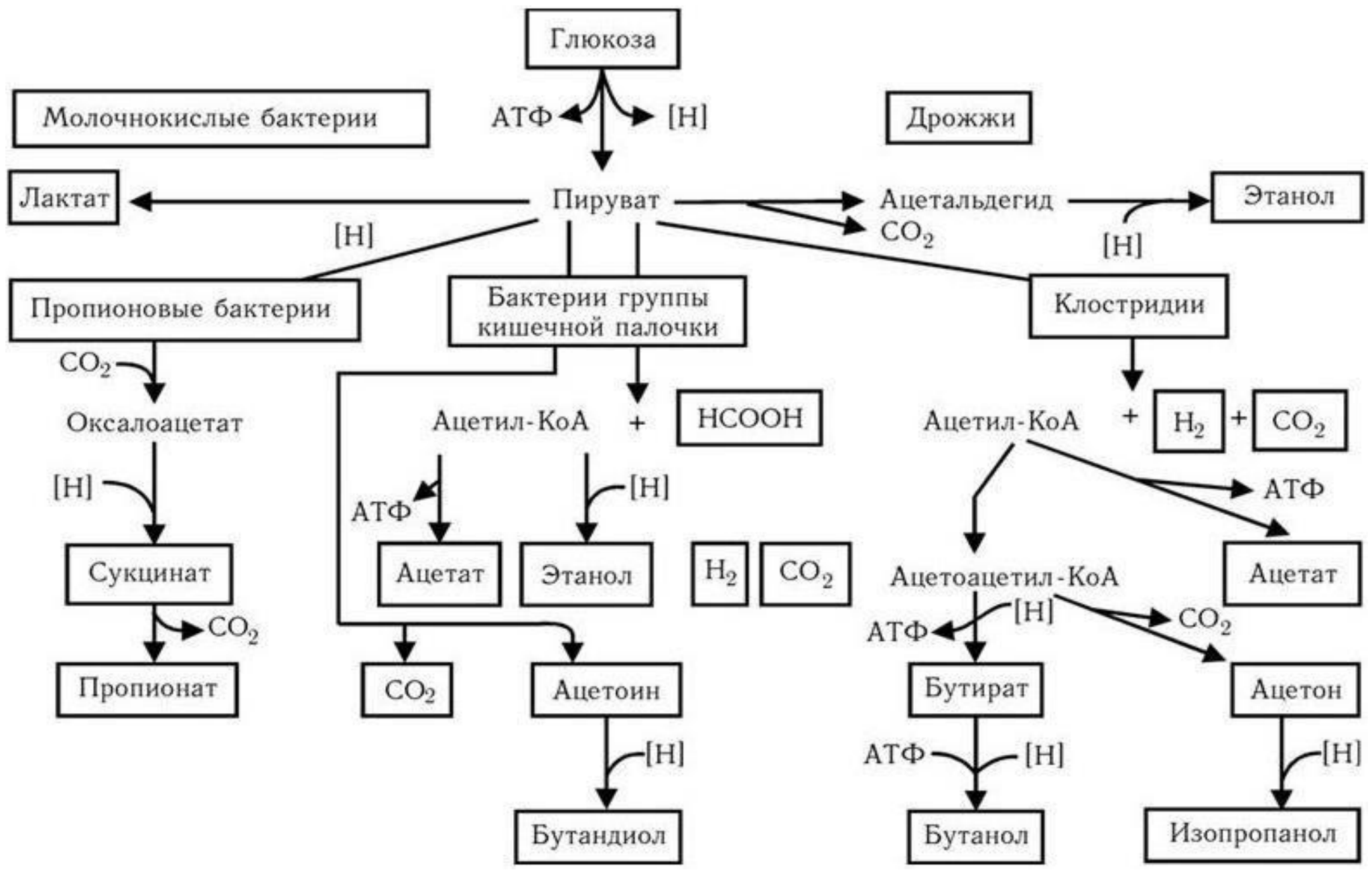
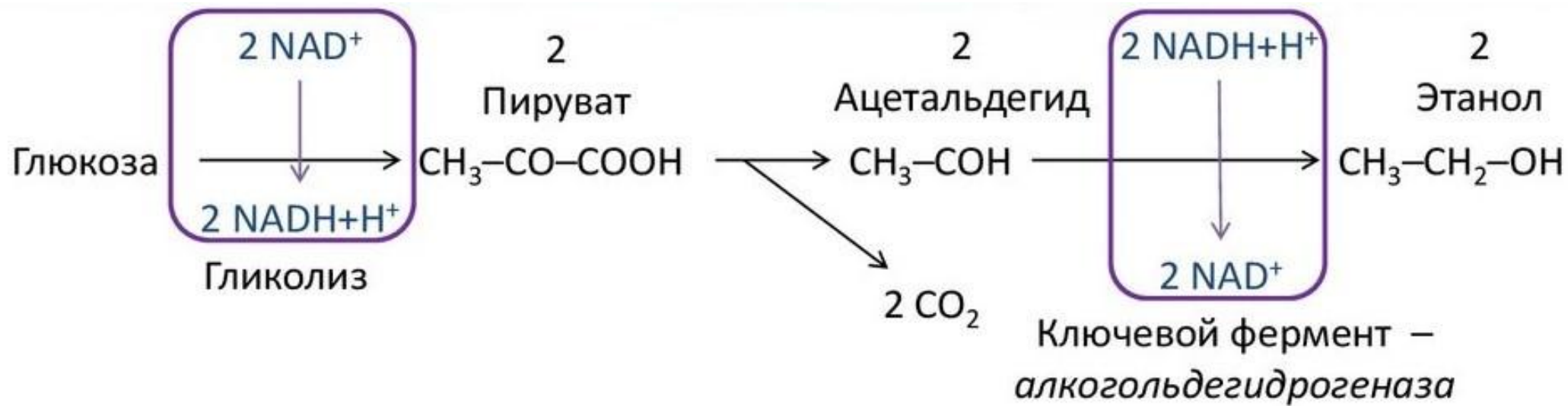


