УЧЕБНИКИ ДЛЯ ТЕХНИКУМОВ

Н.М.ВЕРБИНА, Ю.В.КАПТЕРЕВА

МИКРОБИОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ
ДЛЯ УЧАЩИХСЯ ТЕХНИКУМОВ

Н. М. ВЕРБИНА, Ю. В. КАПТЕРЕВА

МИКРОБИОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Допущено Управлением высшего и среднего специального образования Государственного агропромышленного комитета СССР в качестве учебника для учащихся средних специальных учебных заведений по пищевым специальностям

МОСКВА ВО «АГРОПРОМИЗДАТ» 1988

ББК 36-1
В31
УДК 663.11 : 579.67(075.3)

Рецензенты: Московский механико-технический техникум пищевой промышленности; канд. биол. наук, доц. *Э. К. Попова*

Вербина Н. М., Каптерева Ю. В.

В 31 Микробиология пищевых производств. — М.: Агропромиздат, 1988. — 256 с. — (Учебники и учеб. пособия для учащихся техникумов).

ISBN 5-10-000191-7

В общей части книги даны современные представления о морфологии, классификации, развитии микроорганизмов, метаболизме, экологии. Рассмотрены основные биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами.

В специальной части рассмотрена микробиология хлебопекарного, бродильного, кондитерского, сахарного, консервного, масложирового производств. Дано описание полезных микроорганизмов, участвующих в этих процессах, и вредных, инфицирующих продукты.

Для учащихся техникумов пищевой промышленности.

В $\frac{2901000000\text{-}165}{035(01)\text{-}88}$ 365-87 **ББК 36-1**

ISBN 5-10-000191-7

© ВО «Агропромиздат», 1988

ВВЕДЕНИЕ

Предмет микробиологии

Микробиология (греч. «микрос» — малый, «биос» — жизнь, «логос» — учение) — наука, изучающая мир мельчайших живых существ, которые были названы микроорганизмами. Они имеют чрезвычайно малые размеры — от долей микрометра до нескольких микрометров (1 мкм = 10^{-3} мм), а отдельные структуры их клеток измеряются даже в нанометрах (1 нм = 10^{-6} мм). Увидеть микроорганизмы невооруженным глазом невозможно, так как глаз различает частицы величиной не менее 0,1 мм; их можно наблюдать лишь с помощью оптических приборов — микроскопов. Современный световой микроскоп увеличивает объекты в 3 тыс. раз, а электронный — в 250—300 тыс. раз.

Микробиология изучает морфологию (строение) микроорганизмов, закономерности их развития и процессы, которые они вызывают в среде обитания, их роль в природе и хозяйственной деятельности человека.

К миру микроорганизмов относятся бактерии, дрожжи, мицелиальные (плесневые) грибы, а также вирусы и фаги. Микроорганизмы обитают во всех климатических зонах, находятся на всех предметах и продуктах, живут в организме человека, густо населяя пищеварительный тракт, слизистые оболочки, кожу. Микроорганизмы являются важнейшим звеном в круговороте веществ в природе. Они разлагают остатки отмерших животных и растений, выполняя роль санитаров планеты, и с их жизнедеятельностью связаны образование полезных ископаемых (нефти, некоторых руд, металлов, каменного угля и др.), плодородие почв, самоочищение водоемов и т. д.

Микроорганизмы используются во многих отраслях промышленности (пищевой, легкой, медицинской, микробиологической и др.), где с их помощью проводят специальные процессы, но имеются и болезнетворные (патогенные) микроорганизмы, вызывающие заболевания человека, животных и растений.

Краткий очерк развития микробиологии

Микробиология — относительно молодая наука, ее история насчитывает не более 300 лет. В истории микробиологии можно выделить два периода: морфологический и физиологический. Первый связан с именем голландца Антония ван Левенгука, который в конце XVII века открыл мир микроорганизмов.

А. Левенгук создал первые микроскопы, увеличивающие предметы в 160—300 раз. С помощью микроскопов он рассматривал настой сена, зубной налет, тину и воду каналов, дождевую воду и всюду находил мельчайшие живые организмы. А. Левенгук с большой точностью описал и зарисовал их внешний вид (морфологию), поэтому первый период в развитии микробиологии называют *описательным,* или *морфологическим.* Судя по рисункам, Левенгук наблюдал бактерии, грибы и водоросли. Его исследования микроорганизмов стимулировали развитие оптической техники.

Со второй половины XIX века началось бурное развитие микробиологии и рост ее практического значения, которые связаны с именем великого французского ученого Луи Пастера. Его работы положили начало второму периоду в развитии микробиологии — *физиологическому,* когда начали изучать функции микроорганизмов (физиологию). Открытия Л. Пастера велики. Во-первых, он установил, что процессы брожения имеют микробиологическую природу и каждый вид брожения обусловлен своим специфическим возбудителем. Во-вторых, исследуя причину болезней пива и вина, Л. Пастер открыл, что эти пороки связаны с попаданием посторонних микроорганизмов и предложил метод борьбы с ними — пастеризацию. В-третьих, Пастер объяснил, что инфекционные болезни имеют микробную природу и возникают в результате попадания в организм болезнетворных микроорганизмов. В-четвертых, Пастер предложил метод борьбы с инфекционными болезнями при помощи прививок, для которых применяются культуры микроорганизмов с ослабленным болезнетворным действием (вакцины). Они вызывают иммунитет к данным болезням. В-пятых, Пастер доказал, что некоторые микроорганизмы могут жить в отсутствии кислорода, т. е. открыл явление анаэробиоза.

Открытия Л. Пастера положили конец спору, длившемуся более столетия о якобы самопроизвольном зарождении микроорганизмов из неживой природы и самопроизвольном зарождении жизни на Земле. Л. Пастер является основоположником всех основных направлений современной микробиологии.

Большое значение имели также исследования немецкого ученого Р. Коха. Им разработана методика получения чистых культур микроорганизмов в виде отдельных колоний на плотных питательных средах, что позволило выделить и изучить ряд полезных и патогенных микроорганизмов. Р. Кох разработал основы дезинфекции.

По мере накопления знаний возникли самостоятельные специальные разделы микробиологии. Общая микробиология изучает строение, закономерности развития и жизнедеятельности микроорганизмов, их изменчивость и наследственность, экологию, обмен веществ. Из общей микробиологии выделились почвенная и водная микробиология, сельскохозяйственная, геологическая, космическая, медицинская микробиология и

вирусология. Обширный раздел составляет техническая, или промышленная, микробиология, которая изучает микроорганизмы, используемые в производственных процессах с целью получения различных практически важных веществ: пищевых продуктов, этанола, глицерина, ацетона, органических кислот и др.

Огромный вклад в развитие микробиологии внесли русские и советские ученые: И. И. Мечников, Д. И. Ивановский, Н. Ф. Гамалея, Л. С. Ценковский, С. Н. Виноградский, В. Л. Омелянский, Д. К. Заболотный, В. С. Буткевич, С. П. Костычев, Н. Г. Холодный, В. Н. Шапошников, Н. А. Красильников, А. А. Имшенецкий и др. Большая роль в развитии технической микробиологии принадлежит С. П. Костычеву, С. Л. Иванову и А. И. Лебедеву, которые изучили химизм процесса спиртового брожения, вызываемого дрожжами. На основании исследований химизма образования органических кислот мицелиальными грибами, проведенных С. П. Костычевым и В. С. Буткевичем, в 1930 г. в Ленинграде было организовано производство лимонной кислоты. На основе изучения закономерностей развития молочнокислых бактерий, осуществленного В. Н. Шапошниковым и А. Я. Мантейфель, в начале 20-х годов в СССР было организовано производство молочной кислоты, необходимой в медицине для лечения ослабленных и рахитичных детей. В. Н. Шапошников и его ученики разработали технологию получения ацетона и бутилового спирта с помощью бактерий, и в 1934 г. в Грозном был пущен первый в СССР завод по выпуску этих растворителей. Труды Я. Я. Никитинского и Ф. М. Чистякова положили начало развитию микробиологии консервного производства и холодильного хранения скоропортящихся пищевых продуктов. Благодаря работам А. С. Королева, А. Ф. Войткевича и их учеников значительное развитие получила микробиология молока и молочных продуктов. В последние годы техническая микробиология бурно развивается. Возникает значительное число новых производств с использованием микроорганизмов.

В 1966 г. в СССР была создана новая отрасль индустрии — микробиологическая промышленность. Благодаря огромным достижениям микробиологической науки и смежных биологических дисциплин (молекулярной биологии, генетики, биохимии, биоорганической химии и др.) появилась реальная возможность сделать микроорганизмы неисчерпаемым источником получения биологически активных веществ: белка, аминокислот, ферментов, витаминов, гормонов, средств защиты растений и др. Биологически активные вещества находят широкое применение в медицине, сельском хозяйстве, в пищевой, легкой, химической и многих других отраслях промышленности.

Частью технической микробиологии является пищевая микробиология, изучающая способы получения пищевых продуктов с использованием микроорганизмов. Например, дрожжи при-

меняют в виноделии, пивоварении, хлебопечении, спиртовом производстве; молочнокислые бактерии — в производстве кисломолочных продуктов, сыров, при квашении овощей; уксуснокислые бактерии — в производстве уксуса; мицелиальные грибы используют для получения лимонной и других пищевых органических кислот и т. д. Производство большинства этих продуктов известно человечеству с глубокой древности, когда о существовании микроорганизмов не подозревали. К настоящему времени выделились специальные разделы пищевой микробиологии: микробиология дрожжевого и хлебопекарного производств, пивоваренного производства, молока и молочных продуктов, уксуса, мясных и рыбных продуктов, маргарина и др. Микробиология пищевых производств изучает и нежелательную деятельность тех микроорганизмов, которые в производстве пищевых продуктов являются посторонними и, попадая в процесс с сырьем, водой, из воздуха, с поверхности оборудования, являются вредителями, нарушают нормальный ход технологических процессов, приводят к потерям сырья, снижают качество выпускаемой продукции. Некоторые из них могут вызывать тяжелые пищевые отравления и заболевания, поэтому для борьбы с нежелательной микрофлорой в пищевых производствах регулярно осуществляются определенные мероприятия.

Достижения и методы технической микробиологии явились основой для создания *биотехнологии* — науки, разрабатывающей способы производства практически важных веществ и продуктов питания с использованием живых организмов: микроорганизмов, растений и животных. В современной биотехнологии возникли новые направления, в частности *генная инженерия,* которая создает возможность изменения наследственности организма, конструирования новых организмов с нужными (целевыми) свойствами, необходимые производству.

Задачи современной микробиологии

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года», принятых XXVII съездом КПСС, уделяется большое внимание дальнейшему развитию и интенсификации пищевой промышленности, улучшению качества продукции и увеличению ее выхода, усилению режима экономии, ускоренному осуществлению перехода к ресурсосберегающим и безотходным технологиям, значительному улучшению использования отходов производства, охране окружающей среды. Большие задачи поставлены перед микробиологической наукой как самому значительному слагаемому биотехнологии. Для интенсификации пищевых производств целесообразен перевод их на непрерывные технологические схемы, преимуществом которых является сокращение продолжительности производственного цикла, площади

производственных помещений, рабочей силы в результате осуществления механизации и автоматизации процессов, что даст возможность получать стандартный готовый продукт при наименьших затратах.

Для осуществления перехода на непрерывные схемы в производствах, основанных на использовании микроорганизмов, необходимо умелое управление жизнедеятельностью микроорганизмов. Задачи современной микробиологии в ускорении научно-технического прогресса в пищевой промышленности достаточно сложны. Рекомендуется интенсивно внедрять принципиально новые методы биотехнологии, прежде всего методы генной инженерии, для получения высокоактивных производственных культур микроорганизмов. Предусматривается увеличение выпуска пищевых продуктов, обогащенных витаминами, белковыми и другими компонентами повышенной биологической ценности. Многие из этих компонентов являются продукцией микробиологической промышленности.

Важной задачей современной микробиологии пищевых производств является создание технологических процессов, которые либо совсем не дают отходов (безотходная технология), либо в основе которых лежат замкнутые производственные циклы, когда все отходы полностью перерабатываются или используются на последующих стадиях производства. Примером является производство спирта, пива при участии дрожжей.

Поставленные задачи требуют значительных усилий со стороны работников пищевых производств для устранения потерь на всех стадиях производства и хранения, улучшения качества продукции, для чего необходимо знание микробиологии. Без этого невозможно осуществлять и совершенствовать микробиологический и санитарный контроль производства, разрабатывать эффективные меры по предотвращению развития и уничтожению посторонней нежелательной микрофлоры.

Микробиологии отводится большая роль при выполнении задач, поставленных не только перед пищевыми отраслями промышленности, но и перед всем агропромышленным комплексом.

I раздел

ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

Глава 1. МОРФОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Морфология микроорганизмов изучает форму и особенности строения клеток, способность двигаться, образовывать споры, способы размножения и др. По современным представлениям все живые организмы, имеющие клеточное строение, делятся на два надцарства: прокариоты и эукариоты (греч. «карион» — ядро). Организмы, не имеющие клеточного строения, составляют третье надцарство — акариоты (например, вирусы). К прокариотам относится только одно царство — бактерии, в том числе цианобактерии (сине-зеленые водоросли). К эукариотам относятся три царства: животные, растения и грибы.

Деление живых организмов на прокариоты и эукариоты базируется прежде всего на особенностях строения их ядерного аппарата. С помощью электронного микроскопа было установлено отсутствие у бактерий истинного ядра, поэтому их назвали прокариотами, то есть «доядерными» организмами. Известно, что основой ядерного аппарата является дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), молекула которой имеет вид двойной спирально закрученной нити. Ядерный аппарат прокариот включает молекулу ДНК в виде замкнутой в кольцо нити, расположенную непосредственно в цитоплазме. Ядерный аппарат прокариот называют нуклеоидом, что в переводе с латинского означает «подобный ядру». У эукариот имеется истинное ядро с ядрышком, окруженное ядерной мембраной. Внутри ядра заключена ДНК. Наряду с этим основным признаком имеется много специфических особенностей в строении и обмене веществ прокариот.

Основными объектами технической микробиологии являются бактерии, мицелиальные грибы и дрожжи, которые в основном составляют как полезную, так и нежелательную микрофлору пищевых производств.

ПРОКАРИОТЫ (БАКТЕРИИ)

В мире микроорганизмов бактерии по численности (около 4000 видов) и разнообразию осуществляемых ими химических превращений занимают ведущее место. Большинство бакте-

рий — это одноклеточные организмы, но имеются и многоклеточные.

Форма и размеры бактерий. Одноклеточные бактерии по внешнему виду разделяются на три основные группы: шаровидные, палочковидные и извитые (рис. 1).

Шаровидные бактерии — кокки (рис. 1, *а*) могут быть одиночными — *микрококки* либо соединенными попарно — *диплококки*. Часто при делении клетки по тем или иным причинам не расходятся и образуют различные сочетания, которые зависят от расположения делящей перегородки. Когда делящие перегородки располагаются в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, то образуются группы, состоящие из четырех клеток — *тетракокки*. При делении в трех взаимно перпендикулярных плоскостях образуются пакетообразные скопления, состоящие из восьми — шестнадцати кокков, называемые *сарцинами*. При делении кокков в разных направлениях образуются скопления клеток, напоминающие грозди винограда, — *стафилококки*. Если деление кокков происходит в одном направлении и они при этом не разделяются, то образуются цепочки клеток — *стрептококки*. Эти сочетания не эквивалентны многокле-

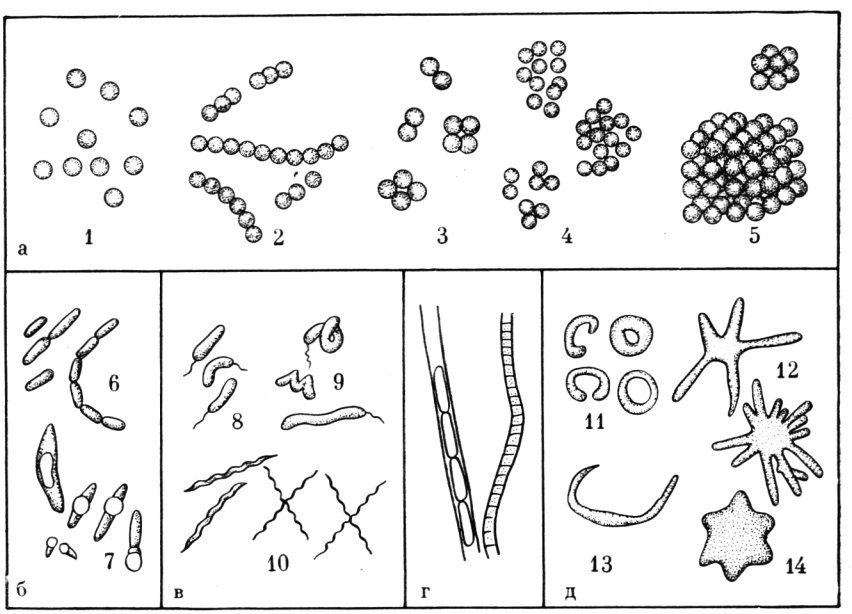


Рис. 1. Формы бактерий:

а — шаровидные; *б* — палочковидные; *в* — извитые; *г* — нитчатые; *д* — новые формы; *1* — микрококки; *2* — стрептококки; *3* — диплококки и тетракокки; *4* — стафилококки; *5* — сарцины; *6* — палочки без спор; *7* — палочки со спорами; *8* — вибрионы; *9* — спириллы; *10* — спирохеты; *11* — тороиды; *12* — бактерии, образующие простеки; *13* — червеобразные; *14* — шестиугольные

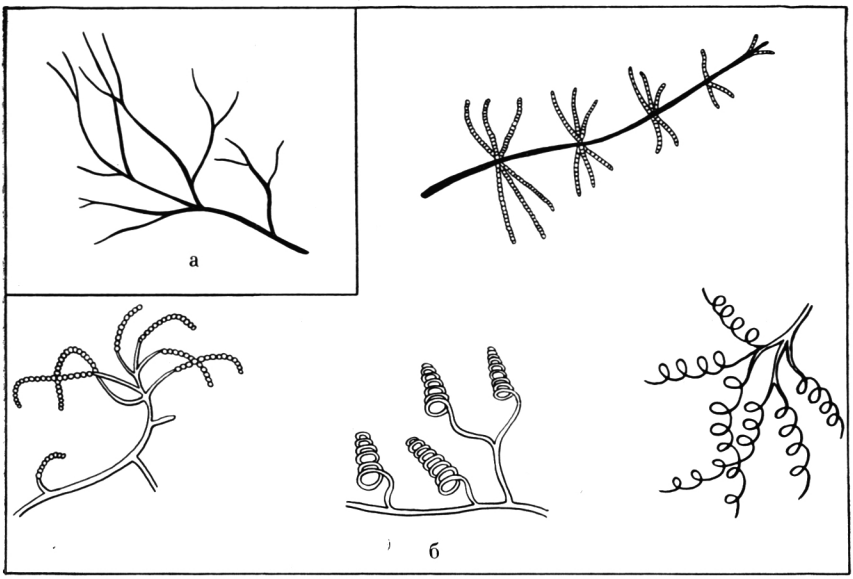


Рис. 2. Актиномицеты:
а — мицелий; *б* — спороносцы

точным микроорганизмам, так как каждая клетка в них является отдельным организмом, способным на самостоятельное существование после отделения от остальных клеток.

Палочковидные бактерии (рис. 1, *б*) имеют форму вытянутого цилиндра, могут быть одиночными или соединенными попарно, а также в виде цепочек из трех и более клеток. Отношение длины клетки к ее поперечнику у них сильно варьирует. У коротких палочек длина лишь ненамного превышает поперечное сечение и их иногда довольно трудно отличить от кокков. Палочковидные бактерии являются наиболее многочисленной группой среди бактерий.

Извитые (рис. 1, *в*) бактерии бывают трех типов: *вибрионы* — палочки, изогнутые в виде запятой; *спириллы*, имеющие несколько правильных завитков, и *спирохеты*, имеющие вид мелких спиралей с многочисленными завитками.

Кроме этих наиболее распространенных в природе форм бактерий имеется небольшое число нитчатых форм (рис. 1, *г*). Они представляют собой многоклеточные организмы в виде нитей, состоящих из одинаковых цилиндрических или дисковидных клеток.

Сравнительно недавно в почве и водоемах были обнаружены новые формы бактерий, клетки которых имеют вид разомкнутого или замкнутого кольца (тороиды), шестиугольной звезды, розетки, а также клетки с выростами (простеками) и червеобразной формы (рис. 1, *д*).

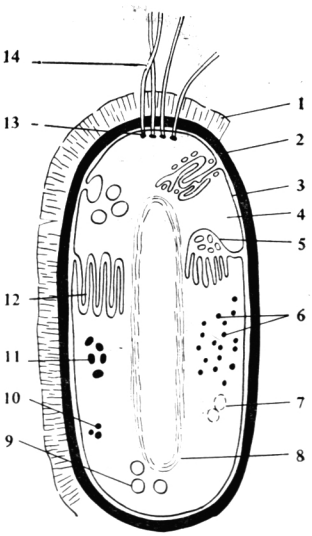


Рис. 3. Схема строения бактериальной клетки:
1 — капсула; *2* — клеточная стенка; *3* — цитоплазматическая мембрана; *4* — цитоплазма; *5* — мезосомы; *6* — рибосомы; *7* — полисахаридные гранулы; *8* — нуклеоид; *9* — включения серы; *10* — жировые капли; *11* — полифосфатные гранулы; *12* — внутриплазматические мембранные образования; *13* — базальное тельце; *14* — жгутики

К бактериям относится еще одна, особая группа микроорганизмов — актиномицеты. Их клетки в основном имеют вид очень тонких длинных прямых ветвящихся нитей (рис. 2).

Размеры бактерий ничтожно малы, поперечное сечение клеток большинства бактерий не превышает 0,5—0,8 мкм, средняя длина палочковидных бактерий от 0,5 до 3 мкм. Нитчатые бактерии значительно крупнее — некоторые имеют 15—125 мкм в длину и 5—35 мкм в поперечнике. Длина клеток спирохет может достигать 500 мкм. Наиболее мелкие из микроорганизмов — микоплазмы, не имеющие клеточной стенки, имеют размер 0,1—0,15 мкм.

Объем бактериальной клетки в среднем составляет 0,07 мкм^3, масса — $5 \cdot 10^{-12}$ г. В 1 мм^3 может содержаться до 10^9 бактериальных клеток.

В пищевых производствах основное значение имеют шаровидные и палочковидные бактерии.

Строение, химический состав и функции клеточных структур бактериальной (прокариотной) клетки. Обязательными клеточными структурами у преобладающего большинства бактерий являются: клеточная стенка, цитоплазматическая мембрана (ЦПМ), ядерный аппарат (нуклеоид) и рибосомы (рис. 3).

Клетка снаружи покрыта жесткой *клеточной стенкой.* Она придает форму клетке, предохраняет ее от неблагоприятных внешних тепловых и механических воздействий, защищает клетку от проникновения в нее избытка воды. У некоторых бактерий на наружной поверхности клеточной стенки образуются *капсулы* или *слизистый слой.* Капсула чаще всего состоит из полисахаридов (декстрана, левана), реже — из полипептидов. Капсула — необязательная структура бактериальной клетки. Иногда капсулы служат источником запасных питательных веществ. Например, капсулы из полисахаридов образуются у клеток лейконостока на средах с значительным количеством углеводов.

По химическому составу и строению клеточной стенки бактерии делятся на 2 большие группы: *грамположительные* и *грамотрицательные бактерии* (Грам+ и Грам−). Названы так

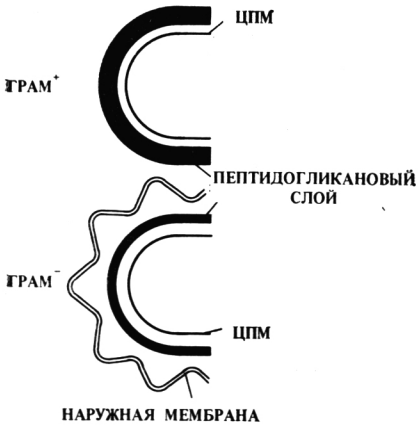


Рис. 4. Схема строения клеточных стенок грамположительных и грамотрицательных бактерий

по имени датского ученого Кристиана Грама, предложившего специальный способ окраски бактерий (окраска по Граму). После окраски препарат бактерий обрабатывают спиртом или ацетоном, в результате чего Грам⁻ бактерии обесцвечиваются, а Грам⁺ бактерии сохраняют темно-фиолетовую окраску. Окраска по Граму имеет важное значение для классификации бактерий.

Как у Грам⁺, так и у Грам⁻ бактерий жесткость клеточной стенки обусловлена наличием полимерного соединения *пептидогликана* (муреина), но у Грам⁺ бактерий его количество значительно больше (до 90—95% от веществ клеточной стенки), а у Грам⁻ — 5—10%. Пептидогликановый слой у Грам⁺ бактерий плотно прилегает к ЦПМ (рис. 4).

Кроме того, в клеточных стенках Грам⁺ бактерий имеются другие полимеры — *тейхоевые кислоты,* которые так же, как и пептидогликан, имеются только у прокариот, а у эукариот не обнаруживаются. В составе клеточной стенки Грам⁺ бактерий в небольших количествах содержатся *полисахариды.* У Грам⁺ бактерий клеточная стенка имеет толщину 20—80 нм, она однослойная и плотная.

Клеточная стенка Грам⁻ бактерий значительно тоньше — 10—13 нм, но она многослойная. Пептидогликан образует только внутренний слой, неплотно прилегающий к ЦПМ. К внутреннему слою прилегает наружная мембрана, состоящая из *липопротеидов* и *липополисахаридов.* Тейхоевые кислоты в клеточной стенке Грам⁻ бактерий отсутствуют.

Наружная мембрана Грам⁻ бактерий препятствует проникновению в клетку токсических веществ, поэтому Грам⁻ бактерии значительно устойчивее по сравнению с Грам⁺ бактериями к действию антибиотиков, ядовитых химических и др. веществ. Поэтому в пищевых производствах борьба с Грам⁻ бактериями с помощью дезинфицирующих средств не всегда эффективна.

Цитоплазматическая мембрана (ЦПМ) расположена под клеточной стенкой, ограничивает содержимое клетки и играет очень важную роль в жизни клетки. Нарушение ее целостности приводит к гибели клетки. Химически ЦПМ представляет собой белково-липидный комплекс, состоящий из белков (50—75% от массы ЦПМ), липидов (в основном фосфолипиды — 15—45%) и небольшого количества углеводов. В ЦПМ имеют-

ся поры, через которые в клетку поступают питательные вещества и выводятся конечные продукты обмена веществ.

Поскольку у прокариот ЦПМ единственная, в отличие от эукариот, мембранная структура в клетке, то она выполняет много функций: осуществляет транспорт питательных веществ из внешней среды внутрь клетки с помощью специфических белков — переносчиков; на внутренней стороне ЦПМ расположены окислительно-восстановительные ферменты, участвующие в снабжении клетки энергией, и гидролитические ферменты, осуществляющие расщепление высокомолекулярных соединений. У некоторых бактерий ЦПМ образует впячивания внутрь клетки — *мезосомы,* имеющие различные формы и размеры и выполняющие различные функции (участие в энергетических процессах, в процессах деления клетки, процессе размножения и др.).

Цитоплазма — это внутреннее содержимое клетки, окруженное ЦПМ, представляющая собой полужидкую коллоидную систему. Она содержит воду до 70—80% от массы клетки, ферменты, аминокислоты, набор РНК, субстраты и продукты обмена веществ клетки. В цитоплазме располагаются остальные жизненно важные структуры клетки — нуклеоид, рибосомы, а также запасные вещества различной природы.

Нуклеоид представляет собой ядерный аппарат прокариот. Это компактное образование, занимающее центральную область в цитоплазме, состоящее из двойной спирально закрученной нити ДНК, замкнутой в кольцо, которая еще называется бактериальной хромосомой. Бактериальная хромосома в одной точке соприкасается с мезосомой. В развернутом виде нить ДНК может иметь длину более 1 мм, т. е. почти в 1000 раз больше длины бактериальной клетки. Вся генетическая информация у прокариот, так же как и у эукариот, заключена в ДНК, поэтому функция нуклеоида состоит в передаче наследственных свойств. Перед делением клетки нуклеоид делится пополам. Ядерный аппарат прокариот не имеет ядрышка и не отделен от цитоплазмы ядерной мембраной, как это имеет место у эукариот.

Рибосомы — небольшие гранулы, рассеянные в цитоплазме, состоящие из РНК (60%) и белка (40%). Они играют очень важную физиологическую роль, поскольку на них происходит синтез белков. В молодых клетках наблюдается повышенное содержание рибосом.

В клетках бактерий, помимо обязательных клеточных структур, имеются *включения запасных веществ.* Они накапливаются при избытке тех или иных питательных веществ в среде, а расходуются при голодании клетки. К запасным веществам клетки бактерий относятся *полисахариды,* включающие гликоген, крахмал и гранулезу; *жировые капли,* содержащие липиды (жиры) в виде поли-β-оксимасляной кислоты, которая синтезируется на средах богатых углеводами. По-

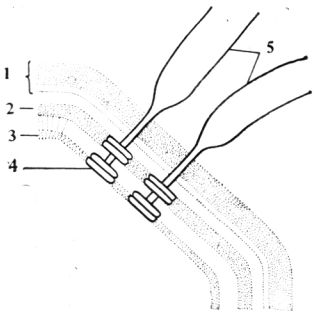


Рис. 5. Схема прикрепления жгутика:

1 — клеточная стенка; *2* — цитоплазматическая мембрана; *3* — мембрана жгутиков; *4* — диски основания; *5* — жгутики

ли-β-оксимасляная кислота встречается только у прокариот и ее количество может достигать 50% от сухой массы клеток. Гранулеза и липиды служат хорошим источником углерода и энергии для клетки. У многих прокариот в клетках накапливаются полифосфаты в виде гранул, называемых также валютиновыми или метахроматиновыми зернами. Они используются клетками как источник фосфора.

В клетках некоторых бактерий, участвующих в превращениях серы, откладывается молекулярная сера в виде особых включений.

Подвижность бактерий. Способностью к движению обладает примерно $^1/_5$ часть бактерий. Это в основном многие палочковидные и все извитые формы бактерий. Неподвижными являются почти все шаровидные бактерии (кокки), более 50% палочковидных бактерий и ряд других.

Чаще всего движение осуществляется с помощью *жгутиков* (см. рис. 3) — тонких нитей толщиной 10—20 нм, состоящих из особого белка *флагеллина*. Длина жгутиков во много раз может превышать длину клетки. Жгутики (рис. 5.) прикрепляются к мембране с помощью двух пар *дисков основания* и через поры в ней и клеточной стенке выходят наружу. Скорость перемещения бактерий с помощью жгутиков высока (20—60 мкм/с).

Характер расположения жгутиков на поверхности клетки является одним из признаков классификации бактерий (рис. 6). Их количество может быть от 1 до 100. Бактерии, имеющие один жгутик на конце клетки, называют *монотрихами;* с пучком жгутиков на одном или обоих концах клетки — *лофотрихами;* один жгутик на обоих концах — *амфитрихами.* Бактерии, у которых жгутики покрывают всю поверхность клетки, называются *перитрихами.* Жгутики обеспечивают активное движение клеток только в жидкой среде, и при утрате жгутиков при старении или механическом воздействии клетки теряют способность к движению, но сохраняют жизнеспособность.

К подвижным формам относятся также спирохеты, некоторые нитчатые (многоклеточные) и другие бактерии, не имеющие жгутиков. Спирохеты могут передвигаться и в жидкой среде, и по твердому субстрату в результате волнообразных сокращений клетки. Нитчатые бактерии, цианобактерии и другие обладают скользящим типом движения по твердому и полутвердому субстрату.

Способность к движению позволяет бактериям переместиться в ту область среды, в которой условия для их роста и раз-

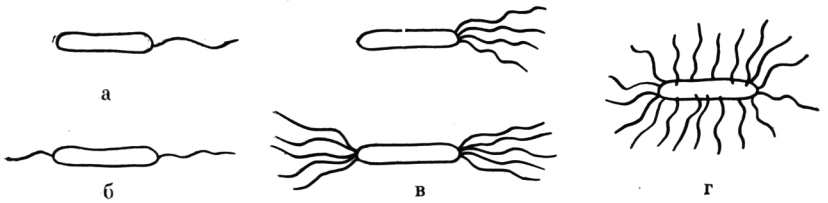


Рис. 6. Расположение жгутиков у подвижных форм бактерий:
а — монотрих; *б* — амфитрих; *в* — лофотрих; *г* — перитрих

множения (концентрация питательных веществ и кислорода в среде, освещенность и др.) наиболее оптимальны.

Рост и размножение бактерий. Основной отличительной особенностью живых организмов от неживой природы является рост и размножение. *Рост* — это физиологический процесс, в ходе которого увеличиваются размеры и масса клетки. Рост бактериальной клетки ограничен, и, достигнув определенной величины, она перестает расти. Начинается процесс *размножения,* т. е. увеличение числа особей (клеток), когда от материнской клетки отделяется дочерняя.

Большинство бактерий размножается простым делением на две части. Такой способ размножения называется *бинарным поперечным делением.* У подавляющего большинства Грам+ бактерий клетки делятся ровно пополам с помощью *септы* (поперечной перегородки). На противоположных сторонах внутренней части клеточной стенки образуются два выступа, растущие навстречу друг другу (от периферии к центру), в этих же местах ЦПМ образует мезосомы (впячивания). Расположенные в мезосомах ферменты синтезируют материал клеточной стенки. Поперечная перегородка первоначально фомируется из ЦПМ и пептидогликана; наружные слои синтезируются позднее.

Клетки большинства Грам⁻ бактерий делятся путем образования перетяжки. В центре клетки с одной стороны ЦПМ и клеточная стенка постепенно прогибаются до слияния с противоположной поверхностью клетки. Образованию поперечной перегородки или перетяжки предшествует деление ДНК, в результате чего в каждую дочернюю клетку попадает по одному нуклеоиду.

Актиномицеты размножаются главным образом *экзоспорами* (наружными спорами), которые образуются поодиночке или цепочками на концах спороносящих **гиф — *спороносцах,*** имеющих самую разнообразную форму (см. рис. 2). Существуют и другие способы размножения.

Образование эндоспор. Способностью к образованию *эндоспор* (внутренних спор) обладают лишь некоторые палочковидные Грам+ бактерии. Поскольку в каждой клетке образуется только одна спора, то спорообразование является не спо-

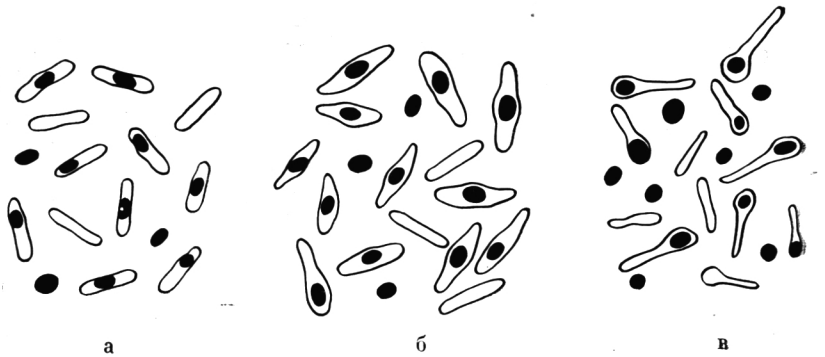


Рис. 7. Типы спорообразования у бактерий:
а — бациллярный; *б* — клостридиальный; *в* — плектридиальный

собом размножения, а покоящейся стадией клетки для перенесения неблагоприятных условий. Споры образуются при голодании, при избытке продуктов обмена веществ или несоответствии температуры, влажности и pH их оптимальным значениям для развития данного вида бактерий.

Различают три типа спорообразования (рис. 7). Если при образовании споры в центре клетки форма ее не меняется, то такой тип спорообразования называется *бациллярным;* он свойствен представителям рода Bacillus. Если же клетка в середине утолщается и приобретает вид веретена, то такой тип спорообразования называется *клостридиальным.* Иногда спора образуется ближе к концу клетки и тогда клетка приобретает вид теннисной ракетки — такой тип спорообразования называется *плектридиальным* (рис. 7). Клостридиальный и плектридиальный типы спорообразования свойственны бактериям рода Clostridium.

Спорообразование — сложный процесс, в результате которого в клетке формируется эндоспора, отличающаяся от вегетативной клетки структурой и химическим составом (рис. 8). Эндоспора имеет наружную и внутреннюю мембраны, между которыми располагается *кортекс* (кора), сходный по химическому составу с клеточной стенкой вегетативной клетки. Поверх наружной мембраны образуются многослойные покровы споры, состоящие в основном из белков. У некоторых бактерий снаружи споры формируется еще один слой — *экзоспориум,* состоящий из липидов и белков.

При спорообразовании происходит накопление специфического вещества — дипиколиновой кислоты, отсутствующей в вегетативной клетке, а также ионов кальция. Процесс образования споры протекает несколько часов. Когда спора сформируется, оболочка и остальные части клетки разрушаются и спора освобождается.

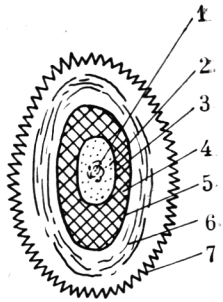


Рис. 8. Схема строения бактериальной споры:
1 — нуклеоид; *2* — цитоплазма; *3* — внутренняя мембрана; *4* — кортекс; *5* — наружная мембрана; *6* — покровы, состоящие из нескольких слоев; *7* — экзоспориум

Споры необычайно устойчивы к воздействию температуры, например, споры возбудителя тяжелого пищевого отравления — ботулизма — выдерживают нагревание до 100 °С в течение 5—6 ч. Споры выносят высушивание, воздействие ультрафиолетовых лучей, ядовитых веществ и т. п. Устойчивость спор связана с тем, что их покровы труднопроницаемы, в них содержится много липидов, а также дипиколиновой кислоты и кальция. Активность ферментов в них подавлена. Высокая термоустойчивость спор обусловливается низким содержанием в них воды, что предохраняет белки от денатурации при высоких температурах.

Споры бактерий могут сохранять жизнеспособность десятки и даже сотни лет. Попав в благоприятные условия, спора поглощает воду и набухает, ее термоустойчивость снижается, возрастает активность ферментов, под действием которых растворяются оболочки, и спора прорастает в вегетативную клетку.

Порчу пищевых продуктов вызывают лишь вегетативные клетки бактерий. Поэтому необходимо знать условия, способствующие образованию спор и их прорастанию в вегетативные клетки, чтобы правильно выбрать способ обработки пищевых продуктов с целью предотвращения их порчи под влиянием бактерий.

Принципы классификации бактерий. В настоящее время типичной классификации бактерий нет, хотя работа по ее созданию ведется постоянно. Классификация всех живых существ основана почти полностью на непосредственно наблюдаемых и легко определяемых морфологических признаках организмов. У бактерий вследствие немногочисленности их морфологических признаков создать общепринятую классификацию невозможно и требуются дополнительные признаки.

Кроме того, организмы в соответствии с основными принципами классификации живых существ должны быть расположены в ряды от наиболее простых к более сложным, т. е. как шло их постепенное развитие (эволюция). Такая классификация организмов является *естественной.* Самой мелкой единицей классификации является *вид* — группа организмов, наделенная общими стабильными признаками и происходящая от общего предка. Близкородственные виды группируются в более высокую систематическую единицу — *род;* близкие роды — в *семейства,* семейства — в *порядки* или *отряды,* порядки — в *классы,* а классы — в *типы.*

Однако микробиологи в настоящее время не располагают достаточными знаниями об эволюции бактерий. Поэтому большинство имеющихся классификаций бактерий являются *искусственными.* Искусственные классификации предназначаются для определения той или иной группы микроорганизмов, которая представляет практический интерес для исследователя.

Научные названия микроорганизмов состоят из двух латинских слов: первое пишется с прописной буквы и означает род, второе — со строчной буквы и означает вид данного рода. Например: Bacillus subtilis (палочка сенная) — это бактерия, относящаяся к роду Bacillus, палочковидной формы, образующая эндоспоры бациллярного типа, постоянно обитает на сене.

Для классификации бактерий используют в основном следующие признаки: *морфологические* (форма клеток, наличие и характер расположения жгутиков, способ размножения, окраска по Граму, наличие эндоспор); *физиологические* (отношение к воздействию температуры, pH, кислорода, тип питания, способ получения энергии, характер образующихся продуктов); *культуральные* (характер роста на различных питательных средах культуры бактерий в массе, а не в виде отдельных клеток: на жидких средах это наличие пленки, мути, осадка; на плотных средах — тип колоний и их особенности).

В последние годы получила признание классификация бактерий, предложенная Р. Мюрреем в 1978 г. Это искусственная классификация, в основу которой положено строение клеточной стенки. Все бактерии, для которых характерно строение клеточной стенки по типу Грам$^+$ бактерий, отнесены в отдел Firmacutes*. Другой отдел — Gracilicutes — объединяет все бактерии, которые имеют клеточную стенку, характерную для Грам$^-$ бактерий. Третий отдел объединяет особые формы бактерий, лишенные настоящей клеточной стенки; они не играют роли в пищевых производствах и поэтому рассматриваться не будут. Бактерии, имеющие значение в пищевых производствах, относятся к первым двум отделам.

Отдел Firmacutes. К нему относятся 4 группы; в основу деления на группы положена форма клеток и способность образовывать эндоспоры и экзоспоры. Это кокки, две группы палочковидных бактерий, актиномицеты и родственные организмы.

Кокки характеризуются округлой формой; деление клеток происходит в одной или нескольких плоскостях, при этом образуются различные сочетания клеток; кокки неподвижны, не образуют эндоспор. Многие микрококки являются возбудителями порчи пищевых продуктов, лейконосток является вредителем в сахарном производстве; некоторые стафилококки, развиваясь в пищевых продуктах, вырабатывают ядовитые ве-

---

* От лат. «кутикула» — кожица, «фирма» — солидная, «гратия» — изящная.

щества (токсины) и вызывают пищевые отравления. Сюда же относятся молочнокислые стрептококки, используемые при производстве кисломолочных продуктов, маргарина, сливочного масла и др.

Вторая группа — это палочки, образующие эндоспоры. К ним относится одно семейство, представители которого очень широко распространены в природе. Это одиночные или соединенные в цепочки палочки, многие из них подвижны, имеют перитрихиальное жгутикование. Палочки образуют эндоспоры бациллярного типа (род Bacillus) и клостридиального или плектридиального типа (род Clostridium). Многие являются возбудителями порчи пищевых продуктов (например, гнилостные, маслянокислые бактерии). Имеется много возбудителей инфекционных болезней (сибирской язвы, столбняка) и пищевого отравления — ботулизма.

Третья группа — это палочки, не образующие эндоспор. К ним относится только одно семейство, включающее род Lactobacillus. Это палочковидные, не образующие спор молочнокислые бактерии*. Чаще они представляют собой одиночные длинные и тонкие палочки, иногда — короткие палочки цепочками. Являются вредителями в процессах бродильных производств. Используются в производстве кисломолочных продуктов, в сыроделии, квашении овощей, в хлебопечении.

Четвертая группа — актиномицеты и родственные организмы. Актиномицеты — своеобразная группа бактерий, представляющих собой длинные тонкие ветвящиеся нити без перегородок, называемые *гифами,* переплетение которых образует мицелий. Нижняя часть мицелия, врастающая в субстрат, называется субстратным мицелием и служит для обеспечения организма питанием, верхняя часть мицелия возвышается над субстратом и называется *воздушным мицелием.* Размножаются актиномицеты экзоспорами, образующимися в спороносцах. Некоторые из актиномицетов представляют собой короткие ветвящиеся палочки. Встречаются на пищевых продуктах, могут вызвать их порчу, при которой продукты приобретают отчетливый землистый запах. Имеются и патогенные виды (туберкулезная и дифтерийная палочки). Актиномицеты являются основными продуцентами антибиотиков, получаемых в промышленных масштабах, а также витаминов группы В (B_1, B_2, B_3, B_6, B_{12}).

Отдел Gracilicutes. Все представители Грам– бактерий не образуют спор и резко различаются по способности развиваться на свету и без него. Бактерии, встречающиеся в пищевых производствах, безразличны к свету. Они различаются по форме клеток и способу движения. По числу предста-

* Несмотря на то, что представители этого рода — палочки, не образующие спор, в научной литературе за ними сохраняется старое название Lactobacillus.


Прокариоты
Грамположительные (Грам+)
Грамотрицательные (Грам−)
Кокки
Палочки, не образующие эндоспор
Актиномицеты и родственные организмы
Бактерии, безразличные к свету
Микрококки, стрептококки, стафилококки, лейконосток, сарцина и др.
Род Lactobacillus (молочнокислые бактерии)
Псевдомонады
Энтеробактерии
Палочки, образующие эндоспоры
Род Pseudomonas (некоторые гнилостные бактерии и др.), род Acetobacter (уксуснокислые бактерии)
Роды Escherichia, Proteus, Salmonella, Shigella
Род Bacillus (сенная палочка и др.)
Род Clostridium (маслянокислые бактерии, возбудитель ботулизма и др.)

вителей и значимости в природе и жизни человека наибольший интерес из них представляют псевдомонады и энтеробактерии.

Из псевдомонад для пищевых производств наибольшее значение имеет обширный род Pseudomonas. Это одиночные подвижные палочки с одним или с пучком полярных жгутиков (монотрихи и лофотрихи). Псевдомонады очень широко распространены в природе, активно участвуют в круговороте веществ, часто обнаруживаются в водоемах и почве, загрязненных различными соединениями, например пестицидами, участвуют и в их разложении. Многие из псевдомонад образуют флюоресцирующие пигменты, выделяющиеся в среду, и вызывают порчу пищевых продуктов (некоторые гнилостные, жирокисляющие и другие бактерии).

К Грам– палочкам относятся также уксуснокислые бактерии родов Acetobacter (перитрихи) и Gluconobacter (монотрихи), используемые в производстве уксуса. Многие из них являются вредителями в бродильных производствах.

В пищевых производствах наибольшее значение имеет многочисленная кишечная группа бактерий — энтеробактерии. Это одиночные подвижные палочки, перитрихи, но встречаются и неподвижные формы. Некоторые из них постоянно населяют кишечник человека и животных (например, кишечная палочка), другие являются возбудителями инфекционных желудочно-кишечных заболеваний (дизентерии, брюшного тифа, паратифов), передающихся через пищевые продукты, а также возбудителями пищевых отравлений.

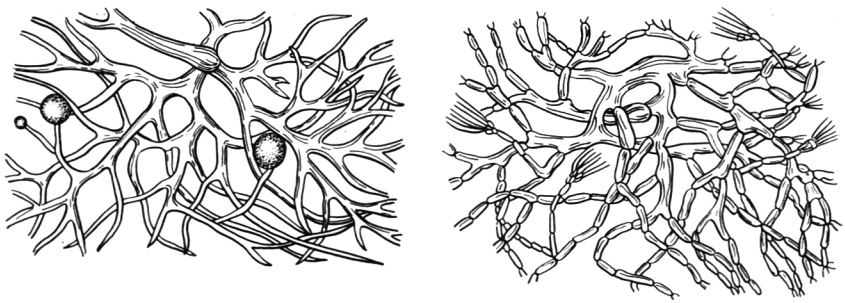
Классификация бактерий, имеющих значение в пищевых производствах и рассматриваемых в данном курсе, приведена на с. 20.

ЭУКАРИОТЫ (МИЦЕЛИАЛЬНЫЕ ГРИБЫ И ДРОЖЖИ)

Одним из трех царств, относящихся к надцарству эукариот, являются грибы. Ранее считали, что грибы занимают промежуточное положение между царствами растений и животных, так как ряд признаков сближает их как с животными, так и с растениями. Но в настоящее время грибы выделены в отдельное царство Mycota. Эта обширная и разнообразная группа организмов включает до 100 тыс. видов.

Грибы широко распространены в природе. Они обитают в различных климатических зонах от тропиков до Арктики, особенно много их в почвах, в том числе высокогорных, на растениях; встречаются они в пресных и соленых водоемах, в местах с повышенной влажностью и т. п. Грибы для своего развития нуждаются в органических веществах.

Среди грибов встречаются организмы, развивающиеся за счет органических веществ отмерших организмов; они участвуют в круговороте веществ в природе. Но имеются и такие,



а б

Рис. 9. Мицелий грибов:
а — несептированный; *б* — септированный

которые могут существовать только в живых организмах и вызывать их заболевания. Некоторые из грибов выделяют ядовитые вещества — *микотоксины.* Многие грибы вызывают порчу пищевых продуктов и повреждение разнообразных изделий и материалов, некоторые могут развиваться даже на оптических поверхностях, где имеется мизерное количество смазки. Они утилизируют смазку и вызывают помутнение линз. Но грибы имеют и важное практическое значение, многие из них употребляются в пищу, используются в производстве этилового спирта, органических кислот, ферментов, антибиотиков, витаминов, некоторых сортов сыра и т. д.

Мицелиальные грибы. Царство грибов делится на семь классов, но объектами изучения микробиологии являются в основном три, включающие мицелиальные грибы, — зигомицеты (ранее их называли плесневые грибы), аскомицеты и дейтеромицеты.

Форма и размеры. Клетки мицелиальных грибов имеют вытянутую форму в виде нитей (гифов), размеры которых достигают до 5—30 мкм в диаметре, что значительно превышает размеры бактериальной клетки.

Переплетение гиф образует тело гриба — *мицелий,* или *грибницу* (рис. 9). Большая часть гиф развивается над поверхностью субстрата (воздушный мицелий), на которой располагаются органы размножения, а часть — в толще субстрата (субстратный мицелий). Гифы у большинства мицелиальных грибов многоклеточные, в их клетках имеются поперечные перегородки — *септы.* Такой мицелий называют септированным, он имеется у аскомицетов и дейтеромицетов. Мицелий зигомицетов несептированный и представляет собой одну гигантскую клетку с несколькими ядрами. Гифы растут за счет верхушечных клеток, и клетки гиф неодинаковы по длине.

Некоторые грибы на определенной стадии развития образуют *плодовые тела,* внутри которых находятся органы раз-

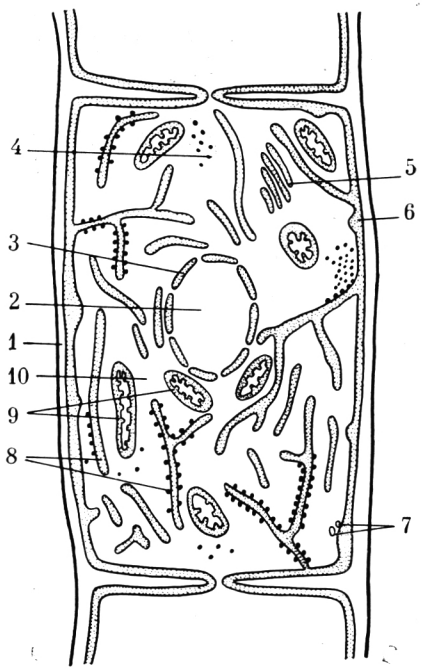


Рис. 10. Схема строения грибной клетки:

1 — клеточная стенка; *2* — ядро; *3* — ядерная мембрана; *4* — рибосомы; *5* — аппарат Гольджи; *6* — цитоплазматическая мембрана; *7* — лизосомы; *8* — эндоплазматическая сеть; *9* — митохондрии; *10* — цитоплазма

множения, покрытые сверху плотным переплетением гиф. У других видов грибов из плотных переплетений сильно разветвленных гиф образуются *склероции*, богатые запасными питательными веществами. Они служат для перенесения неблагоприятных условий и являются покоящейся формой гриба.

Мицелиальные грибы не имеют жгутиков и относятся к неподвижным организмам.

Строение клетки. У мицелиальных грибов клетки имеют строение, характерное для клеток эукариотных микроорганизмов (рис. 10). У них имеется хорошо развитая система внутриклеточных элементарных биологических мембран (в отличие от прокариот, у которых только одна мембранная структура внутри клеток — цитоплазматическая мембрана). Внутриклеточные структуры эукариот, полностью ограниченные от цитоплазмы такими мембранами, называются *органеллами.* К органеллам кроме ЦПМ относятся ядро, митохондрии, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи и лизосомы.

Снаружи клетка мицелиальных грибов покрыта многослойной жесткой клеточной стенкой, состоящей на 80—90% из полисахаридов. Основным из них является азотсодержащий полисахарид хитин. Полисахариды связаны с белками, липидами, полифосфатами. Под клеточной стенкой расположена ЦПМ, которая окружает цитоплазму. В цитоплазме расположено *ядро*; оно содержит *ядрышко, хромосомы* и окружено ядерной мембраной с порами. В ядрышке синтезируются и скапливаются предшественники рибосом, которые затем транспортируются через поры ядра в цитоплазму. У грибов в клетках бывает от одного до 20—30 ядер. В цитоплазме рассеяны *рибосомы.*

Митохондрии — мембранные структуры, играющие очень важную роль. Они представляют собой многокамерные мешочки или трубочки с эластичными стенками, образующими впячивания — *кристы* (рис. 11). На них находятся окислительно-

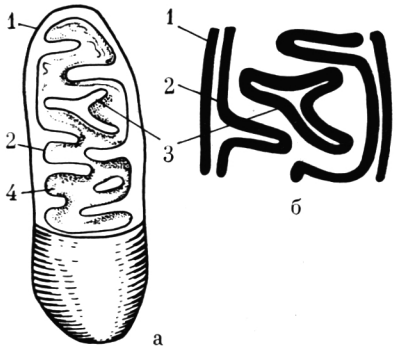


Рис. 11. Схема строения митохондрий:

а — общая схема строения; *б* — продольный разрез митохондрии; *1* — наружная митохондриальная мембрана; *2* — внутренняя митохондриальная мембрана; *3* — кристы; *4* — матрикс

восстановительные ферменты (у прокариот эти ферменты локализованы в ЦПМ), участвующие в энергетическом обмене. Поэтому митохондрии называют «силовыми станциями клетки», «энергетическими ансамблями» и т. п.

Эндоплазматическая сеть — мембранная система, состоящая из канальцев, пузырьков или цистерн, которые не имеют строго определенной локализации, а располагаются либо по периферии клетки, либо вокруг ядра, либо пронизывают всю цитоплазму. На них расположены различные ферменты, ответственные за синтез липидов, углеводов, за транспорт веществ внутри клетки.

Аппарат Гольджи — система мембран, связанных с ядерной мембраной и мембранами эндоплазматической сети. Он расположен на участке цитоплазмы, где нет рибосом. Роль аппарата Гольджи полностью не выяснена. Предполагают, что в аппарате Гольджи происходит синтез материала клеточной стенки и новых мембран, а также с его помощью осуществляется транспортирование веществ, синтезируемых в эндоплазматической сети, и удаление из клетки продуктов обмена.

Лизосомы представляют собой мембранные структуры округлой формы. В них сосредоточены гидролитические ферменты (у прокариот они локализованы в ЦПМ), расщепляющие белки, полисахариды, липиды.

В клетках мицелиальных грибов хорошо видны *вакуоли* — полости, окруженные мембраной и заполненные клеточным соком. Обычно они располагаются вблизи клеточной стенки, их число увеличивается по мере старения клеток. Основные запасные питательные вещества мицелиальных грибов — гликоген, который образуется на средах с избытком сахара; метахроматин, который в виде гранул находится в самих вакуолях, а в цитоплазме вблизи вакуолей накапливаются липиды в виде жировых капель.

Размножение и классификация. Мицелиальные грибы размножаются бесполым и половым путем. Оба способа размножения связаны с образованием спор — наружных (экзоспоры) и внутренних (эндоспоры). Образованию спор при половом размножении предшествует процесс слияния содержимого двух клеток и их ядер. Вновь образовавшееся ядро делится на несколько частей — спор. Кроме того, все грибы

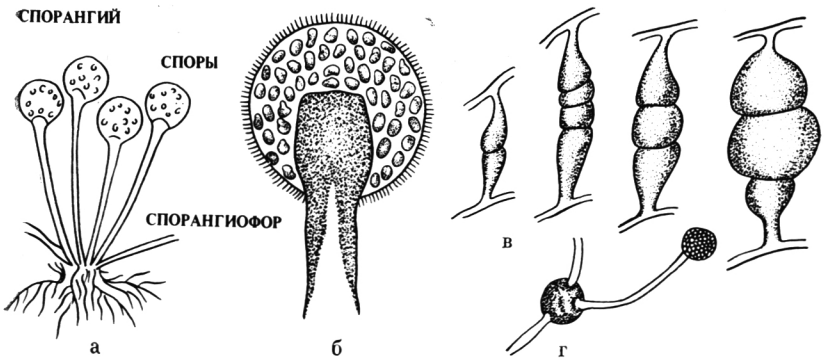


Рис. 12. Зигомицеты:
1 — Rhizopus; *б* — Mucor — спорангий с эндоспорами; *в* — последовательные стадии образования зигоспоры при половом размножении; *г* — проросшая зигоспора со спорангием

могут размножаться вегетативно — путем верхушечного роста гиф, а также с помощью кусочков гиф и мицелия. Грибы, способные к половому размножению, относятся к *совершенным* (аскомицеты, зигомицеты), а те, которые не имеют полового размножения, относятся к *несовершенным* грибам (дейтеромицеты). У грибов имеется большое разнообразие способов и органов размножения.

Класс Zygomycetes (зигомицеты). Это наиболее просто организованные грибы. Мицелий у них несептированный, многоядерный, имеет вид одной гигантской разветвленной клетки. К зигомицетам относятся мукоровые грибы. Они широко распространены в природе. Наибольшее значение имеют представители родов Mucor и Rhizopus.

Размножаются зигомицеты бесполым и половым путем (рис. 12). При бесполом размножении в особых шаровидных вздутиях — *спорангиях,* формирующихся на концах длинных плодоносящих гиф — *спорангиеносцах,* образуются эндоспоры, называемые *спорангиоспорами.* Спорангиеносцы бывают одиночными (у грибов рода Mucor) или собранными в пучки с корневидными разрастаниями у основания — *ризоидами* (у грибов рода Rhizopus).

При половом размножении вначале происходит слияние двух многоядерных гиф мицелия, которые представляют собой обычно короткие образования с небольшим утолщением на концах. Затем происходит попарное слияние ядер. Заканчивается половое размножение образованием *зиготы* (зигоспоры), которая после периода покоя прорастает и образует короткую гифу со спорангием на конце. При прорастании споры происходит деление ядер. Многоядерная цитоплазма спорангия распадается на множество спорангиоспор, которые в благоприятных условиях могут прорасти в мицелий.

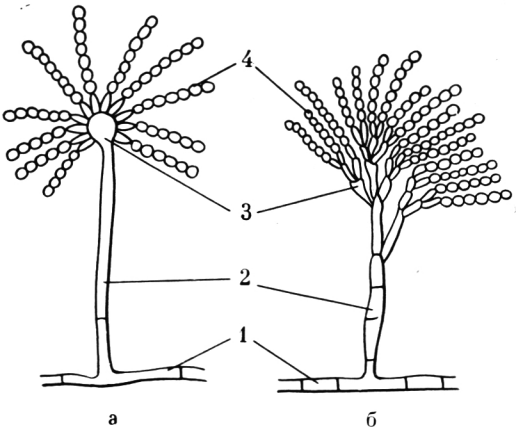


Рис. 13. Конидиеносцы аскомицетов:
а — у грибов рода Aspergillus; *б* — у грибов рода Penicilium; *1* — вегетативный мицелий; *2* — конидиеносец; *3* — фиалиды; *4* — конидии

Многие грибы рода Mucor вызывают порчу пищевых продуктов, образуя пушистые серые налеты. Грибы рода Rhizopus вызывают так называемую «мягкую гниль» ягод, плодов и овощей. Мукоровые грибы образуют органические кислоты и ферменты, способны вызывать слабое спиртовое брожение, в связи с чем они применяются в некоторых странах Востока для получения напитков.

Класс Ascomycetes (аскомицеты, или сумчатые грибы). К ним относятся представители широко распространенных грибов родов Penicillium и Aspergillus.

Аскомицеты имеют хорошо развитый многоклеточный мицелий. Бесполое размножение у них происходит с помощью экзоспор, называемых *конидиями,* которые формируются на концах специализированных гиф — *конидиеносцев.* У аспергиллов они простые, без перегородок, вздутые на вершине в виде пузыря, на котором располагаются *фиалиды,* отчленяющие цепочки шаровидных конидий. У пенициллов конидиеносцы многоклеточные, в виде кисточки, состоящей из мутовок фиалид (рис. 13). Конидии бывают различной окраски (зеленые, желтые, черные, голубые и т. п.). Конидии распространяются воздушными потоками, насекомыми, каплями росы, дождя и, прорастая, образуют новый мицелий.

Половое размножение аскомицетов происходит путем слияния содержимого и ядер двух клеток разных гиф, после чего происходит деление ядра; вокруг новых ядер концентрируется цитоплазма и образуется споровая оболочка. Материнская клетка покрывается толстой оболочкой и превращается в *аск* (сумку), внутри которого чаще всего находится 8 аскоспор. Сверху сумка покрывается переплетением гиф, образуя *плодовое тело.*

Большинство видов аспергиллов и пенициллов существуют только в конидиальной стадии и не имеют сумчатой стадии спороношения, поэтому такие виды отнесены к классу дейтеромицетов (несовершенных грибов). На пищевых продуктах сумчатые грибы встречаются только в конидиальной стадии.

Сумчатые грибы широко распространены в природе. Мно-

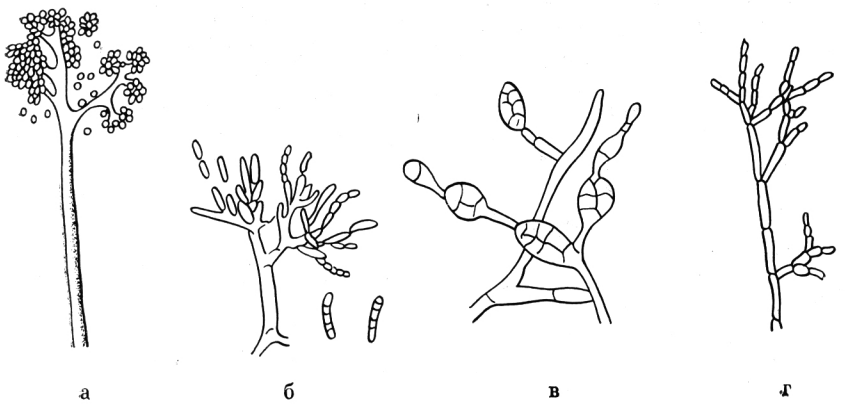


Рис. 14. Конидиеносцы и конидии различных родов несовершенных грибов: *а* — Botrytis; *б* — Fusarium; *в* — Alternaria; *г* — Cladosporium

гие из них являются возбудителями порчи плодов и овощей, особенно при их хранении (различные гнили), а также многих пищевых продуктов, промышленных изделий и материалов (текстиля, резины, целлофана, пластмасс и т. д.), вызывая их повреждение. Некоторые аспергиллы являются патогенными для человека и животных, вызывают заболевание верхних дыхательных путей, слизистой рта, кожи (аспергиллез). Другие виды аспергиллов, а также гриб спорынья (паразит злаковых растений) выделяют ядовитые вещества, вызывающие пищевые отравления.

Однако некоторые представители сумчатых грибов нашли практическое применение. Так, отдельные представители пенициллловых грибов используются как продуценты антибиотика пенициллина в промышленных масштабах, другие — в производстве сыра сортов «Рокфор», «Камамбер». Аспергиллы продуцируют органические кислоты, в связи с чем применяются для промышленного получения лимонной кислоты (Aspergillus niger). Многие аспергиллы используются для промышленного получения различных ферментных препаратов, используемых в отраслях пищевой и легкой промышленности.

Класс Deuteromycetes (дейтеромицеты). Дейтеромицеты, или несовершенные грибы, имеют многоклеточный мицелий. Половое размножение у них отсутствует, они размножаются только бесполым путем, в основном конидиями, которые, как и конидиеносцы, имеют самую различную форму и вид.

Конидиеносцы чаще всего многоклеточные, но могут быть одиночные — ветвящиеся или в виде пучков, со вздутиями. Конидии могут быть одноклеточными, многоклеточными, иногда с продольными и поперечными перегородками (рис. 14). По форме конидии бывают шаровидные, эллипсовидные, ните-

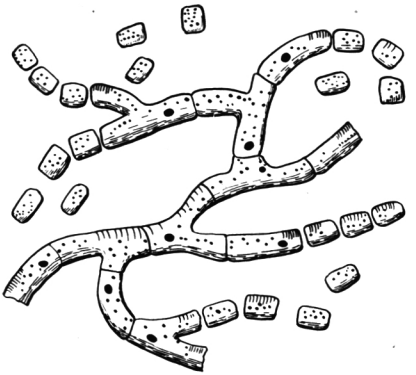


Рис. 15. Образование артроспор

видные, серповидные, звездчатые и др. Некоторые дейтеромицеты (например, молочная плесень) размножаются не конидиями, а особыми клетками — *артроспорами*, которые образуются в результате фрагментации конидиеносца или гифы (рис. 15).

Несовершенные грибы широко распространены в природе. Большинство из них вызывает различные заболевания растений и порчу продуктов. Так, представители рода Fusarium являются возбудителями заболевания плодов и овощей (фузариоз), вызывают порчу картофеля (сухая гниль). Некоторые виды этого гриба вырабатывают ядовитые для человека вещества, вызывающие тяжелые пищевые отравления. Грибы рода Botrytis вызывают порчу лука, капусты, моркови, помидоров, а вместе с другими грибами — кагатную гниль сахарной свеклы. Грибы рода Alternaria поражают корнеплоды в период хранения (черная гниль). Сердцевинную гниль свеклы вызывает гриб рода Phoma. Молочная плесень Geotrichum candidum вызывает порчу квашеных овощей, сметаны, творога и др., образуя на поверхности белую бархатистую пленку. Грибы из рода Cladosporium часто обнаруживаются на пищевых продуктах, хранящихся в холодильниках.

Единичные представители мицелиальных грибов включены в другие классы грибов. Это в основном грибы-паразиты, поражающие растения, используемые в качестве сырья для пищевых производств. Например, гриб Synchytrium — возбудитель рака клубней картофеля (класс Chitridiomycetes); гриб рода Phytophtora поражает клубни и ботву картофеля, помидоры и баклажаны (класс Oomycetes) и грибы рода головневых поражают зерновые культуры (например, пшеницу) и вызывают заболевание, называемое головней (класс Basidiomycetes — высших грибов, куда относятся шляпочные грибы, большинство из которых съедобно).

Дрожжи. Группа дрожжей объединяет одноклеточные грибные организмы, не имеющие настоящего мицелия.

Дрожжи широко распространены в природе. Они обитают в основном на растениях, где имеются сахаристые вещества, которые они сбраживают (нектар цветов, сочные фрукты, ягоды, особенно перезрелые и поврежденные, листья, стволы березы во время сокотечения и дуба во время слизетечения, почва). Переносятся дрожжи ветром, дождем и насекомыми.

Форма и размеры. Дрожжи могут иметь овальную,

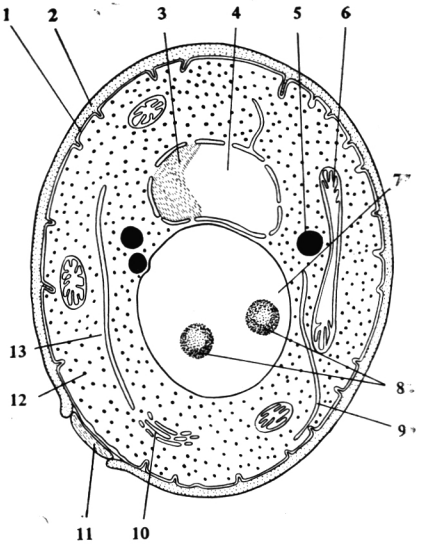


Рис. 16. Схема строения дрожжевой клетки:

1 — цитоплазматическая мембрана; *2* — клеточная стенка; *3* — ядрышко; *4* — ядро; *5* — жировые капли; *6* — митохондрии; *7* — вакуоль; *8* — гранулы полифосфата; *9* — эндоплазматическая сеть; *10* — диктиосомы; *11* — почковый рубец; *12* — рибосомы; *13* — цитоплазма

яйцевидную, округлую, лимоновидную, реже — цилиндрическую, треугольную, серповидную, стреловидную, колбовидную формы клеток. Размеры дрожжей варьируют у разных видов от 1,5 — 2 до 10 мкм в поперечнике и до 2—20 мкм (иногда до 50 мкм) в длину. Некоторые дрожжи на определенной стадии развития могут образовывать мицелиальные структуры — *псевдомицелий.* Дрожжи, как и все грибы, являются неподвижными организмами.

Строение клетки. Дрожжи, как и мицелиальные грибы, относятся к эукариотам и имеют сходное с ними строение клетки, но имеются и некоторые различия (рис. 16). Клеточная стенка дрожжей, в отличие от грибов, на 60—70% состоит из полисахаридов *глюкана и маннана,* связанных с белками и липидами, и лишь небольшое количество (1—3%) составляет хитин, который вкраплен в стенку в виде гранул. У ряда дрожжей в определенных условиях могут образовываться слизистые капсулы различной толщины полисахаридной природы. Клетки таких дрожжей могут склеиваться друг с другом, образовывать хлопья и оседать на дно сосудов, в которых они развиваются.

Клетки дрожжей, как и грибов, имеют хорошо развитый мембранный аппарат — ЦПМ, эндоплазматическую сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии. В цитоплазме имеется ядро. Рибосомы у дрожжей располагаются в цитоплазме и на внешней стороне ядерной мембраны. Имеются вакуоли и включения запасных питательных веществ: липидов (особенно их много у дрожжей — продуцентов липидов), гликоген, метахроматин. Клеточные структуры дрожжей выполняют те же функции, что и у грибов.

Размножение и классификация. Дрожжи размножаются вегетативно и спорами, образующимися бесполым и половым путем. Способ размножения является важным признаком для классификации дрожжей. К вегетативным способам размножения относятся: почкование, деление и почкующееся деление (рис. 17).

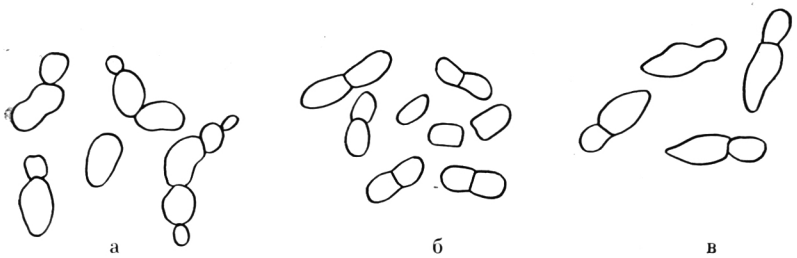


Рис. 17. Способы вегетативного размножения дрожжей:
а — почкование; *б* — деление; *в* — почкующееся деление

Почкование является наиболее распространенным способом размножения дрожжей. При почковании на поверхности материнской (делящейся) клетки возникает маленький бугорок — *почка,* которая постепенно увеличивается почти до размеров материнской клетки и превращается в дочернюю клетку. Она отделяется от материнской, оставляя на месте прикрепления почковый рубец. На этом месте почка больше не образуется. Может образовываться одна почка (полярное почкование), две почки на разных концах материнской клетки (биполярное почкование), в нескольких местах поверхности материнской клетки (множественное почкование). Дочерние клетки могут не отделяться от материнской и оставаться соединенными с ней. Почкование характерно для дрожжей овальной и округлой формы.

У некоторых дрожжей при почковании дочерние клетки не отделяются от материнской, а вытягиваются в длину и продолжают образовывать все новые и новые почки, что приводит к образованию ложного мицелия (псевдомицелий). Псевдомицелий характерен для пленчатых дрожжей.

Деление клетки в результате образования в ней поперечной перегородки — септы — характерно для дрожжей цилиндрической формы.

Почкующееся деление характеризуется тем, что образование дочерних клеток начинается с почкования, а заканчивается появлением хорошо заметной септы в районе перешейка. Такой способ размножения характерен для дрожжей лимоновидной формы.

Любому вегетативному способу размножения предшествует деление ядра, при котором одно из вновь образовавшихся ядер вместе с цитоплазмой и частью клеточных структур переходят в дочернюю клетку и они получают возможность самостоятельно существовать. У некоторых дрожжей имеется способ бесполого размножения с помощью бесполых спор, образующихся без слияния дрожжевых клеток. Бесполые споры — эндоспоры — нередко появляются в неопределенном числе в старых

культурах дрожжей, размножающихся делением и образующих мицелий.

Половое размножение у дрожжей происходит также с помощью спор, но их образованию предшествует процесс копуляции (слияние содержимого двух клеток и их ядер). Образуется зигота, в которой затем формируются споры: ядро делится, вокруг новых ядер уплотняется цитоплазма, и они покрываются плотной оболочкой. Зигота со спорами внутри называется аском (сумкой), а споры — аскоспорами. Такие дрожжи относятся к классу аскомицетов, и их называют аскомицетовыми дрожжами. Аскоспоры могут образовывать только молодые клетки, выращенные на полноценной питательной среде и перенесенные в условия голодания, плохого снабжения кислородом и влагой. У различных видов дрожжей в аске образуется 2—4, а иногда 8 спор.

При благоприятных условиях аскоспоры выходят из аска и превращаются в вегетативные клетки. У некоторых видов дрожжей могут сливаться ядра материнской и дочерней клеток или ядра двух сестринских почек. Иногда происходит копуляция прорастающих спор соседних клеток.

Аскоспоры у дрожжей могут быть овальными, круглыми, бобовидными, игловидными, шлемовидными, кепковидными, с гладкой, морщинистой поверхностью, с бородавчатыми или шиповидными выростами и т. д. Споры дрожжей, так же как и споры мицелиальных грибов, выполняют двойную функцию: служат для перенесения неблагоприятных условий, но главное, в отличие от эндоспор бактерий, они служат для размножения. Споры дрожжей более устойчивы, чем вегетативные клетки, но менее устойчивы, чем бактериальные споры. Так, споры дрожжей выдерживают нагревание при температуре на 10° больше, чем вегетативная клетка (40—50 °С), а споры бактерий — на 50—60 °С больше, чем вегетативные клетки (60—120 °С).

Поскольку дрожжи по существу являются одноклеточными немицелиальными грибами, они включены в классификацию грибов. Однако в отдельную систематическую единицу они не выделены, а распределены по трем классам грибов — аскомицетов, базидиомицетов и дейтеромицетов. Для микробиологии пищевых производств имеют значение лишь аскомицетовые и несовершенные дрожжи. Между этими дрожжами имеется принципиальное различие: у аскомицетовых дрожжей имеется половой процесс и они вызывают энергичное спиртовое брожение. Несовершенные дрожжи полового процесса не имеют и, как правило, вызывают слабое спиртовое брожение или вообще его не вызывают.

Аскомицетовые дрожжи. Включают примерно $^2/_3$ дрожжей. Среди них наибольшее практическое значение имеют сахаромицеты, объединяющие более половины известных родов дрожжей. Особо важная роль принадлежит роду Saccharomyces, все виды которого вызывают энергичное спиртовое

брожение. Дрожжи этого рода размножаются бесполым способом (почкование) и с помощью аскоспор, которые образуют половым путем.

В пищевых производствах наиболее широко используются два вида дрожжей этого рода: Saccharomyces cerevisiae (крупные овальные клетки) в производстве этилового спирта, пива, кваса и в хлебопечении и Saccharomyces ellipsoideus (крупные эллиптические клетки) — их используют преимущественно в виноделии. В каждом из этих производств применяют свои, специфические *расы* (разновидности) данных видов дрожжей, обладающие наиболее ценными производственными свойствами.

К аскомицетовым дрожжам относятся и другие роды дрожжей. Это род Schizosaccharomyces, клетки которых имеют палочковидную форму и размножаются делением или с помощью аскоспор, образующихся в результате полового размножения (их количество 4—8). Дрожжи этого рода вызывают спиртовое брожение. Вид Schizosaccharomyces pombe используется в бродильной промышленности в странах с жарким климатом, например в Африке, где производят пиво сорта «Помбе». Дрожжи рода Saccharomycoides (сахаромикоды) имеют крупные клетки лимоновидной формы. Они размножаются способом почкующегося деления на обоих концах клетки (биполярно) и с помощью аскоспор (их количество 2—4), которые расположены парами и образуются половым путем. Причем при половом способе происходит копуляция спор в аске, а не слияние клеток дрожжей. Эти дрожжи вызывают спиртовое брожение, но они являются вредителями в виноделии, так как образуют продукты, придающие винам неприятный прокисший запах.

Некоторые аскомицетовые дрожжи используются в микробиологической промышленности для получения липидов и витаминов. Так, дрожжи рода Lipomyces имеют крупные круглые клетки, которые в старых культурах заполнены целиком большой каплей жира. Обычно они имеют хорошо выраженные капсулы. Дрожжи рода Lipomyces размножаются почкованием и аскоспорами, число которых у некоторых видов может доходить до 30 в одном аске.

Несовершенные дрожжи. Относятся к классу дейтеромицетов. Они не образуют спор, поэтому эти дрожжи часто называют *аспорогенными*. Размножаются они почкованием. Несовершенные дрожжи вызывают либо слабое брожение, либо не вызывают его вообще, поэтому их часто называют *несахаромицетами*.

