

Г. Г. ЖАРИКОВА

# МИКРОБИОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ. САНИТАРИЯ И ГИГИЕНА

**Учебник**

*Рекомендовано*

*Учебно-методическим объединением по образованию в области  
товароведения и экспертизы товаров в качестве учебника для студентов  
высших учебных заведений, обучающихся по специальности  
«Товароведение и экспертиза товаров»*

УДК 579(075.8)

ББК 36-1я73

Ж345

Рецензенты:

д-р биол. наук, заслуженный деятель науки РФ, проф. кафедры микробиологии биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова *Н. С. Егоров*;

д-р техн. наук, проф. кафедры технологии и организации предприятий питания РЭА им. Г. В. Плеханова *А. С. Ратушный*

**Жарикова Г. Г.**

**Ж345** Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Галина Григорьевна Жарикова. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 304 с.

ISBN 5-7695-1657-7

Рассмотрены факторы внешней среды, влияющие на жизнедеятельность микроорганизмов, и использование их в практике хранения продовольственных товаров. Описаны биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами при развитии их на продовольственных товарах: брожение; разложение пектина, целлюлозы, жира; гниение. Дан краткий обзор патогенных микроорганизмов и вызываемых ими пищевых заболеваний и отравлений.

Для студентов высших учебных заведений. Может быть использован работниками сферы общественного питания.

УДК 579(075.8)

ББК 36-1я73

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

ISBN 5-7695-1657-7

© Жарикова Г. Г., 2005

© Издательский центр «Академия», 2005

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
Введение .....	4

## Часть I ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ

Глава 1. <b>Морфология микроорганизмов</b> .....	13
1.1. Место микроорганизмов среди живых организмов .....	13
1.2. Общие свойства микроорганизмов .....	15
1.3. Бактерии (прокариоты) .....	16
1.3.1. Форма бактерий .....	16
1.3.2. Строение бактериальной клетки .....	18
1.3.3. Пигменты бактерий .....	23
1.3.4. Рост и способы размножения бактерий .....	23
1.3.5. Спорообразование бактерий .....	24
1.3.6. Классификация бактерий .....	27
1.4. Вирусы и фаги .....	33
1.5. Грибы .....	36
1.5.1. Общая характеристика грибов .....	36
1.5.2. Строение клетки грибов .....	37
1.5.3. Видоизменения мицелия грибов .....	40
1.5.4. Способы размножения грибов .....	41
1.5.5. Классификация грибов .....	46
1.5.6. Дрожжи .....	61
Глава 2. <b>Физиология и биохимия микроорганизмов</b> .....	68
2.1. Структура клеток микроорганизмов .....	68
2.2. Функционирование клетки как системы .....	70
2.3. Механизмы энергетического обмена клетки .....	75
2.4. Условия и физиология роста микроорганизмов .....	80
2.4.1. Условия роста .....	80
2.4.2. Физиология роста .....	83
2.5. Типы питания .....	85
Глава 3. <b>Факторы внешней среды, влияющие на рост и развитие микроорганизмов</b> .....	87
3.1. Физические факторы .....	87
3.1.1. Влажность среды .....	87
3.1.2. Температура .....	90
3.1.3. Лучистая энергия .....	97

3.1.4. Радиоволны .....	99
3.1.5. Ультразвук .....	100
3.2. Химические факторы .....	100
3.2.1. Реакция среды .....	100
3.2.2. Окислительно-восстановительные условия среды .....	102
3.2.3. Химические вещества, губительно действующие на микроорганизмы (антисептики) .....	104
3.3. Физико-химические факторы .....	109
3.4. Биологические факторы .....	111
3.4.1. Формы взаимоотношений микроорганизмов .....	111
3.4.2. Антибиотики .....	112
3.4.3. Фитонциды, или антибиотики растительного происхождения .....	114
3.5. Методы хранения пищевых продуктов с использованием факторов внешней среды .....	115
<b>Глава 4. Биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами</b> ...	118
4.1. Брожение .....	118
4.1.1. Характеристика процесса брожения	
4.1.2. Брожение в анаэробных условиях .....	118
4.1.3. Брожение в аэробных условиях .....	133
4.2. Разрушение древесины .....	137
4.3. Разложение жира .....	138
4.4. Процессы гниения .....	140
<b>Глава 5. Патогенные микроорганизмы</b> .....	144
5.1. Основные свойства патогенных микроорганизмов .....	144
5.2. Пищевые (кишечные) инфекции, вызываемые патогенными микроорганизмами .....	146
5.2.1. Основные источники инфекции .....	146
5.2.2. Характеристика инфекционного заболевания .....	146
5.2.3. Виды пищевых инфекционных заболеваний .....	148
5.3. Пищевые отравления, вызываемые патогенными микроорганизмами .....	158
5.3.1. Токсикозы .....	158
5.3.2. Токсикоинфекции .....	162
5.4. Профилактика пищевых заболеваний, вызываемых патогенными микроорганизмами .....	169

