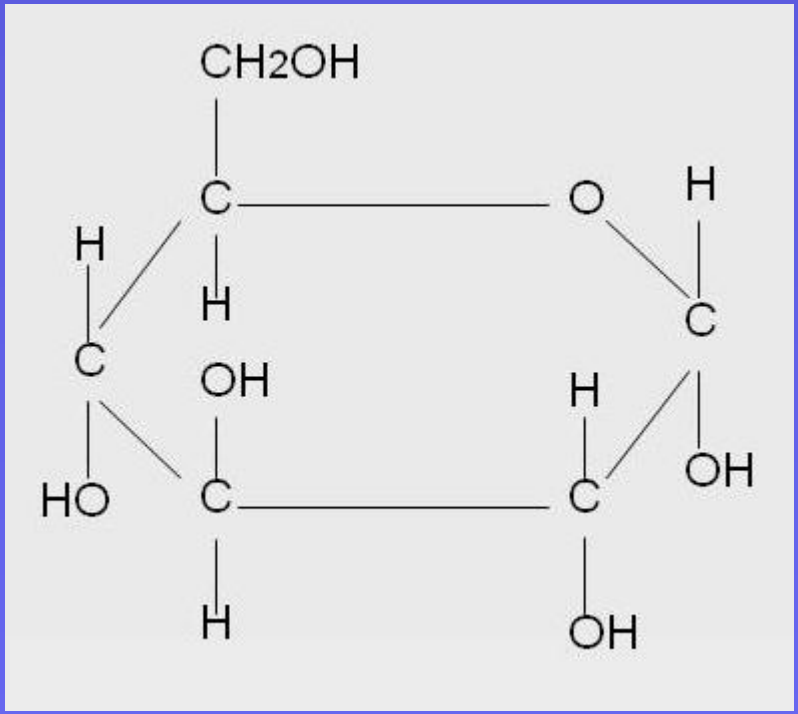
Брожения

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:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$$

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:

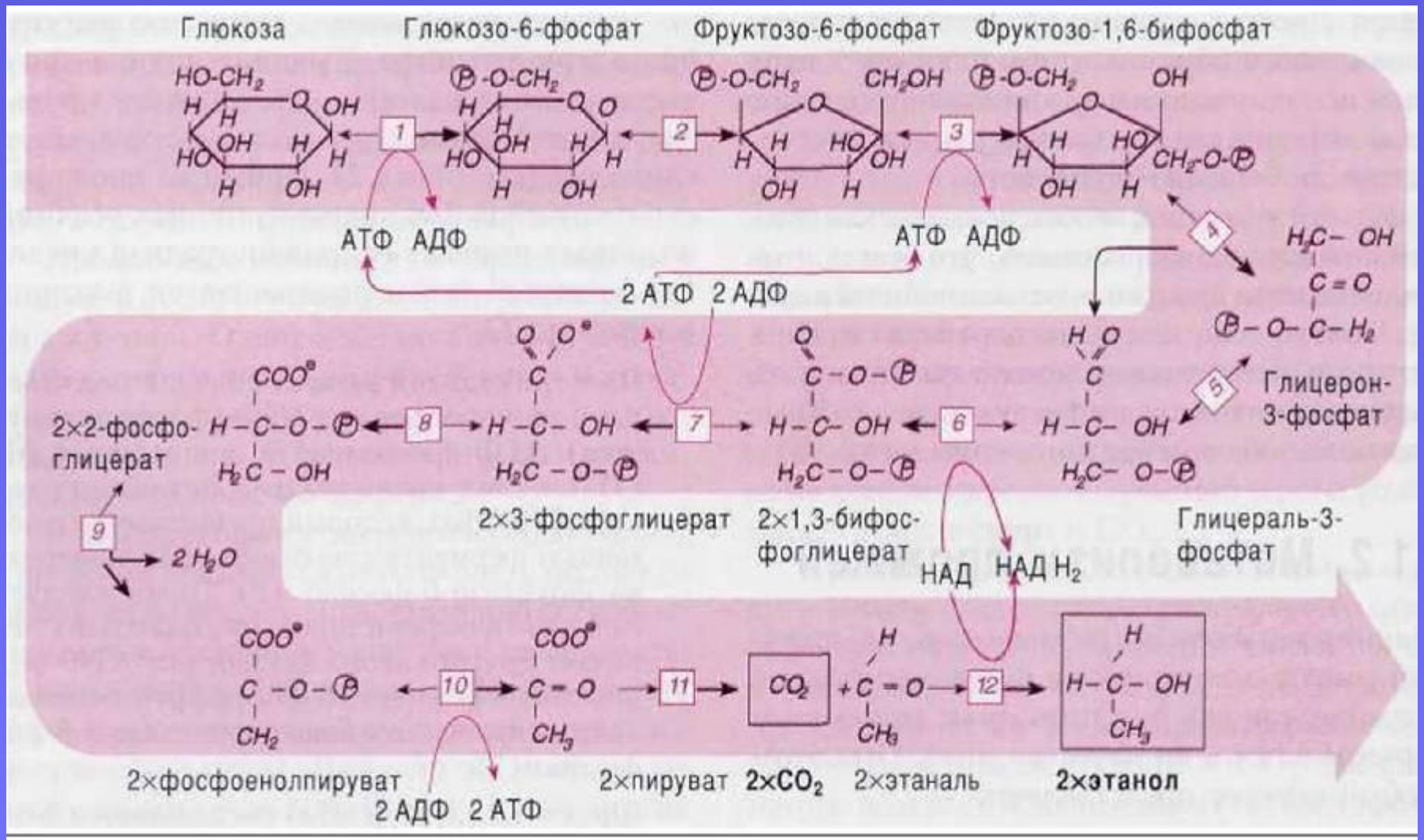


Рис 4.2. Схема спиртового брожения по Эмбдену-Мейергофу-Парнасу (Embden-Meyerhof-Parnas)

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. KH_2PO_4 – 0,3 г.
4. $MnSO_4$ – 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 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 28ºС.