Многие из них являются причиной порчи пищевых продуктов и являются вредителями ряда пищевых производств. Однако некоторые из несовершенных дрожжей нашли полезное практическое применение. Среди несовершенных дрожжей наибольшее значение имеют роды Candida, Torulopsis и Rhodotorula.

Дрожжи рода Candida имеют удлиненную форму клеток, сочетания которых образуют примитивный псевдомицелий. Многие из них не вызывают спиртовое брожение и являются вредителями в бродильных производствах (например, Candida mycoderma), так как, будучи аэробами, окисляют спирт до диоксида углерода (углекислого газа) и воды. Другие представители рода Candida являются вредителями в дрожжевом производстве, снижают качество хлебопекарных дрожжей, так как относятся к слабосбраживающим видам. Некоторые из них вызывают порчу квашеных овощей, безалкогольных напитков и ряда других продуктов. Среди этих дрожжей имеются патогенные виды, вызывающие кандидозы, поражающие слизистые оболочки ротовой полости, носоглотки и других органов человека. Различные виды дрожжей рода Candida используются для получения кормового белка и белково-витаминных концентратов (БВК).

Дрожжи рода Torulopsis имеют мелкие круглые или овальные клетки. Многие виды способны вызывать слабое спиртовое брожение и используются в производстве кефира и кумыса. Некоторые применяются для промышленного получения кормового белка.

Дрожжи рода Rhodotorula имеют круглые, овальные или удлиненные клетки, последние образуют псевдомицелий. Колонии таких дрожжей красные и желтые благодаря наличию пигментов каротиноидов, являющихся провитамином А. Эти дрожжи используются для промышленного получения кормовых белково-каротиноидных концентратов, которые служат источником жирорастворимого витамина А для животных. Другие представители этого рода накапливают в клетках много липидов и используются в микробиологической промышленности как продуценты липидов наряду с представителями несовершенных дрожжей другого рода — Cryptococcus.

ВИРУСЫ

Изобретение электронного микроскопа позволило впервые наблюдать мельчайшие организмы — вирусы и фаги. Вирусы часто называют фильтрующимися за их способность проходить через поры бактериологических фильтров, которые задерживают бактерии при механическом способе стерилизации. Вирусы были открыты в 1892 г. русским ботаником Д. И. Ивановским при изучении болезни табака — табачной мозаики. Их размеры колеблются от 10—12 нм (вирусы ящура, полиомиелита) до 200—350 нм (вирусы оспы, герпеса).

Вирусы не имеют клеточного строения. Они бывают шарообразной, палочковидной, нитевидной и сперматозоидной формы. Вирусная частица называется вирионом. Она состоит из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белка глобулина; некоторые вирусы содержат также липиды и углеводы. Харак-

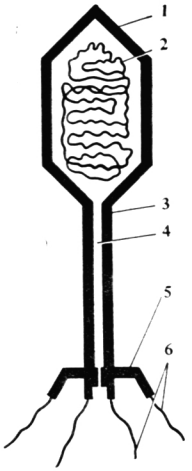


Рис. 18. Схема строения фага:
1 — головка; *2* — ДНК; *3* — отросток; *4* — стержень; *5* — базальная пластинка с шипами; *6* — нити отростка

терной особенностью вирусов является их способность к образованию кристаллов, что долгое время служило причиной споров о живой или неживой природе вирусов. Впоследствии было доказано, что кристаллы — это нуклеиновая кислота и белок. Затем был установлен ряд свойств, подтвердивших представление о живой природе вирусов, — способность к самовоспроизведению (размножению), изменчивость, приспособляемость к условиям существования, а также способность вызывать инфекционные процессы. Развитие и размножение вирусов возможно только в клетках живого организма — хозяина, т. е. они являются паразитами человека, вызывая инфекционные заболевания (грипп, полиомиелит, корь, ветряная оспа и др.), а также животных и растений.

Для лечения некоторых заболеваний, вызванных вирусами гриппа, герпеса и аденовирусами, применяют ферментные препараты — *нуклеазы,* вызывающие разрушение нуклеиновых кислот, что лишает вирусы способности к самовоспроизведению, а следовательно, ликвидирует их инфекционность.

Вирусы могут быть паразитами не только человека, животных и растений, но и микроорганизмов — грибов, актиномицетов, бактерий. Такие вирусы получили название *фагов.* Вирусы бактерий называются *бактериофаги,* актиномицетов — *актинофаги,* грибов — *микофаги.*

В 1898 г. русский ученый Н. Ф. Гамалея при изучении сибирской язвы крупного рогатого скота впервые наблюдал, что спорообразующие палочки — возбудители болезни — растворяются под влиянием какого-то агента. В 1915 г. английским микробиологом Ф. Туортом и в 1917 г. канадским микробиологом Ф. Д'Эррелем была установлена природа этого явления. Оно получило название бактериофагии, а возбудитель — бактериофага («пожиратель бактерий»).

Размеры фагов колеблются от 40 до 140 нм. Бактериофаги имеют вид многогранной *головки со стержнем,* покрытой снаружи белковой оболочкой (рис. 18). Внутри стержня имеется канал. Головка фага заполнена молекулой ДНК. У основания стержня имеется *базальная пластинка* с шипами и нитями.

Воздействие фага на бактериальную клетку происходит в несколько стадий (рис. 19): адсорбция фага на бактериальной клетке с помощью базальной пластинки с зубцами и нитями, проникновение ДНК из головки фага по каналу в бактериальную клетку, в которой затем под влиянием фаговой ДНК

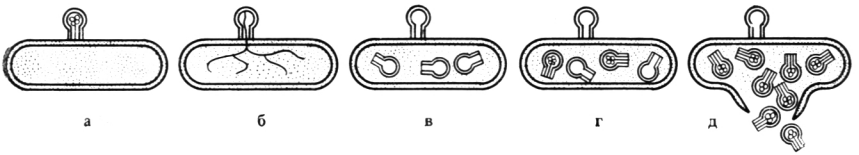


Рис. 19. Схема развития фага в бактериальной клетке:
а — адсорбция; *б* — переход ДНК в клетку; *в* — перестройка обмена веществ в клетке; *г* — образование новых частиц бактериофага; *д* — растворение клеточной стенки

происходит полная перестройка обмена веществ, синтезируется уже не бактериальная ДНК, а фаговая, что приводит к образованию в бактериальной клетке новых частиц фага растворение клеточной стенки бактерии, ее гибель.

Бактериофаги наносят большой вред в молочной промышленности (производстве сыров, творога, сметаны) и в производстве маргарина. Они поражают в основном молочнокислые стрептококки заквасок для получения этих продуктов. Под влиянием бактериофага клетки стрептококков лизируются (растворяются) и погибают. В антибиотической промышленности актинофаги лизируют производственную культуру актиномицетов — продуцентов антибиотиков.

В медицине бактериофаги применяются для лечения некоторых заболеваний, например дизентерии.

Глава 2. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У МИКРООРГАНИЗМОВ

Основу жизнедеятельности микроорганизмов, как и всех живых существ, составляет обмен веществ. *Обмен веществ (метаболизм)* — это совокупность протекающих в клетке химических превращений веществ, которые протекают в тесном взаимодействии с внешней средой. Обмен веществ у микроорганизмов слагается из двух типов процессов: процессов конструктивного обмена и энергетического.

Конструктивный обмен веществ — это биосинтез полимерных макромолекул клетки (белков, полисахаридов, нуклеиновых кислот, компонентов клеточной стенки и др.) за счет веществ, поступающих из внешней среды.

Для осуществления процессов биосинтеза, активного переноса веществ из питательной среды через ЦПМ в клетку, размножения, движения микроорганизмов необходима энергия. Они ее получают различными путями, но в основном в результате процессов окисления органических и минеральных веществ, поступивших в клетку. Этот процесс называется *энергетическим обменом.* В результате выделяется энергия, которая запасается в форме аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), а затем она может использоваться на нужды клетки.

Конструктивные и энергетические процессы протекают в клетке одновременно и тесно связаны между собой. Часто

одно и то же вещество служит исходным материалом и для биосинтеза веществ клетки и для получения энергии (например, углеводы, органические кислоты и др.).

Обмен веществ микроорганизмов отличается чрезвычайным разнообразием. Это связано со способностью микроорганизмов использовать для обмена веществ очень широкий круг органических и минеральных соединений. Такая способность обусловливается наличием у микроорганизмов большого разнообразия ферментов.

ФЕРМЕНТЫ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ РОЛЬ В ОБМЕНЕ ВЕЩЕСТВ

Ферменты (энзимы) — это белки, выполняющие функцию биокатализаторов, которые синтезируются в клетках микроорганизмов. Некоторые ферменты относятся к простым белкам (протеины), другие — к сложным белкам (протеиды). Протеиды являются двухкомпонентными ферментами, состоящими из белка и небелковой части различной химической природы. В состав небелковой части могут входить витамины (B_1, B_2, PP), металлы (Fe, Cu, Mg, Co и др.), липиды, углеводы и т. д. Белковая часть определяет специфические свойства фермента. Небелковая группа определяет, как правило, каталитическую активность фермента.

Поскольку ферменты являются белками, то одним из важнейших условий, определяющих активность фермента, является температура. По мере возрастания ее до определенного предела возрастает скорость ферментативной реакции, но затем скорость падает, фермент перестает действовать.

Отимальная температура для проявления максимальной активности разных ферментов различна. Ферменты, выделенные из *психрофильных* (холодолюбивых) микроорганизмов, активны при низких положительных температурах в пределах 5—7 °С; у *мезофильных* (среднетеплолюбивых) микроорганизмов максимальная ферментативная активность в пределах 35—37 °С, у *термофильных* (теплолюбивых) — 50—60 °С. Нагревание до 80—100 °С необратимо инактивирует фермент из-за денатурации белка. При температуре около нуля и ниже ферментативная активность замедляется и в большинстве случаев приостанавливается.

На активность фермента оказывает большое влияние pH среды, поскольку при различных значениях pH меняются его свойства. Например, у бактерий, растущих в кислой среде, максимум активности наблюдается при pH 4,8; растущих при нейтральном значении pH максимум активности отмечается при pH 7,2. Другие факторы внешней среды (воздействие химических веществ среды, лучистая энергия и др.) также оказывают влияние на активность ферментов. Физиологические



Рис. 20. Схема взаимодействия фермента с субстратом

процессы, протекающие в клетках микроорганизмов, почти полностью зависят от активности ферментов, поэтому любой фактор, действующий на фермент, будет воздействовать и на жизнедеятельность микроорганизма.

Ферменты обладают высокой активностью — ничтожные количества фермента обеспечивают значительную скорость реакций и вызывают превращение больших количеств субстрата. Так, молекула каталазы разрушает в минуту 5 млн молекул пероксида водорода, а 1 г амилазы при благоприятных условиях превращает в сахар 1 т крахмала.

В отличие от неорганических катализаторов ферменты обладают характерной особенностью — ярко выраженной *субстратной специфичностью.* Это выражается в том, что каждый фермент действует только на определенный субстрат. Например, амилаза вызывает расщепление только крахмала, лактаза — молочного сахара, целлюлаза — целлюлозы и т. д., а на другие углеводы каждый из этих ферментов воздействовать не может. Специфичность ферментов определяется структурой молекул фермента и субстрата, которые подходят друг к другу, как ключ к замку.

Взаимодействие фермента и субстрата начинается со связывания субстрата с белковой частью фермента. Образуется неустойчивый комплекс фермент — субстрат. По окончании реакции, катализируемой данным ферментом, этот комплекс распадается, фермент и конечные продукты реакции освобождаются (рис. 20). В клетках микроорганизмов содержится большое количество ферментов, которые локализованы на различных клеточных структурах (митохондриях, цитоплазматической мембране и др.).

Ферменты бывают *конститутивные,* являющиеся постоянной составной частью клеток, и *адаптивные,* вырабатываемые клеткой только при изменившихся условиях жизни. Во втором случае микроорганизм синтезирует фермент, который ранее не продуцировал (вырабатывал).

По характеру действия ферменты подразделяются на *экзоферменты,* которые выделяются клеткой во внешнюю среду, и *эндоферменты,* которые прочно связаны с внутренними структурами клетки и действуют внутри нее. И те, и другие играют важную роль в жизнедеятельности микроорганизмов.

По типу важнейших биохимических процессов, катализируемых ферментами, они делятся на шесть классов:

I. Оксидоредуктазы (окислительно-восстановительные ферменты), которые играют большую роль в процессах брожения и дыхания микроорганизмов, т. е. в энергетическом обмене. К ним относятся дегидрогеназы, цитохромная система, участвующие в переносе водорода и электронов, и многие другие. Это двухкомпонентные ферменты, по характеру действия относятся к эндоферментам.

II. Трансферазы (ферменты переноса), катализирующие перенос атомных группировок от одних соединений на другие. Трансферазы — двухкомпонентные ферменты, эндоферменты. Среди них есть ферменты, которые переносят остатки фосфорной кислоты — *фосфотрансферазы.* К ним относится *гексокиназа,* которая на первом этапе брожения и дыхания катализирует перенос остатка фосфорной кислоты от АТФ — богатого энергией соединения — на глюкозу. Другие фосфотрансферазы осуществляют фосфорилирование пировиноградной кислоты — промежуточного продукта брожения и дыхания — и других соединений. Следовательно, эти ферменты участвуют в энергетическом обмене микроорганизмов и благодаря им происходит передача большого количества энергии от АТФ глюкозе и пировиноградной кислоте.

В конструктивном обмене участвуют *аминотрансферазы,* которые переносят аминогруппы (NH_2) с аминокислот на кетокислоты и при этом образуются другие аминокислоты, необходимые для биосинтеза белков микробной клеткой.

III. Гидролазы (гидролитические ферменты) — это обширная группа ферментов, в основном однокомпонентных. Они катализируют реакции расщепления сложных соединений (белки, жиры и углеводы) с обязательным участием воды. К ним относятся *протеазы,* расщепляющие белки и полипептиды до аминокислот; *липазы,* вызывающие гидролиз жиров до глицерина и высших жирных кислот; ферменты, расщепляющие ди- и полисахариды: *мальтаза,* расщепляющая мальтозу (солодовый сахар) на две молекулы глюкозы, *сахараза,* расщепляющая сахарозу на глюкозу и фруктозу, *лактаза,* расщепляющая лактозу (молочный сахар) на галактозу и глюкозу. К гидролазам, расщепляющим полисахариды, относятся *амилаза* (гидролизует крахмал), *целлюлаза* (гидролизует целлюлозу), *пектиназа* (гидролизует пектиновые вещества) и др.

Гидролазы играют очень важную роль в обмене веществ микроорганизмов. По характеру действия они относятся к экзоферментам, выделяются клеткой во внешнюю среду и участвуют в расщеплении высокомолекулярных соединений вне клетки, тех, которые не способны проникнуть в клетку из-за малой величины пор в клеточной стенке и цитоплазматической мембране (белки, жиры, полисахариды и др.). Образовавшиеся в результате гидролиза низкомолекулярные вещества из внеш-

ней питательной среды могут проникать в клетку и затем подвергаться различным превращениям в ходе конструктивного и энергетического обменов.

IV. Лиазы включают двухкомпонентные ферменты, отщепляющие от субстратов определенные группы (CO_2, H_2O, NH_3 и т. д.) негидролитическим путем (без участия воды). Например, фермент *пируватдекарбоксилаза* осуществляет отщепление CO_2 от пировиноградной кислоты и образуется уксусный альдегид. Этот фермент играет очень важную роль в процессах брожения и дыхания микроорганизмов, т. е. в энергетическом обмене. Ферментативному декарбоксилированию могут также подвергаться и аминокислоты, в результате чего от них отщепляется CO_2 и образуются амины, многие из которых обладают ядовитым действием. Такие декарбоксилазы имеют гнилостные бактерии, вызывающие гниение белковых веществ. К декарбоксилазам относится и фермент *альдолаза*, играющий важную роль на начальных этапах процессов брожения и дыхания (энергетический обмен).

V. Изомеразы — это ферменты, катализирующие обратимые превращения органических соединений в их изомеры. Изомеризации подвергаются углеводы и их производные, органические кислоты, аминокислоты и т. д. Ферменты этой группы играют большую роль в процессах брожения и дыхания микроорганизмов. К этой группе относятся *триозофосфатизомераза, глюкофосфатизомераза* и др.

VI. Лигазы (синтетазы) — это ферменты, катализирующие синтез сложных органических соединений из более простых. Например, *аспарагинсинтетаза* катализирует синтез амида аспарагина из аспарагиновой кислоты и NH_3 с участием молекул АТФ, обеспечивающей этот синтез энергией. *Карбоксилазы* катализируют присоединение CO_2 к различным органическим кислотам при участии АТФ и т. д. Лигазы играют большую роль в углеводном и азотном обмене микроорганизмов (конструктивный обмен).

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КЛЕТОК МИКРООРГАНИЗМОВ

По составу веществ клетки микроорганизмов мало чем отличаются от животных и растений. В их клетках содержится 75—85% воды, остальные 15—25% составляют сухое вещество. Вода в клетке находится в свободном и связанном состоянии. *Связанная* вода входит в состав коллоидов клетки (белки, полисахариды и др.) и с трудом высвобождается из них. *Свободная* вода участвует в химических реакциях, служит растворителем для различных соединений, образующихся в клетке в процессе обмена веществ.

Сухое вещество клетки состоит из органических и минеральных веществ. Если содержание сухого вещества принять за 100%, то на долю минеральных веществ приходится 2—

14%, остальная часть сухого вещества представлена органическими соединениями, основную массу которых составляют белки (до 52%), полисахариды (до 17%), нуклеиновые кислоты (РНК — до 16%, ДНК — до 3%) и липиды (до 9%). Эти соединения входят в состав различных клеточных структур микроорганизмов и выполняют важные физиологические функции.

Белки микроорганизмов состоят из тех же аминокислот, что и белки животных и растений. Наибольшее значение из них имеют *нуклеопротеиды* — белки, связанные с нуклеиновыми кислотами (ДНК и РНК). Они являются обязательными компонентами ядра и рибосом. Нуклеопротеиды играют важную роль в процессах роста и размножения микроорганизмов, участвуют в передаче наследственных признаков. Ферменты также являются белками.

Полисахариды в клетках микроорганизмов представлены гликогеном, гранулезой, которые являются запасными питательными веществами, а также декстраном и леваном, образующими капсулы бактерий. Некоторые полисахариды (целлюлоза и др.) входят в состав клеточной стенки.

Липиды входят главным образом в состав клеточной стенки и цитоплазматической мембраны. Они откладываются в клетках в качестве запасных веществ.

В клетках микроорганизмов находятся и другие вещества — органические кислоты, их соли, пигменты, витамины и др.

Элементарный состав клеток микроорганизмов довольно разнообразен. Он представлен ниже (в % сухого вещества).

Углерод	50	Натрий	1
Кислород	20	Кальций	0,5
Азот	14	Магний	0,5
Водород	8	Хлор	0,5
Фосфор	3	Железо	0,2
Сера	1	Все остальные элементы	0,3
Калий	1		

Эти элементы играют различную физиологическую роль. Углерод, кислород, азот и водород входят в состав всех без исключения живых организмов и их называют *органогенами.* Это главные химические элементы, которые составляют основу органических веществ; водород и кислород входят в состав воды; кислород необходим для дыхания аэробным микроорганизмам. Важную физиологическую функцию выполняют также фосфор и сера. *Фосфор* входит в состав ряда важных органических соединений клетки — нуклеиновых кислот, фосфолипидов, АТФ и др. Без этого элемента развитие микроорганизмов невозможно. Сера необходима для синтеза серусодержащих аминокислот (цистина, цистеина, гомоцистеина, метионина), без которых невозможен синтез белков.

Эти шесть элементов составляют до 90—98% сухого вещества клеток, при этом на долю углерода приходится 50%.

Остаток представлен другими элементами. Все они входят в состав небелковой части различных ферментов, а некоторые выполняют и другие функции. Важное значение имеют калий, магний, кальций, железо.

Химический состав клеток микроорганизмов определяет их потребности в питательных веществах и дает представление о значении отдельных химических элементов и соединений для их жизнедеятельности.

ПОТРЕБНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВАХ. ТИПЫ ПИТАНИЯ

Обмен веществ неразрывно связан с процессом питания микроорганизмов. Разнообразные вещества, в которых нуждается микроорганизм и которые он потребляет из внешней среды для биосинтеза основных органических веществ клетки, роста, размножения и получения энергии, называются *питательными,* а среда, содержащая их, — *питательной средой.*

Потребности микроорганизмов в питательных веществах чрезвычайно разнообразны, но независимо от их потребностей в питательной среде должны содержаться все элементы, которые имеются в клетках микроорганизмов. В соответствии с тем, какие именно элементы включаются в состав питательной среды, их называют *источниками углерода, азота, серы* и т. д. Источником водорода и кислорода для всех микроорганизмов является вода. Источниками всех остальных элементов, кроме углерода и азота, являются минеральные соли. Например, источником калия и фосфора может служить K_2HPO_4, источником магния и серы — $MgSO_4$, источником железа — $FeCl_3$ и т. д. Источниками углерода и азота могут быть как минеральные, так и органические вещества.

По отношению к источникам углерода все микроорганизмы делятся на две большие группы: автотрофы и гетеротрофы. Соответственно и тип питания этих микроорганизмов называется либо автотрофным, либо гетеротрофным.

Микроорганизмы, которые способны использовать для биосинтеза веществ клетки неорганический источник углерода (CO_2), называются *автотрофами.* Микроорганизмы, которые не могут использовать CO_2 в качестве единственного источника углерода, а нуждаются в органических соединениях, называются *гетеротрофами.* К гетеротрофам относится большинство микроорганизмов. Понятия автотрофия и гетеротрофия характеризуют тип конструктивного обмена.

Многие гетеротрофные микроорганизмы для биосинтеза веществ клетки в качестве источника углерода используют в основном углеводы, а также спирты, липиды, белки, углеродный скелет аминокислот и гораздо реже органические кислоты.

Кроме углерода важнейшим элементом для биосинтеза бел-

ковых веществ клетки является азот. Автотрофы используют азот из минеральных соединений, наилучшими из которых являются аммонийные соли. Гетеротрофы могут использовать самые различные соединения. Для многих из них наилучшими источниками азота являются аммонийные соли, особенно органических кислот, и нитраты. Существуют гетеротрофные микроорганизмы, способные усваивать молекулярный азот воздуха (N_2) и строить из него необходимые азотсодержащие компоненты клетки. Другие гетеротрофные микроорганизмы используют в качестве источника азота органические вещества (аминокислоты и более сложные продукты распада белка — пептоны). Такие соединения могут служить одновременно источниками углерода, азота, серы, а также энергии. Белки являются высокомолекулярными соединениями и не проникают в микробную клетку, поэтому утилизировать (использовать) белки могут только те микроорганизмы, которые выделяют в среду протеолитические ферменты, расщепляющие белки до аминокислот, которые затем непосредственно потребляются клеткой.

Кроме основных питательных веществ многим гетеротрофным микроорганизмам необходимо наличие в среде в готовом виде так называемых *факторов роста* (витамины, аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания), которые они сами не синтезируют. Факторы роста нельзя рассматривать как стимуляторы роста микроорганизмов. Они необходимы микроорганизмам в очень малых дозах и используются для биосинтеза различных компонентов клетки. Витамины нужны для синтеза различных ферментов, аминокислоты — для синтеза белков, пуриновые и пиримидиновые основания — для синтеза ДНК и РНК.

Подразделение микроорганизмов по типам питания на автотрофов и гетеротрофов довольно условно, так как между ними имеется ряд переходных групп. К автотрофам относится сравнительно небольшая группа микроорганизмов, играющих важную роль в круговороте веществ в природе. Для пищевой промышленности они значения не имеют.

Большинство микроорганизмов относится к гетеротрофам, среди которых имеются микроорганизмы, резко различающиеся по потребностям в питательных веществах. В связи с этим гетеротрофы подразделяются на две группы: сапрофиты и паразиты.

Сапрофиты питаются за счет органических веществ различных субстратов животного и растительного происхождения. Одни из них разлагают остатки отмерших животных и растений и имеют колоссальное значение в круговороте веществ в природе. Другие вызывают порчу пищевых продуктов или используются в пищевой промышленности в процессах переработки растительного и животного сырья. Большинство гетеротрофов относится к сапрофитам (гнилостные и бактерии — воз-

будители процессов брожения, актиномицеты, мицелиальные грибы, дрожжи).

Паразиты питаются за счет органических веществ живых организмов. Паразитами являются все болезнетворные микроорганизмы, включая вирусы, вызывающие заболевания человека, животных, растений, и фаги.

МЕХАНИЗМ ПОСТУПЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В КЛЕТКИ МИКРООРГАНИЗМОВ

Питательные вещества, чтобы они могли быть использованы клеткой для процессов метаболизма, должны из внешней среды попасть внутрь клетки. Все превращения веществ происходят в клетке. Поступление питательных веществ и воды в клетку и выделение продуктов обмена во внешнюю среду происходит через всю поверхность клеток.

Вещества питательной среды могут поступать в клетку только в растворенном виде и в растворенном же состоянии из нее выделяются продукты жизнедеятельности. Нерастворимые высокомолекулярные органические полимеры (белки, полисахариды и др.), а также липиды должны предварительно подвергнуться расщеплению вне клетки на более низкомолекулярные соединения — мономеры, обладающие растворимостью в воде (аминокислоты, моносахариды, органические кислоты и др.). Перевод высокомолекулярных соединений в низкомолекулярные осуществляется с помощью экзоферментов, выделяющихся клетками микроорганизмов во внешнюю среду. Это в основном ферменты, относящиеся к классу гидролаз. Белки расщепляются протеазами, жиры — липазой, крахмал — амилазой, пектиновые вещества — пектиназой, целлюлоза — целлюлазой и т. п.

Поступление минеральных солей в клетку зависит от степени диссоциации их на ионы, от pH среды, заряда цитоплазматической мембраны. Если ЦПМ имеет положительный заряд, то в клетку легче проникают ионы с отрицательным зарядом. *Проницаемость клеток* микроорганизмов для различных веществ неодинакова и обусловлена наличием в нормально функционирующих клетках двойного барьера — клеточной стенки и цитоплазматической мембраны. Клеточная стенка микроорганизмов является барьером для высокомолекулярных соединений — белков, полисахаридов и др. и легко пропускает низкомолекулярные соединения и ионы, что связано с малой величиной диффузионных пор в ней.

Основным препятствием для транспорта (проникновения) веществ в клетку является цитоплазматическая мембрана, так как она, с одной стороны, обладает полупроницаемостью (вода проходит через нее значительно легче, чем соли); с другой стороны, ЦПМ обладает избирательной проницаемостью, т. е. не все растворенные вещества могут проходить через нее одина-

ково легко. ЦПМ регулирует не только поступление в клетку, но и выход из нее воды и разнообразных продуктов обмена и ионов, что обеспечивает нормальную жизнедеятельность клетки. Транспорт веществ происходит через мельчайшие поры в ЦПМ.

Существует несколько механизмов транспорта питательных веществ в клетку. Простейший из них — *пассивная диффузия.* Движущей силой этого процесса служит градиент концентрации вещества, т. е. различия в его концентрации по обе стороны ЦПМ — во внешней среде и в клетке. Молекулы воды, некоторых газов (O_2, H_2, N_2), некоторые ионы, концентрация которых во внешней среде выше, чем в клетке, перемещаются через ЦПМ внутрь клетки именно путем пассивной диффузии. Пассивный перенос веществ протекает до тех пор, пока концентрация веществ по обе стороны ЦПМ не выравняется. Вода — основное вещество, которое проникает в клетку путем пассивной диффузии. Поступающая вода прижимает цитоплазму и ЦПМ к клеточной стенке, в клетке создается внутреннее давление на клеточную стенку, называемое *тургором,* которое препятствует дальнейшему проникновению воды в клетку. В состоянии тургора клетки всех живых существ, в том числе и микроорганизмов, проявляют наиболее активную жизнедеятельность. Поэтому роль воды в жизни микроорганизмов так велика. Пассивная диффузия происходит без затраты энергии клеткой. Скорость такого процесса незначительна.

Подавляющее большинство веществ питательной среды может проникнуть внутрь клетки только при участии переносчиков — специфических белков, локализованных на ЦПМ и циркулирующих между ее внешним и внутренним слоями. Они же осуществляют вывод из клетки продуктов обмена. Переносчики обладают строгой специфичностью к субстрату, т. е. каждый из них переносит только определенное вещество. Переносчик вступает во взаимодействие с веществом на наружной стороне ЦПМ, и этот комплекс диффундирует через ЦПМ к внутренней стороне ЦПМ, комплекс распадается и затем вещество передается в цитоплазму. После этого переносчики «захватывают» определенные продукты обмена, выносят их из клетки и процесс повторяется. Таким образом, в клетку из питательной среды поступают только те вещества, для которых в ЦПМ имеются соответствующие переносчики, и в этом проявляется избирательная проницаемость ЦПМ.

С помощью переносчиков осуществляется перенос растворенных веществ питательной среды путем облегченной диффузии и активного транспорта.

Облегченная диффузия происходит по градиенту концентрации, как и пассивная диффузия, она протекает тоже без затраты энергии, но с большей скоростью.

Активный транспорт веществ идет против градиента концентрации, т. е. от меньшей концентрации к большей, что обя-

зательно сопровождается затратой энергии. Попав внутрь клетки, вещество освобождается от переносчика также с затратой энергии. При активном транспорте скорость поступления вещества в клетку достигает максимума уже при малой концентрации его в питательной среде, причем концентрация этого вещества в клетке может значительно превысить его концентрацию в питательной среде.

Прокариоты и эукариоты различаются по механизмам транспорта — у прокариот избирательное поступление питательных веществ происходит путем активного транспорта, у эукариот — путем облегченной диффузии. Выход продуктов обмена из клеток микроорганизмов чаще всего осуществляется путем облегченной диффузии.

КОНСТРУКТИВНЫЙ ОБМЕН

Конструктивный обмен веществ заключается в биосинтезе основных клеточных компонентов из поступивших в клетку веществ питательной среды. При рассмотрении химического состава микроорганизмов отмечалось, что основная масса органических веществ клетки состоит из макромолекул (полисахаридов, липидов, белков, нуклеиновых кислот), которые, за исключением липидов, являются полимерами. Образованию полимеров предшествует синтез составляющих их мономеров. Для биосинтеза полисахаридов необходимые мономеры — различные моносахариды, для белков — аминокислоты, для нуклеиновых кислот — рибо- и дезоксирибонуклеотиды. Мономеры могут быть синтезированы клеткой из более простых соединений или должны поступать в готовом виде из питательной среды.

Чем больше число готовых соединений, которые должен получать организм извне, тем ниже уровень его биосинтетических способностей. Гетеротрофные микроорганизмы обладают высокими потребностями в готовых органических веществах и, следовательно, низкой биосинтетической способностью. Автотрофы в противоположность гетеротрофам обладают наиболее высокой биосинтетической способностью, они синтезируют из диоксида углерода сначала мономеры, а затем и все сложные клеточные компоненты.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБМЕН

Для переноса питательных веществ через ЦПМ, биосинтеза из них основных клеточных компонентов, для размножения, движения и т. д. микроорганизмам необходима энергия.

Источники энергии. Микроорганизмы могут использовать два вида энергии: энергию видимого света и химическую энергию, высвобождающуюся при окислении различных восстановленных соединений.

Микроорганизмы, для которых источником энергии служит свет, называются *фототрофами.* Микроорганизмы, для которых источниками энергии служат процессы окисления химических соединений, называются *хемотрофами.*

Микроорганизмы могут окислять некоторые восстановленные неорганические соединения и любые природные восстановленные органические соединения. Окисляться микроорганизмами могут даже ядовитые вещества (фенол), а также синтетические материалы (пластмасса, искусственный каучук и др.) и даже асфальт, битум и т. д. Высокомолекулярные органические соединения предварительно гидролизуются (расщепляются) с помощью экзоферментов до мономеров. Процессы гидролиза клетке энергии не дают. Мономеры подвергаются окислению через ряд последовательно идущих ферментативных процессов и в результате сложных реакций в клетке накапливается энергия.

Органические вещества окисляются путем отдачи водорода — дегидрированием. Поскольку атом водорода состоит из протона и электрона, то перенос водорода с одного вещества на другое включает и перенос электрона. Вещество, отдающее электроны или водород, называют *донором,* а вещество, их присоединяющее, — *акцептором.* Поэтому термины окисление и дегидрирование, донор электронов и донор водорода, акцептор электронов и акцептор водорода являются синонимами. Окислением является также и присоединение к веществу кислорода.

Водород и электроны, отнятые от окисляемого субстрата (донора), переносятся к конечному акцептору не непосредственно, а ступенчато, поэтапно, с помощью различных окислительно-восстановительных ферментов. К таким ферментам относятся *дегидрогеназы,* которые переносят водород, и ферменты цитохромной системы — *цитохромы* и *цитохромоксидаза,* которые переносят электроны. Дегидрогеназы и цитохромная система образуют так называемую *дыхательную цепь.* Так как перенос водорода и электронов — эквивалентные процессы, то дыхательную цепь рассматривают как цепь переноса электронов (электронтранспортная цепь). Терминальным (конечным) ферментом этой цепи является цитохромоксидаза. Она передает электроны молекулярному кислороду, который при этом активируется и приобретает способность соединяться с ионами водорода, в результате чего образуется вода.

Схематично реакцию окисления — восстановления при участии дегидрогеназы можно представить следующим образом:

$$AH_2 + B \xrightarrow[\text{Дегидрогеназа}]{} A + BH_2 + \text{Энергия}$$

Донор водорода	Акцептор водорода	Окисленное вещество	Восстановленное вещество

Отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду. Набором окислительно-восстановительных ферментов обусловливается отношение микроорганизмов к молекулярному кислороду. В зависимости от способа получения энергии и от конечного акцептора водорода микроорганизмы можно разделить в основном на три физиологические группы по отношению к молекулярному кислороду: облигатные аэробы, облигатные анаэробы и факультативные (условные) анаэробы.

Облигатные (строгие) аэробы растут только в присутствии O_2. К ним относится часть автотрофов и большинство гетеротрофных микроорганизмов (например, уксуснокислые, многие гнилостные бактерии, актиномицеты, мицелиальные грибы и некоторые дрожжи). Среди облигатных аэробов встречаются *микроаэрофилы,* лучше всего развивающиеся при низких концентрациях O_2 — около 2%. Аэробные гетеротрофные микроорганизмы окисляют органические вещества в присутствии молекулярного кислорода, который и является конечным акцептором водорода. Автотрофы окисляют минеральные вещества путем прямого присоединения кислорода.

Анаэробы не требуют для своего развития присутствия O_2, и их энергетические и конструктивные процессы протекают без участия молекулярного кислорода. Конечными акцепторами водорода служат органические или неорганические вещества. Анаэробы, в свою очередь, подразделяются на облигатные и факультативные. *Облигатные* не переносят даже ничтожных количеств O_2 в среде и быстро погибают. Для них кислород ядовит. К строгим анаэробам относятся маслянокислые бактерии, возбудитель тяжелого пищевого отравления — ботулизма и др. *Факультативные анаэробы* могут расти как в присутствии, так и в отсутствие O_2, например бактерии кишечной группы, молочнокислые бактерии, большинство дрожжей, часть гнилостных бактерий.

Начало окислительного процесса независимо от того, участвует в нем молекулярный кислород или нет, связано с воздействием на соответствующие окисляемые субстраты дегидрогеназ. Поэтому дегидрогеназы имеются абсолютно у всех микроорганизмов — и у анаэробов, и у аэробов. Цитохромы имеются у аэробов и у факультативных анаэробов, но никогда не встречаются у строгих анаэробов. Цитохромоксидаза имеется только у аэробов, поэтому они могут осуществлять полное окисление субстрата до CO_2 и H_2O.

Особенности энергетических процессов у микроорганизмов. Способы получения энергии у микроорганизмов различны в отличие от высших организмов, для которых источником энергии является либо процесс дыхания (у животных), либо процесс фотосинтеза (у растений).

Окисление у микроорганизмов не обязательно идет до конца, до образования CO_2 и H_2O. Может проходить и неполное окисление органических веществ в присутствии кислорода воз-

духа с образованием промежуточных недоокисленных продуктов. Кроме того, микроорганизмам для осуществления процессов окисления не обязательно присутствие кислорода воздуха — они могут окислять органические вещества с помощью кислорода, находящегося в соединениях, богатых им, — нитратов (нитратное дыхание) или сульфатов (сульфатное дыхание). И, наконец, микроорганизмы могут существовать без доступа воздуха и получать энергию без участия кислорода путем процесса брожения.

Несмотря на такое разнообразие способов получения энергии у микроорганизмов, все они сводятся в основном к окислению молекул различных восстановленных веществ и восстановлению молекул других окисляющих веществ. Эти реакции объединены под названием *биологическое окисление.*

В процессе биохимических превращений веществ происходит разрыв химических связей, сопровождающийся выделением энергии. Это так называемая *свободная* (потенциальная) энергия, которая не может непосредственно использоваться живыми организмами, а должна быть преобразована в биологически усвояемую форму энергии.

Особенностью биологического окисления является то, что выделяющаяся при разрыве химических связей свободная энергия трансформируется в энергию макроэргических связей АТФ. Химические связи называются *макроэргическими* потому, что при их разрыве высвобождается большое количество свободной энергии. Соединения, имеющие такие связи, называются макроэргическими. АТФ имеет две макроэргические фосфатные связи, энергия разрыва которых составляет 31,8 кДж/моль каждая, в то время как у большинства веществ эта энергия равна около 12 кДж/моль.

АТФ является универсальным аккумулятором энергии для всех живых организмов. В молекулах АТФ энергия хранится очень недолго (продолжительность «жизни» молекул АТФ составляет около $^1/_3$ с) и тут же расходуется на обеспечение энергией всех протекающих в данный момент процессов. Малые размеры молекул АТФ позволяют ей легко диффундировать в различные участки клетки, где необходим приток энергии. При этом происходит разрыв макроэргической связи в молекуле АТФ и отрыв от нее фосфатной группы с высоким энергетическим потенциалом. Разрыв связи приводит к резкому уменьшению свободной энергии, заключенной в АТФ. Поэтому молекула АТФ должна постоянно регенерироваться, то есть должен происходить синтез АТФ путем присоединения к молекуле фосфатной группы, что повышает уровень ее свободной энергии и переводит в активированную форму. Активированная АТФ может далее участвовать в процессах метаболизма. Таким образом, АТФ является универсальным переносчиком энергии и с ее помощью происходит перераспределение энергии между реакциями, идущими с выделением и затратой энергии.

АТФ локализуется у прокариот в ЦПМ, у эукариот — в митохондриях.

Процесс превращения свободной химической энергии в биологически полезную форму сложен. Обязательным условием является многоступенчатость процесса биологического окисления, так как только на некоторых этапах окисления исходного вещества происходит образование энергии, то есть синтез АТФ. Не вся свободная энергия окисления как органических, так и неорганических веществ переводится в доступную для клетки форму и аккумулируется в АТФ. Часть образовавшейся свободной энергии рассеивается в виде тепловой, реже — световой (свечение морской воды, рыбы, сгнившего дерева) и электрической энергии. Если же в определенных условиях клетка запасает энергии больше, чем может истратить на все энергопотребляющие процессы, то тогда она синтезирует в значительных количествах высокомолекулярные запасные вещества (главным образом, полисахариды — гранулеза, гликоген, реже — липиды), которые могут служить энергетическим материалом для микроорганизмов в условиях голодания и недостатка внешних источников энергии. При необходимости эти вещества подвергаются биохимическим превращениям и снабжают клетку энергией.

Энергетические процессы по своему объему значительно превосходят конструктивные. Вещества питательной среды используются, в первую очередь, для осуществления энергетического обмена. Полученная энергия прежде всего необходима для биосинтеза клеточных компонентов. Более половины полученной энергии расходуется на биосинтез белков, часть энергии идет на синтез ДНК и РНК, полисахаридов и др., то есть на биосинтетические процессы, связанные с ростом клеток. Часть энергии тратится на поддержание жизнедеятельности клетки — на осуществление активного транспорта веществ питательной среды через ЦПМ внутрь клетки, размножение, движение.

Энергетические процессы тесно связаны с конструктивным обменом. В ходе биологического окисления образуются разнообразные низкомолекулярные промежуточные продукты (фосфорные эфиры сахаров, пировиноградная, уксусная, щавелевоуксусная, янтарная, α-кетоглутаровая кислоты), из которых синтезируются сначала мономеры (аминокислоты, пуриновые и пиримидиновые основания, моносахариды и др.), а затем основные макромолекулы клетки (белки, нуклеиновые кислоты).

Взаимосвязь конструктивного и энергетического обменов заключается и в том, что процессы биосинтеза кроме энергии требуют поступления извне восстановителя в виде водорода (электронов), источником которого также служат реакции энергетического обмена.

Часть промежуточных низкомолекулярных продуктов, образующихся при энергетическом обмене, превращается в уксус-

ную, молочную, масляную кислоты, этиловый спирт и др. Эта сторона энергетического обмена используется в практической деятельности человека, в частности в пищевых производствах.

СПОСОБЫ СУЩЕСТВОВАНИЯ И ТИПЫ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У МИКРООРГАНИЗМОВ

В зависимости от способа получения энергии и источника углерода все микроорганизмы делятся на хемоавтотрофы, фотоавтотрофы и хемогетеротрофы и фотогетеротрофы.

Хемоавтотрофы — это микроорганизмы, использующие химическую энергию, освобождающуюся при окислении неорганических веществ (таких как аммиак, сероводород, закисное железо Fe^{2+} и др.), для синтеза органических веществ из неорганического источника углерода — CO_2. К ним относятся нитрифицирующие, тионовые бактерии, железобактерии, бесцветные серобактерии, водородные бактерии. Нитрифицирующие бактерии окисляют аммиак (NH_3) сначала до азотистой, а затем до азотной кислоты:

$$2NH_3 + 3O_2 \longrightarrow 2HNO_2 + 2H_2O + \text{Энергия}$$

$$2HNO_2 + O_2 \longrightarrow 2HNO_3 + \text{Энергия}$$

Бесцветные серобактерии окисляют сероводород (H_2S) сначала до элементарной серы, а затем до серной кислоты:

$$2H_2S + O_2 \longrightarrow 2H_2O + S_2 + \text{Энергия}$$

$$S_2 + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 2H_2SO_4 + \text{Энергия}$$

Фотоавтотрофы — это микроорганизмы, использующие световую энергию для синтеза органических веществ клеток из неорганического источника углерода — CO_2. Они имеют особые пигменты типа хлорофилла, с помощью которых усваивают и преобразуют световую энергию. К ним относятся пурпурные и зеленые серобактерии.

Хемогетеротрофы — это микроорганизмы, использующие химическую энергию, освобождающуюся в ходе окисления органических веществ. Для синтеза веществ клеток они также утилизируют готовые органические соединения в качестве источников углерода. К ним относится большинство микроорганизмов. Они широко распространены в природе, их жизнедеятельность имеет большое значение для круговорота веществ в природе. Некоторые из них вызывают порчу пищевых продуктов, а другие в процессе метаболизма образуют продукты, представляющие практический интерес, и поэтому используются в различных производствах, основанных на жизнедеятельности этих микроорганизмов. Ниже будут рассмотрены способы получения энергии хемогетеротрофами, которые лежат в основе важнейших биохимических процессов, имеющих практическое значение.

Фотогетеротрофы — это микроорганизмы, использующие световую энергию, а в качестве источника углерода — органические соединения.

Получение энергии хемогетеротрофами. В качестве источника энергии они могут использовать широкий круг органических веществ, чаще углеводы, а также спирты (одноатомный — этиловый спирт, трехатомный — глицерин, шестиатомные спирты — сорбит, маннит и др.), аминокислоты, пурины, пиримидины, жиры, органические кислоты и др. Большинство хемогетеротрофов получают энергию и синтезируют углеродный скелет веществ, входящих в состав их клеток из одного и того же органического соединения.

У хемогетеротрофов имеется четыре способа получения энергии: аэробное дыхание, неполное окисление, брожение и анаэробное дыхание. В основе всех этих способов получения энергии, различающихся конечными акцепторами водорода (электронов), лежат процессы биологического окисления органических веществ. От степени окисления органических веществ зависит количество энергии, получаемой клеткой и аккумулированной в макроэргических связях АТФ, а также количество высвобождающейся при этом свободной (тепловой или какой-либо другой) энергии. Окисление, как указывалось выше, может быть полным и неполным.

В аэробных условиях в присутствии молекулярного кислорода может протекать как полное окисление органических веществ (аэробное дыхание), так и неполное. В анаэробных условиях (в отсутствие молекулярного кислорода) протекает неполное окисление (брожение), а при окислении органических веществ связанным кислородом — полное окисление.

Аэробное дыхание. Донорами водорода при дыхании служат органические вещества, которые при этом окисляются, а конечным акцептором водорода является молекулярный кислород. В результате дыхания происходит полное окисление органических веществ до минеральных соединений — диоксида углерода и воды и выделяется большое количество тепловой энергии:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2822 \text{ кДж}$$

Такое количество энергии соответствует всему запасу свободной энергии, заключенному в 1 грамм-молекуле глюкозы. Этим путем получают энергию многие аэробные бактерии и некоторые дрожжи, используемые для получения хлебопекарных и кормовых дрожжей.

При аэробном дыхании примерно 50% энергии теряется в виде тепла. Этим объясняется явление *термогенеза* — самосогревание больших рыхлых, хорошо аэрируемых скоплений растительных масс (сена, зерна, силоса, навоза, торфа и др.), что приводит иногда к самовозгоранию сена, торфа и т. п.

Неполное окисление органических веществ. В аэробных условиях окисление органических веществ может идти не до CO_2 и H_2O, а до образования промежуточных недо-

окисленных продуктов и H_2O. Донорами водорода, как и при аэробном дыхании, служат органические вещества, а акцептором — молекулярный кислород. При этом энергии освобождается значительно меньше. Такой способ получения энергии называется *неполным окислением*, например окисление этилового спирта до уксусной кислоты уксуснокислыми бактериями:

$$\underset{\text{Этиловый спирт}}{C_2H_5OH} + O_2 \longrightarrow \underset{\text{Уксусная кислота}}{CH_3COOH} + H_2O + 487 \text{ кДж}$$

В молекуле спирта заключено гораздо больше энергии (1369 кДж), но так как окисление в данном случае было неполным, то и энергии выделилось меньше (487 кДж), а остальная свободная энергия, заключенная в молекуле спирта, осталась в продукте неполного окисления — уксусной кислоте. Свойственно неполное окисление углеводов многим мицелиальным грибам, грибы окисляют их с образованием лимонной, глюконовой, щавелевой и других органических кислот.

Брожение. Процесс брожения — это неполное окисление органических веществ в анаэробных условиях. Донорами водорода при брожении являются органические вещества, акцепторами водорода при брожении также являются органические вещества. Это промежуточные продукты брожения, которые при этом восстанавливаются. При брожении энергии выделяется значительно меньше, чем при окислении 1 грамм-молекулы глюкозы в аэробных условиях, например при спиртовом брожении, вызываемом дрожжами, — всего 118 кДж:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Этиловый спирт}}{2C_2H_5OH} + 2CO_2 + 118 \text{ кДж}$$

Другие виды брожения (молочнокислое, маслянокислое и т. д.) протекают также с неполным выделением энергии глюкозы, так как часть свободной энергии переходит в образующиеся восстановленные продукты брожения, которые накапливаются в среде.

Анаэробное дыхание. Небольшое число бактерий (денитрифицирующие, десульфатирующие) в анаэробных условиях окисляют органические вещества — доноры водорода не с помощью молекулярного кислорода, а с использованием связанного кислорода, находящегося в молекуле нитратов и сульфатов. Эти неорганические вещества богаты кислородом, являются акцепторами водорода.

Анаэробное дыхание бывает двух типов: нитратное и сульфатное. Окисление органических соединений кислородом нитратов называется *нитратным дыханием:*

$$\underset{\text{Глюкоза}}{5C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{Нитрат калия}}{24KNO_3} \longrightarrow 24KHCO_3 + 18H_2O + 12N_2 + 6CO_2 + 1760 \text{ кДж}$$

Окисление органических веществ кислородом сульфатов называется *сульфатным дыханием:*

$$\underset{\text{Глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} + 3K_2SO_4 \longrightarrow 3K_2CO_3 + 3CO_2 + 3H_2O + 3H_2S + 1760\ \text{кДж}$$
Сульфат калия

Процессы анаэробного дыхания сопровождаются значительным выделением энергии.

Общая схема превращений углеводов при брожении и дыхании. Наиболее распространенными среди хемогетеротрофов способами получения энергии являются дыхание и брожение. Субстратом для этих процессов чаще всего являются углеводы (например, глюкоза). Суммарные уравнения процессов дыхания и брожения дают представление лишь об исходном и конечных продуктах реакций. На самом деле превращения углеводов происходят многоступенчато при участии множества ферментов с образованием различных промежуточных продуктов. Ключевую позицию в этих превращениях занимает пировиноградная кислота, так как до стадии пировиноградной кислоты все процессы как у аэробных, так и у анаэробных микроорганизмов протекают одинаково. Дальнейшие превращения пировиноградной кислоты зависят от специфики ферментов, имеющихся у данного микроорганизма.

В анаэробных условиях строгие анаэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы осуществляют процессы брожения (спиртового, молочнокислого, маслянокислого и др.). У молочнокислых бактерий, например, имеется фермент лактатдегидрогеназа, который переносит водород на пировиноградную кислоту, а последняя непосредственно восстанавливается до молочной кислоты. В клетках дрожжей этот фермент не содержится, но в них имеются другие ферменты — *пируватдекарбоксилаза,* которая катализирует расщепление пировиноградной кислоты на диоксид углерода и уксусный альдегид, и фермент *алкогольдегидрогеназа,* при участии которой уксусный альдегид восстанавливается в этиловый спирт. Эти ферменты отсутствуют у молочнокислых бактерий. Специфические ферменты имеются и у других микроорганизмов. В зависимости от того, какой основной продукт накапливается в среде, процесс брожения имеет соответствующее название.

В аэробных условиях пировиноградная кислота вступает в сложный цикл превращений (цикл Кребса), в ходе которого аэробные микроорганизмы осуществляют либо неполное окисление пировиноградной кислоты до лимонной, щавелевой, янтарной кислот и воды, либо происходит полное окисление пировиноградной кислоты до CO_2 и H_2O.

Глава 3. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ И РОСТ МИКРООРГАНИЗМОВ

Выращивание микроорганизмов на питательных средах называется *культивированием,* а развившиеся на таких средах микроорганизмы — *культурой.* При культивировании происходит рост культуры — физиологический процесс, в результате которого увеличивается биомасса (масса клеточного вещества данного микроорганизма).

Для культивирования микроорганизмов применяются питательные среды, которые не только должны содержать все питательные вещества, необходимые для конструктивного и энергетического обменов, но и являться средой обитания. Поэтому в ней должны поддерживаться определенные оптимальные для каждого вида микроорганизма физико-химические условия (температура, аэрация, кислотность среды и пр.), в которых обмен веществ между клетками микроорганизмов и средой осуществляется наиболее интенсивно.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД

По составу питательные среды принято делить на естественные (или натуральные) и синтетические.

Натуральными (естественными) обычно называют среды, которые состоят из продуктов животного или растительного происхождения. Основой таких сред являются овощные и фруктовые соки, молоко, животные ткани (мясо, рыба, печень и др.), разведенная кровь, отвары или экстракты, полученные из природных субстратов, таких как мясо, солод, картофель, почва, дрожжи и др. На натуральных средах хорошо развиваются многие микроорганизмы, поскольку они содержат все компоненты, необходимые для роста и развития. Натуральные среды используются главным образом для поддержания культур микроорганизмов и накопления биомассы. Однако эти среды имеют сложный, неопределенный химический состав и мало пригодны для изучения обмена веществ микроорганизмов.

К числу натуральных сред, широко применяемых в лабораторной практике, относятся мясо-пептонный бульон (МПБ), неохмеленное пивное сусло, дрожжевая и картофельные среды, почвенный экстракт.

Синтетическими называют среды, в состав которых входят только определенные химически чистые соединения, взятые в точно указанных количествах. Синтетические среды наиболее удобны для исследования обмена веществ микроорганизмов. Зная точный состав и количество входящих в среду компонентов, можно изучить их потребление и превращение в соответствующие продукты обмена.

В настоящее время в распоряжении микробиологов имеется достаточное количество синтетических сред, не уступающих по своим качествам сложным натуральным средам.

Полусинтетические среды также относятся к средам неопределенного состава. Их главными составными частями являются известные соединения (углеводы, соли аммония, нитраты, фосфаты и т. д.), а компонент неопределенного состава (кукурузный экстракт, дрожжевой автолизат, гидролизат казеина и др.) содержится в относительно низких концентрациях. Такие среды находят особенно широкое применение в биотехнологии аминокислот, витаминов, антибиотиков и др.

По назначению различают элективные и дифференциально-диагностические среды.

Элективные среды предназначены для выделения чистых культур микроорганизмов из среды их естественного обитания (воды, почвы, пищевых продуктов и т. п.).

Дифференциально-диагностические среды — это такие среды, с помощью которых можно довольно быстро отличить (дифференцировать) одни виды микроорганизмов от других. Их состав подбирается с таким расчетом, чтобы можно было четко выявить наиболее характерные свойства данного вида. Примером такой среды для выявления кишечной палочки в естественных субстратах (воде, пищевых продуктах) может служить среда Эндо. Кишечная палочка образует на этой среде малиновые колонии с металлическим блеском. Дифференциально-диагностические среды особенно широко применяются в санитарной и медицинской микробиологии для быстрого ориентировочного определения отдельных групп микроорганизмов.

Питательные среды бывают жидкие, плотные и сыпучие. Основой *жидких сред* является вода. К ним относятся отвары и экстракты (натуральные среды) или растворы химических веществ и других компонентов (синтетические и полусинтетические среды).

Плотные среды получаются путем прибавления к жидким средам желатина или агар-агара (вещество, добываемое из морских водорослей, содержит главным образом полисахариды). Недостатком желатина является низкая температура плавления (24—27 °С), а агар-агар плавится при 100 °С и застывает при 40—45 °С. При развитии в жидкой среде культуры микроорганизмов образуют суспензии, осадок или пленку, при развитии на плотной среде — колонии.

Агаризованные питательные среды находят чрезвычайно широкое применение в микробиологической практике. Они используются: для изучения характера роста и классификации микроорганизмов; для количественного учета микроорганизмов; для выделения чистых культур микроорганизмов при микробиологическом анализе воздуха, воды, почвы и т. д.; для пересылки культур микроорганизмов на расстояние, например культура дрожжей на заводы высылается на сусловом агаре; для длительного хранения культур. Плотные питательные среды обладают еще тем преимуществом, что загрязнение культур извне на жидкой среде в большинстве случаев бывает незаметно,

а на плотной это сразу заметно, так как инородная культура развивается в самостоятельную, хорошо отличимую невооруженным глазом колонию.

Сыпучие среды, например отруби, применяют для культивирования некоторых микроорганизмов в производстве биологически активных веществ (ферментных препаратов).

Рецептура основных питательных сред приводится в руководствах к лабораторным занятиям.

ЧИСТЫЕ КУЛЬТУРЫ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ ПОЛУЧЕНИЕ

В естественных условиях обитания микроорганизмы встречаются не изолированными культурами определенного рода и вида, а образуют сообщества — *биоценозы.* Изучение морфологических и физиологических свойств того или иного вида микроорганизмов возможно лишь при условии полной изоляции его от других видов. Для этой цели проводят выделение микроорганизмов в чистую культуру.

Чистой культурой микроорганизмов называют культуру, которая представлена потомством одной клетки. Естественным путем получить чистую культуру почти невозможно, поэтому ее получают искусственно. В некоторых случаях выделение производится путем изолирования одной клетки микроорганизма одним из специальных приемов, затем осуществляют ее размножение на подобранной для данного микроорганизма питательной среде.

Чаще перед выделением чистой культуры из какого-либо пищевого продукта или природного субстрата (почвы, воды), в котором данный микроорганизм находится в небольшом количестве, получают *накопительные культуры* в элективных условиях.

Внесение клеток микроорганизма или исследуемого материала, содержащего микроорганизмы (образца почвы, пробы воды, пищевого продукта), в стерильную питательную среду для получения чистой или накопительной культуры называется *посевом.* Перенесение уже выращенных клеток из одной среды в другую (стерильную) называется *пересевом.* Накопительные культуры состоят преимущественно из клеток одного вида микроорганизма. Элективные (или избирательные) условия — это условия, способствующие развитию одной выделяемой культуры и ограничивающие развитие сопутствующих микроорганизмов. Элективные условия можно создать путем использования элективных сред. Например, элективная среда для уксуснокислых бактерий состоит из пива с добавлением 2—4% этилового спирта.

Накопительные культуры автотрофных организмов получают на средах, где единственным источником углерода является диоксид углерода; отсутствие в среде органических соединений углерода задерживает развитие гетеротрофов. Кроме использо-

вания элективных сред элективными условиями могут быть, например, повышенная температура для термоустойчивых форм, повышенная кислотность для кислотоустойчивых и т. д. В элективных условиях происходит преимущественное накопление в микробном комплексе выделяемой культуры, а сопутствующие микроорганизмы совсем не будут развиваться.

После получения накопительной культуры приступают к выделению чистой культуры. Основным методом выделения чистых культур микроорганизмов до настоящего времени является метод, предложенный Кохом. Для этого делается посев разбавленной суспензии клеток накопительной культуры на плотную среду с целью получения из каждой клетки отдельной колонии. Колония состоит обычно из клеток, развившихся от одной клетки, и является чистой культурой.

Обычно микроорганизмы выращивают при определенной постоянной температуре в *термостатах* — специальных шкафах или термостатных комнатах. В тех и других постоянная температура поддерживается с помощью особых терморегуляторов.

Культивирование при определенной температуре называется *инкубацией,* или *инкубированием.*

Чистые культуры чаще всего сохраняют в пробирках на плотной среде. При этом требуется постоянно делать пересевы на свежую питательную среду. Другими способами хранения чистых культур микроорганизмов являются сохранение их на питательной среде под слоем вазелинового масла или в *лиофилизованном* состоянии. Лиофилизированные культуры получают путем особой лиофильной сушки под вакуумом замороженных клеток микроорганизмов.

В пищевой промышленности применяют чистые культуры дрожжей, молочнокислых, уксуснокислых бактерий и др., обладающих ценными для производства свойствами, что гарантирует получение стандартной продукции высокого качества. В последнее время находят успешное применение двухкомпонентные чистые культуры, состоящие из двух видов микроорганизмов.

Работа по получению и поддержанию чистых культур промышленных микроорганизмов осуществляется в научно-исследовательских лабораториях. Там они выделяются из различных субстратов, изучаются, а наиболее продуктивные, пригодные для производства хранятся в коллекции музея чистых культур. Чистые культуры рассылаются научно-исследовательскими отраслевыми институтами на предприятия. В заводской лаборатории микробиолог подготавливает культуру для производственного цикла, проверяет ее биологическую чистоту, активность. Разведение чистой культуры осуществляется путем посева микроорганизмов из коллекционной культуры в стерильную питательную среду и включает несколько последовательных пересевов в постепенно возрастающие объемы питательной среды.

Процесс разведения состоит из двух стадий: лабораторной (разведение культуры в микробиологической лаборатории) и производственной (разведение в отделении чистой культуры). После производственного разведения получают *технически чистые культуры* в количестве, достаточном для засева производственных емкостей. В разных производствах технически чистые культуры называют по-разному: семенные, засевные, маточные культуры и т. д. Для каждого производства разработаны свои схемы разведения чистой культуры.

При работе с чистыми культурами необходимо соблюдать *стерильность,* то есть исключить попадание и развитие посторонних микроорганизмов. Имеются различные методы стерилизации.

СПОСОБЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Культивирование можно проводить поверхностным или глубинным, периодическим или непрерывным методами, в аэробных или анаэробных условиях. Здесь рассматриваются в основном методы, используемые в технологии пищевых и микробиологических производств с использованием только аэробных микроорганизмов.

Способ культивирования зависит от конечной цели культивирования: либо целью является накопление биомассы, либо получение определенного продукта жизнедеятельности микроорганизма (метаболита).

Поверхностный метод. Поверхностное культивирование заключается в выращивании аэробных микроорганизмов на поверхности жидких и сыпучих питательных сред. При этом микроорганизмы получают кислород непосредственно из воздуха. В связи с этим при поверхностном культивировании стараются увеличить площадь соприкосновения среды с воздухом. При поверхностном культивировании на жидких средах микроорганизмы растут в виде пленок (например, в производстве лимонной кислоты). На сыпучих питательных средах поверхностным методом получают ферментные препараты.

Глубинный метод. Этот метод культивирования осуществляется на жидких средах, в которых микроорганизмы развиваются во всей толще. Сочетание питательной среды и растущих в ней микроорганизмов называют *культуральной жидкостью.* Так как микроорганизмы могут утилизировать только растворенный в воде кислород, а растворимость кислорода в воде невелика, то для обеспечения роста аэробных микроорганизмов их необходимо постоянно снабжать кислородом. Процесс подвода кислорода в глубь жидкой среды называется *аэрированием.* Аэрирование осуществляется путем продувания стерильного воздуха через культуральную жидкость.

Глубинный способ широко используется для получения биомассы микроорганизмов (прессованные хлебопекарные дрожжи,

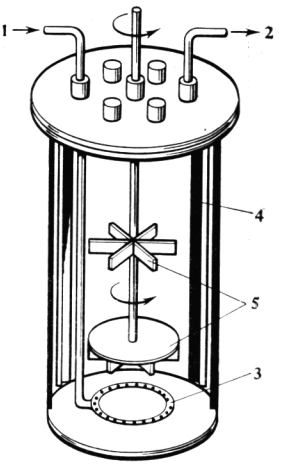


Рис. 21. Схема ферментатора для глубинного культивирования аэробных микроорганизмов:
1 — вход воздуха; *2* — выход воздуха; *3* — барботер; *4* — отбойник; *5* — мешалка

кормовые дрожжи) и различных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов (органических кислот, ферментов, антибиотиков, аминокислот).

Глубинное культивирование продуцентов этих веществ в производстве осуществляют в специальных аппаратах — *ферментаторах* (рис. 21), объем которых может достигать 100 м^3 (100 000 л). В современных конструкциях ферментаторов количество пропускаемого воздуха поддерживается автоматически. Воздух стерилизуется при прохождении через активированный древесный уголь, стеклянную вату, пропитанную антисептиком, или специальные полимерные фильтрующие материалы. Для более сильного распыления и дробления пузырьков воздуха его пропускают через пластинки с мелкими отверстиями — *барботеры*, которые помещают непосредственно в ферментаторы. Принудительную аэрацию в ферментаторах обычно совмещают с перемешиванием среды с помощью мешалок, вращающихся с частотой от десятков до тысяч оборотов в минуту. Это обеспечивает максимальный контакт клеток с кислородом воздуха, с питательными веществами, резко увеличивается поверхность соприкосновения клеток и позволяет поддерживать максимальную скорость образования вывода и метаболитов из клеток.

Преимущества глубинного культивирования заключаются в том, что этот способ не требует больших площадей и громоздкого оборудования, объем ферментаторов можно увеличить за счет увеличения высоты. Преимуществами являются также простота обслуживания, возможность автоматизации, а главное, удобство выделения целевого продукта из культуральной жидкости.

Глубинное культивирование микроорганизмов может быть периодическим и непрерывным. При *периодическом методе культивирования* весь объем питательной среды засевают чистой культурой и выращивание ведут в оптимальных условиях определенный период времени до накопления нужного количества целевого продукта. Поскольку культивирование ведется на невозобновляемой питательной среде (в стационарных условиях), клетки все время находятся в меняющихся условиях. Сначала они имеют в избытке все питательные вещества, затем постепенно наступает недостаток питания и отравление вредными продуктами обмена. В связи с этим культура в своем

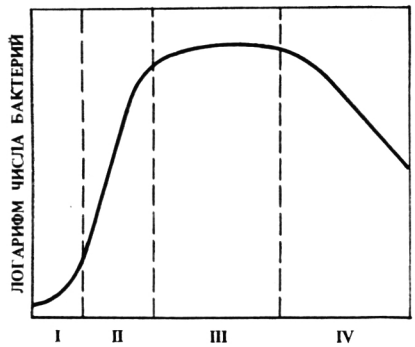


Рис. 22. Кривая роста бактериальной культуры:
I — лаг-фаза; *II* — логарифмическая фаза; *III* — стационарная фаза; *IV* — фаза отмирания

развитии проходит четыре фазы роста и размножения, в течение которых изменяются размеры клеток, скорость размножения, морфологические и физиологические свойства (рис. 22).

Первая стадия — *лаг-фаза*, или фаза задержки роста, следует непосредственно за внесением посевного материала в питательную среду. В этой фазе микроорганизмы не размножаются, а приспосабливаются к среде, происходит повышение содержания нуклеиновых кислот, увеличение размера. Эта стадия является подготовкой к дальнейшему интенсивному синтезу белка клеткой, т. е. ее росту и размножению.

Вторая стадия — фаза *логарифмического роста* (экспоненциальная) характеризуется высокой скоростью размножения клеток, так как в среде много питательных веществ и мало вредных продуктов обмена. Время, необходимое для удвоения числа клеток, называется *продолжительностью генерации.* В благоприятных условиях клетки бактерий делятся каждые 20—30 мин, их число увеличивается в геометрической прогрессии (1, 2, 4, 8, 16 и т. д.).

Третья стадия — *стационарная* (фаза зрелости), когда размножение микроорганизмов замедляется и скорости размножения и отмирания уравновешиваются, в результате чего число клеток остается постоянным.

Четвертая стадия — *фаза отмирания,* когда начинается гибель клеток и их количество снижается за счет отмирания и автолиза (самопереваривания).

Периодическое культивирование осуществляется во многих производствах, основанных на жизнедеятельности микроорганизмов. Недостатком периодического культивирования являются нерациональные затраты времени на прохождение всех четырех стадий развития культуры, причем период самой активной жизнедеятельности — фаза логарифмического роста — занимает небольшую часть производственного цикла.

В течение последних тридцати лет все большее значение приобретает *метод непрерывного культивирования* микроорганизмов, который состоит в том, что культура находится в специальном аппарате, куда постоянно притекает свежая питательная среда и с такой же скоростью отводится культуральная жидкость. Посевной материал выращивается до стадии логарифмического роста и вносится в питательную среду. Длительность периода логарифмического роста зависит от количества

питательных веществ в среде, а также от количества вредных продуктов обмена, выделяемых клеткой.

При большой скорости притока среда быстро обновляется, питательные вещества не успевают исчерпаться, продукты обмена не успевают накопиться и культура поддерживается сколь угодно долго в активном состоянии, не достигая стадии отмирания. Несмотря на значительное аппаратурное усложнение технологического процесса, метод непрерывного культивирования имеет ряд преимуществ по сравнению с периодическим способом.

В последние годы активно разрабатывается и применяется метод непрерывного культивирования клеток микроорганизмов в *иммобилизованном (прикрепленном) состоянии* — на пленках, гранулах, волокнах специально подобранных синтетических полимерных материалов. Иммобилизованные клетки микроорганизмов функционируют многократно и в течение длительного времени сохраняют высокую биохимическую активность.

Непрерывное культивирование очень перспективно и широко используется в пищевой и микробиологической промышленности и создает возможность автоматического поддержания заданных оптимальных условий, благодаря чему обеспечивается стандартность готового продукта при наименьших затратах.

Глава 4. ЭКОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Экология — это наука, изучающая взаимоотношения между живыми организмами и средой обитания. Среда обитания — это та часть природы, которая окружает живой организм и с которой он непосредственно взаимодействует.

По современным представлениям Земля — единственная планета в Солнечной системе, где имеется жизнь и биосфера. *Биосфера* — это часть нашей планеты, которая включает совокупность живых существ и в которой возможна постоянная жизнь. Биосфера делится на три среды: литосферу, гидросферу и тропосферу.

Литосфера — твердая верхняя оболочка земной коры, т. е. поверхность материков; *гидросфера* — водная оболочка Земли; *тропосфера* — нижние слои воздушной оболочки Земли (атмосфера).

В каждой из этих сред обитают различные живые существа. Основную массу биосферы представляют микроорганизмы.

В строго определенных условиях окружающей среды формируются *биоценозы* — группировки совместно обитающих и взаимосвязанных организмов (микроорганизмов, растений, животных), занимающих определенную территорию, приспособленных к среде обитания и друг к другу.

Место обитания биоценоза называют *биотопом*. Это почва, вода, воздух, растения, холодно- и теплокровные животные, а

также организм человека. Совокупность биотопа и биоценоза составляет *экосистему*. Экосистема состоит из живых и неживых элементов. Например, в такой экосистеме как водоем неживые элементы представлены водой, растворенным кислородом, CO_2, минеральными солями, органическими соединениями и т. п., живые — его обитателями (биоценоз). Между живыми и неживыми частями любой экосистемы существует постоянный круговорот веществ, главная роль в котором принадлежит микрофлоре того или иного биотопа.

Численность и качественное разнообразие микроорганизмов в различных биотопах зависят от условий внешней среды (наличия питательных веществ, температуры, влажности, содержания кислорода, освещенности и т. п.).

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ В БИОСФЕРЕ

В состав живых организмов входит 60 химических элементов из 105 известных. Благодаря жизнедеятельности организмов биоценоза в биосфере происходит биогенный круговорот веществ, который включает круговорот отдельных элементов (углерода, азота, серы, фосфора, железа и др.).

Несмотря на малые размеры, роль микроорганизмов в круговороте веществ необычайно велика благодаря их высокой численности (масса мира микроорганизмов в 25 раз превосходит массу мира животных) и повсеместному распространению. Причинами широкого распространения микроорганизмов являются: 1) чрезвычайно большая скорость размножения — при благоприятных условиях деление клетки происходит каждые 20—40 мин; 2) малые размеры клеток, в результате чего они легко переносятся токами воздуха; 3) легкая приспособляемость и высокая резистентность (выносливость) к условиям окружающей среды (теплу, холоду, недостатку влаги и т. п.). Они могут жить и размножаться там, где другие живые существа обитать не могут; 4) исключительное многообразие источников питания и способов получения энергии. Микроорганизмы практически всеядны и могут использовать все природные и даже неприродные (синтетические) соединения.

В круговороте веществ микроорганизмы выступают в роли *продуцентов* органического вещества и его *деструкторов* (разрушителей). Особенно велико значение микроорганизмов в круговороте углерода, который составляет 50% живого вещества. Источником углерода для построения органических веществ является диоксид углерода, из которого растения, фотоавтотрофные и хемоавтотрофные бактерии создают свою массу. Эти организмы являются продуцентами органического вещества на планете. Только растениям ежегодно требуется до 60 биллионов тонн CO_2. Если бы запас CO_2 в атмосфере не пополнялся, то жизнь на Земле постепенно прекратилась, так

как, по подсчетам ученых, имеющийся запас этого газа в атмосфере был бы исчерпан только растениями за 30—40 лет.

Ассимилированный растениями и автотрофными бактериями углерод после их гибели вновь возвращается в атмосферу в виде CO_2 благодаря микроорганизмам. Микробные биоценозы выполняют колоссальную химическую работу по деструкции отмерших животных, растений, а также клеток микроорганизмов. В результате их жизнедеятельности сложнейшие органические вещества (белки, углеводы, жиры) превращаются в простые минеральные соединения (нитраты, аммиак, сульфаты). Они растворяются в воде, усваиваются растениями, которые в свою очередь являются пищей для травоядных животных. В результате разложения органических веществ освобождается значительное количество CO_2. Доля CO_2, образуемого в результате жизнедеятельности микроорганизмов, составляет 95% от его общего количества, образуемого всеми живыми существами.

Значение минерализующей деятельности микроорганизмов исключительно велико. Они являются активными санитарами, без них, по образному выражению Л. Пастера, земля была бы загромождена трупами, а лучшие пастбища и тропические леса превратились бы в бесплодные пустыни.

Микрофлора почвы. Образование почвенного слоя в литосфере длилось тысячелетиями под воздействием физических, химических и особенно биологических факторов. Почва — это основная экосистема, являющаяся местом обитания множества различных животных, растений и особенно микроорганизмов. В почве всегда в достатке имеются необходимые для их жизни питательные вещества и влага.

Количественный и видовой состав микрофлоры почвы зависит от типа почвы, климатических условий, характера растительного покрова и др. Наиболее интенсивное развитие микроорганизмов наблюдается в удобренной почве. Например, в 1 г плодородной садовой почвы содержатся миллиарды различных микроорганизмов (спорообразующих и неспороносных бактерий, актиномицетов, мицелиальных грибов). Микрофлора дерново-подзолистых почв гораздо беднее. Микроорганизмы обитают в песках пустынь и льдах Арктики и Антарктиды.

В самом поверхностном слое почвы толщиной в несколько миллиметров микроорганизмов не так много, так как здесь на них оказывает неблагоприятное воздействие солнечный свет и высушивание почвы. Следующий слой толщиной до 5—10 см заселен наиболее обильно, и в 1 $см^3$ насчитывается около 100 тыс. микроорганизмов. По мере углубления число микроорганизмов постепенно снижается, хотя даже на глубине 5 м были найдены микроорганизмы. С глубиной меняется качественный состав микрофлоры. В верхних слоях почвы содержится много органических веществ, попадающих извне, там хорошая аэрация и поэтому преобладают аэробные гетеротрофные мик-

роорганизмы. В более глубоких почвенных слоях значительно меньше органических веществ и кислорода, поэтому там преобладают анаэробные бактерии. Особенно широко представлены в почве аэробные и анаэробные гнилостные бактерии, маслянокислые, разлагающие целлюлозу, денитрифицирующие и нитрифицирующие, азотфиксирующие, актиномицеты и другие бактерии, а также мицелиальные грибы.

Плодородие почв связано с жизнедеятельностью микроорганизмов, с активным участием их в круговороте веществ в почве. Однако органические вещества животных и растительных остатков подвергаются минерализации частично, а оставшаяся незатронутой часть их превращается в сложные соединения, составляющие почвенный *гумус* (перегной). Он довольно устойчив к воздействию микроорганизмов и медленно подвергается минерализации. Накопление перегноя в почве способствует повышению ее плодородия. Чем больше перегноя в почве, тем энергичнее в ней протекают микробиологические процессы и активнее круговорот веществ, что играет огромную роль в накоплении питательных веществ для растений.

Кроме сапрофитов в почве встречаются и патогенные бактерии — возбудители столбняка, ботулизма, газовой гангрены, сибирской язвы и различных кишечных инфекций. Поэтому загрязнение сырья и готовой продукции почвой может привести не только к потерям ценных питательных веществ и снижению их качества вследствие микробной порчи, но и к инфекционным заболеваниям и пищевым отравлениям.

Микрофлора воды. Гидросфера включает подземные воды, поверхностные воды и воды Мирового океана (совокупность морей и океанов) и занимает $^3/_4$ поверхности планеты. Вода является таким же естественным биотопом для микроорганизмов, как и почва, где они активно размножаются и участвуют в процессах круговорота веществ.

Количество микроорганизмов в воде зависит от ее происхождения. Поскольку в пищевой промышленности пользуются, как правило, пресной водой, то ниже будут рассмотрены только пресноводные природные воды.

Подземные воды. Эти воды (ключевые, грунтовые, артезианские) содержат неодинаковые количества микроорганизмов. Ключевые воды бедны микрофлорой, что объясняется адсорбцией микроорганизмов на частичках почвы при прохождении воды через грунт. Грунтовые воды, особенно мелких колодцев, обычно содержат значительное количество микроорганизмов, в том числе и патогенных, попадающих туда в результате просачивания поверхностных вод во время весенней распутицы, а также с воздухом, пылью, дождем. Артезианские воды, в отличие от грунтовых, залегают на больших глубинах и являются наиболее чистыми. Единичные микроорганизмы попадают в воду при прохождении ее через трубы, сама же артезианская вода свободна от бактерий.

Поверхностные воды (континентальные водоемы). Это воды открытых водоемов — рек, озер, водохранилищ, прудов. Микрофлора их многочисленна и разнообразна, что зависит в первую очередь от количества питательных веществ. Чем больше вода загрязнена органическими остатками, тем больше в ней микроорганизмов. Степень аэрации, температура, химический состав воды, ее прозрачность, от которой зависит глубина проникновения солнечного света, близость населенных пунктов и промышленных предприятий, откуда в водоемы поступают сточные воды, время года и т. д. также оказывают большое влияние на количественный и видовой состав микрофлоры воды.

Микрофлора поверхностных вод состоит из собственно водных микроорганизмов и попавших извне — из почвы, воздуха, с хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами. Так, воды рек по течению выше городов всегда беднее микрофлорой, чем в самом городе и ниже его, где реки вбирают массу стоков. С ними в водоемы попадают и патогенные микроорганизмы.

Основная масса микроорганизмов попадает в водоемы из почвы. Так, в водоемах со стоячей водой (пруды, озера) количество бактерий в прибрежной зоне, непосредственно соприкасающейся с почвой, всегда значительно больше, чем на удалении от берега. Число микроорганизмов возрастает во время таяния снега и половодья. Много микроорганизмов содержится также в поверхностных слоях воды, так как какое-то количество микроорганизмов попадает в воду из воздуха, частично оседая с пылью, а частично — с атмосферными осадками.

Количество бактерий в воде резко возрастает в дождливую погоду и уменьшается в солнечную. Много микроорганизмов в придонных слоях воды, и особенно в поверхностном слое ила на дне водоема, где оседают разнообразные растительные и животные остатки, богатые органическим веществом. Здесь происходят интенсивные микробиологические процессы, обеспечивающие круговорот веществ в водоеме.