## Часть II

### САНИТАРНАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ

<b>Глава 6. Микробиология естественной среды обитания микроорганизмов</b> .....	172
6.1. Санитарно-микробиологические исследования объектов окружающей среды .....	172
6.2. Микробиология почвы .....	173
6.3. Микробиология воды .....	176
6.4. Микробиология воздуха .....	178

<b>Глава 7. Микробиология пищевых продуктов животного происхождения</b> .....	182
7.1. Микробиология молока .....	182
7.2. Микробиология кисло-молочных продуктов .....	190
7.3. Микробиология молочных продуктов .....	196
7.3.1. Микробиология масла .....	196
7.3.2. Микробиология сыра .....	198
7.4. Микробиология мяса .....	200
7.5. Микробиология колбасных изделий .....	207
7.6. Микробиология мяса птицы .....	211
7.7. Микробиология яиц и яичных продуктов .....	212
7.7.1. Микробиология яиц .....	212
7.7.2. Микробиология яичных продуктов .....	216
7.8. Микробиология рыбы и рыбных продуктов .....	218
7.8.1. Микробиология рыбы .....	219
7.8.2. Микробиология рыбных продуктов .....	221
7.9. Микробиология морепродуктов .....	224
<b>Глава 8. Микробиология продуктов растительного происхождения, кондитерских и кулинарных изделий</b> .....	230
8.1. Факторы, препятствующие проникновению микроорганизмов в растения при их хранении .....	230
8.2. Микробиология свежих плодов и овощей .....	231
8.2.1. Классификация микроорганизмов плодов и овощей .....	231
8.2.2. Болезни плодов и овощей, вызываемые микроорганизмами .....	235
8.2.3. Условия хранения плодов и овощей .....	274
8.3. Микробиология квашеных и соленых плодов и овощей .....	276
8.4. Микробиология зерновых продуктов .....	278
8.4.1. Микробиология зерна .....	278
8.4.2. Микробиология крупы .....	279
8.4.3. Микробиология муки .....	281
8.4.4. Микробиология хлеба .....	282
8.5. Микробиология пива .....	283
8.6. Микробиология вина .....	286
8.7. Микробиология баночных консервов .....	287
8.8. Микробиология безалкогольных напитков .....	290
8.9. Микробиология кондитерских изделий .....	291
8.10. Микробиология специй и пряностей .....	293
8.11. Микробиология кулинарных изделий .....	294
Список литературы .....	297

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник «Микробиология продовольственных товаров. Санитария и гигиена» написан для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям «Товароведение и экспертиза товаров» и «Технология продуктов общественного питания».

Учебник состоит из двух частей: «Основы микробиологии» и «Санитарная микробиология продовольственных товаров».

Первая часть посвящена микробиологии: морфологии, физиологии и биохимии микроорганизмов; факторам внешней среды, влияющим на их развитие; биохимическим процессам, вызываемым микроорганизмами; патогенным микроорганизмам и вызываемым ими заболеваниями. В этой части подробно рассмотрены общие свойства микроорганизмов; функционирование и механизмы энергетического обмена клетки; такие биохимические процессы, вызываемые микроорганизмами, как брожение, разрушение древесины и жира, гниение; пищевые инфекционные заболевания и отравления, вызываемые патогенными микроорганизмами.

Вторая часть посвящена санитарной микробиологии продовольственных товаров, которая изучает микрофлору окружающей среды и обуславливаемые ее жизнедеятельностью процессы, оказывающие влияние на здоровье человека. В этой части подробно рассмотрены микробиология естественной среды обитания микроорганизмов, а также микробиология пищевых продуктов животного и растительного происхождения, технология их приготовления и условия хранения.

## ВВЕДЕНИЕ

### Роль микроорганизмов в круговороте веществ в природе

Известный специалист по изучению микроорганизмов В. Бежина в одном из своих выступлений сказала: «Если бы какая-нибудь катастрофа уничтожила на нашей планете человечество, постепенно исчезло бы все, что создал человек, но природа продолжала бы существовать. Всю планету заполнила бы богатая флора и фауна. Но если бы катастрофа коснулась только бактерий, постепенно стали бы увядать и отмирать растения, а вслед за ними погибли бы животные, включая и человека, и Земля превратилась бы в бесплодную пустыню».

Выдающийся русский микробиолог В.Л. Омеленский так описал микрофлору окружающей нас среды: «Мириады микробов населяют стихии и повсюду окружают нас. Незримо они сопутствуют человеку на всем его жизненном пути, властно вторгаясь в его жизнь то в качестве врагов, то как друзья. В громадном количестве они встречаются в пище, которую мы принимаем, в воде, которую пьем, и в воздухе, которым мы дышим. Окружающие нас предметы, наша одежда, поверхность нашего тела, все это буквально кишит микробами, среди которых встречаются и болезнетворные виды».

