно в нем содержится не более 10–100 спор/ см^3. Эффективность стерилизации такого молока считается удовлетворительной, если на 1 т молока остается 1 спора. Это означает, что при разливе в поллитровую тару в одну из 2000 емкостей попадет 1 спора. Практически стерилизованным можно считать молоко, содержащее 1 спору в 400 л.

Порча стерилизованного молока чаще всего вызывается споровыми бактериями: *Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Bacillus stearothermophylus и* др. Порча проявляется в появлении горького вкуса за счет разложения белка. Причина — недостаточная тепловая обрабока или нарушение режимов стерилизации.

Присутствие в молоке после стерилизаций споровых бактерий видов *Bacillus coagulans, Bacillus macerans, Bacillus licheneformis*, а также спор термостойких бактерий свидетельствует о сильной обсемененности сырого молока.

Порча стерилизованного молока возможна и неизбежна при нарушении герметичности тары. При этом обнаруживается смешанная микрофлора с преобладанием молочно-кислых стрептококков.

Хранение стерилизованного молока может осуществляться в неохлаждаемых помещениях в течение 15 дней, хотя качественный продукт может храниться и 30 дней.

6.11. Микрофлора кисломолочных продуктов

Кисломолочные продукты получают из цельного, обезжиренного молока и сливок путем сквашивания их специально подобранными закваскаами. Закваски готовят на чистых культурах различных штаммов, а часто видов и родов молочно-кислых микроорганизмов. Чистые культуры молочно-кислых микроорганизмов выделяют из молочных продуктов, растительных объектов и т. д.

При подборе чистых культур всегда учитывают *специфические свойства*, которые необходимо получить у готового продукта. Например, составляя закваски для творога, принимают во внимание то, что микроорганизмы закваски должны активно повышать кислотность в начале цикла производства, т. е. в течение 6 ч. В дальнейшем же способность их к кислотообразованию должна быть ограничена. Таким требованиям удовлетворяют молочно-кислые стрептококки *Streptococcus lactis*. Кроме того, из молочных стрептококков необходимо отобрать и такие, которые способствовали бы образованию в твороге хорошего вкуса и аромата. Поэтому целесообразно наряду с культурами *Streptococcus lactis* вводить *Streptococcus diacetilactis* в соотношении 1:5 — 1:10.

Для продуктов, в процессе производства которых предусмотрено отделение части сыворотки от сгустка (творог), подбирают культуры, которые образуют сгусток, легко отделяющий сыворотку.

Для продуктов, в производстве которых нужно предотвратить отделение сыворотки, подбирают культуры, образующие при свертывании молока сгустки вязкой консистенции и т. д.

При составлении заквасок учитывают также *температурные режимы*, которые применяются при получении данного продукта. Если процесс осуществляется при температуре 20–30 °С, то в закваске должны преобладать мезофильные микроорганизмы. Для процессов, где применяются более высокие температуры (40–45 °С), — термофильные виды.

Не менее важный момент — подбор чистых культур с учетом взаимоотношений между отдельными штаммами и их влияния друг на друга при развитии в молоке (угнетают или стимулируют разви-

тие друг друга). С этой целью составляют комбинации из 3–5 культур и вносят 5 % каждой комбинации в пастеризованное молоко. После сквашивания проверяют вкус, запах, консистенцию сгустков и отбирают комбинации, лучшие по этим показателям.

Схема работы с закваскими на производстве. В специальных лабораториях из чистых культур готовят сухие или жидкие закваски, которые можно классифицировать как живые культуры.

Чистые культуры (закваски) используют для приготовления лабораторной закваски на стерилизованном молоке. Сделанную на активных чистых культурах, ее применяют или непосредственно для заквашивания молока или сливок (маточная закваска) или из нее готовят первичную закваску, которую используют для получения кисломолочных продуктов (для улучшения качества продукта рекомендуется добавлять около 2 % маточной закваски). На производстве не рекомендуются последующие пересадки закваски, так как это приводит к ее загрязнению и снижению активности. В настоящее время в промышленных условиях все кисломолочные продукты, кроме кефира, готовят с применением чистых культур микроорганизмов.

Источники микрофлоры кисломолочных продуктов. Микрофлору кисломолочных продуктов так же, как и микрофлору молока, можно условно разделить на *первичную*, попавшую извне, и *вторичную*, развивающуюся при проведении всего технологического процесса.

Первичная микрофлора кисломолочных продуктов складывается из микрофлоры, которая вносится с закваской и микрофлоры пастеризованного молока. Количество микроорганизмов, которое вносится с закваской, обычно 5–500 млн клеток/ $см^3$ молока. Колебания зависят от количества вносимой закваски (1–5 %) и наличия в ней жизнеспособных клеток. Общее количество микроорганизмов в пастеризованном молоке обычно 50–500 тыс./ $см^3$, т. е. почти в 1000 раз меньше, чем количество клеток, вносимых с закваской. Кроме того, источником первичной микрофлоры могут быть оборудование, вода, наполнители (сахар, изюм, какао-порошок и т. д.), тара, упаковочные материалы, воздух, руки и одежда персонала.

Эта микрофлора наиболее разнообразна, чем остаточная микрофлора пастеризованного молока. Она может проявиться при сквашивании молока или в процессе хранения и вызвать пороки вкуса, запаха, консистенции.

Продукты, приготовляемые с использованием многокомпонентных заквасок (кумыс, кефир, курунга). Их микрофлора состоит из молочно-кислых бактерий (одного или нескольких видов), дрожжей и нередко уксусно-кислых бактерий. В этих продуктах протекает два процесса: *молочно-кислое брожение* под действием молочно-кислых бактерий и *спиртовое брожение* под действием дрожжей. Поэтому эту группу кисломолочных продуктов называют группой смешанного брожения.

Широко распространен в группе кефир. Его готовят обычно на естественной закваске — кефирных грибках. Это прочное симбиотическое образование. Микрофлора его разнообразна и полностью не установлена. Кефирный грибок всегда имеет определенную структуру и ведет себя как живой организм: растет, размножается и передает свойства и структуру последующим поколениям.

Постоянной микрофлорой кефирных грибков и закваски являются дрожжи, сбраживающие и несбраживающие лактозу *Saccharomyces kefiri;* молочно-кислые стрептококки *Streptococcus lactis и Streptococcus diacetilactis;* молочно-кислые бактерии — стрептобактерии *Lactobacillus casei*; уксусно-кислые бактерии.

У каждой группы перечисленных постоянных микроорганизмов кефирной закваски оптимальные условия развития различны. Поэтому, изменяя температуру сквашивания молока, можно регулировать микробиологические процессы, протекающие при производстве кефира. При повышении температуры сквашивания усиливается молочно-кислое брожение. При понижении интенсивнее идет спиртовое брожение. Наилучшие органолептические свойства продукт приобретает, если сквашивание ведут при 25 °С.

При сквашивании молока основные представители микрофлоры кефира выполняют следующую роль: в результате жизнедеятельности молочно-кислых стрептококков накапливается молочная кислота и образуется сгусток; в результате жизнедеятельности мо-

лочно-кислых палочек образуется сметанообразная вязкая консистенция; уксусно-кислые бактерии придают продукту специфический вкус и аромат; молочные дрожжи вырабатывают в кефире спирт и диоксид углерода.

Кумыс готовят из кобыльего молока. Приготовление его, как и кефира, основано на молочно-кислом и спиртовом брожениях. Кобылье молоко имеет более высокое содержание лактозы и растворенных азотистых соединений, чем коровье, но оно менее жирное, более богато витамином С. При сквашивании кобыльего молока казеин выпадает в виде очень мелких хлопьев. Для закваски используют термофильные молочно-кислые бактерии (болгарскую и ацидофильную палочки) и дрожжи, сбраживающие лактозу и обладающие антибиотической активностью.

Продукты, приготовляемые с использованием мезофильных молочно-кислых стрептококков (творог, сметана, простокваша). Основным микробиологическим процессом при получении этих и остальных групп кисломолочных продуктов является молочно-кислое брожение.

Особенностью закваски, состоящей из мезофильных стрептококков, является быстрое их развитие в первые часы после заквашивания, что позволяет быстро получить сгусток; сравнительно невысокий предел кислотообразования, что способствует получению продукта с умеренной кислотностью.

В состав закваски для изготовления простокваши обыкновенной, сметаны и творога входят мезофильные гомоферментативные молочно-кислые стрептококки *Streptococcus lactis, Streptococcus cremoris* и ароматобразующие стрептококки *Streptococcus diacetilactis*.

При изготовлении творога, кроме закваски, применяют сычужный фермент, который активизирует процесс. Иногда творог вырабатывают из непастеризованного молока. Он предназначен лишь для изготовления изделий, подвергающихся перед употреблением термической обработке в связи с возможным размножением в нем возбудителей пищевой инфекции — стафилококков, находящихся обычно в сыром молоке.

При хранении этих продуктов в них могут развиваться дрожжи, уксусно-кислые бактерии и плесени, попадающие в продукт с производственного оборудования, рук и одежды рабочих, из воздуха. При этом появляются дефекты вкуса и запаха продуктов, а также другие виды порчи.

При развитии дрожжей, сбраживающих молочный сахар, может происходить вспучивание продукта за счет газообразования и появляется спиртовой привкус. Один из распространенных дефектов сметаны и особенно свежего творога — излишняя кислотность, обусловленная развитием термофильных молочно-кислых палочек. Творог нередко ослизняется в результате развития слизеобразующих рас молочно-кислых стрептококков. При интенсивном развитии уксусно-кислых бактерий появляется тягучесть сгустка.

Среди плесеней основным возбудителем порчи является молочная плесень *Oidium lactis*, растущая на поверхности продукта в виде толстой, бархатистой пленки кремового цвета. При этом ощущается неприятный запах, так как этот гриб обладает высокой протеолитической и липолитической активностью.

Продукты, получаемые с использованием термофильных молочно-кислых бактерий (южная простокваша, ряженка, йогурт). На молочных заводах при производстве этих продуктов закваски термофильного стрептококка *Streptococcus thermophilus* и болгарской палочки *Lactobacillus bulgaricus* готовят отдельно и в дальнейшем раздельно вносят в молоко при заквашивании.

При производстве йогурта применяют симбиотическую закваску. Эту закваску, состоящую из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*, культивируют, регулируя нужное соотношение между стрептококками и палочками, температурой сквашивания и количеством вносимой закваски. Симбиотическая закваска активнее и имеет более стабильный состав. В настоящее время применяют однодневную закваску — живые йогуртовые культуры. В процессе сквашивания закваской, состоящей из *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*, в молоке в первые 1–3 ч преимущественно развиваются термофильные стрептококки. Палочки сначала развиваются медленно, зато в дальнейшем они развиваются

все более активно. Особенностью термофильных палочек является значительное накопление ими молочной кислоты в процессе брожения. Поэтому для предотвращения возникновения излишней кислотности молоко сквашивают до 80–85 °С и немедленно охлаждают.

В состав закваски для ряженки входят термофильный молочнокислый стрептококк *Streptococcus thermophilus* и в небольшом количестве болгарская палочка. Ряженка вырабатывается из смеси молока и сливок. Смесь перед заквашиванием нагревается до 95 °С в течение 2–3 ч, в результате чего она приобретает цвет и вкус топленого молока.

Южная простокваша близка по способу приготовления к болгарской простокваше. Для ее приготовления используется симбиотическая закваска, содержащая *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* в определенном соотношении. Болгарская палочка обогащает аромат простокваши, а термофильный стрептококк смягчает ее вкус.

Продукты, приготовляемые с использованием термофильных и мезофильных молочно-кислых бактерий (любительская сметана). Микрофлора этих продуктов состоит из мезофильных и термофильных молочно-кислых стрептококков. Температура сквашивания — 35–38 °С, только в начале сквашивания сливок при выработке любительской сметаны она значительно выше — 45–47 °С.

Основная особенность микробиологических процессов, которые протекают при производстве этих продуктов, состоит в том, что повышенные температуры сквашивания усиливают развитие молочно-кислых стрептококков. При этом возникает опасность развития термоустойчивых молочно-кислых палочек и появления излишней кислотности, поэтому при достижении кислотности 60 °С продукты быстро охлаждают.

Продукты, приготовляемые с использование ацидофильных бактерий (ацидофилин и ацидофильные продукты). Общее для них то, что их готовят с добавлением ацидофильной палочки *Lactobacillus acidophilus*, чистых культур или других микроорганизмов. Основной процесс их получения — молочно-кислое брожение.

Ацидофильная простокваша — продукт, близкий к болгарской простокваше, но в состав закваски, кроме термофильного молочнокислого стрептококка, входит ацидофильная палочка. Для получения необходимой консистенции продукта используют слизеобразующие и необразующие слизи расы ацидофильной палочки.

Ацидофильное молоко и ацидофильную пасту готовят на заквaске ацидофильной палочки в определенном соотношении слизистых и неслизистых рас.

Для *ацидофилина* применяют смесь трех заквасок: ацидофильной палочки, для творога и кефирной в соотношении 1:1:1.

Ацидофильные продукты имеют лечебное значение. Ацидофильная палочка *Lactobacillus acidophilus* способна вырабатывать антибиотические вещества, подавляющие развитие многих гнилостных бактерий и возбудителей кишечных инфекций.

В настоящее время наметилась тенденция в разработке и внедрении кисломолочных продуктов, так называемых биопродуктов, с широким спектром заквасочной микрофлоры, продукты метаболизма которой имеют большое значение в профилактике различных заболеваний. Наряду с такими классическими культурами, как *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus* (йогуртные культуры), все более значительную роль играют бифидобактерии *Bifidobacterium lactis, Bifidobacterium longum* и ацидофильные палочки.

Существует множество вариантов употребления лактобацилл и бифидобактерий в комбинации с другими молочно-кислыми бактериями, например:

- ацидофильные палочки и (или) бифидобактерии в сочетании с йогуртными культурами;
- ацидофильные палочки и (или) бифидобактерии в сочетании с термофильными стрептококками;
- ацидофильные палочки и (или) бифидобактерии в сочетании с мезофильными ароматическими культурами.

Данные культуры относят к пробиотикам, обладающим регулирующим и стимулирующим воздействием на организм.

Основными подходами к конструированию заквасок для биопродуктов являются:

• отобранные штаммы должны активно наращивать биомассу в достаточном количестве для обеспечения терапевтического эффекта;

• штаммы лактобактерий должны быть устойчивы к бактериофагу, щелочной среде, желчи и фенолу;

• немаловажную роль играют устойчивость к лизоциму, желудочному соку, а также адгезивные свойства (как косвенный показатель возможности приживаемости в организме);

• с технологической точки зрения важны реологические свойства и органолептические показатели;

• кардинальными признаками являются устойчивость к антибиотикам (антибиотическая активность);

• закваски для прямого внесения в емкость с молоком (культуры DVS) должны быть устойчивы к центрифугированию, сухозамороженной или замороженной грануляции и хранению.

Установлено, что *Bifidobacterium lactis* (штамм Bd-12) дает достаточно высокий урожай клеток, способствует улучшению вкуса продуктов, устойчив к кислой реакции среды (pH менее 2) и, следовательно, имеет высокие адгезивные свойства (т. е. выживаемость в желудочно-кишечном тракте в процессе микробном трансформации). Ацидофильные палочки (штамм La-5) вырабатывают естественные антибиотики, способные подавлять рост бактерий группы кишечных палочек, дизентерийных бактерий, сальмонелл, коагулазоположительных стафилококков и др. Термофильные стрептококки придают продуктам плотную консистенцию и чистый кисломолочный вкус.

Доказано, что пробиотические продукты необходимо применять для профилактики и лечения функциональных и инфекционных нарушений деятельности желудочно-кишечного тракта, а также при длительном применении антибактериальных препаратов.

В биопродуктах нормируется содержание бифидобактерий и молочно-кислых микроорганизмов, которых должно быть не менее 10^6–10^7 КОЕ/мл.

Особенностями технологии биопродуктов являются применение культур DVS, отсутствие постокисления в процессе производства и хранения, а также длительные сроки хранения. Например, сроки хранения биопростокваши, биопростокваши фруктовой, биоряженки «Славянка» пробиотической составляют 7 сут при 4±2 °С, сметаны «Славянской» пробиотической в герметичной упаковке — 14 суток.

Технологический процесс биоряженки предусматривает томление в течение 2,5–3 ч (а не 3–5 ч, как предусмотрено традиционной технологией), что обеспечивает более активный рост пробиотических культур, а также мягкий вкус продукта со слабовыраженным привкусом пастеризации. Температура сквашивания молока 37–39 °С способствует благоприятному росту и пробиотических культур, и в сочетании с ними других молочно-кислых организмов. Консистенция биопродуктов значительно улучшается при обогащении их протеинами до 3,5–4 % с внесением сухого обезжиренного или сухого цельного молока.

В регионах с неблагополучной экологической обстановкой человек должен использовать биопродукты в рационе питания ежедневно, поэтому их следует включать в ассортимент каждого молочного предприятия. Производство биопродуктов — перспективное направление, так как анализ современных литературных данных показал, что новейшее поколение молочных продуктов и их массовое использование в значительной степени стабилизирует состояние населения многих стран.

Пороки кисломолочных продуктов. *Образование «глазков».* Возбудитель этого порока — газообразующие микроорганизмы: дрожжи, ароматобразующие молочно-кислые бактерии, кишечная палочка. Интенсивное развитие этих микроорганизмов может вызвать сильное газообразование. Если оно вызвано жизнедеятельностью кишечной палочки, то такая продукция не допускается к реализации. Наблюдается этот порок в кефире и простоквашах.

Излишняя кислотность. Возбудители ее — представители остаточной микрофлоры пастеризованного молока и сливок — термоустойчивые молочно-кислые бактерии. Предел кислотообразования у них значительно выше, чем у *Streptococcus lactis*. Поэтому в результате их жизнедеятельности в продукте накапливается больше молочной кислоты, что проявляется в излишней кислотности продукта.

Вспучивание характерно для сметаны и творога и наблюдается в результате развития дрожжей, которые могут попасть в продукт с оборудования, рук персонала, воздуха. Повышение температуры хранения также способствует возникновению этого порока.

Тягучесть, или излишняя вязкость может быть вызвана мезофильными стрептококками, которые под влиянием некоторых малоизвестных условий способны образовывать слизистые сгустки.

Плесневение. Возбудитель порока — плесневые грибы родов *Aspergillus, Penicillium, Mucor* и др. Порок развивается, если кисломолочные продуты хранить при повышенной температуре.

6.12. Микрофлора масла

Основная составная часть масла — жир (до 83 %). В нем содержится также 16 % воды, до 1 % белков, молочный сахар, витамины.

Масло является неблагоприятной средой для развития микроорганизмов. Этим объясняется его повышенная стойкость при хранении по сравнению со сливками. Микробиологические процессы протекают в водной части масла — плазме, в которой растворены питательные вещества. В отличие от сыра влага в масле распространена в виде мелких капель, размеры которых зависят от степени ее выработки в масло. Размеры капель очень малы и едва превышают размеры бактерий, поэтому большинство капель их не содержит. В процессе сбивания большая часть микрофлоры сливок переходит в пахту. Например, в 1 см^3 сквашенных сливок обнаружено 133 млн бактерий, в 1 см^3 масла — 30,5 млн и в 1 см^3 пахты — 163,9 млн.