Микрофлора воздуха. Микроорганизмы обнаруживаются в нижнем слое атмосферы — тропосфере (на высоте до 9—11 км). Наибольшее количество их находится в прилегающем к земле слое (около 1 м). Токами воздуха микроорганизмы заносятся даже в стратосферу, они обнаружены на высоте 20 км и более.

Атмосферный воздух является наименее благоприятным биотопом для микроорганизмов из-за недостатка питательных веществ, капельно-жидкой влаги, а также действия ультрафиолетовых лучей. Если в воде и почве микроорганизмы могут не только сохраняться, но и активно размножаться, то в воздухе они лишь временно сохраняют свою жизнеспособность. Благодаря этому микрофлора воздуха сравнительно немногочисленна. Попадают микроорганизмы туда в основном из почвы, с растений и животных, разносятся ветром с пылью, с атмосфер-

ными осадками, например при тумане, немалую роль играют и насекомые.

Количество микроорганизмов в 1 м^3 воздуха колеблется от нескольких единиц до многих десятков тысяч. Это связано со степенью чистоты воздуха: чем он чище, тем меньше в нем микроорганизмов. Воздух над густонаселенными городами обычно содержит большое количество микроорганизмов, но по мере удаления от поверхности земли их становится меньше. В арктических областях, а также на высокогорье или на море вдали от берега воздух исключительно чист. В воздухе лесов, особенно сосновых, содержится мало микроорганизмов в связи с губительным действием на них летучих веществ (фитонцидов), выделяемых деревьями. В воздухе удобряемых полей микроорганизмов больше; в одной и той же местности до дождя их больше, чем после дождя; зимой в воздухе их значительно меньше, чем летом.

Микрофлора воздуха представлена в основном различными видами спорообразующих бактерий, в ней много пигментных форм. Очевидно, пигменты играют защитную роль при действии ультрафиолетовых лучей на бактериальную клетку. Обычно в воздухе встречаются споры различных мицелиальных грибов и дрожжей. Патогенные бактерии практически в открытом воздухе отсутствуют, они обнаруживаются обычно только в воздухе закрытых помещений.

ВЛИЯНИЕ НА МИКРООРГАНИЗМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

Жизнедеятельность микроорганизмов тесно связана с окружающей их средой. Чем благоприятнее условия среды обитания для данного микроорганизма, тем интенсивнее протекает его развитие и жизнедеятельность.

Отдельные свойства среды обитания, воздействующие на микроорганизмы, называются *экологическими факторами*. Некоторые из них необходимы клетке, а некоторые, наоборот, вредны — могут приостановить их рост и размножение, а также привести клетки к гибели. Под воздействием экологических факторов возможен и мутагенез, т. е. изменение наследственных свойств клетки.

Экологические факторы весьма многообразны и изменчивы, поэтому микроорганизмы постоянно *адаптируются* (приспосабливаются) к ним и регулируют свою жизнедеятельность в соответствии с их изменениями. Микроорганизмы обладают исключительной приспособляемостью к внешним условиям. Некоторые микроорганизмы переносят неблагоприятное воздействие ряда экологических факторов, образуя споры.

Интенсивное или длительное воздействие неблагоприятных факторов может вызвать *летальный* (смертельный) эффект, т. е. привести к гибели клетки. Гибель микроорганизмов — это

необратимая утрата способности к росту и размножению. Многие повреждения, возникающие в клетках, которые с течением времени могут привести ее к гибели, могут быть ликвидированы в определенных условиях и тогда способность к росту и размножению восстанавливается. Это явление называется *реактивацией* микроорганизмов, оно наблюдается, например, после воздействия некоторых видов лучистой энергии и высокой температуры.

Экологические факторы имеют разную природу и специфику действия. Они подразделяются на абиотические (факторы неживой природы), биотические (факторы живой природы) и антропогенные (все формы деятельности человеческого общества, которые приводят к изменению природы как среды обитания).

АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Абиотические факторы — это физико-химические условия среды обитания. К ним относятся температура, влажность среды, осмотическое давление, различные виды лучистой энергии, концентрация водородных ионов, кислорода.

Прокариоты (бактерии) способны существовать в гораздо большем диапазоне изменений условий среды обитания, чем эукариоты (мицелиальные грибы и дрожжи).

Влияние температуры. Температура — один из главных факторов, определяющих развитие микроорганизмов. Они могут расти и проявлять свою жизнедеятельность в определенном температурном диапазоне. В этом диапазоне различают три кардинальные точки: минимальная — температура, ниже которой рост не происходит, максимальная — температура, выше которой рост прекращается, и оптимальная температура, при которой рост и жизнедеятельность микроорганизмов проявляются наиболее интенсивно. По отношению к температуре микроорганизмы делятся на три группы: психрофилы, мезофилы и термофилы.

Психрофилы — холодолюбивые микроорганизмы. Оптимальная температура их развития от 10 до 15 °С, максимальная около 30 °С и минимальная — от минус 10 до 0 °С. Психрофилы — это в основном обитатели холодных источников, северных морей, почв и микроорганизмы, развивающиеся в холодильниках, на охлажденных продуктах и вызывающие их порчу. К ним относятся многие светящиеся морские бактерии.

Мезофилы предпочитают средние температуры. Оптимальная температура их развития 25—40 °С, максимальная — 45—50 °С и минимальная — 5—10 °С. Мезофилы — наиболее широко распространенная в природе группа микроорганизмов, обитающих в воде, воздухе, почве, в живых организмах. Мезофилами являются представители дрожжей, мицелиальных грибов, молочнокислых бактерий, кишечной группы бактерий

(стафилококки, фекальные стрептококки) и многие другие. Возбудителями порчи пищевых продуктов, пищевых отравлений и заболеваний в основном являются мезофилы.

Термофилы — теплолюбивые микроорганизмы. Оптимальная температура их развития 50—60 °С, максимальная — 70—80 °С, минимальная — около 30 °С. Термофилы довольно широко распространены в природе. Они могут обитать в горячих источниках, в почвах и водоемах жарких стран, в песках пустынь, в кишечнике человека и животных, так как большинство термофилов образуют устойчивые споры.

С жизнедеятельностью термофилов связано явление *термогенеза* (самосогревания) больших скоплений органических веществ (навоза, торфа, сена, силоса, зерна, хлопка, круп, муки и др.). Термофилы встречаются в продуктах, прошедших тепловую обработку (в консервном, в сахарном и др. производствах). К термофилам и психрофилам относятся в основном бактерии.

Высокие температуры микроорганизмы переносят значительно хуже, чем низкие. Повышение температуры выше максимальной всегда приводит к гибели клетки. Большое значение имеет не только степень нагревания, его продолжительность, но и вид микроорганизма, а также химический состав субстрата (питательной среды), pH и др.

Неспороносные бактерии при нагревании влажных субстратов до 60—70 °С отмирают в течение 15—30 мин, при 80—100 °С — через 0,5—3 мин. Дрожжи и мицелиальные грибы погибают уже при 50—60 °С. Более устойчивыми к нагреванию являются термофилы, обладающие повышенной термоустойчивостью.

Термоустойчивость — это способность микроорганизмов выдерживать длительное нагревание при температурах, превышающих температурный максимум их развития. Термоустойчивость связана с наличием у микроорганизмов спор.

Наиболее термоустойчивыми являются споры бактерий. Во влажной среде их гибель наступает 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 (Bacillus stearothermophilus).

Время, необходимое для отмирания спор некоторых микроорганизмов при нагревании до 100 °С приведено ниже (в мин).

Bacillus mycoides	3—10
Bacillus subtilis	120—180
Clostridium botulinum	300—360
Clostridium sporogenes	510—540
Bacillus stearothermophilus	460—720

Споры большинства дрожжей и мицелиальных грибов по сравнению со спорами бактерий менее устойчивы к нагреванию и погибают довольно быстро при 65—80 °С.

На губительном действии высоких температур основаны различные методы уничтожения микроорганизмов в пищевых продуктах. Это кипячение, варка, бланширование, обжарка, а также пастеризация и стерилизация.

Пастеризацией, или частичной стерилизацией, называется процесс уничтожения вегетативных клеток бактерий и неспоровых форм путем нагревания до 50—60 °С в течение 15—30 мин или до 70—80 °С в течение 5—10 мин. При пастеризации споры бактерий и некоторые термофильные бактерии не погибают. Пастеризацию применяют для сохранения молока, вина, пива, икры осетровых рыб, фруктовых соков.

Стерилизацией называется процесс полного уничтожения микроорганизмов, в том числе и спорообразующих, под действием высоких температур. Стерилизация бывает двух видов — влажная и сухая. Влажная стерилизация осуществляется нагретым паром под давлением 0,05—0,1 МПа в специальных приборах — *автоклавах* — при температуре 112—120 °С в течение 20—60 мин, а сухая — в сушильных шкафах сухим горячим воздухом при температуре 160—170 °С в течение 1,5—2 ч. Процесс стерилизации используют в консервном производстве, медицине и в микробиологических лабораториях при приготовлении питательных сред, стерильной посуды и инструментов.

Механизм губительного действия высоких температур еще недостаточно ясен. С одной стороны, известно, что нагревание вызывает денатурацию белков. Гибель микроорганизма при этом неизбежна, так как невозможно восстановить свойства белков цитоплазмы, ЦПМ, рибосом и других структур клетки; активность ферментов, которые тоже являются белками, также необратимо теряется. С другой стороны, установлено, что на температуру денатурации белка очень сильно влияет содержание в нем воды. Чем меньше воды в белке, тем более высокие температуры необходимы для его свертывания. Поэтому молодые вегетативные клетки, богатые свободной водой, погибают при нагревании быстрее, чем старые, частично обезвоженные. Высокая термоустойчивость спор также обусловлена малым содержанием в них свободной воды, так как большая часть воды в спорах находится в связанном состоянии. Предохраняет споры и многослойная труднопроницаемая оболочка. Кроме того, в спорах содержится дипиколиновая кислота, которая образует кальциевые соли, способствующие повышению устойчивости к неблагоприятным условиям внешней среды, в том числе к повышенной температуре.

Высокую термоустойчивость термофилов связывают с тем, что белки и ферменты их клеток более устойчивы к температуре по сравнению с мезофилами, благодаря чему скорость синтеза различных клеточных структур превышает скорость их разрушения под действием высокой температуры.

К низкой температуре микроорганизмы более устойчивы. Несмотря на то, что размножение и биохимическая активность

микроорганизмов при температуре ниже минимальной прекращаются, гибель самих клеток чаще всего не наступает, а они переходят в состояние *анабиоза* («скрытой жизни»). В таком состоянии многие микроорганизмы, и особенно их споры, остаются жизнеспособными длительное время.

При повышении температуры споры прорастают в вегетативные клетки и начинают активно размножаться.

Низкие температуры вызывают гибель микроорганизмов тогда, когда замерзает среда, в которой они обитают, или происходят резкие скачки температуры, например, при многократно повторяющемся замораживании и оттаивании. Причиной гибели микроорганизмов при низкой температуре является нарушение обмена веществ клетки в результате инактивирования ферментов, когда значительно замедляются внутриклеточные химические превращения веществ. Кроме того, в результате вымораживания воды происходит повышение осмотического давления среды, а следовательно, снижение активности воды в ней, что тоже ведет к нарушению обмена веществ.

Низкие температуры используют для сохранения скоропортящихся продуктов. Их хранят либо в *охлажденном* состоянии — при температуре от 10 °С до минус 2 °С, либо в *замороженном* виде — при температуре минус 12—30 °С. Гнилостные и вызывающие пищевые отравления бактерии являются мезофилами, поэтому не размножаются уже при 4—5 °С, а патогенные не растут даже при 10 °С. При охлаждении продуктов их натуральные свойства сохраняются лучше, чем при замораживании, но на них возможно постепенное развитие психрофильных микроорганизмов и порча продуктов, поэтому сроки их хранения в охлажденном виде непродолжительны. Холодильные камеры необходимо регулярно дезинфицировать и поддерживать в них определенную температуру и относительную влажность воздуха.

При замораживании погибает значительная часть микроорганизмов, обсеменяющих продукт, а при последующем хранении замороженных продуктов постепенно погибают и все остальные. Особенно губительно медленное замораживание. Замороженные продукты остаются доброкачественными более длительное время, чем охлажденные. В замороженном виде хранят плоды, овощи, мясо, рыбу, птицу и т. д.

Влияние влажности. На жизнедеятельность микроорганизмов большое влияние оказывает влажность среды. Вода входит в состав их клеток (до 85%) и поддерживает *тургорное давление* в них. Кроме того, многие питательные вещества могут проникать внутрь клетки лишь в растворенном состоянии, и в растворенном виде удаляются из клетки продукты обмена. Все химические реакции, протекающие в клетках, требуют также наличия водной среды. Поэтому обезвоживание субстрата (продукта) и клеток микроорганизмов приводит к задержке их развития, они остаются недеятельными, хотя и могут сохранить

жизнеспособность. При увеличении влажности жизнедеятельность микроорганизмов восстанавливается.

Микроорганизмы в зависимости от их отношения к влажности среды делятся на *гидрофиты* (влаголюбивые), *мезофиты* (средневлаголюбивые) и *ксерофиты* (сухолюбивые). Большинство бактерий и дрожжей гидрофиты; многие мицелиальные грибы — мезофиты, но среди них встречаются как гидрофиты, так и ксерофиты. Для бактерий минимальная влажность субстрата, в частности, пищевых продуктов, при которой они еще могут развиваться, составляет 20—30%, для мицелиальных грибов — 11—13%, т. е. они могут расти на едва увлажненных субстратах.

Для развития микроорганизмов важна не абсолютная величина, т. е. общее содержание влаги в субстрате, а ее доступность. Химически связанная вода, например, в коллоидах клетки (белках, полисахаридах и др.), недоступна для микроорганизмов, в частности она не может служить растворителем питательных веществ. Микроорганизмы развиваются только при наличии доступной влаги. Доступность содержащейся в субстрате (продукте) влаги носит название *активности воды* — (a_w). Этот показатель выражает отношение давления паров воды над данным субстратом P к давлению паров воды над чистой водой (P_0) при одной и той же температуре:

$$a_w = P/P_0$$

Значение активности воды a_w лежит в интервале от 0 до 1 и характеризует относительную влажность субстрата. Активность дистиллированной воды равна 1, активность воды абсолютно обезвоженного вещества равна 0. В табл. 1 приведены значения активности воды и влажности некоторых продуктов.

Показатель активности воды является более надежной характеристикой количества влаги, необходимой для роста микроорганизмов, чем абсолютная величина влажности субстрата (продукта), которая изменяется в зависимости от относительной влажности воздуха. Микроорганизмы могут осуществлять жизнедеятельность при a_w от 0,999 до 0,62. Более низкая активность воды в субстрате задерживает развитие микроорга-

1. Активность воды и влажность пищевых продуктов

Продукт	Влажность, %	Активность воды	Продукт	Влажность, %	Активность воды
Фрукты	90—95	0,97	Мука	16—19	0,80
Яйца	70—80	0,97	Марципан	15—17	0,75
Мясо	60—70	0,97	Мед	10—15	0,75
Сыр	40	0,96	Карамель	7—8	0,65
Хлеб	40—50	0,95	Печенье	6—9	0,60
Джем	30—35	0,94	Шоколад	5—7	0,40
Кексы	20—28	0,83	Сахар	0—0,15	0,10

низмов. Для каждого микроорганизма существуют минимальные значения a_w (критический предел), ниже которых его развитие прекращается. Для большинства бактерий, в том числе и спорообразующих (Clostridium), $a_w = 0{,}95—0{,}90$, за исключением галофилов (солелюбивых), у которых $a_w = 0{,}75$. Для большинства дрожжей $a_w = 0{,}88$, за исключением осмофилов, для которых $a_w = 0{,}62$; для большинства мицелиальных грибов $a_w = 0{,}8$, за исключением ксерофитных, у которых $a_w = 0{,}65$. Таким образом, чтобы затормозить развитие большинства бактерий в продукте и предотвратить его порчу, активность воды в нем следует снизить до 0,8; для предотвращения развития дрожжей — до 0,7, мицелиальных грибов — до 0,6.

Существуют различные пути снижения активности воды с целью сохранения пищевых продуктов от микробной порчи: сушка, вяление, добавление в продукт различных растворимых веществ (сахара, соли), а также замораживание.

Сушке, вялению подвергают овощи, фрукты, мясо, рыбу, ароматические травы. В сухом виде хранят муку, крупу, молоко и др. При хранении этих продуктов необходимо соблюдать определенную температуру и влажность. Микроорганизмы также можно хранить в высушенном состоянии, например, молочнокислые бактерии могут сохранять свою жизнеспособность десятки лет, на чем основано применение сухих заквасок в производстве кисломолочных продуктов. До двух лет сохраняют активность сушеные хлебопекарные дрожжи. Особенно хорошо переносят высушивание спорообразующие бактерии.

Влияние осмотического давления. Для жизнедеятельности микроорганизмов большое значение имеет осмотическое давление среды, которое определяется концентрацией растворенных в ней веществ. В естественных средах обитания (воде, почве) микроорганизмы встречаются с различным содержанием растворенных веществ, а следовательно, и с различным осмотическим давлением. Например, в воде пресных водоемов осмотическое давление значительно ниже, чем в соленых и т. п.

В зависимости от среды обитания внутриклеточное осмотическое давление у различных микроорганизмов колеблется в широких пределах. У многих бактерий, в том числе у возбудителей порчи пищевых продуктов, оно составляет 0,5—1,5 МПа, у почвенных бактерий — 5—8 МПа, у обитателей соленых озер и солончаковых почв — 10 МПа, у некоторых мицелиальных грибов (рода Aspergillus) оно достигает 20—25 МПа. Осмотическое давление внутри клетки микроорганизма несколько выше, чем во внешней среде. Это является условием нормальной жизнедеятельности микроорганизмов. Поддержание клетками оптимального для жизнедеятельности данного микроорганизма осмотического давления происходит благодаря их способности к *осморегуляции*. В результате осморегуляции сохраняется его жизнеспособность, даже если осмотическое давление во внешней среде колеблется в относительно широких пределах.

Функцию осморегуляции осуществляет механизм активного транспорта веществ. Изменение привычной концентрации среды, а следовательно, и осмотического давления субстрата может привести к нарушению обмена веществ в клетках микроорганизмов, к приостановке их жизнедеятельности, а иногда и к их гибели.

При попадании микроорганизмов в субстрат с ничтожно малой концентрацией веществ (например, в дистиллированную воду) в их клетках наблюдается *плазмоптиз* (чрезмерное насыщение цитоплазмы водой), что приводит к разрыву ЦПМ и клеточной стенки и клетка погибает. При попадании микроорганизмов в субстрат с концентрацией веществ выше оптимальных значений в их клетках наступает *плазмолиз* (обезвоживание цитоплазмы), ее объем уменьшается, что влечет повреждение ЦПМ.

При плазмолизе в клетках приостанавливается обмен веществ, они переходят в состояние анабиоза, в котором одни микроорганизмы могут длительно сохраняться, не теряя жизнеспособности, а другие погибают. На этом основаны некоторые способы сохранения различных продуктов с помощью концентрированных растворов сахара или соли.

Одни микроорганизмы могут расти в очень разбавленных растворах, другие — даже в насыщенных растворах поваренной соли. Микроорганизмы, способные существовать в субстратах с высоким осмотическим давлением, называют *осмофилами.* Большинство природных сред обитания с высоким осмотическим давлением содержит высокие концентрации солей (особенно NaCl). Микроорганизмы, которые растут в таких средах, называют *галофилами.* Они представлены двумя основными типами: умеренными и крайними галофилами. Умеренные галофилы могут развиваться при концентрации соли 1—2%, хорошо растут в средах с содержанием соли 10% и могут выносить даже содержание соли в среде 20%. Крайние галофилы не развиваются при содержании соли ниже 12—15% и могут хорошо расти при концентрации соли в среде 30% (насыщенный раствор).

Большинство микроорганизмов обладают слабой устойчивостью к повышенному (свыше 5%) содержанию соли в среде. Размножение многих микроорганизмов замедляется уже при концентрации NaCl 1—3%, а прекращение размножения наступает у кишечной палочки при содержании соли 4—5%, у гнилостных бактерий — при 5—10%. Размножение некоторых патогенных микроорганизмов (например, возбудителя ботулизма) приостанавливается при концентрации NaCl 6—10%, но даже при содержании соли в среде 20% многие из них сохраняют жизнеспособность, переходя в состояние анабиоза.

Неспособность большинства микроогранизмов расти на средах с высокими концентрациями солей или сахара успешно используется в пищевой промышленности для консервирования

различных продуктов. В отличие от поваренной соли, растворы сахара являются для многих микроорганизмов хорошей питательной средой и гибель микроорганизмов наступает лишь при концентрациях сахара в растворе выше 65—70%.

Применение концентрированных растворов сахара или соли для сохранения ягод, плодов, овощей, мяса, рыбы и др. фактически является процессом сушки продукта посредством осмоса, так как продукты погружают в растворы сахара или соли, где активность воды меньше ее активности в пищевых продуктах. При этом одновременно возникают два противотока: из раствора в продукт диффундирует растворенное вещество (соль, сахар), а из продукта в раствор — вода. В продукте происходит снижение активности воды, что делает среду неблагоприятной для развития микроорганизмов и предотвращает порчу продукта.

Тем не менее микробная порча возможна и в этих случаях. Так, порчу меда, варенья, джема и других сахарсодержащих продуктов с концентрацией сахара до 90% вызывают осмофильные дрожжи (забраживание продуктов) и мицелиальные грибы (плесневение продуктов). Чтобы предотвратить порчу меда, варенья и подобной продукции, необходимо предъявлять к сырью строгие санитарно-гигиенические требования и хранить готовую продукцию при пониженной температуре.

Влияние концентрации водородных ионов. Концентрация водородных ионов (pH) в среде обитания является важным фактором, определяющим возможность роста и размножения микроорганизмов. Водородный показатель реакции среды pH показывает степень ее кислотности (pH от 7 до 1) или щелочности (pH от 7 до 14). Нейтральная реакция среды соответствует pH 7.

В природных условиях прокариоты (бактерии) могут развиваться в диапазоне pH от 1 до 11. В зависимости от отношения к pH среды их можно разделить на три группы: нейтрофилы, ацидофилы и алкалофилы.

Нейтрофилы предпочитают нейтральную реакцию среды, оптимальный pH для их роста составляет 6,8—7,3, минимальный — 4, максимальный — 9. Подавляющее большинство бактерий относятся к нейтрофилам (гнилостные бактерии, возбудители пищевых отравлений, бактерии группы кишечной палочки и др.).

Ацидофилы (кислотолюбивые) развиваются при оптимальном pH 4 и ниже (уксуснокислые и другие бактерии, продуцирующие органические кислоты).

Алкалофилы (щелочелюбивые) развиваются при оптимальном pH 9 и выше (некоторые представители бактерий кишечной группы — холерный вибрион и др.).

Споры бактерий обычно более устойчивы к изменениям pH, чем вегетативные клетки.

У большинства эукариот (мицелиальные грибы и дрожжи) оптимальный pH для их роста равен 4,5—6. Минимум pH для дрожжей составляет 3, для грибов — 1,5; максимальный для дрожжей — 8,5, для грибов — 10, т. е. мицелиальные грибы могут расти в более широком диапазоне pH, чем дрожжи.

Если pH не соответствует оптимальной величине, то микроорганизмы не могут нормально развиваться даже при наличии всех необходимых питательных веществ, так как pH оказывает большое влияние на активность ферментов клетки и проницаемость ее стенки.

Для бактерий кислая реакция среды более опасна, чем щелочная. Особенно неблагоприятна кислая среда для развития гнилостных бактерий, оптимальный pH которых лежит в слабощелочной области (pH 7,5). Это используется при консервировании продуктов путем маринования или квашения. При мариновании к продукту добавляют уксусную кислоту, при квашении создают условия для развития молочнокислых бактерий, образующих кислоту, и тем самым препятствуют развитию гнилостных бактерий.

Влияние кислорода. Кислород является одним из важнейших факторов среды обитания микроорганизмов. Он необходим микроорганизмам как для конструктивного, так и для энергетического обменов. Подавляющее большинство микроорганизмов используют кислород в обмене веществ как в связанном состоянии, так и молекулярный кислород (O_2), но имеются и такие, для которых молекулярный кислород не нужен, т. е. конструктивные и энергетические процессы у них происходят без участия кислорода (строгие анаэробы).

При консервировании, например, грибов в домашних условиях для предотвращения развития возбудителя ботулизма, который является строгим анаэробом и споры которого попадают на грибы из почвы, банки следует заполнять не полностью, а оставлять некоторое воздушное пространство. Тогда имеющийся там O_2 будет препятствовать прорастанию спор. В виноделии для предотвращения развития аэробных микроорганизмов-вредителей (пленчатые дрожжи, уксуснокислые бактерии) необходимо следить за полным заполнением емкостей с вином с целью предотвратить поступление необходимого для их развития O_2.

Влияние энергии электромагнитных излучений. Микроорганизмы, как и все живые существа, находятся под воздействием разных видов излучения, обладающих различными характером и силой действия на микроорганизмы. К ним относятся электромагнитные излучения с разной длиной волн: ионизирующие излучения (космические, рентгеновские лучи и радиоактивные излучения), ультрафиолетовые лучи, видимый свет, радиоволны.

Механизм действия различных форм лучистой энергии на микроорганизмы неодинаков. Под их влиянием в клетках или

в субстрате происходят физические или химические изменения. Чтобы излучение подействовало на какое-либо вещество живой клетки, оно должно этим веществом поглощаться. Проникающая способность лучей имеет решающее значение для эффективности облучения. Биологический эффект облучения зависит от длины волны излучения и его дозы.

Ионизирующие излучения. К ним относятся космические, рентгеновские лучи и радиоактивные излучения (α-, β- и γ-лучи), возникающие при распаде радиоактивных элементов. Они имеют наиболее короткую длину волны и обладают высокой проникающей способностью.

Эффект воздействия ионизирующих излучений на микроорганизмы зависит от дозы облучения (количества поглощенной энергии). В малых дозах эти лучи действуют стимулирующе— повышают интенсивность жизненных процессов, повышение дозы приводит к возникновению мутаций, а дальнейшее увеличение дозы — к гибели. Микроорганизмы по сравнению с высшими организмами менее чувствительны к ионизирующим излучениям. Гибель микроорганизмов происходит при дозах облучения, в сотни и тысячи раз превосходящих смертельную дозу для животных.

Губительное действие ионизирующих излучений обусловлено рядом факторов. Они вызывают радиолиз воды в клетках и субстратах. При этом образуются свободные радикалы, атомарный водород, перекиси. Эти соединения, обладая высокой химической активностью, вступают во взаимодействие с другими веществами и возникает большое количество химических реакций, не свойственных нормально живущей клетке. В результате наступает глубокое нарушение обмена веществ, разрушаются ферменты, изменяются внутриклеточные структуры. Особой чувствительностью обладает ДНК, что и приводит к мутациям. В субстратах накапливаются токсичные для микроорганизмов вещества, которые угнетают их развитие.

Устойчивость различных микроорганизмов к этим видам излучений неодинакова. Наиболее чувствительны грамотрицательные бактерии (например, кишечная палочка, протей, сальмонеллы — возбудители пищевых отравлений, гнилостные бактерии рода Pseudomonas — возбудители порчи рыбных и мясных продуктов). Слабой устойчивостью отличаются психрофильные бактерии. Более устойчивы грамположительные бактерии, особенно некоторые микрококки (Micrococcus radiodurans) и споры бактерий родов Bacillus и Clostridium, которые в 10—12 раз устойчивее, чем вегетативные клетки. Чувствительность мицелиальных грибов и некоторых видов дрожжей к ионизирующим излучениям приближается к радиоустойчивости бактериальных спор.

Ионизирующие излучения, особенно γ-лучи, нашли широкое применение в медицине для обеззараживания воды. В пищевой промышленности используется обработка продуктов низкими

дозами γ-облучения (от 0,2 до 0,6 Мрад*), например обработка поверхности упакованного хлеба, ягод, скоропортящихся плодов, картофеля, мяса, рыбы с целью частичного уничтожения микроорганизмов в продуктах. Это значительно снижает их обсемененность микроорганизмами и удлиняет сроки хранения продуктов, особенно при хранении в холодильниках. Обработка продуктов γ-лучами называется *радуризацией.*

Влияние ультрафиолетовых лучей. Действие Уф-лучей на микроорганизмы сходно с ионизирующими излучениями: они вызывают либо гибель, либо мутации микроорганизмов в зависимости от вида микроорганизмов, дозы и продолжительности облучения.

Наименее устойчивы к Уф-лучам бактерии, особенно патогенные. Среди неспороносных форм особенно чувствительны к облучению бактерии, выделяющие в окружающую среду пигменты (например, гнилостные бактерии Preudomonas fluorescens). Другие микроорганизмы, содержащие внутри клеток каротиноидные пигменты (бактерии, дрожжи), весьма устойчивы к действию УФ-лучей, поскольку каротиноидные пигменты поглощают УФ-лучи и обусловливают защитные свойства микроорганизмов.

Споры бактерий значительно устойчивее к действию УФ-лучей, чем вегетативные клетки; чтобы убить споры, требуется в 4—5 раз больше энергии. Конидии грибов более устойчивы, чем мицелий.

Гибель микроорганизмов происходит при облучении их УФ-лучами с короткой длиной волны (250—260 нм). Это объясняется тем, что УФ-лучи воздействуют, с одной стороны, непосредственно на клетки, а с другой стороны — на субстрат. В облучаемой среде могут образоваться вещества (перекись водорода, озон), губительно действующие на микроорганизмы. УФ-лучи адсорбируются важнейшими веществами клетки — белками, ДНК и РНК — и вызывают их химические изменения, повреждающие клетку. Так, летальный эффект УФ-лучей с длиной волны около 260 нм объясняется тем, что именно в этой области лежит максимум поглощения УФ-лучей молекулами ДНК и РНК.

УФ-лучи применяются для дезинфекции воздуха в медицинских и производственных помещениях, в холодильных камерах, для обеззараживания производственного оборудования, упаковочных материалов, тары. Обработка воздуха в течение 6 ч уничтожает до 80% микроорганизмов. УФ-лучи могут быть использованы для предотвращения попадания микроорганизмов извне при розливе, фасовке, упаковке пищевых продуктов, медицинских препаратов. Однако применение УФ-облучения с целью

*Рад — единица измерения дозы ионизирующих излучений; соответствует 100 эрг, поглощенным 1 г облучаемого объекта. Мрад — мегарад = =1 млн. рад.

стерилизации пищевых продуктов ограничено вследствие их невысокой проникающей способности, позволяющей обеспложивать только поверхность продуктов (например, поверхность упакованного хлеба), а у таких продуктов, как сливочное масло и молоко, при УФ-облучении ухудшаются вкусовые и питательные качества. УФ-лучи успешно применяются для дезинфекции питьевой воды.

Свет. Солнечный свет необходим только фототрофным бактериям, которые используют солнечную энергию для синтеза органических веществ из CO_2. На остальные микроорганизмы свет оказывает губительное действие в результате действия УФ-лучей солнечного спектра.

Влияние радиоволн. Радиоволны — это электромагнитные волны довольно большой длины: короткие радиоволны имеют длину от 10 до 50 м, ультракороткие — от 10 м до нескольких миллиметров, характеризующиеся различной частотой колебаний ($3 \cdot 10^4$—$3 \cdot 10^{11}$ Гц*). Прохождение радиоволн через среду вызывает в ней возникновение переменных токов высокой частоты (ВЧ) и сверхвысокой частоты (СВЧ). Возникшая в среде электрическая энергия переходит в тепловую. Характер нагревания с помощью энергии ВЧ и СВЧ резко отличается от обычных способов нагревания. Объект нагревается быстро и сразу во всех точках объема. Так, в СВЧ-поле стакан воды закипает за 2—3 с, 1 кг рыбы варится в течение 2 мин, 1 кг мяса — 2,5 мин, курица — 6—8 мин.

Вызывая нагревание среды, СВЧ-поле действует губительно на микроорганизмы. При этом основной причиной гибели микроорганизмов является повреждение клетки под влиянием высоких температур. Однако механизм действия СВЧ-энергии на микроорганизмы еще окончательно не раскрыт.

СВЧ-энергия является перспективным способом тепловой обработки пищевых продуктов и может использоваться для пастеризации и стерилизации фруктовых соков, компотов и пр., варки, сушки, разогрева, выпечки продукции. Имеются СВЧ-установки периодического и непрерывного действия.

Быстрота СВЧ-нагревания обеспечивает наиболее полное сохранение вкусовых и питательных свойств пищевых продуктов, а эффект воздействия на их микрофлору по сравнению с традиционными способами тепловой обработки практически одинаков.

Влияние ультразвукового воздействия. *Ультразвуки* (УЗ) — это механические колебания с частотами выше 20 000 Гц (20 кГц), что находится за пределами частот, воспринимаемых человеком.

УЗ-колебания ускоряют многие химические реакции, вызывают распад высокомолекулярных соединений, коагуляцию

---

* Герц (Гц) — единица частоты колебаний. 1 Гц=1 $с^{-1}$ (одно колебание в секунду).

белков, инактивацию ферментов и токсинов, могут привести к разрыву клеточной стенки, а иногда и разрушению внутриклеточных структур. Летальное действие УЗ начинает проявляться при интенсивности* 0,5—1,0 Вт/см² и частоте колебаний порядка десятков кГц.

Среди микроорганизмов бактерии более чувствительны к действию УЗ, чем дрожжи; причем УЗ легче вызывает гибель палочковидных форм бактерий, чем шаровидных.

Споры бактерий более устойчивы, чем вегетативные клетки.

Механизм действия УЗ на микроорганизмы недостаточно изучен. Основной причиной гибели микроорганизмов, очевидно, является особый эффект, называемый *кавитацией.* При прохождении через жидкость УЗ-волн в ней образуются мелкие разрывы, которые под действием сил поверхностного натяжения жидкости принимают форму пузырьков. В момент захлопывания кавитационного пузырька возникает мощная гидравлическая ударная волна, обладающая сильным разрушительным действием.

Практическое использование УЗ-волн с целью стерилизации эффективно в основном для жидких пищевых продуктов (молока, фруктовых соков, вин), воды, для мойки и стерилизации стеклянной тары. При обработке с помощью УЗ-волн плотных пищевых продуктов с целью их стерилизации происходит не только уничтожение микроорганизмов, но и повреждение молекул самого сырья.

БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

В природных условиях микроорганизмы сталкиваются с действием разнообразных биотических факторов. *Биотические факторы* — это все формы воздействия микроорганизмов друг на друга, а также на растения, животных и человека. При *симбиозе* (совместном существовании) микроорганизмы оказывают воздействие в основном в результате влияния продуктов своей жизнедеятельности, которые могут проявлять либо благоприятное (например, витамины), либо губительное (например, антибиотики, токсины) воздействие.

Формы симбиотических взаимоотношений чрезвычайно разнообразны. Их можно разделить на две группы: ассоциативные (благоприятствующие) и антагонистические (конкурентные) взаимоотношения.

Ассоциативные формы симбиоза. Ассоциативные взаимоотношения широко распространены в природе. Именно на них основан круговорот веществ в природе. К ассоциативным взаимоотношениям относятся метабиоз, мутуализм, синергизм и комменсализм.

---

* Интенсивность УЗ-волн определяется количеством энергии, приходящейся на единицу площади за единицу времени.

Метабиоз — это такой вид симбиоза, когда создаются условия последовательного развития одних микроорганизмов за счет продуктов жизнедеятельности других. Например, порча сахарсодержащих субстратов (плодово-ягодных соков, поврежденных плодов, ягод), когда на них сначала развиваются дрожжи, превращающие сахар в спирт, затем уксуснокислые бактерии, окисляющие спирт до уксусной кислоты и, наконец, мицелиальные грибы, окисляющие уксусную кислоту до H_2O и CO_2. Метабиоз — наиболее распространенный вид ассоциативных взаимоотношений.

Мутуализм — это сожительство, основанное на взаимной выгоде, например совместное существование в природе аэробных и анаэробных бактерий. Аэробы, поглощая кислород, создают необходимые для анаэробов восстановительные условия.

Синергизм — усиление физиологических функций микроорганизмов при совместном культивировании. В молочнокислых закваскаx для кефира используются дрожжи и молочнокислые бактерии. Витамины, синтезируемые дрожжами, стимулируют развитие молочнокислых бактерий, чрезвычайно требовательных к дополнительным факторам роста, а молочная кислота создает благоприятные значения pH для развития дрожжей.

Комменсализм — форма сожительства, когда один организм живет за счет другого, не причиняя ему вреда. Примером комменсалов могут служить бактерии нормальной микрофлоры тела человека.

Антагонистические формы симбиоза. Это группа симбиотических взаимоотношений, которые выражаются в явлениях антагонизма, антибиоза, паразитизма и хищничества.

Антагонизм — это такой тип взаимоотношений, когда один из организмов подавляет или прекращает развитие другого в основном за счет продуктов жизнедеятельности. Примером микробов-антагонистов являются молочнокислые и гнилостные бактерии. Молочнокислые бактерии, вырабатывая молочную кислоту, создают кислую реакцию среды, препятствуя развитию гнилостных бактерий. Явление антагонизма между ними используют, например, при квашении капусты.

Антибиоз связан со способностью одного вида микроорганизмов выделять в окружающую среду специфические вещества, угнетающие жизнедеятельность других, — антибиотики. Они обладают либо широким спектром действия в отношении ряда микроорганизмов, либо избирательным действием к одному из них.

Продуцентами антибиотиков могут быть мицелиальные грибы (например, пенициллловые, аспергилловые), бактерии (продуценты грамицидина) и чаще всего актиномицеты (продуценты стрептомицина, окситетрациклина, биомицина, тетрациклина и др.). Антибиотики применяются в качестве эффективных лечебных препаратов. Антибиотики используются также в нелечебных целях в качестве добавок в корм молодняку жи-

вотных, птицы и т. п. Например, добавление кормового биомицина повышает привесы животных, яйценоскость кур.

Паразитизм — это такой тип взаимоотношений, при котором совместное существование одному из симбионтов приносит выгоду, а другому причиняет вред. Примерами могут служить болезнетворные микроорганизмы и вирусы, являющиеся возбудителями инфекционных заболеваний человека, животных и растений, фаги. Бактериофаги наблюдаются в сыроделии и производстве маргарина, актинофаги — в производстве антибиотиков, что приводит к утрате ценных производственных культур микроорганизмов.

Хищничество — это внеклеточный паразитизм. Хищные бактерии образуют подвижную колонию — сетку, улавливающую крупные бактериальные клетки других видов, которые *лизируются* (разрушаются) и используются ими внутри колонии, а остатки выбрасываются. Хищные бактерии чаще обитают в илах водоемов.

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

Этот вид экологических факторов является следствием хозяйственной деятельности человека, в процессе которой происходит загрязнение окружающей среды. Основным источником загрязнения, например, водоемов являются бытовые и промышленные сточные воды. При спуске в водоемы бытовых (канализационных) стоков происходит загрязнение воды в основном органическими веществами. Попадают также минеральные вещества и множество различных микроорганизмов, в том числе патогенных.

Промышленные сточные воды — это отработанные воды предприятий, загрязненные разнообразными примесями, а также воды тепловых электростанций с повышенной температурой (тепловое загрязнение воды). Они оказывают токсическое действие на биоценозы водоема, так как содержат тяжелые металлы (стоки металлургической и химической промышленности), а также способствуют массовому развитию микроорганизмов, в том числе патогенных (стоки пищевой, кожевенной, целлюлозной промышленности).

Некоторые виды загрязнений поступают в биосферу из естественных источников; например, тяжелые металлы из горных пород попадают в воду. Поступление металлов в водную среду (гидросферу) происходит в основном через воздух и осадки. Из воды металлы попадают в грунт, и загрязнение становится всеобщим.

В настоящее время в связи с научно-технической революцией загрязнение стремительно возрастает и отрицательно влияет на весь живой мир Земли. Основные типы загрязнений представлены в табл. 2.

Проблема загрязнения окружающей среды стоит одинаково

2. Типы загрязнений и их распространение в биосфере

Тип загрязнений	Атмосфера	Гидросфера	Почва
Физические загрязнения			
Радиоактивные вещества	+	+	+
Тепловое загрязнение воды	−	+	−
Химические загрязнения			
а) природные			
Газообразные производные углерода (CO, CO_2) и серы (SO_3)	+	−	−
Жидкие углеводороды топлива (нефть и нефтепродукты)	−	+	−
Тяжелые металлы (Hg, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Pb, Sn, As и др.)	+	+	+
б) неприродные синтетические			
Пестициды	+	+	+
Поверхностно-активные вещества моющих средств	−	+	−
Пластмассы, полиэтилен, синтетическое волокно и др.	+	+	+
Химические удобрения			
серные	+	+	+
азотные	+	+	+
фосфорные	−	+	+

остро в отношении атмосферы, гидросферы (Мирового океана, пресных вод) и почвы. Появились новые виды загрязнений — радиоактивные вещества и разнообразные неприродные соединения, до недавнего времени отсутствовавшие на нашей планете.

К числу наиболее распространенных загрязнителей внешней среды неприродными органическими соединениями относятся пестициды (химические вещества для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков), поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые являются основой современных моющих средств (стиральных порошков); синтетические полимерные материалы (пластмассы, полиэтилен, синтетическое волокно) и др.

Многие из этих соединений не поддаются разложению естественным путем или же разлагаются частично, другие — очень медленно (радиоактивный изотоп стронция имеет период распада около 200 лет). Неразложившиеся остатки неприродных органических соединений и радиоактивные вещества накапливаются в различных объектах внешней среды. Возникает опасность их попадания в пищевые цепи и миграции в организм человека. В результате действия антропогенных факторов происходит нарушение экологического равновесия в биосфере.

РОЛЬ МИКРООРГАНИЗМОВ В ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Микроорганизмы могут осуществлять *биодеградацию* (разрушение), а следовательно, и *детоксикацию* (обезвреживание) целого ряда загрязнений воды и почвы.

Любые сточные воды перед спуском в открытые водоемы подвергаются очистке. Обработка сточных вод осуществляется на очистных сооружениях и должна обеспечивать такую степень чистоты, которая позволила бы использовать водоемы после поступления в них очищенных вод в качестве источников хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения, а также для отдыха, рыбной ловли и т. п.

Для очистки сточных вод, содержащих много органических веществ, наиболее широкое распространение получили *биологические методы очистки.* Они основаны на использовании биохимической деятельности микроорганизмов — их способности к различным превращениям органических и минеральных веществ в процессе конструктивного и энергетического обмена.

Биологические методы очистки делятся на аэробные и анаэробные.

Аэробная биологическая очистка. Такой метод очистки осуществляется в естественных и искусственных условиях при широком доступе воздуха. Помимо органических веществ здесь окисляются в некоторые недоокисленные минеральные соединения сточных вод (сероводород, аммиак, нитриты).

Очистка в *естественных* условиях проводится путем фильтрования сточных вод через слои почвы на *полях орошения* или полях фильтрации (почвенные методы очистки), а также в *биологических,* или *очистных, прудах.*

Отличие полей орошения от полей фильтрации состоит в том, что на полях орошения после фильтрации сточных вод выращиваются овощи, а поля фильтрации предназначены только для целей очистки сточных вод в период проведения сельскохозяйственных работ на полях орошения.

Оба способа называются *почвенными,* потому что сточные воды медленно просачиваются через слой почвы толщиной 1,5—2 м, причем активный слой почвы составляет 10 см. Здесь существует биоценоз из простейших, дождевых червей, личинок насекомых, разрыхляющих верхний слой почвы, вследствие чего улучшается ее аэрация, но главным компонентом биоценоза являются микроорганизмы сточных вод и собственная микрофлора почвы. Здесь развиваются интенсивные микробиологические процессы по минерализации органического вещества разнообразными гетеротрофными бактериями, а также протекает активная нитрификация. Количество нитрифицирующих бактерий на полях фильтрации в 100 раз больше, чем в обычной обрабатываемой почве.

При почвенных способах очистки в фильтрующем слое почвы задерживается до 99% находящихся в сточных водах микроорганизмов. Очищенная сточная вода по дренажным трубам поступает в открытый водоем. Иногда вода перед выпуском хлорируется с целью дезинфекции.

Биологические (очистные) пруды представляют собой искусственные последовательно соединенные неглубокие водоемы, биологическая очистка сточных вод в которых основана на тех же процессах, что и при естественном самоочищении водоемов.

Кроме естественных методов очистки аэробные процессы используются также в искусственно создаваемых сооружениях для очистки сточных вод — в *биофильтрах (аэрофильтрах),* а также в *аэротенках.* В аэротенках принцип очистки близок к естественным способам очистки, но в них процесс интенсифицируется путем дополнительного насыщения кислородом с помощью аэрирующих, разбрызгивающих и перемешивающих воду приспособлений.

Биологической очистке предшествует механическая (отстаивание). Для этого используются песколовушки, жироловушки, решетки, первичные отстойники и т. п. Биологическая очистка происходит при участии либо прикрепленных микроорганизмов (биопленка в биофильтрах), либо свободно плавающих в воде (хлопья активного ила в аэротенках). Биопленка и активный ил также представляют собой сложные биоценозы, но основным действующим звеном по окислению загрязнений сточных вод являются различные микроорганизмы. После очистки воды в биофильтре или аэротенке она поступает в отстойники для освобождения от биопленки или активного ила, а затем в водоем.

Анаэробная биологическая очистка. Для анаэробного распада загрязнений сточных вод имеются искусственные очистные сооружения — *метантенки, септиктенки* и *двухъярусные отстойники.* В них осуществляется биологическая обработка твердой фазы сточных вод, которую в основном составляют осадки с решеток, из первичных отстойников и избыточный ил и биопленка из биофильтров и аэротенков.

Независимо от типа очистного сооружения в них происходят разнообразные микробиологические процессы (гниение, окисление, различного типа брожения). В этих процессах принимает участие целый комплекс анаэробных микроорганизмов. В результате сложные органические соединения твердой фазы сточных вод (белки, жиры, углеводы) превращаются в жирные кислоты, спирты и газообразные продукты (диоксид углерода, аммиак, метан, водород). Метан составляет 60—65% газообразных продуктов и используется как топливный газ. Остаток твердой фазы сточных вод, не разрушенный микроорганизмами, обезвоживают, сушат и используют в виде удобрения, а спрессованный в виде брикетов — в качестве топлива.

Нормальная работа рассмотренных выше очистных сооружений нарушается, если в стоки попадают специфические токсичные или неприродные органические синтетические вещества.

Благодаря легкой приспособляемости к необычным условиям жизни и наличию разнообразных ферментов микроорганизмы воды, почвы приспособились к использованию даже неприродных синтетических органических соединений, с которыми они ранее в природе не встречались. Детоксикация микроорганизмами таких соединений происходит, главным образом, путем использования их в качестве единственного источника углерода для питания и для получения энергии. Часто этот процесс носит многоступенчатый характер: вначале микроорганизмы путем различных ферментативных реакций превращают исходные соединения в большинстве случаев в нетоксичные промежуточные или конечные продукты, которые затем используют в конструктивном или энергетическом обмене. Азот, сера, фосфор и другие элементы, входящие в состав неприродных соединений, чаще используются в конструктивном обмене.

Поиски в воде, почве, сточных водах, активном иле и т. п. микроорганизмов — деструкторов непрерывно продолжаются. Кроме того, ведется работа по получению более активных культур.

На основании исследований по получению высокоактивной специфической микрофлоры и включения ее в состав биоценоза активного ила были разработаны микробиологические методы очистки производственных сточных вод на очистных сооружениях предприятий органического синтеза.

Глава 5. ВАЖНЕЙШИЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

В пищевых производствах используются процессы, основанные на жизнедеятельности хемогетеротрофов. По субстрату, на который воздействуют хемогетеротрофные микроорганизмы, все процессы можно разделить на две основные группы: превращения органических веществ, не содержащих азота (различные виды брожения и окисления); превращения органических веществ, содержащих азот (гниение).

ПРЕВРАЩЕНИЯ БЕЗАЗОТИСТЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Анаэробные процессы

К анаэробным процессам относятся спиртовое, молочнокислое, пропионовокислое, маслянокислое брожения и брожение пектиновых веществ.

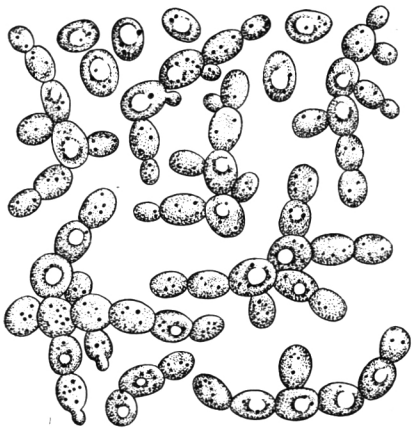


Рис. 23. Дрожжи рода Saccharomyces — возбудители спиртового брожения

Спиртовое брожение. Вызывается аскомицетовыми дрожжами рода Saccharomyces (сахаромицеты), некоторыми бактериями и отдельными представителями мукоровых грибов. Основные возбудители этого брожения — сахаромицеты (рис. 23).

Сахаромицеты являются факультативными анаэробами. В аэробных условиях дрожжи получают энергию путем полного окисления моно- и дисахаридов до CO_2 и H_2O, т. е. путем аэробного дыхания. Этот процесс лежит в основе производства хлебопекарных (прессованных) и кормовых дрожжей, где необходимо, чтобы сахар потреблялся, главным образом, на размножение дрожжей, в результате чего накапливалась бы значительная биомасса.

В анаэробных условиях необходимую для жизнедеятельности энергию дрожжи получают путем сбраживания моно- и дисахаридов по суммарному уравнению:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Этиловый спирт}}{2CH_3CH_2OH} + 2CO_2 + 118\ \text{кДж}$$

Как и любое брожение, это сложный многоэтапный процесс, протекающий при участии комплекса разнообразных ферментов, имеющихся у дрожжей. Каждая стадия катализируется соответствующим ферментом.

Наряду с основными продуктами брожения в незначительных количествах образуются побочные продукты: глицерин, уксусный альдегид, уксусная и янтарная кислоты, сивушные масла (смесь высших спиртов).

Общие условия спиртового брожения. На развитие дрожжей и ход брожения оказывают влияние многие факторы: состав сбраживаемой среды, содержание спирта, температура, pH, раса дрожжей.

Большинство дрожжей способно сбраживать моносахариды (глюкозу, фруктозу) и дисахариды (сахарозу, мальтозу), некоторые дрожжи могут сбраживать пентозы (ксилозу, арабинозу). Крахмал дрожжи не сбраживают, так как амилолитические ферменты у них отсутствуют. Поэтому крахмалсодержащее сырье для бродильных производств предварительно подвергают *осахариванию* (частичному гидролизу) при участии амилаз различного происхождения. Концентрация сахара 10—15% наиболее благоприятна для большинства дрожжей.

В качестве источника азота для дрожжей наиболее благоприятны аммонийные соли органических кислот, можно использовать также аминокислоты.

На дрожжи оказывает неблагоприятное действие этиловый спирт, накапливающийся в среде. Отношение различных дрожжей к спирту неодинаково. Угнетающее действие проявляется уже при концентрации 2—5 об. %, брожение прекращается в большинстве случаев при 12—14 об. %. Имеются и спиртоустойчивые дрожжи, которые выносят содержание спирта до 18 об. %.

По отношению к температуре сахаромицеты подразделяются на верховые и низовые. *Верховые,* или *дрожжи верхового брожения,* вызывают бурное и быстрое брожение при температуре 20—28°С. При этом они всплывают на поверхность под действием выделяющегося диоксида углерода. По окончании брожения дрожжи оседают на дно бродильных сосудов рыхлым слоем.

Низовые, или *дрожжи низового брожения,* осуществляют более спокойное или медленное брожение, особенно если его ведут при температуре 5—10 °С. Газ выделяется постепенно, пены образуется меньше, дрожжи оседают на дно сосуда, образуя плотный осадок.

Спиртовое брожение протекает при кислых значениях pH— 4—4,5. При подщелачивании среды до pH 8 или при введении в среду сульфита (или бисульфита) натрия дрожжи в качестве основного продукта брожения накапливают не спирт, а глицерин (до 40% по отношению к сброженному сахару). Это так называемая *глицериновая форма* спиртового брожения:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{2C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Глицерин}}{2CH_2OHCHOHCH_2OH} + \underset{\text{Этиловый спирт}}{CH_3CH_2OH} + CH_3COOH + 2CO_2 + \text{Энергия}$$

Уксусная кислота

Практическое использование спиртового брожения. Ряд пищевых производств основан на жизнедеятельности сахаромицетов, вызывающих спиртовое брожение. Оно лежит в основе производства этилового спирта, пива, вина, а также хлебопечения. Совместно с молочнокислым брожением оно используется для производства кваса, кефира, кумыса. Дрожжи, используемые на том или ином производстве, обладают специфическими качествами. Более того, в одном и том же производстве могут применяться разновидности одного и того же вида, отличающиеся между собой одной или несколькими особенностями. Такие культуры обычно называют *расами* (штаммами). Их получают, как правило, из одной клетки. Каждое производство располагает несколькими расами, удовлетворяющими определенным требованиям.

Этиловый спирт — основной продукт брожения — находит широкое применение во многих отраслях народного хозяйства.

Основными потребителями спирта являются пищевая, медицинская и химическая промышленность. Ведущиеся исследования и разработки показали, что спирт может быть использован и как источник углерода для производства биомассы микроорганизмов, в частности дрожжей. Кроме того, в ряде стран ведутся работы по использованию спирта в качестве транспортного топлива.

Сырьем для производства пищевого этилового спирта служат углеводы растительного происхождения (картофель, злаки, сахарная свекла) и отходы свеклосахарного производства (меласса). Для получения технического спирта используют отходы целлюлозно-бумажной промышленности (сульфитный щелок), гидролизаты древесины и различных сельскохозяйственных отходов.

Производство спирта включает следующие основные стадии: подготовку сырья для сбраживания; сбраживание сусла; отгонку спирта из бражки и его очистку. Каждая стадия имеет свои технологические особенности, обусловливаемые используемым сырьем.

Крахмалсодержащее сырье в процессе подготовки к сбраживанию разваривают и подвергают *осахариванию* с помощью амилолитических ферментов. В качестве источников ферментов используют *солод* — пророщенное и высушенное зерно злаковых культур, а также микробные ферментные препараты. Подготовка мелассы для сбраживания включает разбавление ее водой и добавление источников фосфора и азота.

Для производства спирта применяют расы верховых дрожжей S. cerevisiae, которые быстро размножаются, обладают активным комплексом ферментов, спиртоустойчивы и способны переносить высокие концентрации сухого вещества (СВ) в среде. Дрожжи — возбудители брожения, предварительно выращивают в аэробных условиях на сусле, подкисленном серной кислотой.

Основной стадией производства спирта является брожение. Обычно сбраживают сусло с содержанием сахаров 13—15% при температуре 29—32 °С и pH 4,2—5,2. Процесс брожения ведут 2—3 сут. По окончании брожения дрожжи выделяют из сброженного сусла (бражки), а спирт отгоняют на специальных перегонных аппаратах. Полученный спирт-сырец далее подвергают *ректификации* (очистке).

Выделенные из бражки спиртовые дрожжи после промывания и прессования используют в качестве хлебопекарных дрожжей. Отходом спиртового производства является *барда* (остаток после отгонки спирта), которую используют как корм для животных или как питательную среду для выращивания кормовых дрожжей.

Продуктом спиртового брожения является вино. Исходным сырьем в производстве вин служит виноградный сок (сусло), который сульфитируют (обрабатывают SO_2) с целью подавле-

ния развития посторонних микроорганизмов, а затем подвергают брожению. Процесс брожения ведут периодическим или непрерывным методом. Оптимальными условиями брожения являются: температура 18—25 °С, содержание сахара в сусле 10—20%, кислотность сусла 8—10 г/л.

Для производства вина используют расы винных дрожжей низового брожения Saccharomyces ellipsoideus и Saccharomyces oviformis. Винные дрожжи должны полностью выбраживать сусло, быть устойчивыми к повышенному содержанию сахара, спирта и SO_2, к низкому значению pH, быстро оседать. В процессе брожения дрожжи образуют этиловый спирт, диоксид углерода и побочные продукты (глицерин, уксусный альдегид, органические кислоты и другие соединения). Качественный состав и количественное соотношение побочных продуктов обусловливают вкусовые и ароматические свойства вин.

Процессы производства хлеба и пива, основой которых также является спиртовое брожение, будут рассматриваться далее в соответствующих разделах специальной микробиологии.

Молочнокислое брожение. Оно вызывается молочнокислыми бактериями и является для них единственным источником энергии. Молочнокислое брожение — это процесс превращения углеводов в молочную кислоту.

Молочнокислые бактерии подразделяются на две группы — гомоферментативные и гетероферментативные, которые вызывают соответственно либо гомоферментативное, либо гетероферментативное молочнокислое брожение. В основе этого деления лежат различия в характере образующихся продуктов, что определяется набором ферментов у молочнокислых бактерий.

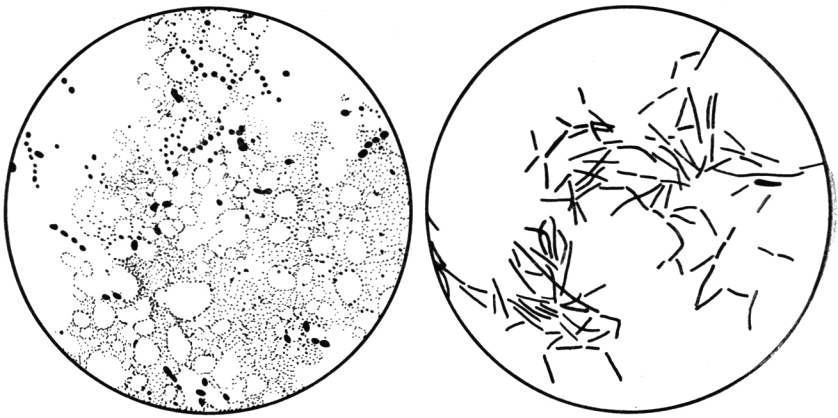
Гомоферментативные молочнокислые бактерии из сахара образуют только молочную кислоту:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Молочная кислота}}{2CH_3CHOHCOOH} + 94 \text{ кДж}$$

Гетероферментативные молочнокислые бактерии благодаря разнообразию имеющихся у них ферментов из сахара образуют кроме молочной кислоты и другие продукты брожения (уксусную кислоту, этиловый спирт, диоксид углерода, некоторые виды образуют еще янтарную кислоту, водород). Кроме того, среди молочнокислых бактерий имеются ароматобразующие виды, которые синтезируют ароматические вещества диацетил и ацетоин. Конечные продукты, образущиеся при гетероферментативном молочнокислом брожении, накапливаются в среде в различных количественных соотношениях, что зависит от вида микроорганизмов, питательной среды и внешних условий. Схематически процесс гетероферментативного молочнокислого брожения можно выразить уравнением:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{2C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Молочная кислота}}{CH_3CHOHCOOH} + \underset{\text{Янтарная кислота}}{COOHCH_2CH_2COOH} +$$

$$+ \underset{\substack{\text{Уксусная}\\\text{кислота}}}{CH_3COOH} + \underset{\substack{\text{Этиловый}\\\text{спирт}}}{CH_3CH_2OH} + CO_2 + H_2 + 75 \text{ кДж}$$



а б

Рис. 24. Молочнокислые бактерии:
а — рода Streptococcus (шаровидные); *б* — рода Lactobacillus (палочковидные)

Молочнокислые бактерии относятся в основном к роду Streptococcus и имеют шаровидные или слегка овальные клетки, образующие цепочки, и к роду Lactobacillus, клетки которого представляют собой неподвижные, не образующие спор длинные или короткие палочки, одиночные или в виде цепочек (рис. 24). Все молочнокислые бактерии грамположительные, в основном факультативные анаэробы, имеются и микроаэрофилы.

Молочнокислые бактерии отличаются от других микроорганизмов чрезвычайной требовательностью к составу питательной среды, они нуждаются в полном наборе готовых аминокислот, витаминах группы В, в компонентах нуклеиновых кислот.

Высокая требовательность к питательной среде определяет распространение молочнокислых бактерий в природе. Они почти никогда не встречаются в почве или в водоемах, а обитают в основном на растениях, плодах, овощах, с которыми попадают в желудочно-кишечный тракт и густо населяют его, в молоке и молочных продуктах, а также в местах разложения растительных остатков. В качестве источника углерода используют *лактозу* или *мальтозу*.

Молочнокислые бактерии образуют неодинаковое количество кислоты — от 1 до 3,5%, в связи с чем они могут развиваться при pH около 4. Способность молочнокислых бактерий подкислять среду используется для подавления в различных продуктах жизнедеятельности гнилостных бактерий (при квашении капусты, засоле огурцов, мочении яблок и др.), которые предпочитают нейтральные или слабощелочные значения pH.

Среди молочнокислых бактерий есть мезофилы, развивающиеся при средней температуре (около 30 °С), и термофилы, развивающиеся при повышенной температуре (40—50 °С).

Практическое использование молочнокислого брожения. Оно находит широкое применение при изготовлении кисломолочных продуктов, сливочного масла, маргарина, в хлебопечении, при квашении овощей, силосовании кормов и в производстве молочной кислоты.

Для получения многих кисломолочных продуктов, в том числе и сыров, используют гомоферментативные мезофильные и термофильные молочнокислые бактерии, чистые культуры которых вносят в пастеризованное молоко. Простокваша готовится при помощи молочнокислого стрептококка (Streptococcus lactis), являющегося мезофилом, ацидофилин — на закваске, состоящей из термофильной культуры ацидофильной палочки (L. acidophilus) и молочнокислого стрептококка (S. lactis), кефир готовят на закваске, содержащей симбиотический комплекс из термофильных молочнокислых бактерий L. casei и дрожжей Saccharomyces kefir, сбраживающих лактозу. Они входят в состав кефирных зерен, представляющих собой плотные комочки казеина.

Имеются разнообразные национальные молочнокислые напитки (кумыс, мацони, йогурт, биогурт, лебен и др.), которые получают заквашиванием кобыльего, верблюжьего, овечьего, козьего молока специфическими закваскими, содержащими термофильную болгарскую палочку (L. bulgaricum).

Молочнокислые бактерии вместе с пропионовокислыми участвуют в процессе созревания сыров. Мезофильные молочнокислый и сливочный стрептококки (S. lactis и S. cremoris) входят в состав заквасок для сметаны, творога, сливочного масла и маргарина, в последнем случае для придания аромата продуктам используются ароматобразующие виды (гетероферментативные стрептококки — S. diacetilactis).

Гетероферментативным молочнокислым бактериям L. brevis наряду с гомоферментативными бактериями L. plantarum в симбиозе с дрожжами принадлежит основная роль при изготовлении ржаного хлеба. Они разрыхляют тесто, придают ему специфический аромат и кисловатый вкус. Гомоферментативные термофильные молочнокислые бактерии применяют для приготовления жидких дрожжей в хлебопечении (L. delbrueckii).

Квашение овощей и силосование кормов сводятся в основном к молочнокислому брожению этих субстратов с помощью гомоферментативных мезофилов L. plantarum.

И, наконец, гомоферментативные молочнокислые бактерии (L. delbrueckii и S. lactis) применяют в производстве молочной кислоты, которая используется в консервной, кондитерской промышленности, в производстве безалкогольных напитков, в медицине. Некоторые из них образуют антибиотик *низин*.

Многие мезофильные гетероферментативные палочковидные бактерии и лейконосток являются вредителями в производстве спирта, пива, вина, безалкогольных напитков, сахара и др. Они будут рассмотрены в разделах специальной части.

Пропионовокислое брожение. Оно вызывается пропионовокислыми бактериями, относящимися к роду Propionibacterium.

Единственным источником энергии для них является процесс сбраживания разнообразных веществ — моносахаридов (гексоз и пентоз), молочной или яблочной кислоты, глицерина и других, которые превращаются в пропионовую и уксусную кислоты, диоксид углерода и воду:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{3C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Пропионовая кислота}}{4CH_3CH_2COOH} + \underset{\text{Уксусная кислота}}{2CH_3COOH} + 2CO_2 + 2H_2O + \text{Энергия}$$

$$\underset{\text{Молочная кислота}}{3CH_3CHOHCOOH} \longrightarrow \underset{\text{Пропионовая кислота}}{2CH_3CH_2COOH} + \underset{\text{Уксусная кислота}}{CH_3COOH} + CO_2 + H_2O + \text{Энергия}$$

Пропионовокислые бактерии родственны по ряду свойств гетероферментативным молочнокислым бактериям и часто развиваются совместно с ними.

Пропионовокислые бактерии — это небольшие, неподвижные палочки, слегка искривленные, не образующие спор, грамположительные, факультативные анаэробы (рис. 25). Они, как и молочнокислые бактерии, не встречаются в почве или водоемах. Обитают в основном в кишечном тракте жвачных животных, а также в молоке.

Практическое использование пропионовокислого брожения. Оно используется в сыроделии. Вначале казеин молока подвергают коагуляции под действием сычужного фермента, выделяемого из желудка жвачных животных. Затем сгустки отделяют от сыворотки, прессуют, выдерживают в растворе соли и оставляют для созревания.

В первую фазу созревания в сгустке казеина протекает молочнокислое брожение, при этом лактоза превращается в молочную кислоту. Затем наступает вторая фаза созревания сыров — пропионовокислое брожение, когда сбраживается образовавшаяся молочная кислота. В результате образуются летучие кислоты — уксусная и пропионовая, придающие сырам кисловато-острый вкус, а выделяющийся в виде пузырьков диоксид углерода образует «глазки» в сыре. На больших сыродельческих предприятиях вместо самопроизвольного созревания сыра при участии естественной микрофлоры молока применяют специальные закваски, иногда с введением мицелиальных грибов, например P. roqueforti при производстве сыра «Рокфор».

У пропионовокислых бактерий обнаружена способность к активному синтезу витамина B_{12}, который накапливается внутри клеток. Эта особенность используется для промышленного получения витамина B_{12} на отходах производства (молочной сыворотке и др.) с добавлением кукурузного экстракта в качестве источника витаминов.

Маслянокислое брожение. В отличие от рассмотренных брожений, маслянокислое брожение вызывается строгими анаэро-

бами, относящимися к роду Clostridium. Для них молекулярный кислород — яд.

Единственным источником энергии для маслянокислых бактерий является процесс брожения. Суммарное уравнение маслянокислого брожения имеет вид:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \longrightarrow \underset{\text{Масляная кислота}}{CH_3CH_2CH_2COOH} + 2CO_2 + 2H_2 + 63 \text{ кДж}$$

Возбудителем типичного маслянокислого брожения является Clostridium butyricum. Отдельные представители маслянокислых бактерий вызывают несколько разновидностей маслянокислого брожения, общим признаком которых является большее или меньшее накопление масляной кислоты, уксусной и других органических кислот, а также бутилового и других спиртов, ацетона и некоторых газообразных продуктов (водорода, метана, диоксида углерода).

Сбраживаться могут углеводы, в том числе полисахариды (крахмал, амилоза, гранулеза, гликоген, пектиновые вещества, целлюлоза и др.), так как у маслянокислых бактерий имеются соответствующие ферменты (амилаза, пектиназа, целлюлаза), гидролизующие эти соединения до простых сахаров. Последние, в свою очередь, подвергаются маслянокислому брожению. Маслянокислые бактерии также сбраживают спирты (этиловый, маннит, глицерин) и аминокислоты (глутаминовая и др.). Близки к малянокислым бактериям патогенные формы — возбудители ботулизма и столбняка.

По характеру используемых субстратов маслянокислые бактерии делят на две группы: *сахаролитические* клостридии, сбраживающие в основном углеводы, и *протеолитические* клостридии, имеющие активные протеолитические ферменты и раз-



Рис. 25. Пропионовокислые бактерии

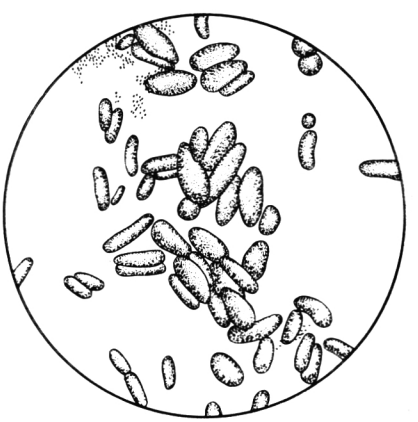


Рис. 26. Маслянокислые бактерии

лагающие белки и пептоны до аминокислот, которые затем подвергаются сбраживанию.

Маслянокислые бактерии довольно крупные, грамположительные, подвижные палочки с перитрихиально расположенными жгутиками, образующие очень устойчивые споры, при формировании которых клетка принимает форму веретена (клостридия) или теннисной ракетки (рис. 26). Перед образованием спор в клетках накапливается запасное крахмалоподобное вещество — гранулеза.

Маслянокислые бактерии широко распространены в природе. Они обитают там, где много органических веществ и нет доступа кислорода — в иловых отложениях водоемов, в навозе, почве, в скоплениях разлагающихся отбросов, в сточной жидкости и т. п. Их развитие в почве, где достаточно воздуха, становится возможным благодаря симбиозу с аэробными бактериями, которые используют кислород на собственные нужды. Повсеместному их распространению способствует необыкновенно высокая устойчивость спор.

Практическое значение маслянокислого брожения. В природе маслянокислым бактериям принадлежит важная роль в круговороте углерода. Масляная кислота — широко распространенный продукт анаэробного разложения различных органических веществ.

Маслянокислое брожение используют в промышленности для получения масляной кислоты, которая находит широкое применение. Масляная кислота обладает резким неприятным запахом прогорклого масла. В то же время ее эфиры отличаются приятным ароматом, например метиловый эфир имеет яблочный запах, этиловый — грушевый, амиловый — ананасный. Их используют в кондитерской и парфюмерной промышленности, в производстве фруктовых безалкогольных напитков.

Маслянокислые бактерии могут вызывать массовую гибель картофеля и овощей, вспучивание сыров, порчу консервов (бомбаж), прогоркание молока, увлажненной муки и других продуктов, чем наносят большой ущерб народному хозяйству. Они вызывают порчу квашеных овощей при замедленном молочнокислом брожении; образующаяся при этом масляная кислота придает продукту острый прогорклый вкус, резкий и неприятный запах.

В производствах, основанных на жизнедеятельности дрожжей, маслянокислые бактерии являются вредителями, так как масляная кислота отравляет дрожжи. Борьба с ними затруднительна из-за высокой устойчивости спор.

Брожение пектиновых веществ. В растениях, особенно в плодах, ягодах, корнеплодах, содержится много пектиновых веществ. Они входят в состав срединных пластинок и склеивают между собой растительные клетки. Пектиновые вещества — высокомолекулярные соединения (полисахариды), поэтому, чтобы попасть в микробную клетку, они должны предваритель-

но подвергнуться ферментативному гидролизу. Под влиянием пектолитических ферментов микроорганизмов, развивающихся в растительном сырье и в продуктах его переработки, происходит ступенчатый гидролиз пектиновых веществ:

$$\underset{\text{Пектиновая кислота}}{C_{46}H_{68}O_{40}} + 10H_2O \longrightarrow \underset{\text{Галактуроновая кислота}}{4CHO(CHOH)_4COOH} + \underset{\text{Галактоза}}{C_6H_{12}O_6} +$$

$$+ \underset{\text{Ксилоза}}{C_5H_{10}O_5} + \underset{\text{Арабиноза}}{C_5H_{10}O_5} + \underset{\substack{\text{Метиловый}\\ \text{спирт}}}{2CH_3OH} + \underset{\substack{\text{Уксусная}\\ \text{кислота}}}{2CH_3COOH}$$

Ферментативный гидролиз микроорганизмам энергии не дает. В анаэробных условиях они ее получают в процессе маслянокислого брожения, которому подвергаются продукты ферментативного гидролиза — арабиноза и галактоза, которые в аэробных условиях окисляются до CO_2 и H_2O. Брожение протекает при участии определенных видов маслянокислых бактерий. Продуктами брожения являются масляная и уксусная кислоты, а также газы (CO_2 и H_2). Разложение пектиновых веществ приводит к порче продукции; например, соленые огурцы размягчаются или в них появляются пустоты в результате мацерации (распада на отдельные клетки) тканей огурцов при ферментативном расщеплении срединных пластинок.

Аэробные процессы

Они осуществляются хемогетеротрофами в присутствии молекулярного кислорода, но, в отличие от аэробного дыхания (полного окисления), являются процессами неполного окисления. Часто их называют «окислительными брожениями», что совершенно неправильно, поскольку термин «брожение» вполне определенно означает окислительно-восстановительные превращения субстрата, вызываемые микроорганизмами в строго анаэробных условиях.

Окисление этилового спирта уксуснокислыми бактериями. Этот процесс был известен человеку в глубокой древности — в оставленном на воздухе вине или пиве через некоторое время появлялась легкая муть, а на поверхности — плотная пленка. При этом вино или пиво закисает и превращается в уксус.

Окисление этилового спирта уксуснокислыми бактериями протекает в две стадии — сначала образуется уксусный альдегид, который далее окисляется в уксусную кислоту:

$$\underset{\substack{\text{Этиловый}\\ \text{спирт}}}{2CH_3CH_2OH} + O_2 \longrightarrow \underset{\substack{\text{Уксусный}\\ \text{альдегид}}}{2CH_3CHO} + 2H_2O;$$

$$\underset{\substack{\text{Уксусный}\\ \text{альдегид}}}{2CH_3CHO} + O_2 \longrightarrow \underset{\substack{\text{Уксусная}\\ \text{кислота}}}{2CH_3COOH}$$

Суммарное уравнение имеет вид:

$$\underset{\substack{\text{Этиловый}\\ \text{спирт}}}{C_2H_5OH} + O_2 \rightarrow \underset{\substack{\text{Уксусная}\\ \text{кислота}}}{CH_3COOH} + H_2O + 487 \text{ кДж}.$$

Уксуснокислые бактерии — строгие аэробы. Они окисляют не только одноатомный этиловый спирт, но и многоатомные.

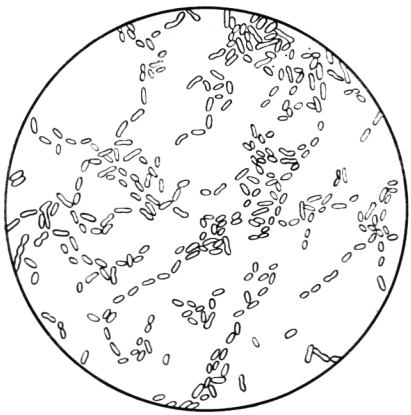


Рис. 27. Уксуснокислые бактерии

Так, шестиатомный спирт сорбит они окисляют в углевод сорбозу, которая является сырьем для химического синтеза аскорбиновой кислоты. Некоторые уксуснокислые бактерии окисляют трехатомный спирт глицерин в диоксиацетон, который необходим для химической промышленности; могут окислять и глюкозу в глюконовую кислоту, которая широко применяется в фармацевтической промышленности и медицине, а также в детском питании. Процессы окисления этих соединений служат для уксуснокислых бактерий единственным источником получения энергии.

Некоторые уксуснокислые бактерии могут вызывать процесс так называемого переокисления (сверхокисления), т. е. дальнейшего полного окисления, образовавшейся из спирта уксусной кислоты до CO_2 и H_2O. Этот процесс представляет большую опасность в производстве уксуса.

Уксуснокислые бактерии — это в основном короткие подвижные палочки, одиночные, парные или в виде цепочек, эндоспор не образуют, грамотрицательные (рис. 27). Они отнесены к двум родам — Gluconobacter и Acetobacter. Первые представляют собой палочки с пучком полярных жгутиков (лофотрихи), окисляют глюкозу в глюконовую кислоту, обладают невысокой способностью к окислению этилового спирта в уксусную кислоту, к дальнейшему окислению уксусной кислоты неспособны. Бактерии рода Acetobacter — это палочки со жгутиками по всей поверхности клетки (перитрихи), неспособные к окислению глюкозы, энергично окисляющие этиловый спирт до уксусной кислоты и способные к дальнейшему окислению ее до CO_2 и H_2O.

Уксуснокислые бактерии различаются размерами клеток, многие образуют на поверхности среды пленки — хрупкие тонкие или толстые хрящевидные. Пленки образуются в результате ослизнения клеточной стенки бактерий. В неблагоприятных условиях бактерии приобретают необычную форму — появляются раздутые, уродливые клетки, толстые длинные нити и т. п. Уксуснокислые бактерии различаются по своей устойчивости к спирту, способности накапливать различное количество уксусной кислоты (от 4,5% до 9—11%). Оптимальная температура для развития — около 30 °С. Они кислотоустойчивы, могут развиваться при pH около 3, оптимальные значения pH 5,4—6,3.

Уксуснокислые бактерии широко распространены в природе,

обитают на цветах, на зрелых фруктах, ягодах, овощах, обнаруживаются в садовой почве, в прокисших фруктовых соках, пиве, вине, квашеных овощах.

Практическое использование уксуснокислых бактерий. Они используются для промышленного получения спиртового натурального уксуса. Исходным сырьем является раствор спирта, содержащий небольшое количество сахарозы, минеральные соли в качестве источников азота, фосфора, серы, калия и магния, а также уксусную кислоту. Подкисление необходимо для предотвращения развития посторонних микроорганизмов. Производственной культурой является Acetobacter aceti.

