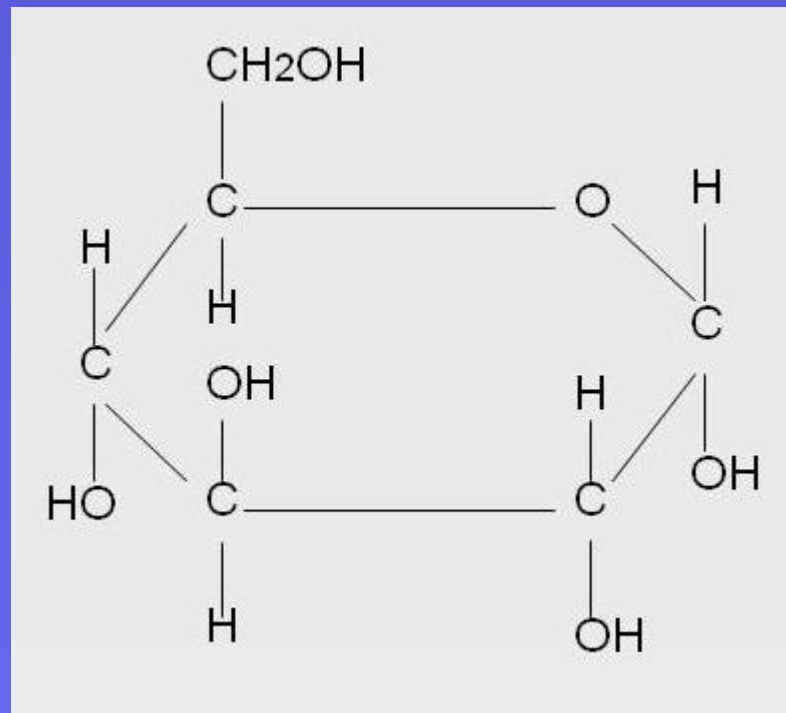


# Брожения

**Брожение** – окислительно-восстановительный процесс, протекающий под действием ферментов с выделением энергии без участия кислорода и других неорганических окислителей. И окислителем и восстановителем в ходе брожения служат фрагменты одной и той же молекулы. Продуктами брожения как правило являются низкомолекулярные органические вещества – органические кислоты и спирты.



В процессе дыхания все химические связи в органической молекуле разрываются, и входящие в неё атомы связываются с кислородом, превращаясь в воду и углекислый газ. При этом выделяется большое количество энергии. При брожении же разрывается всего несколько связей, и большая органическая молекула разваливается на несколько молекул поменьше. При этом выделяется в 10-15 раз меньше энергии, чем при дыхании.

Почему же организмы, использующие такой неэффективный метаболизм (анаэробы) до сих пор не вымерли? Какое преимущество, даваемое брожением, позволяет им конкурировать с аэробами?

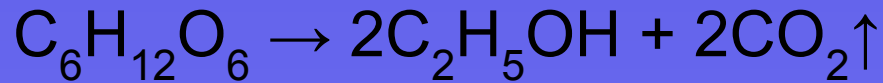
Им не нужен кислород. А в природе (особенно в микромире) бескислородные условия встречаются очень часто. Вот в этих экологических нишах они и живут.

Кроме того, в ходе брожений производятся многие вещества, необходимые для клеточного метаболизма. Например, первый этап дыхания – гликолиз, представляет собой именно брожение.

# Спиртовое брожение

Одно из важнейших брожений в истории человечества – спиртовое. Его возбудителями являются в основном дрожжи, самый очевидный пример – пекарские дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*.

Суммарное уравнение спиртового брожения:



реакция идёт под действием ферментов в слабокислой среде (pH 4-5). Если среда станет нейтральной или слабощелочной, вместо этанола будет образовываться глицерин и другие продукты.

Конечно, это очень сильно упрощённое изображение процесса. На самом деле процесс протекает во много этапов, с участием множества ферментов. Но для расчётов можно использовать этот вариант.