Масло бывает сладко-сливочное и кисло-сливочное. *Сладко-сливочное масло* содержит разнообразную микрофлору. Она состоит из остаточной микрофлоры пастеризованных сливок и различных посторонних микроорганизмов, попавших в масло извне в процессе его выработки. Это споровые и бесспоровые бактерии и микрококки. Микроорганизмы в сладко-сливочном масле чаще всего являются причиной его порчи при хранении, лишь некоторые виды дрожжей способствуют повышению стойкости при хранении.

Кисло-сливочное масло изготавливают из пастеризованных сливок, заквашенных чистыми культурами молочно-кислых стрептококков: *Streptococcus lactis и Streptococcus cremoris,* также входят и ароматобразующие стрептококки *Streptococcus lactis diacetylactis,* которые обусловливают образование специфического вкуса и аромата. Кисло-сливочное масло содержит больше бактерий, чем сладко-сливочное, главным образом молочно-кислых, присутствуют и дрожжи. Кроме того, в результате своей жизнедеятельности в масле молочно-кислые бактерии накапливают молочную кислоту, которая подавляет развитие гнилостной микрофлоры.

Источники микрофлоры масла. Как и при производстве сыра, процессы накопления первичной и вторичной микрофлоры масла резко разграничиваются. После формования, упаковки за все время масло не обсеменяется ни одним микроорганизмом извне. Дальнейшее изменение его микрофлоры происходит только в результате развития вторичной микрофлоры внутри масла.

Сливки пастеризуют при температуре не ниже 85 °С. Количество микроорганизмов после пастеризации невелико (сотни или тысячи в 1 мл). Остаточная микрофлора сливок представлена термостойкими молочно-кислыми бактериями и спорами.

Одним из основных источников первичной микрофлоры при производстве кисло-сливочного масла является закваска. Оборудование также может служить источником обсеменения сливок посторонними микроорганизмами — молочно-кислыми бактериями, споровыми и бесспоровыми палочками, в том числе флуоресцирующими, и бактериями группы кишечной палочки. В сливкосозревательной ванне происходит накопление вторичной микрофлоры и во время физического созревания (при получении сладко-сливочного масла), и во время сквашивания (при получении кисло-сливочного масла). При физическом созревании (при температуре 10–12 °С) развиваются в основном психрофильные бактерии — споровые, флуоресцирующие. Однако значительное увеличение количества бактерий при физическом созревании не наблюдается. При выработке кисло-сливочного масла в сливкосозревательной ванне производится сквашивание сливок. После внесения заквасок

преобладающей микрофлорой становятся молочно-кислые стрептококки, количество их в сливках при сквашивании значительно возрастает, как и молочной кислоты, поэтому жизнедеятельность посторонней микрофлоры подавляется.

Качество сливок, применяемых при производстве масла, существенно влияет на его стойкость. Высокая бактериальная обсемененность молока, загрязнение сливок по ходу технологического процесса приводят к кому, что готовый продукт содержит повышенное количество микроорганизмов. В результате стойкость масла резко снижается, даже если оно в дальнейшем хранится в благоприятных условиях.

Влияние технологических режимов на микрофлору и стойкость масла. После получения масла масляное зерно промывают. При этом из масла удаляется 15–25 % плазмы с растворенными в ней питательными веществами. Остальная плазма остается в виде мельчайших капелек в зерне масла. Тем не менее стойкость промытого масла резко повышается. Это обусловлено тем, что в результате промывки водой из масла полностью удаляют крупные капли поверхностной пахты, являющейся питательной средой для микроорганизмов.

Особенности технологии, определяющей вид масла, также влияют на его стойкость. Для повышения стойкости масла, хранящегося при положительных температурах, в него добавляют поваренную соль и повышают кислотность плазмы. В условиях такого хранения кисло-сливочное и соленое масла оказываются более стойкими, чем сладко-сливочное. Однако при низких температурах наличие кислоты и поваренной соли вызывает образование пороков вкуса (рыбный). В этих условиях более стойко сладкосливочное масло.

Обработка масла в основном способствует распределению влаги в нем. Чем лучше распределена влага в масле и мельче ее частицы, тем выше его стойкость. При такой обработке масло имеет большое количество крупных капель плазмы, а также водяные каналы больших размеров. По этим каналам возможно передвижение микроорганизмов.

Расфасовка масла сразу же после выработки дает возможность получить масло более стойкое в хранении. Расфасовка же после хранения приводит к нарушению первоначальной структуры, а также к смешению наиболее обсемененных поверхностных слоев масла с менее обсемененными внутренними. В результате в масле после расфасовки начинается усиленное размножение микроорганизмов: дрожжей, кишечной палочки, флуоресцирующих бактерий и др.

Изменение микрофлоры масла при хранении. Микрофлора сладко-сливочного масла складывается из остаточной микрофлоры сливок после пастеризации и микроорганизмов, которые попадают в сливки и масло во время охлаждения, созревания, сбивания. В 1 $см^3$ свежего сладко-сливочного масла содержатся десятки — сотни тысяч бактерий.

Дальнейшее изменение количества микрофлоры при хранении зависит от температуры. При температуре 15 °С количество бактерий в масле через 5 дней достигает десятков млн, а в дальнейшем снижается. При низкой температуре хранения (5 °С) микрофлора развивается медленнее, достигая максимальной величины — 10 млн/$см^3$.

Микрофлора кисло-сливочного масла складывается из тех же источников, что и микрофлора сладко-сливочного масла. Кроме того, важным источником микрофлоры кисло-сливочного масла является закваска. В процессе сквашивания количество бактерий увеличивается. В 1 $см^3$ кисло-сливочного масла содержатся миллионы бактерий.

Независимо от температуры хранения в кисло-сливочном масле уже с первых дней хранения начинается отмирание микрофлоры, которое происходит сильнее при пониженной температуре. Охлаждение масла до температуры –11 °С, если его производят непосредственно после выработки, останавливает развитие микробиологических процессов. В то же время в масле, охлажденном после 3 дней хранения при температуре 6–8 °С, количество бактерий увеличивается в сотни раз, а после 6 дней хранения — в сотни тысяч раз. Даже непродолжительное хранение масла при положительной температуре приводит к накоплению продуктов жизнедеятельности микроорганизмов — ферментов, которые в процессе дальнейшего хранения при отрицательной температуре снижают качество масла.

В микрофлоре кисло-сливочного масла преобладают молочнокислые бактерии. После 1 месяца хранения при температуре 5 °С наблюдается незначительное развитие посторонней микрофлоры, особенно дрожжей. Протеолитические бактерии из-за повышенной кислотности плазмы не играют существенной роли.

В сладко-сливочном масле при температуре хранения 5 °С преобладают посторонние немолочно-кислые микроорганизмы — микрококки, споровые и бесспоровые палочки, дрожжи. При температуре более 5 °С преобладают дрожжи, не сбраживающие сахар. Они медленнее развиваются и поэтому дольше в нем сохраняются.

Пороки масла. *Кислый вкус* масло приобретает в результате накопления молочной кислоты. Порок наблюдается в сладко-сливочном масле при хранении при более 10 °С. При этой температуре усиливается жизнедеятельность молочно-кислых бактерий. Излишне кислый вкус в кисло-сливочном масле возникает в результате нарушения режима сквашивания сливок.

Горький вкус чаще наблюдается в сладко-сливочном масле. Возникает в результате жизнедеятельности протеолитических бактерий, разлагающих белковые вещества плазмы масла до пептонов. При глубоком расщеплении белка появляются пороки — сырный вкус и гнилостный запах. Возбудители порока — споровые палочки и некоторые виды флуоресцирующих бактерий *Pseudomonas fluorescens*.

Прогорклый вкус возникает в результате ферментативного окисления жира и гидролиза жира. Ферментативное окисление жира протекает под действием микроорганизмов, вырабатывающих липоксидазу (плесневые грибы, флуоресцирующие бактерии, некоторые виды дрожжей и протеолитических бактерий: *Torula lactis, Cladosporium buturi, Bacillus fluorescens liquefaciens,* дрожжи *Torula amora*).

При окислении жира под действием липолитических ферментов образуются кетоны, даже очень малые количества которых изменяют вкус масла, появляется прогорклый вкус. В процессе глубокого окисления жира помимо кетонов образуются альдегиды, оксикислоты, эфиры и другие соединения, обусловливающие этот порок.

Прогорклый вкус также возникает под действием липазы в процессе гидролиза жира при участии плесневых грибов и флуоресцирующих бактерий. Жир при этом расщепляется на глицерин и жирные кислоты. Если накапливаются низкомолекулярные жирные кислоты, например, масляная, то масло становится прогорклым из-за ее специфического неприятного, едкого вкуса и запаха.

Прокисание масла наблюдается преимущественно в сладко-сливочном масле под действием липазы плесневых грибов и флуоресцирующих бактерий. В том случае, когда при гидролизе жира происходит высвобождение высокомолекулярных жирных кислот, которые в свободном виде не имеют вкуса и запаха, то в масле нарастает кислотность и появляются кислый вкус и запах.

Плесневение — наиболее распространенный порок сливочного масла и маргарина. Так как плесени — строгие аэробы, то плесневение наблюдается обычно на его поверхности и иногда при неплотной набивке внутри монолита в пустотах. Развитию плесени способствуют повышенные температуры и влажность воздуха. Развитие плесневых грибов полностью прекращается при –11 °С, при 0 °С их рост также замедляется. Поэтому масло надо хранить в сухих хорошо проветриваемых помещениях. Поверхностное плесневение вызывается *Penicillium glaucum, Endomyces lactis,* иногда — грибами из родов *Aspergillus, Mucor, Cladosporium* и др.

Внутреннее плесневение (в пустотах) вызывается грибами, которые могут развиваться при ограниченном доступе воздуха, чаще всего это *Cladosporium herbarum*.

Задержать развитие плесени могут плотная упаковка и набивка масла; тонкое распределение влаги в масле (сухая поверхность при разрезе); посолка, так как 1,5 %-е содержание соли замедляет ее рост, а 4 % вообще прекращает его.

Рыбный привкус имеет химическую и микробиологическую природу. Этот порок развивается в результате разложения лецитина под действием молочной кислоты до триметиламина, который имеет селедочный привкус. Этот порок может появляться также при бурном развитии в плазме протеолитических микроорганизмов. Под действием ферментов, выделяемых ими, происходит расщепление

белково-лецитиновой оболочки жировых шариков и разложение лецитина до триметиламина.

Цветные пятна на поверхности. Чаще всего их образование связано с плесневением. Причем имеется в виду не цвет колоний плесени, а те цветные пятна, которые образуются вокруг и под ними в толще масла. Те и другие цвета частично не совпадают. Например, многие виды *Penicillium* при зеленоватой и даже беловатой окраске колоний сообщают маслу желтый цвет.

Цветные пятна могут также появиться при развитии некоторых видов цветных дрожжей и реже пигментных бактерий. Наиболее обычная картина порока — одновременное образование пятен различных цветов, вследствие чего поверхность становится пестрой.

Розовые пятна связаны с развитием колоний розовых дрожжей *Torula rubra*, грибов *Monilia rosea и* из рода *Fusarium* (в этих случаях с лиловым оттенком). Желтые пятна связаны с колониями грибов из родов *Penicillium и Aspergillus.* Черные (иногда с оливково-зеленым и фиолетовым оттенком) вызывают плесени из родов *Cladosporium, Alternaria, Phoma*, черные дрожжи.

Штафф (кромка, кант) поражает в основном поверхностный слой монолитов или брусков масла. На поверхностных слоях появляется более темная окраска с неприятным прогорклым, едким вкусом и запахом. Причина появления штаффа до конца не выяснена. Считают, что порок появляется в результате биохимических, химических, микробиологических и физических процессов. Темная окраска связана с протеолитическим и липолитическим расщеплением белков и жиров масла, которые переходят в растворимое состояние. При этом коэффициент преломления световых лучей на поверхностном слое повышается, так как большая часть их поглощается средой. Параллельно с изменением цвета поверхностного слоя изменяются вкус и запах, поскольку появляются низкомолекулярные жирные кислоты.

Кроме процессов гидролиза в поверхностном слое происходят и окислительные процессы. Окисление идет под действием кислорода и липолитических ферментов плесневых грибов и флуоресцирующих бактерий с образованием кетонов. В связи с этим вкус и запах становятся прогорклыми.

Штафф имеет несколько стадий. В начальной стадии изменение цвета идет без изменения вкуса и запаха. Изменение цвета обусловлено снижением влаги. Затем процесс углубляется, начинаются гидролитические и окислительные процессы, которые вызывают изменения вкусовых свойств поверхностного слоя масла.

6.13. Микрофлора маргарина молочного

Маргарин молочный имеет микрофлору двух типов: заквасочную, применяемую для сквашивания молока, входящего в состав маргарина, и постороннюю — незаквасочного происхождения.

Заквасочная микрофлора представлена гомо- и гетероферментативными молочно-кислыми стрептококками *Streptococcus lactis, Streptococcus cremoris, Streptococcus lactis diacetilactis* с определенной кислото- и ароматообразующей активностью. Продукты брожения этих стрептококков в основном и определяют органолептические достоинства маргарина.

Посторонняя микрофлора разнообразна, она состоит из микроорганизмов сырья и микроорганизмов, попавших по ходу технологического процесса извне (с оборудования, из воздуха, с рук и одежды рабочих и др.).

Развитие посторонней микрофлоры, которая может вызвать пороки вкуса и запаха маргарина, возможно в основном лишь в водно-молочной фазе маргарина.

Маргарин представляет собой высокодисперсную эмульсию; водно-молочная фаза ее находится в виде мельчайших капелек размером от 1 до 10 мкм, что значительно снижает возможность размножения микроорганизмов. Неблагоприятно для многих бактерий и низкое значение pH этой фазы маргарина (pH около 5,0).

Активное развитие микробов может быть только на поверхности продукта или в местах скопления конденсационной влаги, что происходит при интенсивном охлаждении маргарина, фасованного во влагонепроницаемую упаковку.

Пороки маргарина. *Прогоркание* возникает в результате ферментативного окисления жира и его гидролиза. Ферментативное окисление жира, как и у сливочного масла, протекает под действи-

ем микроорганизмов, вырабатывающих липоксидазу (плесневые грибы, флуоресцирующие бактерии, некоторые виды дрожжей и протеолитических бактерий: *Torula lactis, Cladosporium buturi, Bacillus fluorescens liquefaciens,* дрожжи *Torula amora).*

Кислотность повышается в результате накопления молочной кислоты. Порок наблюдается при хранении при температуре более 10 °С. При ней усиливается жизнедеятельность молочно-кислых бактерий.

Для защиты маргарина от микробиальной порчи вводят (или обрабатывают упаковочный материал) бензойную и сорбиновую кислоты и их соли.

Существенными условиями, обеспечивающими стойкость маргарина к микробиальной порче, является строгое соблюдение технологических параметров, высокий уровень санитарно-гигиенического состояния производства, исключающий попадание посторонних микроорганизмов в продукт, низкие температуры хранении, систематическое проведение санитарно-бактериологического контроля сырья, готовой продукции, оборудования, тары, рук персонала.

При оценке качества маргарина по микробиологическим показателям в основном определяют общее число бактерий и содержание бактерий группы кишечной палочки. Для маргарина коли-титр установлен не ниже 0,01 г.

6.14. Микрофлора сыра

Сыроделие так же, как и производство кисломолочных продуктов, основано на использовании микробиологических процессов. Технология сыров обеспечивает определенные условия для протекания микробиологических процессов: в молоко вводят закваски, приготовленные на специально подобранных чистых культурах молочно-кислых бактерий; полученный сгусток обрабатывают при температурах, которые способствуют развитию или подавлению жизнедеятельности микроорганизмов; температурные режимы созревания и хранения также способствуют регулированию микробиологических процессов.

Наличие большого количества белка предохраняет микроорганизмы от воздействия молочной кислоты. Белковые вещества адсорбируют и нейтрализуют накапливающуюся молочную кислоту. Кроме того, при недостатке углеводов для дыхания микроорганизмов белки также могут служить источником энергии. Эти свойства белковых веществ способствуют усилению микробиологических процессов в сырах по сравнению с молоком.

Большое значение для нормального протекания микробиологических процессов имеет наличие свободной воды. В сырах вода находится в виде сплошной среды. Это облегчает обмен веществ между бактериальной клеткой и окружающей средой путем диффузии.

Источники микрофлоры сыров. В отличие от кисломолочных продуктов в сыре процессы накопления первичной и вторичной микрофлоры резко разграничиваются, так как после формирования он является замкнутой микробиологической системой.

Основные источники первичной микрофлоры сыра — молоко, закваски и оборудование. Остальные источники (сычужный порошок, соль) по существу не имеют практического значения. Сырое молоко при производстве из него сыра — основной источник первичной микрофлоры. Молоко для производства сыра должно быть достаточно зрелым с кислотностью 19–20 °Т, количество молочнокислых бактерий при этом достигает обычно несколько млн/мл.

В настоящее время большое количество сыра готовят из пастеризованного молока. Молоко в сыроделии пастеризуют при 72–75 °С с выдержкой 15 с. При таком режиме пастеризации в молоке достигается почти полное уничтожение кишечной палочки, но остается значительная часть термофильных микроорганизмов и споры. Из термофилов большую часть составляет молочно-кислый стрептококк (до нескольких млн/см^3), меньшую — молочно-кислые бактерии типа *Lactobacillus casei.* Из споровых наибольшую опасность представляют масляно-кислые бактерии, которые вызывают порок сыров — вспучивание.

Закваска также является существенным источником первичной микрофлоры сыра. Закваску молочно-кислых бактерий в зависи-

мости от вида сыра вносят в количестве 0,2–0,5 %. При производстве Швейцарского сыра применяют также закваски пропионовокислых бактерий. На 100–1000 л молока вносят 15–20 капель культуры. Некоторые виды сыров (Закусочного, Рокфора, Дорогобужского, Смоленского и др.) созревают при участии плесневых грибов. Поэтому при их выработке в молоко или сырную массу вносят культуры сине-зеленой или белой плесени.

Оборудование сыродельного цеха может служить существенным источником обсемененности молока микроорганизмами. Особую опасность из микроорганизмов, попадающих в оборудование, представляют бактерии группы кишечной палочки. Они являются возбудителями раннего вспучивания сыров, а также снижают их санитарно-гигиеническое качество.

Микробиологические процессы, протекающие при изготовлении сыра. На накопление вторичной микрофлоры сыра значительно влияют технологические режимы его производства. Так, в сырной ванне при температуре заквашивания (не ниже 30 °С) создаются благоприятные условия для развития микроорганизмов. При обработке образовавшегося сгустка основная часть микрофлоры молока адсорбируется белком и остается в зерне, лишь четвертая часть ее переходит в сыворотку. Дальнейшее обогащение сырной массы микрофлорой происходит в результате ее размножения. Особенно сильно на ход микробиологических процессов влияет температура второго нагревания. При низких его температурах (до 40 °С) микробиологические процессы ускоряются. При дальнейшем повышении температуры второго нагревания количество микроорганизмов в сырах снижается. Так, при повышении температуры от 40 до 43 °С количество бактериальных клеток в сыре после прессования уменьшается в 2 раза, до 46 °С — в 5 раз.

Высокие температуры второго нагревания 55–60 °С резко подавляют развитие мезофильной молочно-кислой микрофлоры (стрептококки и палочки) и в меньшей степени термофильных молочно-кислых палочек. Подавление дальнейшего развития микрофлоры достигается сильным обезвоживанием сырного зерна. Это приводит к потере молочного сахара и понижению влажности сыра.

