

Л. В. МАРМУЗОВА

ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ, САНИТАРИИ И ГИГИЕНЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УЧЕБНИК

Допущено

*Экспертным советом по профессиональному образованию
в качестве учебника для использования в учебном процессе
образовательных учреждений, реализующих программы
начального профессионального образования*

8-е издание, стереотипное



Москва

Издательский центр «Академия»

2014

УДК 664.6:351.77(075.32)

ББК 36:51.2я722

М281

Рецензенты:

кандидат медицинских наук, заведующий отделением
гигиены и питания **Федерального центра гигиены
и эпидемиологии Роспотребнадзора А. А. Иванов;**
заведующий учебно-методическим кабинетом Пензенского областного
института повышения квалификации и переподготовки работников
образования **А. П. Давыдова**

Мармузова Л. В.

М281 Основы микробиологии, санитарии и гигиены в пищевой промышленности : учебник для нач. проф. образования / Л. В. Мармузова. — 8-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 160 с.

ISBN 978-5-4468-0602-7

Рассмотрены формы и строение бактерий, дрожжей, грибов и вирусов, составляющих микрофлору сырья для хлебобулочных и мучных кондитерских изделий и влияющих на качество продуктов. Раскрыты причины пищевых инфекций и отравлений и меры по их предупреждению. Особое внимание уделено гигиене труда, личной гигиене и производственной санитарии при изготовлении хлебных и мучных кондитерских изделий, контролю за санитарным состоянием предприятий пищевой промышленности, мероприятиям по охране окружающей среды. Для закрепления знаний даны лабораторно-практические работы.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 664.6:351.77(075.32)

ББК 36:51.2я722

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Мармузова Л. В., 2008

© Мармузова Л. В., 2013, с исправлениями

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2013

ISBN 978-5-4468-0602-7 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Слово «микробиология» происходит от трех греческих слов: *mikros* — малый, *bios* — жизнь и *logos* — учение. Микробиология — наука, изучающая микроорганизмы: их морфологию, систематику, генетику, физиологию, распространение в природе.

Микроорганизмы, или микробы, — это мельчайшие живые организмы, которые находятся вокруг нас в воздухе, воде, почве, продуктах и т.д. Микроорганизмы настолько малы, что увидеть их можно только под микроскопом.

К микроорганизмам относятся бактерии, дрожжи, микроскопические мицелиальные грибы, вирусы и др. Они способны существовать в различных условиях.

Основная часть микроорганизмов — одноклеточные, но имеются и многоклеточные.

Человечество давно научилось использовать микробиологические процессы в практической деятельности. Многие из них применяются в пищевой промышленности. Например, в основе технологии приготовления хлеба лежат биохимические процессы спиртового и молочно-кислого брожений, возбудителями которых являются дрожжи и молочно-кислые бактерии. Эти микроорганизмы обуславливают необходимую степень разрыхления и кислотность полуфабрикатов, вкус и аромат хлеба, способствуют улучшению качества изделий, повышению их пищевой ценности.

Используя микроорганизмы, предприятия фармацевтической и микробиологической промышленности выпускают большое количество лекарственных веществ, ферментных препаратов, кормовых аминокислот, средств защиты растений, антибиотиков и др.

Наряду с полезными микроорганизмами существуют вредные, вызывающие нежелательные процессы. Такие микроорганизмы вызывают порчу пищевых продуктов и могут стать причиной пищевых отравлений и пищевых инфекций. Заражение происходит вследствие несоблюдения рабочими санитарных правил при изготовлении изделий или правил личной гигиены. Причина пищевых инфекций, таких как брюшной тиф, холера, туберкулез, дизентерия и некоторых других, — попадание в организм человека пищи или воды, зараженных возбудителями этих болезней. Некоторые патогенные микроорганизмы вырабатывают ядовитые вещества —

токсины, которые вызывают пищевые отравления, например ботулизм.

Развитие микробиологии происходит с конца XVII в., когда голландец Антоний ван Левенгук (1632—1723) с помощью простейшего микроскопа увидел микроорганизмы. Он описал большое количество бактерий, которые развивались в мясе, дождевой воде, находившейся долгое время на воздухе, в различных настояях; ему же принадлежит и первое описание дрожжей. Открытия А. Левенгука дали большой материал для изучения новых микроорганизмов.