# Спиртовое брожение

Вот как-то так:

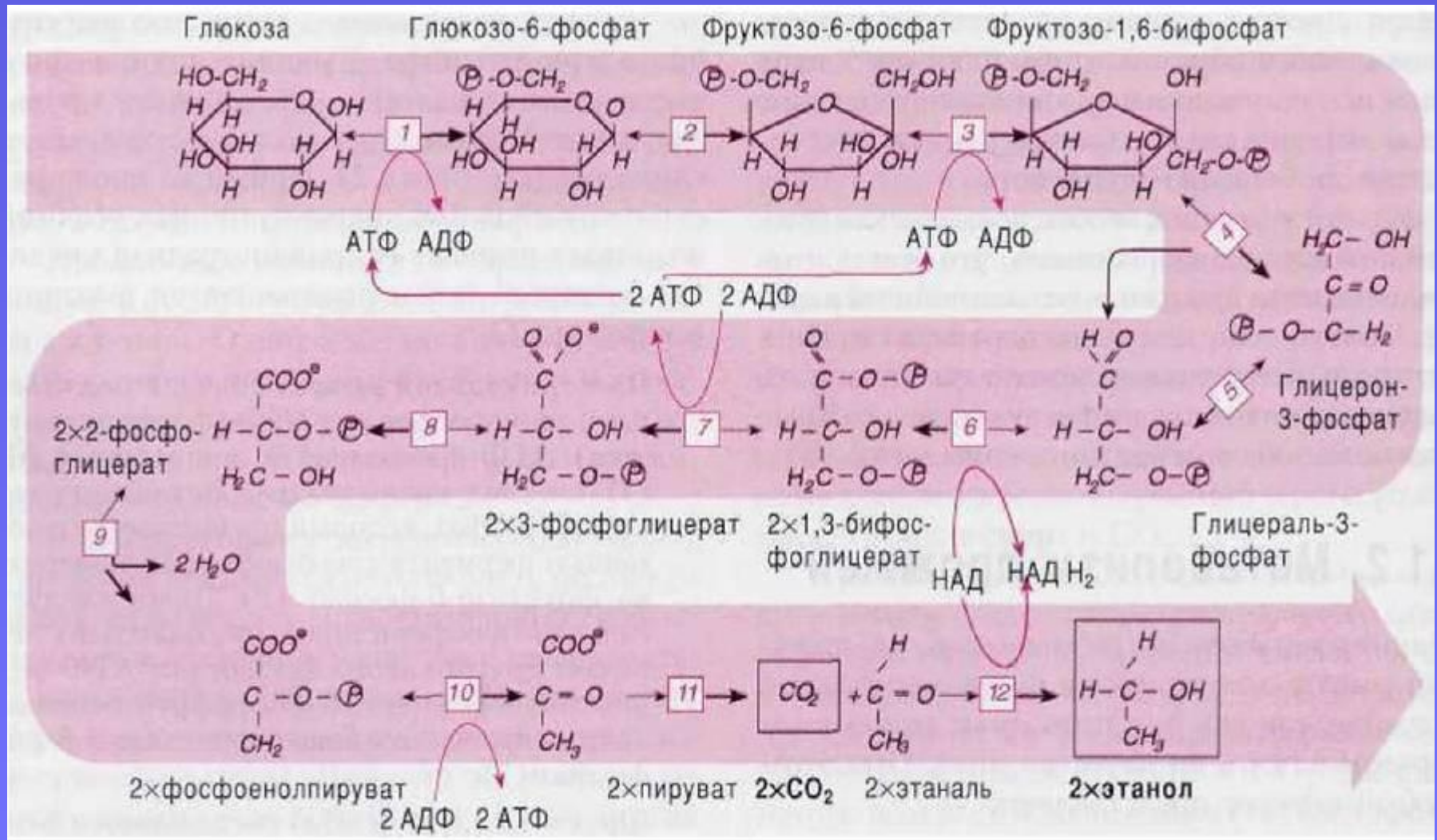


Рис 4.2. Схема спиртового брожения по Эмбдену-Мейергофу-Парнасу (Embden-Meyerhof-Parnas)