В биосфере нет такой среды, в которой не встречались бы микроорганизмы. Всюду, где есть хотя бы какие-то источники энергии, углерода и азота, обязательно встречаются микроорганизмы, различающиеся по своим физиологическим потребностям и свойствам. Именно это разнообразие, в основе которого лежит способность использовать любые, даже минимальные возможности для своего существования, исторически обусловило вездесущность микроорганизмов. Активная жизнедеятельность мириадов микроорганизмов, их гигантская роль в круговороте веществ в природе имеют исключительное значение для поддержания (сохранения) динамического равновесия всей биосферы, нарушение которого привело бы к катастрофическим последствиям.

Изучением микроорганизмов занимается микробиология (от гр. *micros* — малый, *bios* — жизнь, *logos* — учение) — одна из фундаментальных биологических наук. Микробиология изучает строение, жизнедеятельность, биохимическую деятельность, закономерности и условия развития микроорганизмов.

Микроорганизмы — это мельчайшие живые организмы, которые видны только под микроскопом. Размеры их так малы, что в капле любой жидкости могут быть миллионы микроорганизмов.

Мир микроорганизмов богат и разнообразен. Подавляющее число их является одноклеточными существами, но есть и многоклеточные.

Микроорганизмы принимают самое активное участие в круговороте в природе углерода, азота, фосфора, серы. Так, в процессе круговорота углерода микроорганизмы постоянно обеспечивают возврат углекислоты в атмосферу при минерализации органического материала. При этом почвенным бактериям и грибам принадлежит не меньшая роль, чем фотосинтезирующим земным растениям.

Центральное место в круговороте азота занимает аммоний — продукт разложения белков и аминокислот, попадающих с остатками животного и растительного происхождения в почву. В аэробных условиях аммоний окисляется до нитритов и нитратов бактериями родов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* в процессе нитрификации. Растения могут использовать как аммоний, так и нитраты. В анаэробных условиях бактерии переводят нитраты в молекулярный азот, осуществляя процесс денитрификации. Но есть бактерии, которые могут фиксировать молекулярный азот и переводить его в аммоний. Этот процесс осуществляют как свободноживущие в почве бактерии, например *Azotobacter*, так и симбиотические бактерии, например клубеньковые, которые называют азотфиксаторами.

Микроорганизмы очень широко распространены в почве, воде и воздухе всех климатических зон. В воде бактерии найдены на глубине 2700 м у о-ва Шпицберген, а у берегов Филиппинских островов — на глубине 10 462 м. Бактерии могут развиваться при давлении 600 атм, или 60 МПа (в морях), и температуре 104 °С (в горячих источниках).

Установлено, что в умеренно кислых водах бактерии живут при температуре свыше 90 °С, а в щелочных выдерживают даже 100 °С. Микроорганизмы (бактерии и дрожжи) обнаружены в небольшом антарктическом озере Дон-Жуан, вода которого содержит высокую концентрацию солей (в 13 раз превышает концентрацию в морской воде) и имеет низкую температуру: не замерзает даже при температуре -24 °С. Бактерии могут развиваться даже в дистиллированной воде. Например, число патогенных бактерий *Pseudomonas aeruginosa* в дистиллированной воде при 25 °С за 24 ч увеличивается в 250 раз!

Бактерии, дрожжи, споры грибов обнаруживаются в воздухе. Больше всего микроорганизмов над городами, значительно меньше их над вершинами высоких гор, ледниками и морями. Например, над Москвой на высоте 1000 м в 1 л воздуха было обнаружено

5 бактерий. Бактерии обнаруживали даже на высоте 12 000 м. С удалением от поверхности Земли количество микробов в атмосфере закономерно уменьшается. В закрытых помещениях число клеток микроорганизмов значительно больше.

В почве обитают самые разнообразные микроорганизмы: бактерии, грибы, водоросли и простейшие. Например, в 1 г пахотной почвы находят от 1 до 20 млрд клеток микроорганизмов. По одним сведениям, 1 га почвы населяют 4 ц бактерий, 2... 3 ц грибов, водорослей и простейших; по другим, обрабатываемый слой почвы на площади 1 га содержит 2... 5 т микроорганизмов. Больше всего микроорганизмов в верхнем слое почвы, и число их зависит от многих факторов. Почвенные микроорганизмы разлагают остатки животных и растений до минеральных веществ, тем самым восполняя запасы питательных веществ, необходимых для жизни растений.

Множество микроорганизмов живет на поверхности тела, в кишечнике человека и животных, на растениях, на пищевых продуктах и на всех предметах вокруг нас. Микроорганизмы потребляют самую разнообразную пищу, чрезвычайно легко приспосабливаются к изменяющимся условиям жизни: теплу, холоду, недостатку влаги и т. п. Они очень быстро размножаются.