К концу обработки количество бактерий в 1 г сырного зерна достигает сотни миллионов, при высоких температурах второго нагревания — десятки миллионов. В качественном отношении преобладают молочно-кислые бактерии. При прессовании происходит дальнейшее увеличение объема микрофлоры, которое достигает одного или нескольких миллиардов в 1 г сырной массы. Температурные условия при прессовании остаются благоприятными для развития бактерий. После прессования головки сыра солят для улучшения консистенции и вкуса сыра, а также подавления вредной микрофлоры.

После посолки сыры поступают на созревание. Оно происходит при участии сычужного фермента и молочно-кислых бактерий. Из посторонней микрофлоры могут проявить себя лишь кишечная палочка (в начале созревания) и масляно-кислые бактерии (в конце созревания). В созревании Швейцарского сыра участвуют также пропионовокислые бактерии, Латвийского — слизевые, мягких сыров — плесени.

В зависимости от состава микрофлоры, участвующей в созревании, сыры подразделяются на следующие группы.

Сыры, созревающие при участии мезофильных молочно-кислых бактерий (*сыры типов Голландского, Чеддер, Латвийского*). Основной процесс при созревании этой группы сыров — молочнокислое брожение. Остальные элементы микрофлоры более или менее случайны. Процесс брожения всегда идет в двух фазах: вначале интенсивно развиваются молочно-кислые стрептококки, а затем более активно развиваются молочно-кислые палочки. Количество бактерий уже в начале созревания достигает нескольких миллиардов в 1 г. Рост бактерий обычно усиливается низкотемпературным вторым нагреванием и продолжается до тех пор, пока в сыре не израсходуется молочный сахар (через 5–7 дней). Затем количество бактерий начинает снижаться. После сбраживания молочного сахара молочно-кислые бактерии развиваются за счет потребления продуктов разложения белков.

Сыры, созревающие при участии термофильных молочно-кислых бактерий (*типа Швейцарского*). Эта группа отличается от предыдущей условиями обработки сгустка и образования сырного зерна, которые определяют особенности развития молочно-кислых

бактерий. Высокая температура второго нагревания резко подавляет жизнедеятельность молочных стрептококков, при этом несколько замедляется и развитие термофильных молочно-кислых палочек. Сыры этой группы имеют большой размер, поэтому при прессовании они охлаждаются медленно. Созревание сыров при 18–25 °С также способствует сохранению высокой температуры внутри сыра. Эти факторы обусловливают интенсивное развитие в сыре термофильных молочно-кислых палочек. Они вызывают более глубокий распад белков, что обусловливает большую выраженность вкуса и питательную ценность этих сыров. Благодаря низкой влажности микробиологические процессы протекают замедленно. Поэтому сроки созревания более длительны (6–10 мес.). Максимальное количество бактерий достигает лишь 1 млрд в 1 г сыра.

Сыры, созревающие при участии плесневых грибов (Рокфор). При созревании этой группы сыров наряду с молочно-кислым брожением создаются условия для развития плесневых грибов. Под их действием происходит более глубокий распад белков с образованием аммиака и разложение молочного жира с накоплением низкомолекулярных жирных кислот. В связи с этим мягкие сыры отличаются более острым вкусом и более нежной консистенцией.

Роль микробиологических процессов в созревании сыров. В процессе созревания происходят глубокие изменения химического состава сыров. В результате повышается усвояемость сыра по сравнению с сырным зерном, обогащается вкус, появляется рисунок.

Основными веществами молока, подвергающимися изменению при созревании сыра, являются молочный сахар и белки. У мягких сыров изменяется также и молочный жир. Изменение белка и накопление продуктов распада происходит под действием сычужного фермента и молочно-кислых бактерий. Сычужный фермент разлагает белки до пептонов. Молочно-кислые бактерии, продолжая процесс расщепления, разлагают пептоны до пептидов, а в дальнейшем — до аминокислот. Накопление продуктов глубокого распада белков влияет не только на питательную ценность сыров, но и на их вкус. Помимо белка источниками вкусовых и ароматических веществ может быть также жир и молочный сахар.

При разложении жира плесневыми грибами сыр приобретает острый перечный вкус. Острота других сыров обусловлена главным образом накоплением в них уксусной и пропионовой кислот в результате жизнедеятельности ароматобразующих и пропионовокислых бактерий. При созревании сыра происходит формирование рисунка. У большинства сыров он образуется в результате жизнедеятельности бактерий, накапливающих газы (CO_2 и H_2) при сбраживании лактозы и солей молочной кислоты. В образовании глазков участвуют ароматобразующие бактерии.

Пороки сыров обусловлены или низким качеством молока, или нарушением технологии и режимов хранения.

Горький вкус может быть микробиологического и немикробиологического происхождения. Под действием развития микроорганизмов он может возникнуть либо в результате развития посторонних микроорганизмов, например, маммококков, либо в результате замедления процесса молочно-кислого брожения при созревании. В этом случае накапливающиеся под действием сычужного фермента горькие пептоны не успевают подвергнуться дальнейшему расщеплению до пептидов и аминокислот.

Вспучивание сыров чаще всего вызывают бактерии группы кишечной палочки и масляно-кислые бактерии. Оно наблюдается в ранний период созревания. В это время еще не полностью израсходован молочный сахар. Рисунок при этом получается рваный, неправильный, вкус нечистый.

Вспучивание, вызываемое масляно-кислыми бактериями, появляется во второй половине созревания. Эти бактерии очень чувствительны к наличию кислоты. Поэтому их жизнедеятельность может проявиться тогда, когда значительная часть молочной кислоты окажется связанной. Сыры, подвергнутые масляно-кислому брожению, имеют неправильный рисунок, размягченную, иногда губчатую консистенцию, неприятный сладковатый вкус и очень неприятный запах масляной кислоты.

Изъязвление корки происходит под влиянием развития осповидной плесени *Oospora* и гнилостных бактерий. Возбудители этого порока устойчивы к неблагоприятным условиям, даже к содержа-

нию поваренной соли в количестве 14–16 %, но погибают под действием высоких температур. На пораженной сырной корке могут образовываться крупные сухие язвочки диаметром 1–8 мм; крупные круглые мокрые язвочки, поражающие не только корку, но и подкорковый слой, а иногда и сырную массу; и редко встречающиеся лишаевидные изъязвления.

Мерой борьбы является тепловая обработка корки при сроке 2–2,5 недели созревания погружением сыра на 3–5 мин в воду с температурой 65–70 °С и после каждой мойки — на 2–3 с в воду с температурой 70–75 °С.

Коричневые пятна на корке появляются при совместном развитии микрококков и гнилостных бактерий, чувствительных к кислой среде и поваренной соли, микрококки же — почти нет.

Подкорочная плесень. Порок возникает вследствие нарушения целостности корки. Чаще всего возбудителем является *Penicillium glaucum*.

Образование запаха сероводорода. Порок может возникнуть в результате жизнедеятельности молочно-кислых стрептококков, близких к фекальным (*Streptococcus faecalis malodoratus*). Появлению порока способствует повышение pH до 5,4 и снижение концентрации поваренной соли.

Во избежание возникновения пороков сыры необходимо хранить при относительной влажности 85–87 % и температуре 0–2 °С (при длительном хранении) и 2–8 °С (при кратковременном).

Сыры типа голландского могут храниться 6–8 мес., типа Латвийского — 4–6 мес., Советский — 1 год, Швейцарский — более 1 года.

6.15. Микрофлора мяса и мясопродуктов

Мясо является хорошей питательной средой для микроорганизмов, так как в нем содержится в среднем 47–75 % воды, 14–21 % белковых веществ, 2–37 % липидов, pH мяса (но не в стадии окоченения) также считается благоприятной средой для развития гнилостных бактерий.

Степень обсемененности мяса зависит от ряда факторов: состояния здоровья животного; условий транспортировки к месту переработки; предубойного содержания; условий переработки и хранения и др. Мясо, полученное от убоя здоровых, упитанных и хорошо отдохнувших животных, практически не содержит микробов в толще мышц.

Мясо больных, ослабленных, утомленных транспортировкой животных может иметь в мышцах микробы за счет их проникновения из желудочно-кишечного тракта. Из него микроорганизмы проникают в кровеносную и лимфатическую систему, а затем разносятся с током жидкости в разные участки тела. Это *эндогенный* (прижизненных) путь инфицирования мяса. Кроме того, существует *экзогенное* инфицирование мяса, оно начинается после убоя животного и происходит обычно с поверхности.

Источниками инфицирования могут быть: шкуры и прилипшая к ним грязь; содержимое желудочно-кишечного тракта; оборудование, инструменты, применяемые при разделке туш; неправильное хранение; несоблюдение необходимых условий при перевозке; руки обслуживающего персонала и т. д.

При недостаточной тепловой обработке некоторые микроорганизмы могут стать причиной пищевых отравлений (табл. 6.1).

Таблица 6.1. **Возбудители пищевых отравлений, источники и признаки**

Возбудитель	Срок появления признаков отравления	Источник	Характерные признаки
Salmonella	8–72 ч (чаще через 8–12)	Кишечник животных	Боль в животе, понос, тошнота, лихорадка, слабость
Staphylococcus	1–6 ч (чаще через 2–4)	Животные и человек	То же, тошнота, слюноотделение. Температура ниже нормальной
Enterococcus (фекальные стрептококки)	2–18 ч	Кишечник животных	Спазмы в животе, понос (лихорадка и слабость отсутствуют)
Clostridium botulinum	2 ч – 8 дней (чаще через 12–48 ч)	Грязь	Затруднение дыхания, глотания, отсутствие лихорадки

Санитарную доброкачественность мяса устанавливают в зависимости от содержания на нем патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. К патогенным относятся: сальмонеллы, стафилококки, вырабатывающие энтеротоксин, гемолитические и зеленящие стрептококки, из спорообразующих — *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum, Clostridium perfringens* и др. К условно-патогенным относятся: кишечная палочка *Escherichia coli)*, протей *Proteus vulgaris* и др. гнилостные микроорганизмы.

Особую осторожность нужно проявлять к мясу животных вынужденного убоя, которое часто бывает заражено сальмонеллами и может стать причиной отравления.

При неудовлетворительном туалете на поверхности туши можно обнаружить бактерии кишечной группы, микрококки; спорообразующие бактерии; бактерии из родов *Proteus; Pseudomonos*, обладающие свойством подавлять другие микроорганизмы.

Мокрый туалет туш хотя и снижает общее количество микроорганизмов, но увлажняет поверхность, разрушает поверхностные слои и создает благоприятные условия для размножения микроорганизмов и проникновения их внутрь. Кроме того, на мясе могут встречаться почвенные бактерии — *Bacillus subtilis, Bacillus mesentericus, Bacillus mycoides, Clostridium sporogenes, Clostridium putrificum и др.*

При благоприятных условиях микроорганизмы размножаются и постепенно проникают внутрь. Микробиологические процессы могут привести к порче мяса. Скорость проникновения микроорганизмов в глубь мяса зависит от внешних условий от состояния мяса (целостности наружных покровов и корочки подсыхания); от вида микроорганизмов.

Микроорганизмы из рода *Salmonella* (подвижные формы) при комнатной температуре через 1–2 суток проникают на глубину 14 см, а сапрофитные микроорганизмы (неподвижные анаэробы) при тех же условиях — всего на 4–5 см. Понижение температуры резко замедляет проникновение микроорганизмов в толщу мяса. Так, при 2–4 °С бактерии проникают на глубину 1 см в течение месяца.

Во время хранения развитие микробов на мясе подчиняется общей закономерности. Вначале наблюдается период замедленного размножения — так называемая лаг-фаза (развитие микробов тормозится снижением pH в результате накопления молочной кислоты, наличием корочки подсыхания и др.). Лаг-фаза переходит в логарифмическую фазу, которая характеризуется быстрым нарастанием количества микробных клеток. Логарифмическая фаза сменяется стационарной и затем наступает фаза отмирания. Длительность лаг-фазы непостоянна, она зависит от внешних условий и от вида и состояния мяса, а также от вида микроорганизмов и от степени обсемененности.

Микрофлора охлажденного мяса. Обсемененность охлажденного мяса микроорганизмами может быть различной: в зависимости от своевременности удаления внутренностей; степени обескровленности; степени созревания мяса; температурно-влажного режима охлаждения; санитарно-гигиенических условий производства; хранения и реализации.

На 1 см^2 поверхности рассчитывают от 10^3 до 10^6, а в отдельных случаях — и более клеток. Микрофлора мяса, охлажденного при 2–4 °С, мало чем отличается от микрофлоры парного мяса и некоторое время не изменяется.

Видовой состав микрофлоры охлажденного мяса — 15–45 % — это бактерии групп *Pseudomonas и Achromobacter*. Кроме того, есть микрококки, стрептококки, молочно-кислые бактерии, споровые аэробы. Встречаются *Escherichia coli, Proteus vulgaris* бактерии из родов *Lactobacillus, Staphylococcus, Salmonella, Bacillus, Clostridium*, дрожжи и т. д.

Некоторые микроорганизмы из родов *Proteus, Achromobacter и Pseudomonas* могут размножаться при 0 °С и более низких и стать причиной порчи мяса — *ослизнения.*

Во время хранения охлажденного мяса видовой состав микрофлоры постепенно меняется — мезофильные микроорганизмы прекращают размножаться и постепенно частично погибают, но психрофилы продолжают развиваться. Постепенно состав микрофлоры становится более однородным.

Если в 1 г свежеизмельченного охлажденного мяса обнаруживается примерно 18 % бактерий, которые могут вызвать его порчу, то уже через 6 дней хранения при 4,4 °С их количество увеличивается до 98 % от общего числа микроорганизмов. Причем порча может происходить не только на его поверхности, но и в толще. Глубинной порче мяса способствует медленное его охлаждение. Чаще всего она начинается около костей. Это объясняется тем, что микроорганизмы проникают сюда из лимфатических сосудов.

Если мясо хранится при температуре около 0 °С, то на нем преобладают микроорганизмы групп *Pseudomonas* и *Achromobacter.* Если мясо хранится при 5 °С и выше, то интенсивно развивается *Proteus vulgaris* и микрококки.

Микрофлора мороженого мяса зависит прежде всего от температуры хранения. Для дрожжей предельно низкой температурой развития является 8 °С. Психрофильные прекращают свое развитие при температуре –12 °С. При хранении мороженого мяса многие микроорганизмы постепенно погибают. Наиболее устойчивы микрококки и плесени. На замороженном мясе встречаются микроорганизмы из родов *Penicillium, Mucor, Thamnidium, Rhizopus, Clostridium, Oidium, Cladosporium, Aspergillus, Monilia, Botrytis, Alternaria* и др.

Микрофлора размороженного мяса. Степень его обсемененности зависит от обсемененности мороженого мяса; состава микрофлоры, главным образом, от условий размораживания — температуры и скорости. При медленном размораживании наблюдается наименьшее нарастание числа микробных клеток. Оно обычно составляет до 10^4–10^5/см^2. При достижении 10^6–10^8/см^2 микроорганизмов возникают пороки продукта, поэтому подъем температуры должен быть постепенным.

Наибольшее количество микробных клеток наблюдается при быстром размораживании острым паром или горячей водой. Количество микроорганизмов составляет от 10^7/см^2 до сплошного роста. Степень обсемененности размороженного мяса всегда выше, чем охлажденного.

Виды порчи мяса. В процессах порчи участвуют многие виды микроорганизмов, причем одни часто создают условия для развития других, например, плесени — для гнилостных. Признаки микробиальной порчи:

Микроорганизмы	Признак порчи
	В присутствии кислорода
Бактерии	Слизь на поверхности мяса, изменение окраски в результате разрушения пигментов мяса или роста колонии пигментированных микроорганизмов, образование постороннего запаха и привкусов, распад жира
Дрожжи	Дрожжевая слизь, изменение окраски, посторонние запахи и привкусы, распад жира
Плесени	Рост мицелия, появление ослизнения на поверхности, изменение окраски, посторонние запах и привкусы, распад жира
	При отсутствии кислорода
Бактерии	Гниение, которое сопровождается неприятным запахом, образование газа, закисание

С помощью *бактериоскопического* метода можно быстро узнать обсемененность мяса и, следовательно, сделать вывод о его доброкачественности (табл. 6.2).

Таблица 6.2. **Определение степени свежести мяса по данным бактериоскопии [36]**

Степень свежести мяса	pH мяса	Показатели бактериоскопической пробы (в поле зрения микроскопа)
Свежее	5,9–6,5	Микроорганизмы на препаратах не обнаруживаются совсем или имеются лишь единичные клетки (кокков, или палочек). На стекле нет остатков мяса
Подозрительной свежести	6,6	На препаратах обнаруживается до 20–30 кокков или несколько палочек. На стекле заметны следы распада мышечной ткани
Несвежее	6,7	На препаратах находится много микроорганизмов, преобладают палочки (поле зрения усеяно ими). На стекле много распавшейся мышечной ткани

Измельченное мясо в большей степени доступно действию микроорганизмов, чем мясо в тушах и полутушах и портится гораздо быстрее. Мясные субпродукты (мозги, почки, сердце, печень и т. д.)

в большей степени обсеменены микроорганизмами, чем мясо в крупных кусках, и портятся быстро.

Гниение вызывается большой группой микроорганизмов. Среди них есть аэробные и анаэробные формы. Характер гнилостного распада белка зависит от внешних условий и вида микробов. Мясо, полученное от больных, ослабленных и утомленных животных в большей степени подвержено гнилостной порче. Помимо повышенной обсемененности это объясняется еще и тем, что в таком мясе мало гликогена, который впоследствии превращается в молочную кислоту. Низкая кислотность обусловливает развитие гнилостной микрофлоры. Под влиянием гнилостных микроорганизмов белковая молекула распадается на полипептиды, а полипептиды — на аминокислоты.

При *аэробных условиях* гниения от аминокислот отщепляется аммиак и образуются кислоты. При этом одни микроорганизмы часто сменяются другими. Так, вначале интенсивно размножаются микроорганизмы, которые разлагают *нативные белки*. Потом начинают интенсивно размножаться микроорганизмы, которые ассимилируют продукты распада белка.

Аэробное гниение мяса начинается с поверхности, затем микроорганизмы постепенно проникают в толщу мяса, особенно по соединительно-тканным прослойкам около костей и суставов, кроме того, микроорганизмы могут проникать вглубь по крупным кровеносным сосудам.

Наиболее часто аэробное гниение мяса вызывается следующими микроорганизмами: *Proteus vulgaris, Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis, Bacillus mesentericus, Bacillus faecalis.* Они обладают мощными протеолитическими ферментами. Многие могут разлагать и другие органические вещества. В процессе жизнедеятельности гнилостных бактерий образуются: индол, фенол, сероводород, аммиак.

Процесс порчи мяса происходит следующим образом. После убоя животного микроорганизмы размножаются на мясе очень медленно (лаг-фаза, период торможения). Затем через 10–12 ч начинается интенсивное размножение аэробных кокков, особенно микрококков. Палочковидные бактерии в этот период развиваются очень слабо. На 5–6 день кокки вытесняются палочковидными бактериями. Затем среди них начинают преобладать спорообразующие формы. Эти процессы можно охарактеризовать тремя стадиями.

Первая — на поверхности мяса появляются небольшие колонии. В мясе видимых изменении нет.

Вторая — колонии увеличиваются в размере, растет их число. Поверхность мяса размягчается, pH становится щелочной, изменяется запах мяса и цвет. Но в толще мясо может быть стерильным.

Третья — бактерии проникают вглубь, соединительная ткань разрыхляется, происходит быстрый распад белков.