Уксус получают как периодическим, так и непрерывным методами. Принцип методов заключается в создании возможно большей поверхности для окисления спирта. Производство уксуса периодическим методом осуществляется в специальном аппарате — окислителе (генераторе), наполненном скрученными буковыми стружками, на поверхности которых закрепляются уксуснокислые бактерии. В стенках окислителя имеются отверстия для засасывания воздуха. Чем лучше аэрация, тем активнее протекает процесс окисления спирта.

Раствор спирта с помощью специального приспособления пропускают по стружкам, а уксуснокислые бактерии, густо заселяющие поверхность стружек, окисляют спирт в уксусную кислоту. Процесс длится 4—5 сут, за это время спирт практически полностью окисляется и накапливается уксусная кислота в количестве 9—10%. Готовый уксус сливается, и цикл начинается сначала.

Последние годы осуществляется переход от периодического к непрерывному способу. Наиболее прогрессивным является производство уксуса глубинным непрерывным методом. Оно осуществляется в батарее герметически закрытых аппаратов — ферментаторов. Первый из них заполняется питательной средой и засевается культурой уксуснокислых бактерий. Содержимое ферментатора перемешивается мешалкой, а через барботер непрерывно подается воздух для аэрации. Под давлением воздуха культуральная жидкость перетекает из одного ферментатора в другой и спирт постепенно окисляется в уксусную кислоту. Готовый уксус, как правило, содержит не менее 9% уксусной кислоты.

Кроме спиртового натурального уксуса в различных республиках производят винный уксус, когда субстратом для окисления служит вино, и яблочный уксус, когда используется яблочный сок.

Уксуснокислые бактерии играют и отрицательную роль. Они являются вредителями спиртового, пивоваренного, дрожжевого, консервного производств, в виноделии, в производстве безалкогольных напитков и др.

Окисление углеводов мицелиальными грибами. Неполное окисление углеводов молекулярным кислородом с образованием органических кислот (лимонной, щавелевой и др.) могут осуществлять мицелиальные грибы, которые, как и уксуснокислые бактерии, являются строгими аэробами.

Наибольшее практическое значение имеет процесс получения лимонной кислоты, которую ранее получали из лимонов, а в настоящее время с помощью гриба Aspergillus niger. Физиологию грибов и химизм процесса детально изучили С. П. Костычев и В. С. Буткевич, благодаря чему в Ленинграде в 1930 г. был организован первый завод лимонной кислоты. Процесс идет при обязательном доступе кислорода.

Лимонную кислоту получают как поверхностным, так и глубинным методами. Для поверхностного метода питательной средой служит отход свеклосахарного производства — меласса, при окислении сахаров которой образуется лимонная кислота:

$$\underset{\text{Глюкоза}}{2C_6H_{12}O_6} + 3O_2 \longrightarrow \underset{\substack{\text{Лимонная}\\ \text{кислота}}}{2C_6H_8O_7} + 4H_2O + \text{Энергия}$$

Мицелий гриба развивается в виде пленки на поверхности питательной среды, налитой невысоким слоем (8—12 см) в плоские открытые сосуды — кюветы, которые засеваются конидиями гриба. Процесс накопления лимонной кислоты в среде под пленкой гриба продолжается 6—8 сут при температуре 30 °С и при хорошей аэрации. Затем лимонную кислоту выделяют из раствора, очищают и кристаллизуют.

Производство лимонной кислоты глубинным методом осуществляют, как обычно, в герметично закрытых ферментаторах при постоянной аэрации и перемешивании. Мицелий гриба в этом случае развивается в виде мелких шариков.

Лимонная кислота находит широкое практическое применение в кондитерской и консервной промышленности, в производстве безалкогольных напитков, в медицине в качестве консерванта крови.

Окисление жиров и высших жирных кислот. Жиры представляют собой сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот. Жиры — высокомолекулярные соединения и в неизмененном виде внутрь клетки попасть не могут. Поэтому вначале происходит гидролиз жира при участии фермента липазы, имеющегося у многих микроорганизмов. В результате образуются глицерин и высшие жирные кислоты:

$$\underset{\text{Жир (тристеарин)}}{C_3H_5(C_{18}H_{35}O_2)_3} + 3H_2O \longrightarrow \underset{\text{Глицерин}}{C_3H_5(OH)_3} + \underset{\substack{\text{Стеариновая}\\ \text{кислота}}}{3C_{18}H_{36}O_2}$$

Этот процесс не обеспечивает микроорганизмы энергией. Образовавшиеся продукты гидролиза (глицерин и высшие жирные кислоты) используются различными микроорганизмами в качестве энергетического материала. Глицерин быстро подвер-

гается окислению, например, с помощью уксуснокислых бактерий, которые окисляют его до диоксиацетона. Мицелиальные грибы окисляют глицерин полностью до CO_2 и H_2O. Масляно-кислые бактерии сбраживают его с образованием масляной кислоты. В результате этих процессов микроорганизмы получают энергию.

Высшие жирные кислоты окисляются труднее и медленнее. Вначале они просто накапливаются в субстрате, а затем постепенно окисляются до CO_2 и H_2O. Этот процесс сопровождается значительным выделением энергии:

$$C_{18}H_{36}O_2 + 26O_2 \longrightarrow 18CO_2 + 18H_2O + \text{Энергия}$$

В процессе окисления высших жирных кислот образуются разнообразные промежуточные продукты (кетоны, альдегиды, оксикислоты и др.), которые придают окисляющемуся жиру неприятный запах и прогорклый вкус.

Наиболее активное участие в превращениях жиров принимают некоторые бактерии из рода Pseudomonas (псевдомонады). Это подвижные (монотрихи), не образующие спор аэробные грамотрицательные палочки; некоторые из них выделяют в среду зеленоватый пигмент; другие являются психрофилами, развиваются при низких температурах (0°С). В разложении жиров участвуют и другие аэробные бактерии, а также мицелиальные грибы (некоторые виды аспергиллов, пенициллов, молочная плесень).

В пищевой промышленности микроорганизмы, окисляющие жиры, наносят вред, вызывая порчу пищевых жиров и жира, содержащегося в различных продуктах (рыбных, молочных, крупяных, в консервах и т. п). Порча жиров, хранящихся в холодильниках, происходит при участии психрофилов.

Разложение жиров отмерших животных и растений в природных условиях (в воде, почве) происходит постоянно и имеет большое значение в круговороте углерода.

ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, СОДЕРЖАЩИХ АЗОТ

Кроме рассмотренных выше микробиологических процессов превращения органических безазотистых соединений важное значение имеют превращения органических азотсодержащих веществ.

Гнилостные процессы. *Гниение* — это процесс глубокого разложения белковых веществ микроорганизмами. Одним из конечных продуктов разложения белков является аммиак (NH_3), поэтому процесс гниения называют также *аммонификацией* белковых веществ, а бактерии — *гнилостными,* или *аммонификаторами.*

Белки, подобно другим высокомолекулярным соединениям, в неизмененном виде внутрь бактериальной клетки проникнуть

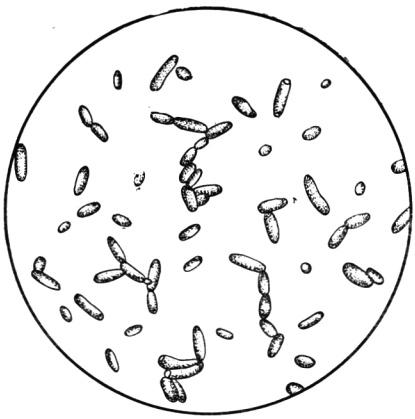


Рис. 28. Bacillus subtilis (сенная палочка)

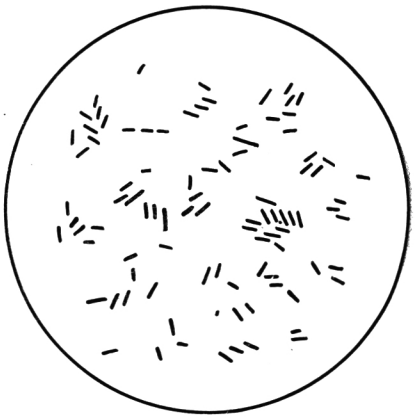


Рис. 29. Pseudomonas fluorescens (пигментобразующая палочка)

не могут и вначале подвергаются расщеплению вне клетки под влиянием микроорганизмов, обладающих протеолитическими ферментами, которые по характеру действия являются экзоферментами. Расщепление белков происходит ступенчато:

Белки ⟶ Пептоны ⟶ Полипептиды ⟶ Аминокислоты

Дальнейшие превращения образовавшихся аминокислот различны. Они диффундируют внутрь клетки и могут использоваться микроорганизмами либо в конструктивном обмене для биосинтеза белков клетки как источник углерода и азота, либо подвергаются дезаминированию или декарбоксилированию.

Дезаминирование аминокислот приводит к отщеплению аминогруппы, из которой образуется аммиак, и накоплению органических кислот жирного ряда (масляной, уксусной, пропионовой, муравьиной и др., окси- и кетокислот), а также высокомолекулярных спиртов. Промежуточные продукты распада аминокислот претерпевают различные превращения в зависимости от вида бактерий и условий, в которых протекает процесс гниения.

Аэробные микроорганизмы осуществляют их полное окисление до минеральных веществ, и в качестве конечных продуктов образуются кроме аммиака диоксид углерода (весь углерод белковых веществ выделяется в виде CO_2), вода, а также сероводород и иногда меркаптаны, обладающие запахом тухлых яиц. Сероводород и меркаптаны образуются из серусодержащих аминокислот (цистина, цистеина, метионина). В случае гнилостного распада нуклеопротеидов образуются соли фосфорной кислоты.

В анаэробных условиях не может происходить полного окисления промежуточных продуктов распада аминокислот и они

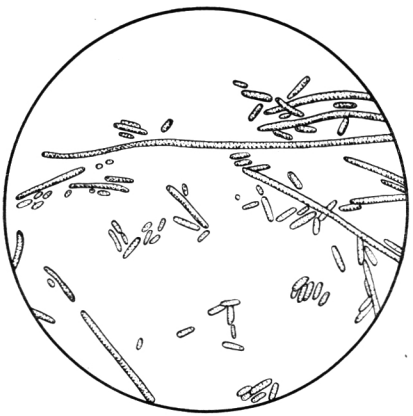


Рис. 30. Proteus vulgaris

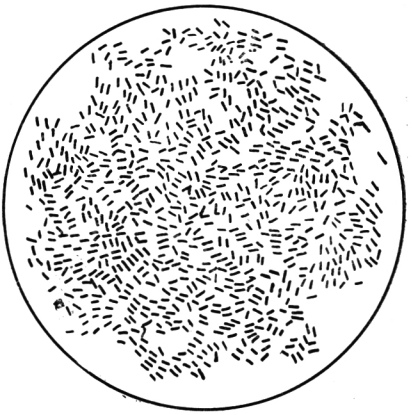
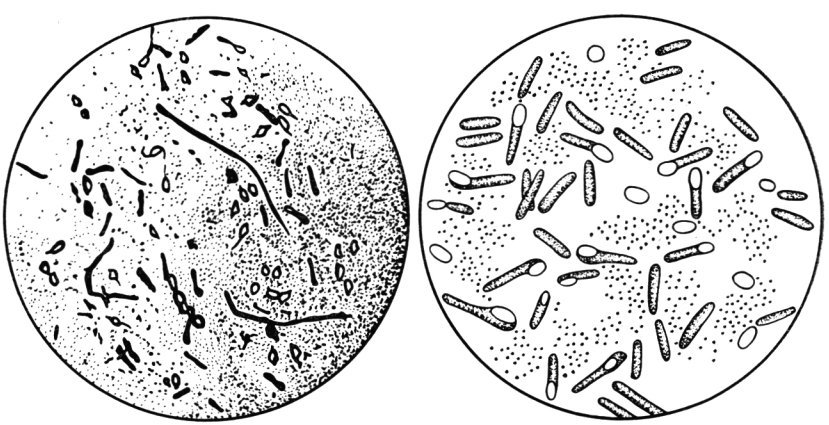


Рис. 31. Escherichia coli (кишечная палочка)

накапливаются в среде. Кроме того, в анаэробных условиях происходит декарбоксилирование аминокислот (т. е. их разложение с выделением CO_2). При этом образуются дурно пахнущие вещества: индол, скатол, фенол, крезол; индол и скатол образуются обычно из триптофана. При декарбоксилировании аминокислот образуются диамины; их производные являются трупными ядами, обладают ядовитым действием и могут вызвать отравление.

Возбудителями гниения в основном являются бактерии. К аэробным гнилостным бактериям относятся в основном спо-



а б

Рис. 32. Clostridium putrificum (*а*) и Clostridium sporogenes (*б*)

рообразующие палочки Bacillus subtilis (сенная палочка)* (рис. 28), B. mycoides (земляная палочка) и B. megaterium.

Неспороносными аэробными аммонификаторами являются пигментобразующие палочки Pseudomonas fluorescens (рис. 29), обладающие не только протеолитическими ферментами, но и липазой. Они являются психрофилами, вызывают порчу продуктов, содержащих белки и жиры, при хранении в холодильных установках.

К факультативно-анаэробным аммонификаторам относятся неспороносные палочки Proteus vulgaris (вульгарный протей) (рис. 30) и Escherichia coli (кишечная палочка) (рис. 31).

К строгим анаэробам, вызывающим процесс гниения, относятся споровые палочки Clostridium putrificum, C. sporogenes (рис. 32).

Значение процесса гниения. Гнилостные бактерии являются вредителями многих пищевых продуктов, обладающих высокой пищевой ценностью (мяса и мясопродуктов, рыбы и рыбопродуктов, молока, яиц и др.).

В природе (в воде, почве) гнилостные бактерии активно разлагают отмершие животные и растения, минерализуют белковые вещества и тем самым играют важную роль в круговороте углерода и азота.

---

* В соответствии с Международным кодексом номенклатуры бактерий сенная и картофельная палочки ввиду большого сходства объединены в один вид — Bacillus subtilis.

II раздел

СПЕЦИАЛЬНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ

Микроорганизмы в пищевой промышленности играют двоякую роль. С одной стороны, многие пищевые производства основаны на их жизнедеятельности: хлебопечение, производство хлебопекарных дрожжей, сыроделие, производство спирта, пива, кваса, производство кисломолочных продуктов (творог, сметана, простокваша и др.), кислосливочного масла и маргарина, органических кислот (уксусная, лимонная, молочная) и др. Для получения этих продуктов используют чистые культуры микроорганизмов.

С другой стороны, в пищевые производства попадает инфекция, т. е. посторонние микроорганизмы. Это либо неопасные для здоровья человека сапрофиты, которые являются вредителями производства и в результате их жизнедеятельности нарушается технологический процесс, возрастают потери сырья, снижается выход и качество готовой продукции; либо патогенные микроорганизмы, которые могут нанести вред здоровью человека, явиться причиной тяжелых инфекционных заболеваний и пищевых отравлений. На всех пищевых предприятиях необходимо осуществлять строгий микробиологический контроль с целью выявления посторонних микроорганизмов и в случае обнаружения проводить дезинфекцию.

Глава 6. ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ИСТОЧНИКИ ПОСТОРОННИХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ

На пищевых предприятиях могут быть внешние (внезаводские) и внутренние (внутризаводские) источники инфекции. К внезаводским относятся сырье, вода и воздух. К внутризаводским — воздух производственных помещений, производственная культура микроорганизма, технологическое оборудование, тара, руки, одежда, обувь персонала.

Посторонние микроорганизмы, попав в производство, при благоприятных условиях быстро размножаются и, если не принять меры по предотвращению их развития или для их уничтожения, разносятся по всему предприятию.

Сырье. Одним из условий получения продукции высокого качества является доброкачественность сырья, что зависит от условий и сроков его хранения. Подробно микрофлора отдельных видов сырья, полуфабрикатов, а также вспомогательных материалов (сахар, соль, специи, ароматические травы и др.), ее происхождение и вред, наносимый ею, будут рассматриваться в специальных разделах микробиологии конкретно для каждого производства.

Вода. Пищевая промышленность СССР насчитывает более 24 отраслей, из которых наиболее водоемкими являются сахарное, масло-жировое, спиртовое, крахмало-паточное, дрожжевое, пивобезалкогольное и консервное производства. Вода является составной частью промышленной продукции, растворителем, средством транспортирования и мойки сырья, оборудования, охладителем, теплоносителем, используется для поддержания необходимых санитарно-гигиенических условий в производственных помещениях и на территории предприятия, для получения пара и т. д.

Требования к качеству воды для производственных нужд зависят от ее назначения. Если вода входит в состав готовой продукции (безалкогольные напитки, пиво, компоты, маринады, рассолы и т. п.), то она должна быть прозрачной, по возможности бесцветной, без постороннего запаха и вкуса; не должна содержать посторонних примесей, влияющих на здоровье человека, а также патогенных микроорганизмов; должна быть свободна от животных и растительных организмов, паразитов, их яиц и личинок. Вода должна отвечать требованиям ГОСТ 2874—82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». При использовании микробиологически загрязненной воды в производство могут попасть возбудители инфекционных заболеваний, пищевых отравлений, а также различные сапрофиты — гнилостные, кислотообразующие, споровые формы бактерий, которые могут оказать неблагоприятное влияние не только на ход технологического процесса, но и на качество и стойкость готовой продукции при хранении.

Наиболее полно удовлетворяют этим требованиям из природных источников артезианские и родниковые воды. Ими можно пользоваться без предварительной очистки.

Воду из открытых водоемов подвергают специальной обработке на водоочистных станциях. Первым этапом является отстаивание воды в специальных бассейнах (отстойниках) для удаления взвесей, осветления, обесцвечивания воды, удаления нежелательных привкусов и запахов, различных ионов, обессоливания и опреснения воды и т. д. Для ускорения отстаивания и более эффективного осветления и обесцвечивания воды применяют *коагулянты* (соли алюминия и железа). При взаимодействии коагулянтов с содержащимися в воде углекислыми солями образуются гидроксиды алюминия и трехвалентного

железа, выпадающие в виде хлопьев. Оседая, хлопья увлекают за собой взвеси и клетки микроорганизмов.

Вторым этапом является фильтрование воды через слой речного песка. В верхних слоях фильтра формируется биологическая пленка, состоящая из содержащихся в воде примесей и хлопьев коагулянтов и содержащая большое количество микроорганизмов.

Третий этап — обеззараживание профильтрованной воды, т. е. уничтожение оставшихся в воде микроорганизмов, среди которых могут быть и патогенные, с помощью различных дезинфицирующих средств.

В ряде процессов с успехом может использоваться вода непитьевого назначения (для охлаждения оборудования, транспортирования некоторых видов сырья, отходов и др.). Например, в сахарной промышленности удельный вес технической воды может достигать 90—95% от общего количества потребляемой предприятием воды (включая оборотную воду). Для мойки некоторых видов сырья (картофеля, сахарной свеклы, зерна и др.) и тары с целью экономии чистой воды, сокращения количества сточных вод и моющих препаратов применяется оборотная вода. Оборотная вода перед повторным использованием обязательно подвергается очистке с целью удаления грубых примесей и дезинфекции, а затем используется на тех же операциях или в других аппаратах и процессах. Например, теплая вода после охлаждения оборудования, конденсации паров идет на мойку оборудования, полов.

Воздух. В пищевой промышленности микрофлора атмосферного воздуха имеет значение лишь на тех участках технологического процесса, где сырье, полуфабрикаты или готовый продукт соприкасается с ним. Здесь имеет значение также температура и относительная влажность воздуха.

Воздух производственных помещений представляет значительную опасность в пищевых производствах. Он является внутризаводским источником загрязнения сырья, оборудования, производственных культур микроорганизмов и готовой продукции. Поэтому чистота воздуха является важным условием для получения высококачественного готового продукта.

Для снижения бактериальной обсемененности воздуха производственных помещений применяют физические способы его очистки. С помощью вентиляции загрязненный воздух удаляется из помещений, а на его место поступает более чистый атмосферный воздух. Фильтрация поступающего воздуха через специальные воздушные фильтры значительно повышает эффективность вентиляции. Фильтры, пропитанные специальной пылесвязывающей жидкостью, задерживают до 90—95% микроорганизмов и частиц пыли, находящихся в воздухе. После очистки воздух подвергают дезинфекции.

Производственная культура. В тех отраслях пищевой промышленности, где производство основано на жизнедеятельности

микроорганизмов, производственная культура (дрожжи, молочнокислые бактерии, мицелиальные грибы и др.) часто служит источником внутризаводской инфекции. Причиной ее загрязнения являются неудовлетворительное санитарное состояние аппаратуры, воды, воздуха, негерметичность производственного оборудования.

Даже чистая культура, полученная из аппарата для ее разведения, после соприкосновения с производственной питательной средой и коммуникациями перестает быть чистой, поскольку технологический процесс ведется в нестерильных условиях. Такая культура переносит инфекцию с одного участка технологического процесса на другой, в результате чего загрязняется все оборудование.

Технологическое оборудование и тара. Чистота оборудования, аппаратуры, коммуникаций и тары имеет исключительно большое значение для качества готовой продукции. Некачественная мойка, нерегулярная дезинфекция приводит к большой обсемененности продукта и является причиной выпуска недоброкачественной продукции и низкой стойкости ее при хранении. Эффективность мойки и дезинфекции зависит от степени загрязнения материала и состояния обрабатываемых поверхностей оборудования.

Остатки полупродуктов и отходов представляют для микроорганизмов хорошую питательную среду, где они начинают быстро размножаться и загрязняют все производство. Поверхность отдельных материалов различна. Так, у алюминия и нержавеющей стали поверхность матовая или полированная до блеска, у стали с эмалированным покрытием и стекла совершенно гладкая, без пор, у резины — пористая, а у древесины — шероховатая. Лучше всего смываются остатки полупродукта и микроорганизмы с оборудования из нержавеющей стали, стекла, органического стекла, стеклопластика, полиэтилена, алюминия, хуже — с поверхности деревянных емкостей. В то же время в алюминиевых емкостях при плохом уходе или при применении несоответствующих моющих и дезинфицирующих средств вследствие коррозии появляются трещины и микропоры, которые являются очагами инфекции.

Коммуникации, рукава, шланги из резины на внутренней поверхности также становятся пористыми, образуют трещины за счет постепенного наслоения там загрязняющих осадков и их подсыхания, куда проникают и начинают размножаться микроорганизмы. Очагами инфекции являются углы, закругления в оборудовании, тройники, фланцевые соединения, низко расположенные штуцера и т. п., которые невозможно хорошо продезинфицировать.

Обслуживающий персонал. При несоблюдении личной гигиены персонал может явиться разносчиком инфекции на пищевом предприятии. Особую опасность представляют больные желудочно-кишечными и гнойничковыми заболеваниями, а также

носители патогенных микроорганизмов. Персонал пищевых производств должен следить за состоянием своего здоровья, соблюдать правила личной гигиены — следить за чистотой своего тела, рук, особенно ногтей, работать в чистой санитарной одежде. Нарушение правил санитарии и личной гигиены может привести к занесению в производство нежелательной микрофлоры, а главное, патогенных микроорганизмов, попаданию их на полуфабрикаты и в готовую продукцию.

ПАТОГЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ

Выше отмечалось, что одной из форм антагонистических взаимоотношений между микро- и макроорганизмом является паразитизм, когда микроорганизм наносит явный вред макроорганизму-хозяину (человеку, животному, растению). Способностью к паразитизму обладают патогенные микроорганизмы, вызывающие различные заболевания. В процессе приспособления к паразитическому образу жизни они утратили способность к образованию целого ряда ферментов и стали использовать необходимые им соединения из живых клеток хозяина. Патогенные микроорганизмы характеризуются строгой специфичностью — каждый вид их способен вызывать только определенную болезнь с характерными для нее симптомами. Так, холерный вибрион вызывает холеру, туберкулезные микобактерии — туберкулез и т. д.

Многие патогенные микроорганизмы паразитируют только в определенных органах и тканях. Например, возбудители желудочно-кишечных заболеваний размножаются при попадании только в кишечник. Однако есть микроорганизмы, которые могут поражать любой орган или ткань, например стафилококки, вызывающие гнойно-воспалительные процессы, возбудители туберкулеза и др.

Патогенность, вирулентность и токсигенность микроорганизмов. *Патогенность* — это потенциальная способность определенного вида микробов приживаться в макроорганизме, размножаться и вызывать определенное заболевание. Патогенность является постоянным видовым признаком болезнетворных микроорганизмов.

Для сравнения и оценки патогенности возбудителей того или иного заболевания предложено понятие *вирулентности,* которое означает степень их болезнетворного действия. Вирулентность не является видовым (постоянным) признаком данного микроба. Под влиянием условий внешней среды (действие света, высушивание и т. п.) она может быть повышена, понижена и даже утеряна. Искусственное понижение вирулентности патогенных микробов широко используют при изготовлении вакцин, применяемых для профилактики ряда инфекционных заболеваний. Вирулентность микроорганизмов присуща только живым, активно функционирующим клеткам.

Токсигенность — способность патогенных микроорганизмов вырабатывать ядовитые вещества — *токсины.* Такие микроорганизмы называются токсигенными. Токсины обусловливают болезненные явления в организме человека и животных. Поступая в кровь или лимфу, они поражают внутренние органы и вызывают отравление организма различной степени тяжести. Токсины подразделяются на экзо- и эндотоксины.

Экзотоксины выделяются только живыми клетками микроорганизмов во внешнюю среду при развитии их в макроорганизме или пищевых продуктах. Экзотоксины образуют только грамположительные бактерии. Примерами экзотоксинов являются токсины, вырабатываемые золотистым стафилококком, возбудителем ботулизма, столбняка. Экзотоксины имеют белковую природу, как правило, неустойчивы к высокой температуре (разрушаются при 60—80 °С в течение 10—60 мин). Исключение составляют ботулинический, стафилококковый и некоторые другие экзотоксины, выдерживающие кипячение в течение нескольких минут.

Экзотоксины очень ядовиты. Например, человек погибает от 0,00025 г столбнячного токсина, что в 20 раз меньше смертельной дозы яда кобры и в 150 раз меньше смертельной дозы стрихнина.

Экзотоксины строго специфичны. Так, столбнячный токсин — типичный нервный яд, поражает двигательные нервные клетки, и у больных наступает сокращение мускулатуры; дифтерийный токсин повреждает надпочечники и мышцу сердца.

В макроорганизме в качестве ответной реакции вырабатываются антитоксины, снижающие ядовитое действие экзотоксинов.

Эндотоксины прочно связаны с микробной клеткой, при жизни микроорганизма они не выделяются во внешнюю среду и освобождаются только после их гибели. Они имеются только у грамотрицательных бактерий, например у салмонелл — возбудителей брюшного тифа и паратифов, а также у условно-патогенных микроорганизмов — у некоторых разновидностей кишечной палочки и протея. Эндотоксины по химической природе — это липополисахаридный комплекс, входящий в состав липополисахаридного слоя клеточной стенки грамотрицательных бактерий.

Эндотоксины, в отличие от экзотоксинов, более устойчивы к высокой температуре (некоторые из них выдерживают кипячение и автоклавирование при 120° в течение 30 мин). Они не обладают такой строгой специфичностью действия на организм и вызывают общие признаки отравления: головную боль, слабость, одышку, повышение температуры и т. п. Токсичность эндотоксинов для организма гораздо слабее, чем экзотоксинов.

Роль патогенных микроорганизмов в развитии инфекционного процесса. Инфекционный процесс — это сложный биологический процесс взаимодействия макро- и микроорганизма, который

проявляется совокупностью разнообразных симптомов, возникающих в результате внедрения и размножения патогенных микробов в макроорганизме. Крайней степенью этого взаимодействия являются *инфекционные заболевания*. Они характеризуются рядом признаков. Прежде всего они заразны, т. е. возбудители могут передаваться от больного человека здоровому, что приводит к широкому распространению инфекционных заболеваний (эпидемиям).

Заболевание проявляется не сразу после проникновения в макроорганизм возбудителя заболевания. Время от внедрения его в организм до проявления первых признаков болезни называется *инкубационным* (скрытым) периодом. Инфекционный процесс может быть острым (длится несколько дней или недель) или хроническим (длится месяцами и даже годами).

Попадание патогенных микроорганизмов в макроорганизм далеко не всегда приводит к возникновению инфекционного заболевания. Для развития инфекционного процесса необходимо: внедрение в организм достаточного количества микробов, обладающих определенной степенью патогенности (при малом их количестве болезнь может не развиться), и наличие восприимчивости к инфекции со стороны макроорганизма. Так, недостаточное питание, охлаждение, чрезмерное физическое или психическое напряжение, возраст и т. д. повышают восприимчивость к инфекции, поскольку снижаются защитные силы организма, нарушается процесс образования антител.

Источники и пути передачи инфекции. Источниками инфекции могут быть больной человек и животные, а также бактерио-, бацилло- и вирусоносители. Даже после выздоровления иногда люди и животные остаются носителями патогенных микробов на более или менее длительный срок и выделяют их в окружающую среду через слюну, слизь при чихании, мочу, кал, тем самым способствуя их распространению без проявления явных признаков болезни. Такое носительство возникает после кишечных инфекций (брюшного тифа, дизентерии, паратифа, холеры), а также после ангины, полиомиелита, менингита и др.

Пути передачи инфекции от больного человека здоровому различны. Это может быть либо путь прямого контакта, либо косвенными путями. К косвенным путям передачи относятся *фекально-оральный* (через воздух, воду, почву, пищевые продукты, загрязненные руки, предметы обихода и т. п.) и *воздушно-капельный* или *воздушно-пылевой*. Фекально-оральным путем передается инфекция, локализованная в кишечнике и попадающая в фекалии (брюшной тиф, холера, дизентерия и др.). Возбудители инфекции, локализованные на слизистых оболочках верхних дыхательных путей (коклюш, грипп, туберкулез легких, ангина и т. д.), передаются воздушно-капельным и воздушно-пылевым способом. В первом случае патогенные микроорганизмы передаются через воздух, в котором они находятся в виде

аэрозолей (в капельках, попадающих при чихании, кашле). Во втором — с пылью (при высыхании капелек слизи). К косвенным путям относится также *трансмиссионный,* когда переносчиками инфекции являются некоторые насекомые (клещи, блохи, вши, комары, мухи) и грызуны.

Место, через которое происходит заражение патогенными макроорганизмами, называют *входными воротами.* Так, при кишечных инфекциях входными воротами является пищеварительный тракт, при вирусном гриппе — верхние дыхательные пути. Но есть микроорганизмы, которые могут проникать через любые входные ворота (например, стафилококк, возбудитель чумы).

Иммунитет. Обычно люди, перенесшие какие-либо инфекционные заболевания, вторично ими не заболевают. Невосприимчивость макроорганизма к инфекции называется *иммунитетом.* Он бывает врожденным и приобретенным.

Врожденный (видовой, наследственный) иммунитет представляет собой невосприимчивость некоторых видов животных к возбудителям болезней, поражающих другие виды. Он передается наследственным путем от одного поколения другому, как и другие наследственные признаки. Например, люди невосприимчивы к возбудителям чумы рогатого скота и собак, куриной холере, а животные устойчивы к ряду инфекционных болезней человека (брюшному тифу, скарлатине, ветряной оспе и др.).

Приобретенный иммунитет по наследству не передается. Он подразделяется на активный и пассивный. *Активный* иммунитет возникает либо в результате перенесенного заболевания (постинфекционный), либо в результате введения вакцин (поствакцинальный). В обоих случаях макроорганизм сам активно участвует в выработке защитных веществ (антител) против возбудителя и его токсинов. Активный иммунитет, полученный после перенесенного заболевания, сохраняется длительное время, а иногда и всю жизнь (после оспы, кори). *Вакцина* — это медицинский препарат, состоящий из ослабленных или убитых возбудителей инфекционных болезней, а также их обезвреженных токсинов (анатоксинов). После вакцинации организм через 2—10 сут вырабатывает активный иммунитет, сохраняющийся от нескольких месяцев до года и более. К *пассивному* иммунитету относится *естественный* иммунитет новорожденных, когда иммунитет передается им с кровью матери через плаценту или молоко (он сохраняется 6—7 мес), и *искусственный* иммунитет (постсывороточный), который создается при введении иммунных сывороток — лечебных препаратов, содержащих готовые антитела.

Механизм возникновения иммунитета к инфекционным заболеваниям чрезвычайно сложен. И. И. Мечников установил, что в макроорганизме в ответ на проникновение патогенных микробов возникает местный воспалительный очаг, куда устремляются

различные подвижные клетки из крови (микро- и макрофаги), которые в конечном счете захватывают и переваривают патогенные микроорганизмы, тем самым спасая макроорганизм. Эти клетки он назвал *фагоцитами,* а явление — *фагоцитозом.* Учение И. И. Мечникова о фагоцитозе легло в основу фагоцитарной теории иммунитета.

ЗАБОЛЕВАНИЯ, ПЕРЕДАЮЩИЕСЯ ЧЕРЕЗ ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ

Заболевания, возникающие в связи с употреблением пищевых продуктов, инфицированных токсигенными микроорганизмами, называются пищевыми. Загрязнение пищевых продуктов токсигенными микроорганизмами может происходить через руки персонала пищевых производств, предприятий торговли и общественного питания, а также через бацилло-, бактерио- и вирусоносителей, работающих в этих сферах; через воздух производственных помещений; через воду, не отвечающую санитарным требованиям, и полученный из нее лед, соприкасающийся с продуктами при хранении; через загрязненную тару. Плоды, овощи и ягоды загрязняются при выращивании их на почве, удобряемой фекалиями. Мясо и молоко могут быть заражены токсигенной микрофлорой, если они получены от больных животных.

Пищевые заболевания по происхождению и симптомам болезни принято делить на две группы: пищевые инфекции и пищевые отравления.

Пищевые инфекции. Это те заболевания, при которых пищевые продукты являются только передатчиками токсигенных микроорганизмов, в них они не размножаются, но могут длительное время сохранять жизнеспособность и вирулентность. Для возникновения заболевания достаточно содержания в продукте небольшого количества клеток возбудителя заболевания, которые, попав в макроорганизм, активно размножаются и вызывают определенное заболевание.

Источником заражения пищевых продуктов возбудителями пищевых инфекций являются люди и животные (больные и носители инфекций).

Пищевые инфекции протекают, как типичные инфекционные болезни с относительно длинным инкубационным периодом и характерными для каждого заболевания клиническими признаками. В основном это кишечные инфекции — брюшной тиф, паратифы А и В, дизентерия, холера.

Возбудители этих болезней, за исключением холеры, входят в кишечную группу бактерий (энтеробактерии). Источником кишечных инфекций является человек. Возбудители выделяются во внешнюю среду с фекалиями, которые попадают в воду с бытовыми стоками или на пищевые продукты. Значительную роль в распространении кишечных заболеваний играют мухи.

Возбудители кишечных инфекций могут сохранять жизнеспособность вне живого организма, например в пищевых продуктах, длительное время.

Продолжительность выживания (жизнеспособность) возбудителей кишечных инфекций в различных пищевых продуктах представлена ниже.

Возбудители брюшного тифа	
Мороженое	От 4 мес до 2 лет
Хлеб	
черный	2 сут
белый	25—30 сут
Масло сливочное	3—7 мес
Сыр	36 сут
Пиво	3—5 сут
Молоко (при температуре 0 °С)	5 мес
Возбудители паратифов	
Молоко	1—2 нед
Молоко сгущенное	2—5 мес
Кефир	5 мес
Возбудители дизентерии	
Салат	6 сут
Огурцы	6—17 сут
Ягоды	2—6 сут

Многие из этих возбудителей устойчивы к низким температурам, например брюшнотифозные бактерии в замороженной клубнике (—18 °С) сохранялись жизнеспособными до 6 мес.

Возбудители брюшного тифа и паратифов А и В — бактерии рода Salmonella (салмонеллы) очень близки между собой. Это подвижные, бесспоровые, грамотрицательные, небольшие палочки, факультативные анаэробы, оптимальная температура 37 °С. Они не образуют экзотоксина, но в больном организме после гибели самих бактерий освобождается сильнодействующий термоустойчивый эндотоксин. Инкубационный период составляет 10—20 сут. Заболевание сопровождается поражением (изъязвлением), воспалением тонких кишок и расстройством желудка, повышением температуры, слабостью.

Дизентерия проявляется в воспалении толстых кишок. Возбудитель болезни, в отличие от остальных бактерий кишечной группы, неподвижен. Инкубационный период составляет от 2 до 7 сут, в пищевых продуктах он сохраняет жизнеспособность в течение 10—20 сут.

Возбудителем холеры является вибрион. На пищевых продуктах он сохраняет жизнеспособность до 10—15 сут, в почве — до 2 мес, в воде — несколько суток. Холерный вибрион очень устойчив к низким температурам. Он образует сильнодействующие эндотоксин и экзотоксин — *энтеротоксин* (кишечный яд). Инкубационный период составляет от нескольких часов до

нескольких суток. Тяжесть заболевания бывает различной, возможен и летальный исход.

Лица, перенесшие кишечные инфекции, продолжительное время остаются носителями этих инфекций.

Профилактика кишечных инфекций сводится к соблюдению санитарно-гигиенического режима и правил личной гигиены, предохранению продуктов от контактов с носителями кишечных инфекций, борьбе с мухами.

Кроме кишечных инфекций к пищевым инфекциям относятся бруцеллез, туберкулез, ящур и сибирская язва.

Пищевые отравления. Они связаны с употреблением в пищу внешне доброкачественных продуктов, содержащих живые клетки возбудителей или их токсины. Пищевые отравления, как правило, путем прямого контакта не передаются. Они характеризуются острым, но в основном быстрым течением процесса и проявляются вскоре после употребления зараженной пищи (обычно через несколько часов). Пищевые отравления могут протекать либо по типу интоксикаций (токсикозов), либо по типу токсикоинфекций.

Пищевые интоксикации (токсикозы). Могут возникать при отсутствии в пище живых клеток токсигенных микроорганизмов, но при наличии их токсинов, которые относятся к экзотоксинам. Они накапливаются в продукте при жизни бактерий, а далее (например, при тепловой обработке продукта) клетки токсигенных микроорганизмов могут погибнуть, а токсин сохраняется.

Пищевые интоксикации бывают бактериальной и грибковой природы. К бактериальным интоксикациям относятся ботулизм и стафилококковая интоксикация.

Ботулизм — это тяжелое пищевое отравление, возникающее в результате употребления пищи, содержащей токсины бактерий Clostridium botulinum. Эти бактерии широко распространены в природе и встречаются в почве, иле водоемов, кишечнике рыб (особенно осетровых) и теплокровных животных, на поверхности плодов, овощей, грибов. Попав каким-либо путем в пищевые продукты, возбудитель ботулизма в благоприятных для него условиях размножается и выделяет токсин. При этом в продуктах, как правило, отсутствуют видимые признаки их порчи.

Возбудитель ботулизма — спорообразующая палочка, в которой спора располагается на конце клетки и клетка имеет вид теннисной ракетки. Это строгий анаэроб, холодоустойчив, чувствителен к кислой реакции среды (не развивается при pH ниже 4,5—4). Поваренная соль задерживает его развитие и токсинообразование, но не разрушает уже образовавшийся в продукте токсин. Споры очень устойчивы к высоким температурам, они переносят нагревание до 100° в течение 5—6 ч и до 120° — 10—20 мин. Поэтому при недостаточной тепловой обработке зараженного продукта (колбас, баночных консервов и др.) споры могут сохранять жизнеспособность, а анаэробные условия (на-

пример, в глубоких слоях продукта или в консервной банке) способствуют развитию бактерий и токсинообразованию.

Ботулинический экзотоксин — наиболее сильный из известных микробных ядов. Этот токсин чрезвычайно устойчив, он не разрушается под действием соляной кислоты желудочного сока, при продолжительном нагревании продукта до 70—80 °С (в течение 1 ч) и даже сохраняется при кипячении в течение 10—15 мин, а также при замораживании продуктов, мариновании, посоле, копчении.

Попадая с пищей в кишечник человека, токсин поступает в кровь и поражает сердечно-сосудистую и центральную нервную систему. Инкубационный период продолжается обычно от 6 до 24 ч и более. Основные признаки заболевания — расстройство зрения, речи и дыхания, паралич мышц. Смертность от ботулизма довольно высокая.

Поражение организма ботулизмом чаще всего наступает при употреблении различного рода консервов, особенно растительных с низкой кислотностью, рыбных, преимущественно из осетровых пород. Эффективным лечебным средством является антиботулиническая сыворотка. Профилактикой ботулизма является соблюдение технологических режимов обработки и консервирования пищевых продуктов и строгое соблюдение санитарно-гигиенического режима.

Стафилококковая интоксикация вызывается не всеми типами стафилококков, а только патогенными стафилококками и стоит на первом месте среди отравлений бактериальной природы. Пищевые отравления преимущественно вызываются золотистым стафилококком (Staphylococcus aureus), образующим в клетках золотистый пигмент. Развиваясь в пищевых продуктах, он может выделять энтеротоксин (кишечный яд).

Основное местообитание золотистого стафилококка — слизистая носоглотки и кожа. Помимо энтеротоксина, он вырабатывает другие токсины и вызывает различные гнойно-воспалительные процессы любой ткани и в любом органе. Помимо токсинов, стафилококк образует ряд активных ферментов, обладающих патогенным действием, например *плазмокоагулазу,* способную коагулировать (свертывать) плазму крови. Наличие плазмокоагулазы является важнейшим признаком патогенности стафилококков. Такие стафилококки называются *коагулазоположительными.*

Стафилококковый энтеротоксин выделяется как в аэробных, так и в анаэробных условиях, он устойчив к низким и высоким температурам, высушиванию, высокому содержанию поваренной соли (8—15%). Для полного разрушения требуется кипячение около 2 ч или нагревание в течение 30 мин при 120 °С.

Отравление проявляется в виде острого желудочно-кишечного заболевания через 1—6 ч после приема зараженной пищи, смертные случаи редки. Характерным является высокий процент

заболевших среди употреблявших одну и ту же пищу (90—100%).

Стафилококковые пищевые отравления чаще всего вызываются молочными, а также мясными продуктами. Эти отравления также могут быть связаны с употреблением рыбных консервов в масле, кондитерских изделий с заварным кремом. При этом пищевые продукты не имеют внешних признаков порчи.

Стафилококковая инфекция может передаваться лицами, страдающими гнойничковыми заболеваниями кожи или носителями токсигенных стафилоккоков в носоглотке (ангина). Перенос стафилококков от людей на продукты происходит воздушно-капельным или пылевым путем. На производстве и предприятиях общественного питания перенос инфекции осуществляется через руки персонала, аппаратуру и инвентарь.

Дальнейшее развитие стафилококков в пищевых продуктах зависит от многих факторов внешней среды. Они могут размножаться при температуре 15—16 °С и образовывать энтеротоксин. Скорость накопления токсина резко возрастает при температуре 37 °С. Длительность накопления токсина в количестве, достаточном для отравления человека, зависит от характера продукта. В сильно обсемененном заварном креме при температуре 37 °С энтеротоксин накапливается уже через 4 ч.

К интоксикациям *грибковой природы* относятся микотоксикозы (отравления, причиной которых служат токсины мицелиальных грибов). К пищевым микотоксикозам относятся алиментарно-токсическая алейкия (прежнее название — септическая ангина) и «пьяный хлеб». Эти отравления вызываются разными видами грибов рода Fusarium из класса дейтеромицетов (несовершенных грибов). К микотоксикозам относятся также эрготизм, вызываемый грибом спорыньей из класса аскомицетов, и афлатоксикозы, вызываемые грибами родов Aspergillus и Penicillium.

Алиментарно-токсическая алейкия связана с употреблением в пищу зерна проса, пшеницы, гречихи, овса, перезимовавшего в поле. Применение в пищу продуктов переработки такого зерна приводит к отравлению токсином, вырабатываемым грибом только при минусовой температуре (от —1 до —5 °С). Токсин обладает высокой устойчивостью, не теряет токсичности при длительном хранении зерна (несколько лет), не разрушается при варке каши и супа, выпечке хлеба из продуктов переработки зараженного зерна (муки, крупы).

Отравление проявляется в повышении температуры, резких болях во рту и пищеводе вследствие развивающегося некроза (омертвления тканей), кровоточивости, угнетения процессов кроветворения.

Профилактика отравления сводится к недопущению употребления зерна, перезимовавшего в поле.

Пищевое отравление «пьяный хлеб» по симптомам напоминает тяжелое опьянение. Оно возникает при употреблении в ос-

новном хлеба, приготовленного из муки, содержащей микотоксин, который поражает центральную нервную систему.

Эрготизм — отравление, возникающее при употреблении зерна, пораженного спорыньей, когда в колосьях вместо семян образуются твердые «рожки» — покоящаяся стадия гриба. В них содержатся токсины (эрготин, эрготинин и др.), вызывающие сильные судороги («злые корчи») или гангрену. Острое отравление наступает при содержании спорыньи в муке, приготовленной из такого зерна, равном 1—2%. Законодательством СССР предусмотрено допустимое содержание спорыньи в муке не выше 0,05%. Профилактика эрготизма — очистка зерна от спорыньи.

Афлатоксикозы вызываются грибами. Некоторые аспергиллы образуют особые токсины — *афлатоксины* при развитии их на кормах, а также на некоторых пищевых продуктах (зерне злаков, сухофруктах, на арахисе и др.), а пенициллы — токсин *патулин*. Эти вещества обладают канцерогенным действием.

С целью профилактики афлатоксикозов необходимо соблюдать правильные условия хранения зерна, исключающие возможность его увлажнения, самосогревания и плесневения, что способствует накоплению афлатоксинов.

Пищевые токсикоинфекции. Отравления такого рода возникают обычно при употреблении в пищу продуктов, содержащих большое количество размножившихся в них живых токсигенных микроорганизмов — возбудителей. Количество возбудителей составляет до 10^7—10^8 клеток в 1 г продукта. В кишечнике человека они продолжают размножаться и отмирать, при этом из их клеток освобождается высокотоксичный термоустойчивый эндотоксин.

В большинстве случаев пищевые токсикоинфекции вызываются салмонеллами. Наиболее распространенными возбудителями салмонеллезных токсикоинфекций являются бреславльская палочка (S. typhimurium) и палочка Гертнера (S. enteritidis). Вызываемые ими отравления протекают как острые желудочно-кишечные заболевания, и имеют короткий (несколько часов) инкубационный период.

Салмонеллы не образуют спор, однако устойчивы к действию низких температур (долго не погибают при температурах от —10 до —20 °С), кислот (молочной, уксусной), высушиванию, копчению. Поваренная соль в концентрации 6—8% угнетает их развитие, а в концентрации 10—12% подавляет. Салмонеллы устойчивы к тепловой обработке, поэтому, чтобы предохранить продукты от этой инфекции, необходим правильный режим термической обработки. Мясо полностью обезвреживается только при отваривании кусками по 500 г (при толщине 6 см) в течение 3 ч при 100 °С.

Салмонеллы находятся в кишечнике многих животных, особенно у крупного рогатого скота, водоплавающей домашней

птицы и грызунов, причем не только у больных, но и у здоровых (носителей инфекции), а также у выздоровевших людей.

Мясо, рыба, молочные продукты чаще всего служат причиной отравления. Заражение мяса салмонеллами может происходить при жизни животного или при разделке, транспортировании и хранении туш.

В ткани рыб салмонеллы попадают преимущественно в местах сброса сточных вод. Переносить возбудителей могут мухи, грызуны и некоторые птицы, например чайки. Возбудителями салмонеллезных токсикоинфекций часто являются утиные и гусиные яйца, поэтому их разрешается использовать только для смазки поверхностей при изготовлении мелкоштучных кондитерских изделий из теста, подвергающихся высокотемпературной обработке.

Изменения органолептических свойств (вкуса, запаха) в зараженных продуктах не наблюдается.

Пищевые токсикоинфекции, вызываемые условно-патогенными бактериями. В возникновении токсикоинфекций значительная роль принадлежит *условно-патогенным* микроорганизмам. Они являются постоянными обитателями кожи, кишечника, дыхательных путей человека и при нормальных условиях жизни не вызывают заболеваний. Однако при изменении условий их существования или ослаблении макроорганизма они вызывают заболевания. Так, в нормальной микрофлоре толстого отдела кишечника постоянно обитает кишечная палочка, она является *комменсалом* (сожителем), не приносящим вреда, но при ее попадании в другой орган (мочевой, желчный пузырь, почки) и при снижении устойчивости макроорганизма может возникнуть воспалительный процесс.

Некоторые условно-патогенные бактерии вырабатывают эндотоксины. Различные представители этих бактерий обладают неодинаковой вирулентностью и токсигенностью. Отравление возникает при употреблении в пищу только обильно обсемененных пищевых продуктов (более 10^5—10^6 кл/г), при этом их органолептические свойства не меняются.

Токсикоинфекции, вызываемые токсигенными культурами условно-патогенных бактерий, протекают наподобие салмонеллезных токсикоинфекций (общая слабость, боль в кишечнике, рвота и т. д.).

Токсикоинфекции, вызванные условно-патогенными бактериями, чаще связаны с потреблением в пищу готовых изделий, зараженных уже вторично, т. е. после кулинарной обработки. Быстрому размножению этих бактерий в продуктах способствуют нарушения температурных условий и сроков хранения продуктов.

К условно-патогенным бактериям, наиболее часто вызывающим пищевые токсикоинфекции, относятся бактерии кишечной группы — энтеробактерии (кишечная палочка и протей, а также фекальный стрептококк), являющиеся обитателями нормальной

микрофлоры кишечника человека и теплокровных животных. Они также встречаются в почве, воде. Кроме них возникновение пищевых токсикоинфекций могут вызывать условно-патогенные спорообразующие палочки, относящиеся к родам Clostridium (C. perfringens) и Bacillus (B. cereus).

Основой профилактики отравлений через готовые блюда после кулинарной обработки является их немедленная реализация. При необходимости хранения продуктов после термической обработки их следует быстро охлаждать до температуры ниже 10 °С для предотвращения размножения бактерий и хранить на холоде.

На всех предприятиях пищевой промышленности необходимо строго соблюдать санитарно-гигиенические условия производства, правила личной гигиены, проводить текущий микробиологический и санитарный контроль.

САНИТАРНО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ

Быстрое и непосредственное обнаружение в объектах внешней среды (воде, воздухе, пищевых продуктах) патогенных микроорганизмов осуществить очень трудно, так как их количество ничтожно мало по сравнению с сапрофитной микрофлорой исследуемых объектов. Поэтому возможное загрязнение их патогенными микроорганизмами определяют косвенно — на основании количественного и качественного учета санитарно-показательных микроорганизмов.

К санитарно-показательным микроорганизмам относятся кишечная палочка, гемолитические (растворяющие эритроциты крови) стрептококки и стафилококки. Они являются постоянными обитателями естественных полостей тела человека и животных (кишечника, слизистых оболочек полости рта и верхних дыхательных путей). Присутствие санитарно-показательных микроорганизмов в объектах внешней среды указывает на загрязненность их выделениями человеческого организма, а следовательно, и возможность наличия в них соответствующих патогенных микроорганизмов.

Кишечная палочка (Escherichia coli)*. Она является постоянным обитателем толстых кишок, безвредна для человека. Она является показателем фекального загрязнения воды и пищевых продуктов, т. е. выделениями кишечника человека, что свидетельствует о возможном наличии возбудителей тяжелых кишечных заболеваний (дизентерии, брюшного тифа, паратифов и т. п.), которые выделяются из больного организма, или носителем инфекции во внешнюю среду (также с фекалиями). Для санитарно-гигиенической оценки воды, пищевых продуктов и других объектов необходимо не только

* Название связано с именем ученого Эшериха, впервые выделившего ее из испражнений человека, и латинского слова «колон» (кишка).

установить наличие в них кишечной палочки, но в ряде случаев провести количественный учет этих бактерий.

Интенсивность фекального загрязнения характеризуется двумя микробиологическими показателями: коли-титром и коли-индексом.

Коли-титр — наименьшее количество исследуемого материала (объем, масса), в котором обнаруживается одна кишечная палочка. Чем меньше величина коли-титра, тем опаснее данный объект в эпидемиологическом отношении.

Коли-индекс — это количество кишечных палочек в единице объема (массы) исследуемого вещества.

Гемолитические стрептококки и стафилококки. Эти постоянно обитающие на слизистых оболочках полости рта и верхних дыхательных путей микроорганизмы также являются санитарно-показательными. Их наличие указывает на обсемененность воздушной среды и некоторых продуктов микрофлорой дыхательных путей, среди которой могут быть возбудители ангины, коклюша, туберкулеза и др., попадающие туда при кашле, чихании и пр.

Чем больше количество санитарно-показательных микроорганизмов в исследуемом объекте, тем больше он загрязнен выделениями человеческого организма и тем вероятнее, что в нем содержатся патогенные микроорганизмы — возбудители инфекционных заболеваний.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Задачей микробиологического контроля является возможно быстрое обнаружение и выявление путей проникновения микроорганизмов-вредителей в производство, очагов и степени размножения их на отдельных этапах технологического процесса; предотвращение развития посторонней микрофлоры путем использования различных профилактических мероприятий; активное уничтожение ее путем дезинфекции с целью получения высококачественной готовой продукции.

Микробиологический контроль должен проводиться заводскими лабораториями систематически. Он осуществляется на всех этапах технологического процесса, начиная с сырья и кончая готовым продуктом, на основании государственных стандартов (ГОСТ), технических условий (ТУ), инструкций, правил, методических указаний и другой нормативной документации, разработанной для каждой отрасли пищевой промышленности. Для отдельных пищевых производств имеются свои схемы микробиологического контроля, в которых определены объекты контроля, точки отбора проб, периодичность контроля, указываются, какой микробиологический показатель необходимо опре-

делить, приводятся нормы допустимой общей бактериальной обсемененности.

Микробиологический контроль будет действенным и будет способствовать значительному улучшению работы предприятия, только если он сочетается с санитарно-гигиеническим контролем, назначение которого — обнаружение патогенных микроорганизмов. Они обнаруживаются по содержанию кишечной палочки. Санитарно-гигиенический контроль включает проверку чистоты воды, воздуха производственных помещений, пищевых продуктов, санитарного состояния технологического оборудования, инвентаря, тары, гигиенического состояния обслуживающего персонала (чистоты рук, одежды и т. п.). Он осуществляется как микробиологической лабораторией предприятия, так и санитарно-эпидемиологическими станциями по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения СССР.

В пищевых производствах, основанных на жизнедеятельности микроорганизмов, необходим систематический микробиологический контроль за чистотой производственной культуры, условиями ее хранения, разведения и т. д. Посторонние микроорганизмы в производственной культуре выявляют путем микроскопирования и посевов на различные питательные среды. Микробиологический контроль производственной культуры кроме проверки биологической чистоты включает также определение ее физиологического состояния, биохимической активности, наличия производственно-ценных свойств, скорости размножения и т. п. В тех пищевых производствах, где применяются ферментные препараты, также обязателен микробиологический контроль их активности и биологической чистоты.

Контроль пищевых продуктов. Для оценки качества сырья, полуфабрикатов, вспомогательных материалов, готовой продукции в нашей стране в основном используются два показателя — общая бактериальная обсемененность (ОБО) и количество бактерий кишечной группы (преимущественно кишечной палочки).

Общая бактериальная обсемененность. Ее определяют в основном чашечным методом. Выполнение анализа включает четыре этапа: приготовление ряда разведений из отобранных проб (при обследовании поверхности продукта или оборудования пробу отбирают путем смыва или соскоба с определенной площади); посев на стандартную плотную питательную среду (для выявления бактерий — на мясо-пептонный агар в чашки Петри); выращивание посевов в течение 24—28 ч в термостате при 30 °С; подсчет выросших колоний. Число колоний, выросших на каждой чашке, пересчитывают на 1 г или 1 мл продукта с учетом разведения. Окончательным результатом будет среднее арифметическое от результатов подсчета колоний в 2—3 чашках.

Полученные результаты будут меньше истинного обсеменения продукта, так как чашечным методом учитываются только сапрофитные мезофильные бактерии (аэробы и факультативные

анаэробы). Термофильные и психрофильные бактерии не растут из-за несоответствия температуры оптимальной; анаэробы не растут, поскольку выращивание проводится в аэробных условиях; другие бактерии (в частности, патогенные) не растут из-за несоответствия питательной среды и условий культивирования. Не образуют колоний мертвые клетки. Однако эти микроорганизмы можно не учитывать и ошибкой анализа пренебречь, поскольку сапрофиты являются основными возбудителями порчи пищевых продуктов.

В некоторых производствах (консервном, сахарном, хлебопекарном и др.) используются дополнительные микробиологические показатели, например количество анаэробных, термофильных, спорообразующих и других микроорганизмов, характерных для каждого вида исследуемого объекта. Для их учета имеются специальные методические приемы, описанные в соответствующей нормативной документации. Например, для определения процентного содержания спорообразующих бактерий посев производят из пробирок с разведениями проб, предварительно прогретых несколько минут в кипящей водяной бане. При посевах из прогретых проб вырастают только спороносные бактерии, а из непрогретых — все остальные. Затем рассчитывают процентное содержание спорообразующих форм микроорганизмов.

Чем выше показатель общей бактериальной обсемененности, тем больше вероятность попадания в исследуемый объект патогенных микроорганизмов — возбудителей инфекционных болезней и пищевых отравлений. Обычно в 1 г (или 1 мл) продукта, не прошедшего термической обработки, содержится не более 100 тысяч сапрофитных мезофильных бактерий. Если же их количество превышает 1 млн. клеток, то стойкость готового продукта при хранении снижается и его употребление может нанести вред здоровью человека.

Определение бактерий кишечной группы основано на способности кишечной палочки сбраживать лактозу до кислоты и газа. При санитарно-гигиеническом контроле сырья, полуфабрикатов, готовой продукции исследование на наличие бактерий кишечной группы ограничивают проведением так называемой первой бродильной пробы.

Бродильную пробу осуществляют путем посева в пробирки со специальной дифференциально-диагностической средой для кишечной палочки (среда Кесслера с лактозой) различных объемов (или навесок) исследуемого объекта — 1,0; 0,1; 0,01; 0,001 мл (или г). Пробирки с посевами помещают в термостат при 37 °С на 24 ч, затем их просматривают и устанавливают бродильный титр, т. е. те пробирки, в которых наблюдается рост (помутнение среды) и образование газа в результате брожения. При отсутствии газообразования объект контроля считают не загрязненным кишечной палочкой. При наличии газообразования производят вычисление коли-титра для различных

объектов контроля по специальным таблицам. Существуют нормы допустимой общей бактериальной обсемененности и содержания кишечной палочки в объектах контроля.

Контроль воды. Для санитарно-гигиенической оценки воды используются два микробиологических показателя: общее количество бактерий в воде и коли-индекс, которые определяются в соответствии с ГОСТ 18963—73 «Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа».

Общее количество бактерий — это количество колоний аэробных и факультативно-анаэробных мезофильных сапрофитных бактерий, вырастающих при посеве 1 мл неразбавленной воды на мясо-пептонном агаре (МПА) за 24 ч при 37 °С.

Для оценки качества воды наиболее важное значение имеет не общее количество бактерий, а наличие в ней патогенных микроорганизмов. Микробиологическим показателем загрязненности воды патогенными бактериями кишечной группы служит *коли-индекс.* В соответствии с ГОСТ 2874—82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» общее количество клеток бактерий в 1 мл воды должно быть не более 100, а коли-индекс — не более 3 в 1 л.

Анализ воды проводится при пользовании городским водопроводом 1 раз в квартал, а при наличии собственных источников водоснабжения — 1 раз в месяц.

Выявление патогенных микроорганизмов в воде (возбудителей брюшного тифа, холеры и дизентерии) осуществляется местными санитарно-эпидемиологическими станциями только по эпидемиологическим показателям.

Контроль воздуха производственных помещений. Для санитарно-гигиенической оценки воздуха закрытых помещений определяют два показателя.

Первым является общее количество сапрофитных микроорганизмов в 1 м³ воздуха. Воздух производственных цехов пищевых производств считается чистым, если в нем содержится не более 500 сапрофитных микроорганизмов в 1 м³. Вторым показателем является количество в том же объеме воздуха санитарно-показательных микроорганизмов — гемолитических стрептококков и стафилококков. Нормативов по этому показателю в настоящее время нет. Обнаружение их в воздухе производственных помещений указывает на санитарное неблагополучие данного объекта и возможность возникновения у персонала инфекционных заболеваний, вызываемых микрофлорой дыхательных путей, которая передается через воздух (ангины, гриппа, коклюша, дифтерии, туберкулеза и др.). Такой воздух может стать источником обсеменения пищевых продуктов, а следовательно, представлять потенциальную опасность для здоровья людей. Определение в воздухе санитарно-показательных микроорганизмов производят только по эпидемиологическим показаниям санитарно-эпидемиологическими станциями.

Для санитарно-гигиенического контроля воздуха применяют седиментационные и аспирационные методы анализа, описание которых имеется в нормативной документации.

Контроль оборудования, инвентаря, тары. Для предотвращения загрязнения посторонними микроорганизмами сырья и полуфабрикатов в процессе их переработки и готовой продукции при хранении необходимым условием является поддержание чистоты на рабочем месте, в производственных помещениях, санитарная обработка оборудования, инвентаря, тары.

Под *санитарной обработкой* подразумевается механическая очистка рабочих поверхностей от остатков пищевых продуктов, тщательное промывание горячей водой с применением моющих средств; дезинфекция и заключительное тщательное промывание горячей водой до полного удаления дезинфицирующего средства (дезинфектанта). Дезинфекция преследует цель уничтожить оставшуюся микрофлору. Дезинфекция оборудования может осуществляться путем пропаривания его насыщенным паром, при котором гибнут как вегетативные клетки, так и споры микроорганизмов. Дезинфекцию можно проводить и химическими дезинфицирующими средствами. Заключительная обработка горячей водой играет двоякую роль: с одной стороны, удаляются остатки дезинфектанта, с другой — происходит нагревание поверхностей, что способствует их быстрому высыханию.

После санитарной обработки проводят санитарно-гигиенический контроль качества мойки и дезинфекции оборудования, инвентаря, тары, который включает определение общей бактериальной обсемененности смывов с технологического оборудования. Смывы берут с помощью стерильных нержавеющих металлических трафаретов с вырезанной серединой (площадь выреза 10, 25 или 100 $см^2$). Эту площадь протирают стерильным ватным тампоном, смоченным в стерильной воде в пробирке на 10 мл, после чего тампон погружают в эту пробирку, тщательно перемешивают содержимое и высевают 1 мл смыва на мясопептонный агар. После термостатирования посевов при 30 °С в течение 24—28 ч определяют общую бактериальную обсемененность в пересчете на 1 $см^2$ исследуемой поверхности.

В смывах с хорошо вымытого оборудования общее количество микроорганизмов и коли-индекс не должны превышать их содержания в чистой воде, поступающей на мойку.

Контроль качества мойки и дезинфекции трубопроводов, рукавов, шлангов подобным образом осуществить нельзя, так как с их внутренней поверхности трудно сделать смывы с помощью трафарета. В этом случае общее количество микроорганизмов и коли-индекс определяют в последней промывной воде путем ее микроскопирования и посева. Общая бактериальная обсемененность и коли-индекс промывной воды не должны отличаться от показателей воды, применяемой в производстве.

Для контроля качества мойки и дезинфекции инвентаря

пробы отбирают в тот момент, когда инвентарь подготовлен к работе. С мелкого инвентаря (мешалки, пробники, термометры, ножи, шприцы и т. п.) мазки берут стерильным тампоном со всей поверхности предмета и исследуют на общее количество микроорганизмов и на наличие кишечной палочки. Со столов, стеллажей, лотков, ведер, лопат и т. д. мазки берут стерильным тампоном при помощи обожженного трафарета и производят аналогичные анализы.

Для контроля качества мойки и дезинфекции тары (бочки, бидоны, цистерны) пробы последней промывной воды микроскопируют или высевают на плотные питательные среды. Общее количество микроорганизмов в 1 мл и коли-индекс не должны значительно отличаться от обсемененности воды, применяемой в производстве.

Контроль чистоты рук и одежды персонала. При несоблюдении личной гигиены (чистоты рук, санодежды), особенно во время ручных операций, на пищевые продукты могут попадать микроорганизмы, в том числе и патогенные.

Бактериальную загрязненность рук и одежды определяют путем исследования микрофлоры смывов. В смывах, которые берут перед началом работы, обычно определяют общую бактериальную обсемененность и наличие кишечной палочки. Чистоту рук оценивают по количеству микроорганизмов в 1 мл смыва:

Отлично	1000
Хорошо	1000—5000
Удовлетворительно	5000—10 000
Плохо	Свыше 10 000

Наличие бактерий группы кишечной палочки в смывах с рук и одежды не допускается. Контроль за соблюдением правил личной и производственной гигиены осуществляется работниками санитарного надзора и санитарными постами.

ДЕЗИНФЕКЦИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Для соблюдения правильного санитарно-гигиенического режима на предприятиях пищевой промышленности эффективным способом уничтожения и подавления развития посторонних микроорганизмов является дезинфекция.

Дезинфекцией (обеззараживанием) называется уничтожение в объектах внешней среды сапрофитных микроорганизмов — вредителей данного производства, которые вызывают порчу сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также патогенных микроорганизмов — возбудителей пищевых инфекций и пищевых отравлений. Дезинфекция оборудования, инвентаря, тары, производственных и бытовых помещений пищевых предприятий является профилактической мерой для предупреждения

загрязнения продуктов микроорганизмами. Она проводится систематически в соответствии с установленными санитарными требованиями для каждой отрасли промышленности. Это так называемая *текущая,* или *профилактическая,* дезинфекция.

Кроме того, на пищевых предприятиях возможно проведение *экстренной* дезинфекции по эпидемиологическим показаниям: при подозрении на пищевое отравление, в случае инфекционных заболеваний среди персонала, при поступлении инфицированного сырья, полуфабрикатов, тары и т. п.

По виду действующего агента методы дезинфекции бывают физические и химические. К физическим средствам дезинфекции относятся: кварцевое и ультрафиолетовое облучение, ультразвук, действие высоких температур (обжигание, прокаливание, кипячение, ошпаривание посуды, тары и оборудования, обработка острым паром).

К химическим средствам дезинфекции относится большое количество химических веществ, обладающих антимикробным действием.

Влияние антимикробных химических веществ на микроорганизмы. Кроме питательных химических веществ, оказывающих положительное влияние на микроорганизмы, имеется ряд химических веществ, тормозящих или полностью прекращающих их рост. Химические вещества вызывают либо *микробоцидное* (гибель микроорганизмов), либо *микробостатическое действие* (приостанавливают их рост, но после удаления этого вещества рост вновь возобновляется). Характер действия (микробоцидный или микробостатический) зависит от дозы вещества, времени его воздействия, также температуры и pH. Малые дозы антимикробных веществ часто стимулируют развитие микроорганизмов. С повышением температуры токсичность многих антимикробных веществ, как правило, возрастает. Температура влияет не только на активность самого химического вещества, но и на микроорганизмы. При температурах, превышающих максимальную для данного микроорганизма, даже небольшие дозы таких веществ вызывают их гибель. Аналогичное действие оказывает и pH среды.

К различным антимикробным веществам один и тот же микроорганизм проявляет разную степень устойчивости. Одно и то же вещество может оказывать неодинаковое действие на различные виды микроорганизмов — одни вызывают быструю гибель, другие приостанавливают их развитие, третьи могут вообще не оказывать действия. Это зависит от наличия спор и капсул, устойчивых к химическим веществам. Антимикробные вещества значительно сильнее действуют на вегетативные клетки, чем на споры.

Из неорганических веществ сильным антимикробным действием обладают соли тяжелых металлов (ртути, меди, серебра), окислители — хлор, озон, иод, пероксид водорода, хлорная известь, перманганат калия), щелочи и кислоты (ед-

кий натр, сернистая, фтористоводородная, борная кислоты), некоторые газы (сероводород, оксид углерода, сернистый, углекислый газ). Вещества органической природы (спирты, фенолы, альдегиды, особенно формальдегид) также оказывают губительное действие на микроорганизмы. Механизм губительного действия антимикробных веществ различен и зависит от их химической природы. Например, спирты, эфиры растворяют липиды ЦПМ, вследствие чего они легко проникают в клетку и вступают во взаимодействие с различными ее компонентами, что нарушает нормальную жизнедеятельность клетки. Соли тяжелых металлов, формалин вызывают быструю коагуляцию белков цитоплазмы, фенолы — инактивацию дыхательных ферментов, кислоты и щелочи — гидролиз белков. Хлор и озон, обладающие сильным окислительным действием, также инактивируют ферменты. Антимикробные химические вещества используются в качестве дезинфицирующих средств и антисептиков.

Дезинфицирующие вещества вызывают быструю (в течение нескольких минут) гибель бактерий, они более активны в средах, бедных органическими веществами, уничтожают не только вегетативные клетки, но и споры. Они не вызывают появления устойчивых форм микроорганизмов. Микробоцидное действие *антисептиков,* в отличие от дезинфектантов, проявляется через 3 ч и более. Наибольшая активность проявляется в средах, содержащих органические вещества. Антисептики уничтожают только вегетативные клетки и вызывают образование устойчивых форм микроорганизмов.

Такие антимикробные вещества, как фенолы, хлорамин, формалин, в больших концентрациях (2—5%) являются дезинфектантами, но их же растворы, разбавленные в 100—1000 раз, могут быть использованы как антисептики. Многие антисептики используют в качестве консервантов пищевых продуктов (сернистая, бензойная, сорбиновая кислоты, юглон, плюмбагин и др.).

Дезинфицирующие вещества в пищевой промышленности используются, как правило, для обработки рабочих поверхностей аппаратов и другого технологического оборудования, инвентаря, тары, посуды и помещений. В пищевой промышленности можно применять лишь такие препараты, которые не оказывают токсического действия на организм человека, не имеют запаха и вкуса. Кроме того, они должны обладать антимикробным действием при минимальной концентрации, растворяться в воде и быть эффективными при небольших сроках действия. Большое значение имеет также их стойкость при хранении. Препараты не должны оказывать разрушающего действия на материал оборудования, должны быть дешевы и удобны для транспортирования.

Для обработки оборудования на предприятиях пищевой промышленности в основном применяются хлорсодержащие ве-

щества, дезинфицирующее действие которых обусловлено выделением активного хлора. Обычно для дезинфекции применяют растворы, содержащие 150—200 мг активного хлора в 1 л. Наиболее уязвимые в смысле бактериального загрязнения места обрабатывают растворами, содержащими 400 мг активного хлора в 1 л. Продолжительность обработки оборудования должна быть не менее 15 мин. К неорганическим хлорсодержащим дезинфицирующим веществам относятся: хлорная известь, антиформин (смесь хлорной извести, кальцинированной и каустической соды), гипохлорит натрия; к органическим — хлорамин Б, новые синтетические препараты (дихлордиметилгидантоин) и сложные комбинации новых хлорактивных соединений с поверхностно-активными веществами (например, сульфохлорантин, обладающий одновременно смачивающим, моющим и высоким антимикробным эффектом). В качестве дезинфектантов применяют также формалин (водный раствор формальдегида), известковое молоко, кальцинированную и каустическую соду.

Высокой антимикробной активностью в малых дозах обладают органические синтетические дезинфектанты — так называемые четвертичные аммониевые соединения. Их преимущество перед существующими антимикробными средствами заключается в том, что они хорошо растворимы в воде, не имеют запаха, вкуса, малотоксичны для организма человека, не вызывают коррозии металлов, не раздражают кожи рук персонала. Среди отечественных препаратов этой группы можно назвать цетозол и катамин-АБ. Механизм действия этого класса соединений на микроорганизмы еще не совсем ясен. Предполагают, что они повреждают клеточную стенку бактерий, в результате чего резко возрастает проницаемость клетки, происходит денатурация белков, инактивация ферментных систем и лизис (растворение) микроорганизмов.

Сильным бактерицидным действием обладают многие газообразные вещества (формальдегид, сернистый ангидрид, окись этилена и β-пропиолактон).

При применении дезинфектантов для обработки оборудования необходимо соблюдать следующие общие правила: применять их только после тщательной механической мойки оборудования; растворы дезинфектантов должны быть свежеприготовленными; после дезинфекции все обработанное оборудование и коммуникации тщательно промывают до полного удаления дезинфектанта.

Питьевую воду, а также воду промышленного назначения обычно обеззараживают разнообразными путями — с помощью сильных окислителей (большое количество воды — хлором, малое — соединениями хлора, йодом, ионами тяжелых металлов), путем озонирования, облучения ультрафиолетовыми лучами с длиной волны 200—295 нм, обработки гамма-излучением, ультразвуком.

Для дезинфекции воздуха наиболее часто применяют хлор-

содержащие препараты и триэтиленгликоль в виде их испарений или аэрозолей. Указанные дезинфектанты снижают общее количество микроорганизмов в воздухе более чем на 90%. Хорошие результаты для обеззараживания воздуха производственных цехов и холодильных камер дает озонирование и ультрафиолетовое облучение. Периодическое применение физических (вентиляция, фильтрование) и химических способов дезинфекции, очистки и обеззараживания воздуха и сочетание их с влажной уборкой помещений позволяет значительно понизить бактериальную обсемененность воздуха производственных и бытовых помещений.

Глава 7. МИКРОБИОЛОГИЯ ДРОЖЖЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Дрожжевой завод — это биотехнологическое производство. Основная задача дрожжевого производства заключается в получении дрожжей для хлебопекарной промышленности. Содержащийся в дрожжах комплекс ферментов вызывает в тесте спиртовое брожение; выделяющийся при этом диоксид углерода поднимает и разрыхляет тесто.

Дрожжевые заводы производят прессованные и сухие дрожжи. Прессованные дрожжи — это брикеты светло-серого или светло-желтого цвета с содержанием влаги от 73 до 75%, представляющие собой биомассу дрожжевых клеток, в 1 г которой содержится от 8 до 12 млрд. клеток. Если измельченные прессованные дрожжи высушить до остаточного содержания влаги 8—9%, то получатся сушеные дрожжи.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Сырьем в производстве хлебопекарных дрожжей являются свекловичная меласса (отход свеклосахарного производства), минеральные соли, активаторы роста, вода.

Технологический процесс дрожжевого производства состоит из нескольких стадий — подготовка питательной среды, выращивание засевных дрожжей, выращивание товарных дрожжей, выделение, прессование и упаковывание прессованных дрожжей или сушка с последующим упаковыванием сушеных дрожжей.

Перед выращиванием дрожжей мелассу сначала разбавляют водой, а затем осветляют, в процессе чего она освобождается от большей части коллоидных частиц, которые могут обволакивать дрожжевые клетки и мешать их развитию, солей кальция, а также от посторонних микроорганизмов. Затем мелассу подкисляют, добавляют азот- и фосфорсодержащие соли, а также кукурузный экстракт или вытяжку из солодовых ростков, в ко-

торых содержится биотин, поскольку содержание всех этих веществ в мелассе недостаточно для активного размножения дрожжей.

Для приготовления засевных (маточных) дрожжей используют чистую культуру специальных рас (штаммов) хлебопекарных дрожжей, которую вначале выращивают в лабораторных условиях, начиная с пробирки, затем в полупроизводственных условиях — в отделении чистой культуры, постепенно увеличивая ее объем. В результате получают дрожжи, называемые чистой культурой (ЧК), или маточными дрожжами А. Процесс размножения чистой культуры ведут при температуре 25—30 °С, питательную среду подкисляют до pH 4,8—5,8. Питательная среда непрерывно аэрируется по воздушно-приточному способу, так как только при доступе кислорода дрожжи используют сахара мелассы не на спиртовое брожение, а на энергичное размножение и накопление значительной биомассы физиологически активных, жизнеспособных дрожжевых клеток.

Дрожжи ЧК служат засевным материалом для приготовления естественно чистой культуры (ЕЧК), или маточных дрожжей Б. Дрожжи ЕЧК используют в качестве маточных для получения товарных дрожжей.

Выращивание товарных дрожжей осуществляют в дрожжерастильных аппаратах. Имеются различные технологические схемы (периодическая, полунепрерывная и непрерывная) для получения товарных прессованных дрожжей (дрожжи В). Главное направление в современной технологии — выращивание дрожжей на концентрированных средах, содержащих 5—6% сахара. Это улучшает качество дрожжей и повышает производительность дрожжерастильных аппаратов. По этому методу мелассу разбавляют водой в соотношении 1 : 12, в то время как по обычной схеме конечное разбавление мелассы составляет 1 : 30. Для засева применяют более высокую исходную концентрацию маточных дрожжей (в 3—6 раз больше обычной). Чтобы обеспечить нормальное размножение дрожжей, среду аэрируют большим количеством воздуха (100—120 м³/ч воздуха на 1 м³ среды). Дрожжи размножаются в течение 14—20 ч. После выращивания дрожжей культуральную жидкость сепарируют, получают дрожжевое молоко, содержащее 500—600 г/л дрожжей, и бражку. Дрожжевое молоко поступает на промывание холодной водой для удаления остатков бражки, после чего дрожжи вновь поступают на сепарирование. Промывание и сепарирование повторяют 2—3 раза, пока клетки дрожжей не будут окончательно освобождены от бражки.

Промытые и отсепарированные дрожжи при помощи насоса подаются на фильтрпресс, где освобождаются от воды, затем в вакуум-фильтр, где они прессуются, а далее формуются в виде брусков. Их завертывают в бумагу с этикеткой завода, укладывают в ящики и направляют в холодильные камеры, где охлаждают до 4 °С.

Сушеные дрожжи получают высушиванием измельченных прессованных дрожжей теплым воздухом до остаточного содержания влаги 8—9%. Благодаря низкому содержанию влаги сушеные дрожжи, в отличие от прессованных, могут долго сохраняться. Сушеные дрожжи необходимы для хлебопечения в тех районах, где производство или доставка прессованных дрожжей в силу различных причин исключена. Качество сушеных дрожжей зависит от качества исходных прессованных дрожжей, от режимов сушки и хранения. Для ускорения сушки дрожжи вначале измельчают в специальной дрожжеформовочной машине до получения короткой тонкой вермишели или гранул.