## **Использование микроорганизмов человеком**

Микроорганизмы широко используются в пищевой промышленности, домашнем хозяйстве, микробиологической промышленности для получения аминокислот, ферментов, органических кислот, витаминов и др.

К классическим микробиологическим производствам относятся виноделие, пивоварение, приготовление хлеба, молочнокислых продуктов и пищевого уксуса.

Например, виноделие, пивоварение и производство дрожжевого теста невозможны без использования дрожжей — сумчатых грибов, широко распространенных в природе.

История индустриального производства дрожжей началась в Голландии, где в 1870 г. была основана первая фабрика, выпускавшая дрожжи. Основным видом продукции стали прессованные дрожжи влажностью около 70 %, которые могли храниться всего несколько недель. Длительное хранение было невозможно, так как клетки прессованных дрожжей оставались живыми, сохраняли свою активность, что и приводило к их автолизу и гибели. Одним из способов промышленного консервирования дрожжей стало высушивание. В сухих дрожжах при низкой влажности дрожжевая клетка находится в анабиотическом состоянии и может сохраняться длительное время. Первые сухие дрожжи появились в 1945 г. В 1972 г.

появилось второе поколение сухих дрожжей, так называемые инстантные дрожжи. С середины 1990-х годов появилось третье поколение сухих дрожжей: пекарские дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, которые объединили достоинства инстантных дрожжей с высококонцентрированным комплексом специализированных хлебопекарных ферментов в одном продукте. Эти дрожжи позволяют не только улучшить качество хлеба, но и активно противостоять процессу черствения.

Пекарские дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* используются и в производстве этилового спирта. Виноделие использует множество разных рас дрожжей, чтобы получить уникальную марку вина с только ему присущими качествами.

Молочнокислые бактерии принимают участие в приготовлении таких пищевых продуктов, как квашеная капуста, соленые огурцы, маринованные маслины и множество других маринованных продуктов.

Молочнокислые бактерии преобразуют сахар в молочную кислоту, которая предохраняет пищевые продукты от гнилостных бактерий. С помощью молочнокислых бактерий готовят большой ассортимент молочнокислых продуктов, творог, сыр.

Однако многие микроорганизмы играют отрицательную роль в жизни человека, являясь возбудителями болезней человека, животных и растений; они могут вызывать порчу пищевых продуктов, разрушение различных материалов и т.п. Для противоборства с такими микроорганизмами были открыты антибиотики — пенициллин, стрептомицин, грамицидин и др., которые являются продуктами метаболизма грибов, бактерий и актиномицетов.

Микроорганизмы дают человеку необходимые ферменты. Так, амилазу используют на предприятиях пищевой, текстильной, бумажной промышленности. Протеаза вызывает разложение белков в различных материалах. На Востоке протеаза из грибов применяли уже несколько столетий назад для приготовления соевого соуса. В настоящее время ее используют при производстве моющих средств. При консервировании фруктовых соков применяют такой фермент, как пектиназа. Микроорганизмы используют для очистки сточных вод, переработки отходов пищевой промышленности.

При анаэробном разложении органического вещества отходов образуется биогаз.

В последние годы появились новые производства. Из грибов получают каротиноиды и стероиды. Бактерии синтезируют многие аминокислоты, нуклеотиды и другие реактивы для биохимических исследований.

Микробиология является быстроразвивающейся наукой, достижения которой во многом связаны с развитием физики, химии, биохимии, молекулярной биологии и др. Для успешного изучения микробиологии требуется знание перечисленных наук.

Задачи современной микробиологии настолько многообразны, что из нее выделились специализированные дисциплины, такие, как медицинская, техническая, молекулярная, космическая, пищевая и др.

В настоящем учебнике в основном рассматривается микробиология пищевых продуктов. Без знания микробиологии нельзя сохранить высокое качество пищевых продуктов и предотвратить потребление продуктов, содержащих возбудители пищевых заболеваний и отравлений.

### **Основные вехи истории микробиологии, связанные с именами известных естествоиспытателей и микробиологов**

Микробиологию развивали большие и малые открытия известных и менее известных естествоиспытателей и микробиологов. Иногда это были драматические открытия, особенно в медицинской микробиологии, когда микробиологи, прививая возбудитель себе лично, погибали.

Первооткрывателем микроорганизмов был голландец Антони ван Левенгук (1632—1723), сконструировавший первый микроскоп в 1676 г. А. Левенгук впервые увидел в прозрачной капле воды множество бактерий, которых он назвал «маленькими зверушками». В 1695 г. он издал книгу «Тайны природы, открытые Антони ван Левенгуком».

К миру микроорганизмов было привлечено всеобщее внимание, началось описание разных представителей диковинного микроскопического мира. Однако ученые того времени не подозревали о роли, которую играют микроорганизмы в природе. Для них это были лишь весьма курьезные интересные существа.

Накопление знаний о микроорганизмах длилось довольно долго, около 100 лет, так как было крайне трудно их изучать. Этот период принято называть описательным.