Способ получения энергии при окислении ПВК в отсутствие кислорода

- Спиртовое (конечный продукт - этанол)
- Молочно-кислое (лактат)
- Смешанное (смесь различных продуктов)
- Масляно-кислое и ацетобутиратное брожение
- Пропионовокислое брожение (пропионовая кислота)



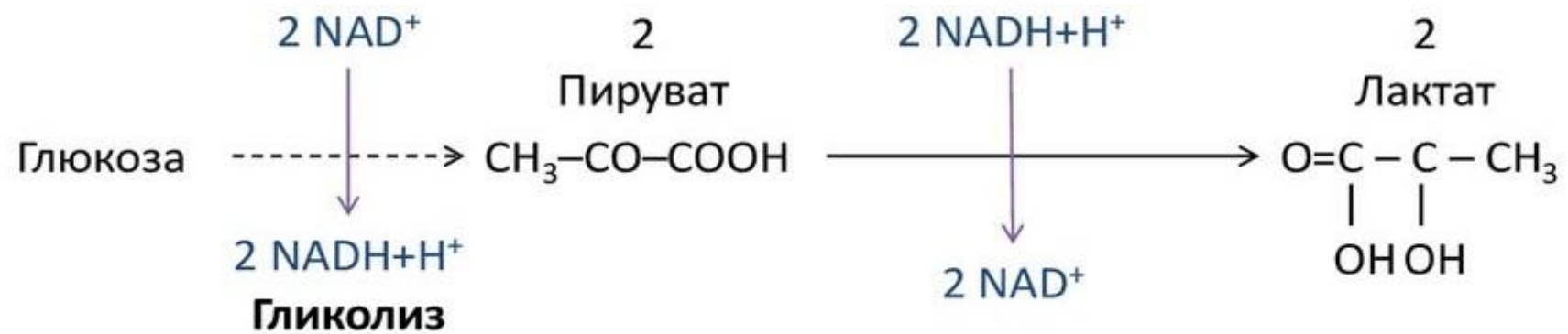


Спиртовое брожение бактерий *Zygotomas mobilis* идет после образования пирувата в КДФГ-пути

## **Спиртовое брожение -**

- осуществляется под действием дрожжей и лежит в основе получения спирта, вина, пива, кваса, хлебопечения.
- Под действием диких дрожжей происходит спонтанное брожение, которое вызывает порчу продуктов.