Сушка в некоторой степени угнетает дрожжи. Поэтому применяются мягкие режимы сушки при 30—40 °С. Хорошие результаты дает сушка под вакуумом и в виброкипящем слое, когда дрожжевая крупка при сушке все время поддерживается током воздуха во взвешенном состоянии. После сушки продукцию охлаждают до 15—16 °С и упаковывают.

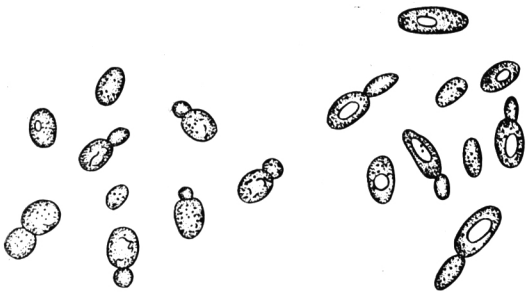
ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТУР ДРОЖЖЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕССОВАННЫХ И СУШЕНЫХ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

Для производства прессованных хлебопекарных дрожжей используют различные расы дрожжей-сахаромицетов вида Saccharomyces cerevisiae (Л-1, ЛВ-7, ЛК-14, ЛТ-17) и гибриды 608, 616, 722, 739 (рис. 33). По характеру брожения — это верховые дрожжи; при брожении они долго не опускаются на дно и частично поднимаются на поверхность бродящей жидкости в виде пены. Эти расы имеют крупные клетки, которые быстро размножаются в мелассной питательной среде, стойкие при хранении в прессованном и сушеном виде, обладают высокой ферментативной (мальтазной и зимазной) активностью.

Мальтазная активность — это время (в мин), необходимое для выделения 10 мл CO_2 при сбраживании 10—20 мл 5%-ного раствора мальтозы при 30 °С дрожжами, взятыми в количестве 2,5% к объему среды. Этот показатель не включен в ГОСТ на хлебопекарные дрожжи, но при подборе рас дрожжей для производства этот показатель обязательно учитывается.

Мальтазная активность характеризует способность дрожжей гидролизовать мальтозу муки и зависит от присутствия в дрожжах фермента мальтазы. Мальтоза — основной сахар теста, она с большим трудом сбраживается дрожжами и более медленно, чем другие сахара, так как дрожжи содержат сравнительно мало мальтазы. Мальтазная активность дрожжей хорошего качества должна быть не более 100 мин.

Зимазная активность — это время (в мин), необходимое для выделения 10 мл CO_2 при сбраживании 10—20 мл 5%-ного раствора глюкозы при 30 °С дрожжами, взятыми в количестве



а б

Рис. 33. Хлебопекарные дрожжи:
а — раса Томская; *б* — раса ЛБД-XI

2,5% к объему среды. Зимазная активность дрожжей хорошего качества должна быть не более 60 мин.

Подъемной силой называется период времени, выраженный в минутах, в течение которого тесто, замешенное на испытуемых дрожжах, поднимается до определенного уровня в формочке.

Производственные расы, используемые для получения сушеных дрожжей кроме перечисленных выше свойств должны обладать устойчивостью к высушиванию.

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ ДРОЖЖЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Источниками попадания посторонней микрофлоры в производство дрожжей являются сырье, минеральные соли, ростовые вещества (кукурузный экстракт, солодовые ростки), засевные дрожжи, вода, воздух, технологическое оборудование*. Развиваясь совместно с дрожжами, посторонние микроорганизмы неблагоприятно влияют на технологический процесс, снижают выход и качество готовой продукции.

Микрофлора мелассы. Она очень многообразна и изменчива. В 1 г нормальной мелассы содержится от 1000 до 10 000 микроорганизмов. Они попадают в мелассу из свеклы и в процессе производства сахара из аппаратуры, воды, воздуха.

Натуральная меласса благодаря высокому (около 50%) содержанию сахарозы стойка при хранении, поскольку микроорганизмы находятся в ней в недеятельном состоянии. При длительном хранении в соответствующих условиях в закрытых хранилищах количество микроорганизмов постепенно уменьша-

* Поскольку вода, воздух и технологическое оборудование, по существу, представляют одинаковую опасность в микробиологическом отношении для различных пищевых производств (см. в гл. 6 «Источники посторонних микроорганизмов в пищевой промышленности»), то в этой и последующих главах их микрофлора подробно рассматриваться не будет.

ется вследствие отмирания менее устойчивых к осмотическому давлению форм. Однако если в процессе хранения мелассы в нее попадают дождевые воды, то количество микроорганизмов в разбавленном поверхностном слое может резко возрасти. Из верхних слоев микроорганизмы распространяются по всей толще мелассы и в результате их жизнедеятельности изменяется ее химический состав (уменьшается содержание сахара, накапливаются вредные продукты обмена веществ микроорганизмов). При переработке сильно инфицированной мелассы посторонние микроорганизмы могут распространиться по всему производству.

Микрофлора мелассы состоит в основном из многих видов бактерий и несовершенных дрожжей. Наибольшую опасность для дрожжевого производства представляют некоторые группы микроорганизмов, обнаруживаемые не только в мелассе, но и в готовых прессованных дрожжах.

Спорообразующие бактерии представлены в основном почвенными бактериями (сенная палочка Bacillus subtilis, B. mycoides, B. megaterium, B. brevis, B. polymyxa и др.). Они относятся к гнилостным бактериям, могут размножаться как в осветленной приточной мелассе, так и вместе с дрожжами в дрожжерастильных аппаратах.

Спорообразующие бактерии наносят значительный ущерб производству, так как в процессе жизнедеятельности не только используют сахар и другие питательные вещества среды, но и восстанавливают содержащиеся в мелассе нитраты в ядовитые для дрожжей нитриты, малые дозы которых задерживают нормальное почкование дрожжевых клеток, по мере увеличения концентрации нитритов накопление биомассы дрожжей снижается на 40—50%. Стойкость дрожжей при хранении под влиянием нитритообразующих бактерий снижается, они вызывают разложение дрожжевых белков и разжижение прессованных дрожжей. Нитриты образуются чаще всего при недостаточной аэрации среды, поэтому появление нитритов в дрожжерастильных аппаратах является косвенным показателем недостаточности аэрации.

Неспороносные гнилостные бактерии представлены многими представителями рода Pseudomonas, а также кишечной палочкой, протеем, микрококками. Все они снижают выход дрожжей и их качество, вызывают разложение белков дрожжей, что приводит к быстрой порче прессованных дрожжей (разжижению) и появлению неприятно пахнущих продуктов гниения (сероводорода, индола, скатола и др.).

Молочнокислые бактерии наносят немалый вред дрожжевому производству. Кислотообразующие бактерии, в частности Leuconostoc mesenteroides, — это гетероферментативные бактерии, которые сгущают приточную мелассу, что затрудняет ее поступление в дрожжерастильные аппараты. В дрожжерастильных аппаратах иногда развивается другой вид молочнокислых бактерий — Leuconostoc agglutinans. Он склеи-

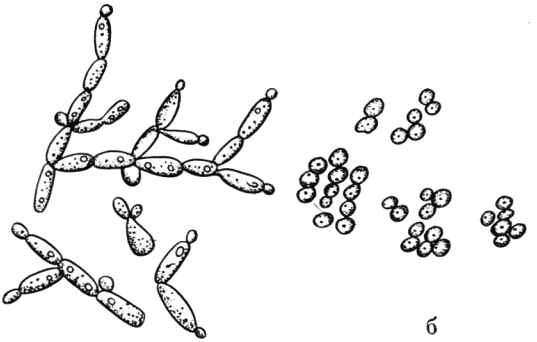


Рис. 34. Несовершенные дрожжи:
а — род Candida; *б* — род Torulopsis

вает (агглютинирует) дрожжевые клетки в комки, которые оседают на дно аппаратов. При этом размножение дрожжей почти прекращается, а следовательно, снижается их выход и ухудшается товарный вид. Бороться с этими бактериями очень трудно, поскольку слизистые капсулы ограждают клетки от воздействия температуры и дезинфицирующих веществ. Прессованные дрожжи, выращенные в присутствии лейконостока, имеют комковатую структуру. Подъемная сила и мальтазная активность у них низкая.

В период выращивания дрожжей могут развиваться многочисленные виды палочковидных молочнокислых бактерий. Они нарушают нормальный рост дрожжей и ухудшают стойкость их при хранении.

Несовершенные дрожжи встречаются наряду с бактериальной микрофлорой в мелассе. В основном это дрожжи родов Candida и Torulopsis (рис. 34). Они попадают в мелассу из воды, воздуха, аппаратуры. В дрожжерастильные аппараты они проникают с приточной мелассой и размножаются при тех же температурных условиях и значениях pH, которые благоприятны для производственной культуры дрожжей. Скорость роста и почкования несовершенных дрожжей в несколько раз больше, чем у основной культуры хлебопекарных дрожжей. Наличие в готовой продукции несовершенных дрожжей снижает стойкость прессованных дрожжей, ухудшает их консистенцию, подъемную силу и мальтазную активность, хотя иногда выход дрожжей за счет биомассы несовершенных дрожжей увеличивается.

Микрофлора минеральных солей и активаторов роста. Суперфосфат (диаммоний фосфат), сульфат аммония, хлорид калия и сульфат магния обычно не содержат микроорганизмов. Обнаруживаемые в них спорообразующие аэробные бактерии сенная палочка и другие почвенные бактерии) чаще всего на-

ходятся в неактивном состоянии или же являются продуктами вторичного загрязнения солей частичками почвы при их приеме и хранении.

Кукурузный экстракт содержит споры мицелиальных грибов, спорообразующие аэробные (сенная палочка) и анаэробные (маслянокислые) бактерии, неспорообразующие (сарцина, микрококки). Иногда обнаруживаются дрожжи.

Микрофлора воды и воздуха. Дрожжевое производство характеризуется большим расходом воды. Вода используется для разбавления мелассы, для промывания дрожжей после их отделения от питательной среды, для мойки аппаратуры, регулирования температуры в дрожжерастильных аппаратах. Вода, сильно обсемененная микроорганизмами, может стать серьезным источником инфекции на заводе, поэтому к воде в производстве дрожжей предъявляют те же требования, что и к питьевой. Она должна соответствовать действующему ГОСТу.

Для того чтобы обеспечить энергичное размножение и накопление биомассы хлебопекарных дрожжей, необходимо огромное количество воздуха — от 10 до 80 тыс. м³/ч (в зависимости от мощности завода). В атмосферном воздухе находится значительное количество микроорганизмов и он может стать дополнительным источником проникновения в производство посторонней микрофлоры. Особую опасность представляют несовершенные дрожжи, имеющиеся в воздухе, для которых условия выращивания хлебопекарных дрожжей очень благоприятны. Поэтому воздух подвергается фильтрованию.

Очагами развития различных посторонних бактерий и несовершенных дрожжей могут стать аппаратура и трубопроводы с остатками питательной среды.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДРОЖЖЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Микробиологический контроль осуществляется на всех стадиях производства хлебопекарных дрожжей, начиная с контроля сырья, поступающего на переработку, и кончая готовой продукцией.

Контроль сырья. Контроль микробиологической чистоты сырья имеет очень большое значение, поскольку при инфицировании процесса от сырья будут заражены все технологические стадии и фактически вся продукция будет забракована.

Мелассa. В ней определяют общее количество микроорганизмов в 1 г, качественный (видовой) состав микрофлоры с целью выявления микроорганизмов — вредителей производства и их процентное соотношение, количественный состав.

Для определения общего количества микроорганизмов в 1 г мелассы используют агаризованное мелассное сусло (с содержанием сухого вещества (СВ) 12% с дрожжевым автолизатом (СВ 0,5—1,0%), а для отдельных групп микроорганизмов —

специальные и элективные среды. Общее количество микроорганизмов в 1 г мелассы хорошего качества не должно превышать 2000; меласса считается непригодной, если в 1 г содержится более 20 000 микроорганизмов.

Для обнаружения молочнокислых бактерий в сусло добавляют стерильный мел. Гнилостные бактерии определяют на молочном агаре, несовершенные дрожжи — на синтетической среде, содержащей аминокислоту лизин.

Молочнокислые бактерии определяют по прозрачным зонам, образующимся в результате растворения мела вокруг мелких круглых полупрозрачных колоний за счет выделения кислот. Лейконосток образует крупные, слизистые, легко растекающиеся прозрачные колонии, напоминающие капли воды с более слабой зоной просветления. Гнилостные бактерии обнаруживают по зонам просветления вокруг колоний за счет разложения казеина молока протеолитическими ферментами этих бактерий.

При содержании спорообразующих гнилостных бактерий 90% от общего количества микроорганизмов ее не следует использовать в дрожжевом производстве, так как среди них возможно присутствие нитритобразующих бактерий.

Определение нитритобразующей способности у спорообразующих бактерий осуществляют с использованием реактива Грисса. При наличии нитритов в среде, в которой развиваются эти бактерии, появляется красное окрашивание.

Несовершенные дрожжи, особенно рода Candida, на элективной среде с лизином растут в виде крупных, гладких, морщинистых или исчерченных, плоских или возвышающихся колоний с ровными или извилистыми краями. Дрожжи-сахаромицеты не усваивают лизин и поэтому на данной элективной среде не растут или же образуют мелкие точечные колонии.

Минеральные соли и кукурузный экстракт. Обсемененность минеральных солей микроорганизмами определяют путем микроскопирования. Допускается присутствие единичных клеток, но не в каждом поле зрения.

Кукурузный экстракт контролируют микроскопированием или путем высева на питательные среды, используемые при анализе мелассы. Допускается заражение от 500 до 10 000 микроорганизмов в 1 г. Более обсемененный экстракт может стать источником инфекции.

Контроль дрожжей на основных стадиях выращивания. Микробиологическому контролю подлежат дрожжи на всех стадиях размножения. В исходной чистой двухсуточной культуре перед ее разведением определяют: однородность дрожжевых клеток путем микроскопирования — все клетки должны быть одной применяемой расы дрожжей; чистоту культуры путем высева на плотную среду — посторонних дрожжей и бактерий не должно быть; ферментативную активность (зимазную и мальтазную) — она должна соответствовать показателям применяемой расы дрожжей.

На всех стадиях выращивания дрожжей (стадия ЧК, стадия ЕЧК и стадия товарных дрожжей) каждый час отбирают пробы и микроскопируют их (в 10 полях зрения). При этом отмечают количество почкующихся клеток (в %), правильность почкования, наличие мелких клеток, содержание мертвых клеток (%), присутствие посторонних дрожжей и бактерий. Количество почкующихся клеток колеблется от 10 до 80% в зависимости от момента взятия пробы. Количество мертвых клеток не должно превышать нескольких долей процента. Бактерии и посторонние дрожжи — несахаромицеты должны отсутствовать. Их не всегда удается обнаружить микроскопированием, поэтому проводят высев проб на две питательные среды: с антибиотиком *нистатином,* который подавляет рост дрожжей и позволяет выявить бактерии, и с *ацетатом,* на котором появление пленки или помутнение среды через 1—2 сут указывает на наличие дрожжей-несахаромицетов (сахаромицеты на этой среде не размножаются).

Наличие посторонней микрофлоры свидетельствует о неудовлетворительном качестве дрожжей ЧК и ЕЧК и их непригодности для использования в качестве засевных при работе по удлиненным схемам. Появление пленки на поверхности среды или помутнение через 5 сут и более дает основание считать, что культура чистая, не содержит посторонних дрожжей. Если пленка образовалась через 3—4 сут, то дрожжи ЧК и ЕЧК удовлетворительные.

В прессованных дрожжах ЧК и ЕЧК определяют: содержание влаги, кислотность (pH), зимазную и мальтазную активность, подъемную силу, осмочувствительность.

На стадии выделения товарных дрожжей для учета потерь дрожжей быстрым и удобным способом является микроскопирование проб бражки и промывных вод из сепараторов и прессов. В бражке количество дрожжевых клеток должно быть не более 1—2 и не в каждом поле зрения. Всего просматривают 5 полей. В воде, отходящей из прессов, дрожжевых клеток быть не должно.

Контроль готовой продукции. Прессованные дрожжи микроскопируют для оценки их качества по величине и однородности клеток сахаромицетов и с целью выявления посторонней микрофлоры. В случае резкого ухудшения подъемной силы или стойкости готовой продукции определяют степень ее общей обсемененности и присутствие микроорганизмов — вредителей производства. Для этого производят посев пробы прессованных дрожжей на среды, используемые при контроле мелассы, и на сусло-агар для учета дрожжей-сахаромицетов.

Общее количество выросших колоний сахаромицетов принимают за 100% и затем рассчитывают процентное содержание посторонних микроорганизмов (кислотообразующих бактерий — лейконостока и молочнокислых палочек, гнилостных бактерий и несовершенных дрожжей). В доброкачественных прессованных

дрожжах допускается присутствие кислотообразующих бактерий не более 15—35%, гнилостных бактерий быть не должно, посторонних дрожжей — не более 30%.

Показатели качества прессованных и сушеных хлебопекарных дрожжей. Они должны удовлетворять требованиям ГОСТа: иметь светло-серый или желтовато-белый цвет, характерный «дрожжевой» запах, слегка напоминающий фруктовый, консистенция должна быть плотной, дрожжи должны легко ломаться и не мазаться.

Содержание влаги в прессованных дрожжах должно быть не более 75%, зольность — не выше 2%.

Основным показателем качества хлебопекарных дрожжей является их подъемная сила. Подъемная сила должна быть не более 75 мин. Кислотность дрожжей в день выпуска их заводом должна составлять не более 120 мг на 100 г дрожжей, после 12 сут хранения при температуре от 0 до 4 °С — не более 360 мг (в пересчете на уксусную кислоту); стойкость (до момента размягчения бруска дрожжей) — не менее 48 ч при температуре хранения 35 °С и 10 сут при температуре хранения от 0 до 4 °С; мальтазная активность — 60—90 мин, зимазная — 50—60 мин при определении газометрическим способом.

В прессованных дрожжах, поступающих на сушку, определяют содержание влаги и подъемную силу, количество несовершенных дрожжей. Желательно, чтобы подъемная сила была до 60 мин. После сушки в сушеных дрожжах определяют содержание влаги, подъемную силу, кислотность, а также оценивают цвет, запах дрожжей и определяют количество мертвых клеток.

Содержание влаги в сушеных дрожжах должно быть не выше 8—9%, подъемная сила — 70—90 мин, но не более 110 мин. Кислотность — не более 900 мг на 100 г сухих дрожжей (в пересчете на уксусную кислоту). Цвет — коричнево-желтый, запах — «дрожжевой». Продолжительность хранения в хорошо укупоренной таре от 5 до 12 мес.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ДРОЖЖЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Все оборудование и инвентарь дрожжевого завода должны быть исправными и содержаться в чистоте.

Баки — хранилища для мелассы должны быть надежно защищены от попадания атмосферных осадков. Перед загрузкой сырья хранилища следует очистить от остатков старой мелассы и промыть моющими средствами. Если в хранилище находилась сильно обсемененная меласса, то необходимо провести дезинфекцию 3%-ным раствором хлорной извести. В хранящейся мелассе количество микроорганизмов по сравнению с исходным не должно увеличиваться.

Минеральные соли должны храниться в специальных помещениях, исключающих загрязнение их частицами почвы и микроорганизмами, содержащимися в них.

Кукурузный экстракт необходимо хранить в специальных закрытых емкостях, которые перед загрузкой должны быть тщательно очищены от остатков продукта, промыты водой и пропарены (при сильном загрязнении следует применить дезинфицирующие средства). При переработке сильно обсемененного экстракта необходимую порцию перед использованием разбавляют водой в соотношении 1 : 1 и паром доводят температуру до 90—95 °С.

При переработке мелассы с повышенной обсемененностью или содержащую опасные для производства микроорганизмы (например, образующие нитриты) ее подвергают пастеризации или мгновенному нагреванию до температуры 120 °С. Применяют также добавку антибиотика биомицина в количестве 5—10 г на 1 м³ мелассного сусла и антисептики (смесь молочной и борной кислот, фурацилин или фуразолидон). Они используются для борьбы с нежелательной микрофлорой в приточной мелассе в сочетании с нагреванием ее до 85 °С. Антисептики добавляются в количестве от 0,01 до 0,1% на 1 м³ мелассного сусла в зависимости от степени инфицированности мелассы.

Дезинфекцию оборудования проводят только после удаления из него питательной среды, дрожжей и тщательной мойки. В качестве моющих средств используются каустическая и кальцинированная сода, а в качестве дезинфицирующих средств для борьбы с посторонними микроорганизмами — хлорная известь, антиформин, формалин, газообразный формальдегид, гипохлорид кальция.

После мойки и дезинфекции оборудование (дрожжерастильные аппараты и другие емкости) тщательно промывают водой до полного удаления моющего средства и дезинфектанта. Проверку эффективности обработки производят путем микроскопирования последней смывной воды.

Дрожжерастильные аппараты очищают, промывают горячей водой и дезинфицируют 3%-ным раствором хлорной извести, а после отмывания дезинфицирующего раствора пропаривают. Особое внимание обращают на проведение обработки и дезинфекции воздухораспределительной системы, в которой могут сохраниться остатки питательной среды и дрожжей, благоприятствующие развитию посторонних микроорганизмов. Они могут стать причиной загрязнения и порчи готовой продукции. Воздухораспределительную систему заполняют раствором дезинфектанта на определенное время, а затем тщательно промывают.

Подаваемый в дрожжерастильные аппараты воздух не должен содержать пыль и микроорганизмы, способные размножаться в аппаратах (в основном несовершенные дрожжи и гнилостные бактерии). Поэтому забор воздуха производят выше крыши заводского здания, а для его очистки должны быть

установлены висциновые фильтры, задерживающие пыль и микроорганизмы.

Дрожжевые сепараторы, промывные чаны, сборники для сгущенного дрожжевого концентрата, фильтр-прессы, вакуум-фильтры необходимо регулярно (1 раз в смену) подвергать чистке и мойке. Особенно тщательно моют и дезинфицируют сепараторы, предназначенные для выделения засевных дрожжей чистой культуры (ЧК) и естественно чистой культуры (ЕЧК).

Все трубопроводы после окончания работы промывают холодной водой и пропаривают в течение 20—30 мин.

Не реже одного раза в месяц или же в случае появления посторонней микрофлоры в дрожжерастильных аппаратах, а также перед приготовлением маточных дрожжей трубопроводы заполняют 1%-ным раствором каустической соды или 2%-ным раствором антиформина на 8—12 ч. Затем растворы сливают, трубопроводы промывают водой и пропаривают.

Очистку и дезинфекцию бункеров для запаса формуемых дрожжей производят ежедневно.

Изготовленные в соответствии с технологическими и санитарными требованиями прессованные дрожжи будут иметь высокое качество.

Глава 8. МИКРОБИОЛОГИЯ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В хлебопекарном производстве микроорганизмы играют двоякую роль: дрожжи и молочнокислые бактерии специально используются для приготовления теста, а микроорганизмы, попадающие с сырьем, из внешней среды, являются вредителями. Они снижают качество сырья, вызывают нарушение хода технологического процесса и порчу готовой продукции, могут стать причиной пищевых отравлений.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Основными видами сырья хлебопекарного производства являются пшеничная и ржаная мука, вода, дрожжи, соль. Дополнительными компонентами сырья служат улучшители* — сахар, жиры, яйца, патока, солод, ферментные препараты, молочная сыворотка, молоко, изюм, мак, орехи, варенье и различные пищевые добавки.

Технологический процесс производства хлеба всех сортов включает следующие стадии: подготовка сырья, замес теста,

* Улучшителями качества хлеба называют специальные вещества, добавляемые в муку или тесто с целью повышения качества хлеба и для регулирования технологического процесса.

брожение теста, разделка, формование, расстойка тестовых заготовок, выпечка хлеба, его охлаждение, хранение и транспортирование.

Подготовка сырья начинается с просеивания муки и очистки ее от металлических примесей на складах. Одновременно ведут подготовку и других компонентов для теста. Соль растворяют в воде в специальных аппаратах — *солерастворителях,* а затем фильтруют. Сахарный раствор готовят в *сахарорастворителях.*

В последнее время многие заводы готовят сахаро-солевой раствор концентрацией 65—70%, в котором содержание соли составляет 2—2,5% от массы сухого сахара и в таком виде его хранят и используют в производстве. 70%-ный сахаро-солевой раствор не кристаллизуется даже при 17 °С, тогда как раствор сахара без соли такой же концентрации может храниться только при 38 °С. Предприятия хлебопекарной промышленности используют и жидкий сахар (при близком расположении сахарных заводов).

Компоненты-улучшители (молочные продукты, жиры и др.) освобождают от примесей, яйца — от скорлупы, проверяют их качество. Подготовку этих компонентов осуществляют в отдельном помещении и в специальной аппаратуре.

К улучшителям качества пшеничного и ржаного хлеба относятся также *ферментные препараты грибного происхождения.* В хлебопечении издавна применяли солод — искусственно проращенное зерно различных злаков, преимущественно ячменя. При проращивании в зерне образуются амилолитические, протеолитические и другие ферменты. В настоящее время применяют ферментные препараты, полученные с помощью мицелиальных грибов — *амилоризин,* содержащий амилолитические, протеолитические ферменты, фосфатазу, декстриназу и др.; *амилосубтилин* бактериального происхождения, образуемый сенной палочкой, содержащий комплекс амилолитических и протеолитических ферментов; *мультиэнзимную композицию,* содержащую смесь препаратов грибного (амилоризин) и бактериального (амилосубтилин, протосубтилин) происхождения.

Ферментные препараты являются более эффективными и дешевыми улучшителями качества хлеба, чем солод. Расход этих препаратов составляет десятые, а иногда и тысячные доли процента от массы муки. При их использовании увеличивается объем, пористость, ускоряется созревание теста, интенсифицируются процессы брожения и размножения дрожжей в полуфабрикатах, улучшается вкус и аромат изделий, продлевается срок хранения хлеба в свежем виде, к тому же дрожжей требуется на 20% меньше.

Дрожжи и закваски готовят в дрожжевом отделении, расположенном над тестомесильным отделением. Затем они и остальные подготовленные компоненты подаются через дозирующие устройства в тестомесильное отделение, где расположены тестомесильные машины.

Замес теста — важнейшая технологическая операция, от которой в значительной степени зависит дальнейший ход технологического процесса и качество хлеба. При замесе теста из муки, воды, дрожжей, соли и других компонентов получают однородную массу определенной структуры, в которой сразу же начинают происходить физические, коллоидные, химические и биохимические процессы, тесно взаимодействующие между собой. При нормальном их протекании в дальнейших технологических операциях тесто хорошо перерабатывается, происходит его созревание и разрыхление. Главная роль в этих процессах принадлежит дрожжам-сахаромицетам и гетероферментативным молочнокислым бактериям. Они, особенно дрожжи, являются биохимическими разрыхлителями теста.

Под влиянием жизнедеятельности дрожжей и молочнокислых бактерий происходит сбраживание сахаров теста (опары) с образованием CO_2, который придает тесту пористую структуру. Для накопления достаточного количества CO_2 в полуфабрикатах необходима отлежка теста после замеса в течение 60 мин и более. Диоксид углерода в конце брожения почти полностью удаляется, но пористая структура полуфабриката сохраняется.

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ХЛЕБОПЕЧЕНИИ

Технология изготовления теста из пшеничной и ржаной муки и комплекс микроорганизмов, участвующих в этих процессах, различны.

Микроорганизмы, используемые для получения теста из пшеничной муки. Для его изготовления применяют хлебопекарные прессованные или сушеные дрожжи (см. гл. 7), а также жидкие дрожжи и жидкие пшеничные закваски, изготовляемые непосредственно на хлебозаводах. Некоторые заводы используют смесь прессованных и жидких дрожжей.

Хлебопекарные дрожжи должны быть устойчивы к высоким концентрациям соли (до 3—4%) и сахара в тесте, хорошо размножаться при оптимальных значениях pH 4,5—5 и при повышенной температуре (26—28 °С), обладать высокой бродильной энергией (мальтазной и зимазной активностью), так как в тесте из пшеничной муки при брожении накапливается в основном сахар мальтоза. Образующийся при энергичном брожении диоксид углерода разрыхляет тесто, и оно увеличивается в объеме. Кроме диоксида углерода и спирта дрожжи накапливают ряд продуктов брожения (ацетоин, диацетил, эфиры и др.), придающих приятный вкус и аромат хлебу.

Прессованные дрожжи. Применяют для выпечки сдобных и булочных изделий из муки высшего и первого сортов. Отдельные предприятия используют их для выработки пшеничного хлеба из муки второго сорта. Вместо прессованных дрож-

жей на хлебозаводах используют также дрожжевое молоко с содержанием прессованных дрожжей 500—600 г в 1 л или сушеные дрожжи. Сушеные дрожжи перед использованием размачивают в воде и активируют, т. е. приводят клетки дрожжей в жизнеспособное состояние. Сушеные дрожжи используются в основном в отдаленных районах, куда затруднена доставка прессованных.

Жидкие дрожжи. Значительное количество хлеба из пшеничной муки высшего, первого и второго сортов, а также ржано-пшеничной муки выпекают с применением жидких дрожжей. Они особенно хорошо зарекомендовали себя при использовании муки с пониженными хлебопекарными свойствами. Эти дрожжи имеют высокую мальтазную активность.

Каждый хлебозавод готовит жидкие дрожжи только для своих нужд. По рациональной схеме в качестве питательной среды для размножения дрожжей используют пшеничную муку второго сорта, предварительно заваренную горячей водой и осахаренную ферментами солода или ферментным препаратом (амилоризином) грибного происхождения. В результате осахаривания крахмал муки превращается преимущественно в мальтозу, которая под влиянием фермента мальтазы превращается в глюкозу. Глюкоза затем подвергается спиртовому и молочнокислому брожению.

Полученную после осахаривания среду (заварку) заквашивают с помощью чистой культуры гомоферментативных термофильных молочнокислых бактерий — палочки Дельбрюка (Lactobacillus delbrueckii) штаммы 30, 31, 30-1, 30-2, Ленинградский-76 или штамм «Энергичный» Э-1. Температурный оптимум для кислотообразования у этих штаммов 48—52 °С. Размножаясь, бактерии быстро повышают кислотность среды, тем самым создают условия, благоприятные для развития дрожжей и подавляющие жизнедеятельность посторонних микроорганизмов, имеющихся в тесте. Затем в эту закваску вводят дрожжи, они медленно размножаются, сбраживают сахара, а жизнедеятельность термофильных молочнокислых бактерий прекращается и дальнейшего нарастания кислотности не происходит. Таким образом, жидкие дрожжи — это активная культура дрожжей, выращенных на предварительно осахаренной и заквашенной термофильными молочнокислыми бактериями мучной заварке.

В качестве чистых культур для приготовления жидких дрожжей применяют различные расы, выделенные ранее из жидких заквасок или жидких дрожжей на хлебозаводах: Московская-23 и гибриды 5, 69, 512. Все они относятся к виду S. cerevisiae.

Жидкие пшеничные закваски. Это активная культура дрожжей, также выращенных на предварительно осахаренной и заквашенной мучной заварке, но, в отличие от жидких дрожжей, заквашивание осуществляется не термофильными, а мезофильными молочнокислыми бактериями. Оптимальной температурой для кислотообразования является 28—32 °С.

Закваска состоит из чистых культур гемоферментативных бактерий Lactobacillus plantarum (штамм AG) или гетероферментативных культур L. brevis (штаммы В8 и В27) и дрожжей расы Ленинградская-90. Гетероферментативные молочнокислые бактерии наряду с кислотами, способствующими улучшению вкуса и аромата хлеба, образуют диоксид углерода и также участвуют в разрыхлении теста. По схеме Казгипропищепрома используется мезофильный штамм гетероферментативных молочнокислых бактерий L. fermentum 27.

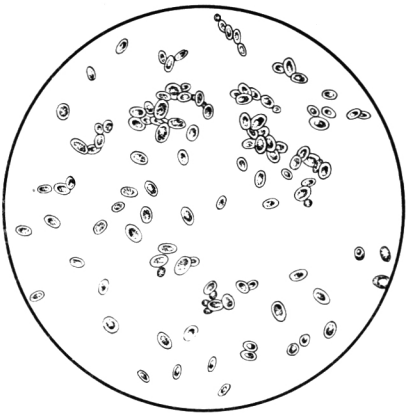


Рис. 35. Дрожжи Saccharomyces minor

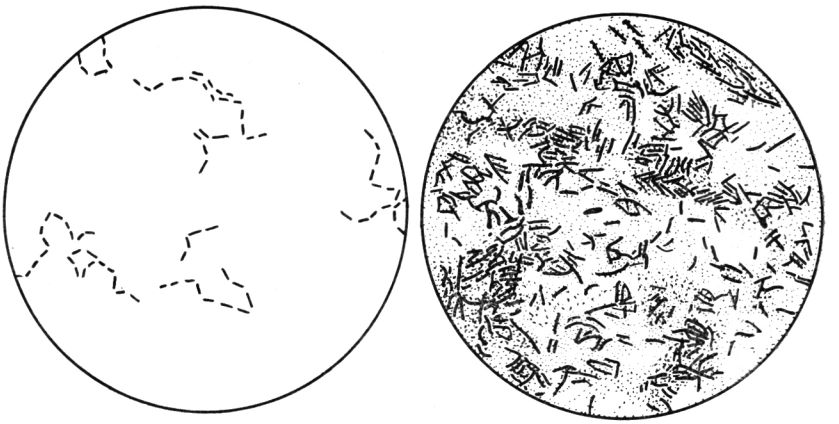
Пшеничный хлеб, изготовленный на жидких дрожжах и жидких закваскаx, имеет не только более приятный вкус, но реже подвергается тягучей болезни и медленнее черствеет по сравнению с хлебом, изготовленным на прессованных дрожжах. В нем имеется очень незначительное количество молочнокислых бактерий, попадающих с мукой, и их участие в созревании теста незначительно.

Микроорганизмы, используемые для получения теста из ржаной муки. Ржаной хлеб готовят на жидких и густых закваскаx. Они, как и закваски для пшеничного хлеба, содержат смешанные культуры дрожжей и молочнокислых бактерий. В этих закваскаx соотношение молочнокислых бактерий и дрожжей составляет 80 : 1 (в закваскаx для пшеничного теста — 30 : 1), следовательно, ведущая роль при созревании ржаного теста принадлежит молочнокислым бактериям.

Хороший по вкусу и аромату ржаной хлеб получают при совместном применении гомо- и гетероферментативных культур молочнокислых бактерий. Разрыхление ржаного теста происходит при участии гетероферментативных молочнокислых бактерий и дрожжей.

Жидкие закваски готовят на осахаренной жидкой среде из ржаной муки с применением чистых культур двух видов дрожжей-сахаромицетов — S. cerevisiae (раса Ивановская или смешанные культуры рас Ленинградская-90, Берлинская-14, Щелковская-4, Краснодарская и др.) и S. minor (рис. 35). Дрожжи S. minor обладают более низкой бродильной активностью, чем S. cerevisiae, но отличаются большей кислотоустойчивостью.

В состав жидких заквасок входит довольно широкий набор различных штаммов гомоферментативных молочнокислых бак-



а б

Рис. 36. Молочнокислые бактерии жидких заквасок:
а — Lactobacillus plantarum; *б* — Lactobacillus fermentum

терий вида L. plantarum и гетероферментативных, относящихся к видам L. brevis и L. fermentum (рис. 36). Технологические схемы приготовления жидких заквасок для ржаного теста предусматривают определенные комбинации чистых культур этих рас и штаммов дрожжей и молочнокислых бактерий.

Для густых заквасок в качестве возбудителей спиртового брожения применяют три штамма дрожжей S. minor — штамм 12/17, штамм 7 и Чернореченский, а также вводят смесь чистых культур молочнокислых бактерий L. plantarum и L. brevis.

Высокая кислотность ржаного теста (pH 4,2—4,3) препятствует развитию в тесте и хлебе возбудителей тягучей болезни.

Жизнедеятельность дрожжей и молочнокислых бактерий начинается на стадии замеса теста, достигает наибольшей активности в стадии брожения (созревания) теста, в последующих стадиях (разделке и расстойке) их активность несколько ослабевает, а при выпечке совсем прекращается и они погибают под воздействием высокой температуры.

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Источниками посторонней микрофлоры являются сырье, вода, воздух, технологическое оборудование, тара, персонал.

Разнообразное сырье, используемое в хлебопекарном производстве, всегда бывает обсеменено микроорганизмами, развитие которых нарушает нормальное течение процессов брожения и созревания теста.

Мука. Микрофлора муки происходит в основном от микрофлоры зерна. В процессе размола зерна микроорганизмы, на-

ходящиеся на его поверхности, в значительном количестве переходят в муку.

Количественный и качественный состав микрофлоры муки зависит от степени зараженности зерна, а также от способа его размола и очистки. В высокосортной муке микроорганизмов меньше, чем в муке низкосортной с большим количеством отрубей.

Общее количество микроорганизмов в 1 г муки достигает 2—3 млн., но эта цифра сильно варьирует в зависимости от содержания влаги, длительности хранения и т. д. При хранении муки, особенно с повышенным содержанием влаги, происходит размножение микроорганизмов, что может вызвать различные пороки муки. Общее количество микроорганизмов в муке не является показателем ее качества.

Качество муки характеризует наличие в ней бактерий Erwinia herbicola (травяная палочка). Это не образующие спор факультативно-анаэробные бактерии. В доброкачественной муке их содержание не ниже 90%. В хорошей муке не должно быть кокковых форм бактерий, их наличие свидетельствует о повышенном содержании влаги.

Для оценки качества муки большое значение имеет содержание в ней спорообразующих бактерий. Наибольшую опасность представляет сенная палочка (Bacillus subtilis), которая вызывает тягучую болезнь хлеба. Вегетативные клетки этих бактерий погибают при выпечке хлеба, но споры остаются. Эти бактерии составляют специфическую микрофлору муки, поэтому последнюю проверяют на наличие в ней спор этих бактерий.

Встречаются в муке молочнокислые и уксуснокислые бактерии, а также несовершенные дрожжи и споры мицелиальных грибов, среди которых преобладают пенициллы, аспергиллы, реже — мукоровые грибы.

В сухой муке (с содержанием влаги не выше 14%) микроорганизмы находятся в неактивном состоянии, но при увлажнении муки в результате неправильного хранения активность их повышается и мука портится. Чаще всего наблюдается прокисание, прогоркание и плесневение муки.

Прокисание происходит вследствие развития молочнокислых бактерий, сбраживающих сахара муки с образованием кислот.

Прогоркание — частично биохимический процесс окисления жиров муки кислородом воздуха при участии липолитических ферментов муки, частично — результат ферментативного гидролиза жиров под воздействием липолитических ферментов некоторых бактерий и мицелиальных грибов.

Плесневение наблюдается при хранении муки на складах с относительной влажностью воздуха не более 80%. Это наиболее распространенный вид порчи муки. В ней развиваются в основном аспергиллы и пенициллы, некоторые из них вырабаты-

вают афлатоксины. Использование такой муки может привести к пищевым отравлениям.

В процессе хранения муки с повышенным содержанием влаги (выше 20%) наблюдается ее *самосогревание* и размножение спорообразующих форм бактерий, вызывающих тягучую порчу пшеничного хлеба.

Дрожжи. Микрофлора дрожжей описана в гл. 7. Несовершенные дрожжи рода Candida понижают мальтазную активность прессованных дрожжей. Сами они в процессе брожения теста не участвуют, а лишь обедняют питательную среду. Лейконосток вызывает образование слизи в жидких закваскаx с заваркой.

Солод. Солод представляет собой пророщенное, подсушенное и размолотое зерно главным образом ячменя или ржи. При хранении солода в неблагоприятных условиях на нем развиваются мицелиальные грибы — пенициллы и аспергиллы, споры которых постоянно имеются на зерне.

Яйца. В хлебопекарной промышленности в качестве улучшителя применяются в основном куриные яйца. Гусиные и утиные яйца разрешается использовать только для смазки поверхности при изготовлении мелкоштучных изделий из теста, выпекаемых при высокой температуре (булочки, сдоба, сухари), так как эти яйца бывают обсеменены бактериями кишечной группы (салмонеллами), вызывающими пищевые токсикоинфекции.

Соль, сахар, жиры. Эти компоненты для теста могут стать источником посторонней микрофлоры, вызывающей нарушение технологического процесса, а иногда и порчу готовой продукции. Поэтому все они должны удовлетворять требованиям действующих ГОСТов и ТУ, в том числе и по микробиологическим показателям.

БОЛЕЗНИ ХЛЕБА И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Под влиянием микроорганизмов в хлебе могут возникать различные нежелательные изменения (болезни, пороки, дефекты хлеба).

Тягучая болезнь хлеба. Поверхность хлеба после выпечки практически стерильна, но мякиш при выпечке прогревается только до 95—98 °С и часть бактериальных спор в нем сохраняется, в том числе термоустойчивые споры сенной палочки (B. subtilis). При длительном охлаждении, транспортировании, хранении и реализации хлеба эти споры могут прорасти, а размножение образовавшихся вегетативных клеток сенной палочки приводит к возникновению тягучей болезни хлеба.

Сенная палочка обладает ферментами амилазой и протеазой. Амилаза вызывает гидролиз крахмала с образованием большого количества декстринов, в результате чего мякиш хле-

ба постепенно теряет эластичность, ослизняется, становится вязким и тягучим. Протеаза вызывает гидролиз белков хлеба, продукты гидролиза придают хлебу резкий, неприятный запах.

Оптимальная температура для развития сенной палочки 35—40 °С, поэтому заболевание хлеба чаще всего бывает в летние месяцы, а также при хранении хлеба в теплом помещении.

Сенная палочка чувствительна к повышенной кислотности среды, поэтому тягучей болезни подвержен преимущественно пшеничный хлеб, имеющий по сравнению с ржаным хлебом невысокую кислотность. При pH 4,5—4,8 эти бактерии не развиваются. О начале болезни свидетельствует появление слабого фруктового запаха. Хлеб с признаками тягучей порчи сжигают или закапывают.

Действенными мерами для предотвращения тягучей болезни хлеба являются: быстрое охлаждение хлеба после выпечки до 10—12 °С и хранение его при этой температуре в хорошо вентилируемом помещении; подкисление теста уксусной, пропионовой, сорбиновой кислотами или их солями; применение в закваске для теста из пшеничной муки чистых культур пропионовокислых бактерий или мезофильных молочнокислых бактерий (L. fermentum). Часто кислотность теста повышают добавлением жидких дрожжей. Подавление развития сенной палочки с помощью молочнокислых и пропионовокислых бактерий связано не только с подкислением среды, но и с выделением ими антибиотических веществ.

Меловая болезнь хлеба. Она проявляется в том, что сначала на корке хлеба, а затем и в мякише появляются белые сухие порошкообразные включения, похожие на растертый мел. Возбудителями болезни являются некоторые аскомицетовые и несовершенные дрожжи, сохранившие жизнеспособность после его выпечки, так как они устойчивы к высокой температуре.

Меловая болезнь встречается сравнительно редко. Пораженный хлеб не представляет опасности для здоровья, но теряет товарный вид и приобретает неприятный вкус.

При обнаружении в муке возбудителей данной порчи ее следует использовать для выпуска мелкоштучных, хорошо пропеченных изделий.

Пигментные пятна. Пшеничный хлеб может поражаться пигментообразующими микроорганизмами (бактериями, дрожжами). Это выражается в появлении в мякише хлеба желтых, розовых, ярко-красных и других пятен. Чаще всего на выпеченном хлебе появляются красные пятна, напоминающие капли крови. Это колонии бактерий Serratia marcescens («чудесная палочка»), которые содержат в своих клетках красный пигмент продигиозин. Для развития этих бактерий необходимы высокая влажность воздуха, температура около 25 °С, невысокая кислотность продукта. Хлеб с покрасневшим мякишем теряет товарный вид и к употреблению непригоден.

Для предотвращения этого порока хлеб следует хранить в хорошо вентилируемых помещениях при температуре не выше 10—12 °С с относительной влажностью воздуха около 70%.

«Пьяный» хлеб. Внешних признаков порчи такой хлеб не имеет, но употребление его вызывает отравление с симптомами, напоминающими опьянение. Отравление возникает в связи с тем, что в хлебе содержится токсин, образуемый несовершенным грибом фузариум (Fusarium), попадающим с мукой. Такой хлеб непригоден к употреблению.

Для предотвращения этого порока необходима тщательная проверка зерна на пунктах приема и элеваторах. Перезимовавшее в поле и морозобойное зерно не должно перерабатываться в муку, так как поражение зерна грибом и накопление токсина происходит при его зимовке в поле. Токсин термоустойчив и сохраняется в готовом хлебе.

Плесневение хлеба. Это наиболее распространенный вид порчи хлеба. Плесневение чаще всего наблюдается при неправильном режиме хранения: повышенной температуре (25—30 °С) и относительной влажности воздуха выше 70% в хранилищах, а также при повышенном содержании влаги в хлебе и его слишком плотной укладке. Обсеменение хлеба спорами мицелиальных грибов происходит при охлаждении, транспортировании и хранении, через загрязненный воздух, транспортные средства, руки и одежду персонала. Мицелий грибов распространяется вначале по поверхности хлеба, а затем по трещинам и порам проникает внутрь мякиша. Оптимальной температурой для развития грибов является 20—40 °С, pH 5—6, содержание влаги выше 20%.

Плесневение хлеба вызывают в основном мицелиальные грибы (пенициллы, аспергиллы, мукоровые и др.). Под действием ферментов грибов происходит гидролиз крахмала, белков и жиров, продукты их гидролиза придают хлебу неприятный запах и вкус. Некоторые виды грибов образуют микотоксины (афлатоксин и др.), вредные для здоровья людей. Поэтому заплесневевший хлеб в пищу непригоден.

Для предотвращения плесневения хлеба необходимо хранить его в сухом, хорошо вентилируемом помещении при температуре не выше 10—12 °С, с относительной влажностью воздуха около 70%. Укладывать его следует неплотно, оставляя воздушные прослойки для циркуляции воздуха. Кроме того, рекомендуется обработка поверхности хлеба или упаковочного материала химическими консервантами (этиловым спиртом, солями пропионовой и сорбиновой кислот); стерилизация упакованного хлеба токами высокой частоты, ионизирующими излучениями, облучение ультрафиолетовыми лучами.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Микробиологическому контролю подлежат сырье, полуфабрикаты (жидкие дрожжи, закваски, тесто) и готовая продукция.

Контроль сырья. При контроле сырья проводят обследование муки, дрожжей (см. гл. 7), ферментных препаратов и прочих видов сырья (см. гл. 10, 14, 15).

Мука. Ее исследуют в первую очередь органолептически. Если в партии муки присутствует посторонний запах плесени, кислый или прогорклый вкус, то производят посев муки для определения общего количества микроорганизмов.

Пробы высевают на разные среды в зависимости от группы микроорганизмов, которую необходимо выявить. Например, для выявления мицелиальных грибов применяют сусло-агар; для выявления бактерий — мясо-пептонный агар. Посев производят из разных разведений муки (от $1:10^2$ до $1:10^5$) в водопроводной стерильной воде. Мука, в сильной степени обсемененная микроорганизмами, а также с признаками прогоркания, прокисания, плесневения, непригодна для применения в хлебопекарном производстве.

Кроме того, в муке обязательно учитывают специфическую микрофлору, т. е. количество спор, особенно сенной палочки, вызывающих тягучую болезнь хлеба. Для этого тщательно размешанную смесь муки с водой (10 г муки и 90 мл воды) нагревают в течение 10 мин при температуре 95—97°С (температура мякиша хлеба при выпечке), при которой вегетативные клетки сенной палочки погибают, а споры остаются жизнеспособными. Затем определенное количество материала вносят внутрь мясо-пептонного агара в чашках Петри (pH среды 7—7,2).

После выращивания подсчитывают количество колоний; предполагается, что каждая колония образовалась из одной споры. При наличии до 200 спор в 1 г муки она считается нормальной; при наличии от 200 до 1000 спор — сомнительной (мука повышенной обсемененности); при наличии 1000 спор и более — сильно обсемененной и непригодной к употреблению.

Имеется и другой способ обнаружения спорообразующей микрофлоры в пшеничной муке — метод пробных лабораторных выпечек, которые в соответствии с Инструкцией по предупреждению тягучей болезни производятся в период с 1 мая по 1 октября (для южных районов с 1 апреля по 1 октября). Один из формовых хлебов лабораторной пробной выпечки обертывают в увлажненную бумагу и выдерживают в термостате при 37 °С. Через 24 ч хлеб режут острым ножом и органолептически проверяют наличие признаков заболевания (специфический запах, липкий мякиш). Если эти признаки отсутствуют, то мука счи-

тается нормальной; если появятся признаки ослизнения и запах, то мука непригодна к употреблению.

Ферментные препараты. Они должны проверяться на обсемененность спорами сенной палочки путем проведения пробной лабораторной выпечки. Проверяется каждая партия препаратов.

Контроль полуфабрикатов. В полуфабрикатах определяют общее количество дрожжей и молочнокислых бактерий в 1 г и их соотношение; видовой состав бродильной микрофлоры и активность видов; группы посторонних микроорганизмов, нежелательных для производства.

Жидкие дрожжи. Для определения общего количества дрожжей и молочнокислых бактерий 1 г жидких дрожжей разбавляют десятикратным количеством воды, энергично взбалтывают и после отстаивания смеси из верхнего слоя готовят препарат. При микроскопировании определяют количество почкующихся дрожжевых клеток, их морфологическое состояние, наличие посторонней микрофлоры. Дрожжи и бактерии подсчитывают в камере Горяева. Количество дрожжевых клеток в 1 г жидких дрожжей колеблется от 90 до 120 млн., соотношение дрожжей и молочнокислых бактерий примерно равно 1 : 1.

В жидких дрожжах не допускается присутствия подвижных спорообразующих бактерий. Их выявляют методом накопительной культуры: пробу дрожжей вносят в пробирку со стерильным солодовым суслом, прогревают на водяной бане 30 мин при температуре 70—75 °С и выдерживают в термостате при 37 °С 24 ч. Если при микроскопировании обнаруживают подвижные спорообразующие палочки, дрожжи заменяют новой разводкой, так как есть опасность внести с ними возбудителей тягучей болезни хлеба.

Помимо прямых методов определения количественного и видового состава микрофлоры полуфабрикатов, имеются косвенные методы учета видового состава бродильной микрофлоры по их ферментативной активности. Определяют подъемную силу методом всплывающего шарика и бродильную активность дрожжей по количеству образовавшегося диоксида углерода. Эти методы широко известны и вошли в руководства по технохимконтролю хлебопекарного производства.

Тесто. Контроль процесса тестоведения заключается в том, что в период созревания теста следят одновременно за газообразующей способностью дрожжей, степенью их размножения и активностью молочнокислых бактерий. Газообразующую способность дрожжей в тесте, мальтазную активность и осмочувствительность дрожжей определяют в микрогазометрическом приборе И. К. Елецкого. Степень размножения дрожжей определяют в счетной камере Горяева.

Активность молочнокислых бактерий определяют косвенным путем с помощью индикатора (януса зеленого или метиленового синего), который добавляют к смеси теста с водой при тем-

пературе 40 °С. Восстановленные формы индикаторов под действием ферментов молочнокислых бактерий изменяют окраску. Активность молочнокислых бактерий определяют по времени, необходимому для обесцвечивания краски: низкая активность соответствует 90—100 мин, высокая — 35—50, очень высокая — 7—25 мин.

Определение видового состава микрофлоры полуфабрикатов с целью выявления микроорганизмов — вредителей производства, развивающихся вместе с бродильными микроорганизмами (дрожжами и молочнокислыми бактериями), осуществляется путем высева различных разведений проб на элективные среды (см. гл. 7). Регулярные микробиологические исследования в течение всего технологического процесса позволяют обнаружить очаги повышенной обсемененности и своевременно подавить их.

Контроль готовой продукции. Готовый хлеб проверяют на наличие на его поверхности кишечной палочки. Для этого используют метод смыва с определенной площади и высев его на элективную среду Эндо. Наличие бактерий группы кишечной палочки на хлебе недопустимо.

Кроме того, осуществляют определение спорообразующих бактерий в хлебе. Из мякиша пшеничного хлеба, смешанного со стерильной водой, готовят разведения (от 1 : 10 до 1 : 10^3, которые высевают в мясо-пептонный бульон). Посевы выращивают в термостате, а затем полученной суспензией смачивают стерильные ломти белой булки, которые также выдерживают в термостате во влажной камере.

При наличии сенной палочки наблюдается ослизнение и потемнение ломтей, появляется специфический запах. Оценка степени зараженности хлеба осуществляется по разведению, в котором обнаружена сенная палочка. При разведении 1 : 10 степень зараженности считается слабой, при 1 : 10^2 — средней и при 1 : 10^3 — сильной.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Санитарно-гигиенические требования на хлебопекарном предприятии предъявляются ко всему технологическому процессу, начиная от подготовки сырья и кончая выпуском готовой продукции.

Склады для хранения и подготовки муки должны быть отапливаемыми, в них поддерживается температура 10 °С, сухими (относительная влажность воздуха не выше 75%), хорошо вентилируемыми. Помещения и оборудование складов для хранения муки необходимо тщательно убирать, пол подметать не реже двух раз в смену, стены и потолки обметать один раз в день. Наружные поверхности оборудования следует не реже двух раз в смену обметать от мучной пыли. Внутренняя поверхность всей мукопросеивательной системы подвергается механической очи-

стке не реже чем через 10 дней. Для механизации процессов очистки используются компрессорные установки, с помощью которых мучная пыль легче удаляется из труднодоступных для механической очистки мест. Каждую смену необходимо очищать сита просеивающих машин травяной щеткой.

Все оборудование дрожжевого отделения следует не реже одного раза в неделю промывать холодной, а затем горячей водой и дезинфицировать 1%-ным раствором хлорной извести в течение 30 мин. После дезинфекции оборудование обязательно промывают холодной водой и пропаривают острым паром. Особо строго следует соблюдать санитарный режим и личную гигиену при приготовлении жидких дрожжей.

В отделении замеса и разделки теста после каждого замеса необходимо обметать мучную пыль с агрегатов. Не реже одного раза в смену очищать скребками присохшие куски теста и промывать поверхность теплой водой, а в случае необходимости (при подозрении на тягучую болезнь хлеба) обрабатывают дезинфектантами, например 3%-ным раствором хлорной извести.

К условиям хранения и транспортирования хлеба предъявляются жесткие санитарные требования, поскольку готовые изделия перед употреблением никакой тепловой обработке не подвергаются.

Хлебохранилище должно быть светлым, сухим, прохладным. Рекомендуется поддерживать температуру воздуха не выше 10—12 °С, влажность — в пределах 60—70%. При высокой температуре хлеб остывает медленно и возникает опасность развития тягучей болезни. Плотная укладка хлеба в лотках и на стеллажах способствует его плесневению.

Подготовленные партии хлеба в лотках на вагонетках перевозят в экспедицию для отправления в магазины. У дверей экспедиции оборудуют тепловые завесы для защиты от холодного воздуха, иначе зимой образуется туман, влага конденсируется на стенах и потолках, что способствует развитию мицелиальных грибов.

Большую опасность представляет запыленность воздуха, поскольку в нем содержится не 500, а до 1000 микроорганизмов в 1 м^3.

Транспортирование хлеба осуществляется специально выделенными машинами, которые не должны использоваться для других целей. Разрешение на эксплуатацию транспортных средств каждые 6 мес выдается органами Государственного санитарного надзора. Транспортные средства необходимо содержать в чистоте, по окончании работы тщательно промывать горячей водой и не реже одного раза в 5 дней дезинфицировать 2%-ным раствором хлорной извести с последующим ополаскиванием горячей и холодной водой.

В качестве моющих средств для аппаратуры, лотков, транспортных устройств чаще всего применяют раствор щелочи кон-

центрацией 0,5—2,0%; для обработки форм — горячий 5%-ный раствор каустической соды. Лотки моют несколько раз горячей водой (70 °С) под давлением с последующим подсушиванием горячим воздухом. Для предотвращения тягучей болезни хлеба лотки и стеллажи дезинфицируют 3%-ным раствором уксусной кислоты.

Регулярно проводят обследование персонала на обсемененность рук кишечной палочкой и бактерионосительство. Сопровождающие хлеб работники должны производить погрузку и выгрузку хлеба в специальной санитарной одежде.

Глава 9. МИКРОБИОЛОГИЯ МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В производстве макаронных изделий микроорганизмы играют только отрицательную роль и являются вредителями производства.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Сырьем для производства макаронных изделий служат пшеничная мука, улучшители (яйца, меланж, яичный порошок) и вода.

Технологический процесс производства макаронных изделий состоит из подготовки сырья к производству (подготовка муки, подготовка яичных продуктов), замеса теста, формовки и разделки сырых изделий, сушки, упаковывания, транспортирования и хранения готовых изделий.

Подготовка муки и яичных продуктов осуществляется так же, как и в хлебопекарном производстве. Замес теста производят при температуре 30—40 °С. Сушка производится нагретым воздухом.

Замешивание теста, прессование и сушку макаронных изделий на большинстве макаронных фабрик производят на поточных, полуавтоматизированных или полностью автоматизированных линиях (процесс заканчивается фасованием и упаковыванием изделий).

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ В МАКАРОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Основными источниками микроорганизмов-вредителей в макаронном производстве являются мука, улучшители, вода и в меньшей степени — воздух и технологическое оборудование, персонал.

Мука при неправильном хранении может быть обильно обсеменена микроорганизмами (о микрофлоре муки см. гл. 8). Наиболее опасными являются гетероферментативные молочно-

кислые газообразующие бактерии, которые, развиваясь в тесте, вызывают вспучивание и прокисание макаронных изделий.

Яйца, меланж*, яичный порошок. Эти улучшители могут содержать обильную микрофлору (см. гл. 10, 15). Чтобы избежать обсеменения теста и сырых полуфабрикатов при внесении улучшителей, качество их должно соответствовать принятым нормам.

МИКРОБНАЯ ПОРЧА МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В случае нарушения режима сушки (например, при замедленной сушке) в макаронных изделиях возникают два вида микробной порчи — вспучивание и окраска макарон.

При *вспучивании макарон* их поверхность покрывается бугорками, при разломе которых обнаруживаются пустоты. Причиной вспучивания макарон являются гетероферментативные молочнокислые бактерии, образующие кислоты и газы (CO_2 и H_2).

Молочнокислые бактерии обитают в почве и попадают из нее в зерно, муку и тесто. Для предотвращения вспучивания макарон необходимо строго соблюдать режим сушки.

Окраска макарон выражается в том, что на макаронах образуются полосы фиолетового цвета, и вызывается несовершенными дрожжами рода Candida, которые развиваются в толще макарон и вырабатывают пигмент. Опасности для здоровья человека такие макароны не представляют, но они теряют товарный вид и вкусовые качества.

Снижение качества продукции в процессе изготовления макаронных изделий может произойти в результате применения сырья низкого качества и его повышенной обсемененности микроорганизмами. Нельзя допускать длительного пребывания влажного теста при повышенной температуре, способствующей развитию микроорганизмов. В этом случае в тесте активно развиваются гетероферментативные молочнокислые бактерии, образующие различные кислоты (молочную, уксусную, янтарную и др.), что приводит к микробной порче теста перед формовкой и сушкой — *прокисанию*, и готовая продукция будет иметь повышенную кислотность.

Макаронные изделия относятся к долго хранящимся продуктам (до 1 года), что обусловлено низким содержанием в них влаги (от 11 до 13%). Однако в процессе хранения они могут подвергаться плесневению под воздействием мицелиальных грибов родов Penicillium, Aspergillus, Rhizopus. Это происходит при неправильном режиме хранения, т. е. при повышенной относительной влажности воздуха (выше 65%) в плохо вентилируемых помещениях. Макаронные изделия гигроскопичны.

* Меланж — смесь яичных желтков и белков, хорошо размешанная, профильтрованная и замороженная в специальной таре.

Увлажнение их до 15—16% ведет к плесневению, а также прокисанию. Имеет значение и содержание влаги в упаковочном материале (фанерные ящики, картонные коробки, бумага и пр.), которое не должно превышать 15%.

Заплесневелые и кислые макароны непригодны к употреблению в пищу.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В макаронном производстве контролируют сырье (муку, яичные продукты), воду, воздух, технологическое оборудование, готовую продукцию.

Муку исследуют на содержание в ней гетероферментативных молочнокислых бактерий, вызывающих вспучивание макаронных изделий.

Яйца и меланж контролируют на степень свежести, испорченные яйца отбирают, меланж употребляют сразу после размораживания, не допуская его хранения.

Воду проверяют на соответствие требованиям ГОСТа на питьевую воду.

Воздух всех производственных помещений анализируют на общую обсемененность не реже 2 раз в месяц. В 1 м^3 воздуха допустимо не более 500 микроорганизмов, споры мицелиальных грибов должны отсутствовать.

Технологическое оборудование проверяют визуально на качество мойки и микроскопируют последнюю промывную воду, в которой не должно быть микроорганизмов. Качество мойки в труднодоступных местах проверяют с помощью стерильного тампона — на тампоне не должно быть остатков сырья, полуфабрикатов, а при микроскопировании не должны обнаруживаться микроорганизмы.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ МАКАРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Санитарные требования к помещениям и аппаратуре макаронного производства во многом совпадают с требованиями для хлебопекарного производства, поскольку некоторые виды сырья, их хранение и подготовка одинаковы (мука, яичные продукты).

Мойку и дезинфекцию аппаратуры (особенно тестоприготовительной и формовочной) производят регулярно моющими и дезинфицирующими средствами, применяемыми в пищевой промышленности. Оборудование для замочки и мойки матриц для макарон должно быть установлено в отдельном помещении.

В помещении для хранения макарон следует поддерживать относительную влажность воздуха в пределах 60—65%.

Обязательно соблюдение личной гигиены персоналом. Санитарно-гигиенические требования для персонала макаронного производства такие же, как и в других отраслях пищевой промышленности.

Глава 10. МИКРОБИОЛОГИЯ КОНДИТЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

В производстве кондитерских изделий микроорганизмы являются в основном вредителями. Исключение составляют дрожжи-сахаромицеты (прессованные дрожжи), которые используются для изготовления галет, крекера в качестве разрыхлителей теста. С использованием дрожжей выпекают некоторые сорта кексов (например, кекс «Весенний»).

Микроорганизмы-вредители вызывают порчу сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Сырье для кондитерского производства очень разнообразно: сахар, молоко, сливки, сгущенное молоко, сливочное масло, яйца, меланж, яичный порошок, мука, какао-бобы, крахмал, патока, мед, кофе, фрукты, ягоды и продукты их переработки, орехи, ароматические вещества, пищевые кислоты, желирующие и красящие вещества и многие другие.

Кондитерская промышленность выпускает в основном следующие виды продукции: шоколад и шоколадные изделия; сахаристые изделия (карамель, драже, ирис, конфеты); пастилно-мармеладные изделия; мучные изделия без крема (галеты, крекер, печенье, вафли, пряники, кексы, рулеты) и с кремом (торты, пирожные, рулеты).

Производство шоколада включает обработку какао-бобов, приготовление сахарной пудры, приготовление шоколадной массы и формовку шоколада.

Обработка какао-бобов является важным этапом в технологическом процессе получения шоколада. Она включает сортирование какао-бобов; их ферментацию (см. далее), обжарку, в результате чего оболочка какао-бобов становится хрупкой и легко отделяется от ядра, усиливается аромат, уменьшается содержание влаги, достигается их стерильность; дробление, при котором происходит отделение оболочки от ядра и получается крупка; размол крупки. Готовая какао-масса идет на изготовление шоколада, конфет, глазированных шоколадом, какао-масла (его получают прессованием какао-массы на гидравлическом прессе).

Сахарную пудру получают на кондитерских фабриках путем дробления и последующего просеивания сахара через сита.

Для приготовления шоколадных масс компоненты смешиваются в смесителях периодического или непрерывного действия, а затем направляются на вальцовочные машины. Формование шоколадных изделий осуществляется на шоколадоформующих машинах. Отлитый в формы шоколад поступает в холодильную камеру, а после охлаждения — на заверточные машины.

Производство конфет, глазированных шоколадом, заключается в приготовлении конфетных масс, формовании, отделке, глазировании, завертке и упаковывании конфет.

Производство карамели состоит из приготовления сиропа, начинок, разделки и подготовки карамельной массы, отделки, завертки и упаковки готовой карамели. Сироп готовится на сиропных станциях, откуда перекачивается по трубопроводам в вакуум-аппараты для уваривания при 160 °С. Уваренная карамельная масса охлаждается до 60 °С и подается вместе с разогретой начинкой на катально-начиночную машину, затем на калибровочную машину и далее на формование. После формования карамель поступает на охлаждение, отделку, завертку и упаковывание. В карамельном производстве используются фруктово-ягодные, ликерные, помадные, молочные и другие начинки.

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ В КОНДИТЕРСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Основными источниками микроорганизмов-вредителей являются сырье и полуфабрикаты, технологическое оборудование, персонал и в меньшей степени вода и воздух.

Технологический процесс в кондитерском производстве протекает достаточно быстро (2—3 ч) и в большинстве случаев при высокой температуре. Поэтому многие микроорганизмы погибают или не успевают размножиться в такой степени, чтобы влиять на ход технологического процесса. Однако при переработке сильно обсемененного сырья значительное количество микроорганизмов даже при высокой температуре остается жизнеспособным. Поверхность готовой продукции может обсеменяться вторично в процессе упаковывания и хранения, в том числе патогенными микроорганизмами.

Сахар — один из основных видов сырья, являющийся составной частью всех кондитерских изделий. Содержание микроорганизмов в сахаре-песке сравнительно невелико и при стандартном содержании влаги (0,15%) обычно составляет от 50 до 200 в 1 г. При повышенном содержании влаги в продукте, а также при наличии посторонних примесей и загрязнений количество микроорганизмов в 1 г может достигать 10 000. Наибольшую опасность для кондитерского производства представляют осмофильные дрожжи, спорообразующие термофильные и мезофильные аэробы и анаэробы, вызывающие брожение и закисание фруктовых пюре, варенья, повидла, джема, а также

термофильные бактерии, образующие газы (H_2S, CO_2) и слизеобразующие неспороносные бактерии (лейконосток), вызывающие тягучесть и ослизнение фруктовых соков и сиропов. Меньшую опасность представляют мицелиальные грибы, которые могут вызывать плесневение недоваренного варенья.

Молоко, сливки, сгущенное молоко всегда содержат большое количество микроорганизмов, так как эти продукты являются хорошей питательной средой как для сапрофитных, так и для патогенных бактерий. Сапрофиты представлены преимущественно различными молочнокислыми бактериями (стрептококками видов Streptococcus lactis, S. cremoris, S. thermophilus и др.), а также палочковидными формами (Lactobacillus bulgaricus, L. acidophilus и др.), вызывающими спонтанное (самопроизвольное) сквашивание сырого или пастеризованного молока. В нем также обнаруживаются гнилостные (Pseudomonas fluorescens, Bacillus subtilis, B. mycoides и др.) и маслянокислые бактерии (рода Clostridium).

Из патогенных микроорганизмов в молоке могут быть возбудители туберкулеза, бруцеллеза, ящура и других инфекций, которыми заражается человек через молоко больных коров, а также возбудители пищевых инфекций, вызываемых кишечной группой бактерий (брюшного тифа, паратифов, дизентерии), возбудители стафилококковой интоксикации и салмонеллезной токсикоинфекции, попадающие в молоко в случае нарушения санитарных правил при доении, хранении и транспортировании молока. Патогенные бактерии при пастеризации молока, а также при варке шоколадной массы и сливочных начинок погибают, но могут сохраниться жизнеспособными при изготовлении кремов. Дрожжи и мицелиальные грибы в свежем молоке встречаются в незначительном количестве.

Микрофлора сгущенного молока состоит из микроорганизмов исходного молока и сахара, сохранивших жизнеспособность после сгущения молока под вакуумом при температуре 50—60 °С. Порчу сгущенного молока в основном вызывают мицелиальные грибы, образующие различного цвета «пуговицы» на поверхности, а также осмофильные дрожжи, способные сбраживать сахара и вызывать разжижение. Микрококки, образующие окрашенные колонии, обладают активными липолитическими ферментами и могут вызывать разложение жира, при этом сгущенное молоко приобретает прогорклый вкус. Протеолитические ферменты микрококков вызывают разложение белков, что приводит к появлению сырного привкуса в сгущенном молоке.

Микрофлора сладкосливочного масла включает микроорганизмы сырья (сливок, соли, краски, воды), а кислосливочного масла — представлена в основном молочнокислыми бактериями, чистые культуры которых используются в качестве заквасок для сквашивания сливок. Молочнокислые бактерии придают маслу аромат, улучшают его вкус, за счет

образуемых кислот повышается стойкость масла при хранении. Посторонняя микрофлора, попавшая в масло из сырья, может вызвать порчу масла и пороки масла при хранении. Под влиянием псевдомонад (P. fluorescens) и кислорода воздуха происходит пожелтение верхних слоев масла (штафф), появление горького, а также рыбного вкуса и запаха. Под влиянием несовершенных дрожжей рода Candida появляются прогорклый вкус и тухлый запах, под влиянием молочнокислых бактерий — излишне кислый вкус; мицелиальные грибы способствуют плесневению масла.

Яйца, меланж, яичный порошок также содержат постороннюю микрофлору. Свежеснесенные куриные яйца практически стерильны, но в процессе хранения они постепенно заражаются различными микроорганизмами. Вначале мицелиальные грибы (пенициллы, аспергиллы, мукор) проникают через поры скорлупы, вызывают порчу содержимого яйца и придают ему характерную окраску (зеленоватую, черную, желтую). Затем внутрь проникают гнилостные бактерии, количество которых возрастает при загрязнении скорлупы куриным пометом, навозом. Размножаясь внутри яйца, бактерии вызывают гидролиз белка, затем проникают в желток. Разложение содержимого яйца сопровождается изменением его цвета и появлением неприятно пахнущих веществ и газа.

Меланж содержит те же микроорганизмы, что и яйца. В меланже микроорганизмы очень быстро размножаются, поэтому хранят его в замороженном состоянии, а после оттаивания перерабатывают в течение 2—3 ч. В яйцах, и особенно в меланже, могут быть обнаружены патогенные бактерии — возбудители дизентерии и салмонеллы. Яйца водоплавающей птицы часто заражаются салмонеллами еще в яйцеводе птицы, поскольку эта инфекция обнаруживается в кишечнике птицы. По этой причине утиные и гусиные яйца используют только для смазки поверхности мучных кондитерских изделий, выпекаемых при высокой температуре.

Яичный порошок может содержать споры, в том числе гнилостных бактерий, кишечную палочку и отдельных представителей рода салмонелл — возбудителей пищевых токсикоинфекций. Эта микрофлора, а также споры мицелиальных грибов сохраняются в яичном порошке вследствие низкой температуры высушивания (не выше 60 °С) при его изготовлении.

Мука. Микроорганизмы муки (см. гл. 8) при изготовлении мелкоштучных изделий, печенья, мучных полуфабрикатов для кремовых изделий и др. уничтожаются под влиянием высокой температуры. Изделия, изготовленные из муки, имеющей пороки (плесневение, прокисание, прогоркание), будут иметь неприятный вкус и запах.

Какао-продукты. При производстве шоколада и конфет, глазированных шоколадом, основным сырьем являются *какао-масло* и *какао-порошок,* которые получают из *какао-бобов.*

Для улучшения вкуса какао-бобы подвергают ферментации. Для этого их выдерживают на плантациях в кучах или в ящиках, накрытых листьями, в течение 4—7 сут. В них протекают биохимические и микробиологические процессы. Температура какао-бобов в ящиках в результате самосогревания повышается до 43—45 °С.

В это время на поверхности бобов развиваются дрожжи, бактерии (молочнокислые, уксуснокислые, гнилостные) и другие микроорганизмы, при участии которых и происходит процесс ферментации. При ферментации сахаристые вещества мякоти какао-бобов сбраживаются дрожжами, образуется спирт, а затем уксуснокислые бактерии превращают спирт в уксусную кислоту, которая и пропитывает их. Далее при повышении температуры до 50 °С протекают биохимические процессы, в результате которых частично окисляются дубильные вещества, появляется специфический аромат. Цвет бобов становится коричневым с различными оттенками.

После ферментации какао-бобы сушат, а затем обжаривают при температуре 150—170 °С в течение 10—15 мин. Большинство микроорганизмов при этом погибает. Однако при длительном хранении сырых какао-бобов, особенно в условиях повышенной влажности, бобы, содержащие большое количество жира, белков и других питательных веществ, подвергаются порче. Чаще всего наблюдается плесневение под влиянием различных мицелиальных грибов (аспергиллов, пенициллов и др.), что значительно снижает качество какао-бобов.

Фруктово-ягодные полуфабрикаты. Они объединяют пюре, повидло, варенье, приготовленные из различных фруктов и ягод, на поверхности которых обычно находится множество различных микроорганизмов (мицелиальные грибы, дрожжи, гнилостные, маслянокислые, уксуснокислые, молочнокислые бактерии, а также представители кишечной группы бактерий). На поврежденных фруктах и ягодах количество микроорганизмов возрастает в сотни и тысячи раз.

При производстве фруктово-ягодных полуфабрикатов для повышения их стойкости при хранении используются либо консерванты, либо тепловая обработка. Несмотря на это, часть микроорганизмов сохраняется и их развитие приводит к порче продуктов. Особенно подвержено порче пюре, для приготовления которого фрукты после мойки и ошпаривания протирают, добавляют консерванты — сернистую кислоту (0,1—0,2%) или натриевую соль сорбиновой кислоты (0,07%) и разливают в бочки.

Сначала под влиянием дрожжей-сахаромицетов в пюре происходит спиртовое брожение, затем образовавшийся спирт окисляется уксуснокислыми бактериями до уксусной кислоты. Молочнокислые бактерии сбраживают сахара пюре с образованием кислот. В пюре повышается кислотность, и оно закисает, на его поверхности развиваются несовершенные дрожжи и мицели-

альные грибы. В результате их жизнедеятельности также изменяется химический состав продукта, ухудшаются вкус и запах.

Повидло сохраняется лучше, так как его подвергают тепловой обработке — варке, при которой уничтожается большинство микроорганизмов, затем после добавления сахара его уваривают. Сахар замедляет размножение бактерий, оставшихся жизнеспособными. Однако при неправильном хранении в повидле могут протекать микробиологические процессы брожения и плесневения. Брожение происходит под влиянием осмофильных сахаромицетов, попадающих в основном из сахара, а также с тары и из воздуха. Плесневение повидла вызывают мицелиальные грибы, развивающиеся на его поверхности. В результате в повидле снижается количество сахара, появляются посторонний вкус и запах.

МИКРОБНАЯ ПОРЧА КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ И СПОСОБЫ ЕЕ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Некоторые виды кондитерских изделий могут портиться под влиянием микроорганизмов.

Порча мармелада, пастилы, сливочной помадки. Эти изделия малостойки при хранении, так как они имеют повышенное содержание влаги (22—24%), что способствует развитию в них осмофильных дрожжей, вызывающих их растрескивание, деформацию, а также изменение вкуса. Причиной является выделение CO_2 при сбраживании сахаров дрожжами.

Пластовый мармелад подвергается плесневению при развитии мицелиальных грибов, особенно при хранении его в помещениях с повышенной влажностью воздуха.

Для борьбы с данными видами порчи применяют сорбиновую кислоту, задерживающую рост мицелиальных грибов и дрожжей. Кислоту вносят в массу при изготовлении. Для предотвращения плесневения мармелада применяют 0,4%-ный спиртовой раствор сорбиновой кислоты, которым смачивают пергамент для его завертки.

Порча карамели, шоколада, конфет. Особенности технологического процесса изготовления карамели (небольшое содержание влаги, высокая концентрация сахара, являющегося консервантом, твердая консистенция) препятствуют размножению микроорганизмов. Карамель может сохраняться без порчи в течение нескольких месяцев. Однако некоторые сорта карамельных начинок могут подвергаться порче (прогоркать, забраживать) при хранении под влиянием микроорганизмов. Механизация и создание поточных линий по производству карамели практически исключают контакт изделий с руками персонала, что предотвращает обсеменение готовой продукции микроорганизмами.

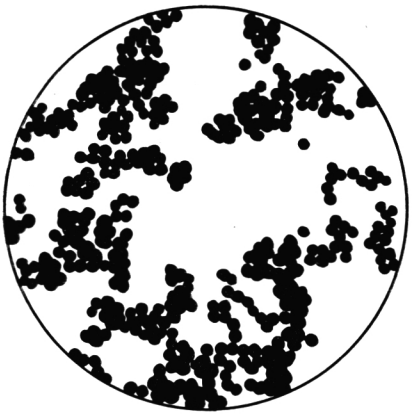


Рис. 37. Staphilococcus aureus

Некоторые сорта конфет бывают нестойки при хранении, например глазированные шоколадом конфеты со сливочной помадкой или ликерной начинкой, которые имеют повышенное содержание влаги. При хранении возможно вспучивание корпусов конфет, иногда они растрескиваются в результате давления газов, образуемых осмофильными дрожжами при брожении или газообразующими видами бактерий. При завертке продукции вручную возможно занесение различных патогенных микроорганизмов, вызывающих заболевания желудочно-кишечного тракта (дизентерия, брюшной тиф, паратифы, холера и т. д.). Эта инфекция заносится с рук персонала при несоблюдении должного санитарно-гигиенического режима.