В XVIII в. шведский естествоиспытатель К. Линней (1707—1778), создатель системы животного и растительного мира, объединил все микроскопические существа в один род, который он назвал «хаос». В одной из работ К. Линней отнес бактерии к червям и высказал мысль о безнадежности более точного познания этих невидимых существ.

Однако развитие техники и различных отраслей естествознания в XIX в. дали толчок развитию и микробиологии, которая из описательной постепенно превращалась в исследовательскую, физиологическую науку. Начало нового этапа микробиологии, названного физиологическим, связано с именем французского микробиолога Л. Пастера (1822—1895), который впервые показал ог-

ромную роль микроорганизмов как возбудителей разнообразных биохимических превращений и заболеваний человека. Многочисленные исследования Л. Пастера открыли новый период в развитии микробиологии, который назвали физиологическим и который продолжается до настоящего времени.

Первый период научной деятельности Л. Пастера связан с изучением различных видов брожения. Л. Пастер установил, что каждый вид брожения имеет свои возбудители, живущие без воздуха. Было открыто явление анаэробнозиса, что имело большое значение для создания теории брожения. Л. Пастер доказал, что микроорганизмы вызывают болезни вина и пива, гниение и распад мочевины.

Второй период научной деятельности Л. Пастера был посвящен изучению возбудителей заболеваний и знаменует тем, что в это время им были открыты возбудители таких заболеваний, как сибирская язва и бешенство. Против бешенства он создал вакцину.

Невозможно переоценить значение открытий Л. Пастера. Его имя навсегда вписано в историю микробиологии. Он первым доказал, что микроорганизмы энергично воздействуют на окружающую природу, в том числе на человека и на пищевые продукты — основу жизни человека. В 1885 г. в лаборатории Л. Пастера был изготовлен первый автоклав.

Одним из основоположников современной бактериологии является немецкий микробиолог Р. Кох (1843 — 1910), доказавший бактериальную природу сибирской язвы. Р. Кох сфотографировал бациллы сибирской язвы и стал основателем микробиологической фотографии. Им был открыт и изучен возбудитель такого заболевания, как туберкулез — *Mycobacterium tuberculosis*, который в его честь назван палочкой Коха. Р. Кох открыл также холерный вибрион.

Имя Коха золотыми буквами вписано в историю микробиологии.

Много времени Р. Кох уделял разработке микробиологических методов исследования: им сконструирован осветительный аппарат к микроскопу, разработан метод микрофотографирования и окрашивания бактерий анилиновыми красителями. Но самым существенным для дальнейшего развития микробиологии было его предложение о введении в микробиологию твердых питательных сред с использованием желатина, а позднее агар-агара. Этот метод дал возможность получать микроорганизмы в виде чистых культур, что открыло совершенно новые подходы для более углубленного изучения микроорганизмов.

Один из сотрудников Р. Коха — Робер Петри — предложил особую стеклянную посуду, которую знают и используют микробиологи всего мира, — чашку Петри. Второй сотрудник — Джон Тиндаль — предложил многократное нагревание сред для их стерилизации, получившее название «тиндализация».

Голландским микробиологом М. Бейеринком (1851 — 1931) была создана знаменитая школа физиологии микроорганизмов в г. Дельфте. Ученый рассматривал очень широкий круг вопросов микробиологии: выделил клубеньковые бактерии, а затем азотфиксирующую бактерию *Azotobacter chroococcum*. Он занимался изучением процесса денитрификации и др.

В 1921 г. М. Бейеринка сменил А. Клюйвер (1888 — 1956). Если у М. Бейеринка кафедра была научным олимпом, где открывались все новые и новые типы микроорганизмов, то у А. Клюйвера кафедра стала мастерской, где учитель вместе с учениками изучал разнообразную биохимическую активность микроорганизмов. На кафедру А. Клюйвера стекались молодые микробиологи из многих стран мира. После работы в Дельфте они возвращались в свои страны и там открывали новые центры изучения физиологии микроорганизмов.

Родоначалником русской микробиологии можно считать И. И. Мечникова (1845 — 1916). Классические работы И. И. Мечникова положили начало новому этапу в развитии микробиологии. И. И. Мечников работал в основном с патогенными микроорганизмами. Центральная проблема его исследований — изучение взаимоотношений микроба (паразита) и хозяина (человека). В результате многосторонних и многолетних исследований И. И. Мечников создал фагоцитарную теорию иммунитета, т. е. невосприимчивости человека к повторному заражению после перенесенного инфекционного заболевания. Им было доказано, что защита организма от патогенных микробов является сложной биологической реакцией, которая связана со способностью белых кровяных телец (фагоцитов) захватывать и разрушать посторонние тела, попавшие в организм. Л. Пастер и И. И. Мечников положили начало изучению антагонизма микробов, что явилось основой самостоятельной науки об антибиотиках.