# Значение спиртового брожения

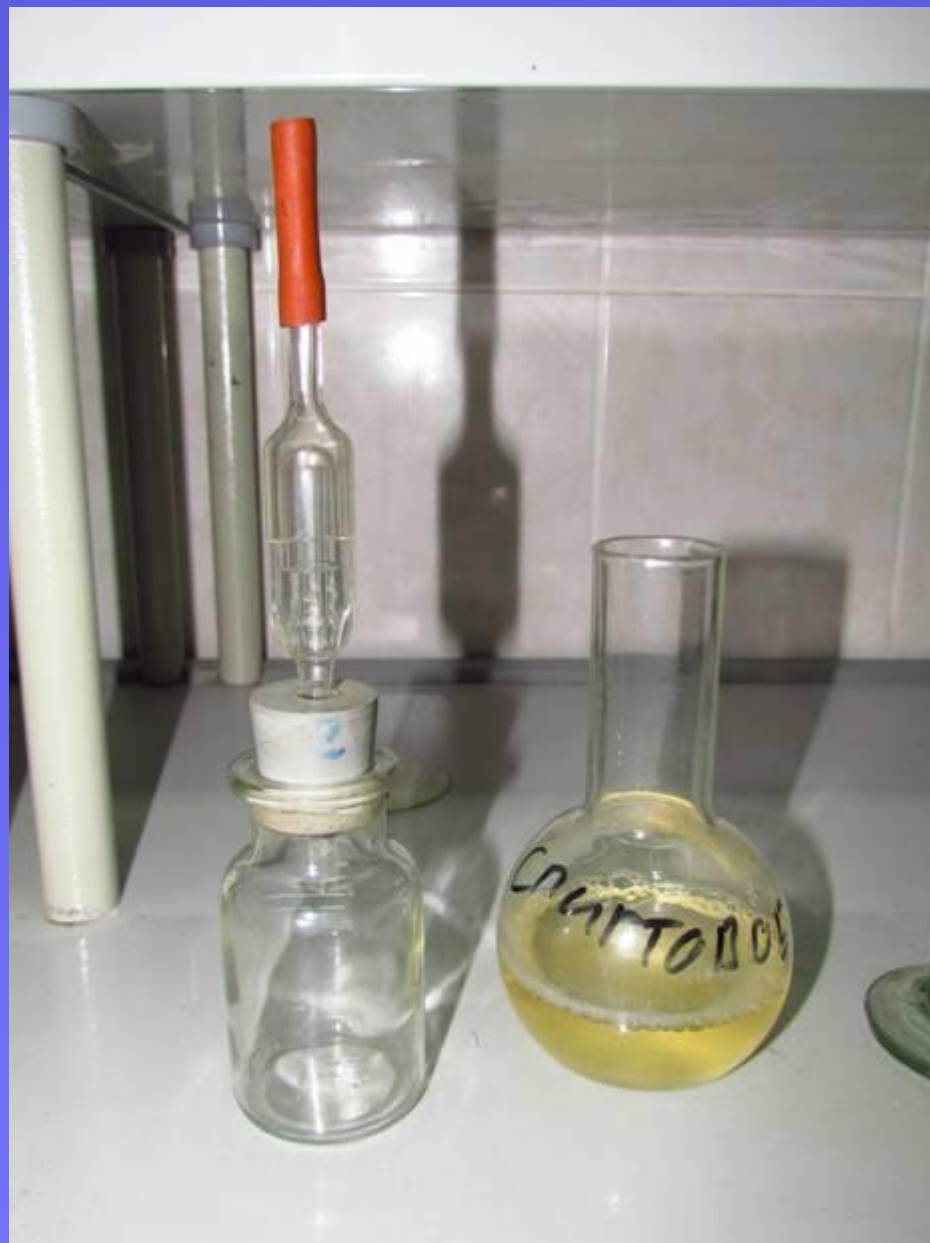
1. Производство алкоголя. Тысячи лет этот процесс был единственным источником этилового спирта.
2. Хлебопечение.
3. Спирт в небольших количествах образуется в некоторых молочнокислых продуктах.