Анаэробное гниение — его причиной чаще всего бывают бактерии фекальной группы *Clostridium putrifucum, Clostridium perfringens, Clostridium sporogenes.* В анаэробных условиях от аминокислот отщепляется преимущественно углекислый газ и образуются амины. Процесс гниения в анаэробных условиях идет гораздо медленнее, чем в аэробных. Сопровождается он гораздо большим выделением дурно пахнущих газообразных веществ. Образуются индол, сероводород, скатол, масляная кислота и др.

Некоторые продукты распада белковых веществ (особенно продукты распада ароматических и гетероциклических аминокислот — тирозин, триптофат и др.) — являются ядами. Если мясо хранится при температуре не ниже 5–10 °С, то гнилостные процессы в нем вызываются разнообразными микроорганизмами. При температуре хранения ниже 5 °С в мясе развиваются в основном холодоустойчивые микроорганизмы из родов *Pseudomonas* и *Achromobacter.*

Кислое (кислотное) брожение вызывается молочно-кислыми бактериями. Такой вид порчи чаще всего отмечается в плохо обескровленном мясе и в печени, в которой содержится много гликогена. Мясо приобретает неприятный кисловатый запах, серый цвет и размягчается.

Молочно-кислые бактерии могут размножаться в аэробных и анаэробных условиях при 0 °С и даже при более низкой температуре. Одни из них сбраживают углеводы с образованием только молочной кислоты, другие — с образованием уксусной кислоты, уг-

лекислого газа и спиртов. Кислая среда тормозит развитие гнилостной микрофлоры, но является хорошим субстратом для плесеней. Плесени потребляют кислоту и создают условия для развития гнилостной микрофлоры.

Ослизнение мяса часто возникает на его поверхности, если оно хранится при температуре от –2 до 10 °С, и относительной влажности воздуха выше 90 %, т. е. в основном в охлажденном мясе, причем чем выше влажность воздуха, тем скорее оно ослизняется. При влажности воздуха ниже 80 % будет происходить большая усушка мяса, поэтому охлажденное мясо лучше всего хранить при температуре от 0 до –2 °С и влажности воздуха 85–90 %.

Возбудителями ослизнения являются аэробные неспорообразующие палочки из родов *Pseudomonas, Achromobacter*, микрококки, дрожжи и некоторые другие микроорганизмы.

Пигментация мяса — появление различных окрашенных пятен. Возникает в результате жизнедеятельности пигментообразующих микроорганизмов: *Bacillus prodigiosum* — вызывает образование красного налета; *Pseudomonas fluorescens* — зеленого или желтого налета.

Развитие дрожжей обусловливает появление бело-серого налета; стафилококков — сине-зеленых пятен; синегнойная палочка образует синие колонии. При развитии фотобактерий *Photobacterium phosphoreum* мясо может светиться в темноте.

Плесневеет мясо в основном охлажденное в условиях повышенной относительной влажности воздуха и плохой вентиляции в камерах. На поверхности мяса вначале появляется легкий белый налет, затем мицелий разрастается, возникают окрашенные органы спороношения. Плесени развиваются прежде всего на тех частях туши, где циркуляция воздуха недостаточна: внутренние поверхности ребер, складки на коже и т. д. Мицелий грибов проникает на глубину до 2–5 мм. Грибы создают благоприятные условия для развития гнилостной микрофлоры. Наиболее часто на мясе развивается *Cladosporium herbarum*, который проникает в толщу мяса и образует черные колонии. Кроме того, на мясе часто развиваются пенициллловые, аспергилловые и мукоровые грибы. Плесени вызывают распад белков, жиров и углеводов мяса. Оно приобретает затхлый запах.

Мороженое мясо плесневеет очень редко, и то лишь в тех случаях, когда оно хранится при температуре не ниже –8 °С. В данном случае на мясе могут развиваться *Cladosporium herbarum* и грибы из рода *Thamnidium*. Но развиваются они очень и очень медленно.

Загар мяса — своеобразная порча, причиной которой являются анаэробные бактерии. В толще мяса появляется кислый запах, изменяются его цвет и вкус. Возникает он при медленном охлаждении крупных жирных говяжьих и свиных туш после убоя. Если процесс не зашел слишком далеко, то мясо нужно разделать на сравнительно небольшие куски и проветрить. Тогда оно почти полностью освобождается от неприятного привкуса и запаха.

6.16. Микрофлора мяса птицы

Мясо птицы, как и мясо крупного рогатого скота, подвержено микробиологической порче. Видовой состав микрофлоры, виды порчи мяса и источники обсеменения мяса птицы такие же, как и для мяса крупного рогатого скота. Обсеменяется мясо птицы прижизненно и после убоя.

У здоровой птицы эндогенное обсеменение микроорганизмами органов и тканей происходит во время транспортирования на мясокомбинаты. Птица в это время находится без корма, воды, в тяжелой для нее обстановке. В мышечную ткань микроорганизмы в результате снижения резистентности организма попадают из желудочно-кишечного тракта, желчного пузыря, яичных фолликул. Обсеменяются внутренние органы, ткани и поверхность тушек птицы во время процесса убоя, тепловой обработки, удаления оперения и внутренних органов, холодильной обработки.

При тепловой обработке, когда тушки погружаются в горячую воду, происходит загрязнение циркулирующей воды смывами с пера и пуха. Часто вода обсеменяется не только сапрофитными, но и патогенными микроорганизмами, например, сальмонеллами, которые находятся на оперении птицы.

В процессе снятия оперения тушки обсеменяются в результате повреждения кожи, через которые микроорганизмы проникают в мышцы. При полупотрошении и потрошении обсеменение микро-

организмами тушек происходит в результате порезов и разрывов кишечного тракта.

Холодильную обработку мяса птицы в зависимости от его дальнейшего использования проводят методами охлаждения и замораживания. Перспективна обработка поверхности тушек сорбиновой кислотой и ее солями, облучение ионизирующими излучениями. Так, при 1 °С необлученные тушки кур сохранялись до 1 недели, облученные γ-излучениями дозой 3 кГр — до 4, 6 кГр — до 6, а при 8 кГр — до 8 недель. Микрофлора облученной птицы представлена в основном радиустойчивыми видами микрокков и дрожжей.

В процессе охлаждения контактным способом путем погружения тушек в ледяную воду или водоледяную смесь при температуре 0–2 °С происходит обсеменение микроорганизмами используемой для охлаждения воды. В ванны с ледяной водой рекомендуют добавлять 10–20 мг/л активного хлора, в результате чего вегетативные клетки микроорганизмов погибают и это не оказывает отрицательного действия на качество тушек птицы. На замороженных курах, которые хранились при –7 °С, –10 °С, развиваются дрожжи и плесени, а при –2,5 °С — дрожжи и псевдомонады. Степень свежести мяса птицы устанавливают по нормативной документации бактериоскопией мазков-отпечатков.

6.17. Микрофлора колбасных изделий

Микрофлора вареных колбас. Вареные колбасы являются хорошей питательной средой для развития микроорганизмов, так как химический состав изделий следующий, %: воды — 55–72; белка — 12–14; липидов — 11–30.

Производство вареных колбасных изделий состоит из следующих операций: жиловка, измельчение, посол, вторичное измельчение, куттерование, составление фарша, набивка его в оболочку, обжарка — обработка дымовыми газами при высокой температуре (60–120 °С), 1–3 ч варка паром.

В процессе обвалки и жиловки общее число микроорганизмов изменяется мало, но во время измельчения и куттерования мяса его дополнительно обсеменяют. Источником экзогенного обсеменения

могут служить оборудование, специи, руки рабочих. В специях, например, обнаруживаются сотни тысяч и миллионы клеток микроорганизмов, среди них нередко встречается кишечная палочка.

В мясе низшего сорта количество микроорганизмов выше, чем в высшем. Санитарная доброкачественность готовых вареных колбасных изделий прямо зависит от качества используемого сырья, тщательного соблюдения технологических параметров обжарки и варки. Большое значение имеет и диаметр батона.

При обжарке погибают лишь микроорганизмы, находившиеся на поверхностных слоях батона. Это объясняется тем, что внутри батона температура составляет всего 40–45 °С. Во время варки температура внутри батона повышается и микроорганизмы, находившиеся в сыром фарше, погибают, однако часть их остается, причем в колбасе с большим содержанием жира микробных клеток остается больше, поскольку жир защищает микробные клетки от высокой температуры вследствие плохой теплопроводности.

Остаточная микрофлора в готовых вареных колбасных изделиях представлена в основном термофильными кокками и спорообразующими палочками — *Bacillus subtilis, Bacillus mesentericus*. В числе микробов, остающихся в продуктах, могут быть патогенные бактерии и бактерии, вызывающие пищевые отравления.

Бактериологические показатели вареных колбасных изделий в нормативные документы не введены, но на практике они постоянно определяются в тех случаях, когда партия колбас бракуется по органолептическим показателям, и для производства продукта было использовано сомнительное по качеству мясо и субпродукты. Нарушение технологии производства и санитарного режима при производстве и хранении вареных колбасных изделий может привести к обсеменению ее кишечной палочкой и другими неспоровыми бактериями, что недопустимо.

В 1 г доброкачественных вареных колбас допускается не более 1–2 тыс. микроорганизмов. Срок хранения вареных колбасных изделий ограничен: для вареных колбас высшего сорта — при хранении в условиях 8 °С и влажности воздуха не более 75 % — 72 ч; для вареных первого и второго сорта, сосисок и сарделек — 48 ч. В 1 г

сосисок через сутки содержится 150–750 бактерии, в 1 г вареных колбас — 500–960 бактерий.

Микрофлора копченых и полукопченых колбасных изделий. Эти изделия хранятся гораздо лучше, так как содержат меньше воды, больше соли и пропитаны веществами дыма, которые являются антисептиками. Химический состав полукопченых колбас представлен, %: воды — 40–50; белка — 16–20; липидов — 5–40. Для копченых колбас характерно наличие, %: воды — 30, белка — 22, липидов — 42.

Полукопченые и копченые колбасы при температуре 7–9 °С и относительной влажности воздуха 85–90 % имеют следующие сроки хранения; сырокопченые — 9; варено-копченые — до 4; полукопченые — до 3.

На предприятиях торговли температура хранения колбасных изделий обычно составляет около 8 °С, а относительная влажность воздуха — 75–80 %. В этих условиях сроки хранения меньше: для сырокопченых — 4 мес.; для варено-конченых — 15; для полукопченых — 10 суток.

Виды порчи колбасных изделий. *Порча с поверхности.* На наружной поверхности оболочек батонов оседают микроорганизмы, под влиянием которых оболочки становятся липкими, увлажненными, часто появляется налет плесени и бактерий и начинается разложение фарша.

Гниение — фарш разрыхляется, отстает от оболочки вследствие разжижения желатина, который связывает оболочку с фаршем. Гниение сопровождается распадом красящих веществ и образованием сульфомиоглобина. В результате фарш приобретает серо-зеленый цвет. Появляется гнилостный запах. При порче колбасы, произошедшей от размножения *Bacillus mesentericus*, наблюдаются серая окраска фарша и серо-желтоватый цвет шпика. При разломе батона тянутся слизистые нити. Гниение обычно начинается по всей толще колбасы. В копченой колбасе обнаружить признаки гниения гораздо труднее, чем в вареной, так как гнилостный запах маскируется запахом веществ дыма или коптильной жидкости. Для установления гниения иногда приходится прибегать к лабораторным методам анализа.

Прокисание вызывается жизнедеятельностью молочно-кислых бактерий и *Clostridium perfringens*, цвет и консистенция при этом не меняются.

Плесневение. Обычно плесени развиваются на оболочке колбас, но при неплотной набивке фарша в оболочку они могут развиваться и внутри батона. Если плесень находится только на оболочке батона колбасы, то ее можно удалить путем протирания. При проростании плесени вглубь колбасу употреблять в пищу нельзя. Способность прорастать внутрь батона характерна, например, для плесени *Cladosporium gerbarum*, которая выделяет черный пигмент и имеет колонии, окрашенные в черный цвет.

Прогорклость сопровождается пожелтением шпика и появлением прогорклого запаха и вкуса. При окислении липидов образуются различные альдегиды и кетоны. Порча вызывается *Bacillus prodigiosum, Endomyces lactis и др.*

Окрашенные налеты. Налеты серого цвета образуются дрожжами и кокками, а налеты красного, желтого, золотистого цвета — различными кокками. Если налеты не проникли под оболочку, то они опасности не представляют и их удаляют протиранием. Развитию микроорганизмов особенно благоприятствует наличие «фонарей».

6.18. Микрофлора мясных консервов

Процесс производства мясных консервов состоит из следующих операций: подготовка сырья; закатка в банки; проверка герметичности; стерилизация.

Стерилизация не обеспечивает полного уничтожения микроорганизмов, в частности, остаются жизнеспособными споровые бактерии. Однако чем кислее среда и выше температура стерилизации, тем быстрее гибнут микробные клетки.

Кроме того, нужно учитывать такой факт, что во всех мясных консервах есть жир, который является плохим проводником тепла. Поэтому бактерии, находящиеся в жировом слое, будут испытывать меньшее температурное воздействие.

Среди других микроорганизмов в консервах может остаться жизнеспособным и *Clostridium botulinum*, токсин которого разрушается в мясных продуктах лишь после кипячения в течение 2 ч.

Виды порчи мясных консервов. *Микробиологический бомбаж* чаще всего вызывается анаэробами *Clostridium perfrigens,*

Clostridium putrifucum, Clostridium sporogenes, иногда *Clostridium botulinum*, а также *Proteus vulgaris, Escherichia coli.* Некоторые микроорганизмы, в частности, золотистый стафилококк, вызывают порчу без бомбажа.

Возбудителями *плоскокислой порчи* чаще всего бывают *Clostridium nigrificans, Bacillus ahcrothermophilus, Bacillus stearothermophilus.* При этом выделяется сероводород и другие дурнопахнущие вещества.

Химический бомбаж вызывается химическим взаимодействием между металлом банки и ее содержимым. В результате накопления газообразных веществ банка вздувается.

Физический бомбаж, или ложный, наблюдается, если банка переполнена содержимым, или при недостаточном удалении воздуха из банки во время ее закатки, а также в результате расширения банки при высокой температуре. Такие консервы вполне пригодны в пищу.

При нарушении режима стерилизации в консервах могут сохраняться некоторые бесспоровые бактерии, споры плесеней и дрожжи.

6.19. Микрофлора рыбы

Высокая пищевая ценность рыбы определяется содержанием в мясе белков, жира, гликогена, витаминов, ферментов, экстрактивных и минеральных веществ. Мясо рыбы по химическому составу близко к мясу теплокровных животных. Однако рыба отличается меньшей стойкостью при хранении, что обусловлено тем, что некоторые виды рыб сохраняются неразделанными, в кишечнике и жабрах которых всегда есть много микроорганизмов. После вылова рыба умирает от удушья (асфиксии) в результате недостатка кислорода. После этого в теле рыбы происходит ряд физических и биохимических изменений, которые неизбежно приводят к ухудшению ее качества, а затем к их порче. Быстрота и глубина этих изменений зависят от целого ряда факторов: температурного режима, продолжительности хранения рыбы, характера микрофлоры, санитарно-гигиенических условий обработки рыбы и др.

Слизь (слен), покрывающая поверхность рыбы, не только содержит много микроорганизмов, но и является благоприятной средой для их развития. Она представляет собой глюкопротеид муцин, являющихся хорошей питательной средой для гнилостных бактерий, поэтому она быстро мутнеет и начинает издавать неприятный запах.

Жир рыб легче, чем жир теплокровных животных, подвергается окислительным процессам, так как в нем значительно больше ненасыщенных жирных кислот.

Мясо рыб имеет более рыхлую консистенцию, чем мясо теплокровных животных, так как оно содержит меньше соединительной ткани, а это способствует распространению микроорганизмов в теле рыбы. Количество и состав поверхностной микрофлоры только что выловленной рыбы могут значительно колебаться в зависимости от вида рыбы, характера водоема, района и техники лова.

Среди водных микроорганизмов преобладают аэробные, бесспоровые, грамотрицательные палочковидные бактерии родов *Pseudomonas, Alcaligenes*. Встречаются микрококки, реже спорообразующие бактерии, дрожжи и актиномицеты. На рыбе, выловленной из загрязненных водоемов, могут находиться кишечная палочка, протей, а в отдельных случаях — сальмонеллы и энтерококки. Наиболее обсеменены жабры и кишечник. В кишечнике рыбы обнаруживаются гнилостные бактерии, среди них немало спорообразующих анаэробов — *Clostridium sporogenes, Closrtidium putrificum*, возбудителей пищевых отравлений — *Clostridium perfringens, Bacillus cereus, Staphylococcus aureus* и *Clostridium botulinum* (особенно в кишечнике осетровых рыб). На морской рыбе некоторых районов промысла встречается галофильный вибрион — возбудитель отравления типа токсикоинфекций. По мнению многих исследователей мышцы только что выловленной рыбы практически стерильны. В уснувшей рыбе микроорганизмы быстро проникают в мышцы из кишечника, жабр, с поверхности.

Много водоемной рыбы сохраняется в целом виде, но значительное количество перед хранением подвергается мойке, которая снижает численность микробов на рыбе, так как удаляется слизь, богатая бактериями. Потрошение рыбы связано с вскрытием кишечника, что может привести к обсеменению рыбы гнилостными

бактериями, поэтому после потрошения ее необходимо тщательно промыть. При разделке рыбы в виде филе обсемененность увеличиваться в результате инфицирования извне (из воздуха, инвентаря, из рук работников).

Биохимические изменения, происходящие после асфиксии в основном связаны с прекращением обмена веществ и переходом обратимых ферментативных процессов в необратимые в связи с прекращением притока кислорода в клетки мышечной ткани. Это такие стадии посмертного изменения, как *выделение слизи*, которая легко смывается водой, запах исчезает и рыба становится вполне доброкачественной; *окоченение*, характеризующееся ферментативным распадом АТФ с образованием актомиозина и фосфорной кислоты и выделением энергии, а также распад гликогена с образованием молочной кислоты; *автолиз*. В снулой рыбе действие ферментов, участвующих в процессах обмена веществ, направлено на разложение веществ, из которых состоят клетки. Одним из признаков автолиза является покраснение мышц головы, челюстей, плавников, глаз и анального кольца. Затем начинаются структурные изменения мышечных тканей, которые размягчаются, становятся розовыми и легко отделяются от костей. Все это снижает качество рыбы. Рыба с начальными признаками автолиза пригодна в пищу. Однако при этом создаются благоприятные условия для активной жизнедеятельности гнилостных микроорганизмов, поэтому наиболее ценным пищевым продуктом рыбу можно считать до наступления автолиза.

При *гниении* рыбы происходит глубокий распад органических соединений, главным образом белков, под действием различных аэробных и анаэробных гнилостных микроорганизмов, выделяющих протеолетические ферменты. Белки рыбы под влиянием микрофлоры быстро распадаются до аминокислот, из которых образуются промежуточные и конечные продукты гниения — аммиак, сероводород, триметиламин, диоксид углерода и др.

К очагам порчи рыбы, где ранее всего начинается и энергичнее развивается гниение относятся: битые и мятые места; слизь, внутренности, главным образом желудочно-кишечный тракт, содержащий остатки непереваренной пищи и различные бактерии; жабры, изобилующие кровеносными сосудами и часто являющиеся носителями бактерий; кровь как наиболее благоприятная среда для жизнедеятельности бактерий.

Таким образом, чтобы сохранить качество рыбы, необходимо увеличить время ее хранения до наступления посмертного окоченения, замедлить автолиз и исключить гниение.