В конце XIX в. русский микробиолог Д. И. Ивановский (1864 — 1920) открыл вирус табачной мозаики, чем положил начало новой науки — вирусологии. Спустя годы были открыты вирусы многих болезней растений, животных и человека.

Сейчас известно более 500 видов вирусов, которые угрожают человеку, животным и растениям.

Советским микробиологом Н. Ф. Гамалея (1859 — 1949) был открыт возбудитель холеры птиц — бактериолизин. Н. Ф. Гамалея было обосновано значение дезинсекции для ликвидации сыпного и возвратного тифов. Н. Ф. Гамалея был организатором первой в России пастеровской станции в Одессе по прививкам против бешенства в 1886 г. Вся деятельность Н. Ф. Гамалея была направлена на решение важнейших вопросов здравоохранения в нашей стране.

Огромный вклад в развитие микробиологии внес русский и советский микробиолог С. Н. Виноградский (1856 — 1953), много

лет изучавший автотрофные бактерии. Вслед за изучением серобактерий и железобактерий С. Н. Виноградский занялся изучением химических превращений аммиака в почве. В 1890 г. он выделил автотрофные нитрифицирующие бактерии, обладающие способностью превращать почвенный аммиак сначала в нитриты, а затем в нитраты. В 1893 г. Виноградский открыл в почве свободноживущие бактерии, фиксирующие азот атмосферы. Он ввел в микробиологическую практику селективные (специфические) среды, пригодные только для роста бактерий с особыми потребностями. Исследования С. Н. Виноградского по физиологии микроорганизмов дали возможность русской микробиологии занять ведущее место в мировой науке о микроорганизмах. С. Н. Виноградский является основоположником сельскохозяйственной микробиологии.

Значительный вклад в физиологию микроорганизмов внес русский советский микробиолог С. П. Костычев (1877 — 1931), считавший, что физиология начинается там, где изучаются свойства микроорганизмов как целого сложного аппарата. Он исследовал химию и биохимию спиртового брожения; изучал и организовывал производство лимонной кислоты из сахара грибом *Asp.niger*.

Русским и советским микробиологом В. Л. Омелянским (1867 — 1928), учеником С. Н. Виноградского, был написан первый учебник по микробиологии на русском языке «Основы микробиологии» (1909 г.), за 30 лет выдержавший 9 изданий. Кроме этого учебника В. Л. Омелянский написал «Практическое руководство по микробиологии». Эти книги до сих пор сохранили свою значимость. По этим учебникам учились многие поколения русских и советских микробиологов.

Советские микробиологи академик В. Н. Шапошников (1884 — 1968) и профессор Ф. М. Чистяков (1898 — 1959) в 1930 г. основали завод по производству ацетона и бутилового спирта с использованием бактерий.

В. Н. Шапошников написал первый в СССР учебник «Техническая микробиология», за который он в 1950 г. получил Государственную премию.

Итак, этап за этапом развивалась микробиология. Чем больше микробиологи открывали новых видов микроорганизмов и глубже узнавали их свойства, тем больше появлялось новых необходимых продуктов. Но наряду с этим все острее вставали вопросы порчи пищевых продуктов. Из недр фундаментальной микробиологии выделилась пищевая микробиология, объектом изучения которой стали микроорганизмы, как используемые для получения пищевых продуктов, так и вызывающие порчу этих продуктов.

Одним из основателей пищевой микробиологии в СССР является Я. Я. Никитинский (младший) (1871 — 1941), написавший курс пищевой микробиологии. Совместно с профессором Б. С. Алеевым было написано учебное пособие по микробиологии скоропортя-

щихся продуктов и руководство к практическим работам по микробиологии для студентов, изучающих товароведение продовольственных товаров, общественное питание. Работы Я. Я. Никитинского и его учеников послужили основой для создания консервного производства и холодильного хранения пищевых продуктов.

Основоположниками микробиологии молока и молочных продуктов являются С. А. Королев (1876 — 1932) (Вологодский молочный институт) и А. Ф. Войткевич (1875 — 1950) (Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева).

В настоящее время все отрасли пищевой промышленности имеют свои научно-исследовательские институты с крупными микробиологическими лабораториями, изучающими микроорганизмы, используемые в данной отрасли. На всех предприятиях пищевой промышленности созданы заводские микробиологические лаборатории, которые строго контролируют технологический процесс и качество готовых пищевых продуктов.

# ЧАСТЬ I

## ОСНОВЫ МИКРОБИОЛОГИИ

### Глава 1

#### МОРФОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

##### 1.1. Место микроорганизмов среди живых организмов

До открытия микроорганизмов (XVII в.) и еще долго после этого биологи подразделяли живой мир на два царства: растений и животных. Открытые в XVII в. микроорганизмы относили к «маленьким живым зверушкам». Только во второй половине XIX в. немецкий биолог Э. Геккель (1834—1919) выделил микроорганизмы в отдельное (третье) царство *Protista* (протиста) (гр. *protos* — самый простой), так как они существенно отличаются и от животных, и от растений.