Основоположником современной микробиологии считают французского ученого Луи Пастера (1822—1895), который открыл природу брожения, опроверг теорию самозарождения микроорганизмов. Он доказал, что порчу пищевых продуктов вызывают отдельные виды микроорганизмов. Л. Пастер изучил происхождение многих инфекционных заболеваний и разработал метод профилактических прививок (вакцинацию) против куриной холеры, сибирской язвы, бешенства, обосновал методы асептики и антисептики.

Крупнейший творческий вклад в развитие микробиологии внесли русские и советские ученые: зоолог и патолог И. И. Мечников (1845—1916), микробиолог и эпидемиолог Н. Ф. Гамалея (1859—1949), основоположник вирусологии Д. И. Ивановский (1864—1920), микробиологи С. Н. Виноградский (1856—1953), В. Л. Омелянский (1867—1928), биохимики и микробиологи С. П. Костычев (1877—1931), В. С. Буткевич (1872—1942), химик-технолог Я. Я. Никитинский (1878—1941), вирусолог В. М. Жданов (1914—1987), основоположник молекулярной биологии А. Н. Белозерский (1905—1972), микробиологи М. В. Горленко (1908—1994), З. В. Ермольева (1898—1974) и Е. Н. Кондратьева (1925—1995) и др.

МОРФОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

1.1. Разделы микробиологии. Основной метод исследования микроорганизмов

Развитие микробиологии как науки привело к выделению ряда самостоятельных разделов — общей, технической, медицинской, сельскохозяйственной, водной и санитарной микробиологии.

Общая микробиология изучает внешний вид и строение микробов, их жизнедеятельность, роль в круговороте веществ в природе. Техническая микробиология проводит исследования микроорганизмов, которые применяются для получения антибиотиков, витаминов, ферментов, органических кислот и других препаратов. Составной частью технической микробиологии является микробиология хлебопекарного производства и мучных кондитерских изделий. *Медицинская микробиология* изучает микроорганизмы, вызывающие различные заболевания, методы лечения и предупреждения этих заболеваний. *Сельскохозяйственная микробиология* занимается исследованием жизнедеятельности микроорганизмов, способствующих повышению плодородия почвы. *Водная микробиология* изучает микроорганизмы, населяющие водоемы, методы очистки воды и др. *Санитарная микробиология* разрабатывает оздоровительные мероприятия, предупреждающие заболевания человека.

Для контроля микробиологического состояния производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий на предприятиях созданы микробиологические лаборатории, которые занимаются поддержанием и возобновлением заквасок и чистых культур и микробиологическим контролем питательных сред, полуфабрикатов и готовой продукции.

Основным методом исследования в микробиологии является метод чистых культур, так как только в этом случае можно судить о внешнем виде, внутреннем строении и жизнедеятельности данного вида микроорганизма.

Чистой культурой называют микроорганизмы, выращенные в лаборатории на питательных средах из одной клетки и не содержащие в своем составе других микроорганизмов. Выделение чистых культур заключается в том, что посевной материал наносят

на поверхность плотной питательной среды. При размножении микроорганизмы образуют изолированные колонии — скопления, которые уже видны глазом. Каждый вид микроорганизма образует колонии определенного вида. Затем микробы из колонии пересевают на жидкую питательную среду и получают чистую культуру.

Так как при производстве хлебобулочных, мучных кондитерских изделий сырье не стерилизуют, то получение и использование чистых культур имеет важное значение, поскольку микроорганизмы обеспечивают нормальное брожение полуфабрикатов и выпуск готовых изделий стандартного качества. Кроме того, тесто приготавливают в нестерильных условиях, и в полуфабрикатах вместе с полезными микроорганизмами развиваются и вредные.

Технически чистыми называют культуры с незначительной примесью других видов микроорганизмов. В хлебопекарной промышленности к этим культурам относятся прессованные и сушеные дрожжи.

Смешанными называют культуры, состоящие из клеток микроорганизмов двух и более видов (например, микроорганизмы заквасок и теста, содержащие дрожжи и молочнокислые бактерии).

Для ознакомления с оборудованием и принадлежностями микробиологической лаборатории нужно выполнить лабораторно-практические работы № 1, 2 (приложения 1, 2).