Мерами борьбы с упомянутыми пороками являются использование высококачественного сырья, общий высокий санитарный уровень производства.

Порча кремовых изделий (пирожные, торты). Крем является полуфабрикатом для изготовления тортов и пирожных. Его химический состав благоприятен для развития микроорганизмов и потому он нестоек при хранении.

Источником инфицирования крема может быть исходное сырье (молоко, сливки, яйца, сливочное масло, сахар), микрофлора которого при развитии в креме ухудшает вкус и товарный вид изделий. С рук и одежды персонала может попасть кишечная палочка. Особенно быстро портится заварной крем, так как в состав его входит мука, с которой вносится большое количество микроорганизмов. Чаще всего заварной крем закисает в результате размножения различных видов молочнокислых бактерий. Однако при несоблюдении санитарных требований, а также из сырья в любой крем могут попадать и патогенные бактерии, которые там хорошо сохраняются, а некоторые даже размножаются и выделяют токсины, в частности стафилококки и салмонеллы.

Золотистый стафилококк Staphylococcus aureus (рис. 37), размножаясь в сливочном и заварном кремах, выделяет энтеротоксин (кишечный яд). Он термоустойчив, поэтому отравление может наступить и при употреблении изделий с заварным кремом. При комнатной температуре токсин обнаруживается в кремах через 4—5 ч, при температуре 5—6 °С токсин вырабатывается медленнее. Внешних признаков порчи изделия и его вкуса не отмечается. Отравление кремовыми изделиями насту-

пает при содержании клеток стафилококка в 1 г крема в количестве 10^6—10^9.

Салмонеллы могут попасть в крем из яиц (особенно водоплавающей птицы). Они хорошо размножаются в креме, и после гибели клеток выделяется термоустойчивый эндотоксин, который вызывает салмонеллезные пищевые токсикоинфекции.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОНДИТЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Микробиологическому контролю в кондитерском производстве подлежат сырье, полуфабрикаты и готовая продукция.

Контроль сырья. Во всех видах сырья определяют общую бактериальную обсемененность. Кроме того, при контроле молока, сливок, сгущенного молока, сливочного масла, какао-бобов, яиц (особенно утиных), меланжа и яичного порошка определяют также наличие патогенных стафилококков и бактерий кишечной группы (кишечной палочки, салмонелл).

Обнаружение кишечной палочки осуществляют по первой бродильной пробе (см. гл. 6), салмонелл — путем высева на дифференциально-диагностические среды. Патогенность стафилококков устанавливают по наличию или отсутствию у них фермента плазмокоагулазы.

Микробиологический контроль муки, сахара-песка, яичного порошка рассмотрен в гл. 8, 11, 15.

Молоко, сливки, сгущенное молоко согласно требованиям действующего ГОСТа должны иметь следующие микробиологические показатели (табл. 3).

Патогенных стафилококков и других патогенных бактерий в молоке и молочных продуктах не должно быть.

Контроль сливочного масла осуществляют следующим образом. Навеску масла расплавляют на водяной бане при 43—45 °С, взбалтывают до получения однородной суспензии и готовят несколько разведений (от 1 : 10 до 1 : 10^3)

3. Нормативное содержание микроорганизмов в сырье, используемом в кондитерской промышленности

Продукт	Общее количество микроорганизмов (тыс/мл)	Коли-титр, мл
Молоко		
пастеризованное	75	3,0
фляжное	500	0,3
Сливки	300	0,3
Сгущенное молоко	50	0,3

в пробирках с нагретой до 40—45 °С стерильной водой. Затем производят высев суспензии на плотные среды и устанавливают численность гнилостных бактерий на молочном агаре по зонам просветления (см. гл. 7), дрожжей, мицелиальных грибов на сусло-агаре, первую бродильную пробу.

Яйца, меланж, яичный порошок вначале просматривают на специальном приборе — *овоскопе,* на анализ отбирают яйца, которые при овоскопировании оказались сомнительными. Из стерильно отобранных проб яиц и меланжа готовят разведения от 1 : 10 до 1 : 10^4, из проб яичного порошка — разведения от 1 : 10 до 1 : 10^2, которые высевают на плотные среды.

Присутствие патогенных стафилококков и салмонелл в яйцах, меланже и яичном порошке не допускается. Коли-титр в них должен быть не ниже 0,1 г.

Микробиологический анализ какао-бобов осуществляют по требованию санитарной инспекции и определяют коли-титр, общее количество микроорганизмов и наличие патогенных форм.

В фруктово-ягодных полуфабрикатах (фруктовое пюре и повидло) определяют общее количество микроорганизмов, а также наличие мицелиальных грибов и дрожжей путем высева проб на сусло-агар. Коли-титр не определяют, так как высокая кислотность полуфабрикатов препятствует развитию кишечной палочки.

Контроль готовой продукции. Микробиологический контроль шоколада и шоколадных конфет (в случаях их ручной завертки и укладки) проводят по требованию санитарной инспекции и определяют коли-титр, общее содержание бактерий и наличие патогенных видов. В изделиях не должно быть обнаружено кишечной палочки и тем более патогенных микроорганизмов.

Для контроля кремовых изделий готовят препарат для микроскопирования. Для этого крем подогревают на водяной бане при 43—45 °С, делают тонкий мазок на предметном стекле, который обезжиривают и обрабатывают (фиксируют) смесью спирта и эфира (соотношение 1 : 1), окрашивают по методу Грама и исследуют. Особое внимание уделяют кокковым формам (стафилококкам) и грамотрицательным палочкам (кишечная палочка).

При определении общего количества бактерий осуществляется посев разведений крема (от 1 : 10 до 1 : 10^3) в теплой воде на мясо-пептонный агар. При наличии подозрительных колоний образцы крема исследуют на дифференциально-диагностических средах для обнаружения стафилококков.

В 0,001 г сливочного крема не допускается наличия кишечной палочки.

Вода по микробиологическим и санитарным показателям должна соответствовать требованиям ГОСТа на питьевую воду.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ КОНДИТЕРСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Технологическое оборудование производства шоколада (вальцовочные машины, смесители, шоколадоотливочные агрегаты и др.) в конце смены промывают горячей водой с кальцинированной содой, а затем ополаскивают горячей чистой водой. Один раз в неделю проводится их дезинфекция 0,2%-ным раствором хлорамина или 0,5%-ным раствором хлорной извести.

Матерчатые круги для прессования шоколадной массы не реже одного раза в неделю промывают горячей водой с содой и прополаскивают. Трубопроводы, по которым подается какаомасло, не реже одного раза в неделю промывают горячей водой и пропаривают.

Хранить шоколад следует при температуре воздуха 18 °С и влажности 65—70%.

В производстве конфет, глазированных шоколадом, очень важно, чтобы при отливке их в крахмал в отливочном отделении не проводились дополнительные операции. Уборку следует проводить только влажную, так как при сухой уборке вместе с пылью в воздух попадает большое количество микроорганизмов, оседающих на лотки с крахмалом и конфетами. Глазировочные машины промывают горячей водой с щелочью и ополаскивают; раз в неделю дезинфицируют 1%-ным раствором хлорной извести.

Оборудование, используемое в ирисном производстве, очищают и промывают после каждой варки и после окончания смены. Трубопроводы и коммуникации обрабатывают острым паром после каждой варки.

В производстве карамели вакуум-аппараты два раза в смену промывают горячей водой для удаления остатков карамели. Для удаления нагара не реже одного раза в неделю их обрабатывают раствором щелочи. Участок цеха у вакуум-аппаратов требует особенно тщательной ежесменной уборки. Все агрегаты для производства карамели должны содержаться в чистоте, тщательно очищаться от карамельной массы, крошек, систематически промываться горячей водой; штампующие детали машин обрабатывают острым паром.

Картонная, фанерная и ящичная тара, предназначенная для упаковывания карамели, должна быть чистой и сухой. Особо строгие, санитарно-гигиенические требования предъявляются к кондитерским изделиям с кремом, так как они при определенных условиях могут быть причиной возникновения пищевых отравлений, вызываемых патогенными стафилококками.

Для предупреждения попадания в изделия с кремом стафилококков необходимо ежедневно перед началом каждой смены проводить медицинский осмотр персонала с целью выявления гнойничковых заболеваний на руках и открытых частях тела,

а также страдающих ангиной или острым катаром верхних дыхательных путей, т. е. выявлять бактерионосителей стафилококков и отстранять их от работы. Также должна проводиться регулярная проверка рук на наличие кишечной палочки.

В цехе по производству кремовых изделий должен соблюдаться особенно строгий санитарно-гигиенический режим. Для изготовления крема категорически запрещается использовать яйца водоплавающей птицы. Куриные яйца подвергаются тщательной санитарной обработке. Их моют в трехкамерной ванне: в первой камере яйца промывают 0,5%-ным раствором кальцинированной соды; во второй дезинфицируют в течение 5 мин 2%-ным раствором хлорной извести или 0,5%-ным раствором хлорамина; в третьей яйца обмывают чистой проточной водой в течение 5 мин. Только после этого яйца можно использовать для приготовления яичной массы. Продолжительность хранения яичной массы, предназначенной для приготовления крема, при температуре не выше 8 °С — не более 8 ч, для выпечки полуфабрикатов — не более 24 ч.

Кремы сбивной сырой (безе) и заварной должны использоваться немедленно, а сливочный может расходоваться в течение 1,5—2 ч.

Внутренние поверхности кремосбивальной машины после приготовления порции крема, необходимого только для одной смены, зачищают сначала лопаткой, а затем стерильной рукавицей или скребком. После этого их моют 0,5%-ным раствором кальцинированной соды, подогретым до 40—45 °С, в течение 15 мин и далее дезинфицируют 1%-ным раствором хлорной извести, подогретым до 40—45 °С в течение 10 мин. Затем промывается горячей водой (не ниже 60 °С) до исчезновения запаха хлора.

Обработка инвентаря и внутрицеховой тары производится один раз в смену таким же образом. Мелкий инвентарь после мойки кипятят, а отсадочные мешки и кондитерские шприцы после мойки завертывают в бумагу и стерилизуют в автоклаве.

Торты и пирожные для предотвращения пищевых токсикоинфекций должны храниться при температуре 4—8 °С. Сроки реализации изделий со сливочным кремом не более 36 ч, с заварным кремом — не более 6 ч с момента их изготовления.

Глава 11. МИКРОБИОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРИСТЫХ ВЕЩЕСТВ

В производстве сахаристых веществ полезная жизнедеятельность микроорганизмов не используется, они играют только отрицательную роль, вызывая значительные потери сахара как в сырье в период его хранения, так и во время производственного процесса.

Производство сахаристых веществ включает свеклосахарное, сахарорафинадное и крахмало-паточное производства.

Сырьем в производстве сахара-песка служит сахарная свекла, в которой содержится 17,5—18% сахарозы.

Технология получения сахара-песка — это сложный, многостадийный физико-химический процесс, который состоит из множества операций, осуществляемых в следующих отделениях свеклосахарного завода:

свеклоперерабатывающее отделение (очистка, измельчение свеклы, извлечение сока из свекловичной стружки путем диффузии);

сокоочистительное отделение (очистка сока, получение сиропа, очистка сиропа и выпаривание);

продуктовое отделение (уваривание сиропа в утфель, кристаллизация, фугование и пробеливание утфеля, сушка и упаковывание сахара-песка).

Микроорганизмы — вредители свеклосахарного производства

Источниками посторонних микроорганизмов в свеклосахарном производстве являются сахарная свекла, вода, технологическое оборудование, воздух, персонал.

Микрофлора и болезни свеклы. В тканях свеклы содержатся разнообразные микроорганизмы. Огромное количество их находится на поверхности даже неповрежденной свеклы, в частичках почвы, прилипшей к корнеплоду (см. гл. 4 «Микрофлора почвы»). Микроорганизмы находят в свекле и на ее поверхности достаточное количество питательных веществ. Особенно много бактерий развивается на больной, поврежденной при выкапывании или неправильно хранящейся свекле (при многократном оттаивании и замораживании), так как эти факторы увеличивают доступность питательных веществ для микроорганизмов и понижают естественный иммунитет свеклы. Начинается бурное размножение микроорганизмов, сопровождающееся порчей корнеплода и снижением его сахаристости.

Микроорганизмы, находящиеся на поверхности свеклы, размножаются как в процессе роста растения, так и в процессе хранения свеклы, вызывают ее порчу. Поэтому болезни свеклы подразделяются на две группы: болезни, возникающие в период роста, и болезни, возникающие при хранении.

Болезни свеклы, возникающие в период роста. Они вызываются *фитопатогенными,* то есть вызывающими болезни растений, микроорганизмами. В результате их деятельности в корнеплоде нарушается углеводный обмен, усиливается процесс дыхания, что приводит к расходу сахарозы и накоплению продуктов обмена, подавляющих развитие корнеплода. Свекла, заболевшая в период роста, теряет иммунитет и быстрее портится при хранении.

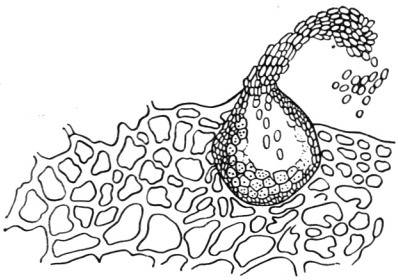


Рис. 38. Phoma betae

Болезни свеклы, возникающие в период роста, принято делить на три группы: болезни, возникающие в период роста и переходящие при хранении в кагатную* гниль (фомоз, фузариоз, хвостовая гниль); болезни, возникающие также во время роста, но менее опасные при хранении свеклы (дуплистость, парша, рак корнеплода, корнеед и др.); болезни листового аппарата. Эти болезни в основном вызываются мицелиальными грибами.

Фомоз (черная сухая гниль, или гниль сердечка) вызывается грибом Phoma betae из класса дейтеромицетов. Гриб не образует наружного мицелия и развивается только внутри растущего корнеплода. Органами размножения у него служат пикниды, погруженные в ткань, которые представляют собой группу очень коротких конидиеносцев с конидиями. Окружены пикниды особой оболочкой, состоящей из плотно переплетенных гиф. Конидии освобождаются из пикниды через узкое отверстие на вершине оболочки (рис. 38).

Гриб развивается в широких пределах pH (от 3 до 9), поэтому обработка свеклы известью не приносит пользы.

Фомоз поражает различные органы свеклы. На листьях она проявляется в виде желтовато-бурых пятен с концетрическими зонами, на стеблях образует белые пятна. Пораженная ткань корнеплода становится черной, сухой и твердой. Фомоз продолжается и при хранении свеклы в кагатах.

Фузариоз свеклы вызывается различными представителями мицелиальных грибов из рода Fusarium, относящихся к классу дейтеромицетов. На свекле паразитирует около 60 видов этого рода грибов.

Они размножаются с помощью конидий, которые имеют удлиненную изогнутую серповидную форму (от лат. «фузариум» — серповидный) (рис. 39). Грибы этого рода неприхотливы к внешним условиям: растут в широком диапазоне pH (от 2 до 9) и температуры (от 0 до 35 °С).

Болезнь выражается в отмирании сосудисто-волокнистых пучков. Она возникает в засушливых условиях произрастания. Нежные боковые корешки травмируются при растрескивании почвы и погибают, в результате чего мицелий гриба проникает по сосудистым пучкам внутрь корнеплода, где образуются по-

* Свекла, предназначенная для длительного хранения, складывается на специально отведенной вблизи завода площадке в *кагаты* — длинные наземные кучи трапецеидального сечения. Отсюда и название вида порчи свеклы микроорганизмами — кагатная гниль.

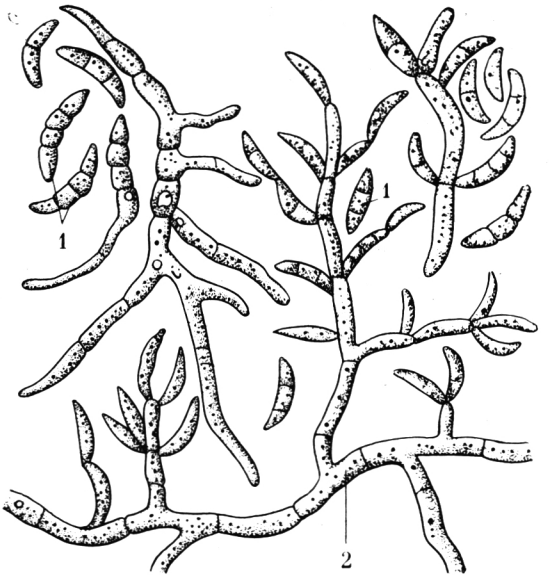


Рис. 39. Fusarium:
1 — конидии; *2* — мицелий

лости, заполненные мицелием розового, красного или желтого цвета. В дальнейшем ткань под мицелием становится темно-бурой или черной.

При фузариозе листья желтеют, увядают, растение полностью погибает в результате нарушения поступления воды и питательных веществ в клетки корнеплода. Фузариоз продолжается и при хранении в кагатах.

Хвостовая гниль выражается в загнивании хвостовой части корнеплода и постепенно переходит в кагатную.

К болезням свеклы, возникающим во время роста, но не менее опасным при хранении, относятся дуплистость, парша, рак корнеплода, корнеед и др.

Дуплистость корнеплода бывает двух видов: дуплистость головки и центральная. Это заболевание объясняется неравномерным поступлением в корнеплод влаги. При дуплистости головки образуется полость в области головки. В дупло проникают почвенные бактерии, которые вызывают гниение свеклы как в период роста, так и при хранении. При центральной дуплистости полость образуется в центре корня. В этих дуплах развиваются грибы Phoma betae, Fusarium, Penicillium и некоторые виды бактерий, которые вызывают порчу корнеплода.

Парша корнеплодов бывает трех видов: бактериальная, при которой пораженные участки корня покрываются шероховатыми бородавками; актиномикозная, или поясковая, возбудителями которой являются актиномицеты и при которой парша воз-

никает около шейки, охватывая корнеплод пояском; обыкновенная, развивающаяся в любом участке корнеплода без образования пояска, вызывается тоже актиномицетами. В кагатах корнеплоды, пораженные паршой, легко загнивают.

Рак корнеплода, вызываемый бесспоровой палочкой Agrobacterium tumefaciens, характеризуется образованием в области шейки корнеплода огромных наростов, которые отваливаются от корня. Болезнь поражает отдельные корнеплоды, которые не допускается укладывать в кагаты.

Корнеед — очень распространенная болезнь сахарной свеклы, которая проявляется в заболевании подземной части ростка, Корнеед возникает при неблагоприятных условиях влажности, температуры и т. п., в результате чего задерживается развитие ростка. Болезнь вызывают мицелиальные грибы родов Penicillium, Alternaria и др.

Болезни третьей группы, поражающие листовой аппарат свеклы, не оказывают влияние на развитие кагатной гнили, но ослабляют устойчивость свеклы при хранении.

Болезни свеклы, возникающие при хранении. Во время хранения корнеплод свеклы остается жизнеспособным и в нем происходят процессы обмена веществ. Однако после выкапывания корнеплодов из земли в них нарушается водный баланс; корнеплоды теряют влагу; в них усиливается процесс дыхания. При дыхании сахароза гидролизуется с образованием инвертного сахара, который далее превращается в диоксид углерода и воду, выделяется большое количество тепла.

В результате этих процессов создаются особо благоприятные условия для развития кагатной гнили. *Кагатная гниль* — это разложение тканей корнеплода под воздействием комплекса различных микроорганизмов, сопровождающееся потерей сахара.

Разрушение тканей корнеплода происходит вследствие того, что возбудители кагатной гнили обладают богатым набором гидролитических ферментов. Это целлюлаза, активно разрушающая стенки клеток корнеплода свеклы; пектиназа, расщепляющая межклеточные вещества; инвертаза, осуществляющая инверсию (гидролиз) сахарозы и др. Развитию кагатной гнили способствуют продолжительные сроки хранения, засоренность свеклы почвой, подвяливание и подмораживание корнеплодов, повышенная температура хранения, высокая относительная влажность воздуха, механическое повреждение корнеплодов при их выкапывании и кагатировании.

Основными возбудителями кагатной гнили являются мицелиальные грибы. Одни из них вызывают болезни свеклы, которые возникают еще в период роста и продолжаются при хранении (фомоз, фузариоз); другие поселяются в местах механических повреждений поверхности корнеплода сразу же после выкапывания из почвы и вызывают такой вид порчи как ботритиоз.

Морфология грибов — возбудителей фомоза и фузариоза, а также признаки поражения ими свеклы описаны выше.

Ботритиоз вызывается грибом Botrytis cinerea, который является наиболее злостным возбудителем кагатной гнили.

Этот гриб относится к классу дейтеромицетов, он имеет многоклеточный мицелий, на котором образуются древовидно ветвящиеся конидиеносцы с расположенными на них конидиями, которыми гриб размножается (лат. «ботритис» — кудрявая) (рис. 40). Он образует мицелий серого цвета, который быстро обволакивает корень плотным слоем.

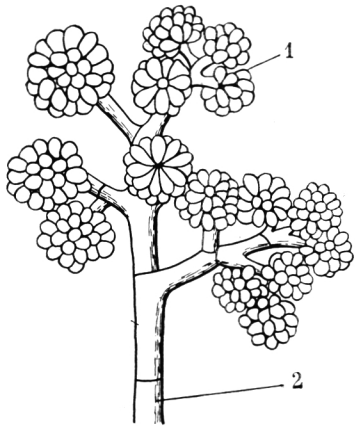


Рис. 40. Botrytis:
1 — конидии; *2* — конидиеносец

На поздней стадии развития мицелий гриба переходит с одного корнеплода на другой, образуя гнезда слипшихся корнеплодов, покрытых паутинообразным грязно-серым мицелием. Загнившая ткань темного цвета. Оптимальными для развития гриба являются кислая среда (pH 4,5—5), температура 25—30 °С (рост гриба прекращается только при температуре минус 4 °С), относительная влажность воздуха не менее 94% (при 90% развитие прекращается), активная аэрация. В нейтральной среде рост гриба задерживается, в щелочной приостанавливается и гриб погибает. Поэтому один из методов борьбы с ботритиозом основан на обработке свеклы гашеной известью.

После поражения свеклы в кагатах этими грибами развиваются менее активные возбудители кагатной гнили.

Ризопусное гниение вызывают мукоровые грибы класса зигомицетов, к которым относятся роды Mucor и Rhizopus. Грибы рода Rhizopus отличаются от мукоровых тем, что у них от мицелия отходят узлоподобные побеги (столоны), от которых отходит пучок спорангиеносцев со спорангиями, где формируются споры (см. рис. 12).

Мукоровые грибы развиваются только при высокой температуре в пределах 25—35 °С и даже 43 °С. Процесс ризопусного поражения свеклы протекает без доступа кислорода, грибы вызывают спиртовое брожение с образованием спирта и диоксида углерода.

На поверхности корней образуется пушистый мицелий серого цвета, быстро обволакивающий корнеплоды и заполняющий между ними пространства. На нем можно заметить невооруженным глазом множество мелких головок черного цвета — спорангии.

Довольно большой вред наносят свекле многочисленные представители класса аскомицетов (аспергилловые и пенициллловые грибы).

В состав кагатной гнили входит также бактериальная микрофлора, которая вызывает *бактериозы* свеклы.

Обычно бактерии поселяются на свекле после ее поражения грибами, которые подготавливают среду для размножения бактерий, под действием которых свекла приходит в полную негодность. Бактерии завершают процесс кагатной гнили.

В кагатной гнили обнаруживают различные виды гетероферментативных молочнокислых бактерий. Палочковидные формы (Lactobacillus brevis, L. buchnerii) сбраживают сахара свеклы с образованием молочной, уксусной, муравьиной кислот, этилового спирта и CO_2, а гетероферментативные кокки рода лейконосток (Leuconostoc mesenteroides, L. dextranicum) на богатых сахаром средах образуют слизистые капсулы, состоящие из полисахарида декстрана, образующегося при гидролизе сахарозы. Лейконосток при размножении образует дипло- и стрептококки, окруженные капсулой. Скопление капсул напоминает лягушачью икру. В практике эти бактерии называют «сахарным клеком». Оптимальная температура развития 30—35 °С. Благодаря наличию капсул клетки этих бактерий устойчивы к высоким температурам и антисептикам.

В кагатной гнили обнаружены также гнилостные и маслянокислые бактерии. Бактерии из группы гнилостных разлагают белковые вещества свеклы с образованием аммиака, ацетона, уксусного альдегида, β-оксимасляной кислоты, органических кислот, CO_2, H_2. Чаще всего это спорообразующие аэробы — сенная палочка (Bacillus subtilis), которая разлагает также сахарозу с образованием полисахарида левана, способствующего слизеобразованию. Оптимальная температура их развития 35—40 °С, но они могут хорошо развиваться при 50—60 °С. К гнилостным бактериям относятся и представители кишечной группы бактерий — кишечная палочка (Escherichia coli) и протей (Proteus vulgaris).

Маслянокислые бактерии (Clostridium macerans, C. pectinovorum) гидролизуют пектиновые вещества, крахмал и сбраживают сахара с образованием масляной и уксусной кислот, ацетона, различных спиртов и газов.

Существует три типа бактериозов свеклы: слизистый, сухой и почернение сосудисто-волокнистых пучков корнеплода. Наиболее распространенным и опасным является *слизистый бактериоз*. Бактерии, вызывающие слизистый бактериоз, относятся к кишечной группе (род Erwinia), входят в состав микрофлоры растений и патогенны для них. Обладая активными пектолитическими ферментами, они проникают в глубь корнеплодов и ослизняют содержимое клеток. Корнеплоды становятся мягкими, при надавливании из их полостей выделяется прозрачная или мутная жидкость. Свекла приобретает неприятный запах.

При слизистом бактериозе часто встречаются дрожжи рода Saccharomyces, которые сбраживают сахара клеточного сока до спирта и CO_2.

Поражение корнеплодов слизистым бактериозом наблюдается в зимне-весенний период при колебаниях температуры в кагатах, в результате чего происходит чередование подмораживания и оттаивания свеклы и утрачивается ее устойчивость к инфекции.

Кроме сахарной свеклы внешним источником инфекции в свеклосахарном производстве является вода.

На технологические нужды используют воду из различных водоемов (прудов, рек) (см. гл. 4 «Микрофлора воды»). Ее применяют для транспортирования (гидравлический транспортер) и мойки свеклы, для охлаждения пара в конденсаторах, вакуум-насосах и др. Часто транспортерно-моечную воду используют повторно, что ухудшает качество мойки свеклы.

В диффузионных аппаратах используется возвратная (барометрическая и жомопрессовая) вода. Барометрическая вода, получаемая путем конденсации водяных паров, имеет температуру 40—45 °С, которая является благоприятной для развития в ней инфекции. Несмотря на обязательную предварительную обработку барометрической воды, в ней содержится такое же количество микроорганизмов, как и в речной (прудовой) воде. При ее многократном повторном использовании обсемененность возрастает до сотен тысяч и десятков миллионов с преобладанием термофильных видов.

Количество микроорганизмов в жомопрессовой воде зависит от биологической чистоты диффузионного сока. Возврат жомопрессовой воды в диффузионные аппараты повышает инфицированность сока, так как даже после тепловой обработки в ней остаются жизнеспособные термофильные и слизеобразующие виды бактерий.

Технологический процесс получения сахара создает очень жесткие условия для развития и жизнедеятельности микроорганизмов. Это высокая температура, высокая концентрация веществ, резкое изменение pH среды и т. д. В таких условиях выживают только такие микроорганизмы, которые способны перенести неблагоприятные условия, приспособиться к ним, даже размножаться и использовать питательные вещества среды, тем самым нанося большой ущерб производству.

Микрофлора свеклоперерабатывающего отделения. Наиболее благоприятные условия для развития инфекции в свеклосахарном производстве создаются на начальных этапах технологического процесса (мойке и резке свеклы, в диффузионных аппаратах).

Если в период роста и при хранении свеклы основная роль в ее повреждении, а следовательно, в потерях сахара принадлежит мицелиальным грибам, то в процессе переработки свеклы потери сахара связаны с жизнедеятельностью бактерий.

Микрофлора свекловичной стружки и диффузионного сока. Степень инфицированности свекловичной стружки зависит от состояния свеклы, обсемененности воды, используемой для мойки, и качества отмывания свеклы от почвы и примесей.

В моечное отделение микроорганизмы попадают со свеклой, прилипшей к ней почвой и транспортерно-моечной водой. При многократном возврате в 1 мл воды содержится от сотен тысяч до нескольких миллионов термофильных и мезофильных бактерий, актиномицетов, мицелиальных грибов и дрожжей. Среди бактерий много спорообразующих и слизеобразующих видов. Вследствие того, что содержание сахара в этой воде достигает до 0,2%, в ней начинаются процессы брожения.

Диффузионный сок является хорошей питательной средой для различных микроорганизмов, которые попадают в головную часть диффузионных аппаратов со свекловичной стружкой и транспортерно-моечной водой, а в хвостовую часть — с жомопрессовой и барометрической водой. Температура в процессе диффузии от 35 до 75—80 °С является благоприятной для различных групп микроорганизмов. Некоторые особенно устойчивые виды бактерий проходят через весь технологический процесс и даже обнаруживаются в готовой продукции.

Общее количество микроорганизмов в 1 мл диффузионного сока колеблется от 10 тыс. до 40 млн. В нормальных условиях работы при переработке здоровой свеклы в 1 мл диффузионного сока количество микроорганизмов не превышает 10—12 млн. клеток. Однако количественная характеристика инфицированности диффузионного сока еще не дает представления о том, какие микробиологические процессы могут возникнуть в нем.

Наибольшую опасность представляют слизеобразующие и термофильные бактерии. При развитии слизеобразующих бактерий — лейконостока (L. mesenteroides, L. dextranicum) и сенной палочки (B. subtilis) диффузионный сок ослизняется, приобретает желеобразную консистенцию, с трудом продвигается в аппаратах, плохо фильтруется.

Развитие слизеобразующих бактерий чаще всего наблюдается при переработке подмороженной и оттаявшей свеклы, пораженной бактериозом.

В соке с высокой температурой (50—70 °С) в непрерывно действующих аппаратах создаются условия для развития термофильных спорообразующих бактерий, имеющих повышенную оптимальную температуру развития (50—65 °С). Наибольшую опасность представляет факультативный анаэроб Bacillus stearothermophylus, споры которого выдерживают температуру 120 °С в течение 75 мин. Он является очень сильным кислотообразователем, образуется до 95% молочной кислоты от количества сброженного сахара. В результате активная кислотность диффузионного сока резко повышается. Эти бактерии являются очень опасными вредителями сахарного производства, так как

потребляют большое количество сахара и особенно устойчивы ко всем специфическим условиям технологического процесса производства сахара.

В диффузионном соке часто обнаруживаются и мезофильные спорообразующие бактерии — сенная палочка (B. subtilis), а также неспороносные бактерии кишечной группы (E. coli, Proteus vulgaris). Они относятся к гнилостным, разрушают белковые вещества свеклы и в то же время вызывают гидролиз сахарозы, образование инвертного сахара, накопление органических кислот и других продуктов.

Подкисление среды за счет образующихся кислот при сбраживании сахаров свеклы происходит также под воздействием маслянокислых и палочковидных молочнокислых бактерий. Значительное количество сахара в процессе диффузии потребляют и осмофильные дрожжи рода Saccharomyces при снижении температуры сока до 30—32 °С.

Микробиологические процессы, происходящие в диффузионном соке, накопление продуктов жизнедеятельности микроорганизмов служат причиной потерь сахарозы и ведут к понижению качества диффузионного сока.

Микрофлора сокоочистительного отделения. Диффузионный сок после экстрагирования поступает далее на очистку (дефекацию) от посторонних примесей (органических и других веществ) при помощи извести и диоксида углерода, а затем на сатурацию — обработку CO_2 для удаления извести.

В сокоочистительном отделении развитие микроорганизмов ограничено из-за высоких температур и щелочной среды. Но, несмотря на это, спорообразующие и слизеобразующие микроорганизмы обнаружены и в преддефекаторах, и на станции фильтрования. В преддефекаторах размножение бактерий, в основном слизеобразующих, может наблюдаться при понижении pH сока до 9 (вместо pH 10), сок может превратиться в желеобразную массу, что снижает выход сахара.

После очистки сок нагревают и фильтруют через ткань в ротационных вакуум-фильтрах. Если фильтрование сока протекает медленно из-за каких-либо технических причин (перегрев стружки, недогазированный сок и др.), то на этом этапе развиваются слизеобразующие бактерии, которые ослизняют сок и забивают поры ткани, в результате чего фильтры выходят из строя.

После сатурации и нормального фильтрования количество микроорганизмов в сахарном сиропе значительно уменьшается.

Микрофлора продуктового отделения. Микрофлора продуктового отделения отличается от микрофлоры сокоочистительного. В полупродуктах (сахарном сиропе, оттеках, клеровке, сахаре-сырце) количество микроорганизмов меньше, чем в преддефекованном соке. В полупродуктах остается некоторое количество наиболее устойчивых спор термофильных бактерий, а также осмофильных дрожжей и мицелиальных грибов. Повы-

шению обсемененности способствует задержка продуктов в аппаратах и их вторичное инфицирование в результате размножения микроорганизмов на стенках и крышках сборников, вакуум-аппаратов, соколовушек, а также попадание спор и вегетативных клеток вместе с водой и загрязненным воздухом в кристаллизаторы, центрифуги, вибротранспортеры.

Микрофлора готового продукта. В конечном продукте свеклосахарного производства — товарном белом сахаре-песке также имеется довольно значительное количество микроорганизмов. Микрофлора белого сахара большей частью является микрофлорой вторичного происхождения. Готовый сахар загрязняется микроорганизмами в процессе его очистки, сушки, упаковывания и хранения, особенно при повышенном содержании влаги в продукте. По стандартным нормам содержание влаги в сахаре-песке должно быть не более 0,15%, так как при этом развитие микроорганизмов невозможно. При повышенном содержании влаги их количество резко возрастает.

В сухом сахаре обнаружены мезофильные и термофильные спорообразующие бактерии, продуцирующие кислоты, а также лейконосток, осмофильные дрожжи и мицелиальные грибы. Во влажном сахаре преобладают мицелиальные грибы.

Сахар следует хранить в чистом сухом помещении при температуре 15—20 °С и относительной влажности воздуха в пределах 50—65%, при таких условиях содержание микроорганизмов в нем уменьшается. Количество микроорганизмов в 1 г сахара-песка при стандартном содержании влаги (0,15%) составляет от 50 до 100 клеток.

Наличие микрофлоры в сахаре представляет собой огромную опасность для пищевых производств, использующих сахар как сырье. В кондитерской промышленности газообразующие бактерии и дрожжи приводят к вспучиванию и растрескиванию конфет. Лейконосток вызывает ослизнение безалкогольных напитков. Особенно большой вред микроорганизмы сахара наносят при выработке консервов. При консервировании ягод и плодов наиболее опасны термофильные спорообразующие бактерии, продуцирующие кислоты, сероводород и другие газы. Эти микроорганизмы вызывают порчу консервов.

Микробиологический контроль свеклосахарного производства

Контроль свекловичной стружки. Инфицированность стружки определяют методом спонтанного (самопроизвольного) брожения и методом смыва микроорганизмов со стружки.

При спонтанном брожении в стружке, залитой стерильной водой, определяют pH (при 55—60 °С). Величину pH определяют через каждый час. Если через 6 ч pH остается на уровне 6,8 и не снижается, свеклу считают хорошей. Методом спонтан-

ного брожения анализируют также воду, поступающую на диффузию.

Количество и видовой состав микроорганизмов в свекловичной стружке определяют методом смыва, который делают стерильной водой с определенной навески стружки. Затем готовят ряд разведений (1 : 10, 1 : 10^2, 1 : 10^3) и делают посев на разные элективные среды.

Контроль диффузионного сока. Пробы сока отбирают в стерильную посуду через каждый час. В пробах определяют активную (pH) и титруемую кислотность, содержание инвертного сахара и количество микроорганизмов в поле зрения прямым микроскопированием либо в счетной камере Горяева.

За развитием микроорганизмов в процессе диффузии можно следить по пробе на спонтанное брожение. При нормальном процессе диффузии pH сока не изменяется и составляет 6,2—6,6.

Высев определенных количеств диффузионного сока на плотные питательные среды (мясо-пептонный агар, мясо-пептонный агар с 10% сахарозы, среду Чапека, сусло-агар) производят для подсчета количества микроорганизмов в 1 мл и для определения состава микрофлоры. Выявление мезофильных микроорганизмов осуществляют при 35—37 °С, термофильных — при 55—60 °С, мицелиальных грибов и дрожжей — при 22—25 °С.

Указанные анализы могут быть применены для контроля оборотной воды (жомопрессовой, транспортерно-моечной, барометрической); анализы производят один раз в смену. Жомопрессовую и барометрическую воду анализируют перед поступлением ее в диффузоры, транспортерно-моечную — после выхода из отстойников.

Контроль сатурационного сока и сиропа. В пробах сока определяют pH и наличие микроорганизмов путем прямого микроскопирования. Значение pH в преддефекаторах должно быть не ниже 10, количество микроорганизмов — не более 1—2 в одном поле зрения.

Сироп, разведенный в соотношении 1 : 10, разливают в две стерильные колбы. Одну колбу нагревают 5 мин на кипящей водяной бане. Из непрогретой пробы делают посев на мясо-пептонный агар без сахарозы и агар с 10% сахарозы, сусло-агар и среду Чапека для определения мезофильных микроорганизмов (слизеобразующих бактерий, грибов, дрожжей), из прогретой — для определения термофильной группы.

Контроль сахара-песка. Пробы сахара-песка отбирают из каждых пяти мешков (около 250—300 г). Количество микроорганизмов в 1 г сахара определяют путем высева ряда разведений (1 : 10, 1 : 10^2, 1 : 10^3 и т. д.) на элективные среды из проб, прогретых в течение 5 мин и непрогретых. В сахаре-песке определяют термофильные бактерии (кислотообразующие аэробы, анаэробы, образующие и не образующие сероводород) и мезофильные микроорганизмы (слизеобразующие бактерии, осмофильные дрожжи, мицелиальные грибы).

Санитарно-гигиенический режим свеклосахарного производства

Для предохранения сахарной свеклы в кагатах от болезней необходимо проводить следующие мероприятия: поддерживать температуру на возможно более низком уровне (осенью, когда кагаты не укрывают, — от 5 до 10 °С, зимой в укрытых кагатах — от 0 до 4 °С); удалять примеси (почву, ботву, отбитые куски свеклы — бой); дезинфицировать известковым молоком площадки для складирования свеклы (кагатные поля), а также поверхности кагата по мере их укладывания; предохранять свеклу от увядания, замораживания и быстрого оттаивания; сортировать и распределять свеклу в кагаты в зависимости от степени зрелости и качества; соблюдать очередность переработки; тщательно контролировать ее состояние в кагатах во время хранения. При обнаружении кагатной гнили очаг инфекции нужно немедленно ликвидировать, а при появлении гнили в новых местах кагат перерабатывают вне очереди.

Для дезинфекции кагатного поля и свеклы используют известковое молоко или дефекационную грязь (в сухом виде), которые создают щелочную среду, неблагоприятную для развития мицелиальных грибов. Однако использовать эти дезинфектанты при хранении битой или подмороженной свеклы нельзя, так как щелочная реакция способствует развитию бактериозов. Хлорная известь малоэффективна против возбудителей фомоза.

В высоких кагатах необходимо обеспечивать активную принудительную вентиляцию для отвода теплоты, выделяемой при дыхании свеклы. Относительная влажность воздуха, подаваемого в кагаты, не должна быть ниже 80%, что требует ее искусственного увлажнения.

Все оборудование для мойки, очистки и резки свеклы, а также диффузоры необходимо регулярно (не реже 1 раза в смену) очищать от отходов, промывать и дезинфицировать 3%-ным раствором формалина, а пульповушки после их очистки пропаривать в течение 30 мин.

Транспортерно-моечную воду хлорируют (2 части хлорной извести на 100 л воды). Барометрическую воду, подаваемую в диффузоры, необходимо прогревать до 70—80 °С и сульфитировать или вносить формалин. При непрерывном процессе диффузии в диффузоры вводят 40%-ный раствор формалина через каждые 2 ч (10 кг на 100 т свеклы).

Для профилактики и борьбы с микроорганизмами рекомендуется содержать помещение продуктового отделения сухим и чистым, не допускать попадания на пол утфеля, оттеков, воды. Аппаратуру этого отделения необходимо содержать в чистоте, ее конструкция должна обеспечивать невозможность загрязнения продукта.

Особые гигиенические требования предъявляют к сушильному, упаковочному отделениям и складам готовой продукции.

Помещение сушильного отделения должно иметь приточно-вытяжную вентиляцию, быть хорошо защищено от пыли. Воздух, подаваемый в сушилки, очищают с помощью специальных воздушных фильтров.

Мешки для упаковывания сахара-песка должны быть чистыми и храниться на специальных стеллажах. Обслуживающему персоналу сушильного отделения необходимо соблюдать строгий санитарно-гигиенический режим: перед работой принимать душ, переодеваться в чистую санитарную одежду и обувь.

САХАРОРАФИНАДНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Сахар-рафинад получают на сахарорафинадных заводах из сахара-песка или из тростникового сахара-сырца путем их перекристаллизации и дальнейшей очистки от несахаров и красящих веществ.

Рафинированный сахар выпускают в виде рафинированного песка, кускового и быстрорастворимого рафинада.

Микроорганизмы в продуктах сахарорафинадного производства и их влияние на выход рафинада

Рафинированный сахар содержит значительное количество спор термофильных микроорганизмов (аэробов — возбудителей плоскокислой порчи консервов, газообразующих анаэробов, выделяющих и не выделяющих сероводород). Они могут явиться источником инфицирования консервированных продуктов, безалкогольных напитков, джемов, варенья, продуктов детского питания. Термофилы встречаются почти во всех продуктах рафинадного производства.

Установлено, что содержание термофилов в готовой продукции рафинадных заводов зависит не от степени загрязнения ими сырья (сахара-песка или сахара-сырца), а от технологии производства. Источниками термофильной инфекции в производстве рафинированного сахара могут быть вода, воздух, руки при упаковывании вручную и одежда персонала, тара.

В технологии рафинадного производства не применяют такие температуры, которые бы подавляли жизнедеятельность и размножение термофильных микроорганизмов, имеющих оптимальную температуру роста 50—60 °С. Напротив, температура основных продуктов рафинадного производства даже способствует их развитию.

В продуктах рафинадного производства наряду с термофильными содержатся мезофильные и термотолерантные микроорганизмы, которые способны развиваться одинаково хорошо и при 30 °С, и при 60 °С. Эта микрофлора в основном представлена спорообразующими аэробными палочками, споры которых выдерживают кипячение в течение 5 мин. Такие группы микро-

организмов были обнаружены во всех продуктах рафинадного производства (на станциях получения рафинадной кашки и на станциях истощения темного оттека II рафинадного утфеля). Они приспособились не только к высоким температурам, но и к высокой концентрации сахара, недостатку питательных веществ и т. д. Большинство из них является аэробами, следовательно, могут расти на открытых внутренних стенках сборников, желобов и на поверхности продуктов.

В пробах продуктов из роспускного отделения обнаруживается значительное количество мицелиальных грибов.

Все эти микроорганизмы обладают высокой биохимической активностью и сбраживают сахара (сахарозу, глюкозу) с образованием органических кислот, аммиака, газов; гидролизуют сахарозу, образуют слизи, что влияет на показатели качества продуктов сахаро-рафинадного производства.

Сбраживание сахаров бактериями с образованием кислот приводит к увеличению потерь сахара, а понижение при этом pH продуктов, в свою очередь, усиливает процесс инверсии сахарозы, что также приводит к потерям сахара. Инверсия сахарозы ферментами микроорганизмов также способствует увеличению потерь сахара.

Выделение бактериями аммиака увеличивает pH продуктов, что повышает их цветность.

Образование микроорганизмами слизистых веществ повышает вязкость продуктов и приводит к замедлению кристаллизации сахара и снижает скорость фильтрования продуктов.

Микробиологический контроль и санитарно-гигиенический режим сахарорафинадного производства

С целью уменьшения потерь, вызываемых жизнедеятельностью микроорганизмов в производстве рафинированного сахара и соответствия его требованиям бактериологической чистоты необходимо осуществлять микробиологический контроль и выполнять мероприятия по борьбе с микрофлорой на отдельных этапах технологического процесса.

Контроль процесса приготовления сиропа (роспуск сахара-песка). Для приготовления из сахара-песка заливочного клерса, или сиропа, используют фильтрованную воду, нагретую до 95 °С. В пробе воды определяют общее количество термофилов и мезофилов. Для обнаружения термофилов пробу воды прогревают в течение 5 мин на водяной бане при 100 °С, посевы выращивают в термостате при 55—60 °С. Мезофилов определяют в непрогретой пробе.

Клеровочные мешалки два раза в смену следует полностью очищать от механических примесей, осевших на стенках и днище, промывать горячей водой и дезинфицировать формалином (1,5—2 кг 40%-ного формалина на одну мешалку).

Контроль процесса очистки сиропов. Эффективным средством снижения количества термофильных микроорганизмов является фильтрация сиропа через адсорбент, в результате чего их количество снижается в несколько раз. Для этого необходима тщательная термическая обработка адсорбента и снабжение сборников фильтрованного сиропа плотно закрывающимися крышками.

Контроль процесса кристаллизации сахара. Источником инфицирования здесь могут быть остатки утфеля в мешалках и окружающий воздух. Чтобы уменьшить попадание микроорганизмов в продукт на этом участке, следует закрывать крышками утфелемешалки, периодически очищать мешалки от налипшего на валы и лопасти утфеля и промывать их горячей водой (95—100 °С).

Контроль процесса фугования и пробеливания утфелей. При приготовлении клерса необходимо следить за тем, чтобы для этого использовалась только артезианская фильтрованная вода или конденсат. Кроме того, один раз в сутки проводят микробиологический анализ воды, отбирая пробы из шланга и центрифуг, на определение общего количества мезофилов и термофилов. Инфекция в центрифуги может попасть из засасываемого воздуха. Поэтому проводят микробиологический анализ воздуха.

Желоба утфелераспределителя следует содержать в чистоте, не допускать потерь утфеля.

Контроль процесса прессования рафинадной кашки, сушки и охлаждения рафинада. При транспортировании рафинадной кашки к прессам необходимо принять меры, препятствующие дополнительному инфицированию кашки на этом участке. Для этого ленточный шнек, ковшовый элеватор, транспортер, просеивающее трясосито надо очищать не реже одного раза в смену. Траспортер должен быть закрыт кожухом из плексигласа.

Один раз в смену следует очищать прессы. Труднодоступные места матриц протирать чистой тканью и рафинад после первых 10—15 прессований возвращать на клеровку.

Воздух для сушки и охлаждения рафинада следует проверять на загрязненность микроорганизмами.

Контроль готовой продукции. В рафинированном сахаре перед его упаковыванием один раз в пять суток определяют общее количество термофилов и аэробных термофилов — возбудителей плоскокислой порчи. При обнаружении повышенного содержания этих микроорганизмов анализы проводят один раз в сутки и принимают соответствующие меры.

При упаковывании сахара-рафинада может произойти инфицирование, которое ликвидирует эффективность всех мероприятий, направленных на получение сахара с минимальным содержанием термофилов. Для упаковывания рафинада лучше использовать новые мешки, так как на ткани мешков, бывших в употреблении, содержится в несколько раз больше термофильных микроорганизмов. Еще лучше для упаковывания ра-

финада применять полиэтиленовые или другие синтетические вкладыши, на поверхности которых находится в тысячи раз меньше спор, чем на такой же поверхности мешковины.

При микробиологическом анализе партии мешков определяют общее количество термофилов и аэробных термофилов — возбудителей плоскокислой порчи, мицелиальных грибов и дрожжей. Если же для упаковывания рафинада используется бумага, то в этой партии определяют общее количество термофилов и мезофилов.

КРАХМАЛО-ПАТОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Сырье и основные стадии технологического процесса

Основной продукцией крахмало-паточного производства являются сухой крахмал, патока, кристаллическая глюкоза. Сырьем являются картофель и кукуруза. Сначала осуществляется производство сырого крахмала, а из него — производство крахмалопродуктов.

Получение сырого крахмала из картофеля включает мойку клубней в картофелемойках; измельчение на непрерывно действующих терочных машинах (получение кашки), выделение крахмальных зерен и промывание их на ситах (получение крахмального молока); осаждение из него сырого крахмала и его промывание.

Процесс получения сырого крахмала из кукурузы несколько сложнее. Он начинается с очистки зерна от посторонних примесей на сепараторах, затем следуют замачивание зерна для размягчения (дробление и отделение зародыша); размалывание дробленого зерна в крошку; выделение крахмальных зерен и промывание их на ситах; осаждение сырого крахмала и его промывание.

Сухой крахмал получают путем высушивания сырого крахмала на специальных сушилках до остаточного содержания влаги 20%.

Производство патоки включает следующие стадии: гидролиз сырого крахмала под влиянием кислоты или амилолитических ферментных препаратов грибного или бактериального происхождения; нейтрализация кислого сиропа (гидролизата) после кислотного гидролиза; очистка гидролизата или сиропа (при ферментативном гидролизе); уваривание густых сиропов до плотности патоки, охлаждение и упаковка.

В производстве кристаллической глюкозы первые четыре стадии те же, что и при производстве патоки, но после четвертой стадии (уваривания) следуют кристаллизация и отделение кристаллов центрифугированием; отбеливание кристаллов глюкозы водой; сушка и просеивание. Таким образом, последние три стадии те же, что и при производстве сахара.

Микроорганизмы в крахмало-паточном производстве, как и в сахарном, полезного применения не имеют, а являются лишь вредителями производства.

Микроорганизмы — вредители крахмало-паточного производства

Источниками инфекции в крахмало-паточном производстве являются сырье (картофель и кукуруза), вода, воздух, вспомогательные материалы (в частности, ферментные препараты), технологическое оборудование.

Микрофлора сырья и вспомогательных материалов. Сырьем являются картофель, кукуруза, сырой крахмал.

Картофель. Он заболевает и в процессе роста, и в процессе хранения. В процессе роста картофель поражается фитопатогенными мицелиальными грибами. Наибольший вред наносит гриб фитофтора (Phytophtora infestans) из класса оомицетов. При разрастании мицелия пораженные участки быстро отмирают, на листьях появляются бурые, на клубнях — свинцово-серые пятна. Развитие гриба стимулирует синтез амилолитических ферментов в клубне, при этом крахмал переходит в сахар, что приводит к потерям крахмала в клубнях.

Другие фитопатогенные грибы во время роста вызывают такие пороки, как рак, фузариоз, паршу картофеля.

В период хранения больные или поврежденные клубни картофеля легко поражаются грибами-сапрофитами родов Aspergillus, Penicillium, Rhizopus, Mucor и др. Пораженные грибами клубни легче подвергаются воздействию бактерий, чаще всего гнилостных из группы сенной палочки (B. subtilis, B. megaterium), маслянокислых (представители рода Clostridium) и гетероферментативных молочнокислых бактерий (Lactobacillus brevis, L. buchneri), а также бактериями кишечной группы (род Erwinia). Эти бактерии обитают преимущественно в почве, а также на растениях. Они вызывают *мокрую гниль* картофеля. Пораженная ткань чернеет и превращается в слизистую массу с гнилостным запахом.

Кукуруза. В период вегетации метелки, стебли, листья, корневая система поражаются фитопатогенным грибом — пузырчатой головней (Ustilagozeae), относящимся к классу базидиомицетов. На початках, пораженных грибом, образуются вздутия, заполненные спорами.

При хранении кукурузы в початках и в зерне она поражается различными грибами — сапрофитами — возбудителями *красной гнили* и *фузариоза*. На поверхности зерна имеется также много различных бактерий, но они не наносят ему вреда. Их жизнедеятельность может проявиться в процессе переработки кукурузы.

Сырой крахмал. Он служит сырьем для производства патоки и кристаллической глюкозы. Сырой крахмал содержит

до 50% влаги и является скоропортящимся продуктом. При длительном хранении в нем происходит размножение бактерий, попадающих в производство с картофелем и зерном кукурузы.

Ферментные препараты. Они могут содержать споры продуцентов ферментов — мицелиальных грибов и бактерий, а также сопутствующую микрофлору. Их развитие может привести к нарушению процесса осахаривания крахмала и порче готовой продукции.

Источником мицелиальных грибов и дрожжей, в том числе осмофильных, в основном является воздух помещений крахмало-паточного производства. В производстве кристаллической (пищевой и медицинской) глюкозы воздух является основным источником инфекции, особенно в кристаллизационном и сушильном отделениях.

Микробная порча сырья и готовой продукции. В крахмало-паточном производстве могут возникать нежелательные микробиологические процессы, приводящие к порче сырья, ухудшению качества и снижению выхода готовой продукции. Эти процессы наблюдаются при производстве сырого крахмала, и особенно патоки и кристаллической глюкозы.

Основными вредителями в крахмало-паточном производстве являются бактерии (гетероферментативные молочнокислые, гнилостные, маслянокислые), мицелиальные грибы и осмофильные дрожжи. Из бактерий наиболее опасны спорообразующие гнилостные аэробы из группы сенной палочки. Они разлагают белковые вещества картофеля и кукурузы, некоторые из них образуют слизи, гидролизуют крахмал до мальтозы, что приводит к потерям крахмала в производстве.

Гетероферментативные молочнокислые бактерии сбраживают многие сахара, в том числе и мальтозу, с образованием органических кислот, этилового спирта и CO_2. Иногда встречаются и термофильные спорообразующие бактерии (например, B. stearothermophilus). Они гидролизуют крахмал, являются очень активными кислотообразователями, сбраживают мальтозу, глюкозу, сахарозу. Подкисление среды производят и маслянокислые бактерии.

При переработке загрязненного, проросшего, больного и мороженого картофеля бактериальная микрофлора попадает в производство, при этом чаще всего происходит порча жидкого крахмального молока. Деятельность молочнокислых и маслянокислых бактерий приводит к закисанию крахмального молока, а в результате разложения белков под воздействием гнилостных бактерий происходит его ослизнение. Из крахмального молока эти микроорганизмы попадают в сырой картофельный крахмал и вызывают его закисание, ослизнение, изменение цвета, особенно при длительном хранении.

В производстве сырого крахмала из кукурузы наиболее уязвимым местом является станция замачивания кукурузы. Процесс замачивания довольно длительный и протекает при

температуре 48—50 °С. При сильной инфицированности зерна кукурузы и воды создаются условия для развития гнилостных бактерий, вследствие чего ухудшается качество кукурузного экстракта, снижаются выход и качество крахмала, а также кукурузного масла.

При кислотном гидролизе сырого крахмала для получения патоки дальнейшее развитие его микрофлоры практически исключено. В готовом продукте (патоке) содержание сухого вещества высокое (83—85%), поэтому она также не подвергается микробной порче.

В производстве кристаллической глюкозы из крахмала при кислотном способе гидролиза на станциях осахаривания, фильтрования и очистки сиропов и уваривания при нормальной работе цеха и соблюдении санитарного режима микроорганизмы также не развиваются. Во время простоев в сборниках жидкого сиропа развиваются различные микроорганизмы, вызывающие их закисание. Наиболее уязвимым местом для развития инфекции является станция кристаллизации, где процесс протекает длительное время при температурах, благоприятных для развития микроорганизмов.

При ферментативном гидролизе сырого крахмала в процессе его осахаривания амилолитическими ферментными препаратами, которое продолжается несколько часов при относительно низких температурах (50—60 °С) и значениях pH 5—6, близких к нейтральным, возможно инфицирование за счет микрофлоры сырого крахмала, а также воздуха. Происходит закисание сиропов, следствием чего является ухудшение условий уваривания и повышение кислотности готовой патоки.

В производстве кристаллической глюкозы особую опасность представляют осмофильные дрожжи, так как они сбраживают мальтозу, глюкозу до спирта и диоксида углерода, что приводит к увеличению потерь сахаров, и образуют большое количество побочных продуктов, ухудшающих качество продукции. Осмофильные дрожжи способны хорошо развиваться на средах с высоким содержанием сахара (50—80%) при pH 3—5. Такие условия имеются в кристаллизаторах, утфелераспределителях, где они могут наносить ощутимый вред производству. Дрожжи попадают в основном из воздуха.

Мицелиальные грибы-сапрофиты могут развиваться в процессе производства (в основном на оборудовании, на стенах, потолке помещений). Их споры переносятся с токами воздуха.

Микробиологический контроль и санитарно-гигиенический режим крахмало-паточного производства

Микробиологическому контролю подлежат сырье, вода, воздух и оборудование. В сырье (картофеле, кукурузе, сыром крахмале) определяют общую бактериальную обсемененность.

В случае повышенной обсемененности определяют видовой состав микрофлоры с целью выявления микроорганизмов — вредителей крахмало-паточного производства путем высева проб на разные элективные среды.

Воду, используемую при получении полупродуктов и готовой продукции, анализируют согласно требованиям ГОСТа на питьевую воду три раза в неделю.

Воздух анализируют седиментационным методом три раза в неделю.

Растительное сырье (картофель и кукурузу) необходимо хранить в условиях, предотвращающих их порчу. Склады перед загрузкой картофеля на хранение тщательно чистят, белят и проветривают. Можно загружать только сухой и здоровый картофель. Температура в хранилище должна поддерживаться не ниже 0 °С и не выше 5 °С при относительной влажности воздуха от 80 до 90%.

Кукурузу хранят в початках или в зерне. Содержание влаги в закладываемой на хранение кукурузе в зерне не должно превышать 16%, в початках — 22%, так как при повышенном содержании влаги начинается процесс самосогревания зерна и его порча.

Переработка доброкачественного картофеля на сырой крахмал по современной технологии протекает быстро, и при соблюдении санитарно-гигиенического режима развития инфекции практически не происходит.

Зерно кукурузы перед дроблением и отделением зародыша замачивают в воде, подогретой до 48—50 °С. В качестве антисептика для задержки развития микроорганизмов в воду добавляют сернистый ангидрид (0,25% SO_2). Концентрация SO_2 во время замачивания постепенно снижается и при сильной обсемененности микроорганизмами зерна и воды создаются условия для развития гнилостных бактерий, поэтому при замачивании сильно инфицированного зерна концентрацию SO_2 необходимо увеличить.

Для подавления развития микроорганизмов в сыром крахмале в размывную воду и в крахмальное молоко также добавляют сернистую кислоту. Сырой крахмал при необходимости длительного хранения утрамбовывают, заливают чистой водой с добавлением к ней SO_2.

Все оборудование для замочки, последующего дробления, размывания и осаждения крахмала один раз в смену тщательно очищают от остатков сырья, моют и при необходимости дезинфицируют. Аппаратуру, в которой осуществляют процесс осахаривания, необходимо регулярно чистить, мыть и дезинфицировать.

Все производственные помещения должны хорошо вентилироваться. Потолки, стены и полы регулярно моют и дезинфицируют.

Кроме того, контролируют санитарное состояние складов сырья, емкостей для хранения сырого крахмала и готовой продукции, санитарное состояние производственных помещений, а также чистоту тары (мешков, бочек и цистерн для хранения патоки).

Глава 12. МИКРОБИОЛОГИЯ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Пиво является слабоалкогольным освежающим напитком, производство которого основано на жизнедеятельности дрожжей. Производство пива ведется в нестерильных условиях, поэтому отдельные стадии технологического процесса инфицируются различными микроорганизмами, вызывающими порчу готовой продукции.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Технология пива включает следующие стадии: производство солода, приготовление пивного сусла, брожение пивного сусла, осветление и розлив пива.

Основным сырьем для приготовления пива является солод, который производят из высококачественных пивоваренных сортов ячменя. Для производства солода ячмень замачивают, проращивают в определенных условиях и сушат. В процессе солодоращения в зерне накапливаются активные амилолитические и протеолитические ферменты. Свежепроросший солод сушат при повышенной температуре для накопления в нем ароматических веществ, придающих пиву характерные вкус и запах.

В пивоварении в качестве сырья используют и несоложеные материалы: ячмень, кукурузу, рис, глюкозный и ячменный сиропы, крахмальную патоку, тростниковый сахар-сырец и др.

Приготовление сусла является сложной технологической стадией. Дробленый солод смешивают с теплой водой, при этом происходит ферментативное расщепление крахмала, белков и других веществ, а также экстрагирование растворимых веществ водой. Приготовление сусла производят в несколько этапов, регулируя температуру и создавая лучшие условия для действия амилолитических и протеолитических ферментов. Под действием последних 75% сухого вещества солода переходит в раствор.

В случае использования несоложеного сырья в пивоварении на стадии варки сусла вносятся ферментные препараты микробного происхождения.

Отфильтрованное пивное сусло кипятят с хмелем. При этом происходит коагуляция белков, инактивация ферментов, стерилизация сусла, а также охмеление сусла — экстрагирование

горьких и ароматических веществ из хмеля, которые обладают бактерицидным действием.

Спиртовое брожение сахаров сусла под действием ферментов дрожжей — основной процесс в технологии пива, он подразделяется на две стадии — главное брожение и дображивание.

Главное брожение протекает в бродильных чанах или танках. В зависимости от вида применяемых дрожжей брожение может быть *низовым,* протекающим при температуре 6—10 °С, и *верховым,* протекающим при 14—25 °С. Наиболее распространенным является низовое брожение. Главное брожение проводят при атмосферном давлении в течение 7—10 сут. В результате получают молодое пиво — напиток со своеобразным вкусом и ароматом, содержащим небольшое количество дрожжей. Основная масса дрожжей оседает в конце главного брожения на дно сосуда.

Дображивание и созревание молодого пива протекает в герметически закрытых аппаратах при пониженной температуре (0—2 °С) под избыточным давлением (0,03—0,07 МПа) в течение 21—90 сут. При дображивании и созревании в молодом пиве происходят сложные биохимические и физико-химические процессы, в результате которых пиво приобретает свои товарные свойства. Готовое пиво осветляют сепарированием или фильтрованием, охлаждают, дополнительно насыщают диоксидом углерода и разливают в тару.

В последние десятилетия разработана и применяется новая прогрессивная технология брожения сусла и дображивания молодого пива в одном вертикальном аппарате — цилиндроконическом танке (ЦКТ). Совершенная система охлаждения и хорошая тепловая изоляция дают возможность регулировать заданный температурный режим во время процесса и сократить продолжительность цикла брожения и дображивания в два раза.

Кроме того, в СССР и за рубежом разработаны различные способы брожения сусла и дображивания молодого пива в непрерывном потоке, позволяющие также сократить длительность этих технологических стадий.

ХАРАКТЕРИСТИКА ДРОЖЖЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПИВОВАРЕНИИ

Для производства пива используются специальные расы дрожжей-сахаромицетов, относящихся к видам Saccharomyces carlsbergensis (дрожжи низового брожения) и Saccharomyces cerevisiae (дрожжи верхового брожения). Дрожжи низового брожения широко используются в пивоварении для приготовления стандартного и сортового пива. Для темных и специальных сортов пива применяют дрожжи верхового брожения. В отечественной промышленности применяют в основном дрожжи низового брожения, расы которых различаются по физиоло-

гическим свойствам. В настоящее время большинство заводов использует одну из рас пивных дрожжей (11, 41, 44, 776, *S*-Львовская, 8*аМ* и др.), а в некоторых случаях их смесь.

В пивоварении используют чистые культуры дрожжей, которые размножают (разводят) сначала в лаборатории, а затем в цехе в специальных аппаратах. Процесс разведения заключается в увеличении массы дрожжей от одной пробирки до массы, необходимой для внесения в бродильный аппарат.

Дрожжи в производстве пива используют до 10—12 раз, причем после каждого цикла брожения их возраст (генерация) увеличивается. Такие производственные (семенные) дрожжи перед повторным использованием специально подготавливают (промывают и активируют).

Дрожжи, применяемые в пивоварении, принято называть культурными, поскольку они обладают особыми признаками, приобретенными в результате длительного разведения (культивирования) в определенных технологических условиях. Для получения высококачественного пива дрожжи должны обладать следующими свойствами: высокой бродильной активностью; флокуляционной способностью — медленно и полно оседать на дно бродильных аппаратов; умеренной способностью к размножению; стойкостью к неблагоприятным условиям и к инфицированию; стабильностью морфологических и физиологических свойств и способностью придавать пиву характерные вкус и аромат.

Бродильная активность пивных дрожжей является самым важным свойством и зависит как от биологических свойств дрожжей, так и от внешних условий. Бродильную активность определяют по степени сбраживания сусла. *Степень сбраживания* (*V*, в %) — это показатель, характеризующий отношение массы сброженного экстракта (*E*—*e*) к массе сухого вещества в начальном сусле (*E*)

$$V = (E - e)\,100/E,$$

где e — содержание в пиве экстрактивных веществ, % к массе пива.

По степени сбраживания дрожжи делят на сильно- или высокосбраживающие (степень сбраживания 90—100%), среднесбраживающие (степень сбраживания 80—90%) и слабо- или низкосбраживающие (степень сбраживания менее 80%).

Степень сбраживания зависит от способности дрожжей использовать углеводы сусла. Сбраживаемые сахара составляют 70—80% массы сусла и представлены в основном дисахаридами мальтозой и сахарозой, трисахаридом мальтотриозой и моносахаридами глюкозой и фруктозой. Эти сахара сбраживаются пивными дрожжами в определенной последовательности, что обусловлено скоростью их проникновения в дрожжевую клетку. В первую очередь дрожжи сбраживают фруктозу и глюкозу, а затем сахарозу, которая предварительно гидролизуется до

глюкозы и фруктозы. После этого дрожжи сбраживают мальтозу, которая также гидролизуется до глюкозы. Сбраживание мальтотриозы начинается позднее, чем мальтозы. В основном мальтотриоза сбраживается на стадии дображивания.

Дрожжи различаются между собой по способности сбраживать мальтотриозу. Дрожжи верхового брожения S. cerevisiae не способны использовать мальтотриозу и относятся к слабосбраживающим. Дрожжи низового брожения S. carlsbergensis используют мальтотриозу в различной степени.

Флокуляционная способность — это свойство дрожжей оседать в конце главного брожения, что обусловливает осветление молодого пива и готового пива в конце дображивания. Способность дрожжей к флокуляции обусловлена строением клеточной стенки. На флокуляционную способность влияют и внешние факторы (состав сусла, температура, аэрация и др.). Задерживает флокуляцию повышение концентрации в сусле сбраживаемых сахаров, особенно мальтозы. Из минеральных веществ сусла на флокуляционную способность влияет кальций. Благоприятствует флокуляции низкая температура брожения.

Флокулируют дрожжи как низового, так и верхового брожения, однако характер флокуляции разный. Различие в флокуляционных свойствах дрожжей лежит в основе их деления на хлопьевидные и пылевидные.

Хлопьевидные дрожжи низового брожения в конце главного брожения слипаются в комки (хлопья, флокуля) и оседают на дно, образуя осадок. У дрожжей верхового брожения хлопья поднимаются на поверхность, образуя «шапку». Пылевидные дрожжи в течение всего процесса брожения остаются во взвешенном состоянии.

Способность дрожжей к размножению имеет очень важное значение в пивоварении. В процессе брожения биомасса дрожжей увеличивается обычно в 3—4 раза. Активное размножение дрожжей нежелательно, так как оно приводит к быстрому расходу экстракта сусла и к образованию в больших количествах побочных продуктов.

В связи с тем, что в производстве пива дрожжи используют неоднократно, они должны характеризоваться *стабильностью морфологических и физиологических свойств.* Особенно это касается таких важных свойств, как жизнеспособность, бродильная активность и флокуляционная способность. У производственных дрожжей регулярно проверяют морфологию клеток, содержание мертвых клеток, наличие гликогена, способность к размножению, брожению и оседанию.

Стойкость дрожжей к неблагоприятным условиям (недостатку питательных веществ, повышению температуры, изменению кислотности, окислительно-восстановительного потенциала среды и др.), инфицированию посторонними, вредными для пива микроорганизмами является важным производственным признаком.

Пивные дрожжи в процессе спиртового брожения способны накапливать в сусле большое количество продуктов, в результате чего образуется специфический пищевой продукт, обладающий приятными ароматическими и вкусовыми свойствами. Кроме этилового спирта и диоксида углерода (основных продуктов брожения) наиболее важным в количественном и качественном отношении является образование альдегидов, органических кислот, эфиров, высших спиртов, диацетила, ацетоина, которые определяют вкус и аромат пива.

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Посторонние микроорганизмы в пивоваренное производство могут попадать из воздуха, воды, сырья, производственных культур, дрожжей, оборудования, тары и от персонала.

Микрофлора сырья. Основным сырьем для производства пива является *солод*, качество которого зависит от качества ячменя. На поверхности и под оболочкой ячменя обнаруживаются как бактерии, так и мицелиальные грибы. Общее количество микроорганизмов, главным образом бактерий, составляет десятки и сотни тысяч клеток в 1 г свежеубранного доброкачественного зерна. Мицелиальные грибы составляют 1—2% от общего количества микроорганизмов.

Мицелиальная микрофлора свежеубранного зерна представлена грибами родов Alternaria, Fusarium, Helmintosporium, Cladosporium. Развитие мицелиальных грибов на ячмене приводит к значительному снижению жизнеспособности зерна, изменению его химического состава. В плесневелом зерне можно обнаружить токсические вещества, образуемые мицелиальными грибами.

В процессе производства солода грибы интенсивно развиваются, потребляют питательные вещества и вырабатывают продукты, отрицательно влияющие на свойства солода. Солод темнеет, снижается его ферментативная активность, что затрудняет процесс осахаривания. Качество сусла и пива, полученных из такого солода, значительно ухудшается. В сусле уменьшается содержание экстрактивных веществ, увеличивается содержание азота, повышается цветность. Пиво приобретает посторонние привкус и аромат, содержит токсины и имеет тенденцию к фонтанированию, т. е. чрезмерному пенообразованию.

Бактериальная микрофлора свежеубранного зерна в основном представлена бактериями Erwinia herbicola (травяная палочка). Высокое содержание клеток E. herbicola (92—99% от общего количества бактерий) является показателем доброкачественности зерна. Встречаются кокковые формы бактерий и спорообразующие бактерии.

При хранении ячменя, особенно в неблагоприятных условиях (при повышенной влажности и температуре), происходит коли-

чественное и качественное изменение микрофлоры. Кокковые и спорообразующие бактерии вытесняют E. herbicola. Наблюдается интенсивное развитие мицелиальных грибов родов Aspergillus и Penicillium, обнаруживаются и грибы родов Mucor и Rhizopus.

Источником микроорганизмов является и другое сырье, используемое в пивоварении: ячмень, хмель, кукуруза, рис, сахар и др.

Производственные (семенные) дрожжи при их недостаточной биологической чистоте могут служить опасным источником инфекции. При повторном применении дрожжей с каждой следующей генерацией биологическое состояние их, как правило, ухудшается, так как на поверхности клеток дрожжей адсорбируются клетки посторонних микроорганизмов (бактерий и диких дрожжей).

Бактерии, инфицирующие производственные дрожжи, представлены в основном молочнокислыми бактериями и бактериями кишечной группы. Кроме того, в значительных количествах обнаруживаются бактерии Obesumbacterium proteus и уксуснокислые бактерии.

Микроорганизмы, инфицирующие пиво. Важным показателем качества пива является *биологическая стойкость* — его способность противостоять помутнению, причиной которого является развитие микроорганизмов. Порчу пива могут вызвать культурные пивные дрожжи, оставшиеся в небольших количествах в результате некачественного сепарирования или фильтрования. При развитии в готовом пиве они образуют рыхлый осадок на дне бутылки, придают пиву дрожжевой привкус и портят его товарный вид.

Более опасными для качества пива являются посторонние микроорганизмы. Они вызывают помутнение пива, повышают кислотность, изменяют аромат и вкус, делая его непригодным к употреблению. Посторонние микроорганизмы, развивающиеся в пиве, принадлежат к бактериям и дрожжам. Это в основном спирто- и кислотоустойчивые микроорганизмы, нечувствительные к антисептическому действию хмеля.

Основными вредителями пивоваренного производства являются молочнокислые бактерии, уксуснокислые бактерии, бактерии кишечной группы и др.

Молочнокислые бактерии, встречающиеся в пиве, относятся к родам Lactobacillus и Pediococcus. Наиболее часто в пиве встречаются виды Lactobacillus: L. pasteurianus, L. diastaticus, L. lindneri и др. Они вызывают помутнение, образуя «шелковистую муть», повышают кислотность пива, сбраживая сахара в основном в молочную кислоту. Гетероферментативные бактерии L. pasteurianus наряду с молочной кислотой образуют уксусную и муравьиную кислоты, глицерин, этанол и диоксид углерода.

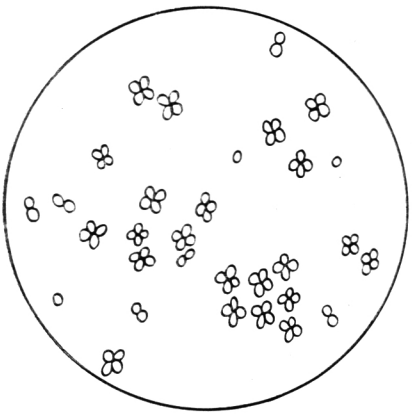


Рис. 41. Pediococcus

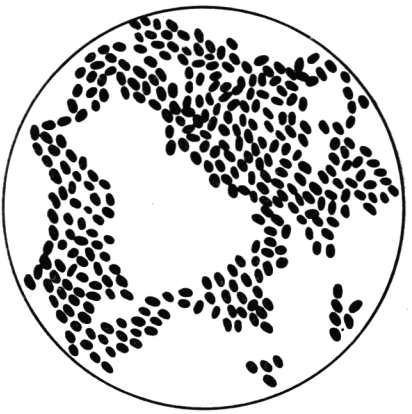


Рис. 42. Obesumbacterium proteus

Активно развиваются в пиве кокковидные бактерии рода Pediococcus (рис. 41), вызывая так называемое «сарцинное заболевание» пива (прежнее название педиококков — сарцины). Пиво приобретает неприятный вкус и медовый запах в результате образования диацетила, который отрицательно влияет на рост и размножение культурных дрожжей. Наиболее опасным среди педиококков является вид P. cerevisiae, который образует большое количество молочной кислоты, вызывая быстрое прокисание пива. Некоторые виды педиококков, например P. viscosus, вызывают ослизнение пива.

Уксуснокислые бактерии родов Acetomonas и Acetobacter также встречаются в пивоваренном производстве. Так как в качестве источников углерода уксуснокислые бактерии используют этиловый спирт и сахар, то в пивоваренных процессах они находят благоприятные условия для своего развития. Бактерии рода Acetomonas окисляют спирт только до уксусной кислоты, а бактерии рода Acetobacter — до CO_2 и воды.

В пиве уксуснокислые бактерии начинают размножаться даже при низком содержании кислорода. Способствуют их развитию неполный налив бытылок и бочек, неплотная укупорка. Уксуснокислые бактерии наряду с молочнокислыми являются наиболее частой причиной изменения кислотности и вкуса пива, помутнения и появления пленки на поверхности пива в бутылке. Наиболее опасными для пива уксуснокислыми бактериями являются виды A. viscosum и A. capsulatum, которые могут образовывать в пиве значительную слизь.

Бактерия Obesumbacterium proteus (раньше ее относили к роду Flavobacterium) (рис. 42) очень часто инфицирует производственные дрожжи и хорошо развивается в сусле, вызывая его помутнение и образуя этиловый спирт и CO_2. O. proteus в пиве образует шелковистую муть, придает ему запах сероводорода и яблок.

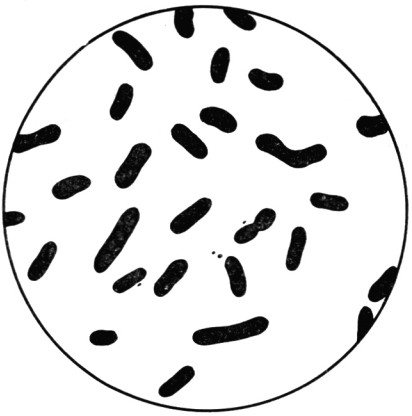


Рис. 43. Zymomonas

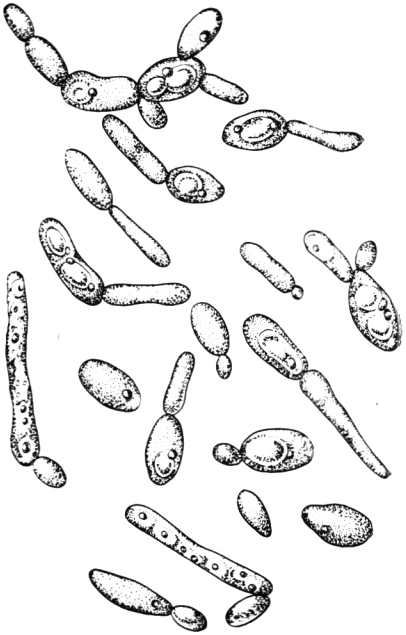


Рис. 44. Brettanomyces

Бактерия Zymomonas anaerobia (прежнее название рода — Achromobacter) (рис. 43) также развивается в сусле, образуя спирт, органические кислоты, ацетальдегид и CO_2. Эта бактерия может испортить пиво в течение нескольких часов.

Бактерии кишечной группы представлены некоторыми видами родов Klebsiella и Escherichia. Они очень быстро развиваются в сусле и образуют большое число продуктов, влияющих на вкус и аромат пива. Пиво становится сладковатым с фруктовым привкусом или приобретает запах вареной капусты; иногда образуется сероводород. Наличие бактерий кишечной группы является показателем санитарного состояния завода.