# Постановка опыта

Для начала нам понадобится специальная питательная среда для спиртового брожения. Её состав (на 100 мл):

1. Сахароза – 15 г.
2. Пептон – 0,5 г.
3.  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,3 г.
4.  $\text{MnSO}_4$  – 0,1 г.



Далее отмеряем 100 мл. этой среды и вливаем во флакон, заткнутый пробкой с затвором Мейсля с клапаном Бунзена. Он не впускает внутрь никаких газов, а наружу выпускает только  $\text{CO}_2$





Потом добавляем во флакон немного дрожжей в качестве закваски.



Затыкаем флакон пробкой, взвешиваем и записываем полученную массу прямо на флаконе, после чего ставим его в термостат на неделю при 28°C.



Затыкаем флакон пробкой, взвешиваем и записываем полученную массу прямо на флаконе, после чего ставим его в термостат на неделю при 28°C.



Как вы могли заметить, в процессе постановки я не соблюдал никаких правил асептики. Но почему во флаконе вырастет именно то что нужно, а не какой-то посторонний микроб? А потому, что в нём создадутся элективные условия. Что это такое?

**Элективные условия** – условия, в которых может развиваться только какая-то определённая группа микроорганизмов. Это одно из важнейших понятий классической микробиологии – использование элективных сред и специальных условий инкубации позволяет определять наличие и численность разных групп микроорганизмов, выделять их чистые культуры и много чего ещё.

Итак, что же за условия создаются во флаконе? (кстати, можно заполнить соответствующую табличку в тетради).

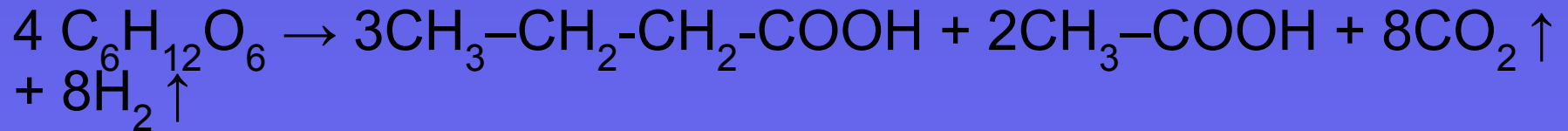
# Элективны́е условия для спиртового брожения

1. Высокая концентрация сахара (15% это очень много). Бактерии не любят растворов с высокими концентрациями веществ, даже если это питательные вещества. Грибы же гораздо более устойчивы.
2. Анаэробные условия. Все грибы – облигатные аэробы и не могут жить без кислорода. Все, кроме дрожжей.
3. Кислая среда за счёт  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . Большинство бактерий не любит кислые среды, для грибов же они оптимальны.
4. Наличие спирта в среде. Для многих бактерий он токсичен, для дрожжей же безвреден в таких концентрациях.

# Маслянокислое брожение

Очень распространённое брожение, вызываемое, например, бактериями рода *Clostridium* (которые сами по себе встречаются повсеместно).

Суммарное уравнение:



Процесс идёт под действием ферментов в нейтральной или слабощелочной среде. Ну и, как вы наверное понимаете, в действительности всё гораздо сложнее, и это уравнение просто даёт общее представление о продуктах реакции.

# Значение

1. Разложение отмершей органики.
2. Получение масляной кислоты
3. Порча продуктов питания и не только.