Чтобы освоить метод получения чистых культур и получить навыки приготовления препаратов для микроскопирования и закрепить теоретические знания, учащимся нужно выполнить опыты, приведенные в лабораторно-практических работах № 3, 4 (приложения 3, 4).

1.2. Классификация микроорганизмов

Морфология микроорганизмов — это наука, изучающая их форму, строение, способы передвижения и размножения.

Микроорганизмы различаются по внешнему виду и по размерам, которые могут быть от десятков и сотен микрометров до десятых долей микрометра*. Строение клеток микроорганизмов также различно, в связи с чем они относятся к разным систематическим группам.

Согласно новейшей системе органического мира все живые существа на Земле, имеющие клеточное строение, подразделяются на два надцарства: прокариоты и эукариоты. К прокариотам относится только одно царство — *бактерии*, к которым принадлежит и особая группа микроорганизмов — актиномицеты. К эукариотам относятся три царства: *животные, растения, грибы*, в том

* 1 микрометр (мкм) = 10^{-6} м = 10^{-3} мм.

числе микроскопические мицелиальные грибы, включая дрожжи. Микроорганизмы, не имеющие клеточного строения, — *вирусы* — входят в третье надцарство — *акариоты*.

Деление живых организмов на прокариоты и эукариоты основано главным образом на особенностях строения их ядерного аппарата. У прокариот обособленное ядро в клетке отсутствует. Их ядерный аппарат представлен молекулой дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), находящейся непосредственно в цитоплазме. У эукариот имеется типичное ядро, отделенное от цитоплазмы двойной ядерной мембраной. Внутри ядра заключена ДНК. Через ДНК наследственные признаки клетки передаются потомству.

1.3. Бактерии

По форме бактерии бывают шаровидные (рис. 1, *a...г*), палочковидные (рис. 1, *д...е*) и извитые (рис. 1, *ж*). Бактерии шаровидной формы называются кокками.

Строение клеток бактерий. В зависимости от размеров и расположения клеток встречаются микрококки — одиночные клетки

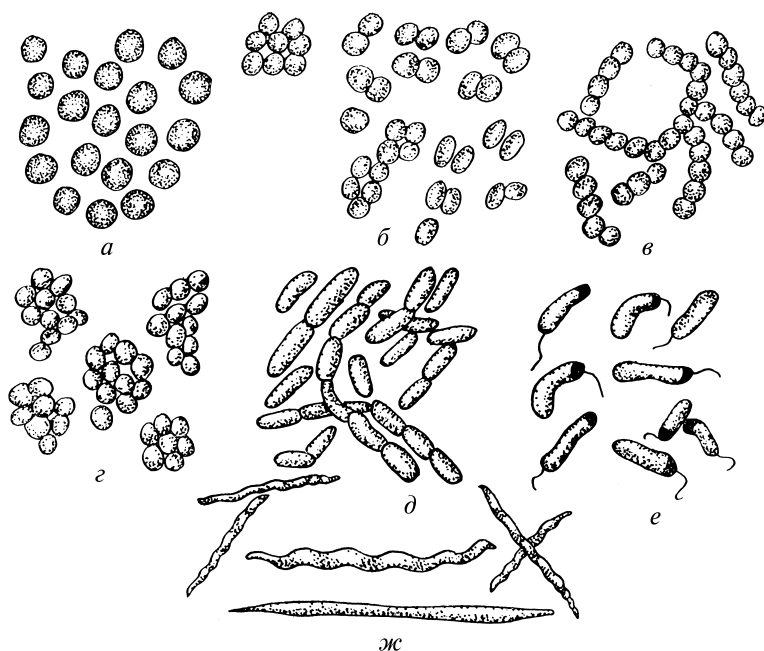


Рис. 1. Формы бактерий:

a — микрококки; *б* — диплококки; *в* — стрептококки; *г* — стафилококки; *д* — палочки; *е* — вибрионы; *ж* — спирохеты

(см. рис. 1, *a*), диплококки — группа из двух клеток (см. рис. 1, *б*), стрептококки — в виде цепочки клеток (см. рис. 1, *в*), стафилококки — скопления клеток в виде виноградной грозди (см. рис. 1, *г*). Размеры клеток шаровидных бактерий составляют 0,2...2,5 мкм.