Свежеуснувшая рыба быстро подвергается порче, поэтому после вылова ее необходимо как можно быстрее охладить.

Свежая охлажденная рыба — продукт кратковременного хранения даже при температуре около 0 °С. При этом мелкая рыба портится быстрее крупной. Порча наступает тем быстрее, чем выше температура хранения и чем больше на рыбе содержалось бактерий.

На охлажденной рыбе психротрофные бактерии в первую очередь начинают размножаться на поверхности и жабрах, откуда затем проникают в тело. В тканях тела рыбы бактерии размножаются менее интенсивно.

Главные возбудители порчи охлажденной рыбы — бактерии рода *Pseudomonas*. Вызывая гнилостные процессы, они образуют значительное количество летучих соединений, в том числе триметиламин — вещество, обусловливающее появление специфического неприятного запаха, характерного для портящейся рыбы. Псевдомонады не только быстрее других бактерий размножаются, но и обладают более высокой биохимической активностью по отношению к белковым веществам и жиру. К моменту порчи охлажденной рыбы они составляют основную массу ее микрофлоры (80–90 %). В порче охлажденной рыбы участвуют также бактерии родов *Alcaligenes, Flavobacterium, Micrococcus*.

Для улучшения снабжения населения свежей охлажденной рыбой — высококачественным, но скоропортящимся продуктом питания, изыскивают дополнительные к холоду приемы обработки свежей рыбы, задерживающие развитие в ней микроорганизмов.

Предлагается вводить в лед, используемый для хранения рыбы, антисептики и антибиотики. Длительнее сохраняется охлажденная рыба в биомициновом льду, газонепроницаемой упаковке из поли-

мерных пленок, в атмосфере азота, модифицированной атмосфере с высоким (60–80 %) содержанием диоксида углерода. Для более длительного сохранения рыбу замораживают или солят, коптят, маринуют, вялят.

Замороженная рыба может длительно храниться без микробиальной порчи при температуре не выше –12 °С. При замораживании температура тела понижается ниже точки замерзания сока, при этом вода, содержащаяся в рыбе, превращается в лед. В продукте резко замедляются биохимические процессы и создаются неблагоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов, что и обеспечивает стойкость мороженой рыбы при длительном хранении. Хорошая защита — покрытие рыбы глазурью и хранение при –18 °С. Такая температура исключает развитие микроорганизмов.

В рыбной промышленности применяют воздушное, рассольное и льдосоленое замораживание, а иногда — жидким азотом. В процессе замораживания многие микроорганизмы, содержащиеся в рыбе, погибают, но некоторые выживают. Одни из них в процессе последующего хранения постепенно отмирают, другие длительно сохраняются жизнеспособными, при этом микробов сохраняется тем больше, чем ниже температура хранения. Известно, что температурные пределы от –1 до –5 °С — наиболее неблагоприятны для микроорганизмов.

На замороженной рыбе обнаруживают преимущественно различные микрококки; палочковидные спорообразующие и неспоровые бактерии, споры плесеней встречаются в небольших количествах.

Порок мороженой рыбы микробиального характера — *плесневение* в виде пятен серого и зеленоватого цвета. Мясо рыбы приобретает неприятный запах и привкус. В дальнейшем может произойти гнилостный распад белков. Рост плесеней подавляется при –10 °С. При размораживании, особенно медленном, происходит гибель, но сохранившиеся начинают быстро размножаться. В связи с этим размораживать продукт необходимо непосредственно перед употреблением.

Посол как самостоятельный способ обработки рыбы — один из старейших способов консервирования, доступное и надежное средство сохранения рыбы в течение длительного времени. Высо-

кие концентрации соли не только вызывают плазмолиз клеток, но и отрицательно влияют на их биохимическую деятельность, а также нарушают функции клеточных мембран. Большинство бактерий не очень чувствительны к концентрации поваренной соли в пределах 0,5–2 %, но 3 %-е содержание ее в среде неблагоприятно для многих микроорганизмов. Размножение многих гнилостных бактерий подавляется при концентрации поваренной соли 3–4 %, а при 7–10 % они прекращаются. Расщепление белков с образованием экстрактивных азотистых веществ, переходящих в тузлук, тем сильнее выражено, чем слабее концентрация солевого раствора. Поэтому для уменьшения потерь белковых и экстрактивных азотистых веществ при посоле целесообразно применять повышенные концентрации раствора поваренной соли и прерывать процесс посола при получении товара необходимой солености (слабо- и среднесоленого). При этом следует учесть, что развитие возбудителей некоторых пищевых отравлений (ботулинуса, сальмонелл) приостанавливается при содержании соли 6–10 %, однако даже при 20 % многие из них долго сохраняются жизнеспособными, находясь в инактивированном состоянии.

Наряду с микробами, чувствительными к изменению осмотического давления в среде, имеются приспосабливающиеся виды. Некоторые плесени, дрожжи, а также бактерии, живущие обычно в условиях невысокого осмотического давления, растут и на продуктах с относительно высоким содержанием соли или сахара, их называют *осмотолерантными*.

Существуют и *осмофильные* бактерии, которые нормально развиваются только в субстратах с высоким осмотическим давлением. *Галофилы* нормально развиваются при концентрации поваренной соли 20 % и выше. Размножение их приостанавливается при снижении поваренной соли даже до 13–10 %.

Для подавления развития микроорганизмов концентрация соли меняется в зависимости и от других условий среды, в частности, от pH среды. Развитие дрожжей в соленых продуктах подавляется в кислой среде при содержании соли 14 %, в нейтральной — только при 20 %.

Порча *соленых товаров* — явление нередкое. *Коричневый загар* — поражение рыбы особым видом грибка — появляется неустранимый коричневый налет. *Омыление* — гнилостный процесс в мышечных тканях рыбы вследствие развития микробов при повышенной температуре в слабосоленых и среднесоленых товарах, хранящихся в ящиках и подвергающихся опреснению. На поверхности рыбы появляется налет серого цвета, напоминающий мыло. Порок можно ослабить промывкой в тузлуке плотностью 1,17–1,2 с последующей обработкой в уксусно-соляном растворе. *Фуксин* — красный налет в виде пятен на поверхности соленой рыбы, скользкий, с неприятным запахом. Этот порок быстро распространяется, особенно при хранении товара в теплом помещении. Причина появления покраснения — развитие особой группы солелюбивых пигментообразующих бактерий, находящихся в самосадочной озерной соли. Эти бактерии могут развиваться на крепкосоленых рыбных товарах, хранящихся без тузлука (с доступом кислорода воздуха). Порок исправляют промывкой рыбы в тузлуке до удаления покраснения, а затем обработкой в уксусно-соляном растворе.

Рыба, употребляемая в пищу, может быть причиной возникновения ряда заболеваний человека. Опасность для человека представляют некоторые из большого количества известных инвазионных и инфекционных болезней, вызываемых микроорганизмами.

6.20. Микрофлора рыбных пресервов

Пресервами называется целая или разделанная рыба, законсервированная солью с добавлением вкусовых веществ и антисептиков в герметичной упаковке без стерилизации.

В качестве антисептиков используют уксусную кислоту и разрешено применение бензойно-кислого натрия (0,1 %). Хорошие результаты взамен него или в сочетании с ним дают сорбиновая кислота и антибиотик низин.

Процесс просаливания и созревания ведут в течение 1,5–3 мес. при температуре от –5 до 2 °С. Некоторый консервирующий эффект обеспечивает и поваренная соль.

Микрофлора пресервов в первые дни их изготовления разнообразна: в состав ее входят микроорганизмы рыбы, соли, пряностей. Пряности нередко обсеменены в значительной степени аэробными, анаэробными бактериями и микрококками, среди которых имеются солеустойчивые и холодоустойчивые гнилостные формы.

В процессе созревания пресервов состав их микрофлоры меняется. Доминирующими представителями становятся солеустойчивые микрококки и молочно-кислые бактерии. Наличие кислот, соли и антисептика, а также низкая температура препятствуют развитию гнилостных споровых бактерий, находящихся в немалых количествах в пресервах. Некоторые из них, особенно при нарушении технологии приготовления и хранения пресервов, могут разлагаться и обусловливать порчу продукта.

В пресервах нередко обнаруживается *Clostridium perfringens* — обитатель кишечника рыб, попадающий и со специями. Активное его развитие приводит к бомбажу. Пресервы являются продуктами недлительного хранения. Относительная влажность воздуха при хранении — 70–75 %. При температуре от –6 до –8 °С их хранят не более 21 суток, а при 4–6 °С — 3 суток.

6.21. Микрофлора яиц и яичных продуктов

Микрофлора яиц. Яйцо имеет сложное строение. Основными составными частями являются скорлупа, белок и желток. Масса, химический состав и пищевая ценность куриных яиц зависит от породы, возраста и массы птицы, условий ее кормления и содержания, времени снесения. В белке яиц содержится, %: 87,9 воды, 10,6 белков, 0,9 углеводов, 0,6 золы, в желтке — 48,7 воды, 16,6 белков, 32,6 жиров, 1,0 углеводов, 1,1 золы. Перепелиные яйца содержат, %: 73,3 воды, 11,9 белков, 13,1 жиров, 0,6 углеводов, 1,1 золы. Из жирорастворимых витаминов — витамин А (в желтке куриных 0,30 мг/%, перепелиных — 0,47 мг/%), витамин Е (в желтке куриных 2,0 мг/%) и водорастворимые витамины (B_1, B_2, B_6, РР). Все это свидетельствует о том, что яйца являются хорошей питательной средой для развития микроорганизмов. Однако содержимое яйца (белок и желток) защищено от их проникновения скорлупой и подскорлупной

оболочкой. В свежеснесенном яйце практически нет микробов, либо их очень мало.

Стерильность яйца некоторое время сохраняется, так как оно обладает естественным иммунитетом, значительную роль в котором играют бактерицидные вещества (лизоцим, овидин и др.). Яйцо стареет особенно быстро при температуре хранения выше установленных норм. Иммунитет его снижается и создаются достаточно благоприятные условия для проникновения и размножения в нем микроорганизмов. Одни микробы механически проникают через поры скорлупы, другие, особенно плесени, прорастают через скорлупу. Увлажнение ее благоприятствует прорастанию спор плесеней. Гифы гриба, пронизывая скорлупу и подскорлупную оболочку яйца, способствуют проникновению бактерий. Микрофлора яиц главным образом бывает экзогенного происхождения в связи с загрязнением скорлупы извне. Однако она может быть и эндогенного (прижизненного) происхождения (у больных птиц возбудители болезни попадают в яйцо при его формировании в яичнике и яйцеводе).

Бактериальная флора поверхности яиц представлена преимущественно бактериями группы кишечной палочки, протея, споровыми бактериями *Bacillus subtilis* и др., различными видами *Pseudomonas,* микрококками, спорами плесеней. Могут встречаться и патогенные микроорганизмы (сальмонеллы, стафилококки).

Попавшие в яйцо микроорганизмы развиваются обычно около места проникновения; образующиеся колонии в виде пятен заметны при овоскопии. Дальнейшее размножение ведет к различным изменениям белков и липидов яйца, к его порче. В белке бактерии размножаются медленнее, чем в желтке вследствие содержания в белке антимикробных веществ, а также при pH более 9,0.

На скорость порчи яиц влияют следующие факторы: температура хранения, относительная влажность воздуха, состояние скорлупы, состав микрофлоры. Большое значение имеет состояние тары и упаковочного материала. Яйца с грязной и влажной скорлупой портятся значительно быстрее, чем с чистой и сухой.

Наиболее частыми возбудителями порчи являются *Pseudomonas fluorescens, Proteus vulgaris, Micrococcus roseus, Bacillus subtilis, Clostridium putrificum, Clostridium sporogenes.*

В условиях холодильного хранения развиваются преимущественно бактерии рода *Pseudomonas*. Эти бактерии быстро проникают с поверхности скорлупы внутрь яйца: уже через сутки они обнаруживаются на подскорлупной оболочке, а через двое — даже в содержимом яйце.

Развитие микроорганизмов способствует появлению различной порчи.

Дефект яиц «малое пятно» характеризуется наличием под скорлупой мелких неподвижных пятен общим размером 1/8 поверхности яйца; появляются в результате развития плесени и бактерий во время хранения яиц при повышенной температуре и высокой влажности воздуха.

Большое пятно — под скорлупой общим размером более 1/8 поверхности яйца, образуемое колониями плесеней и бактерий при тех же условиях хранения.

Плесневые грибы разрастаются прежде всего на подскорлупной оболочке и наиболее быстро около воздушной камеры. Затем они разрушают подскорлупную оболочку и проникают в белок.

Тумак плесневый характеризуется тем, что яйцо при просвечивании непрозрачно, кроме пуги, так как все содержимое поражено плесенью, белок и желток смешаны. Яйцо приобретает запах плесени.

Тумак бактериальный — яйцо непрозрачно, кроме воздушной камеры, которая увеличена и подвижна; наружная поверхность скорлупы сероватого или мраморного цвета, часто с гнилостным запахом; содержимое яйца в виде мутной массы серо-зеленого и грязно-желтого цвета имеет запах разложения. Дефект возникает в результате развития гнилостных бактерий.

Дефект «кислое яйцо» вызывается многими бактериями, в том числе кишечной палочкой, при овоскопии не обнаруживается, а при вскрытии яйцо издает едкий запах.

В яйцах водоплавающей птицы, особенно у утиных, нередко обнаруживаются *сальмонеллы*. Для профилактики пищевых отравлений реализация утиных и гусиных яиц на предприятиях общественного питания и в торговой сети запрещена.

На хранение закладывают свежие, чистые, немытые яйца. Мытые яйца, если мойка проведена не тотчас после кладки, менее стойки. В отдельных случаях допускается мойка яиц с применением моющих и дезинфицирующих препаратов.

Для предотвращения проникновения микробов, а следовательно, и для изменения срока хранения яиц скорлупу обрабатывают минеральным маслом или маслом с добавлением антимикробных веществ, а также растворами пленкообразующих веществ, безвредных в пищевом отношении.

Диетические и столовые яйца упаковывают отдельно по категориям. Перевозят яйца в изотермических вагонах с температурой не ниже 2 °С, в крытых автомашинах, утепленных зимой и защищенных от солнечных лучей летом.

Диетические яйца хранят при температуре не выше 20 °С и не ниже 0 °С, столовые — при температуре не выше 20 °С. В холодильных складах яйца хранят в ящиках при температуре от 0 до –2 °С и относительной влажности воздуха 85–88 %. Яйца с поврежденной скорлупой хранят при температуре не выше 10 °С. На предприятиях общественного питания яйца хранят с 1 мая по 1 сентября 3 дня, а в холодный период — 6 дней.

Микрофлора яичных продуктов. Из куриных яиц изготавливают охлажденный или мороженый меланж, мороженые желток и белок, сухой яичный порошок, сухие белок и желток.

Яичный меланж — смесь белка и желтка, содержит обычно значительное количество разнообразных микроорганизмов, а при ее изготовлении могут попасть патогенные или условно патогенные бактерии. Поэтому яичные продукты при приготовлении требуют строгого соблюдения санитарно-гигиенических условий. В процессе замораживания и последующего хранения микроорганизмы в меланже частично отмирают, однако их может сохраниться достаточное количество, особенно если меланж после изготовления был заморожен не сразу. Меланж — скоропортящийся продукт, хранить его допускается только в замороженном виде. При оттаивании интенсивно размножаются микроорганизмы, поэтому размороженный продукт необходимо использовать в течение нескольких часов, сохраняя в охлажденном виде.

Для снижения микробиальной обсемененности мороженые яичные продукты пастеризуют при 60–65 °С в течение 1–3 мин и разливают в жестяные банки. Наполненные банки запаивают и направляют в холодильные камеры для охлаждения или замораживания. Температура внутри замороженных продуктов должна быть от –6 до –10 °С, охлажденных — не более 6 °С.

Мороженые яичные продукты не должны иметь посторонних привкусов и запахов, а также осколков скорлупы и каких-либо механических примесей. Мороженые яичные продукты высокого качества содержат в 1 г не более 50 тыс. бактерий; сомнительного качества — более 1 млн. Титр кишечной палочки — не ниже 0,1, сальмонеллы должны отсутствовать. Не допускаются к реализации мороженые яичные продукты, зараженные кишечно-тифозными и гнилостными микробами.

При изготовлении яичного порошка высушиванием яичной массы погибают не все микроорганизмы. В зависимости от степени обсемененности ее перед высушиванием и санитарных условий производства количество бактерий в порошке может значительно колебаться. Нередко в нем обнаруживается от нескольких десятков и даже сотен тысяч микробов в 1 г. Преимущественно это спорообразующие и кокковые формы бактерий.

Оценка качества яичного порошка проводится по тем же микробиологическим показателям, как и меланжа. Не допускаются к реализации яичные порошки подмоченные, с ослизлой поверхностью, плесенью, посторонним запахом.

При надлежащих условиях хранения микроорганизмы в порошке развиваться не могут, так как он имеет низкую влажность, но многие из них длительно сохраняются жизнеспособными.

Раздел 3.
ГИГИЕНА И САНИТАРИЯ В ТОРГОВЛЕ

Глава 7.
ОСНОВЫ САНИТАРИИ И ГИГИЕНЫ

7.1. Санитарное законодательство и санитарно-пищевой надзор

Обеспечение продовольствием населения Республики Беларусь находится под постоянным санитарным надзором в соответствии с законом Республики Беларусь «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [37] и законом Республики Беларусь «О качестве и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья человека» [38].

Основная цель государственного санитарного надзора — контроль за соблюдением санитарного законодательства. Государственный санитарно-эпидемиологический надзор в Республике Беларусь осуществляют санитарно-эпидемиологические органы и учреждения Министерства здравоохранения.

Государственная санитарно-эпидемиологическая служба — это единая централизованная система органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Органы и учреждения, осуществляющие госсанэпиднадзор в Республике Беларусь, составляют единую систему, возглавляемую Главным государственным санитарным врачом республики, который является заместителем министра здравоохранения.

Основными комплексными учреждениями санитарно-эпидемиологической службы Республики Беларусь, призванными осуществлять все виды санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических мероприятий в районах обслуживания, являются центры гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья — республиканский, областные, городские и районные.

В состав структурных единиц центров гигиены и эпидемиологии входят отделения гигиены питания, которые и осуществляют надзор за соблюдением санитарного законодательства в области пищевой гигиены.

Руководство работой государственной санитарно-эпидемиологической службы возложено на Главное санитарно-эпидемиологическое управление при Министерстве здравоохранения Республики Беларусь. Главное санитарно-эпидемиологическое управление разрабатывает и утверждает гигиенические нормы и санитарные правила по гигиене питания, дает заключение по проектам норм проектирования пищевых объектов, руководит работой органов санитарно-эпидемиологической службы.

В обязанности отдела питания санитарно-эпидемиологического управления входит государственный надзор за выполнением предприятиями, организациями и гражданами законодательства Республики Беларусь по гигиене питания; соблюдением гигиенических норм и санитарных правил при планировании развития пищевой промышленности и отдельных отраслей промышленности, поставляющих сырье и изделия для сельского хозяйства, предприятий пищевой промышленности, торговли и общественного питания (пестициды, тара и упаковочные материалы, инвентарь и т. д.) и при проектировании, строительстве, реконструкции, изменении профиля и технологии производства предприятий пищевой промышленности, общественного питания и торговли; организацией мероприятий по пропаганде среди населения санитарной культуры в области гигиены питания.