Дикими называют дрожжи, встречающиеся в пивоваренном производстве и отличающиеся по физиологическим признакам от культурных пивных дрожжей. К ним относятся роды: Saccharomyces, Brettanomyces (рис. 44), Torulopsis. Реже встречаются дрожжи родов Pichia, Candida, Hansenula и др.

В готовом пиве дикие дрожжи активно размножаются, вызывая существенные изменения его биохимических и органолептических свойств. При их развитии в пиве появляются посторонние запахи (фруктово-эфирный, лекарственный и др.), неприятная горечь и вкус, образуется сильное помутнение, осадок. Некоторые дрожжи, например рода Candida, развиваются на поверхности пива в виде пленки. Дикие дрожжи обычно встречаются в меньших количествах, чем бактерии.

Мицелиальные грибы родов Aspergillus, Penicillium, Fusa-

rium, Helmintosporium и др. неприхотливы и могут развиваться на стенах и потолках сырых помещений, на оборудовании, в различной таре и наносить вред. Развиваются также на ячмене.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Микробиологический контроль является важнейшим участком работы по оценке качества сырья, полупродуктов и готовой продукции на пивоваренных заводах. Он осуществляется на всех технологических стадиях и включает объекты, наиболее важные и уязвимые в биологическом отношении. Микробиологическому контролю подлежат дрожжи, сусло, молодое пиво, готовое пиво.

В пивоваренном производстве определяют общее количество микроорганизмов, включая мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные бактерии и бактерии кишечной группы.

Микробиологический анализ проводят общепринятыми методами: микроскопированием и высевом проб на плотные питательные среды. Установление отсутствия кишечной палочки в анализируемых объектах проводят методом бродильной пробы на среде с лактозой.

Контроль пивных дрожжей. При производстве пива одной из самых ответственных технологических стадий является подготовка пивных дрожжей к брожению. Состояние дрожжевой культуры не только определяет качество пива, но и лимитирует скорость главного брожения.

Пивные дрожжи из аппарата для разведения чистой культуры перед подачей в цех брожения анализируют на присутствие в них посторонних микроорганизмов и мертвых клеток дрожжей. Если анализ показывает наличие посторонних микроорганизмов, то разводят новую чистую культуру из пробирки.

Производственные (семенные) дрожжи исследуют ежедневно из каждой ванночки: проверяют морфологию клеток, содержание мертвых клеток, содержание гликогена, определяют присутствие посторонних микроорганизмов. В производственных дрожжах, используемых несколько раз, количество мертвых клеток дрожжей не должно превышать 5 %, а количество бактерий — 0,5 % от общего числа клеток дрожжей. Присутствие диких дрожжей недопустимо. Если семенные дрожжи не соответствуют указанным показателям, то они подлежат антисептической обработке персульфатом аммония.

Контроль сусла. Сусло сразу после кипячения с хмелем обычно стерильно и его инфицирование происходит при охлаждении. На анализ отбирают пробы сусла из аппаратов для охлаждения, коммуникаций и бродильных емкостей. Определяют стойкость сусла, общую обсемененность сусла микроорганиз-

мами, наличие кислотообразующих бактерий. Особое внимание обращается на выявление бактерий, способных развиваться в готовом пиве.

Контроль молодого пива. Анализы молодого пива проводят в случае нарушения нормального хода главного брожения с целью выявления причин нарушения. В настоящее время за 7 сут до окончания дображивания, когда практически осели все дрожжи, отбирают пробы пива и определяют его биологическую стойкость. Появление пленки, осадка, гнилостного или кислого запаха через 2—3 сут свидетельствует о повышенной обсемененности сусла посторонними микроорганизмами и о плохой санитарной обработке танков. Такой анализ помогает прогнозировать качество готового пива.

Контроль готового пива. Готовое пиво проверяют на биологическую стойкость и определяют общее число микроорганизмов и наличие бактерий кишечной группы. Биологическая стойкость каждого сорта пива характеризуется временем (в сут), в течение которого не происходит развитие в нем микрофлоры. Так, например, биологическая стойкость пива Жигулевское должна быть не ниже 7 сут. Если стойкость ниже, то необходимо определить общее число микроорганизмов в готовом пиве. В 1 мл пива не должно быть более 100 клеток посторонних микроорганизмов.

Не реже одного раза в месяц в каждом сорте пива определяют бактерии кишечной группы.

Контроль воды и материалов. Объектами микробиологического контроля пивоваренного производства, как всех других пищевых производств, являются смывные воды, фильтрующие материалы, тара, укупорочный материал. Устанавливаются нормы обсемененности каждого объекта. Так, например, количество микроорганизмов в последних смывных водах после дезинфекции оборудования должно быть близким к числу клеток в воде, используемой для обработки. Бактерии кишечной группы в 100 $см^3$ смывной воды должны отсутствовать.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПИВОВАРЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Качество пива в значительной степени определяется уровнем санитарного состояния производства по всему технологическому процессу. Санитарно-гигиенические требования предусматривают на всех участках производства проведение профилактических мероприятий по предотвращению микробиологичекой загрязненности сырья, полупродуктов и готовой продукции.

Хранение ячменя. Помещение для хранения зерна является наиболее запыленным участком производства. Поэтому санитарные правила предусматривают установление пылеуловителей и вентиляторов, а также уборку помещения в каждую смену.

Перед поступлением новой партии ячменя складские помещения должны быть тщательно очищены от мусора, пыли, остатков старого зерна и дезинфицированы. Оборудование и территорию склада также очищают от мусора и зерна.

Мешки с ячменем располагают так, чтобы к ним имелся доступ воздуха. Нижний ряд мешков складывают на стеллажи на высоте 25—30 см от пола. В силосные емкости загружают ячмень с содержанием влаги не выше 12—15 % и регулярно их проветривают.

Солодовенный цех. Санитарные мероприятия при приготовлении солода направлены в основном на борьбу с зерновой пылью, механическими примесями, микроорганизмами.

Ячмень, поступающий на замачивание, после тщательной мойки рекомендуется дезинфицировать негашеной известью, хлорной известью, формалином или перманганатом калия для инактивации микрофлоры, присутствующей на зерне.

Рекомендуется чистка, мойка и дезинфекция хлорной известью или формалином замочных чанов и солодорастильных аппаратов после освобождения их от солода.

В солодовенном цехе необходимо бороться с мицелиальными грибами, которые могут развиваться на солоде. Для борьбы с мицелиальными грибами поверхность стен цеха перед их побелкой следует обрабатывать антисептиком (например, 2—4%-ным раствором медного купороса).

Варочный цех. Помещение варочного цеха должно быть высоким, светлым, вентилируемым. После каждой варки внутреннюю поверхность заторных котлов, фильтрационных аппаратов и сусловарочных котлов необходимо тщательно чистить и мыть. Коммуникации необходимо один раз в сутки промывать холодной и горячей водой, затем пропаривать в течение 15—20 мин и вновь промывать холодной водой. Дезинфекция всего этого оборудования обязательна при общей антисептической обработке цеха.

Производственные отходы — пивную и хмелевую дробину из варочного цеха насосом перекачивают в закрытые бункеры. Хранить и транспортировать дробину открытым способом не рекомендуется, так как это создает антисанитарные условия на территории завода.

Необходимо обеспечить надлежащие санитарные условия процесса осветления и охлаждения сусла. Сепараторы для осветления сусла в конце каждой смены необходимо промывать и обрабатывать 2%-ным раствором каустической соды с температурой 7 °С, а затем снова промыть водой. Теплообменники два раза в неделю чистят и дезинфицируют 1%-ным горячим раствором щелочи. Обработку теплообменников, выполненных из нержавеющей стали, проводят еженедельно 1—1,5%-ной азотной кислотой. Дезинфекцию всего варочного цеха проводят обычно антиформином при общей дезинфекции завода не реже двух раз в месяц.

Дрожжевое отделение. Оно должно быть изолировано и иметь температуру в пределах 2—4 °С. Дрожжевые ванночки и другое оборудование необходимо дезинфицировать 1%-ным раствором хлорной извести или антиформином в течение 1—2 ч.

Цех брожения. Этот цех должен быть сухим, в нем необходимо поддерживать температуру на уровне 6—8 °С. Бродильные чаны и танки после перекачивания молодого пива в танки для дображивания очищают механическим способом, моют и обрабатывают дезинфицирующим препаратом в течение 30 мин, после чего смывают водой. Для дезинфекции алюминиевых емкостей щелочные растворы применять запрещается. Универсальным дезинфектантом является четвертичное аммонийное соединение катамин-АБ.

Цех дображивания. Он также должен быть сухим и иметь температуру не выше 3 °С. Для дезинфекции танков применяют те же дезинфектанты, что и в цехе брожения. Тщательно проводят обработку пивопроводов: до начала и после окончания работ их промывают водой и два раза в неделю дезинфицируют антиформином, каустической содой или катамином-АБ с последующим промыванием водой.

Цех розлива. Все помещения цеха розлива, а также помещения для мойки тары подвергают тщательной санитарной обработке.

Всю систему фильтровально-разливочной установки ежедневно моют, один раз в неделю подвергают механической очистке и дезинфицируют антиформином или раствором хлорной извести. Разливочные автоматы промывают чистой водой до и после розлива пива. Пивопровод между фильтрационным отделением и разливочными машинами пропаривают один раз в неделю в течение 15 мин.

Розлив пива проводят в отдельных помещениях. Бутылки, бочки и автотермоцистерны перед наполнением тщательно осматривают и моют. Для обработки бутылок в бутылкомоечных машинах применяют смесь 0,5%-ных растворов саппора и каустической соды.

Общий санитарно-гигиенический контроль включает и систематическую проверку чистоты воды, а также чистоты рук рабочих на наличие бактерий кишечной группы. Большое внимание обращают на чистоту санитарной одежды, которую хранят в специальных шкафах и регулярно подвергают чистке и дезинфекции.

Глава 13. МИКРОБИОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ И КВАСА

К безалкогольным напиткам относятся газированная вода, газированные фруктовые напитки, сухие шипучие напитки, к слабоалкогольным — квас.

Газированная вода — это питьевая вода, искусственно насыщенная диоксидом углерода до концентрации 0,4—0,5% к массе напитка. Такая вода имеет кисловатый вкус, своеобразную свежесть и хорошо утоляет жажду.

Газированные фруктовые напитки представляют собой водные растворы сиропов, приготовленных из сахара, фруктово-ягодных соков, настоев цитрусовых плодов, вина, органических кислот, ароматических эссенций, красителей, насыщенные диоксидом углерода. Он придает напиткам игристость, своеобразную свежесть и остроту вкуса.

В настоящее время выпускается 234 наименования безалкогольных напитков, в том числе для больных диабетом, в которых сахар заменен ксилитом или сорбитом. Большим спросом пользуются цитрусовые напитки («Лимонный», «Апельсиновый»), фруктовые («Абрикос», «Буратино», «Дюшес», «Яблоко», «Тархун») и напитки сложной композиции («Саяны», «Бодрость», «Байкал»). Последние относятся к тонизирующим напиткам, обладающим способностью активизировать жизнедеятельность организма, восстанавливать силы, повышать трудоспособность, а также в определенной степени успокаивать нервную систему. В рецептуру этих напитков входят экстракты и настои некоторых растений, оказывающие тонизирующее действие. Определенными лечебными свойствами обладает напиток «Виноградный», содержащий глюкозу и приготовленный на минеральной воде «Московская».

Сухие шипучие напитки выпускаются для удовлетворения повышенного спроса населения на напитки в летнее время в виде сухих концентратов (порошков и таблеток). Они представляют собой смесь измельченного сахара, виннокаменной кислоты, питьевой соды и эссенций. Напитки из концентратов получают простым растворением порошка или таблетки в воде, при этом происходит вспенивание раствора в результате выделения CO_2 при взаимодействии винной кислоты и соды.

В производстве безалкогольных напитков полезная жизнедеятельность микроорганизмов не используется, они являются вредителями производства, могут вызвать порчу сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Хлебный квас является национальным русским напитком, обладающим приятным ароматом свежевыпеченного ржаного хлеба и кисловато-сладким вкусом. В его изготовлении участвуют микроорганизмы — дрожжи и молочнокислые бактерии.

Хлебный квас — это продукт незаконченного спиртового и молочнокислого брожения квасного сусла, полученного из солода и несоложеных материалов. Квас — это непрозрачный напиток коричневого цвета с содержанием спирта 0,5% об.

Ассортимент квасов довольно разнообразен. Это хлебный квас, окрошечный квас, Днепровский квас, квас хлебный для горячих цехов. Выпускаются также напитки газированные бутылочного розлива — квас Русский, Московский, Литовский,

ароматный с хреном, мятный и др. Наибольший объем выпускаемого кваса приходится на долю хлебного кваса и Московского.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Безалкогольные напитки. Сырьем для производства безалкогольных напитков являются вода, фруктово-ягодные полуфабрикаты, сахар, пищевые кислоты, жидкий диоксид углерода, ароматические вещества, красители, вина, минеральные соли.

Технологический процесс производства безалкогольных напитков состоит из следующих стадий: подготовка воды; приготовление сахарного сиропа и колера; приготовление и фильтрация купажного сиропа и торговых сиропов; газирование воды, розлив газированных напитков.

Вода является основным компонентом. Она должна быть прозрачной, бесцветной, приятной на вкус и не иметь запаха. Непригодна для производства напитков жесткая вода. Наилучшей является мягкая вода с общей жесткостью не более 1,5 мг-экв/л (4° жесткости). Большое значение имеют и такие показатели воды, как ее окисляемость, pH, сухой остаток и др.

Поскольку к воде для технологических целей предъявляют более высокие требования, чем к питьевой, водопроводную или артезианскую воду, не соответствующую по тем или иным показателям требованиям технологии, фильтруют, умягчают, удаляют из нее соли железа и обеззараживают. Такая обработка воды называется *кондиционированием.* Кондиционирование воды улучшает ее вкус, приводит к обесцвечиванию.

Фруктово-ягодные полуфабрикаты — это натуральные фруктово-ягодные соки, которые консервируют путем добавления спирта (спиртованные соки) или путем сбраживания дрожжами сока или мезги, чаще всего клюквы или брусники (морсы, содержащие до 1,3% спирта к массе), иногда соки пастеризуют, сгущают путем выпаривания под вакуумом (экстракты) либо получают концентраты (концентрат для напитка «Яблоко»).

Ароматические вещества — это либо экстракты из пряно-ароматического сырья, либо эссенции и настои из цитрусовых.

Красители натуральные (колер) — это экстракты из выжимок смородины, красного винограда, черники, вишни, кизила. Добавляются в напитки для придания им цвета.

Для получения напитков необходим белый сахарный сироп. Это концентрированный водный раствор сахара-песка, содержащий 60—66% сухого вещества.

Для придания цвета напиткам из сахара-песка при высокой температуре (180—200 °С) варят карамельную массу (колер). Затем готовят *купажный сироп,* представляющий собой смесь сахарного сиропа с остальными компонентами напитков, которые вводят в определенной последовательности. Полученную

смесь тщательно перемешивают и фильтруют. Купажный сироп является полуфабрикатом, из которого при добавлении газированной воды получают готовый продукт — безалкогольный напиток. От качества купажного сиропа зависит качество напитка, поэтому купажирование является основной и наиболее важной операцией.

Товарные сиропы, предназначенные для продажи с газированной водой в торговой сети, готовят так же, как и купажный сироп.

Газирование воды проводят в специальном аппарате (сатураторе). Процесс насыщения воды и напитков углекислотой называется *сатурацией*. Диоксид углерода является хорошим консервантом, он повышает биологическую стойкость напитков, т. е. препятствует развитию в напитках микроорганизмов.

Определенные дозы купажного сиропа наливают в бутылки и доливают их газированной водой, укупоривают и перемешивают.

Квас. Сырьем для производства хлебного кваса служит сухой ржаной ферментированный солод, сухой ячменный солод и ржаная мука либо квасные хлебцы или сухой квас и сахар. Квасные хлебцы выпекают на специализированных хлебозаводах из смеси ржаного и ячменного солода и ржаной муки. Их нельзя хранить продолжительное время, поэтому для длительного хранения и транспортирования получают сухой квас сушкой квасных хлебцев и дроблением их.

Основными технологическими стадиями производства кваса являются: получение ржаного солода, приготовление квасного сусла, брожение квасного сусла, купажирование кваса и розлив. Ржаной солод получают двух видов: ферментированный и неферментированный. При производстве ферментированного солода свежепроросший солод подвергают ферментации (томлению) для накопления красящих и ароматических веществ. От качества ржаного солода зависят вкус, аромат и цвет хлебного кваса. При производстве кваса используют и неферментированный ржаной солод (нетомленый).

Квасное сусло можно готовить двумя методами: настойным и рациональным. При настойном методе сырьем служат дробленые квасные хлебцы или сухой квас, при рациональном — ржаной и ячменный солод, ржаная мука. В настоящее время квасное сусло готовят в основном из его концентрата. Его получают на специализированных заводах из ферментированного и неферментированного ржаного солода с добавлением ржаной, а иногда и кукурузной муки.

Брожение квасного сусла ведут в закрытом бродильно-купажном аппарате. В него поступает квасное сусло, приготовленное из концентрата квасного сусла. Сюда же добавляют $^1/_4$ часть сахара (сахарный сироп) от его общего количества, предусмотренного рецептурой, воду и вносят комбинированную закваску дрожжей и молочнокислых бактерий. Брожение про-

водят при 25—28 °С до понижения содержания сухого вещества в сусле на 0,6—1% и достижения кислотности 2—2,5 мл 0,1 н. раствора щелочи на 100 мл кваса, после чего брожение прекращают. Квас охлаждают до температуры 6 °С. Дрожжи при этом оседают плотным слоем на дрожжеотделитель. Затем квас осторожно, не затрагивая дрожжевого осадка, купажируют — добавляют оставшиеся $^3/_4$ части сахара и колер. Полученную смесь — к у п а ж — тщательно перемешивают, продувая через нее CO_2. После этого проверяют соответствие качества кваса требованиям стандарта и направляют его на розлив.

В хлебный квас, приготовляемый для рабочих горячих цехов, при купажировании вносят аскорбиновую кислоту, хлорид кальция, фосфат калия, поваренную соль.

Наряду с хлебным квасом, который является продуктом незавершенного спиртового и молочнокислого брожения, стали приготовлять различные газированные хлебные напитки без применения брожения. К таким напиткам относятся Русский квас, Литовский квас и Останкинский квас. Основным сырьем для них являются концентрат квасного сусла, сахар или мед, лимонная кислота и CO_2.

МИКРООРГАНИЗМЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ КВАСА

При сбраживании квасного сусла происходят одновременно процессы спиртового и молочнокислого брожения. Дрожжи вызывают спиртовое брожение, при этом накапливается небольшое количество спирта и выделяется CO_2. Гетероферментативные молочнокислые бактерии превращают сахара квасного сусла в молочную, уксусную, янтарную кислоты, что приводит к повышению кислотности готового кваса.

Применяют хлебопекарные прессованные и квасные дрожжи. Используют чистые культуры квасных дрожжей-сахаромицетов (расы М, 131-К, С-2 и др.), которые относятся к виду S. cerevisiae. Особенностью квасных дрожжей является их способность совместно с культурой молочнокислых бактерий накапливать до 0,04% уксусноэтилового эфира и диацетила, улучшать вкус и аромат кваса, а также повышать его стойкость при хранении. Дрожжи квасные используются в сушеном виде (гранулы, вермишель, порошок) с содержанием влаги 7—10%.

Квасные молочнокислые бактерии используют в сушеном виде совместно с дрожжами (комбинированная закваска). Молочнокислые бактерии относятся к гетероферментативным бактериям. Используются чистые культуры штаммов 11 и 13, выделенные из лучших образцов хлебного кваса.

Во взаимоотношениях дрожжей и молочнокислых бактерий в комбинированных закваска проявляется и синергизм, и антагонизм. Молочнокислые бактерии, продуцируя молочную кис-

лоту, создают благоприятные значения pH (5—5,5) для дрожжей, а продукты жизнедеятельности дрожжей (в частности, витамины) стимулируют жизнедеятельность бактерий (синергизм). Однако впоследствии в процессе брожения квасного сусла молочнокислые бактерии вступают в антагонистические отношения с дрожжами. Дальнейшее развитие бактерий и повышение кислотности уже неблагоприятно отражаются на дрожжах, что сказывается на снижении их бродильной активности.

Для производства кваса разводят отдельно квасные дрожжи и молочнокислые бактерии до количества, требуемого для засева производственного чана. Способы их разведения описаны в технологических инструкциях.

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ И КВАСА

Безалкогольные напитки и квас являются благоприятной питательной средой для развития дрожжей, молочнокислых, уксуснокислых бактерий и мицелиальных грибов. Эти микроорганизмы встречаются в сырье, полуфабрикатах (сахарном сиропе, концентратах напитков и квасного сусла, купажных сиропах), в комбинированной закваске, в воздухе, на технологическом оборудовании, таре, укупорочных материалах. Развиваясь в готовых напитках, микроорганизмы снижают их биологическую стойкость.

Деятельность микроорганизмов характеризуется появлением в напитках не только мути, венчика, но и осадка, повышением давления в бутылке, обесцвечиванием напитка, на поверхности напитка в бутылке или ослизнением напитка. Газированные напитки должны оставаться совершенно прозрачными при 20 °С не менее 7 сут со дня розлива.

Источником инфицирования в производстве безалкогольных напитков может быть различное сырье. Это вода, сахар-песок, соки, экстракты, красители и т. д.

Сахар-песок часто является источником слизеобразующих бактерий лейконостока (L. mesenteroides). При развитии они вызывают ослизнение газированных напитков, квасного сусла, хлебного кваса благодаря наличию у них слизистых капсул на поверхности клеток, образующихся на сахарсодержащих средах, особенно с сахарозой. На таких средах слизистые капсулы образуются и у сенной палочки (B. subtilis). Она также ослизняет квас и напитки. Слизеобразующие бактерии попадают в напитки и квас с *сахарным сиропом*. Лейконосток очень термоустойчив и выдерживает нагревание до 90 °С, очень быстро размножается при понижении общей кислотности (выше pH 4). При накоплении 0,7—1% кислоты лейконосток погибает.

В *натуральных фруктово-ягодных соках* (спиртованных соках и концентрированных экстрактах), несмотря на высокую концентрацию спирта и сухого вещества, сохраняют жизнеспособность некоторые бактерии и дрожжи. После введения соков в напитки они там начинают активно развиваться.

Красители при длительном хранении могут содержать значительные количества различных микроорганизмов, которые понижают стойкость напитков.

Уксуснокислые бактерии являются в основном вредителями в производстве кваса. Это аэробы, они образуют на поверхности кваса пленку беловатого или серого цвета. Они окисляют этиловый спирт до уксусной кислоты, при этом резко увеличивается кислотность, ухудшается вкус кваса. Размножению этих бактерий способствуют плохая мойка оборудования, неполный налив, плохая укупорка.

Молочнокислые бактерии обитают на растениях, попадая в производство, вызывают порчу сырья — скисание вин, соков, а также готовой продукции, образуют в напитках устойчивую муть.

Кроме бактерий из воздуха, с поверхности плодов, ягод, зерна в производство безалкогольных напитков и кваса попадают дрожжи, которые вызывают большинство дефектов безалкогольных напитков и кваса.

Аскомицетовые дрожжи (Schizosaccharomyces pombe) (рис. 45), Hanseniaspora apiculata (рис. 46), попадая в сахарсодержащие жидкости из сырья, особенно с поврежденных плодов и ягод, а также с оборудования и тары, могут вызвать спиртовое брожение. Осмофильные разновидности этих дрожжей, размножаясь при содержании сахара 60% и более, вызывают брожение фруктовых сиропов, купажей и т. п. Несовершенные дрожжи (Candida mycoderma), будучи аэробами, начинают развиваться при неполном заполнении емкостей, при плохой укупорке бутылок. Они образуют белую или сероватую пленку на поверхности кваса и напитков и вызывают изменение цвета и вкуса напитков. Эти дрожжи окисляют этиловый спирт и органические кислоты до CO_2 и H_2O. В условиях закрытого брожения эти дрожжи погибают.

Мицелиальные грибы родов Aspergillus, Penicillium, Fusarium и др. в основном встречаются в производстве кваса. Они развиваются на стенах помещений, на поверхности бочек, шлангов, аппаратов, где есть остатки квасного сусла. Развиваясь на зерне, солоде, квасных хлебцах, придают квасу неприятный запах и вкус.

Патогенные микроорганизмы в напитках, как правило, не встречаются. Кишечная палочка может попасть в квас с водой, от обслуживающего персонала при несоблюдении правил личной гигиены.

Имеются различные способы повышения стойкости напитков, например пастеризация купажных сиропов. Однако этот

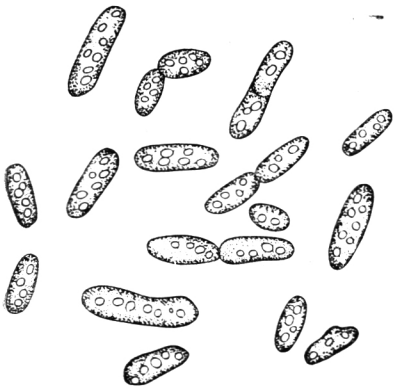


Рис. 45. Schizosaccharomyces pombe

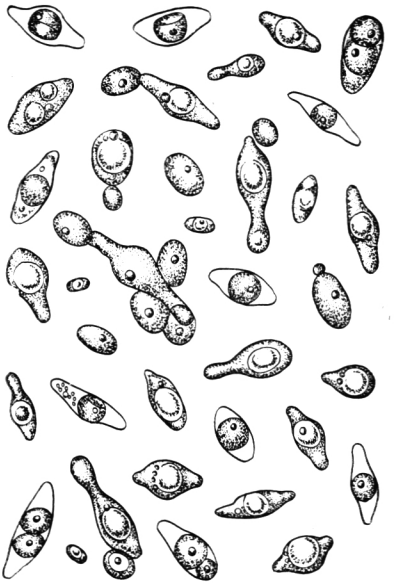


Рис. 46. Hanseniaspora apiculata

способ может привести к частичной потере ароматических веществ, находящихся в купажном сиропе, и к изменению вкуса исходного сырья. В случае сильной обсемененности красителей (например, при длительном хранении перед употреблением) их необходимо прокипятить.

Для повышения биологической стойкости напитков в них вносятся консерванты (юглон, бензойнокислый натрий, плюмбагин, сорбиновая кислота с добавлением аскорбиновой кислоты или без нее). Раствор консерванта готовят непосредственно перед употреблением. Юглон и плюмбагин растворяют в этиловом спирте, цитрусовых настоях или эссенциях; бензойнокислый натрий — в небольшом количестве воды. Раствор консерванта добавляют в нефильтрованный купажный сироп при температуре не выше 40 °С и после тщательного перемешивания выдерживают его около 2 ч для подавления роста микроорганизмов. Затем купажный раствор фильтруют и направляют в сборник. Применение консервантов значительно повышает стойкость напитков (до 30 и более сут).

В производстве кваса для подавления развития слизеобразующих бактерий — лейконостока и сенной палочки, сахарный сироп необходимо кипятить не менее 30 мин и строго соблюдать санитарно-гигиенический режим производства.

Развитие уксуснокислых бактерий, несовершенных дрожжей рода Candida и мицелиальных грибов можно предотвратить путем создания анаэробных условий (полный налив, хорошая укупорка), поскольку эти микроорганизмы являются аэробами и в отсутствие кислорода развиваться не будут.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ И КВАСА

Микробиологическому контролю в безалкогольном производстве подлежат вода питьевая и кондиционированная, сахар-песок, натуральные фруктово-ягодные соки, сахарный сироп, концентраты напитков и квасного сусла, купажные сиропы, красители и готовая продукция.

В объектах контроля определяют общее количество микроорганизмов путем высева проб на мясо-пептонный агар для выявления бактерий и на сусло-агар для выявления дрожжей. В воде и готовой продукции определяют коли-титр, так как при нарушении санитарного режима на производстве (неудовлетворительное санитарное состояние одежды, обуви, рук персонала) возможно фекальное загрязнение напитков.

Питьевая и кондиционированная вода должна соответствовать действующему ГОСТу на питьевую воду, кроме того, в кондиционированной воде дрожжи должны отсутствовать.

При контроле *сахара-песка* определяют общую бактериальную обсемененность. Для этого 1 г сахара растворяют в 5 мл стерильной воды и высевают на мясо-пептонный агар. Качественным в микробиологическом отношении считается песок, в 1 г которого содержится не более 10^3 микроорганизмов.

Натуральные фруктово-ягодные соки (спиртованные и концентрированные) проверяют на содержание дрожжей. Спиртованные соки высевают без разведения на поверхность сусло-агара в количестве 0,1—0,2 мл, концентрированные — по 0,5 мл. Качественным считается спиртованный сок, содержащий не более 300 дрожжевых клеток в 1 мл. Соки с повышенной обсемененностью перед употреблением дополнительно сепарируют или фильтруют через фильтр-картон.

В концентрированных соках допускается наличие в 1 мл единичных клеток микроорганизмов, причем дрожжи должны отсутствовать.

Сахарный сироп в количестве 10 мл разводят в соотношении 1 : 4 стерильной водой для учета общего количества микроорганизмов. Для выявления лейконостока высевают 2 мл сиропа без разведения в дрожжевую воду с содержанием 10% сахарозы.

Сахарный сироп считается качественным, если в 1 мл его общее количество микроорганизмов составляет не более 20, дрожжей — не более 5, лейконосток отсутствует.

Концентраты напитков и квасного сусла считаются качественными, если они содержат в 1 мл единичные клетки микроорганизмов, дрожжи должны отсутствовать.

В красителях (колер и др.) допускается в 1 мл наличие единичных клеток микроорганизмов, дрожжи должны отсутствовать.

Купажные сиропы проверяются на присутствие дрожжей высевом 0,1—0,5 мл на поверхность сусло-агара. Купажные сиропы с консервантом в количестве 10 мл разводят стерильной водой в соотношении 1 : 4.

Качественными считаются купажные сиропы (без консерванта), содержащие не более 400—500 клеток дрожжей в 1 мл. В купажных сиропах с консервантом допускается наличие единичных клеток дрожжей.

В *квасном сусле* устанавливают коли-титр; он должен быть не менее 100—10 мл.

Газированные напитки проверяются на содержание кишечной палочки и дрожжей. Пробы напитков высевают на поверхность сусло-агара в количестве 0,1—0,5 мл. Качественными считаются напитки, содержащие в 1 мл не более 100 клеток дрожжей и имеющие коли-титр 300. При такой обсемененности стойкость напитков на фруктово-ягодных соках составляет не менее 7 сут, а напитков на настоях и эссенциях — не менее 15 сут.

Стойкость напитков с консервантом (юглоном, бензойнокислым натрием, плюмбагином, сорбиновой кислотой) 1 мес. Стойкость напитков проверяется в термостате при температуре 20 °С.

Хлебный квас также проверяют на содержание кишечной палочки. Коли-титр кваса должен быть не менее 10 мл.

В производстве кваса путем микроскопирования проверяются *чистые культуры производственных дрожжей.* Они не должны содержать более 0,5% посторонних дрожжей.

Товарные сиропы контролируют на обсемененность их дрожжами путем высева проб (0,1—0,5 мл) на сусло-агар. Стойкость товарных сиропов — 20 сут.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРОИЗВОДСТВА БЕЗАЛКОГОЛЬНЫХ НАПИТКОВ И КВАСА

Снижение стойкости напитков чаще всего вызывается развитием в них микроорганизмов, что в основном можно объяснить нарушением санитарно-гигиенических требований и использованием некачественного сырья.

Сырье при хранении должно оберегаться от порчи и обсеменения микроорганизмами. Все сырье подлежит микробиологическому контролю, дефектное сырье должно быть изъято из складского помещения. Инфицированное сырье (соки, экстракты и вино) необходимо пастеризовать, сульфитировать или перерабатывать.

Технологическое оборудование проверяется на качество обработки. Оборудование сироповарочного отделения раз в неделю разбирают, подвергают механической чистке, промывают горячей водой, дезинфицируют антиформином, тщательно промывают и сушат. При использовании емкостей из

алюминия дезинфекцию проводят 2%-ным раствором формалина или кислого эльмоцида.

В сироповарочном отделении и отделении для приготовления купажей имеются благоприятные условия для размножения микроорганизмов — вредителей, особенно лейконостока. Поэтому эти помещения необходимо 1 раз в день тщательно убирать и дезинфицировать хлорной известью.

Перед началом и после окончания работы купажеры, сироподозировочные автоматы для дозирования купажа и соединяющие их трубопроводы промывают чистой водой. Находящиеся в сироподозировочных автоматах сетки для фильтрования купажа ежедневно промывают перед началом смены. Сироподозировочные автоматы представляют большую опасность, так как остающиеся в них фруктовые соки способствуют развитию микроорганизмов — вредителей безалкогольного производства.

Серьезной причиной, значительно снижающей стойкость напитков, является обсемененность укупорочных материалов и плохое качество мойки бутылок. Этому надо уделять особое внимание.

Мойка бутылок осуществляется в бутылкомоечных автоматах. Сначала бутылки отмачиваются, а затем обрабатываются 1—2%-ным щелочным раствором (каустическая сода с добавлением кальцинированной соды) при температуре 60—65 °С, а затем при более высокой температуре — 75—80 °С, после чего ополаскиваются теплой и холодной водой под давлением 0,15 МПа.

Емкости для хранения квасного сусла при настойном способе производства кваса и бродильно-купажные аппараты при производстве кваса из концентрата квасного сусла после освобождения и перед приемкой новой партии сырья промывают горячей водой, дезинфицируют и ополаскивают многократно водой.

Трубопроводы, сусло- и квасопроводы пропаривают в течение 30 мин или заливают дезинфицирующим раствором. Обработка аппаратуры 0,2%-ным раствором каустической соды уничтожает лейконостока в течение 5 мин.

Можно дезинфицировать оборудование кислым эльмоцидом в течение 10 мин, после чего его необходимо тщательно промыть.

Помещения для разведения чистых культур дрожжей и молочнокислых бактерий перед началом работы подвергают влажной уборке и применяют бактерицидные лампы для обеззараживания воздуха. Все емкости для разведения чистых культур стерилизуют паром.

На предприятиях безалкогольной промышленности кроме ежедневной должна проводиться общая дезинфекция помещений, оборудования с остановкой всего производства.

Общая дезинфекция проводится еженедельно. Для дезинфекции используются только свежеприготовленные растворы (2—4%-ный раствор хлорной извести, 0,5—3%-ный раствор каустической соды, 1—6%-ный раствор кальцинированной соды, а также антиформин и кислый альмоцид).

При общей дезинфекции купажеры после мойки заполняют дезинфицирующим раствором, который пропускают через все трубопроводы, дозировочные и разливочные автоматы и выдерживают в них до 2 ч. После спуска дезинфицирующего раствора всю систему промывают водой. Последнюю смывную воду подвергают микробиологическому анализу на общее содержание в ней микроорганизмов и определяют коли-титр. Эти показатели должны быть близкими к показателям питьевой водопроводной воды, используемой для обработки оборудования.

Глава 14. МИКРОБИОЛОГИЯ КОНСЕРВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Понятие «консервирование» включает в себя различные способы долгосрочного хранения скоропортящихся продуктов от развития в них микроорганизмов. Это наиболее распространенный метод сохранения продуктов.

Консервами называют продукты, расфасованные в герметическую тару и прошедшие тепловую обработку (стерилизацию или пастеризацию). Готовые консервы должны иметь нормальный внешний вид, быть герметичными и промышленно-стерильными. Под промышленной стерильностью понимают отсутствие в продуктах микроорганизмов, способных развиваться при температурах хранения данного вида консервов, и отсутствие в консервах микроорганизмов и микробных токсинов, представляющих опасность для здоровья человека.

Микроорганизмы в производстве баночных консервов играют только отрицательную роль. Они вызывают порчу сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, наносят вред здоровью человека, вызывая тяжелые пищевые отравления. Применяемые режимы стерилизации предусматривают уничтожение основной массы (не менее 90%) микроорганизмов — возбудителей порчи данного продукта, сохранение по возможности его качества.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Сырьем для производства консервов в основном служат плоды, ягоды, овощи, рыба, мясо, а также вспомогательные материалы: томатопродукты, соль, сахар, зелень или сушеные овощи, пряности, растительное масло и вода.

Технологический процесс производства консервов включает: подготовку сырья и укладку (заливку) его в металлические

или стеклянные банки; герметическую укупорку банок (закатку); стерилизацию — воздействие высокой температуры, а иногда и давления.

Консервы выпускаются широкого ассортимента, поэтому и способы подготовки сырья к консервированию также очень разнообразны. От особенностей технологического процесса подготовки и обработки сырья перед стерилизацией часто зависят количество и видовой состав микроорганизмов в готовом продукте. При отклонениях от правильного режима количество их может резко возрасти, могут попасть и патогенные формы.

В отделении подготовки сырья производят его сортирование, мойку, чистку и измельчение. Тщательность проведения данных операций влияет на степень обсемененности подготовленных к стерилизации полуфабрикатов, а следовательно, и на количество остаточной микрофлоры.

При сортировании растительного сырья отбирают овощи, пораженные микроорганизмами (грибами и бактериями), мятые, дряблые. Контроль отбора сырья осуществляют при его движении по конвейеру. Мойку производят в специальных моечных машинах проточной водой, отвечающей требованиям, предъявляемым к питьевой воде, и не содержащей спор анаэробных бактерий. Особенно тщательно, с предварительным отмачиванием от почвы следует мыть морковь, белый корень и другие корнеплоды, а также зелень, так как на этом сырье могут находиться споры возбудителя ботулизма. Черный перец подвергают стерилизации, а лавровый лист двукратно замачивают со сменой воды.

При чистке и резке растительного сырья удаляют несъедобные части.

Рыбу промывают в проточной воде, так как при мойке рыбы в редко сменяемой воде происходит ее сильное обсеменение микроорганизмами. Правильное промывание рыбы и тщательное удаление с нее слизи позволяет сократить поверхностную обсемененность на 80—90%. Тщательно вымытая рыба хранится дольше, чем немытая.

Потрошение рыбы, т. е. вскрытие ее кишечника, в котором находится множество микроорганизмов, приводит к увеличению поверхностной обсемененности рыбы. Поэтому после потрошения обязательно повторное промывание рыбы.

После этого производят *филетирование* (разделку) рыбы (при необходимости) и удаление несъедобных частей.

Некоторые виды сырья до укладки в банки подвергают предварительной термической обработке — бланшированию и обжарке.

Бланшированием называется обработка сырья паром или горячей водой. В процессе бланширования и обжарки гибнет часть микрофлоры; жизнеспособными остаются в основном термофильные микроорганизмы.

Продукт, уложенный в банки, должен поступать на стерилизацию не позднее чем через 30 мин, так как при высокой температуре в цехах, особенно летом и осенью, происходит очень быстрое размножение микроорганизмов, особенно в измельченных продуктах. Затем банки герметически укупоривают и стерилизуют.

Стерилизация консервов. Это очень важный процесс в производстве консервов, от которого зависит качество консервов и их сохраняемость. Стерилизация осуществляется в автоклавах.

Для каждого вида продуктов разрабатывают свой температурный режим стерилизации. Режимы стерилизации обозначают в виде формулы стерилизации, в числителе которой через тире указано (в мин): продолжительность прогревания продуктов до заданной температуры; длительность выдерживания при этой температуре (собственно продолжительность стерилизации) и длительность охлаждения; в знаменателе указывают температуру стерилизации (в °С), например: $\frac{15—55—15}{120}$.

Режимы и формулы стерилизации зависят от ряда факторов: вида продукта, размера банок, вида материала, из которого изготовлены банки, состояния содержимого банок (плотная масса или жидкость); pH; наличия жиров, белков, сахара, соли и т. д. Например, режимы стерилизации плодов более мягкие, чем режимы стерилизации мяса или рыбы.

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ КОНСЕРВНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ВИДЫ МИКРОБНОЙ ПОРЧИ СЫРЬЯ

Источниками посторонней микрофлоры являются сырье, вспомогательные материалы, вода, тара, технологическое оборудование, воздух, персонал.

Микрофлора растительного сырья. Плоды, ягоды, овощи, зерно, крупы, семена и другие виды растительного сырья в значительной степени обсеменены различными микроорганизмами, составляющими *эпифитную микрофлору* растений. Эти микроорганизмы развиваются на поверхности растений и живут за счет нормальных выделений их тканей, не нанося растениям вреда. Безвредность эпифитной микрофлоры объясняется природным иммунитетом плодов и овощей, который определяется их свойствами — высокой кислотностью сока мякоти, наличием ряда бактерицидных веществ растительного происхождения (эфирных масел, фитонцидов и др.), содержащихся в кожице. Кроме того, сама кожица благодаря плотному строению препятствует проникновению микроорганизмов.

У неповрежденных плодов и овощей на поверхности очень мало питательных веществ. На них развивается только эпифитная микрофлора (всевозможные дрожжи, молочнокислые и уксуснокислые бактерии, мицелиальные грибы). При наруше-

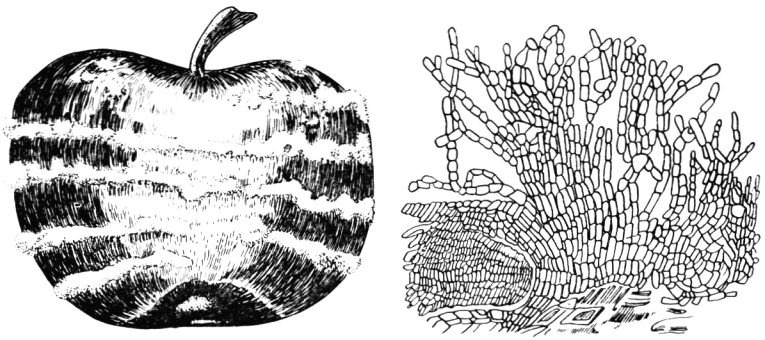
нии целостности покровов и у перезревших плодов и овощей для микроорганизмов появляется доступ к глубинным слоям тканей. Поскольку плоды, ягоды и овощи богаты питательными веществами и содержат большое количество воды (иногда до 90—95%), они представляют хорошую питательную среду для различных микроорганизмов. Обычно порча начинается с развития мицелиальных грибов, так как кислые значения pH для них более благоприятны. В порче могут принять участие и бактерии.

Видовой состав и численность эпифитной микрофлоры меняются в зависимости от вида растения, географических, климатических условий и особенно от содержания микроорганизмов в воздухе, воде, почве. Кроме эпифитов развиваются специфические виды микроорганизмов — возбудители заболеваний и порчи плодов и овощей. Наряду с ними из почвы, воздуха, с тары, от людей, соприкасающихся с этой продукцией, при сборе, упаковке, реализации, через сельскохозяйственные орудия могут попасть и патогенные виды (возбудители дизентерии, брюшного тифа, салмонеллы и др.). Они могут достаточно долго сохраняться; например, на огурцах, зеленом луке, помидорах, редисе салмонеллы выживают при комнатной температуре 6—12 сут, а при пониженной температуре еще дольше. Порча плодов и овощей происходит особенно быстро при повышенной температуре.

Некоторые грибы-паразиты поражают плоды и овощи еще на корню. В процессе хранения развиваются грибы-сапрофиты. Находящиеся на поверхности плодов грибы с помощью выделяемых ферментов повреждают кожицу, внедряются в ткани и вызывают их разрушение, называемое *гнилью*. Гидролитические ферменты грибов (пектиназа, целлюлаза) разрушают межклеточные пластинки и клеточные стенки тканей плодов и овощей, происходит гидролиз пектиновых веществ, целлюлозы. Порчу плодов и особенно ягод иногда вызывают разные виды дрожжей, которые сбраживают сахар в этиловый спирт и CO_2. При этом плоды и ягоды приобретают спиртовой привкус, а иногда прокисают в результате развития уксуснокислых бактерий, окисляющих спирт до уксусной кислоты.

Грибы, как правило, участвуют в первой стадии порчи овощей и фруктов, вызывая только их повреждение. Кислая реакция клеточного сока и высокое содержание в нем углеводов препятствуют в первый период порчи развитию на плодово-овощном сырье различных бактерий. Однако по мере развития грибов содержание углеводов и органических кислот в соке плодов и овощей снижается, реакция клеточного сока становится щелочной и создаются благоприятные условия для развития различных бактерий, которые продолжают процесс порчи плодов и овощей до полного их разрушения.

Некоторые заболевания, называемые *бактериозами*, вызываются специфическими бактериями, и им не предшествует по-



а б

Рис. 47. Плодовая гниль (Monilia fructigena):
а — яблоко, пораженное грибом; *б* — конидии и мицелий гриба в ткани яблока

ражение плодов и овощей грибами. У овощей, содержащих больше белковых веществ и имеющих менее кислую реакцию сока, чаще встречается бактериальная гниль. Ее возбудителями являются как неспорообразующие бактерии родов Pseudomonas и Erwinia, так и спороносные Bacillus subtilis, B. polymyxa, B. macerans. При этом ткани плодов и овощей подвергаются *мацерации* (распаду), темнеют и размягчаются иногда до разжижения.

Различают два типа гнили плодов и овощей: мокрую и сухую. Для *мокрой гнили* характерно быстрое разложение растительной ткани с размягчением и увлажнением мякоти плода. При *сухой гнили* растительная ткань сморщивается, мякоть плода становится волокнистой, содержимое растительных клеток превращается в порошковидную массу.

Наиболее распространенные виды порчи плодов и овощей. Семечковые и косточковые плоды поражаются гнилью, которая может быть различных видов.

Плодовая гниль. Поражаются все плодовые культуры, но чаще всего яблоки и груши.

Возбудитель плодовой гнили Monilia fructigena, которая относится к дейтеромицетам. При его развитии на плодах появляются бурые пятна, которые быстро разрастаются и охватывают весь плод. Мякоть плода становится губчатой и теряет вкус. На поверхности пораженной ткани образуются серовато-бурые подушечки, расположенные концентрическими кругами. Они представляют собой конидиальное спороношение гриба, состоящее из мицелия и цепочек конидий (рис. 47). Конидии, попадая на здоровые плоды, прорастают и заражают их. Особенно подвержены заболеванию поврежденные плоды, но возможно заражение при контакте здоровых неповрежденных плодов с больными.

Горькая гниль плодов. Этот вид гнили наблюдается на яблоках и грушах и выражается в появлении вдавленных округлых пятен, на поверхности которых развиваются многочисленные органы спороношения гриба, имеющие розовый цвет.

Возбудители заболевания — дейтеромицеты Gloesporium fructigena. Плоды приобретают горечь. Конидии гриба легко переносятся с одного плода на другой в процессе хранения, что может привести к порче большого количества сырья.

Серая гниль. Ею поражаются вишня, слива, абрикосы, персики и другие плоды. Возбудителями являются несовершенные грибы — дейтеромицеты Monilia cinerea. В отличие от возбудителя плодовой гнили, поражающей яблоки и груши, конидиальное спороношение у этого гриба имеет серый цвет и располагается на поверхности плода не в виде концентрических окружностей, а беспорядочно. Мицелий гриба развивается не только на тканях плода, но и на ветвях деревьев.

Гниль цитрусовых плодов. В период хранения цитрусовых на них развиваются в основном аскомицетовые грибы рода Penicillium.

Лимоны и мандарины при хранении поражаются черной гнилью, вызываемой несовершенным грибом Alternaria citri, который через плодоножку проникает внутрь плода. Ткань плода чернеет и размягчается.

Овощи также поражаются различного рода гнилью.

Белая гниль. Это заболевание моркови и других корнеплодов вызывается грибом склеротинией (Sclerotinia libertiana), относящимся к сумчатым грибам. Мицелий гриба внедряется в ткани пораженных овощей, образуя на их поверхности белые пушистые налеты. В дальнейшем на грибнице развиваются относительно крупные черные склероции — плотные переплетения мицелия, служащие для перенесения неблагоприятных условий. Пораженная ткань быстро ослизняется и распадается.

Склероции разносятся по хранилищу и могут сохраняться в нем длительное время. При попадании в благоприятные условия склероции прорастают. При прорастании склероциев (рис. 48) на них образуется огромное количество спор, которые заражают вновь поступающие партии овощей. Белая гниль поражает и другие виды овощей: капусту, огурцы, кабачки, тыкву.

Черная сухая гниль моркови. Возбудитель этой болезни Alternaria radicina относится к классу дейтеромицетов. При их развитии на корнеплодах появляются сухие черные вдавленные пятна.

Гниль чаще начинается с верхушки. Пораженная ткань чернеет и покрывается темно-серым пушистым налетом.

Болезнь заносится в хранилища с зараженными корнеплодами.

Мокрая бактериальная гниль моркови и других овощей. Она вызывается некоторыми видами бактерий, особенно часто Erwinia carotovora. Гниль обычно начинается с кончика корня моркови. Пораженная ткань размягчается и быстро превращается в слизистую кашеобразную массу с неприятным запахом. Постоянным источником инфекции является почва, с частицами которой бактерии попадают в хранилища. Другие виды бактерий вызывают мокрую гниль томатов, лука.

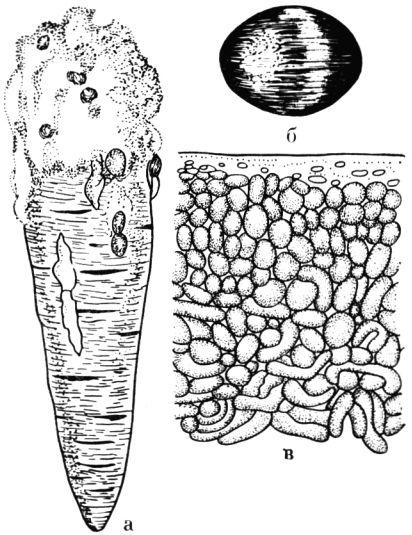


Рис. 48. Белая гниль моркови:
а — поражение грибом Sclerotinia; *б, в* — склероции (внешний вид и разрез)

Серая гниль капусты. Этот наиболее распространенный вид заболевания свежей капусты вызывается грибом Botrytis cinerea, относящимся к классу дейтеромицетов. Поверхность загнивших кочанов покрывается серым пушистым мицелием гриба, верхние листья ослизняются и буреют. Болезнь быстро распространяется в хранилище в результате распространения образующихся в огромном количестве конидий. Гриб заносится в хранилище с пораженными овощами или сохраняется в остатках предыдущего урожая.

Серая, или шейковая, гниль лука. Вызывается грибом Botrytis allii, относящимся к классу дейтеромицетов. Гниль обнаруживается на луке примерно через две недели после уборки и начинается обычно с шейки. Наружные чешуйки сморщиваются, а внутренние загнивают и покрываются серой плесенью с черными склероциями. Ткань луковицы буреет, размягчается, становится как вареная.

Наиболее благоприятные условия для развития гнили и заражения создаются в период уборки лука, когда обрезают листья. Проникая в пораженную ткань шейки, гриб попадает затем в луковицы. Особенно сильно поражается недозрелый лук с толстой мясистой шейкой. Сырая погода во время уборки и недостаточная просушка луковиц способствуют массовому заражению. Распространяется болезнь главным образом с посадочным материалом.

Кагатная гниль свеклы (см. гл. 11).

Способы предотвращения порчи плодов и овощей. Лежкоспособность плодов и овощей зависит в основном от качества продукции, поступающей на хранение, и условий хранения.

Хорошее качество плодов и овощей обеспечивается своевременностью уборки. Недозрелые и перезрелые плоды и овощи плохо хранятся. Механические повреждения также способствуют поражению их возбудителями тех или иных заболеваний.

Чтобы продлить сроки хранения плодов и овощей, необходимо создавать режимы хранения, замедляющие созревание и старение и способствующие сохранению иммунитета. Это достигается путем понижения температуры в хранилищах до 1,5—5 °С, при которой затормаживается жизнедеятельность микроорганизмов. При повышенной температуре усиливаются процессы дыхания и испарения, что ведет к потере клетками тургора, в результате чего понижается иммунитет плодов и овощей.

Большое значение имеет и влажность. При недостаточной влажности воздуха в хранилищах увеличивается испарение воды с поверхности плодов и овощей, они увядают, качество их ухудшается. Однако излишняя влажность тоже опасна, так как усиливается процесс порчи. Для корнеплодов относительная влажность воздуха при хранении должна быть 85—90%, для капусты 90—95%. Лук должен храниться в сухом, хорошо проветриваемом помещении при относительной влажности воздуха 70—75%.

Важное значение при хранении имеют своевременное удаление испорченных плодов и овощей, содержание хранилищ в чистоте, санитарная обработка тары.

Для обработки свежих плодов и овощей допускается применение сернистого ангидрида, сернистой кислоты и ее солей. Соли сернистой кислоты в виде таблеток или гранул закладываются в массу плодов и овощей при хранении, выделяющийся сернистый ангидрид оказывает угнетающее действие на микроорганизмы. Предлагается обработка бромистым метилом, дифенилом, йодкрахмалом и др. Для ягод и некоторых малолежких плодов рекомендуется радуризация малыми дозами (0,2—0,3 Мрад) γ-излучений, что позволяет несколько продлить сохраняемость продукции в сезон массового поступления ее на перерабатывающие предприятия.

Широко используются быстрое замораживание плодов и овощей и хранение их при температуре минус 18 °С, что исключает порчу. Однако после размораживания сохранившиеся микроорганизмы выходят из состояния анабиоза, жизнедеятельность восстанавливается, что приводит к довольно быстрой порче плодов и овощей.

Особенно эффективно хранение плодов в регулируемой газовой среде, состоящей из озона (3—5%) и диоксида углерода (3—6%) при температуре 2—2,5 °С и относительной влажности воздуха 92—95%. Оба газа угнетают развитие микроорганизмов.

Эффективно хранение лука, моркови, капусты, картофеля при периодическом озонизировании воздуха овощехранилищ.

Дезинфицирующие свойства озона определяются действием атомарного кислорода (озон — нестойкое вещество и легко распадается на молекулярный и атомарный кислород).

Микрофлора рыбы. Живая рыба, находясь еще в воде, имеет на поверхности тела, в жабрах и кишечнике микроорганизмы, которые составляют естественную микрофлору рыбы. Ее видовой состав и численность находятся в тесной связи с бактериальной обсемененностью воды, что, в свою очередь, зависит от происхождения воды.

Численность бактериальных видов в морях и океанах невысока и намного ниже, чем в пресных водоемах. Это связано с малыми концентрациями органических веществ в воде, с ее особым солевым составом, низкими температурами, высоким давлением. Микроорганизмы, обитающие в морской воде, обладают рядом особых свойств. Большинство из них являются галофилами и психрофилами; некоторые являются барофилами, они могут выносить огромное гидростатическое давление (до 50 МПа). Микрофлора морей и океанов в основном представлена родами Pseudomonas, Micrococcus и Bacillus.

В чистой воде пресных водоемов наиболее типичными и постоянными являются представители родов Pseudomonas, Micrococcus, Sarcina, Spirillum и др. Не образующие спор бактерии составляют 90—97%. Анаэробных видов в чистой воде, как правило, нет. При спуске в водоемы бытовых сточных вод возникает значительное бактериальное загрязнение воды патогенными микроорганизмами, попадающими в стоки в основном с фекалиями человека и животных. Эти бактерии могут долгое время оставаться в воде жизнеспособными. Поэтому живая здоровая рыба, обитающая в такой воде, может стать их носителем и источником желудочно-кишечных заболеваний человека (брюшной тиф, холера, дизентерия и др.). Такими носителями инфекций бывают щуки, угри, карпы, семга. При перемещениях рыба переносит инфекцию из одного водоема в другой.

Количество бактерий на 1 $см^2$ поверхности свежевыловленной рыбы колеблется в широких пределах — от 10^3 до 10^6, а иногда до 10^7. В слизи (слене), покрывающей чешую рыбы, содержится много белковых веществ, поэтому слизь является хорошей питательной средой для бактерий. На поверхности рыб преимущественно развиваются аэробные микрококки, сарцины, неспороносные палочки, в том числе протей Proteus vulgaris и другие представители бактерий кишечной группы.

Спорообразующие аэробные бактерии на поверхности свежей рыбы встречаются крайне редко и в небольшом количестве, строгие анаэробы отсутствуют. Примерно такое же количество микроорганизмов имеется и в жабрах, которые постоянно омываются водой, что обеспечивает интенсивную аэрацию и обилие органических веществ. Жабры легко обсеменяются разнообразной микрофлорой воды и ила, среди которой в пресных водоемах преобладают аэробные виды. Здесь, как и в слизи

на поверхности рыбы, постоянно обнаруживается типичный водный обитатель — Pseudomonas fluorescens liquefaciens.

В желудок и кишечник рыбы микроорганизмы проникают с проглоченной водой и пищей. Количество бактерий в 1 г содержимого кишечника колеблется от 10^3 до 10^8. Из гнилостных водных бактерий чаще всего в кишечнике рыб обнаруживаются синегнойная палочка (Pseudomonas aeruginosa) и флюоресцирующая палочка (Pseudomonas fluorescens). Псевдомонады составляют до 50% аэробной микрофлоры рыбы. В кишечнике рыб могут встречаться также и анаэробные токсигенные микроорганизмы — клостридии, например, возбудитель ботулизма (Clostridium botulinum). Особенно часто он имеется у осетровых в связи с особенностью их питания и наличием этого возбудителя в грунте водоема и иле. Встречаются и другие возбудители пищевых отравлений — C. perfringens, Bacillus cereus, золотистый стафилококк Staphylococcus aureus.

Широкие колебания в обсемененности только что выловленной рыбы зависят от сезона вылова рыбы и метода добычи. Колебания количества микроорганизмов в кишечнике связаны со степенью наполнения желудка и характером питания рыбы.

Мышечные ткани (мясо) свежевыловленной здоровой рыбы стерильны.

Выловленная рыба быстро погибает (засыпает). В посмертный период микрофлора рыбы пополняется еще микроорганизмами, находящимися на поверхности сетей, на палубе ловецких судов, стенах трюмов, на инвентаре, руках рабочих; также они попадают из воздуха, льда, соли, тары.

Наличие повреждений и ссадин на коже рыбы способствует массовому развитию бактерий в этих местах, так как в них открывается доступ к мягким тканям рыбы, содержащим много влаги и питательных веществ. Отсюда, а также из кишечника в ткани рыбы может проникать и возбудитель ботулизма. При подходящих температурных условиях (18—20 °С и выше) образование токсина ботулизма может наступить в течение довольно короткого времени.

Ткани рыбы к завершению периода посмертного окоченения приобретают почти нейтральную реакцию (pH 6,9—7), а затем, при *автолизе* (распад органических веществ мышц рыбы под воздействием собственных ферментов), и слабощелочную (pH 7,1—7,2), что также способствует развитию микроорганизмов, особенно гнилостных.

Большое значение для развития микроорганизмов имеет температура. У рыбы, хранившейся 3 ч при температуре +22 °С, в 1 г мяса обнаруживается от 10 до 100 микроорганизмов, через 6—7 ч — уже до 10^4, а через 14—15 ч в мясе наблюдается обильное размножение микроорганизмов и порча рыбы.

Микробная порча рыбы и способы ее предотвращения. Ранняя порча рыбы после вылова происходит в основном в резуль-

тате двух микробиологических процессов — *гниения* (разложения белковых веществ) и *окисления жиров.*

Порчу рыбы вызывают в основном бактерии рода Pseudomonas. Порча рыбы может начаться как с поверхности, так и изнутри — из кишечника и жабр.

Гнилостные водные бактерии относятся к психрофилам, температурный оптимум развития которых лежит в пределах 12—15 °С. Гниение рыбы вызывается многими *аэробными гнилостными бактериями*, в первую очередь протеем (Proteus vulgaris), псевдомонадами (Pseudomonas fluorescens), бактериями кишечной группы (Escherichia coli) и другими микроорганизмами. Гниение рыбы вызывается и *облигатными анаэробами* — клостридиями C. sporogenes, C. putrificum.

Одновременно с разложением белка в тканях рыбы наблюдается гидролиз жиров и липоидных веществ с последующим окислением продуктов гидролиза (см. гл. 5). Гидролиз жиров осуществляется в основном под влиянием стафилококков и других микроорганизмов, патогенных для человека, например синегнойной палочки Pseudomonas aeruginosa, обладающих ферментом липазой.

Поскольку свежевыловленная рыба портится, ее немедленно обрабатывают — моют, потрошат, разделывают, затем охлаждают и хранят при 0 — минус 1 °С.

Лед, используемый на траулерах для охлаждения рыбы бывает часто обсеменен бактериями (до 10^7 в 1 г). Он является источником дополнительного обсеменения рыбы, особенно психрофильными гнилостными бактериями. Для предотвращения их развития и снижения общей обсемененности рыбы практикуется обработка рыбы антибиотиком биомицином: рыбу кратковременно погружают в раствор антибиотика перед укладкой в измельченный лед либо вводят антибиотик в лед, либо перевозят в охлажденной морской воде, содержащей антибиотик.

Появились новые методы сохранения охлажденной рыбы. Один из них — хранение в газонепроницаемой упаковке из полимерных пленок. В такой упаковке создается дефицит кислорода и накапливается диоксид углерода, что неблагоприятно для развития псевдомонад — главных возбудителей порчи рыбы в аэробных условиях. Удлиняет сроки хранения охлажденной рыбы и хранение ее в атмосфере азота (98% азота) и в атмосфере с высоким содержанием CO_2 (60—80%).

Эффективна радуризация свежей рыбы (обработка ее γ-излучением 0,2—0,4 Мрад) с последующим охлаждением. При радуризации псевдомонады гибнут, что позволяет значительно увеличить сроки хранения охлажденной рыбы. Так, филе, изготовленное из свежевыловленной трески, после радуризации дозой 0,25 Мрад сохраняется 30 сут, а необлученное — только 7—9 сут.

Для более длительного сохранения рыбы ее замораживают и хранят при температуре не выше минус 12—15 °С.

Микрофлора мяса. Мясо получают путем убоя животного, обескровливания и разделки туши. Получить стерильное мясо невозможно. Большое содержание в мясе воды (до 75%) и белковых веществ (до 20%) делает его хорошим питательным субстратом для развития разнообразных микроорганизмов, особенно гнилостных бактерий.

Поверхность мяса всегда бывает сильно обсеменена микроорганизмами. Большое количество их попадает на мясо во время обработки туши, особенно когда при разделке туши повреждается кишечник. В значительном количестве микроорганизмы могут попадать на мясо с шерсти и кожи животного, с инструментов, которыми пользуются при туалете и обработке туш, из воздуха, с рук и одежды персонала и т. д. Обсеменение мяса происходит также при транспортировании и хранении.

На 1 $см^2$ поверхности мяса насчитывается до сотни тысяч сапрофитных микроорганизмов. В большом количестве обнаруживаются различные бактерии: аэробные и факультативно-анаэробные, бесспоровые палочки — психрофильные виды псевдомонад, бактерии кишечной группы (протей, кишечная палочка), различные виды молочнокислых бактерий, а также стафилококки, стрептококки. В меньших количествах встречаются аэробные и анаэробные спорообразующие бактерии, дрожжи, споры мицелиальных грибов. Представители этих групп микроорганизмов составляют естественную микрофлору свежего мяса. Встречаются эти микроорганизмы в различных количественных соотношениях. Некоторые из них являются токсигенными (Clostridium perfringens, C. botulinum, салмонеллы и др.), они вызывают пищевые отравления и заболевания.

Мышечные ткани (мясо) здоровых убойных животных в своей толще не содержат микроорганизмов. Поэтому порча мяса начинается с его поверхности. В благоприятных условиях микроорганизмы начинают быстро размножаться, проникают в толщу мяса и вызывают его порчу. Сначала воздействию микроорганизмов подвергаются углеводы, содержание которых в мясе незначительно, затем белки; жиры наиболее устойчивы к микробной порче.

При получении мяса важнейшим требованием является ограничение общего количества бактерий и их видового состава. Общее количество микроорганизмов, приходящихся на 1 г свежего мяса или на 1 $см^2$ его поверхности, не должно превышать минимальные величины — 100 клеток на 1 г и 10^3 клеток на 1 $см^2$ поверхности мяса. Недопустимо наличие в мясе патогенных и токсикогенных для человека видов микроорганизмов (салмонелл, возбудителей сибирской язвы, ботулизма) и некоторых грибов, образующих микотоксины. На охлажденном мясе развиваются только психрофильные микроорганизмы, в основном рода Pseudomonas.

Микробная порча свежего и охлажденного мяса и способы ее предотвращения. Наиболее часто порча мяса проявляется в

виде гниения и ослизнения, иногда оно подвергается кислотному брожению, пигментации и плесневению.

Гниение мяса обычно возникает при температуре выше 10 °С (оптимальная 25—30 °С) и вызывается гнилостными бактериями. Различают внутреннее и поверхностное гниение.

Внутреннее гниение вызывается строгими анаэробами — клостридиями (Clostridium sporogenes, C. putrificum и др.), а также факультативными анаэробами, к которым относится протей (Proteus vulgaris). В большинстве случаев их размножению способствует замедленное остывание внутренних слоев мяса. Внутреннее гниение часто еще называют анаэробным или трупным.

Поверхностное, или аэробное, гниение встречается значительно чаще, чем внутреннее. В нем участвует большое количество бактерий различных видов. Среди гнилостной микрофлоры в этом случае 70—80% составляют бактерии рода Pseudomonas. При поверхностном гниении мясо становится липким, частично покрывается слизью.

При далеко зашедшем процессе гниения мясо изменяет цвет, становится серо-зеленым, размягчается. Гниение мяса сопровождается отвратительным запахом. При гниении наряду с распадом белковых веществ происходит гидролиз жиров с образованием глицерина и жирных кислот и последующим их окислением. В результате мясо становится совершенно непригодным для использования.

Ослизнение мяса происходит в условиях повышенной относительной влажности воздуха (свыше 90%) под действием психрофильных бактерий, в основном из рода Pseudomonas. Наиболее активное размножение слизеобразующих бактерий наблюдается при температуре от 2 до 10 °С.

Кислотное брожение мяса выражается в появлении неприятного кислого запаха, изменении окраски до серой и размягчении продукта. Этот процесс могут вызывать анаэробные бактерии Clostridium putrifaciens, молочнокислые бактерии, а иногда и дрожжи. Такой вид порчи часто наблюдается при плохом обескровливании туш, при недостаточно быстром охлаждении и плохой вентиляции при хранении парного мяса.

Пигментация мяса связана с развитием на его поверхности некоторых пигментных аэробных бактерий. Такие бактерии могут образовывать на мясе красные, синие и желтые пятна и налеты.

Плесневение мяса является следствием развития на нем различных микроскопических грибов. Чаще всего на мясных тушах развиваются представители аскомицетов родов Penicillium, Aspergillus, а также зигомицетов (Mucor и др.). В зависимости от вида грибов их налеты на мясе могут быть белого, серо-голубого, дымчатого, зеленого или черного цвета. Мясо приобретает затхло-гнилостный запах, который постепенно ос-

лабевает в толще мяса. Некоторые аскомицеты накапливают в мясе афлатоксины.

Плесневение возникает обычно при плохой вентиляции и повышенной относительной влажности воздуха в холодильных камерах. Одним из способов подавления развития микроорганизмов является охлаждение мяса. Охлаждение проводится при температуре от 0 до минус 2 °С. Охлажденное мясо предназначено для кратковременного хранения (до 3 недель) при относительной влажности воздуха 85—90%. Охлажденное мясо является скоропортящимся продуктом, оно считается доброкачественным, если на 1 $см^2$ его поверхности содержится не более 10^3—10^4 клеток микроорганизмов. Признаки порчи охлажденного мяса появляются при накоплении в 1 г мяса или на 1 $см^2$ его поверхности 10^7—10^8 клеток. Наличие токсигенных микроорганизмов в охлажденном мясе не допускается.

Часто встречающиеся на охлажденном мясе психрофильные бактерии P. fluorescens и P. aeruginosa способны вырабатывать так называемые *бактериоцины*, которые препятствуют росту других бактерий или даже убивают их. Наиболее чувствительны к бактериоцинам золотистый стафилококк, протей, сенная палочка, палочковидные молочнокислые бактерии. Поэтому оба вида псевдомонад быстро занимают доминирующее положение (до 90%) среди всех психрофильных бактерий. Эти виды обладают протеолитическими ферментами и разлагают белки мяса, хотя из-за низких температур разложение идет замедленно. Некоторые псевдомонады обладают и липолитическими ферментами.

Скорость процессов порчи охлажденного мяса, т. е. начало размножения микроорганизмов на нем, зависит в значительной степени от первоначальной обсемененности мяса микроорганизмами, а также от температуры и влажности окружающего воздуха. Для удлинения срока хранения охлажденного мяса возможно использование дополнительных воздействий на микроорганизмы (повышение содержания CO_2 в атмосфере, ультрафиолетовое облучение, озонирование холодильных камер).

В настоящее время разрабатываются приемы хранения мяса и мясопродуктов в анаэробных условиях: в вакуумной упаковке, в упаковке из газонепроницаемой пленки, в атмосфере азота. Хотя при этом сроки хранения мяса увеличиваются за счет подавления аэробной микрофлоры, оно тем не менее подвергается порче под влиянием факультативно-анаэробных психрофильных бактерий.

При радуризации охлажденного мяса умеренными дозами γ-излучений (0,2—0,3 Мрад) снижается обсемененность продукта в тысячи и более раз. Значительно изменяется при этом состав микрофлоры мяса. Токсигенные бактерии также неустойчивы к γ-излучению, многие из них погибают при дозе 0,2—0,4 Мрад, а оставшиеся жизнеспособными не размножаются при последующем хранении при температуре от 0 до минус 2 °С.

Для более длительного хранения мяса его замораживают и хранят при температуре минус 18 °С.

Микрофлора вспомогательных материалов. В консервном производстве кроме основных видов сырья (плодов, ягод, овощей, рыбы, мяса) используются вспомогательные материалы. Это томатопродукты, соль, сахар, зелень или сушеные овощи, пряности, растительное масло и др.

Томатопродукты. К ним относятся томат-пюре, томат-паста. Основным источником загрязнения свежих томатов микроорганизмами является почва. В 1 г свежеприготовленных томатопродуктов содержится в среднем $1{,}8 \cdot 10^6$ дрожжей и бактерий; $2{,}4 \cdot 10^4$ спор бактерий и $7{,}6 \cdot 10^4$ мицелиальных грибов. Многие из этих микроорганизмов являются термофилами. Наибольшую опасность для консервного производства представляют термофильные аэробы, обладающие термоустойчивыми спорами (Bacillus aerothermophilus и B. stearothermophilus). Они могут выдержать стерилизацию и вызвать плоскокислую порчу консервов. Томатопродукты могут стать источником этих микроорганизмов. Поэтому томатопродукты следует хранить при низкой температуре.

Соль. В 1 г соли содержится от 10 до 1000 клеток микроорганизмов и, как правило, она не представляет опасности для консервного производства, так как под действием температуры они погибают.

Сахар-песок. В 1 г сахара-песка обычно содержится небольшое количество микроорганизмов — от 10 до 10^3. Для предохранения сахарного песка от развития термофильных микроорганизмов — возбудителей плоскокислой порчи его необходимо хранить при относительной влажности воздуха не более 70%.

Овощное сырье. Зелень, сушеные овощи и бобовые содержат множество микроорганизмов, в том числе и патогенных. Микроорганизмы в овощное сырье попадают с почвой, из воздуха, а также в процессе сушки и хранения. Например, в 1 г сушеного лука и моркови содержится до 10^4 клеток. Некоторые овощи (лук, чеснок, морковь, свекла, болгарский перец, зелень петрушки) образуют бактерицидные вещества — *фитонциды*, но при обильном обсеменении их бактерицидная способность резко снижается.

На зелени находится колоссальное количество микроорганизмов — от 10^6 до 10^9 клеток в 1 г. При неправильном хранении сушеных овощей, при увеличении в них содержания влаги свыше 15% происходит развитие в них микроорганизмов, особенно мицелиальных грибов.

Пряности. Они представляют собой разнообразные части растений (корни, стебли, листья, цветы, плоды), содержащие ароматические вещества. В производстве консервов в качестве ароматических и вкусовых добавок широко используют лавровый лист, душистый и горький перец, кориандр, гвоздику, мус-

катный орех, перец красный стручковый, тмин и многие другие пряности. Некоторые из них обладают бактерицидными свойствами. Пряности обычно применяются в сухом виде. Они бывают обильно обсеменены микроорганизмами (до 10^4—10^5).

Обсемененность специй в сильной степени сказывается на обсемененности консервов до стерилизации, особенно на содержании в них споровых анаэробов. Снизить обсемененность пряностей можно путем их тщательной мойки с последующей подсушкой при комнатной температуре. Пряности гигроскопичны, при хранении в сыром помещении они быстро поглощают влагу, что способствует размножению в них бактерий и мицелиальных грибов. Поэтому их хранят в плотно укупоренной таре в сухом хорошо вентилируемом помещении с относительной влажностью воздуха не выше 75% и при температуре не выше 10—15 °С.

Растительное масло. Его используют для приготовления многих рыбных и овощных консервов. Это подсолнечное, кукурузное, горчичное, оливковое, кедровое и другие рафинированные масла, не содержащие белковых веществ. Они являются неблагоприятной средой для развития микроорганизмов. Общая обсемененность их при поступлении на завод незначительна — от 1 до 10^2 клеток на 1 г.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ

Стерилизация не всегда обеспечивает необходимую микробиологическую чистоту (стерильность) продуктов. Часть термоустойчивых микроорганизмов могут остаться жизнеспособными и вызвать порчу консервов при хранении.

Наибольшей термоустойчивостью (до 130 °С) обладают споры термофильных бактерий. Они выдерживают стерилизацию и могут вызвать порчу консервированной продукции. Термоустойчивость спор мезофильных бактерий несколько ниже. Термоустойчивость неспороносных бактерий значительно ниже (60—70 °С). Несколько более высокой термоустойчивостью обладают неспороносные термофильные бактерии. Термоустойчивость большинства мицелиальных грибов и их спор невелика. Термоустойчивость дрожжей низкая.

Термоустойчивость микроорганизмов в очень сильной степени зависит от условий, в которых протекает процесс нагревания: pH, содержания белков, жиров, соли и сахаров в продукте.

Кислотность среды (pH) влияет на термоустойчивость микроорганизмов. В кислых средах микроорганизмы и их споры погибают быстрее, чем в нейтральных, поэтому фруктовые и ягодные консервы и маринады, имеющие pH ниже 4—4,2, стерилизуют при более низкой температуре (100—110 °С, а иногда и ниже 100 °С). Мясные и рыбные консервы стерилизуют при 120 °С, потому что их кислотность приближается к нейтральной.

pH является одним из факторов, определяющих токсинообразование. Например, в консервах с pH более 5,2 возбудитель ботулизма будет развиваться с образованием токсина. В консервах с pH 4,6—5,2 не всегда наблюдается его развитие и токсинообразование. В консервах с pH 3,2—4,6 споры возбудителя ботулизма сохраняются, но не развиваются и токсин не образуется.

Наличие *белковых веществ* в стерилизуемом продукте имеет важное значение, поскольку они как бы защищают микроорганизмы при стерилизации. Наличие *жиров* в консервах в значительной степени оказывает защитное действие на споры бактерий. Они повышают их устойчивость к нагреванию за счет обволакивания спор гидрофобной пленкой жира, что препятствует проникновению воды внутрь споры и защищает белки от денатурации. Нагревание в масле выдерживают даже бесспоровые микроорганизмы. Так, коагулазоположительный стафилококк при его большом количестве в сырье (например, в рыбе) выдерживает нагревание в масле до 112 °С. Поэтому стерилизация рыбных консервов в масле при 112 °С недопустима, так как при таком режиме стафилококк может накапливать в консервах токсин, и используют более жесткий режим стерилизации — при 120 °С.

Поваренная соль повышает термоустойчивость споровых микроорганизмов. Наиболее значительное повышение термоустойчивости наблюдается при содержании соли в растворах 5,8%. Увеличение концентрации *сахара* до 70% также вызывает заметное повышение термоустойчивости микроорганизмов. В небольших же концентрациях (от 2 до 18%) сахароза не оказывает заметного действия на термоустойчивость большинства бактерий. Повышение термоустойчивости микроорганизмов в слабых солевых и сахарсодержащих растворах объясняется осмотическими явлениями. При этом происходит отсасывание влаги из микробных клеток и их спор, в результате чего их термоустойчивость повышается. Если же концентрация соли будет выше 10%, то начинает проявляться ее высаливающее действие на белки, что приводит уже к снижению термоустойчивости микроорганизмов и их спор.

ОСТАТОЧНАЯ МИКРОФЛОРА И ВИДЫ МИКРОБНОЙ ПОРЧИ КОНСЕРВОВ

При промышленной стерилизации консервов в них могут сохраниться единичные жизнеспособные микроорганизмы, называемые *остаточной микрофлорой* консервов. Как правило, все они являются спорообразующими.

Видовой состав остаточной микрофлоры и возможный характер порчи зависят от стерилизуемого продукта и режима стерилизации. Чаще всего обнаруживаются кислото- и газообразую-

щие мезофильные аэробы и факультативные анаэробы рода Bacillus (B. subtilis, B. megaterium, B. cereus); кислотообразующие термофильные аэробы B. stearothermophilus, B. aerothermophilus; мезофильные гнилостные анаэробные бактерии Clostridium sporogenes, C. putrificum; термофильные газообразующие анаэробы C. thermosaccharolyticum), маслянокислые бактерии и др.

В остаточной микрофлоре консервов могут быть возбудители пищевых отравлений. Это мезофильные анаэробы (Clostridium botulinum, C. perfringens) и аэроб B. cereus.