Палочковидные бактерии встречаются в виде одиночных палочек, а также в виде двойных и соединенных в цепочку (см. рис. 1, *д*).

Разнообразием форм клеток отличаются извитые бактерии, которые имеют различные длину и толщину. К ним относятся вибрионы, спирохеты (см. рис. 1, *е, ж*), спириллы.

Длина палочковидных и извитых бактерий может быть 1...5 мкм.

К прокариотам относится своеобразная группа микроорганизмов — актиномицеты, которые не имеют типичного ядра, но их клетки по внешнему виду (длинные тонкие нити) похожи на клетки мицелиальных одноклеточных грибов.

От внешней среды клетка бактерий (рис. 2) отделена плотной оболочкой — клеточной стенкой 3. На долю клеточной стенки приходится от 5 до 20 % сухого вещества клетки. Клеточная стенка является каркасом клетки, придает ей определенную форму, предохраняет от неблагоприятных внешних воздействий, участвует в обмене веществ с окружающей средой.

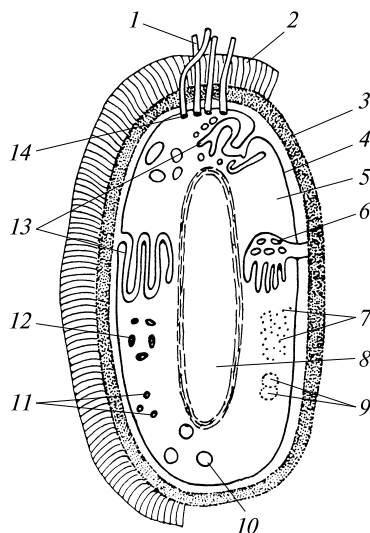


Рис. 2. Схема строения бактериальной клетки:

1 — жгутики; 2 — капсула; 3 — клеточная стенка; 4 — цитоплазматическая мембрана (ЦПМ); 5 — цитоплазма; 6 — мезосомы; 7 — рибосомы; 8 — ядерное вещество (нуклеоид); 9 — полисахаридные гранулы; 10 — включения серы; 11 — жировые капли; 12 — полифосфатные гранулы; 13 — внутриплазматические мембранные образования; 14 — базальное тельце

Для классификации бактерий имеется специфический метод окраски бактерий, предложенный в 1884 г. датским ученым Х. Грамом. При использовании этого метода клетки одних бактерий окрашиваются в фиолетовый цвет, такие бактерии называют грамположительными; клетки других бактерий становятся розовыми, их называют грамотрицательными. Различная окраска бактерий зависит от процентного содержания в клеточной стенке специфического для прокариотных клеток полимерного соединения — пептидогликана (муреина), который отсутствует в клеточных стенках эукариотных организмов. Окраска по Граму имеет значение для классификации бактерий.

Клеточная стенка некоторых бактерий иногда покрыта слоем слизи, который может быть очень тонким, а может быть значительным и образовывать капсулу 2. Капсула предохраняет клетку от механических повреждений и высыхания.

Цитоплазматическая мембрана 4 отделяет от клеточной стенки содержимое клетки. Она полупроницаема и играет важную роль в обмене веществ между клеткой и внешней средой, пропуская внутрь клетки питательные вещества и выделяя наружу продукты обмена. Клетка заполнена цитоплазмой 5 — полужидкой вязкой коллоидной системой. В цитоплазме находятся мембранные структуры — мезосомы 6. В мезосомах имеются ферменты. В цитоплазме содержится ядерный аппарат бактериальной клетки, называемый нуклеоидом 8. Он представляет собой двойную спираль ДНК в виде замкнутого кольца.

В цитоплазме содержатся также рибосомы 7, полисахаридные гранулы 9, включения серы 10, жировые капли 11 и полифосфатные гранулы 12. Рибосомы в цитоплазме представлены в виде мелких гранул. Они состоят примерно наполовину из рибонуклеиновой кислоты (РНК) и белка. РНК участвует в синтезе белка. Цитоплазматические включения бактериальной клетки — это запасные питательные вещества. Они откладываются в клетке при наличии большого количества питательных веществ в среде и используются в том случае, когда клетка попадает в условия голодания. У некоторых бактерий имеются жгутики 1, у основания каждого из которых имеется базальное тельце 14. Жгутики — это тонкие, спирально закрученные нити. С помощью жгутиков некоторые виды бактерий могут активно передвигаться. Подвижны также и некоторые виды палочковидных бактерий и все извитые. Шаровидные бактерии (кокки) неподвижны.