За нарушение санитарного законодательства и санитарных правил виновные лица привлекаются к дисциплинарной, административной, материальной или уголовной ответственности в соответствии с действующим законодательством.

Государственный санитарный надзор — это деятельность по предупреждению, обнаружению и пресечению нарушений зако-

нодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения в целях охраны здоровья и среды обитания.

Он контролирует выполнение санитарного законодательства, санитарно-противоэпидемических мероприятий, предписаний и постановлений должностных лиц; санитарно-карантинный контроль в пунктах пропуска через государственную границу, меры пресечения нарушений санитарного законодательства, выдачу предписаний и постановлений о фактах нарушения санитарного законодательства, а также привлечение к ответственности лиц, их совершивших; санитарно-эпидемиологическую обстановку; проведение санитарно-эпидемиологических расследований, направленных на установление причин и выявление условий возникновения и распространения инфекционных заболеваний и массовых неинфекционных заболеваний (отравлений и др.). Государственный санитарный надзор в области питания осуществляется в форме предупредительного и текущего санитарного надзора.

Предупредительный санитарный надзор включает контроль за соблюдением действующих гигиенических норм и правил при перспективном планировании развития пищевых предприятий, объектов общественного питания и торговли; предоставлениии земельных участков под строительство предприятий пищевой промышленности, общественного питания и торговли; разработке стандартов и технических условий на новые виды пищевых продуктов, тары и упаковки для них; выпуске новых видов пищевых продуктов, посуды, тары, инвентаря, упаковочных материалов, покрытий для холодильного и торгового оборудования и т. д.

Текущий санитарный надзор по объему и значимости выполняемых мероприятий занимает ведущее место в работе санитарных врачей по пищевой гигиене. Основной его задачей является контроль за соблюдением предприятиями, организациями, должностными лицами санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических норм и правил, касающихся безопасности пищевых продуктов для здоровья населения.

Важное значение в обеспечении населения доброкачественными продуктами питания имеет координация работ органов государственного санитарного надзора с ветеринарно-санитарным, обязанность которого — реализация мероприятий по профилактике инфекционных заболеваний и глистных инвазий, передающихся человеку от животных.

7.2. Гигиенические требования к торговым предприятиям

Основная цель санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к торговым предприятиям, сводится к решению комплекса задач, направленных на предотвращение микробиологического, биологического, химического и механического загрязнения пищевых продуктов с тем, чтобы довести их до потребителя доброкачественными и безупречными в санитарно-эпидемиологическом отношении.

Основные положения гигиены торговли отражены в ряде литературных источников [29, 39, 40].

Земельный участок и территория. Участок, отводимый для строительства торгового предприятия, должен располагаться вне зоны вредных выделений промышленными, коммунальными и другими объектами. Он должен быть удален от источников возможного загрязнения: от свалок — не менее чем на 1 км, от предприятий и складов, связанных с выделением органической пыли, — на 100 м. Предприятия торговли, призванные непосредственно обслуживать население, размещаются в жилых кварталах. Нельзя размещать строительную площадку на месте бывших свалок, кладбищ, скотомогильников, если с момента прекращения их эксплуатации прошло менее 20 лет.

Территория объекта должна быть максимально озеленена, иметь удобные заасфальтированные или замощенные пешеходные дорожки и подъездные пути для транспорта. На хозяйственном дворе необходимо устраивать навесы для тары, мусоросборники и помещение для приема посуды для населения.

Для сбора мусора устанавливаются контейнеры или мусоросборники с крышками на асфальтированной или бетонированной площадке. Не реже 1 раза в сутки мусор должен вывозиться с территории предприятия. Вывоз осуществляется автотранспортом, использование которого для перевозки пищевых продуктов запрещено. Наиболее удобным с гигиенической точки зрения является централизованный сбор мусора и его вывоз. При централизованном удалении мусора мусоросборники или контейнеры должны доставляться на предприятие прошедшими санитарную обработку на специализированных предприятиях коммунального хозяйства.

Водоснабжение и канализация. Предприятия торговли должны быть оборудованы системами хозяйственно-питьевого и горячего водоснабжения, а также раздельными системами бытовой и производственной канализации с самостоятельными выпусками. Они должны быть обеспечены водой бесперебойно и в достаточном количестве.

В торговых предприятиях при устройстве центрального водопровода запрещается переключать между водопроводными сетями хозяйственно-питьевую воду, а также использовать отработанную горячую воду промышленных предприятий.

Предприятия торговли продовольственными товарами должны быть оборудованы помещениями для мытья инвентаря, посуды, тары. Они оснащаются моечными ваннами (не менее 3) с подводом горячей и холодной воды через смесители, с подключением к канализационной сети. Такие помещения оборудуются стеллажами и решетками для сушки и хранения инвентаря и посуды.

При отсутствии централизованного горячего водоснабжения в моечных помещениях предусматривается установка электрокипятильников, водонагревателей, чтобы обеспечить предприятие горячей проточной водой в достаточном количестве.

Помещения подготовки продовольственных товаров к реализации, кафетерии, буфеты, комнаты персонала должны быть оборудованы мойкой для мытья бачков и умывальной раковиной с подключением их к системе холодного и горячего водоснабжения и к канализации.

Внутренняя система канализации торгового предприятия предназначена для сброса сточных вод и жидких отбросов в замкнутую сеть подземных канализационных труб для удаления их за пределы населенного пункта и последующей очистки. Она должна быть максимально изолированной от производства и мест хранения пищевых продуктов; иметь линии производственных стоков раздельно от бытовой канализации. Системы канализации торговых предприятий, расположенных в зданиях иного назначения или пристройках к ним, следует планировать отдельно от системы канализации этих зданий.

Запрещается сброс в открытые водоемы производственных и бытовых сточных вод без соответствующей очистки, а также устройство поглощающих колодцев. Не допускается организация мелкорозничной торговли напитками в разлив без водопровода, а также сброс сточных вод после мытья посуды непосредственно на прилегающую территорию.

Порядок обезвреживания и спуск бытовых и производственных сточных вод осуществляется по согласованию с местными учреждениями санитарно-эпидемической службы и в строгом соответствии с действующими санитарно-гигиеническими правилами. Если нет возможности создать местную канализацию, жидкие отбросы и сточные воды торговых предприятий вывозятся за пределы населенного пункта специальным транспортом.

Вентиляция, отопление и освещение. Вентиляция — это обмен воздуха, осуществляемый при помощи различных систем и приспособлений. Воздухообмен способствует улучшению условий труда, сохранению здоровья и самочувствия, повышению работоспособности персонала предприятия.

При недостаточной вентиляции воздух помещений может представлять опасность в эпидемиологическом отношении. В плохо проветриваемых помещениях резко возрастает возможность возникновения воздушной, воздушно-капельной и воздушно-пылевой инфекции, а также загрязнение пищевых продуктов различного рода микроорганизмами — возбудителями кишечных заболеваний и пищевых отравлений.

Для складских и торговых помещений продовольственных и непродовольственных товаров системы вентиляции должны быть раздельными. Охлаждаемые камеры для хранения овощей, фруктов, ягод и зелени оборудуются механической приточной вентиляцией, не связанной с другими системами вентиляции предприятия.

Различают *естественную* и *искусственную* вентиляцию. При естественной атмосферный воздух поступает через окна, двери, форточки. Однако такой вентиляции для воздухообмена торгового предприятия недостаточно, поэтому ее обычно используют для проветривания некоторых административно-бытовых помещений. Ис-

кусственная подразделяется на приточную, вытяжную и приточно-вытяжную. Приточная вентиляция служит для подачи в помещения свежего воздуха, вытяжная — для удаления загрязненного. Наиболее приемлемой является приточно-вытяжная вентиляция. Она нагнетает в помещение свежий очищенный воздух и одновременно удаляет загрязненный. Такая вентиляция обеспечивает чистоту и равномерное распределение воздуха, а при необходимости позволяет его подогревать или охлаждать.

Наиболее совершенной формой искусственной вентиляции является *кондиционирование* воздуха, так как с помощью систем отопления и различных видов вентиляции не всегда удается поддерживать в помещениях предусмотренные санитарными нормами условия среды. В процессе кондиционирования можно осуществлять и дезодорацию воздуха, озонирование, ионизацию и парфюмеризацию.

В помещениях расфасовки сыпучих продуктов в местах термоупаковки пищевых продуктов в полимерную пленку следует предусматривать *вытяжную вентиляцию* с механическим побуждением, а также в моечных помещениях.

Важную роль в создании микроклимата помещений играет отопление. Различают местное и центральное отопление. Местное (печное) отопление обычно применяется в небольших сельских магазинах. Оно отличается невысокими гигиеническими показателями, так как из-за малой теплоемкости печей наблюдаются значительные суточные колебания воздуха, возможно загрязнение помещения золой, пылью, дымовыми газами, топливом. При устройстве печного отопления обязательным требованием является вынесение топок из торговых и складских помещений. Печное отопление допускается лишь в том случае, если невозможно провести центральное отопление в торговых предприятиях сельских районов.

Наиболее гигиенично *центральное отопление*. Оно, как правило, обеспечивает в помещении необходимый температурный режим и равномерный нагрев воздуха в течение суток. Расположение нагревательных приборов препятствует образованию холодных потоков воздуха у пола.

На предприятиях торговли можно использовать и *панельно-лучистое отопление,* которое имеет ряд преимуществ перед отопительными системами: оно обеспечивает равномерное распределение тепла в помещении благодаря наличию больших нагревательных поверхностей, уменьшает отдачу тепла излучением, не занимает полезной площади помещений.

Среди факторов внешней среды, влияющих на организм человека, *освещение* занимает одно из первых мест. Организация рационального освещения в помещениях торгового объекта имеет большое значение в гигиене.

Во всех производственных, торговых и административно-бытовых помещениях применяют *естественное и искусственное освещение*. Оно должно обеспечить в помещениях предприятия наилучшую видимость, позволяющую правильно различать цветовые оттенки, свойственные пищевым продуктам, и устанавливать малейшие отклонения от нормы, возникающие при изменении их качественного состояния. Естественное освещение наиболее благоприятно для зрения и должно широко использоваться на предприятиях торговли. Освещенность помещений прямо зависит от числа, формы и размеров окон, а также от качества и чистоты стекол. Поэтому оконные стекла, витрины, стекла охлаждаемых витрин должны постоянно содержаться в чистоте.

В складских помещениях естественное освещение обычно не предусматривается, а в некоторых случаях нежелательно (например, в кладовых для хранения овощей) и не допускается (в холодильных камерах). Однако в помещениях для хранения муки, крупы, макаронных изделий, пищевых концентратов, сухофруктов целесообразно естественное освещение. Освещение вторичным естественным светом, т. е. через стеклянные перегородки разрешается в гардеробных, коридорах, подсобных помещениях. При недостаточном естественном освещении допускается совместное освещение, при котором одновременно используется естественный и искусственный свет.

Искусственное освещение может быть общим, местным или комбинированным, его гигиеническая оценка определяется уровнем освещенности необходимой площади, характеристикой источ-

ника света и арматуры. Освещенность — основа нормирования искусственного освещения, поскольку относится к числу главных требований гигиены труда и техники безопасности. В качестве источников искусственного света на предприятиях торговли применяют лампы накаливания и люминесцентные.

На предприятиях торговли искусственное освещение в торговых залах должно быть не менее 400 лк, в помещениях подготовки товаров — 200, в кладовых — 50 лк. В камерах хранения пищевых продуктов следует применять светильники, разрешенные для использования в помещениях с низкими температурами. Они должны иметь защитные плафоны с металлической сеткой для предохранения их от повреждения и попадания стекла на продукты.

Электроосветительная арматура по мере загрязнения, но не реже 1 раза в месяц должна протираться. Внутреннее оконное и фонарное остекление, а также рамы промывают и протирают не реже 1 раза в неделю, с наружной стороны — не реже 2 раз в год, а в теплый период года — по мере загрязнения. Оконные стекла, витрины, стекла охлаждаемых витрин должны иметь гладкую поверхность и быть доступными для проведения уборки, осмотра и ремонта.

Водоснабжение, канализация, вентиляция, отопление и освещение должны отвечать требованиям действующих СНиПов.

Планировка и устройство торговых предприятий. Набор и размеры помещений, внутренняя планировка и оборудование продовольственных магазинов должны способствовать нормальной работе и соблюдению строжайшего санитарного режима.

К главным помещениям продовольственного магазина относятся торговые помещения. Это залы торговые, приема и выдачи заказов, кафетерия и другие помещения для обслуживания покупателей. Планировка торгового зала должна быть максимально удобной для покупателей, создавать условия для всестороннего показа и выбора, совершения покупки; обеспечивать широкий фронт обслуживания покупателей, оптимальные условия работы. Торговые залы должны располагаться так, чтобы они были технически связаны с помещениями для подготовки товаров к продаже и с кладовыми хранения продуктов.

Особо строгие санитарно-гигиенические требования предъявляются к планировке помещений для приема, хранения, фасовки и подготовки товаров к продаже. Площадь таких помещений определяется в зависимости от частоты завоза, нормы товарных запасов, физико-химических свойств товара.

Нельзя планировать устройство кладовых для хранения продуктов и помещений подготовки их к продаже в проходных помещениях, под душевыми, туалетами, так как это может привести к затоплению их канализационными водами, а следовательно, и к возможному инфицированию и порче.

На предприятиях торговли, работающих по типу самообслуживания, необходимо предусмотреть отдельные фасовочные для групп пищевых продуктов с одинаковой эпидемической значимостью. Все фасовочные помещения должны быть оборудованы двухгнездными моечными ваннами с подводкой горячей и холодной воды, установкой смесителей и подключены к канализации с воздушным разрывом не менее 20 мм.

На всех предприятиях, предназначенных для реализации скоропортящихся пищевых продуктов, должны предусматриваться охлаждаемые камеры. Их следует сгруппировать в единый блок с устройством входа и выхода через тамбур и размещать вдали от котельных, бойлерных, душевых и других помещений с повышенной температурой. При размещении холодильных камер под жилыми квартирами следует предусмотреть устройство специального перекрытия с проветриванием пространства между ними. Объемы холодильных камер должны обеспечивать хранение 2–3-дневного запаса скоропортящихся продуктов в соответствии с нормами проектирования.

Площади охлаждаемых кладовых, а также помещений для подготовки продуктов к реализации планируются с таким расчетом, чтобы обеспечить правильное размещение технологического оборудования и надлежащие условия для правильного хранения, фасовки и подготовки продуктов к продаже.

В гигиеническом отношении очень важно, чтобы загрузка хлеба и овощей осуществлялась через самостоятельные люки непос-

редственно в кладовые. Кладовые хлеба через вращающиеся шкафы должны соединяться с торговым залом.

Для поддержания надлежащего санитарного состояния в торговом предприятии необходимо предусмотреть соответствующую отделку помещений. Она должна быть влагоустойчивой и удобной для мытья. Стены в отделах по реализации особо скоропортящихся продуктов, в помещениях моечных должны быть облицованы глазурованной плиткой на высоту 2 м. В охлаждаемых камерах облицовку стен плиткой рекомендуется выполнять на всю высоту помещения.

Полы на предприятиях торговли следует выполнять из влагоустойчивых и влагонепроницаемых материалов, разрешенных для этой цели органами здравоохранения. Гардеробные и душевые для работников предприятий должны быть оборудованы по типу санпропускников.

Санитарная одежда хранится открытым способом, для чего гардеробные бытовых помещений оборудуются вешалками или открытыми шкафами и подставками для обуви. Не разрешается совместное хранение санитарной и домашней одежды.

Помещения предтуалетных должны быть оборудованы вешалками для санитарной одежды, умывальными раковинами для мытья рук с подводкой горячей и холодной воды через смеситель, электрополотенцем или полотенцами разового пользования, зеркалами. Унитазы рекомендуется оборудовать педальными спусками.

Бытовые помещения не реже 1 раза за смену тщательно убираются, промываются водой с моющими средствами и дезинфицируются. Уборочный инвентарь для туалетов хранится в специально отведенном месте, изолированно от уборочного инвентаря других помещений и должен иметь сигнальную окраску и четкую маркировку.

Для предприятий торговли продовольственными товарами необходимо требовать, чтобы все помещения, особенно те, в которых находятся пищевые продукты, были защищены от проникновения грызунов.

Вход посторонних лиц в помещения для приема, хранения и подготовки продуктов к продаже допускается только с разрешения администрации и при обязательном использовании санитарной одежды.

7.3. Санитарно-гигиенические требования к оборудованию, инвентарю, посуде, таре и упаковочным материалам

Предприятия торговли продовольственными товарами обеспечиваются необходимым торгово-технологическим и холодильным оборудованием в соответствии с типом предприятия, его мощностью и в соответствии с действующими нормами оснащения типовых предприятий. Основными требованиями к оборудованию, инвентарю являются удобство в эксплуатации, обеспечение сохранности продуктов в эпидемическом отношении, удобство в санитарной обработке.

Оборудование и торговый инвентарь должны обеспечивать быструю, правильную обработку товаров, способствовать соблюдению гигиенических нормативов. Все части оборудования, контактирующие с пищевыми продуктами, изготовляются из металлов, разрешенных органами санитарного надзора для контакта с продуктами питания. Независимо от конкретного назначения они должны быть безвредными, устойчивыми к действию щелочей и кислот, легко поддаваться очистке, мойке и дезинфекции. Торговый инвентарь используют для разбраковки, сортировки, предварительной разделки, нарезки, проверки качества продукта, вскрытия тары, упаковки и т. д.

Отделы по реализации скоропортящихся продуктов обязательно оборудуются холодом: охлаждаемыми прилавками, шкафами, витринами и др. Все холодильные установки на предприятиях продовольственной торговли должны быть оснащены термометрами для контроля температурного режима хранения пищевых продуктов, в том числе овощей, фруктов, ягод, консервов, сыпучих продуктов и т. д.

На крупных предприятиях торговли продовольственными товарами должны быть отдельные охлаждаемые камеры и помещения для хранения однородных пищевых продуктов.

Посуда, используемая в продовольственных магазинах, должна отвечать следующим гигиеническим требованиям:

- в составе материалов, из которых она сделана, должны отсутствовать вредные вещества, переходящие в пищевые продукты;

• необходимо наличие гладкой, беспористой, полированной внутренней поверхности;

• не должна оказывать какого-либо отрицательного влияния на биологическую ценность и органолептические свойства продукта.

Производственные столы, предназначенные для обработки пищевых продуктов, должны иметь покрытия, выполненные из материалов, которые разрешено использовать для этой цели органами здравоохранения. Для каждого вида продуктов должны быть отдельные разделочные доски и ножи, которые хранятся в соответствующих отделах на специально отведенных местах. На боковой продольной стороне разделочных досок и ножей ставится четкая маркировка: «МГ» — мясная гастрономия, «РГ» — рыбная гастрономия, «СМ» — сырое мясо, «Х» — хлеб и т. д. С гигиенической точки зрения наилучшими являются доски из цельного куска древесины.

На предприятиях торговли продовольственными товарами широко используется *упаковка* как средство защиты товара от повреждений и потерь, сохранения качества и для расфасовки и реализации. Элементами ее являются тара и упаковочные материалы. Различают упаковку производственную и торговую. По назначению ее подразделяют на транспортную и потребительскую.

Транспортная упаковка используется для перевозки товара и оптовой или мелкооптовой продажи. К ней относятся грузовые цистерны, контейнеры, ящики, лотки, коробки, мешки и т. д. Она подразделяется на жесткую (металлическая, стеклянная, деревянная, полимерная), полужесткую (картонная, комбинированная) и мягкую (полимерная, бумажная, тканевая).