# Постановка опыта

Берём немытую картофелину и мелко нарезаем:





Насыпаем нарезанный картофель в большую пробирку, примерно на 3-5 сантиметров по высоте (да, я переложил) и добавляем 1-2 ложечки толчёного мела (практически чистый карбонат кальция,  $\text{CaCO}_3$  (кстати, подумайте зачем)):



Заливаем водопроводной водой на  $\frac{2}{3}$  высоты пробирки и затыкаем её ватой или марлей:



Нагревам пробирку до 80 оС примерно 20 минут  
(пастеризация):



Как вы могли заметить, я снова делал всё без соблюдения правил асептики, но вырастет там именно то, что нужно. Почему? Потому что **элективные условия**:

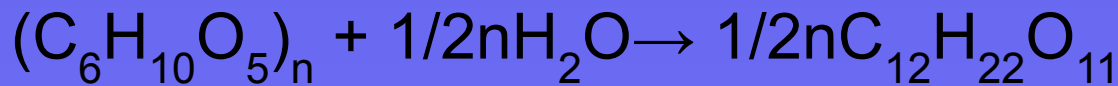
1. Единственное питательное вещество – крахмал. Не все могут его переваривать, клостридии могут.
2. Анаэробные условия на дне пробирки. Клоостридии – анаэробы.
3. Отсутствие связанных форм азота. Выживут только азотфиксаторы, клостридии – азотфиксаторы.
4. Пастеризация. Выживут только спорообразующие, клостридии – спорообразующие.

# Брожение целлюлозы

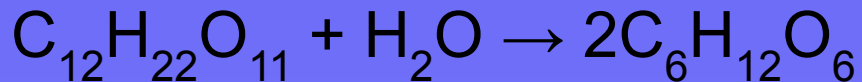
Очень широко распространено в природе (как и сама целлюлоза). Типичный возбудитель – *Clostridium Omelianskii*.

Целлюлоза – очень химически стойкое вещество, и микроорганизмам приходится переваривать его в несколько стадий. Общая схема процесса:

**1 стадия.** Гидролиз целлюлозы до целлобиозы под действием фермента целлюлазы:



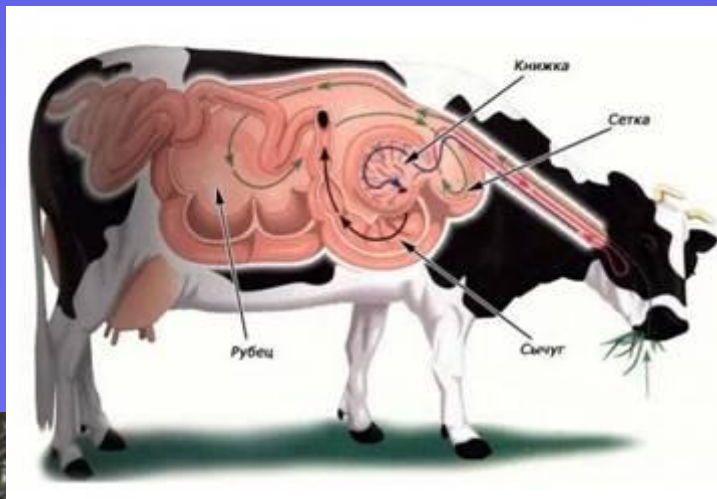
**2 стадия.** Гидролиз целлобиозы до глюкозы под действием фермента целлобиазы:



**3 стадия.** Маслянокислое брожение.

# Значение

1. Разложение отмершей растительной органики.
2. Симбионты растительноядных животных
3. Повреждение дерева, ткани и бумаги.



# Постановка опыта

Берём специальную среду для брожения целлюлозы (клетчатки), не содержащую органику. Примерный состав (на 100 мл):

1.  $\text{K}^+\text{NH}_4^+\text{HPO}_4^-$  – 0,2 г
2.  $\text{K}^+\text{H}_2\text{PO}_4^-$  – 0,1 г.
3.  $\text{CaCl}_2$  – 0,3 г.
4. Пептон – 0,1 г.
5.  $\text{MgSO}_4$  – 0,05 г.
6.  $\text{CaCO}_3$  – 0,5 г.

Засыпаем в баночку 1-2 грамма фильтровальной бумаги (чистая целлюлоза):





Заливаем бумагу питательной средой и добавляем щепотку земли как источник бактерий:



Подписываем и ставим в термостат на **2 недели**:



И, конечно же, в банке снова создаются **элективные условия!**

1. Единственное питательное вещество в банке – целлюлоза.
2. Анаэробные условия на дне банки.