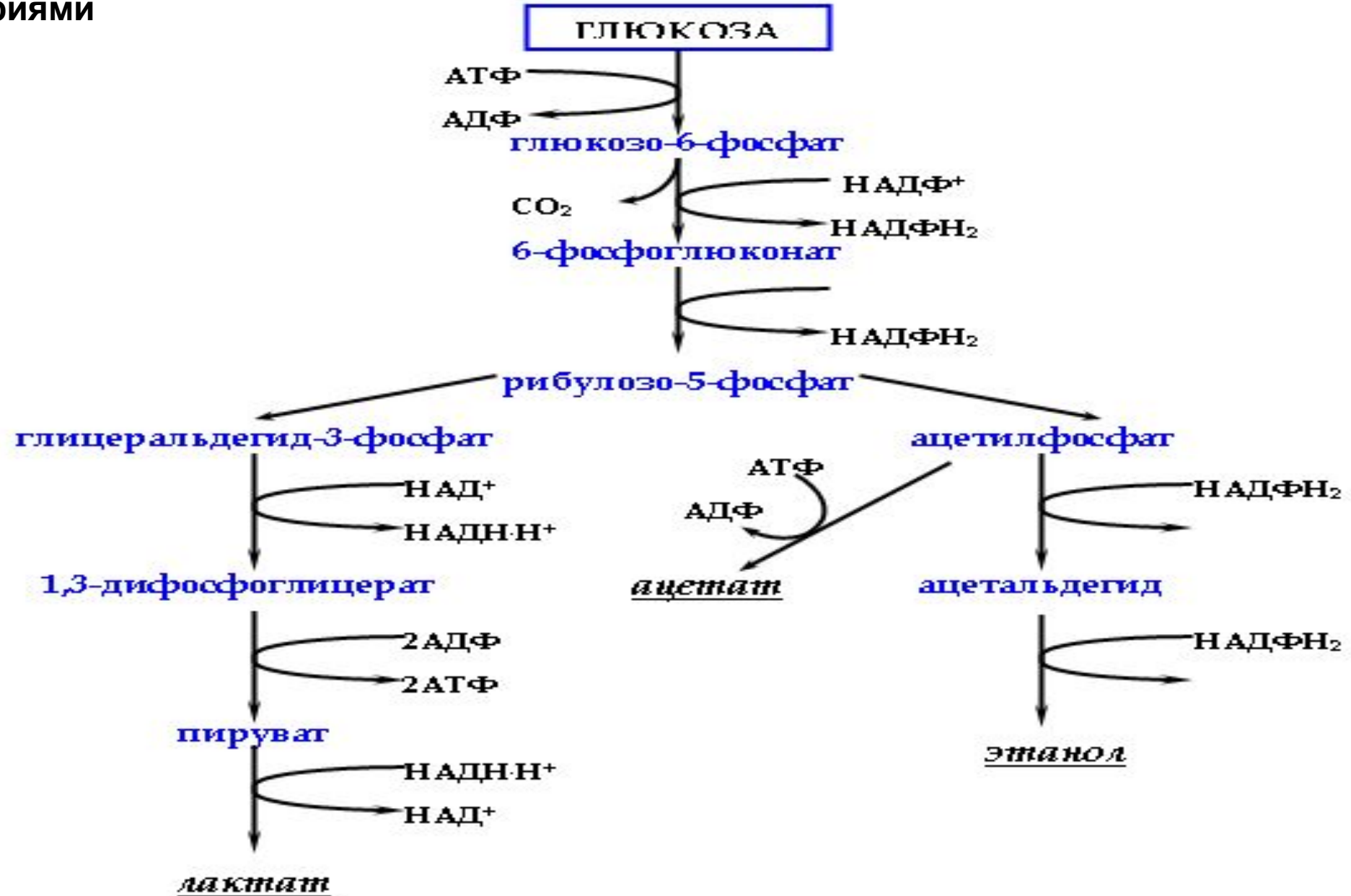
# Гомоферментативное молочнокислое брожение