Потребительская упаковка предназначена для сравнительно небольших расфасовок и сохранения товара у потребителя. Она предполагает предварительное расфасовывание продукта производителем или продавцом и отпуск потребителю в расфасованном виде, с заранее обусловленными количественными характеристиками (масса, объем). Для жидких продовольственных товаров применение потребительской упаковки (бутылки, банки, коробки, стаканы, пакеты и т. п.) — обязательное условие при розничной продаже.

Санитарно-гигиенические требования к упаковочным материалам для пищевых продуктов. Научно-технический прогресс и расширение объемов производства продуктов питания вывели тароупаковочную индустрию на уровень ведущих отраслей. Упаковка позволяет сократить потери продукции, гарантировать сохранение ее качества при длительном хранении, обеспечить доставку потребителю в привлекательном виде.

Широкое использование в качестве упаковочных материалов находят синтетические полимеры — высококачественные заменители естественного сырья, обладающие ценными свойствами, многие из которых не присущи природным материалам.

С развитием техники и технологии получения упаковочных материалов расширяются не только функции упаковки, но и требования к ней, основными из которых являются:

• обеспечение возможности расфасовки и транспортировки продуктов;

• защита продуктов от воздействия окружающей среды, патогенных и вредных микроорганизмов;

• сохранение пищевой ценности продукта и увеличение срока его годности;

• совместимость с определенными продуктами;

• гигиеничность, безопасность и др.

Важнейшей гигиенической характеристикой упаковки является безопасность. Это означает, что содержащиеся в упаковке вредные для организма вещества не могут перейти в продукт, непосредственно соприкасающийся с упаковкой.

Практически все используемые в производстве упаковочных материалов полимеры содержат химические соединения, которые систематически выделяются в процессе синтеза, переработки и эксплуатации изделий, загрязняя окружающую среду, питьевую воду и продукты питания и могут отрицательно влиять на здоровье человека. Поэтому в рецептуру полимерного материала не должны входить токсичные вещества. Использование добавок регламентируется гигиеническими нормативами: величиной ДКМ (допустимое количество миграции) и ДМ (максимально допустимая суточная доза)(мг/л).

Все материалы пищевого контактирования допускаются к использованию только с разрешения Главного санитарно-эпидемиологического управления после соответствующей гигиенической экспертизы, включающей оценку их пригодности для такого контакта. Например, для полимерных материалов санитарно-химические исследования проводятся согласно «Инструкции по санитарно-химическому исследованию изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами» [41] и СанПиН 13-3 РБ 01 «Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами» [42].

При гигиенической оценке пригодности материалов для контакта с пищевыми продуктами учитывают следующие факторы:

- отсутствие изменений органолептических свойств продукта;
- отсутствие миграции в продукт ксенобиотиков, входящих в состав материалов в количествах, превышающих гигиенические нормативы;
- отсутствие стимулирующего действия материала или его компонентов на развитие микрофлоры;
- отсутствие химических реакций или других взаимодействий между материалом и пищевым продуктом.

После гигиенической экспертизы выдается соответствующее заключение и на изделия пищевого назначения наносится маркировка, например, «Для пищевых продуктов», «Для питьевой воды», «Для сухих пищевых продуктов» и т. д.

Кроме того, необходимо учитывать и экологические свойства упаковки — способность ее при использовании и утилизации не наносить существенного вреда окружающей среде. Совместимость упаковки заключается в ее способности не изменять потребительские свойства упакованных продуктов. Для этого она должна быть чистой, сухой, без признаков плесени и посторонних запахов. Она не должна поглощать компоненты товара (жиры, воду и т. п.). Запрещается применять упаковку, несовместимую с продуктами. Например, нельзя использовать оберточную бумагу и полиэтиленовую пленку для жиросодержащих продуктов. Деревянные ящики

для пищевых продуктов нельзя изготавливать из древесины хвойных пород, так как продукты могут приобрести несвойственный им хвойный запах. Упаковочные материалы следует хранить в специально выделенном помещении; на стеллажах, полках, в шкафах. Запрещается их хранение непосредственно на полу.

7.4. Санитарный режим на торговых предприятиях

Санитарное состояние предприятий торговли должно соответствовать требованиям действующих СанПиН 578-91 [39].

Основы создания санитарно-гигиенических условий предприятия, обеспечивающих нормальные условия его функционирования и профилактику пищевых заболеваний, закладываются уже на стадии проектирования. Наряду с этим необходимым условием доведения до потребителя доброкачественного и безопасного с гигиенической точки зрения пищевого продукта является строгое соблюдение санитарного режима предприятия, т. е. содержание в безупречной чистоте всех помещений, оборудования, инвентаря, территории и осуществление всех производственных процессов в строгом соответствии с санитарными правилами.

Территория предприятия должна содержаться в чистоте, для чего необходима еженедельная уборка. Один раз в неделю следует проводить генеральную уборку с использованием моющих и дезинфицирующих средств. Один раз в месяц на всех предприятиях торговли устанавливается санитарный день для уборки и последующей *дезинфекции*, а при необходимости — *дезинсекции и дератизации* объекта.

Дезинфекция — это комплекс мероприятий по уничтожению возбудителей инфекционных заболеваний человека в окружающей его среде.

На предприятиях торговли ее проводят в основном с профилактической целью. Это позволяет предупредить возникновение инфекции и своевременно ее уничтожить. Такая дезинфекция проводится периодически, обычно раз в месяц или по эпидемиологическим показаниям.

Для предупреждения обсеменения пищевых продуктов, инвентаря, оборудования, помещений необходимо осуществлять их по-

стоянное мытье, очистку и дезинфекцию с предварительной санитарной обработкой специальными чистящими средствами с последующим мытьем.

Для мытья используют растворы моющих средств, которые должны обеспечивать полное удаление загрязнений и не вызывать коррозию оборудования. На предприятиях торговли продовольственными товарами используют в основном кальцинированную соду, тринатрийфосфат, дезмол, синтетические моющие порошки типа А, Б, В и др.

Среди современных дезинфицирующих средств используются средства на основе перекиси водорода, уксусной кислоты, спирта, глутарового альдегида, имеющие широкий спектр антимикробной активности и совместимы с любыми материалами, обладают быстродействием в низких концентрациях. К ним относятся «САНДИМ-Д», «ГЕКСАДЕКОН», «ДЕСКОЦИТ», «ТРИАЦИД». Эти средства используют для проведения профилактической, заключительной дезинфекции.

Для мытья и дезинфекции рук применяют «ДЕРМАГАРД», «СЕПТОЦИД Р+», «СЕПТОЦИД СИНЕРЖИ», представляющие собой жидкие концентрированные средства на основе спирта с микробостатическим и микробоцидным эффектом. Все выше указанные средства зарегистрированы Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

Для дезинфекции оборудования, инвентаря, посуды используют осветленный раствор хлорной извести с содержанием активного хлора 150–200 мг/см^3, для дезинфекции полов, панелей применяют дезинфицирующие растворы с 200–250 мг/ см^3 активного хлора, а также хлорамин, монохлорамин и их препараты, иногда применяют известковое молоко с добавлением хлорной извести. На торговых предприятиях запрещается применять для дезинфекции токсичные и дурно пахнущие препараты.

Моющие и дезинфицирующие растворы следует хранить в сухом, хорошо проветриваемом помещении, оборудованном стеллажами, в котором хранение пищевых продуктов не допускается. Санитарной обработке подвергают и инвентарь.

Дезинфекцию торгового предприятия проводят специально подготовленные лица по указанию санитарно-эпидемической службы.

Дезинсекция — комплекс мер по уничтожению насекомых-переносчиков, возбудителей болезней и глистных инвазий. Профилактическая дезинсекция проводится после окончания работы предприятия или в санитарный день. При этом пищевые продукты, посуда, инвентарь должны быть вынесены из помещения или герметично упакованы. После дезинсекции необходимо производить проветривание и тщательную уборку помещений.

Применение химических средств (инсектицидов) для уничтожения мух и тараканов допускается только подготовленными для этих целей специалистами дезстанций. Для борьбы с насекомыми широко используются различные препараты в жидком, порошкообразном и аэрозольном виде, многие из которых являются пиретроидами. Также для дезинсекции применяют 2 % растворы салицилата натрия или формалина, фторид натрия, буру. Препараты добавляют в качестве приманок в различные пищевые продукты. Иногда для ловли мух применяют липкие ленты, а для тараканов — специальные ловушки.

Дератизация — комплекс мер по борьбе с грызунами — источниками или переносчиками инфекционных заболеваний, глистных инвазий и т. д. Ее проводят специалисты-дератизаторы с использованием химических способов борьбы. Для этой цели применяют целый ряд химических препаратов в виде приманок — крысид, зоокумарин, фосфид цинка, тиосемикарбазид и др. Запрещается применять биологические методы борьбы с грызунами.

Категорически запрещается оставлять и хранить средства, применяемые для дезинсекции и дератизации!

На предприятиях торговли продовольственными товарами не допускается наличие мух, тараканов и грызунов. Администрация предприятия обязана обеспечить проведение в течение всего года мероприятий по борьбе с насекомыми и грызунами как на территории предприятия, так и во всех помещениях. При наличии на предприятиях насекомых или грызунов учреждения санитарно-эпидемической службы имеют право запретить его эксплуатацию до проведения полной обработки.

7.5. Гигиенические требования к торговому процессу

Прием и хранение пищевых продуктов. Прием продовольственных товаров по количеству и качеству на предприятиях всех форм собственности должен осуществляться в соответствии с нормативными актами и сопроводительными документами поставщика.

Приему подлежат только доброкачественные пищевые продукты, соответствующие требованиям действующих государственных стандартов и прошедшие обязательную сертификацию. Не подлежат приему продукты с истекшими сроками годности или реализации, а также без сертификатов, выданных в установленном порядке. В случае поставки продукции, не соответствующей требованиям нормативной документации, предприятие обязано отказаться от принятия и оплаты продукции.

Качество пищевых продуктов, поступающих на предприятия торговли, проверяется товароведами, кладовщиками, материально ответственными лицами, заведующими или директорами предприятий.

При сомнении в доброкачественности принимаемых продуктов или несоответствии их гигиеническим показателям отбирают пробы для исследований в лабораториях ведомственной или государственной санитарно-эпидемиологической службы. Гигиеническая оценка качества продукта проводится в целях выявления свойств, характеризующих его безвредность для здоровья человека.

Учреждения санитарно-эпидемиологической службы проводят гигиеническую экспертизу продуктов питания только при наличии специальных санитарно-эпидемиологических показаний. Экспертиза нестандартных продуктов, а также явно недоброкачественных, испорченных, не требующих специальной медицинской компетенции осуществляется товароведами или инспекцией по качеству. Недоброкачественные продукты бракуются.

Запрещаются прием, хранение и реализация скоропортящихся и особо скоропортящихся продуктов на предприятиях торговли, не обеспеченных средствами охлаждения. Хранение скоропортящихся и особо скоропортящихся продуктов в условиях охлаждения должно обеспечиваться не только в складских помещениях, но и в местах непосредственной реализации. Каждая единица упаковки особо скоропортящихся продуктов должна сопровождаться сертификатом установленной формы на данный вид продукции с обязательным указанием температуры хранения и конечного срока реализации.

Тара и упаковка пищевых продуктов должны быть прочными, чистыми, сухими, без посторонних запахов и нарушения целостности. Загружают пищевые продукты в складские помещения, охлаждаемые камеры, овоще- и фруктохранилища в целях более четкого соблюдения сроков их хранения и контроля качества.

Хранение — это этап технологического цикла и товародвижения от выпуска готовой продукции до потребления. Конечный результат эффективного хранения товара — сохранение его без потерь или с минимальными потерями в течение обусловленного срока. Показателями сохраняемости служат выход стандартной продукции, размер потерь и сроки хранения. Чем выше потери, тем меньше выход стандартной продукции, и оба эти показателя сохраняемости зависят от условий и сроков хранения. Условия хранения представляют собой совокупность внешних воздействий окружающей среды, обусловленных режимом хранения и размещения товара в хранилище. Режим хранения — это совокупность климатических и санитарно-гигиенических требований, обеспечивающих сохраняемость товара. Согласно санитарным правилам для предприятий продовольственной торговли, хранение пищевых продуктов должно осуществляться в соответствии с действующей нормативной документацией при требуемых параметрах температуры, влажности и светового режима *для каждого вида продукции.*

К наиболее значимым факторам, определяющим условия хранения, относится размещение продовольственных товаров. При хранении пищевых продуктов должны строго соблюдаться правила товарного соседства, нормы складирования.

Правило товарного соседства устанавливает требования к совместному хранению продуктов с одинаковым режимом хранения, а также с приемлемыми друг для друга сорбционными свойствами. Это правило основано на принципе совместимости разных продуктов. В соответствии с правилами товарного соседства нельзя хранить совместно продукты, требования к температурно-влажност-

ному режиму которых, а также к газовому составу среды и воздухообмену различны. Так, нельзя совместно хранить замороженные и охлажденные, сухие и влажные продукты. Плоды и овощи разных видов и сортов, при хранении которых поддерживается неодинаковый режим газовой среды, также нельзя размещать на одном складе. Санитарными правилами подчеркивается, что продукты со специфическим запахом (сельди, специи и т. п.) должны храниться отдельно от продуктов, воспринимающих запахи. Для пищевых продуктов посторонние запахи не допускаются, при их наличии продукты переводят в нестандартную категорию.

Нежелательным последствием несоблюдения правила товарного соседства могут стать качественные потери из-за запрета реализации продуктов с посторонними запахами, а также общие потери в результате несоблюдения режима хранения.

Важное санитарно-гигиеническое значение имеют и *нормы складирования*. Рациональное использование складских площадей предполагает оптимальную их загрузку с учетом минимально допустимых расстояний продуктовых товаров от стен, потолка, охлаждаемых и отопительных приборов. Загрузка складов определяется площадью, объемом и коэффициентом загрузки.

Основополагающие принципы хранения пищевых продуктов — непрерывность соблюдения условий хранения, защита от неблагоприятных внешних воздействий, систематичность контроля и др.

Контроль за санитарно-гигиеническим режимом хранения осуществляется визуально. При визуальном осмотре пищевых продуктов, тары, стен, потолка отмечают наличие или отсутствие плесени, гнилей; обращают внимание на посторонние неприятные запахи; устанавливают присутствие насекомых в воздухе и грызунов или их следов в виде помета, нор, мышеедин. При обнаружении признаков микробиологической порчи, а также повреждений продуктов насекомыми или мышевидными грызунами осуществляют санитарно-гигиеническую обработку, предназначенную для создания и поддержания установленного санитарно-гигиенического режима.

Санитарными правилами для предприятий торговли запрещено складировать пищевые продукты вблизи водопроводных и канализационных труб, приборов отопления, вне складских помещений, а также незатаренную продукцию непосредственно на полу. Все пищевые продукты в складских, охлаждаемых, подсобных помещениях должны храниться на стеллажах, поддонах и подтоварниках.

Запрещается хранение сырых продуктов и полуфабрикатов вместе с готовыми продуктами, испорченных или подозрительных по качеству пищевых продуктов вместе с доброкачественными, также хранение в складских помещениях для пищевых продуктов тары, тележек, хозяйственных материалов и непищевых товаров.

Для более полной и эффективной защиты продовольственных товаров при хранении и воздействия на возбудителей инфекций и возбудителей, вызывающих порчу пищевых продуктов, а также их переносчиков, специалистами санитарно-эпидемической службы по мере необходимости проводятся работы по дезинфекции, дезинсекции и дератизации.

Реализация пищевых продуктов — это деятельность по отпуску их потребителям. Назначение реализации — создание потребительских предпочтений, обеспечивающих сбыт товаров. В розничной торговой сети процесс реализации часто совмещается с операциями товарной обработки: сортировкой, фасовкой, упаковыванием и приданием товару привлекательного внешнего вида, которые проводятся продавцом непосредственно на рабочем месте.

Реализация товаров — заключительный этап технологического процесса в торговом предприятии, поэтому ему необходимо уделять должное внимание и соблюдать предъявляемые к этому процессу соответствующие санитарно-гигиенические требования.

К продаже допускаются только доброкачественные пищевые продукты. На реализуемые продукты предприятие обязано иметь соответствующие документы с указанием в них реквизитов поставщика, количества поступившего товара, цены, общей суммы. Предприятие обязано передать покупателю товары, соответствующие по качеству обязательным требованиям нормативной документации, условиям договора, а также предоставленной информации об их потребительских свойствах. Предприятие несет ответственность за надлежащее качество продовольственных товаров.

Качество пищевых продуктов, состояние упаковки и наличие маркировки обязательно должны проверяться перед подачей в фасовочное помещение или торговый зал. Ответственность за реализацию недоброкачественных пищевых продуктов несет продавец.

Реализация сырых продуктов (мяса, птицы, рыбы, морепродуктов, яиц, овощей и др.) и полуфабрикатов из них проводится только в специальных отделах раздельно от реализации готовых к употреблению продуктов.

При реализации нефасованных продуктов продавец обязан пользоваться щипцами, лопатками, совками, черпаками, ложками и др. На его рабочем месте должны быть в наличии маркированные разделочные доски и ножи. Взвешивание пищевых продуктов на весах без оберточной бумаги и других упаковочных материалов не допускается. Запрещается отпуск покупателям продуктов, случайно упавших на пол или загрязненных иным путем *(санитарный брак)*. Санитарный брак необходимо собирать в специальную емкость с соответствующей маркировкой. При организации обслуживания на дому доставка пищевых продуктов заказчику должна производиться в условиях, исключающих их загрязнение и порчу.

Продавец обязан обеспечить покупателя наглядной и доступной информацией о наименовании и принадлежности предприятия, перечне предоставляемых услуг и тарифах на них, времени приема и выдачи заказов, цене товаров, ассортименте и потребительских свойствах, а в отношении продовольственных товаров — о составе, энергетической ценности, дате изготовления, сроке годности и др.

Разносная торговля осуществляется путем предложения товаров на дому у граждан, а также на улицах и других общественных местах, на предприятиях, в учреждениях и организациях при наличии разрешения соответствующих исполнительно-распорядительных органов и администраций предприятий и учреждений. Запрещается разносная торговля нерасфасованными продовольственными товарами, а также скоропортящимися пищевыми продуктами.

В разнос разрешается продавать мелкоштучные хлебобулочные изделия, пирожки, пончики, бутерброды (за исключением бутербродов с вареной колбасой и паштетом), пряники, конфеты, шоколад, печенье и другие кондитерские изделия в обертке или фабричной упаковке, а также фрукты, цитрусовые, мороженое, прохладительные напитки в закрытых бутылках.

Санитарно-гигиенические требования к транспортированию пищевых продуктов. Пищевые продукты на предприятия торговли продовольственными товарами доставляются различными видами транспорта, соответствующего этой цели по санитарно-гигиеническим показателям. При транспортировании необходимо соблюдать условия, которые исключают снижение качества пищевых продуктов.

Для доставки пищевых продуктов выделяется специальный транспорт. Запрещается перевозить продукты транспортом, на котором ранее перевозились ядохимикаты, бензин, керосин и другие сильно пахнущие и ядовитые вещества.

Транспортные средства могут быть специализированными, т. е. предназначенными для перевозки определенных продуктов (молочные, колбасные, кремовые, кондитерские изделия, хлеб, мясо, рыба и др.). Для перевозки продуктов разных наименований используется транспортное средство общего назначения с надписью «Продукты».