В остаточной микрофлоре консервов с высокой кислотностью, стерилизуемых при невысоких температурах, могут сохраняться неспороносные бактерии (молочнокислые, различные кокки), дрожжи, споры мицелиальных грибов. Однако не все сохранившиеся при нагревании микроорганизмы способны развиваться в баночных консервах. Во-первых, анаэробные условия в банках препятствуют развитию аэробов. Во-вторых, некоторые виды консервов имеют высокую кислотность, что также задерживает развитие многих бактерий. Кроме того, микробы и их споры, сохранившие жизнеспособность при стерилизации, могут быть настолько ослаблены, что в течение долгого времени будут находиться в состоянии анабиоза. Поэтому есть вероятность, что нестерильные консервы не будут портиться. Однако чаще всего порча консервов все-таки связана с их нестерильностью.

Известны в основном три вида порчи консервов, вызываемой термофилами: биологический бомбаж, плоскокислая порча и сероводородная порча.

Бомбаж возникает при росте оставшихся после стерилизации различных бактерий, образующих в процессе метаболизма диоксид углерода и водород и кислоты (уксусную, масляную, молочную). Возбудителями бомбажа являются термофильные анаэробы Clostridium thermosaccharolyticum. Бомбаж могут вызывать и мезофильные анаэробы: гнилостные бактерии (C. sporogenes, C. putrifaciens) и маслянокислые (C. butyricum, C. pasteurianum). Бомбаж может быть у самых разнообразных консервов с низкой и средней кислотностью (например, консервы «Мясо тушеное», «Рыба в томатном соусе», «Зеленый горошек», «Грибы натуральные», «Морковный сок» и др.).

При бомбаже наблюдается вспенивание жидкой части консервов и кислосырный запах. Накопившиеся газы могут разорвать банку или вызвать в ней прободение.

Плоскокислая порча — это закисание продукта без образования газов. Она встречается во всех видах консервов, но чаще в овощных и мясо-растительных. Прокисший продукт разжижается. Возбудителями этой порчи обычно являются образующие молочную и уксусную кислоты термофильные аэробы B. aerothermophilus и факультативные анаэробы B. stearothermophilus. Обе эти бактерии имеют высокую оптимальную температуру развития (55—60 °С). Плоскокислую порчу консервов вызывает

также факультативный анаэроб Bacillus coagulans. Споры этой бактерии менее термостойки, чем споры B. aerothermophilus.

Сероводородная порча возникает в результате накопления в консервах сероводорода (H_2S). Возбудителем порчи является термофильный анаэроб Clostridium nigrificans. Он не сбраживает углеводы и обладает слабопротеолитическими свойствами. Сероводород образуется в результате разложения в белках серосодержащей аминокислоты цистеина. Содержимое банки чернеет, так как в нем растворяется сероводород, появляется неприятный запах, бомбаж при сероводородной порче не наблюдается. Случаи сероводородной порчи консервов редки.

ПИЩЕВЫЕ ОТРАВЛЕНИЯ КОНСЕРВАМИ

Большую опасность представляет попадание и развитие в консервах возбудителя ботулизма, обладающего термоустойчивыми спорами, — C. botulinum (рис. 49). При его попадании внешних признаков порчи консервов может и не быть, но в продукте содержится очень сильный токсин (см. гл. 6). Применяемые режимы стерилизации консервов предусматривают уничтожение спор этих бактерий. Но при нарушениях технологического режима, при изготовлении консервов из зараженных продуктов и при недостаточной тепловой обработке споры C. botulinum могут сохранять жизнеспособность, а анаэробные условия в консервной банке способствуют развитию возбудителей и образованию токсинов.

В настоящее время случаи обнаружения возбудителей ботулизма в заводской консервной продукции чрезвычайно редки, но в консервах домашнего приготовления (например, в соленых грибах) споры, попавшие с частичками почвы, могут сохранить жизнеспособность, прорасти и вызвать тяжелые отравления.

Причиной отравлений консервами могут быть также токсигенные мезофильные штаммы C. perfringens (рис. 50) и B. cereus (рис. 51).

C. perfringens — крупная спорообразующая палочка, которая может образовывать капсулу. Споры ее термоустойчивы, выдерживают кипячение до 6 ч. Оптимальная температура развития 45 °C, pH 6,7—7,5, выдерживает концентрацию соли 7—10%, сахара — 16%. C. perfringens встречается в воде, почве, испражнениях животных, обнаружива-

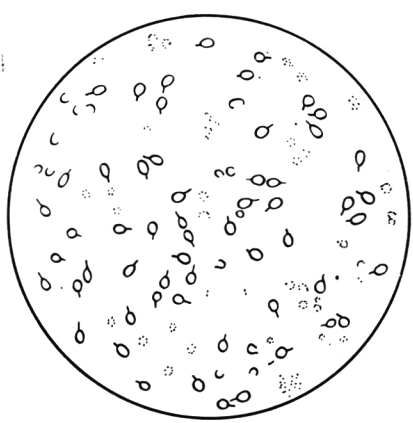


Рис. 49. Clostridium botulinum

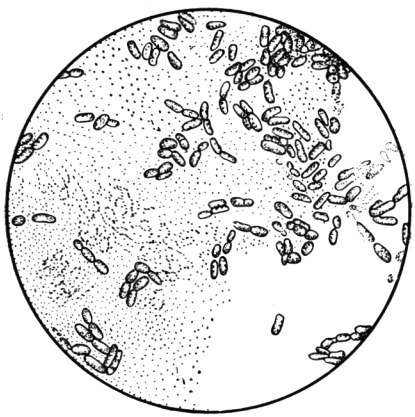


Рис. 50. Clostridium perfringens

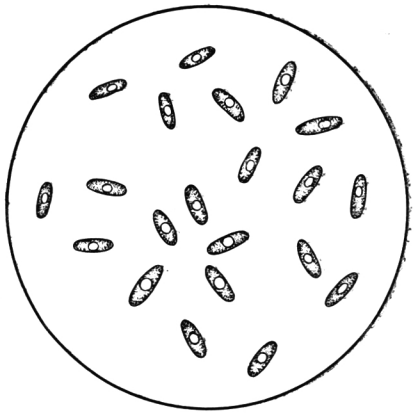


Рис. 51. Bacillus cereus

ется во вспомогательных материалах, рыбных полуфабрикатах, соленой, копченой рыбе, хорошо развивается в консервах. При хранении их при температуре 18—20 °С в течение 2—15 сут может появиться бомбаж различной степени, обусловленной их развитием. С. perfringens выделяет токсин, причем органолептические свойства продукта не меняются. Известно шесть типов С. perfringens — А, В, С, D, Е, F, наиболее опасен для человека тип F, реже — тип С.

В. cereus представляет собой грамположительную спорообразующую палочку; это аэроб, оптимальная температура его развития 30—32 °С. Обитает в основном в почве. Может размножаться в пищевых продуктах при концентрациях поваренной соли до 10—15% и сахара — 30—60%. В продуктах с pH ниже 4,5 не развивается. Споры термоустойчивы, могут сохраняться и в консервах. Развитие В. cereus сопровождается накоплением большого количества органических кислот в среде. Обычно В. cereus не вызывает бомбажа. Пищевые отравления, вызванные им, непродолжительны по времени и протекают легко.

Рыбные консервы в масле чаще всего подвергаются стафилококковой инфекции, так как при их приготовлении большое число операций производится вручную (укладка рыбы в корзины, резка крупной рыбы, укладка в банки). Токсигенные стафилококки очень часто обнаруживаются на руках работающих, являющихся бациллоносителями.

Само по себе масло является неблагоприятной средой для развития микроорганизмов, но в масле содержится водный отстой, в котором имеется небольшое количество белковых веществ, белковые вещества содержатся также в жидкой части консервов. Попавшие в такие консервы стефилококки очень быстро развиваются, их количество в 1 г продукта достигает миллионов (в летнее время уже через 3—6 ч), и при этом быст-

ро накапливается энтеротоксин. Консервы с масляной заливкой требуют более жестких режимов стерилизации (температура 120 °С). Более подробно об этих пищевых отравлениях и их возбудителях см. гл. 6.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ В КОНСЕРВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Микробиологический контроль позволяет своевременно установить и объективно оценить изменения в основном сырье, полуфабрикатах, вспомогательных материалах, внести коррективы в работу смены или цеха и сохранить качество продукции. Микробиологический контроль на всех этапах консервного производства осуществляется на основании ГОСТов, инструкций и другой нормативной документации.

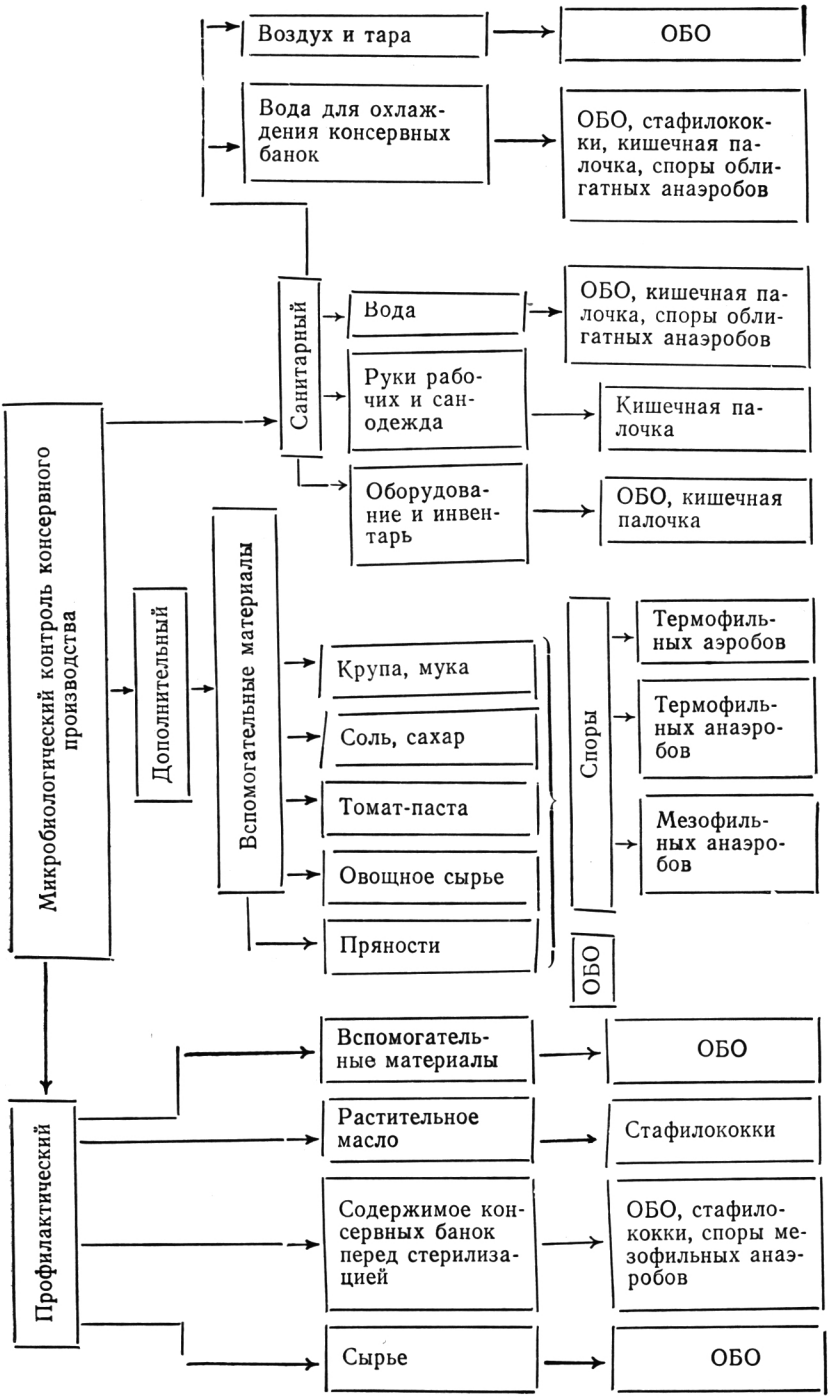
Виды микробиологического контроля. Микробиологический контроль состоит из профилактического, дополнительного и санитарно-гигиенического.

Профилактический контроль проводится систематически и включает определение общей бактериальной обсемененности (ОБО) сырья и вспомогательных материалов; содержимого консервных банок до стерилизации; готовых консервов после стерилизации. В содержимом консервных банок до стерилизации при необходимости определяют количество спор мезофильных анаэробов, иногда — присутствие коагулазоположительного стафилококка, в растительном масле определяют только присутствие стафилококка.

Дополнительный контроль проводится в следующих случаях: 1) при обнаружении стойкой повышенной бактериальной обсемененности сырья до стерилизации; 2) при наличии спор мезофильных облигатных анаэробов в 0,5 г консервов до стерилизации; 3) при выявлении повышенного биологического брака консервов и 4) при нарушении режимов хранения вспомогательных материалов. Методы проведения дополнительного контроля те же, что и при профилактическом, но при нем учитывают содержание некоторых специфических групп микроорганизмов (спорообразующие мезофильные, термофильные анаэробные бациллы и клостридии и термофильные аэробы), являющиеся причиной брака консервов.

Санитарно-гигиенический контроль включает проверку санитарного состояния воды, воздуха, технологического оборудования, инвентаря, тары, спецодежды и рук персонала. Он осуществляется на всех стадиях технологического процесса по определенным схемам с установленной периодичностью. При этом контроле определяют общую бактериальную обсемененность и наличие кишечной палочки.

Ниже приведена схема микробиологического и санитарного контроля, где указаны объекты контроля и определяемые микробиологические показатели.


Микробиологический контроль консервного производства
Санитарный
Воздух и тара
ОБО
Вода для охлаждения консервных банок
ОБО, стафилококки, кишечная палочка, споры облигатных анаэробов
Вода
ОБО, кишечная палочка, споры облигатных анаэробов
Руки рабочих и санодежда
Кишечная палочка
Оборудование и инвентарь
ОБО, кишечная палочка
Дополнительный
Вспомогательные материалы
Крупа, мука
Соль, сахар
Томат-паста
Овощное сырье
Пряности
Споры
Термофильных аэробов
Термофильных анаэробов
Мезофильных анаэробов
ОБО
Профилактический
Вспомогательные материалы
ОБО
Растительное масло
Стафилококки
Содержимое консервных банок перед стерилизацией
ОБО, стафилококки, споры мезофильных анаэробов
Сырье
ОБО

Контроль консервов перед стерилизацией. Обсемененность содержимого консервной банки до стерилизации отражается на качестве готовых консервов, их стойкости при хранении. Проверка бактериологической обсемененности содержимого консервных банок перед стерилизацией включает два определения: общей бактериальной обсемененности (ОБО) и спор мезофильных анаэробов — возбудителей бомбажа.

Определение ОБО проводится ежедневно один раз в каждую смену на каждой линии и по каждому виду вырабатываемых консервов. Для анализа отбирают три пробы образца через 1 ч после начала работы линии. Общая бактериальная обсемененность консервов перед стерилизацией не должна превышать количества, указанного ниже.

Вид консервов	Допустимое число бактерий в 1 г продукта
Пюреобразные консервы для детского и диетического питания	200
Первые обеденные блюда с мясом и без мяса	10^4
Заправки для первых обеденных блюд и слабокислые соусы	10^4
Солянки овощные с копченостями и без них	10^4
Вторые обеденные блюда с мясом	10^4
Консервы овощные закусочные:	
овощи или голубцы фаршированные в томатном соусе	$5 \cdot 10^4$
икра овощная, винегреты	10^4
салат из свеклы с луком	$4 \cdot 10^4$
Овощные натуральные консервы	10^4
Овощно-грибные консервы	10^4
Соки овощные	$5 \cdot 10^3$
Тушеное мясо	10^5
Мясо-растительные и сало-бобовые при закладке мяса и фарша с предварительной тепловой обработкой	$2 \cdot 10^4$
Мясо-растительные при закладке сырого мяса и фарша	$5 \cdot 10^4$
Паштеты мясной и печеночный	10^4
Рыбные консервы (с предварительной термической обработкой рыбы и овощей)	10^4
Консервы из морских продуктов: крабы, креветки, кальмар	10^5

Выявление спор облигатных мезофильных анаэробов — возбудителей бомбажа в консервных банках перед стерилизацией проводят в следующих случаях: при установлении повышенной бактериальной обсемененности консервируемых продуктов перед стерилизацией; при установлении брака готовой продукции (бомбажа, хлопуши, ослизнения, плесневения, брожения); при профилактическом микробиологическом контроле, но не реже 1—2 раза в неделю по каждому виду вырабатываемой продукции с каждой линии.

При обнаружении повышенной бактериальной обсемененности содержимого консервных банок перед стерилизацией или присутствия в 0,5 г продукции спор мезофильных облигатных анаэробов необходимо выявить и устранить очаги микробного

загрязнения. Для этого проводят последовательное микробиологическое обследование всей технологической линии производства (сырье, вспомогательные материалы, вода, оборудование), а также общего санитарного состояния цеха. Кроме того, необходимо провести микробиологический анализ данной партии готовой продукции.

Иногда в консервах до стерилизации определяют споры не только мезофильных анаэробов, но и термофильных аэробов. Эти анализы проводят при установлении повышенного брака (более 0,2%) готовой продукции или выявлении плоскокислой порчи консервов. Состояние технологической линии считается удовлетворительным, если в 1 мл содержимого консервных банок до стерилизации обнаруживают не более 5 спор термофильных аэробов.

Контроль вспомогательных материалов. При обнаружении повышенной общей бактериальной обсемененности консервов перед стерилизацией проводят микробиологическое исследование вспомогательных материалов — томатопродуктов, овощного сырья, пряностей, муки, крупы, сахара, соли, растительного масла. Определяют общую бактериальную обсемененность и количество споровых микроорганизмов.

Качество вспомогательных материалов контролируется при поступлении их на завод, а хранящееся на складе овощное сушеное сырье и растительное масло контролируется дополнительно 1—2 раза в месяц.

Томат-паста, соль и сахар обычно бывают доброкачественными и не содержат микроорганизмов, способных вызвать порчу консервов при хранении. Поэтому их чаще исследуют при дополнительном контроле.

Растительное масло проверяют на наличие в нем коагулазоположительного стафилококка. Не допускается его присутствие в 5 г растительного масла. Для определения отбирают среднюю пробу, готовят соответствующее разведение в зависимости от предполагаемой обсемененности продукта. Показатели допустимой бактериальной обсемененности вспомогательных материалов даны в табл. 4.

Контроль готовых консервов после стерилизации. Готовые консервы подвергаются сплошному визуальному контролю после 15 сут хранения на складе завода-изготовителя при температуре около 20 °С и выборочному микробиологическому.

Выдержка всей партии консервов на складе и ее сплошной визуальный контроль позволяют выявить бомбаж, возникающий вследствие нарушений в технологии производства. Микробиологический анализ готовой продукции (выборочный контроль) производится только в определенных случаях: при обнаружении в консервах перед стерилизацией повышенной бактериальной обсемененности или при содержании в 0,5 г продукта спор мезофильных облигатных анаэробов; при отступлениях от технологического процесса, влияющих на режим стерилизации и бак-

4. Допустимая обсемененность вспомогательных материалов, используемых в консервном производстве

Материал (продукт)	Общая бактериальная обсемененность 1 г продукта	Споры		
		термофильных анаэробных бактерий	термофильных аэробных бактерий	мезофильных анаэробных бактерий
Томат-паста	10^3	Отсутствие в 0,5 г	Отсутствие в 0,5 г	Отсутствие в 0,5 г
Сахар	10^3	То же	То же	То же
Соль	10^3	»	»	»
Овощное сырье	10^4	»	»	»
Крупа	$5 \cdot 10^4$	»	»	»
Мука	$5 \cdot 10^4$	»	»	»
Пряности (черный, горький перец и др.)	$2 \cdot 10^5$	»	Отсутствие в 0,1 г	»

териологические показатели консервов; при выработке новых видов консервов, т. е. при отсутствии показателя допустимой общей обсемененности консервов до стерилизации; при отсутствии на автоклавах приборов, регулирующих температуру; при закладке консервов на длительное время; при производстве консервов на экспорт.

В этих случаях отбирают на анализ по одной банке от каждой автоклавоварки. Подготовка консервов к испытанию включает три стадии: проверку банок на герметичность; термостатирование банок; отбор из банки пробы или приготовление и отбор средней пробы для микробиологического анализа. Термостатирование посевов проводят при 37 °С в течение 5 сут для того, чтобы ослабленные стерилизацией споры могли прорасти в вегетативные клетки, размножиться. Это позволит установить видимые признаки порчи консервов. Если консервы не отвечают хотя бы одному из вышеуказанных требований, то они считаются дефектными, их анализируют только в специальных случаях, например для выяснения причин дефектов, выявления возбудителей пищевых отравлений и др.

В большинстве случаев готовые консервы стерильны, но иногда могут содержать остаточную микрофлору, сохранившуюся после стерилизации или проникшую в консервы вследствие микроразгерметизации швов. В подобных случаях реализация партии консервов задерживается, так как возникает необходимость дополнительного микробиологического исследования их на присутствие термофилов, коагулазоположительного стафилококка, клеток B. cereus, C. perfringens, C. botulinum и выявление ботулинических токсинов. Микробиологические анализы при этом осуществляются согласно соответствующим ГОСТам. При выявлении непатогенных и нетоксигенных культур консервы в случае сохранения ими нормальных органолептических свойств используются для приготовления блюд промышленной переработки.

Консервы, содержащие клетки бактерий типа B. subtilis, не образующие газа, устойчивы при хранении, и их считают промышленно-стерильными. Если в готовых консервах сохранились термофилы, то такие консервы испортятся в районах с жарким климатом. Их следует хранить при температуре не выше 15 °С и реализовать в течение 1 года.

Контроль воды, оборудования, инвентаря и тары. Консервные предприятия должны быть обеспечены в достаточном количестве водой для всех технологических нужд. Вода должна соответствовать ГОСТу на питьевую воду. Кроме того, в 100 мл воды не должны содержаться споры анаэробов.

Каждую смену проводят визуальный контроль санитарного состояния технологического оборудования. Не реже двух раз в месяц проводят контроль качества санитарной обработки технологического оборудования, инвентаря и тары после мойки и дезинфекции.

Для мойки и дезинфекции используют обычно 1%-ный раствор хлорной извести или 0,5%-ный раствор каустической соды, а затем 0,16%-ный раствор дихлордиметилгидантоина, содержащий 1000 мг активного хлора в 1 л. Последний препарат очень эффективен как спороцидное средство, особенно против спор возбудителя ботулизма. После дезинфекции производят ополаскивание горячей и холодной водой и пропарку. Общая бактериальная обсемененность 1 см^2 поверхности оборудования, изготовленного из металла, стекла, резины, пластмассы или дерева, не должна превышать 300 клеток.

Санитарный контроль качества подготовки тары для консервов проводят в лаборатории один раз в сутки. При правильно проведенной мойке и обработке 0,2%-ным раствором каустической соды в смыве с внутренней поверхности тары общая бактериальная обсемененность не должна превышать 500 микроорганизмов для всех объемов тары.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НОВЫХ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОНСЕРВОВ

При обычном методе стерилизации консервов для уничтожения микроорганизмов требуется сравнительно длительное нагревание, что приводит к снижению качества продукта: его внешнего вида, консистенции, вкуса и т. д. Продолжительное нагревание отрицательно влияет на сохранение ряда ценных компонентов, в частности некоторых аминокислот и витаминов. Чем больше размер тары, тем больше такое влияние.

Около 40 лет назад возникла идея об асептическом консервировании, т. е. консервировании в условиях, исключающих возможность попадания микроорганизмов. Но только около 15 лет назад эта идея нашла практическое воплощение, когда стал применяться *горячий розлив*. В этом случае простерилизованный отдельно горячий продукт фасуют в тару, герметически

ее укупоривают и после выдержки в течение времени, необходимого для стерилизации внутренней поверхности тары, охлаждают.

Горячий розлив не позволяет полностью устранить недостатки классического способа консервирования. Это связано с тем, что сам процесс стерилизации продукта в теплообменниках интенсивного действия проходит быстро, но для уничтожения микрофлоры, находящейся на внутренней поверхности банок, за счет теплоты нагретого продукта требуется довольно длительное время, так как температура продукта у стенок банок практически не выше 98 °С. Кроме того, в таре больших размеров охлаждение протекает слишком медленно, что отрицательно сказывается на качестве продукта в центральной части банок. В настоящее время способ горячего розлива применяется только при производстве некоторых кислотных консервов (например, фруктовых соков, томатной пасты) в таре вместимостью 3—5 л.

Снизить вредное влияние теплового воздействия на качество продуктов в таре любого объема позволил метод *асептического консервирования.* Сущность его заключается в том, что продукт и тара (банки и крышки) стерилизуются отдельно, а затем в асептических условиях предварительно охлажденный продукт помещают в банки и герметически укупоривают их крышками. В отличие от горячего розлива продукт не только мгновенно нагревается, но и так же быстро охлаждается.

Асептический метод в консервной промышленности применяется для консервирования соков и продуктов пюреобразной консистенции. Он осуществляется в больших стационарных или транспортабельных резервуарах объемом 20—400 м³ (например, железнодорожные цистерны, автоцистерны); в бочках, бидонах и другой таре средних размеров (5—200 л). Этим методом готовят продукты, предназначенные для хранения: неосветленные и осветленные соки, фруктовые и овощные консервы для детского питания, джем и повидло, томатные соусы, пасты и порошки и т. д.

Заготовка полуфабрикатов асептическим методом не требует применения консервантов, что очень важно с точки зрения охраны здоровья населения. Преимуществами метода являются также непрерывность процесса, возможность его полной механизации и автоматизации, экономия потребляемой тепловой энергии и многие другие.

КОНСЕРВИРОВАНИЕ ОВОЩЕЙ ПУТЕМ КВАШЕНИЯ И ЗАСОЛКИ

В основе квашения и засолки овощей (капуста, огурцы, томаты, реже — баклажаны, арбузы, дыни и др.) лежит явление антагонизма между молочнокислыми и гнилостными бактериями. Молочнокислые бактерии в процессе своей жизнедеятельно-

сти образуют молочную кислоту, которая подавляет развитие гнилостных, маслянокислых и других нежелательных микроорганизмов. Одновременно продукт приобретает новые полезные вкусовые и пищевые качества.

Под влиянием соли происходит быстрое выделение клеточного сока из овощей, богатого сахарами и другими питательными веществами. В этой питательной среде размножаются микроорганизмы, находящиеся на поверхности овощей — бактерии, в том числе молочнокислые, гнилостные, дрожжи, грибы.

При квашении капусты шинкованную капусту смешивают с солью в количестве 2—3% от массы сырья, плотно утрамбовывают и сверху придавливают гнетом.

Засолка огурцов заключается в следующем. Огурцы одного размера, здоровые, недозрелые моют и укладывают в емкости, переслаивая их различными ароматическими травами. Затем заливают раствором, содержащим от 4 до 10% соли, иногда с добавлением 0,5—1% сахара.

Засолка томатов и других овощей в принципе не отличается от засолки огурцов, однако содержание соли и сахара в растворе для заливки может быть разное. Квашение капусты и засолка овощей являются многоступенчатым микробиологическим процессом, в результате которого накапливается большое число продуктов обмена, определяющих вкус и аромат готовой продукции.

На первой стадии квашения и засолки развивается аэробная микрофлора, благодаря чему количество кислорода резко снижается и создаются анаэробные условия, благоприятные для развития молочнокислых бактерий, устойчивых к соли и способных размножаться при сравнительно низких температурах (от 10 до 20 °С). Деятельность остальных микроорганизмов, в том числе и гнилостных, постепенно прекращается.

Микроорганизмы, участвующие в процессе квашения. В квашении овощей основная роль принадлежит гомо- и гетероферментативным молочнокислым бактериям. В начале процесса идет нарастание кислотности в результате жизнедеятельности гетероферментативных бактерий, таких, как лейконосток (Leuconostoc mesenteroides). Эти бактерии обогащают вкус и аромат продуктов, так как кроме молочной кислоты образуют диоксид углерода, этиловый спирт, эфиры. Затем их вытесняют гомоферментативные бактерии с преобладанием Lactobacillus plantarum, образующие преимущественно молочную кислоту. В результате их жизнедеятельности при оптимальной температуре 18—20 °С кислотность квашеных продуктов повышается до 1,5—2,2% молочной кислоты (соответствует pH ниже 3,4—3,8) и в дальнейшем при правильном хранении без доступа воздуха и при температуре минус 1—2 °С кислотность не изменяется. Квашеные продукты, содержащие меньше 1—5% кислоты, нестойки.

Микробная порча квашеных овощей и способы ее предотвращения. При неправильном проведении процесса квашения могут

возникать различные пороки, вызываемые посторонними микроорганизмами.

Квашеная капуста подвержена следующим видам порчи: снижение кислотности, появление постороннего неприятного запаха, ослизнение, изменение цвета (потемнение, порозовение), газообразование, появление прогорклого вкуса.

В процессе хранения квашеная капуста может подвергаться порче под влиянием жизнедеятельности посторонних микроорганизмов. Первыми размножаются несовершенные дрожжи рода Candida, они расщепляют молочную кислоту, в связи с чем повышается pH и создаются предпосылки для развития гнилостных бактерий. Некоторые из них вызывают ослизнение капусты в результате образования капсул, другие расщепляют белки, в результате чего накапливаются продукты обмена с неприятным запахом. Изменение цвета капусты вызывают несовершенные дрожжи рода Torulopsis.

Благоприятными условиями для размножения дрожжей являются: повышенная температура хранения, недостаточное уплотнение (слабый гнет), недостаточное выделение сока (аэробные условия). Дрожжи попадают из сырья, воздуха и аппаратуры.

Причиной газообразования, прогорклого вкуса, неприятного запаха масляной кислоты являются маслянокислые бактерии, которые размножаются при недостаточно быстром повышении кислотности, например, при низкой температуре заквашивания. Маслянокислые бактерии попадают из лежалого, испорченного сырья.

Для предотвращения развития микроорганизмов — возбудителей порчи квашеную продукцию необходимо хранить в закрытой таре, под слоем рассола (анаэробные условия) и при низкой температуре (минус 1—2 °С).

Соленые огурцы также подвержены порче, которая выражается в образовании пустот и размягчения. Причиной образования пустот в огурцах обычно бывают солеустойчивые формы бактерий кишечной группы, которые, размножаясь, образуют много газов, особенно при высокой температуре заквашивания. Возбудители попадают из сырья, воды и аппаратуры.

Причиной размягчения огурцов является расщепление пектиновых веществ и целлюлозы под действием соответствующих ферментов, имеющихся у многих грибов и бактерий. Соленые огурцы хранят при температуре от минус 1 до плюс 1 °С.

Контроль производства. Он включает определение степени обсемененности сырья, качества его сортирования, чистки и мойки, а также контроль тары и оборудования после их мойки.

В ходе брожения периодически проверяют кислотность и наличие посторонних микроорганизмов. Низкая кислотность благоприятна для размножения маслянокислых и гнилостных бактерий.

Наличие посторонних микроорганизмов определяют под

микроскопом. Обнаружение в огуречном рассоле или капустном соке подвижных палочек является показателем неправильного ведения процесса молочнокислого брожения и порчи готовой продукции при хранении.

КОНСЕРВИРОВАНИЕ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ ПУТЕМ МАРИНОВАНИЯ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНТИСЕПТИКОВ

Маринование. Маринованные овощи и плоды представляют собой продукцию, изготовленную с добавлением к сырью уксуса, пряностей, соли, сахара. Уксусная кислота препятствует развитию гнилостных бактерий. Маринованная продукция содержит не более 2,5% кислоты, и стойкость ее не хуже, чем квашеных овощей. Однако уксусная кислота, подобно молочной, может окисляться многими несовершенными дрожжами рода Candida, а также грибами и уксуснокислыми бактериями.

Поэтому без дополнительной пастеризации и плотной закатки банок слабокислые маринады нестойки при хранении. Для предотвращения развития микроорганизмов — возбудителей порчи маринованную продукцию необходимо хранить при низкой температуре.

Консервирование с помощью антисептиков. Этот метод консервирования основан на добавлении в продукты химических веществ — антисептиков. Однако он имеет довольно ограниченное применение, так как большинство антисептиков ядовиты для человека. Имеется сравнительно небольшое количество антисептиков, применяемых в качестве добавок к продуктам для увеличения сроков их хранения.

Требования, предъявляемые к антисептикам, очень высокие. Они должны губительно действовать на микроорганизмы, но быть безвредными для человека и не придавать продукту постороннего запаха и вкуса. Применение антисептиков в малых дозах, разрешенных к использованию, не обеспечивает полной стерильности и не всегда удлиняет сроки хранения.

В последние годы широкое распространение получила сорбиновая кислота. Она обладает теми качествами, которые требуются от консервантов, применяемых в пищевой промышленности. Однако этот консервант подавляет развитие преимущественно грибов и дрожжей, в меньшей степени — бактерий. Высокие концентрации сорбиновой кислоты безвредны для молочнокислых и уксуснокислых бактерий, псевдомонад и коагулазоположительного стафилококка.

В консервной промышленности для удлинения сроков хранения продуктов переработки плодов добавляют сорбиновую кислоту в следующих концентрациях (в %):

Соленые огурцы	0,05
Яблочное пюре	0,01
Томатная паста	0,05
Виноградный сок	0,06

Сорбиновая кислота в применяемых концентрациях не изменяет вкуса и запаха продуктов, чего нельзя сказать о бензойной кислоте — ранее очень распространенном консерванте.

В консервном производстве широко используют метод обработки различных соков сернистой кислотой (сульфитация).

Глава 15. МИКРОБИОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖИРОВ

К производству жиров относятся производство маргарина и майонеза. В производстве маргарина микроорганизмы играют двоякую роль: молочнокислые бактерии имеют полезное применение, они специально вводятся в состав заквасок для маргарина, а все остальные микроорганизмы, попадающие с сырьем и из внешней среды, являются вредителями, снижают качество маргарина и его стойкость при хранении.

В производстве майонеза жизнедеятельность микроорганизмов наносит только вред сырью и готовой продукции.

СЫРЬЕ И ОСНОВНЫЕ СТАДИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА МАРГАРИНА И МАЙОНЕЗА

Маргарин. Основным сырьем для производства маргарина служат высококачественные пищевые растительные масла — жидкие (подсолнечное, хлопковое, соевое) и твердые (кокосовое, пальмоядровое), а также животные жиры, в основном сливочное масло.

Для производства маргариновой продукции требуются в основном твердые пластичные жиры. Для превращения жидких растительных масел в твердые их обрабатывают в определенных условиях водородом (гидрогенизируют). В результате гидрогенизации получают твердый салообразный продукт — *саломас*. Он бывает различных марок и должен отвечать определенным требованиям. Для производства маргарина используются только очищенные от примесей (рафинированные) и лишенные специфических запахов (дезодорированные) жиры. В производстве маргарина используются эмульгаторы, красители, ароматические вещества, пищевые кислоты.

В соответствии с рецептурой, утвержденной для каждого сорта маргарина, вначале подготавливают жировую смесь, состоящую из саломаса определенной марки и растительного масла; для отдельных сортов используют сливочное, кокосовое, пальмоядровое масла. Затем в эту смесь вводят все жирорастворимые компоненты — эмульгаторы, красители, жирорастворимые витамины и ароматизаторы. Отдельно готовят водно-молочную фазу, состоящую из молока (сквашенного и несквашенного), воды и всех водорастворимых компонентов (сахар, соль,

водорастворимые ароматизаторы, консерванты и другие добавки).

Затем жировая смесь и водно-молочная фаза тщательно перемешиваются (процесс эмульгирования), создается однородная эмульсия, которая поступает на охлаждение и кристаллизацию. Полученную смесь подвергают механической обработке до получения продукции нужной консистенции. Заключительной операцией является фасование продукции и упаковывание ее в тару.

Майонез. Он представляет собой сложную тонкодисперсную устойчивую в довольно широком интервале температур жироводную эмульсию. Производство майонеза осуществляется на маргариновых заводах. В нашей стране в больших количествах вырабатывается столовый майонез «Провансаль».

В качестве сырья для производства майонеза используют рафинированные и дезодорированные растительные масла (в основном подсолнечное, реже — хлопковое и соевое), сухое обезжиренное молоко, яичный и горчичный порошки, сахар, соль, соду, уксусную кислоту и другие вкусовые и ароматические добавки, воду.

При производстве майонеза периодическим способом проводят следующие операции: подготовка сухих рецептурных компонентов; приготовление майонезной пасты; приготовление майонезной эмульсии; гомогенизация эмульсии; фасование и упаковывание.

Подготовка сухих рецептурных компонентов включает: диспергирование сухого молока и отдельно диспергирование яичного порошка в теплой воде; приготовление насыщенного раствора соли и 9%-ного раствора уксусной кислоты, запаривание порошка горчицы (при 90—95 °С) с целью удаления из нее горечи и уничтожения микроорганизмов.

Для приготовления майонезной пасты подготовленные сухое молоко и яичный порошок полностью растворяют при нагревании. При этом в молоко вводят соду, а по окончании растворения в него добавляют сахар-песок. Вся масса перемешивается, охлаждается до 50—55 °С. Затем вводится растворенный яичный порошок и запаренная горчица. Майонезная паста после охлаждения используется для приготовления майонезной эмульсии. Она готовится путем медленного введения растительного масла в майонезную пасту при температуре 20—25 °С при постоянном перемешивании. Получается однородная достаточно устойчивая эмульсия, в которую вводят уксусно-солевой раствор и пряноароматические добавки. Полученная грубая эмульсия затем пропускается через гомогенизатор под давлением с целью получения тонкодисперсной эмульсии, какой является готовый майонез. Он поступает далее на расфасовочный автомат и упаковку.

Производство майонеза осуществляется и непрерывным способом.

ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРООРГАНИЗМОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ ЗАКВАСОК ДЛЯ МАРГАРИНА И ИХ ПРИГОТОВЛЕНИЕ

Для сквашивания молока, вводимого в маргарин, применяют молочнокислые закваски. К сквашенному молоку, используемому для производства маргарина, предъявляются определенные требования: оно должно иметь нормальный молочнокислый вкус без горечи, выраженный сливочный аромат без посторонних запахов, слегка тягучую сметанообразную консистенцию.

Для получения сквашенного молока с такими свойствами подбирают специальные закваски, состоящие из нескольких чистых культур молочнокислых бактерий (заквасочные наборы). В состав заквасок входят мезофильные молочнокислые стрептококки: ароматообразующий (Streptococcus diacetilactis), молочный (S. lactis, рис. 52) и сливочный (S. cremoris, рис. 53), которые являются активными кислотообразователями. Молочный и сливочный стрептококки относятся к гомоферментативным молочнокислым бактериям и в процессе брожения образуют только молочную кислоту. Ароматообразующий стрептококк играет большую роль в образовании вкуса и аромата при сквашивании молока. Он относится к гетероферментативным молочнокислым бактериям и образует при брожении CO_2, летучие жирные кислоты, а также специфические вещества, придающие продукту аромат (диацетил, ацетоин). В создании аромата активное участие принимают также и летучие жирные кислоты (пропионовая, масляная, муравьиная и особенно уксусная). Молочнокислые закваски содержат 60—70% ароматообразующего стрептококка и 30—40% молочного и сливочного стрептококков.

На предприятиях масло-жировой промышленности применяют чистые культуры молочнокислых стрептококков в виде сухих заквасок. Из них готовится маточная закваска, предназначенная для получения сквашенного молока.

Процесс приготовления маточной закваски состоит из трех последовательных операций: оживление сухих заквасок путем двукратного пересева в пробирках со стерильным молоком; промежуточное размножение оживленной культуры в большем объеме (200—500 мл стерильного молока), которая служит закваской для приготовления маточной закваски, и приготовление собственно маточной закваски в металлических (лучше эмалированных) бидонах вместимостью 3—10 л.

Оживленную культуру вносят в бидон со стерильным молоком в количестве 0,5—1% от объема молока. После осторожного перемешивания содержимого бидоны помещают в термостатную комнату при 30 °С до момента свертывания, т. е. получения готовой маточной закваски. Затем бидоны переносят в холодильники, где их выдерживают до употребления при 0—4 °С до 6 сут, но не менее 18 ч. Маточную закваску применяют для

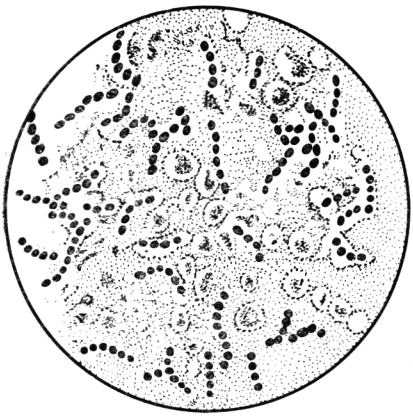


Рис. 52. Streptococcus lactis

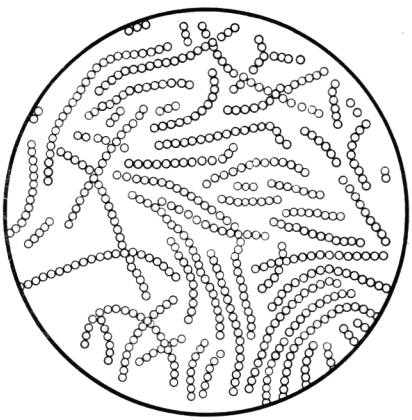


Рис. 53. Streptococcus cremoris

сквашивания молока в квасильных емкостях, так называемых танках-культиваторах. Кислотность маточной закваски не должна быть более 60—80 °Т*.

Сквашивание молока на маргариновых заводах можно производить двумя способами: стационарным и непрерывным.

Стационарное сквашивание молока осуществляется в танках-культиваторах вместимостью 1200 л и в других емкостях. В них из пастеризационной установки поступает молоко, подогретое до 70—90 °С, охлаждается до 30 °С, после чего в него немедленно добавляется маточная закваска в количестве 0,5—1%. Молоко перемешивается в течение 5 мин. После свертывания молоко охлаждается путем подачи в рубашку ледяной воды без перемешивания и выдерживается до полного созревания (т. е. до достижения кислотности 70—80 °Т). Затем немедленно охлаждается при перемешивании до температуры 15—20 °С. Процесс биологического сквашивания молока продолжается 9—12 ч.

Если сквашенное молоко необходимо сохранить, то производят более глубокое охлаждение с перемешиванием до температуры 8—10 °С. При этой температуре молоко может храниться до 48 ч, но не более.

Перед использованием сквашенного молока представители ОТК и бактериологи проверяют его кислотность, отбирают пробу на бактериологический анализ и производят его органолептическую оценку.

Непрерывное сквашивание молока применяется на заводах, вырабатывающих 40 тыс. т и более маргарина в год. Оно осуществляется в танках-культиваторах вместимостью 2000, 4000 л.

---

* Содержание молочной и других органических кислот в молоке учитывается в условных градусах Тернера (°Т). Кислотность в градусах Тернера показывает количество миллилитров 0,1 н. раствора щелочи (КОН или NaOH), требующегося для нейтрализации 100 мл молока.

Вначале в танке-культиваторе проводят процесс стационарного сквашивания до достижения кислотности 58—59 °Т. Затем начинается процесс непрерывного сквашивания: в танке-культиваторе включается мешалка и из него начинают периодически отбирать порции сквашенного молока в производство. Взамен каждой отобранной порции в танк-культиватор автоматически подается такая же порция пастеризованного молока. Каждая последующая порция сквашенного молока отбирается после достижения заданной кислотности (58—59 °Т). Метод непрерывного сквашивания позволяет в 4—5 раз повысить производительность оборудования и автоматизировать технологический процесс.

МИКРООРГАНИЗМЫ — ВРЕДИТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВА МАРГАРИНА И МАЙОНЕЗА

Посторонняя микрофлора маргарина представлена остаточной микрофлорой молока после пастеризации и микроорганизмов, попадающих в молоко и маргарин из сырья, воздуха, воды, с поверхности оборудования, с рук и одежды персонала.

Микрофлора сырья, используемого в производстве маргарина. Жировая фаза составляет от 60 до 82% от состава маргарина, остальная часть приходится на водно-молочную фазу. По сравнению с другими видами пищевого сырья растительные масла и животные жиры, вводимые в маргарин, подвергаются микробной порче незначительно. Это объясняется тем, что микроорганизмы, расщепляющие жиры, встречаются реже, чем микроорганизмы, воздействующие на углеводы и белки. К тому же в чистых жирах и маслах почти отсутствует вода (ее содержание составляет 0,1—0,3%), необходимая для жизнедеятельности микроорганизмов, мало минеральных питательных веществ.

Основными источниками посторонней микрофлоры маргарина являются компоненты водно-молочной фазы (молоко, сахар, соль, вода).

Молоко представляет наибольшую опасность с точки зрения бактериальной обсемененности сырья. Это основной компонент водно-молочной фазы маргарина, он является полноценной питательной средой для развития сапрофитных и патогенных микроорганизмов (см. гл. 10).

Для уничтожения микрофлоры молока его перед сквашиванием пастеризуют. Эффективность пастеризации определяется по уничтожению возбудителя туберкулеза, но поскольку работа по его определению в молоке сложна, то об эффективности пастеризации принято судить по уничтожению кишечной палочки, которая является не менее стойкой.

Охлаждение пастеризованного молока до 4—6 °С в значительной мере предотвращает развитие в нем нежелательных микробиологических процессов при его временном хранении.

В пастеризованном молоке, вводимом в маргарин, содержится сравнительно низкое количество бактерий. Остаточная микрофлора молока представлена в основном термофильными неспороносными молочнокислыми бактериями (Streptococcus thermophilus, S. bovis), спорообразующими гнилостными бактериями рода Bacillus и маслянокислыми бактериями рода Clostridium.

Сахар также может служить источником бактериальной обсемененности маргарина. Введение сахара-песка непосредственно в молоко и их дальнейшая совместная пастеризация недопустимы, поскольку это способствует развитию в молоке осмофильных дрожжей. Поэтому сахар-песок вводится в маргарин в виде предварительно пастеризованного 30%-ного водного раствора. Однако при недостаточном соблюдении режимов пастеризации водного раствора сахара в нем могут развиться осмофильные дрожжи рода Saccharomyces и мицелиальные грибы родов Aspergillus, Penicillium и др.

Соль при добавлении в маргарин может, с одной стороны, вызвать замедление роста микроорганизмов, но с другой — может способствовать интенсивности окислительных процессов. Поэтому соль добавляют в небольшом количестве (0,2—0,5%). Соль обсеменена в основном спорами мицелиальных грибов.

В специальные сорта маргарина вводят различные пищевые добавки (какао-порошок, лимонная кислота, ванилин, ароматизаторы и т. д.). Все эти вещества должны соответствовать ТУ.

Микробная порча маргарина и способы ее предотвращения. Посторонняя микрофлора, попавшая в маргарин из того или иного источника, может вызвать ряд нежелательных пороков вкуса и запаха.

Горький вкус маргарина может возникнуть при обильном обсеменении его гнилостными бактериями, например неспороносными флюоресцирующими бактериями (Pseudomonas fluorescens), обладающими термоустойчивыми протеолитическими ферментами, выдержавшими пастеризацию молока. При разложении белков плазмы этими микроорганизмами образуются пептоны, имеющие горький вкус. Такой же порок маргарина вызывают и спорообразующие гнилостные бактерии (Bacillus subtilis и др.).

Прогорклый вкус и неприятный запах возникают в маргарине вследствие разложения жиров некоторыми дрожжами, мицелиальными грибами и флюоресцирующими гнилостными бактериями, обладающими наряду с протеолитическими липолитическими термоустойчивыми ферментами. Некоторые из образущихся низкомолекулярных летучих жирных кислот, например масляная, обладают едким запахом, напоминающим запах прогорклого масла. Маслянокислые бактерии вызывают такой же порок вкуса и запаха маргарина в результате накопления ими масляной кислоты.

Некоторые гнилостные спорообразующие бактерии и мицелиальные грибы, разлагающие жиры, образуют различные пигменты, которые проникают в маргарин и вызывают нежелательное окрашивание продукта.

Плесневение маргарина происходит в результате развития аэробных мицелиальных грибов и только при доступе воздуха. Развитие этих микроорганизмов и образование на маргарине окрашенных пятен различного цвета происходит обычно на поверхности маргарина при нарушениях его упаковки, а иногда и внутри маргарина (при неплотной набивке). Плесневение маргарина происходит также в случае нарушения режима хранения.

Кислый вкус маргарина возникает в результате хранения его при температуре выше 10 °С, когда в нем развиваются термофильные молочнокислые бактерии. Излишне кислый вкус наблюдается также при переквашивании молока.

Для защиты маргарина от бактериальной порчи в него вводят консерванты, способные тормозить развитие некоторых видов мицелиальных грибов, дрожжей и бактерий. В качестве консервантов применяются бензойная кислота, бензойнокислый натрий, сорбиновая кислота и сорбат натрия. Количество консервантов не должно превышать 0,07—0,12%. Увеличение их концентрации ведет к ухудшению органолептических показателей маргарина.

Микрофлора сырья, используемого в производстве майонеза. Компоненты, входящие в состав майонеза, неодинаково опасны в производстве майонеза с точки зрения обсемененности и развития в них микроорганизмов. Жировая основа майонеза — растительные масла, как уже указывалось выше, устойчивы к микробной порче. Другие компоненты в большей или меньшей степени обсеменены микроорганизмами. Основными источниками микроорганизмов-вредителей являются белковые компоненты майонеза — сухое молоко и яичный порошок, используемые для приготовления майонезной пасты.

В *сухом молоке* содержится значительное количество микроорганизмов. Однако они в нем не развиваются, так как находятся в состоянии анабиоза, поскольку в сухом молоке низкое содержание влаги (не более 3,5%).

К *яичному порошку* в производстве майонеза предъявляют повышенные санитарные требования (см. гл. 10).

В процессе приготовления майонезной пасты сухое молоко и яичный порошок подвергаются термической обработке. Вегетативные клетки микроорганизмов при этом погибают, а споры сохраняются, что может стать причиной повышенной бактериальной обсемененности майонеза и его порчи.

Горчичный порошок в производстве майонеза используется высокого качества, не ниже I сорта. При запаривании горчичного порошка при 90—95 °С споры микроорганизмов сохраняются.

Пищевые добавки, используемые для улучшения вкуса майонеза, также содержат определенную микрофлору. Для предотвращения обсеменения майонеза сахар вводится при приготовлении майонезной пасты перед термообработкой, после которой сохраняются только споры микроорганизмов.

Соль вводится в пасту в виде насыщенного раствора, что создает неблагоприятные условия для развития в нем микроорганизмов.

С сырьем в производство майонеза могут попасть в основном спорообразующие и неспороносные бактерии, главным образом расщепляющие жиры, белки и реже — сбраживающие углеводы (представители родов Bacillus, Pseudomonas, Proteus и Clostridium). Жировой, белковый и углеводный состав майонеза в сочетании с высоким содержанием в нем воды является благоприятной питательной средой для микроорганизмов. Иногда в майонезе обнаруживаются кишечная палочка и салмонеллы, довольно часто обнаруживаются несовершенные дрожжи (Candida lipolytica) и мицелиальные грибы родов Aspergillus, Penicillium и др., обладающие ферментом липазой и расщепляющие жиры.

Микробная порча маргарина и способы ее предотвращения. Одним из распространенных пороков майонеза, вызываемых микроорганизмами, является газообразование, вызываемое гетероферментативными молочнокислыми бактериями и некоторыми дрожжами, и бомбаж банок с майонезом, вызываемый бактериями рода Clostridium и дрожжами.

Большое значение для повышения стойкости майонеза имеет один из рецептурных компонентов — уксусная кислота. Кроме того, что она способствует формированию выраженного вкуса и запаха майонеза, она снижает pH продукта. Рекомендуется, чтобы величина pH была 4—4,4, тогда происходит сначала замедление развития, а затем почти полное отмирание гнилостных бактерий, расщепляющих белки, а также бактерий кишечной группы, поскольку они развиваются при значениях pH 7—7,2.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА МАРГАРИНА И МАЙОНЕЗА

При производстве маргарина прежде всего ежедневно осуществляют микробиологический контроль состава микрофлоры заквасок путем микроскопирования препаратов. На основании анализов оценивают чистоту закваски: в ней должны обнаруживаться только молочнокислые стрептококки, равномерно расположенные в поле зрения. Закваски ежедневно контролируются и на наличие кишечной палочки.

Микробиологический контроль включает определение общей бактериальной обсемененности (ОБО) и определение коли-тит-

ра по первой бродильной пробе в различных объектах контроля. Он проводится в соответствии с инструкцией.

Учитывая результаты многолетней практики маргариновых заводов по определению коли-титра в растительном масле, саломасе, фосфатидах, эмульгаторах, красителях и других жировых компонентах, в которых отсутствуют бактерии кишечной группы, эти виды сырья не включены в схему контроля.

Микробиологическому контролю подлежат: сырье, поступающее в производство маргарина и майонеза (молоко пастеризованное, сквашенное, молоко сухое цельное и обезжиренное, сахарный песок, соль, горчичный порошок, яичный порошок); маргарин и майонез; тара, банки, пергамент и другие упаковочные материалы; санитарно-гигиеническое состояние производства (оборудование, инвентарь и руки персонала).

В инструкции приводятся примерные показатели общей бактериальной обсемененности и коли-титра для различных объектов контроля. Величина ОБО в 1 мл пастеризованного молока, поступающего из секции охлаждения, должна быть не более $5 \cdot 10^4$ клеток; в 1 г сухого молока (цельного и обезжиренного) — не более 10^5 в 1 г; соли и сахара-песка — не более 10^3 в 1 г; горчичного порошка — не более $3 \cdot 10^5$; пергамента, подпергамента, полимерной пленки, каширированной фольги, картона — не более 300 клеток в 1 мл смыва; стеклянных банок — не более 200; сахарного сиропа — не более 500 кл/мл.

Коли-титр для закваски должен быть более 3 мл; пастеризованного молока — 3 мл; в яичном порошке — не менее 0,1 г; в сухом молоке и в смывах с упаковочных материалов, стеклянных банок, майонезных крышек кишечная палочка должна отсутствовать.

Качество готовой продукции оценивается по коли-титру. Для маргарина коли-титр допускается не ниже 0,01 г, для майонеза — не ниже 0,1 мл.

САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ РЕЖИМ МАРГАРИНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Строгое соблюдение санитарно-гигиенических требований производства позволяет исключить попадание посторонней микрофлоры в маргарин и майонез. Тщательная мойка и дезинфекция технологического оборудования и коммуникаций создает условия для получения высококачественной продукции.

Ежедневно аппаратура, оборудование и инвентарь, предварительно освобожденные от остатков жира, молока, сахарного сиропа, маргариновой эмульсии или маргарина, промываются теплой водой. Температура воды для промывания оборудования для молока — 20—25°С, а для оборудования, в которое попадают жиры, — 35—40°С. Не реже одного раза в неделю технологическое оборудование промывают с применением моющих средств для полного удаления органических веществ. Затем

его промывают горячей водой, температура которой 60—80 °С, для полного удаления с его поверхности моющих средств и остатка загрязняющих частиц, а затем дезинфицируют раствором хлорной извести (150—300 мг активного хлора на 1 л). Наиболее загрязненные места дезинфицируют растворами с содержанием активного хлора около 400 мг/л. Продолжительность обработки дезинфектантами не менее 15 мин. После дезинфекции оборудование ополаскивают холодной водой до полного удаления хлора в промывной воде.

По окончании мойки и дезинфекции проводится микробиологический контроль чистоты аппаратуры и оборудования.

Санитарная обработка аппаратуры и оборудования при производстве майонеза осуществляется так же, как и при производстве маргарина. В смывах с технологического оборудования всех отделений маргаринового завода величина ОБО должна быть не более 500 клеток в 1 мл смыва, кишечная палочка должна отсутствовать.

Персонал, занятый на пластической обработке и упаковке маргарина, снабжают чистыми белыми рукавицами для предотвращения загрязнения готовой продукции. Рукавицы меняют в каждой смене.

На поверхности применяемого для упаковки маргарина пергамента не должны содержаться сахара и другие питательные вещества, которые бы способствовали развитию микроорганизмов. Чтобы предотвратить плесневение маргарина, пергамент предварительно обрабатывают 10%-ным раствором пропионовокислого кальция при температуре около 82 °С или подвергают ультрафиолетовому облучению. Такая обработка уничтожает споры мицелиальных грибов и дрожжей.

Маргариновая продукция относится к пищевым продуктам, требующим специальных условий хранения (холод, отсутствие доступа воздуха и прямого солнечного света).

Для кратковременного хранения маргарина температура в помещении склада должна быть от 0 до минус 2 °С при относительной влажности воздуха не более 80%. Для длительного хранения маргарина рекомендуется поддерживать температуру минус 7—8 °С при той же относительной влажности воздуха. Такие условия хранения маргарина предотвращают развитие мицелиальных грибов и препятствуют плесневению продукта.

Майонез — скоропортящийся продукт, поэтому сроки его хранения должны быть строго ограничены, оптимальная температура для его хранения 5—7 °С. В этих условиях срок хранения составляет 30 сут.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Афанасьева О. В. Микробиологический контроль хлебопекарного производства. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 143 с.

Афанасьева О. В. Микроорганизмы — вредители хлебопекарного производства. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 21 с.

Бочарова Н. Н., Кобрина Ю. П., Розманова Н. В. Микрофлора дрожжевого производства. — М.: Пищевая промышленность, 1972. — 80 с.

Жвирблянская А. Ю. Микробиологический контроль производства пива и безалкогольных напитков. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 157 с.

Жвирблянская А. Ю., Бакушинская О. А. Основы микробиологии, санитарии и гигиены в пищевой промышленности. — М.: Пищевая промышленность. 1983. — 312 с.

Кошлакова К. Г. Санитарный режим и микробиологический контроль маргаринового производства. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 97 с.

Ладур Т. А. Микрофлора и микробиологический контроль в крахмало-паточном производстве. — М.: Пищевая промышленность, 1981. — 111 с.

Мазохина-Поршнякова Н. Н. и др. Анализ и оценка качества консервов по микробиологическим показателям./Н. Н. Мазохина-Поршнякова, Л. П. Найденова, С. А. Николаева и др.; Под ред. Н. Н. Мазохиной-Поршняковой. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 471 с.

Мудрецова-Висс К. А. Микробиология. — М.: Экономика, 1985. — 256 с.

Мюллер Г., Литц П., Мюнх Г. Д. Микробиология пищевых продуктов растительного происхождения.//Пер. с нем. А. М. Калашниковой/Под ред. И. М. Грачевой. — М.: Пищевая промышленность, 1977. — 343 с.

Находкина В. З. Микробиология и микробиологический контроль в свеклосахарном производстве. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 94 с.

Семихатова Н. М. Хлебопекарные дрожжи. Современная технология. — М.: Пищевая промышленность, 1980. — 200 с.

Слюсаренко Т. П. Лабораторный практикум по микробиологии пищевых производств. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 207 с.

Шмелева Л. И. Техническая микробиология маргарина и майонеза. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. — 156 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автотрофы 41, 45
Адаптация 66
Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) 48, 49, 51
Акариоты 8
Активность воды a_w 71, 72
Активный транспорт веществ 44
Актиномицеты 11, 19
Акцепторы электронов (водорода) 46, 51, 52
Алейкия (алиментарно-токсическая) 115
Алкалофилы 74
Амилазы (амилолитические ферменты) 38, 43, 88, 140, 187
Аммонификация 99
Амфитрихи 14
Анабиоз 70
Анаэробы облигатные (строгие) 47, 75
— факультативные (условные) 47
Антагонизм 80, 202, 235
Антибиоз 80
Антибиотики 80
Антимикробные вещества (антисептики, дезинфицирующие вещества) 125—128
Аппарат Гольджи 24, 29
Артроспоры 28
Асептическое консервирование 235
Аск (сумка), аскоспоры 26, 31
Аскомицеты (сумчатые грибы) 26, 27
Афлатоксины 116, 146, 148, 222
Ацидофилы 74
Аэробы облигатные (строгие) 47
Аэротенки 84

Бактерии гнилостные 99, 158, 160, 219, 226, 236, 244
— кишечной группы (энтеробактерии) 21, 111, 116—118, 120, 124, 146, 158—160, 162—164, 175, 194, 196, 212, 229, 230
— маслянокислые 19, 158, 160, 172, 183, 184, 192, 202, 204, 211, 236, 241, 244
— молочнокислые 19, 132, 135, 142, 143, 147, 153, 154, 158, 162, 184, 202, 211, 241
— пропионовокислые 91, 92
— санитарно-показательные 118
— уксуснокислые 21, 95—97, 160, 193, 204, 211
— условно-патогенные 117
Бактериозы 172, 173, 212, 213
Бактерио-, бацилло- и вирусоносители 109, 111
Биодеградация 83
Биологические (очистные) пруды 83, 84
Биосфера 61
Биотоп 61
Биофильтры (аэрофильтры) 84
Биоценоз 56, 61
Ботритиоз 171
Ботулизм 19, 113, 218, 227
Бродильная проба 121, 163, 247
Брожение 52, 53
— маслянокислое 92—94
— молочнокислое 89—91
— пектиновых веществ 94, 95
— пропионовокислое 91, 92
— спиртовое 86—89
Брюшной тиф, паратифы А и Б 112

Вакуоли 24, 29
Вакцина 4, 107, 110
Вибрионы 10
Вид микроорганизма 17
Вирулентность 107
Вирусы 33—35
Влияние на микроорганизмы влажности 70—72
— — — ионизирующих излучений 76—77
— — — кислорода 75
— — — концентрации водородных ионов 74, 75
— — — осмотического давления 72—74

— — — радиоволн 78
— — — света 78
— — — температуры 67—70
— — — ультразвука 78, 79
— — — ультрафиолетовых лучей 77, 78
Вода питьевая 104
микробиологические показатели 122
очистка 104, 105
Воды поверхностные 65
— подземные 64
— сточные, методы очистки 83, 84
Волютин (метахроматин) 14, 24, 29
Вспучивание макарон 154

Галофилы 70, 217
Гетеротрофы 41, 45
Гидролазы (гидролитические ферменты) 13, 38, 43
Гидросфера 61
Гидрофиты 71
Гифы 19, 22
Гликоген 13, 24, 29
Глюканы 29
Гниение 99—102
Гниль белая 214
— горькая 214
— кагатная 28, 170, 172
— красная 183
— мокрая 183, 215
— плодовая 213
— серая 214, 215
— сердцевинная 28
— сухая 28
— хвостовая 169
— цитрусовая 214
Головня 28, 183
Грамотрицательные бактерии 11, 12, 18—20
Грамположительные бактерии 11, 12, 18, 19
Гранулеза 13
Грибы мицелиальные 22—28, 98, 145, 146, 148, 154, 158—161, 168—172, 183—185, 211—215, 244—246

Движение бактерий 14
Дезаминирование 100
Дезинфекция 123, 137—139, 152, 165, 178, 186, 197, 198, 207—209, 234, 248
Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) 8, 13, 33—35
Дейтеромицеты (несовершенные грибы) 25, 27, 28
Деление бактерий 15
— дрожжей 30
Детоксикация 83
Дизентерия 112
Дипиколиновая кислота 16, 17, 69
Диплококки 9
Диффузия 44
Доноры электронов (водорода) 46, 51, 52
Дрожжевое молоко 142
Дрожжи 28—33
— аскомицетовые 31, 32, 86, 204
— аспорогенные 32
— верхового и низового брожения 87, 188—190
— дикие 194
— квасные 202
— культурные 189
— несовершенные 32, 33, 133, 135, 145, 146, 159, 160, 204, 237
— осмофильные 157, 161, 162, 175, 176, 184, 185, 204, 244
— пивные 188—191
— хлебопекарные жидкие 129, 130, 137, 141, 142
Дуплистость корнеплода 169
Дыхание 51—53

Жгутики 14

Закваски жидкие для пшеничного теста 141, 142
— жидкие и густые для ржаного теста 143, 144
— комбинированные 202
— молочнокислые 241
Запасные вещества 13, 24
Зигомицеты 25, 26
Зигота (зигоспора) 25, 31
Зимазная активность 130, 137

Извитые бактерии 10
Изомеразы 39
Иммунитет 110
Инкубационный период 109
Инкубация (инкубирование) 57
Интоксикации (токсикозы) 113
— — стафилококковые 114, 162, 228
— — грибковой природы 115, 148
Инфекции 109, 110
— пищевые 111—113

Кандидозы 33
Капсулы бактерий 11
— дрожжей 29
Классификация бактерий 17—21
— мицелиальных грибов 24—28
— дрожжей 29—33
Клеточная стенка бактерий 11
— — грибов 23
— — дрожжей 29
Кокки 9, 18
Коли-индекс 119, 122, 123
Коли-титр 119, 163, 164, 207, 247
Комменсализм 80, 117
Конидиеносцы, конидии 26—28
Консерванты химические 126, 161, 186, 205, 216, 238, 239

Конструктивный обмен (биосинтез) 35, 45
Корнеед 170
Кортекс эндоспор 16
Ксерофиты 71
Культивирование микроорганизмов 58—60
Культуральная жидкость 58
Культуральные признаки 18
Культура микроорганизмов 54
— — лиофилизированная 57
— — накопительная 56
— — технически чистая 58
— — чистая 56

Лейконосток 11, 18, 132, 135, 172, 174, 176, 203
Лиазы 39
Лигазы (синтетазы) 39
Лизосомы 24, 29
Липаза 38, 219, 246
Литосфера 61
Лофотрихи 14

Мальтаза 38, 130
Мальтазная активность 130, 137, 142
Маннаны 29
Маринование 238
Мезосомы 13
Мезофилы 36, 67, 120, 122, 157, 175, 176, 179, 226, 231, 233
Мезофиты 71
Меловая болезнь 147
Метабиоз 80
Метантенки 84
Микотоксины 22, 116
Микробиологическая порча безалкогольных напитков и кваса 203—205
— — дрожжей хлебопекарных (прессованных) 132—133
— — карамели, шоколада, конфет 161
— — квашеных овощей 236, 237
— — кремовых изделий 162
— — консервов 225—227
— — майонеза 246
— — маргарина 243—245
— — мармелада, пастилы, сливочной помадки 161
— — мяса 220—222
— — пива 192—194
— — плодов и овощей 167—173, 183, 211—215
Микрококки 9
Микрофлора воды 64, 65
— воздуха 65, 66
— какао-продуктов 159, 160
— масла сливочного, молока цельного, сливок, сгущенного молока 158
— мелассы 131—133
— молока пастеризованного 244
— муки 144, 145
— почвы 63, 64
— рыбы 217, 218
— сахара-песка 176
— сахара-рафинада 181, 182
— свеклы 167
— солода 191
— эпифитная 211, 212
— яиц и яичных продуктов 146, 159
Микроаэрофилы 47
Митохондрии 23, 29
Мицелий 19, 20
Монотрихи 14
Морфологические признаки 18
Мутуализм 80

Нейтрофилы 74
Нуклеоид (бактериальная хромосома) 8, 13

Обмен веществ (метаболизм) 35, 36
Общая бактериальная обсемененность (ОБО) 122
Окисление неполное 51, 52
— — жиров и высших жирных кислот 98, 99
— — углеводов (мицелиальными грибами) 98
— — этилового спирта 95—97
Окраска макарон 154
Оксиредуктазы (окислительно-восстановительные ферменты) 13, 38, 46, 47
Осмофилы 73

Палочковидные бактерии 10, 19, 20
Паразитизм 81
Паразиты 43
Парша корнеплодов 169
Пастеризация 69
Патогенные микроорганизмы 107
Пектиназы (пектолитические ферменты) 38, 43, 212
Пептидогликан (муреин) 12
Перитрихи 14
Пигментные пятна хлеба 147, 148
Питательные среды 41, 54—56
Плазмолиз 73
Плазмоптис 73
Плодовые тела 22, 26
Подъемная сила дрожжей 131, 137
Поли-β-оксимасляная кислота 13
Поля орошения и поля фильтрации 83
Почка, почкование 30
Почкующееся деление 30
Прогоркание муки 145
Прокариоты 8
Прокисание макарон 154

— муки 145
Протеазы (протеолитические ферменты) 38, 43, 100, 140, 187
Псевдомицелий 29
Псевдомонады 20, 132
Психрофилы 36, 67, 219, 220, 222
«Пьяный хлеб» 115, 148

Радуризация 216, 219, 222
Рак картофеля 28, 183
— корнеплодов 170
Раса (штамм) 32, 87, 130, 142, 143, 188, 189, 202
Реактивация микроорганизмов 67
Рибонуклеиновая кислота (РНК) 13, 33
Рибосомы 13, 23, 29
Ризоиды 25
Ризопусное гниение 171

Сапрофиты 42
Сарцины 9
Септа 15, 22
Септиктенки 84
Симбиоз 79—81
Синергизм 80, 202
Склероции 23
Спириллы 10
Спирохеты 10
Спорангий, спорангиеносцы, спорангиоспоры 25
Спороносцы 15
Стафилококки 9, 18
Стерилизация 69
Стерильность 58
Стойкость биологическая напитков 192, 196, 204, 205
Стрептококки 9, 19
Сыворотки иммунные 110
— — антиботулинические 114

Тейхоевые кислоты 12
Термогенез (самосогревание) 51, 68, 146
Термоустойчивость 17, 69, 224, 225
Термофилы 36, 68, 157, 158, 174—176, 179, 181, 184, 223, 226, 227, 232, 233, 244, 245
Тетракокки 9
Токсигенность 108
Токсикоинфекции 116—118
Токсины (экзотоксины, эндоксины) 108
Трансферазы (ферменты переноса) 38
Тропосфера 61
Тургор, тургорное давление 44, 70
Тягучая болезнь хлеба 146, 147

Фаги (актинофаги, бактериофаги, микофаги) 34, 35
Фагоцитоз, фагоциты 111
Факторы роста 42
— экологические 66
— абиотические 67
— антропогенные 81, 82
— биотические 79
Фекальное загрязнение воды, пищевых продуктов 118
Ферментаторы 59
Ферментные препараты 27, 140, 142, 150, 184, 185, 187
Фиалиды 26
Физиологические признаки 18
Фомоз 168
Фотоавтотрофы 50
Фотогетеротрофы 50
Фототрофы 46
Фузариозы 28, 168, 169, 171, 183

Хемоавтотрофы 50
Хемогетеротрофы 50, 51
Хемотрофы 46
Хищничество 81
Холера 112

Целлюлаза 38, 43, 212
Цианобактерии (сине-зеленые водоросли) 8
Цитоплазма 13, 23, 29
Цитоплазматическая мембрана (ЦПМ) 12, 13, 23, 29, 43, 44, 73

Экзоспориум 16
Экзоспоры 15, 19, 24
Экзоферменты 37
Экология 61
Экосистема 62
Элективные (избирательные) условия 56
Эндоплазматическая сеть 24, 29
Энергетический обмен 35, 45—53
Эндоспоры бактерий 15, 16
Эндоферменты 37
Энтеротоксин 112, 114, 162
Эрготизм 116
Эукариоты 8

Ядро 8, 23

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Раздел I. **ОБЩАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ** **8**

Глава 1. **Морфология и классификация микроорганизмов** . . . 8

Прокариоты (бактерии) 8
Эукариоты (мицелиальные грибы и дрожжи) 21
Вирусы 33

Глава 2. **Обмен веществ у микроорганизмов** 35

Ферменты микроорганизмов и их роль в обмене веществ . . . 36
Химический состав клеток микроорганизмов 39
Потребности микроорганизмов в питательных веществах. Типы питания 41
Механизм поступления питательных веществ в клетки микроорганизмов 43
Конструктивный обмен 45
Энергетический обмен 45
Способы существования и типы обмена веществ у микроорганизмов 50

Глава 3. **Культивирование и рост микроорганизмов** 54

Основные типы питательных сред 54
Чистые культуры микроорганизмов и их получение 56
Способы культивирования микроорганизмов 58

Глава 4. **Экология микроорганизмов** 61

Роль микроорганизмов в круговороте веществ в биосфере . . . 62
Влияние на микроорганизмы экологических факторов 66
Абиотические факторы 67
Биотические факторы 79
Антропогенные факторы 81
Роль микроорганизмов в охране окружающей среды от загрязнений 83

Глава 5. **Важнейшие биохимические процессы, используемые в пищевых производствах** 85

Превращения безазотистых органических веществ 85
Анаэробные процессы 85
Аэробные процессы 95
Превращения органических веществ, содержащих азот 99

Раздел II. **СПЕЦИАЛЬНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ** 103

Глава 6. **Основы микробиологического и санитарно-гигиенического контроля в пищевой промышленности** 103

Источники посторонних микроорганизмов в пищевых производствах 103
Патогенные микроорганизмы и их особенности 107
Заболевания, передающиеся через пищевые продукты 111
Санитарно-показательные микроорганизмы 118
Общие принципы микробиологического и санитарно-гигиенического контроля в пищевой промышленности 119
Дезинфекция в пищевой промышленности 124

Глава 7. Микробиология дрожжевого производства 128
Сырье и основные стадии технологического процесса 128
Особенности культур дрожжей, используемых для производства прессованных и сушеных хлебопекарных дрожжей 130
Микроорганизмы — вредители дрожжевого производства . . . 131
Микробиологический контроль дрожжевого производства . . . 134
Санитарно-гигиенический режим дрожжевого производства . . 137

Глава 8. Микробиология хлебопекарного производства 139
Сырье и основные стадии технологического процесса 139
Характеристика микроорганизмов, применяемых в хлебопечении 141
Микроорганизмы — вредители хлебопекарного производства . . 144
Болезни хлеба и способы их предотвращения 146
Микробиологический контроль хлебопекарного производства . . 149
Санитарно-гигиенический режим хлебопекарного производства 151

Глава 9. Микробиология макаронного производства 153
Сырье и основные стадии технологического процесса 153
Микроорганизмы — вредители в макаронном производстве . . . 153
Микробная порча макаронных изделий 154
Микробиологический контроль макаронного производства . . . 155
Санитарно-гигиенический режим макаронного производства . . 155

Глава 10. Микробиология кондитерского производства 156
Сырье и основные стадии технологического процесса 156
Микроорганизмы — вредители в кондитерском производстве . . 157
Микробная порча кондитерских изделий и способы ее предотвращения 161
Микробиологический контроль кондитерского производства . . 163
Санитарно-гигиенический режим кондитерского производства . . 165

Глава 11. Микробиология производства сахаристых веществ . . 166
Свеклосахарное производство 167
Микроорганизмы — вредители свеклосахарного производства 167
Микробиологический контроль свеклосахарного производства 176
Санитарно-гигиенический режим свеклосахарного производства 178
Сахарорафинадное производство 179
Микроорганизмы в продуктах сахарорафинадного производства и их влияние на выход рафинада 179
Микробиологический контроль и санитарно-гигиенический режим сахарорафинадного производства 180
Крахмало-паточное производство 182
Сырье и основные стадии технологического процесса . . . 182
Микроорганизмы — вредители крахмало-паточного производства 183
Микробиологический контроль и санитарно-гигиенический режим крахмало-паточного производства 185

Глава 12. Микробиология пивоваренного производства 187
Сырье и основные стадии технологического процесса 187
Характеристика дрожжей, используемых в пивоварении . . . 188
Микроорганизмы — вредители пивоваренного производства . . 191
Микробиологический контроль пивоваренного производства . . 195
Санитарно-гигиенический режим пивоваренного производства . . 196

Глава 13. Микробиология производства безалкогольных напитков и кваса 198
Сырье и основные стадии технологического процесса 200
Микроорганизмы, применяемые в производстве кваса 202
Микроорганизмы — вредители производства безалкогольных напитков и кваса 203
Микробиологический контроль производства безалкогольных напитков и кваса 206
Санитарно-гигиенический режим производства безалкогольных напитков и кваса 207

Глава 14. **Микробиология консервного производства** 209
Сырье и основные стадии технологического процесса 209
Микроорганизмы — вредители консервного производства и виды микробной порчи сырья 211
Факторы, влияющие на термоустойчивость микроорганизмов . . 224
Остаточная микрофлора и виды микробной порчи консервов . . 225
Пищевые отравления консервами 227
Микробиологический контроль и санитарно-гигиенический режим в консервном производстве 229
Микробиологические основы новых методов изготовления консервов 234
Консервирование овощей путем квашения и засолки 235
Консервирование плодов и овощей путем маринования. Использование антисептиков 238

Глава 15. **Микробиология производства жиров** 239
Сырье и основные стадии технологического процесса производства маргарина и майонеза 239
Характеристика микроорганизмов молочнокислых заквасок для маргарина и их приготовление 241
Микроорганизмы — вредители производства маргарина и майонеза 243
Микробиологический контроль производства маргарина и майонеза 246
Санитарно-гигиенический режим маргаринового производства . . 247

Список рекомендуемой литературы 249
Предметный указатель 250

Вербина Нонна Михайловна
Каптерева Юлия Валентиновна

МИКРОБИОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Зав. редакцией *Л. М. Богатая*
Редактор *Г. В. Сулимина*
Художественный редактор *В. А. Чуракова*
Технический редактор *Н. Н. Зиновьева*
Корректор *Л. Н. Лещева*

ИБ № 5053

Сдано в набор 20.08.87. Подписано в печать 04.02.88. Т-03448. Формат $60\times90^1/_{16}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 16. Усл. кр.-отт. 16. Уч.-изд. л. 17,71. Изд. № 515. Тираж 13 500 экз. Заказ № 1323. Цена 85 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП, Москва, Б-53, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
113105, Москва, Нагатинская ул., д. 1.