# Возможные варианты превращения глюкозы при гомоферментативном молочнокислом брожении



# Пентозофосфатный путь расщепления глюкозы гетероферментативными молочнокислыми бактериями



## **Молочнокислое брожение -**

- способствует превращению углеводов в молочную кислоту с участием молочнокислых бактерий
- при квашении, получении кисломолочных продуктов, сыра, ржаного хлеба
- вызывает прокисание молока, мяса, вина, пива.



# *Cl.botulinum*

- Гр+ палочки с закруглёнными концами,
- Подвижны(перитрихи)
- Образуют овальные субтерминальные споры
- Строгие анаэробы



Мазок из чистой культуры *Cl.botulinum* окраска по

Граму (видны неокрашенные субтерминальные споры)

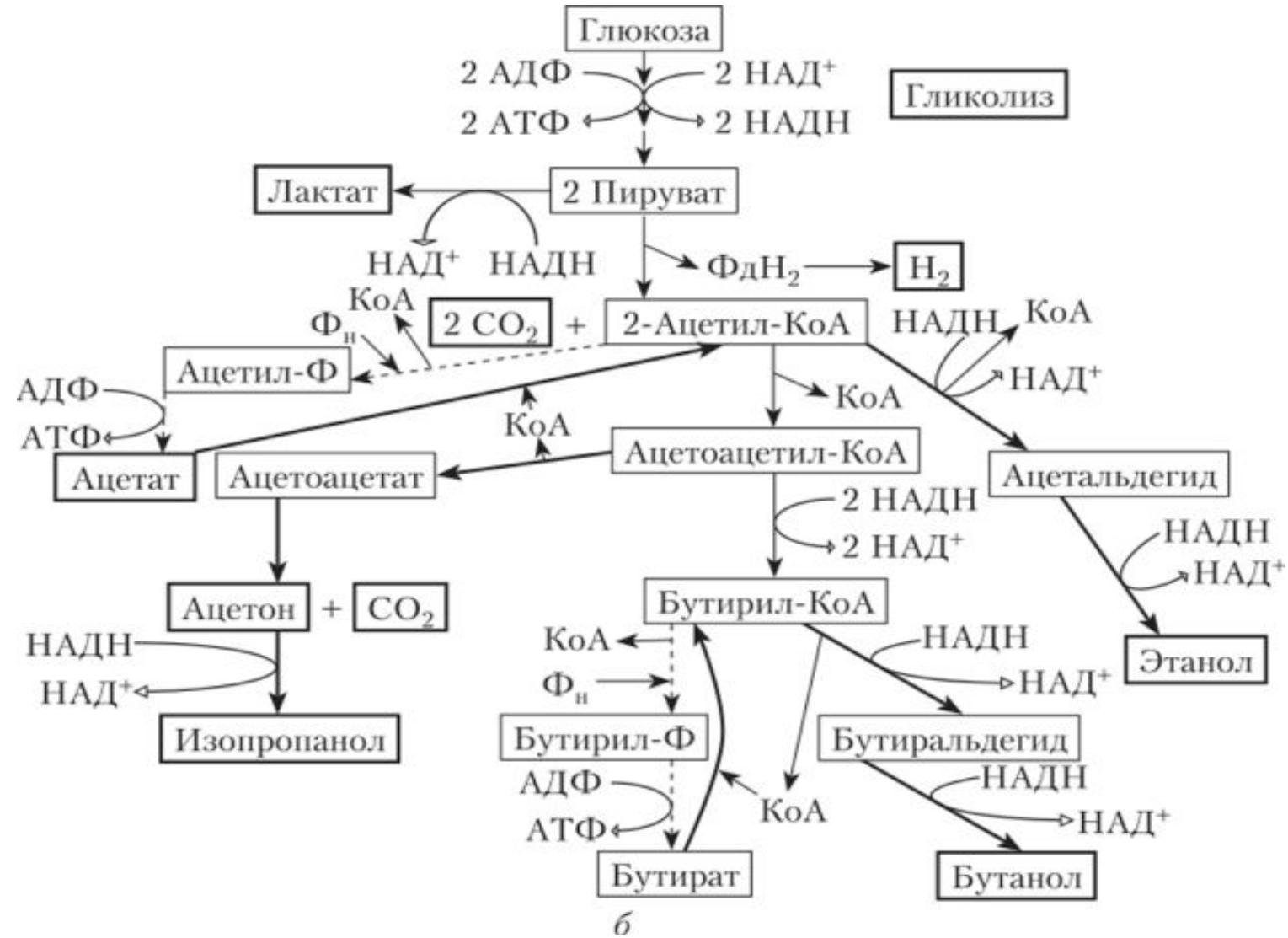
# *Clostridium tetani*

---

*Возбудитель столбняка*



## Маслянокислое и ацетобутиловое брожение



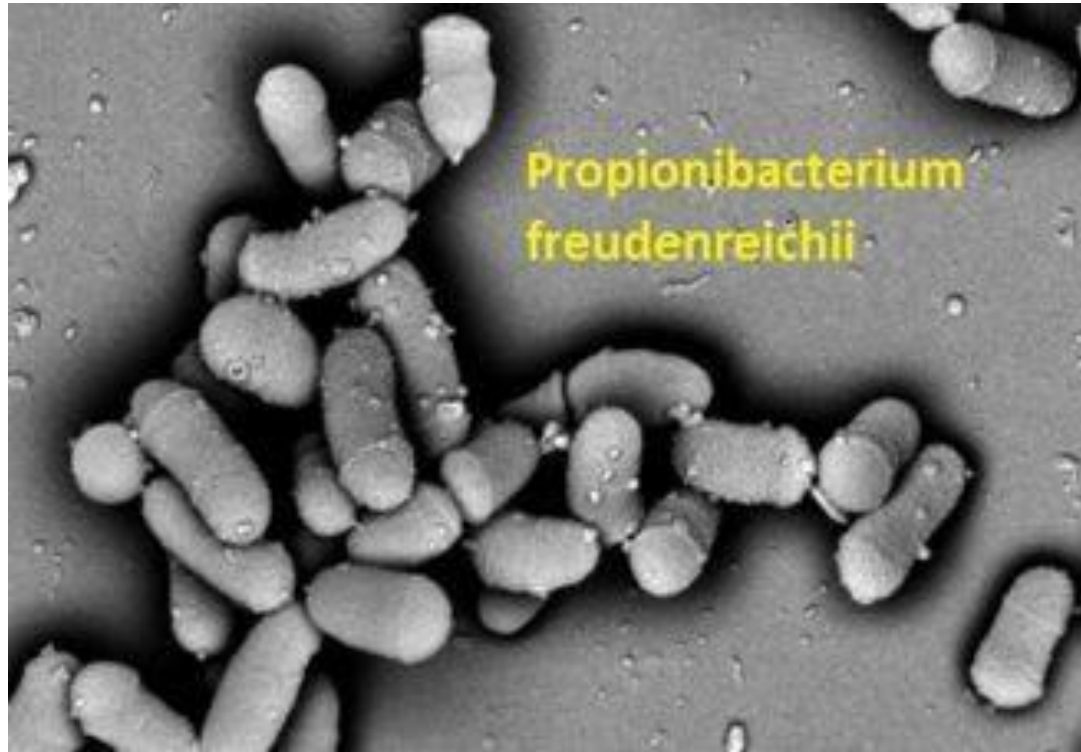
тонкие линии – общие стадии; пунктирные – реакции I фазы; жирные – реакции II фазы