Транспортное средство должно плотно закрываться и быть чистым. Запрещается перевозить пищевые продукты на транспорте, не отвечающем санитарным требованиям. Транспорт, используемый для перевозки пищевых продуктов, должен иметь санитарный паспорт, быть в исправном состоянии. Санитарный паспорт выдается на определенный срок и подлежит регистрации в журнале. Кузов машины должен иметь гигиеническое покрытие, легко поддающееся мойке.

Нельзя транспортировать сырые продукты и полуфабрикаты вместе с готовыми пищевыми продуктами. Условия транспортирования (температура, влажность) должны соответствовать требованиям нормативной документации на каждый вид пищевых продуктов разным видом транспорта. Для доставки особо скоропортящихся пищевых продуктов должен быть выделен охлаждаемый или изотермический транспорт.

Шофер-экспедитор или экспедитор обязан иметь при себе личную медицинскую книжку и спецодежду темного цвета, строго соблюдать правила личной гигиены и правила транспортирования пищевых продуктов.

Для пищевых продуктов используют металлическую, пластмассовую или деревянную тару. Деревянную тару обивают изнутри оцинкованным железом или алюминиевыми листами. Наиболее прогрессивное средство транспортирования — использование контейнеров для перевозки фасованных продуктов — овощей, консервов, молока и молочных продуктов, тортов, кондитерских изделий, мясных и рыбных продуктов, полуфабрикатов, а также хлеба и хлебобулочных изделий. Контейнерная перевозка предохраняет продукты от загрязнения, сокращает время доставки продуктов, облегчает условия труда персонала.

Хлеб и хлебобулочные изделия перевозятся в лотках, в специальных закрытых автомашинах или фургонах, оборудованных полками. Перевозить хлеб навалом запрещается.

Кремовые кондитерские изделия транспортируются в охлаждаемом транспорте в условиях, исключающих повышение температуры выше 6 °С. Изделия складываются в металлические контейнеры с крышками, торты доставляются в стандартных картонных или пластиковых коробках. Категорически запрещается перевозить кремовые кондитерские изделия на открытых листах или лотках.

Доставка мяса производится в авторефрижераторах. Остывшее и охлажденное мясо транспортируется при температуре не выше 6 °С, мороженое — при температуре не выше 0 °С. В отдельных случаях допускается использовать открытый автотранспорт, в котором мясо укладывают на чистую подстилку и покрывают брезентом, парусиной или бязью.

Живая рыба перевозится из водоемов в автомобилях-цистернах с термоизоляцией, имеющих емкость 100 кг для льда, а также оборудование для насыщения воды воздухом. Температура воды в цистерне зимой должна быть 1–2 °С, весной и осенью 4–6, летом 10–14 °С.

Перевозка пищевых продуктов допускается только после мытья и дезинфекции кузова автомашины. Особенно строгие требования предъявляются к обработке изотермических емкостей для перевозки жидких продуктов — молока, пива, кваса и др.

Территориальные центры гигиены и эпидемиологии должны выдавать санитарный паспорт на каждую автомашину, перевозящую продукты, не более чем на 6 месяцев; для особо скоропортящихся продуктов — на 3 месяца. Работники санитарно-эпидемиологической службы имеют право запретить перевозку пищевых продуктов транспортом, не отвечающим санитарным требованиям.

Текущий санитарный надзор за соблюдением санитарно-гигиенических и санитарно-противоэпидемических норм и правил в процессе транспортировки пищевых продуктов направлен на сохранение их качества, предупреждение порчи и обсеменения патогенными микроорганизмами.

7.6. Санитарно-гигиенические требования к работникам торговли

Личная гигиена работников торговли — один из разделов общей гигиены, изучающий вопросы сохранения и укрепления здоровья человека путем соблюдения гигиенического режима его жизни и деятельности. В узком понимании к ней относят гигиенические требования к содержанию в чистоте тела, одежды, к приготовлению пищи.

Соблюдение правил личной гигиены работниками торговли имеет не только индивидуальное, но и социальное значение. Соприкасаясь с пищевыми продуктами, торговым инвентарем и оборудованием, персонал торгового предприятия может способствовать загрязнению их возбудителями инфекционных болезней и пищевых заболеваний микробного и паразитарного характера. Поэтому строгое соблюдение правил личной гигиены имеет большое значение в профилактике этих заболеваний.

Под личной гигиеной работника торговли следует понимать выполнение санитарно-гигиенических и медицинских рекомендаций относительно содержания в чистоте тела, использования для работы чистой санитарной одежды и прохождения профилактических медицинских осмотров.

Гигиенические требования к содержанию в чистоте тела. Содержание в чистоте тела — основная часть личной гигиены. Тело человека покрывает кожа, которая выполняет жизненно важные функции: защиту от внешних воздействий, осязание, выделение, терморегуляцию, газообмен. Она неразрывно связана с жизнедеятельностью всего организма и отражает состояние здоровья.

Особенно легко загрязняются открытые части тела. На руках могут накапливать микроорганизмы и яйца глистов, которые затем переносятся на различные предметы, в том числе и на пищевые продукты. Хранение рук в чистоте — одно из основных требований гигиены. Именно они очень часто становятся причиной желудочно-кишечных заболеваний. Необходимо следить за состоянием ногтей и кожи рук. В нагноившихся ссадинах, царапинах, порезах скапливается большое количество небезопасных для здоровья патогенных стрептококков и стафилококков, возбудителей некоторых заболеваний и пищевых отравлений стафилококковой этиологии.

Ротовая полость — начальный отдел пищеварительной системы, один из главных входных путей для многочисленных микроорганизмов. Негигиеничное содержание полости рта способствует заболеванию зубов, возникновению стоматитов, воспалительных процессов дыхательных путей и др. К числу важнейших гигиенических мероприятий по содержанию ротовой полости в чистоте относится правильный уход за зубами и полостью рта. Санацию его следует проходить всем работникам пищевых предприятий. Она играет важную роль в профилактике заболеваний околозубных тканей, слизистой оболочки полости рта и многих острых и хронических заболеваний.

Определенное гигиеническое значение имеет и микрофлора желудочно-кишечного тракта. При несоблюдении правил личной гигиены происходит инфицирование пищевых продуктов, оборудования и инвентаря.

Все работники предприятий торговли обязаны постоянно следить за чистотой тела, рук, волос, коротко стричь ногти, приходить на работу в чистой одежде и обуви, личные вещи оставлять в гардеробной, перед началом работы принимать душ, а при отсутствии

душа перед началом отпуска продуктов тщательно мыть руки с мылом. Обязательно мыть руки перед началом отпуска продуктов и после посещения туалета, а также после каждого перерыва в работе и соприкосновения с загрязненными предметами, не принимать пищу и не курить в торговых, складских и подсобных помещениях.

При появлении признаков желудочно-кишечных заболеваний, повышении температуры, нагноениях и других симптомов заболеваний необходимо ставить в известность администрацию и обращаться в медицинское учреждение для получения консультации и соответствующего лечения.

Всем работникам торговых предприятий необходимо соблюдать правила техники безопасности. На каждом торговом предприятии должна быть аптечка для оказания первой доврачебной помощи. При повреждении кожи рук рану следует обработать дезинфицирующим средством, закрыть стерильной повязкой, чтобы предотвратить нагноение. Лица, имеющие гнойничковые заболевания, к работе с пищевыми продуктами не допускаются, поскольку они могут стать источником пищевых отравлений.

Санитарная одежда. Для защиты пищевых продуктов от загрязнений работникам торговли выдается санитарная одежда. Она состоит из халата, куртки, фартука, нарукавников, колпаков, косынок. Санитарная одежда должна быть всегда чистой, полностью прикрывать домашнюю одежду и волосы, хорошо застегиваться. Меняют ее по мере загрязнения, но не реже 1 раза в два дня.

Для хранения санитарной одежды выделяют специальные места или индивидуальные шкафы. Ее следует хранить отдельно от домашней одежды. Надевать санитарную одежду необходимо перед началом работы после принятия душа или мытья рук, а снимать — при выходе из предприятия на территорию и перед посещением туалета. При посещении туалета ее оставляют в предтуалетной и надевают только после тщательного мытья рук.

Работникам предприятий торговли продовольственными товарами запрещается закалывать санитарную одежду булавками, иголками и хранить в карманах халатов, курток предметы личного туа-

лета, сигареты и другие посторонние предметы, использовать санитарную одежду не по назначению.

Администрация предприятия обязана обеспечить каждого работника санитарной одеждой в соответствии с действующими нормами и регулярную стирку и починку. Категорически запрещается стирка санодежды в индивидуальном порядке в домашних условиях.

Медицинские осмотры, профилактические обследования, санитарная документация и гигиеническая подготовка персонала. В целях охраны здоровья населения, предупреждения профессиональных отравлений и заболеваний, несчастных случаев, обеспечения безопасности труда, предотвращения инфекционных и паразитарных заболеваний работники предприятий торговли продовольственными товарами проходят обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры.

Не допускаются к работе на торговых предприятиях или подлежат временному отстранению лица с заболеваниями и бактерионосительством: брюшного тифа, паратифов, сальмонеллеза, дизентерии, заразных кожных заболеваний (чесотка, трихофития, микроспория), заразных и деструктивных форм туберкулеза легких, внелегочного туберкулеза с наличием свищей, гнойничковых заболеваний и др.

Выявленных бактерионосителей кишечных инфекций отстраняют от работы, лечат. Без разрешения представителей органов санитарного надзора они не могут быть вновь допущены к работе.

Всем работникам предприятий торговли обязательно делают профилактические прививки в целях предупреждения инфекционных и кишечных заболеваний. Перечень профилактических прививок, порядок и сроки их проведения определяются Минздравом Республики Беларусь.

Работники, имеющие по роду выполнения работы непосредственное соприкосновение с пищевыми продуктами, посудой, производственным инвентарем и оборудованием, должны проходить гигиеническую подготовку, сдавать зачет 1 раз в два года по установленной программе. В программу санитарного минимума вклю-

чаются сведения об инфекционных болезнях и пищевых отравлениях, их профилактике, санитарном режиме на предприятии, личной гигиене и т. д. Санитарный врач имеет право отстранить от работы лиц, не знающих и не выполняющих правила на работе, до сдачи зачета по установленной программе.

Каждый работник торгового предприятия должен иметь личную медицинскую книжку, в которой отражаются результаты всех медицинских осмотров и обследований, сведения о перенесенных инфекционных заболеваниях, о прохождении гигиенического обучения и аттестации. Личные медицинские книжки хранятся у администрации предприятия. Работникам мелкорозничной торговой сети личные медицинские книжки выдаются на руки.

Ответственность за соблюдение правил личной гигиены, санитарное состояние рабочего места, санитарных требований к отпуску пищевых продуктов и сроков их реализации возлагается на продавца.

Каждый работник предприятия торговли продовольственными товарами должен знать санитарные правила и соблюдать личную гигиену.

Литература

1. *Зименко Т. Г., Самсонова А. С.* Невидимые санитары биосферы. Мн., 1984.

2. Техническая микробиология пищевых продуктов / В. М. Богданов, Р. С. Баширова, К. А. Кирова и др.; Под. ред. А. Я. Панкратова. М., 1968.

3. *Трушина Т. П.* Микробиология, гигиена и санитария в торговле. Ростов н/Д, 2000.

4. *Мишустин Е. Н., Емцев В. Т.* Микробиология. М., 1978.

5. *Мудрецова-Висс К. А.* Микробиология. М., 1985.

6. *Нейман Б. Я.* Индустрия микробов. М., 1983.

7. *Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж.* Мир микробов: В 3 т. / Пер.с англ., М., 1979. Т. 3.

8. Жизнь растений: В 6 т. / Под ред. Н. А. Красильникова, А. А. Уранова. Т. 1: Бактерии и актиномицеты. М., 1974.

9. *Сасон А.* Биотехнология: свершения и надежды / Пер.с англ.; Под ред. В. Г. Дебабова. М., 1987.

10. *Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж.* Мир микробов: В 3 т. Пер. с англ. М., 1979.Т.1.

11. *Полупанов В. С.* Внеклеточные белки микроорганизмов. Мн., 1986.

12. *Азаров В. Н.* Основы микробиологии и пищевой гигиены. М., 1981.

13. *Шлегель Г.* Общая микробиология / Пер. с нем. М., 1987.

14. *Колешко О. И.* Микробиология. Мн., 1977.

15. *Красильников Н. А.* Определитель бактерий и актиномицетов. М., 1949.

16. *Берджс Д.* Определитель микробов. Киев, 1936.

17. *Павлович С. А.* Микробиология с вирусологией и иммунологией. Мн., 2005.

18. *Майер В., Кенда М.* Невидимый мир вирусов / Пер. со словацк. М., 1981.

19. *Стейниер Р., Эдельберг Э., Ингрэм Дж.* Мир микробов: В 3 т. Пер.с англ. М., 1979.Т.2.

20. *Бакулина Н. А., Краева Э. Л.* Микробиология. М., 1976.

21. *Асонов Н. Р.* Микробиология. М., 1980.

22. Жизнь растений: В 6 т. / Под ред. М. В. Горленко. Т. 2.: Грибы. М., 1976.

23. *Жвирблянская А. Ю., Бакушинская О. Я.* Микробиология в пищевой промышленности. М., 1975.

24. *Готшалк Г.* Метаболизм бактерий / Пер. с англ. М., 1982.

25. *Залашко М. В., Королева И. Ф., Михеева Л. Д.* Микроорганизмы — источники жиров и витаминов. Мн., 1984.

26. СанПиН 10-124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. М., 1999.

27. Упаковка в модифицированной атмосфере // Тара и упаковка. 2004. № 2. С. 52–53.

28. *Беляев В. С.* Барьерные свойства полимерных материалов // Технология переработки и упаковки. 2004. № 4. С. 15–16.

29. *Шарковский Е. К.* Гигиена продовольственных товаров. М., 2003.

30. *Мармузова Л. В.* Основы микробиологии, санитарии и гигиены в пищевой промышленности. М., 2000.

31. *Мюнх Г.* Микробиология продуктов животного происхождения. М., 1985.

32. *Мюллер Г., Литц П., Мюнх Г.* Микробиология продуктов растительного происхождения. М., 1977.

33. *Лерина И. В., Педенко А. И.* Лабораторные работы по микробиологии. М., 1988.

34. *Мудрецова-Висс К. А., Кудряшова А. А., Дедюхина В. П.* Микробиология, санитария и гигиена. М., 2001.

35. *Жарикова Г. Г.* Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена. М., 2005.

36. *Ухарцева И. Ю., Гулевич В. М.* Микробиология, санитария и гигиена: лабораторный практикум для студентов специальности 1-25.01.09 «Товароведение и экспертиза товаров» специализации 1-25.01.09.01 «Товароведение и экспертиза продовольственных товаров». Гомель, 2003.

37. О санитарно-эпидемическом благополучии населения: Закон Респ. Беларусь, 23 нояб. 1993 г., № 283-XII // Ведомости нац. собр. Респ. Беларусь. 2002. № 19.

38. О качестве и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья человека: Закон Респ. Беларусь, 29 июня 2003 г., № 217-3 // Нац.реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2003. № 19.

39. СанПиН 5781-91. Санитарные правила для предприятий продовольственной торговли. М., 1991.

40. *Шарковский Е. К., Микулович Л. С., Брилевский О. А.* Гигиена и санитария в торговле: Учеб.-метод. пособие. Мн., 2005.

41. Инструкция по санитарно-химическому исследованию изделий, изготовленных из полимерных материалов и других синтетических материалов, предназначенных для контакта с пищевыми продуктами: № 880-71. М., 1972.

42. СанПиН 13-3 РБ 01. Предельно допустимые количества химических веществ, выделяющихся из материалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Мн., 2001.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 3

Раздел 1. ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ 13

Глава 1. МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ 13

1.1. Бактерии 14

1.2. Вирусы 37

1.3. Бактериофаги 40

1.4. Риккетсии 42

1.5. Грибы 43

1.6. Дрожжи 57

1.7. Актиномицеты 61

Глава 2. ОСНОВЫ ФИЗИОЛОГИИ И БИОХИМИИ МИКРООРГАНИЗМОВ 63

2.1. Химический состав микроорганизмов 64

2.2. Питание микроорганизмов 74

2.3. Дыхание микроорганизмов 83

2.4. Важнейшие биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами, и их практическое значение 90

Глава 3. ВНЕШНЯЯ СРЕДА И МИКРООРГАНИЗМЫ 110

3.1. Внешняя среда как источник инфицирования пищевых продуктов микроорганизмами 110

Глава 4. ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА МИКРООРГАНИЗМЫ 117

4.1. Физико-химические факторы 117
4.2. Физические факторы 127
4.3. Химические факторы 145
4.4. Биологические факторы 160
Раздел 2. СПЕЦИАЛЬНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ 175
Глава 5. ПИЩЕВЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ. ИНФЕКЦИЯ И ИММУНИТЕТ ... 175
5.1. Патогенные микроорганизмы 175
5.2. Инфекция и иммунитет 177
5.3. Пищевые заболевания 179
5.4. Пищевые инфекции 181
5.5. Пищевые отравления 188
5.6. Гельминтозы 205
Глава 6. МИКРОБИОЛОГИЯ И САНИТАРИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ 209
6.1. Микрофлора плодов и овощей 209
6.2. Микрофлора квашеных и соленых овощей 220
6.3. Изменение микрофлоры в процессе сушки плодов и овощей 223
6.4. Микрофлора баночных консервов 224
6.5. Микрофлора вин, пива и кваса 228
6.6. Микрофлора пищевых концентратов 234
6.7. Микрофлора зерна, муки, крупы, хлеба 235
6.8. Микрофлора молока 241
6.9. Микрофлора пастеризованного молока 244
6.10. Микрофлора стерилизованного молока 246
6.11. Микрофлора кисломолочных продуктов 247
6.12. Микрофлора масла 256

6.13. Микрофлора маргарина молочного 263
6.14. Микрофлора сыра 264
6.15. Микрофлора мяса и мясопродуктов 270
6.16. Микрофлора мяса птицы 279
6.17. Микрофлора колбасных изделий 280
6.18. Микрофлора мясных консервов 283
6.19. Микрофлора рыбы 284
6.20. Микрофлора рыбных пресервов 290
6.21. Микрофлора яиц и яичных продуктов 291
Раздел 3. ГИГИЕНА И САНИТАРИЯ В ТОРГОВЛЕ 296
Глава 7. ОСНОВЫ САНИТАРИИ И ГИГИЕНЫ 296
7.1. Санитарное законодательство и санитарно-пищевой надзор 296
7.2. Гигиенические требования к торговым предприятиям 299
7.3. Санитарно-гигиенические требования к оборудованию, инвентарю, посуде, таре и упаковочным материалам .. 307
7.4. Санитарный режим на торговых предприятиях 311
7.5. Гигиенические требования к торговому процессу 314
7.6. Санитарно-гигиенические требования к работникам торговли 321

Учебное издание

МИКРОБИОЛОГИЯ И САНИТАРИЯ

Учебное пособие

Редактор *Л.А. Косенкова*
Компьютерная верстка *Н.Л. Смирнова*

Подписано в печать 11.07.2006. Формат 60×84 $^{1}/_{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 19,3. Уч.-изд. л. 15,3.
Тираж 1000 экз. Заказ 606.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр
Министерства финансов Республики Беларусь».
ЛИ № 02330/0056921 от 01.04.2004.
ЛП № 02330/0056683 от 29.03.2004.
220004, г. Минск, ул. Кальварийская, 17.
http://www.ivcmf.by e-mail: ivc@ivcmf.by