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

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).

Элективные 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 KH_2PO_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:

$$4\ C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_3–CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH + 2CH_3–COOH + 8CO_2\uparrow + 8H_2\uparrow$$

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, $CaCO_3$ (кстати, подумайте зачем)):

Заливаем водопроводной водой на 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. Клостридии – 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:

$$(C_6H_{10}O_5)_n + 1/2nH_2O \rightarrow 1/2nC_{12}H_{22}O_{11}$$

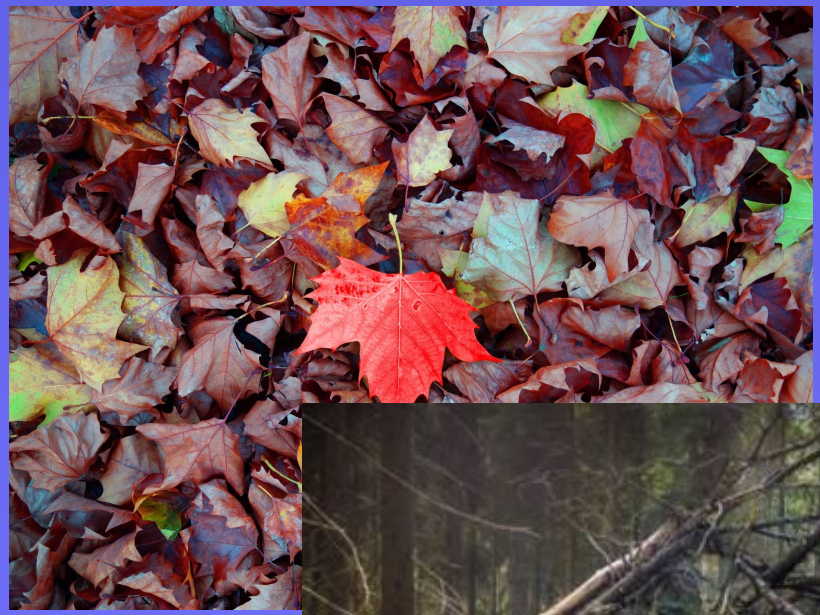
2 стадия. Гидролиз целлобиозы до глюкозы под действием фермента целлобиазы:

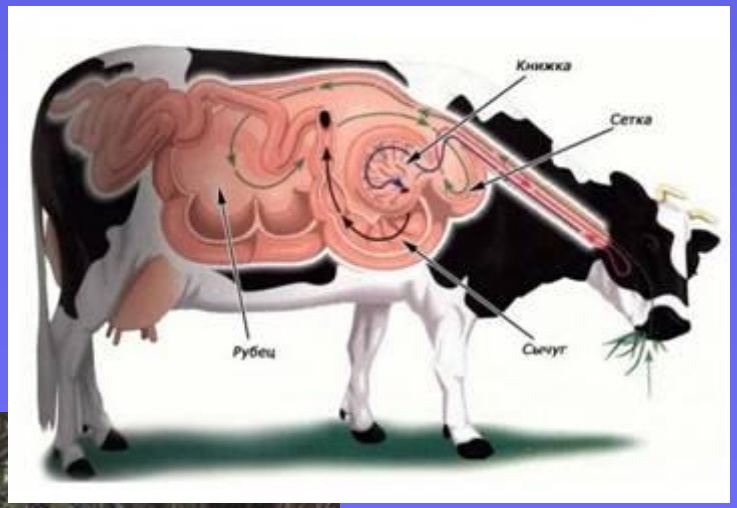
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow 2C_6H_{12}O_6$$

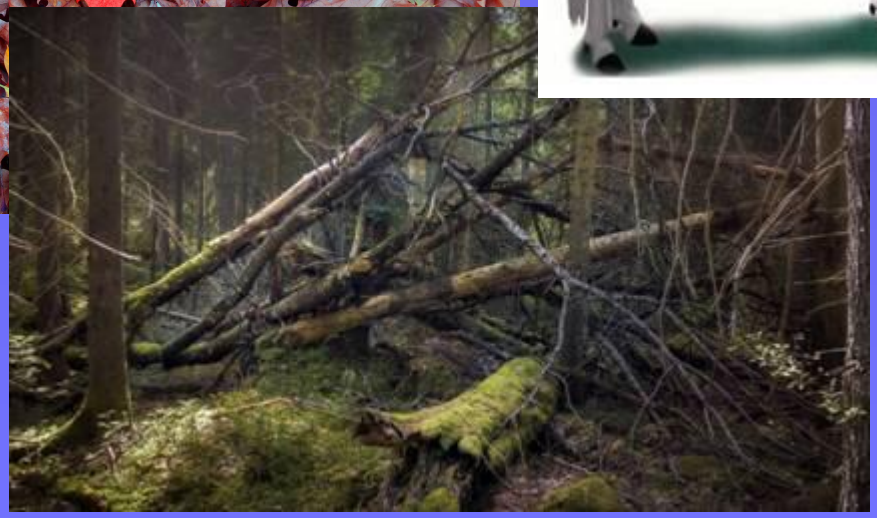
3 стадия. Маслянокислое брожение.

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. KNH_4HPO_4 – 0,2 г
2. KH_2PO_4 – 0,1 г.
3. $CaCl_2$ – 0,3 г.
4. Пептон – 0,1 г.
5. $MgSO_4$ – 0,05 г.
6. $CaCO_3$ – 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.