Тип брожения и виды бактерий	Субстраты	Продукты брожения
<p><b>- маслянокислое</b></p> <p><b>Clostridium butyricum</b></p> <p><b>Clostridium pasterianum</b></p> <p><b>Clostridium pectinovorum</b></p>	<p>глюкоза, крахмал, декстрин</p> <p>глюкоза, крахмал, маннитол, инулин</p> <p>пектин, крахмал, гликоген, декстрин</p>	<p>бутират, ацетат, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub></p> <p>бутират, ацетат, CO<sub>2</sub></p> <p>бутират, ацетат</p>
<p><b>- образование бутанола</b></p> <p><b>Clostridium botulinum</b></p> <p><b>Clostridium acetobutylicum</b></p>	<p>глюкоза</p> <p>глюкоза, глицерол</p>	<p>бутират, ацетат, бутанол, 2-пропанол, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub></p> <p>бутират, ацетат, CO<sub>2</sub></p>
<p><b>- реакции Стикленда</b></p> <p><b>Clostridium botulinum</b></p> <p><b>Clostridium histolyticum</b></p>	<p>белки, аминокислоты</p>	<p>ацетат, лактат, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub></p>

## **Маслянокислое брожение –**

- процесс превращения глюкозы в масляную кислоту при участии маслянокислых бактерий
- Образуются: масляная кислота, бутиловый и этиловый спирты, ацетон, уксусная кислота.
- Причина порчи картофеля, молока, квашеной капусты, бомбажа консервов, вспучивания сыров.

3 моля лактата → 2 моля пропионата + 1 моль ацетата + CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (Альберт Фитц)



**Пируват может быть превращен в пропионат несколькими путями:**

- 1) Пируват → Акрилат → Пропионат;
- 2) Пируват → Лактат → Пропионат;
- 3) Пируват + C<sub>1</sub> → Сукцинат → Метилмалонат → Пропионат

**Первые две возможности у пропионовых бактерий не реализуются, и образование пропионата происходит из дикарбоновой кислоты по третьему пути.**