Позднее царство *Protista* подразделили на высшие и низшие протисты, потому что было выявлено два типа клеточной организации — эукариотный и прокариотный (термины предложены протозоологом Э. Шаттоном в 30-х гг. XX в.). В прокариотной клетке нет ядра, а есть только одна внутренняя полость, образуемая клеточной оболочкой. В эукариотной клетке есть ядро и вторичная полость, так как ядерная мембрана отграничивает ДНК от остальной цитоплазмы. Кроме того, есть еще мембраны хлоропластов, митохондрий и других органелл. Так как прокариотная и эукариотная организации клеток принципиально различны, было предложено все клеточные организмы подразделить на прокариоты и эукариоты. Исследования продолжались, и в 1938 г. было выделено царство *Monera*, в которое были включены бактерии, актиномицеты, цианобактерии.

В 1969 г. все живые организмы были подразделены на пять царств (рис. 1.1): *Protista*, *Monera*, *Plantae* (растения), *Fungi* (грибы) и *Animalia* (животные). Такое подразделение стало наиболее популярным.

Для подразделения живых существ на пять царств были использованы два критерия — структурный и экологический. По структурному критерию живые организмы были подразделены на три царства: прокариоты (бактерии), одноклеточные и многоклеточные эукариоты. По экологическому критерию многоклеточные эукарио-

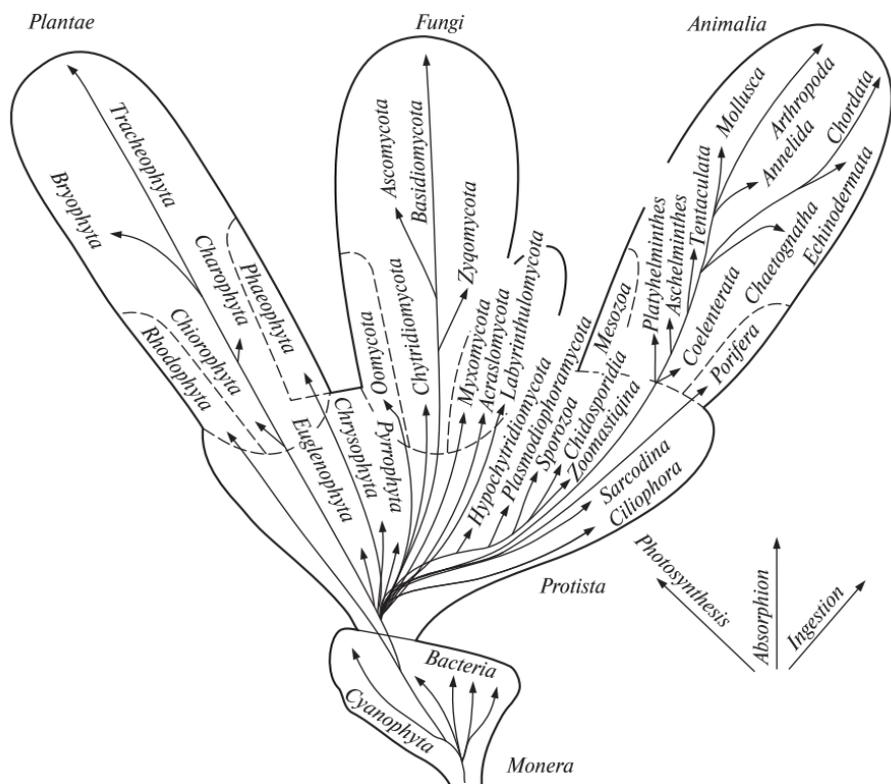


Рис. 1.1. Схема пяти царств живых организмов

ты, в свою очередь, были подразделены на три царства: растения (*Plantae*), грибы (*Fungi*) и животные (*Animalia*), различающиеся по способу питания. Так, растения обладают фототрофным типом питания за счет фотосинтеза, грибы — осмотрофным (абсорбционным) типом питания, животные — голозойным типом питания, заключающимся в захватывании и переваривании твердой пищи.

Микроорганизмы, рассматриваемые в учебнике, занимают три царства: *Monera*, *Protista* и *Fungi*.

Кроме того, в учебнике рассматриваются вирусы, которые являются крупнейшими молекулами и в то же время наименьшими формами живой материи. Вирусологи рассматривают их как воспроизводящиеся в организме информационные макромолекулы, которые сами по себе организмами не являются. Впервые наблюдать вирусы и выяснить их структуру удалось только после изобретения электронного микроскопа. Вирусы занимают место между самыми мелкими бактериальными клетками и самыми крупными органическими молекулами.

## 1.2. Общие свойства микроорганизмов

Микроорганизмы — это особи, имеющие малую величину и видимые только под микроскопом.