Размножение бактерий. Бактерии размножаются бесполом путем, главным образом простым делением клетки на две части (рис. 3, а). Деление клетки начинается с деления нуклеоида (рис. 3, б). Затем путем втягивания клеточной стенки создается перегородка (рис. 3, в), причем нуклеоиды расходятся в разные половины клетки, и образуются две новые клетки (рис. 3, г).

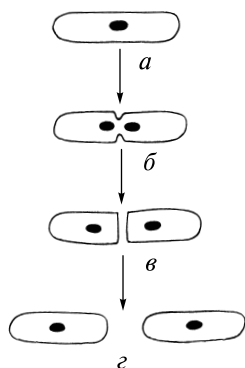


Рис. 3. Размножение бактерий путем простого деления:

a — бактериальная клетка до деления; *б* — деление нуклеоида и начало образования поперечной перегородки; *в* — конец образования поперечной перегородки; *г* — расхождение двух новых клеток

Размножение бактерий происходит при благоприятных условиях. Характерной особенностью является быстрота протекания процесса. Продолжительность деления бактерий составляет от 30 мин до нескольких часов.

Актиномицеты размножаются спорами, главным образом наружными — экзоспорами, — образующимися на концах их вытянутых нитевидных веточек. Бактерии также образуют споры, однако их функции совсем иные.

Спорообразование. С наступлением неблагоприятных условий некоторые бактерии образуют споры (рис. 4, *a*). В части клетки, которая называется спорогенной зоной, происходит уплотнение цитоплазмы (рис. 4, *б*). Спорогенная зона отделяется от остальной цитоплазмы перегородкой — септой — и покрывается цитоплазматической мембраной материнской клетки. Образуется проспора, которая покрывается оболочкой споры (рис. 4, *в*), состоящей из нескольких слоев. Когда спора (рис. 4, *г*) созреет, материнская клетка отомрет. Спорообразование длится около 1 сут.

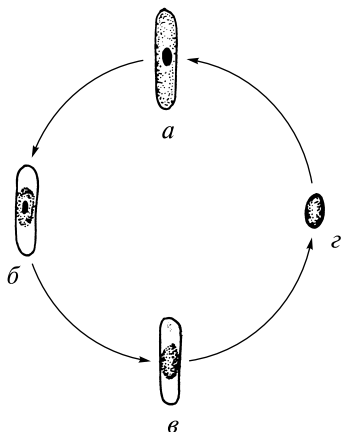
В каждой бактериальной клетке может образовываться только одна такая спора — эндоспора. Она чрезвычайно устойчива к неблагоприятным воздействиям высокой температуры, к высушиванию, действию ядовитых веществ и др. При попадании в благоприятные условия спора прорастает. При этом она набухает, оболочка лопается и из содержимого споры прорастает новая клетка. Этот процесс протекает в течение нескольких часов. Способностью образовывать эндоспоры обладают только некоторые палочковидные бактерии.

Основы классификации бактерий. В основу классификации бактерий положены их морфологические особенности (форма и размер клетки), способность к спорообразованию, наличие жгутиков, отношение к окрашиванию по Граму и другие, а также физиологические свойства (тип питания, отношение к кислороду, характер получения энергии и др.).

В связи с ограниченным количеством признаков у бактерий естественной классификации, отражающей эволюционное развитие отдельных видов бактерий, нет. Были созданы различные искусственные классификации бактерий, одна из них положена в

Рис. 4. Образование спор у бактерий:

а — бактериальная клетка; *б* — уплотнение цитоплазмы вокруг нуклеоида; *в* — образование споры в клеточной оболочке; *г* — спора



основу Краткого определителя бактерий Берги. В настоящее время придерживаются именно этой классификации. Название микроорганизмов состоит из двух латинских слов, первое из которых означает род, второе — вид.

В опаре, тесте, в готовых хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях встречаются бактерии: *Escherichia coli* (эшерихия коли, или кишечная палочка); род *Salmonella* (сальмонеллы); *Staphylococcus aureus* (золотистый стафилококк); *Bacillus cereus* (бациллус цереус); *Bacillus subtilis* (бациллус субтилис); *Clostridium botulinum* (кlostридиум ботулинум). Все эти микроорганизмы являются вредными.