## СХЕМА ПРОПИОНОВОКИСЛОГО БРОЖЕНИЯ



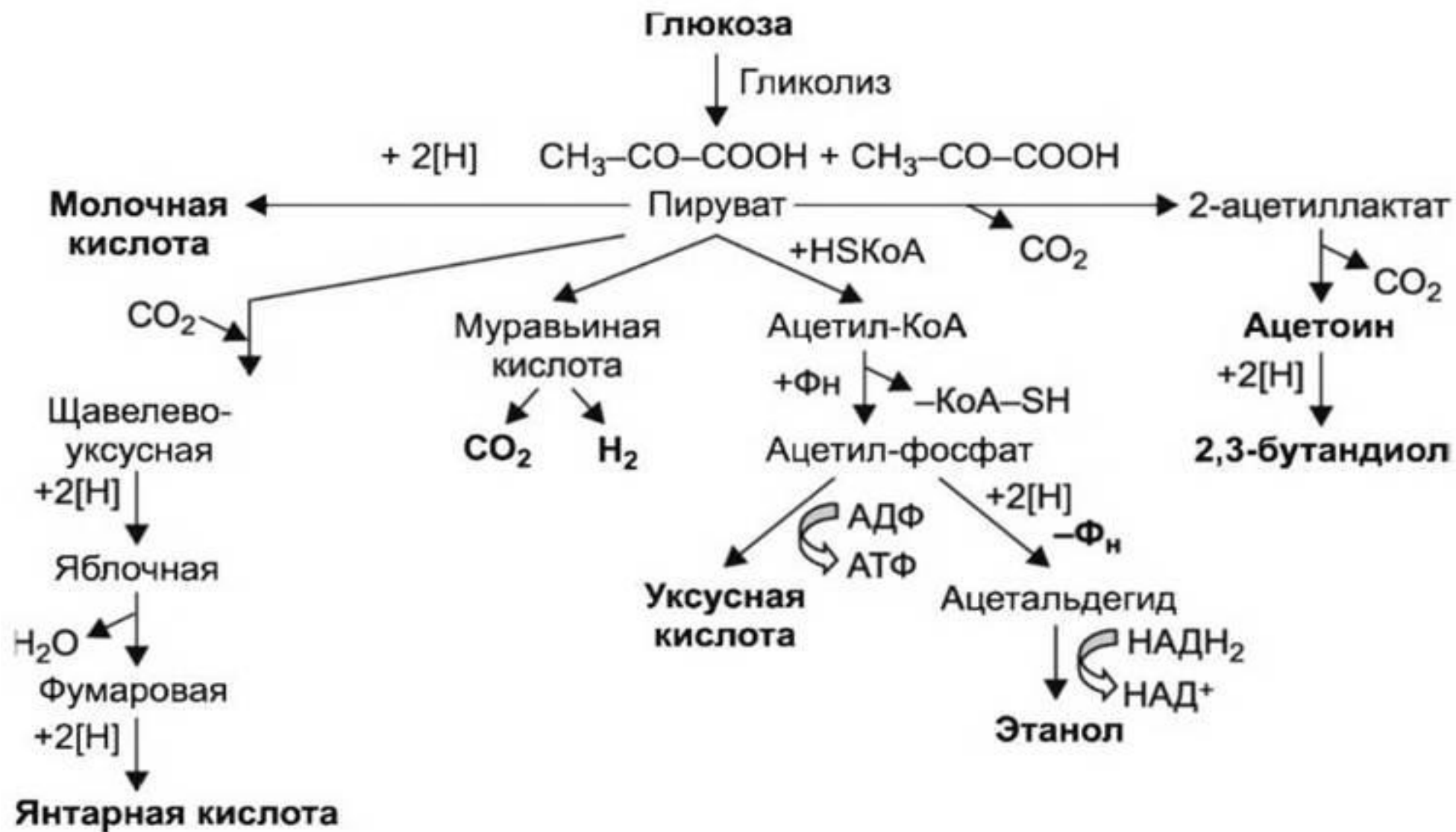
Обозначения: 1. Пируватдегидрогеназа, 2. Фосфотрансацетилаза (Фн), 3. Ацетилкиназа (АДФ), 4. ФЕП-карбокситрансфосфорилаза (Фн, HCO<sub>3</sub>), 5. Метилмалонил-КоА-транскарбоксилаза (биотин), 6. Малатдегидрогена, 7. Фумараза, 8. Сукцинатдегидрогеназа (фумаратредуктаза; Фп, цит. b), 9. КоА-трансфераза, 10. Метилмалонил-КоА-изомераза (мутаза), 11. Метилмалонил-КоА-рацемаза

## Пропионовокислое брожение –

- превращение сахара или молочной кислоты и ее солей пропионовокислыми бактериями в пропионовую и уксусную кислоты с выделением углекислого газа и воды.
- Играет положительную роль при созревании сыра (образует рисунок).



# Схема муравьинокислого (смешанного) брожения



## Муравьинокислое брожение.

- Этот тип брожения характерен для представителей семейства энтеробактерий.
- Одним из конечных продуктов данного типа брожения является муравьиная кислота. Наряду с ней образуются молочная, уксусная кислоты и другие продукты.
- Некоторые виды энтеробактерий (например, кишечная палочка) расщепляют муравьиную кислоту до  $H_2$  и  $CO_2$ .
- Признаки кислото- и газообразования являются довольно стабильными и используются для идентификации бактерий на средах Гисса («пестрый» ряд).