Так как микроорганизмы очень малы, их размер измеряется в микрометрах: 1 миллиметр (мм) = 1000 микрометров (мкм) = = 1 000 000 нанометров (нм) = 10 000 000 ангстрем (Å).

Биофизики вычислили основные параметры бактериальной клетки. Например, шаровидная клетка бактерий диаметром 0,5 мкм имеет поверхность  $7,9 \cdot 10^{-9}$  см<sup>2</sup>, объем  $6,5 \cdot 10^{-14}$  см<sup>3</sup>, массу  $6,9 \cdot 10^{-14}$  г; 1 г бактерий содержит 100 млрд клеток.

Диаметр большинства бактерий не превышает тысячной доли миллиметра. Эта величина — микрометр (мкм) — и стала «аршином» микробиолога. Размеры мелких цианобактерий, дрожжей и простейших находятся в пределах 10 мкм. У таких малых организмов соотношение между поверхностью и объемом очень велико. Если куб с длиной граней 1 см (объем 1 см<sup>3</sup>) разбить на кубики с длиной граней 1 мкм, мы получим 10<sup>12</sup> кубиков объемом по 1 мкм<sup>3</sup> каждый. Суммарная поверхность этих кубиков в 10 000 раз больше, чем поверхность исходного куба. Объем 1 мкм<sup>3</sup> характерен для средней бактериальной клетки. Такое большое отношение поверхности к объему приводит к интенсивнейшему взаимодействию с внешней средой: с этим связан очень быстрый обмен веществами между средой и клеткой многих микроорганизмов. Ниже приведены размеры различных микроорганизмов.

Микроорганизмы	Диаметр, мкм
Одноклеточные эукариоты:	
диатомовые водоросли .....	100
зеленая водоросль <i>Chlorella</i> .....	2... 10
клетка дрожжей <i>Sacchromyces</i> .....	6... 10
Прокариоты:	
<i>Bacillus subtilis</i> .....	0,7... 3
<i>Escherichia coli</i> .....	0,4... 3
<i>Staphylococcus aureus</i> .....	0,6... 1
<i>Richettsia prowazeki</i> .....	0,3... 2
<i>Mycoplasma mycoides</i> .....	0,1... 0,25
Вирусы:	
табачной мозаики .....	0,02... 0,3
гриппа .....	0,1
желтой лихорадки .....	0,022

Поскольку интенсивность обмена у микроорганизмов зависит от их размера, скорости прироста микроорганизмов очень высоки. Например, в организме одного быка массой 500 кг за 24 ч образуется примерно 0,5 кг белка. За то же время 500 кг дрожжей могут синтезировать более 50 000 кг белка.

Микроорганизмы отличаются очень большой гибкостью метаболизма. Для бактерий высокая способность к адаптации (приспособлению) совершенно необходима из-за малых размеров. В клетке микрококка есть только несколько сотен тысяч белковых молекул. Поэтому ненужные в данное время ферменты не могут содержаться про запас. Некоторые ферменты, необходимые для переработки питательных веществ, синтезируются только тогда, когда соответствующее вещество появляется вблизи клетки. Клеточные регуляторные механизмы у микроорганизмов играют существенно большую роль и проявляются более отчетливо, чем у других живых существ. Клетку микроорганизма можно сравнить с микроскопически малой фабрикой, которая получает сырье из окружающей среды и делает из него настоящие чудеса.

Имея малую массу, микроорганизмы легко распространяются с воздушными потоками. Они существуют повсюду. Только среда определяет, какие формы будут в данном месте активно размножаться. Создавая в пробирке селективные условия, можно из небольшого количества земли, из пищевых продуктов получить накопительные культуры, а из них и чистые культуры большинства известных микроорганизмов. Велико значение микроорганизмов в природе: они разрушают трупы животных, остатки корней, стеблей и листьев растений и превращают мертвое органическое вещество в плодородный почвенный гумус, или перегной.

### **1.3. Бактерии (прокариоты)**

#### **1.3.1. Форма бактерий**

Подавляющее большинство известных бактерий имеют форму или сферы (шаровидные), или цилиндра (палочковидные), или спирали.

Шаровидные бактерии (рис. 1.2) бывают одиночными (кокки), соединенными по две клетки (диплококки), по четыре клетки (тетракокки), в длинные цепочки (стрептококки), в пакеты (сарцины), в виде скоплений неправильной формы (стафилококки).

Палочковидные бактерии (см. рис. 1.2) различаются по величине отношения длины клетки к ее поперечному размеру. У коротких палочек это отношение так мало, что их трудно отличить от кокков. Они подразделяются на бактерии (не образующие споры) и бациллы (образующие споры).

Бактерии спиралевидной формы характеризуются разным числом витков: спириллы имеют от одного до нескольких витков, вибрионы выглядят как изогнутые палочки, их можно рассматривать как неполный виток спирали.