К полезным бактериям, содержащимся в хлебобулочных и мучных кондитерских изделиях, относятся молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus* (лактобациллус).

1.4. Дрожжи

Дрожжи относятся к эукариотным микроорганизмам. Они составляют большую группу одноклеточных неподвижных микроорганизмов, широко распространенных в природе. Большинство дрожжей относятся к классу грибов — аскомицетов. В брожении теста из пшеничной и ржаной муки принимают участие дрожжи-сахаромицеты (*Saccharomyces cerevisiae*), обладающие способностью сбраживать сахара с образованием спирта и диоксида углерода. Наряду с главными продуктами брожения под воздействием дрожжей образуются побочные продукты — органические кислоты (молочная, винная, щавелевая и др.), уксусный альдегид, спирты и другие вещества, придающие хлебу специфический вкус и аромат.

По форме дрожжевые клетки бывают круглые, овальные, яйцевидные, удлинённые и других форм (рис. 5). Размеры дрожжевых клеток составляют 2...12 мкм.

Строение дрожжевых клеток. Дрожжевые клетки (рис. 6) отделены от внешней среды клеточной стенкой 1. Она защищает клет-

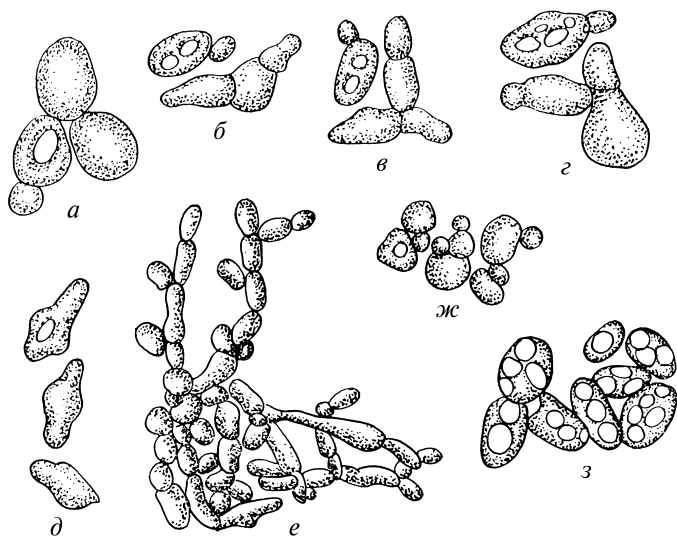


Рис. 5. Формы дрожжевых клеток:

а — эллиптические; *б* — овальные; *в* — слегка вытянутые; *г* — яйцевидные со спорами; *д* — лимоновидные; *е* — вытянутые (ложный мицелий); *ж* — круглые; *з* — эллиптические со спорами

ку от неблагоприятных воздействий и определяет ее форму. Под клеточной стенкой находится цитоплазматическая мембрана 8, играющая большую роль в обмене веществ. Клетка заполнена цитоплазмой 4, в которой находятся нуклеоид 2, зерна гликогена 3, метахроматин 5, вакуоли 6, митохондрии 7, рибосомы 9.

Нуклеоид окружен двойной мембраной 8. Функциями нуклеоида являются регулирование процессов обмена веществ и других химических процессов в клетке, передача наследственных признаков.

Митохондрии — это мелкие частицы различной формы. В них протекают энергетические процессы и запасается энергия.

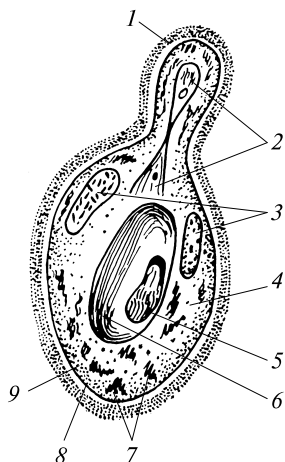


Рис. 6. Схема строения дрожжевой клетки:

1 — клеточная стенка; 2 — делящийся нуклеоид; 3 — зерна гликогена; 4 — цитоплазма; 5 — метахроматин; 6 — вакуоль; 7 — митохондрии; 8 — цитоплазматическая мембрана; 9 — рибосомы