



ПРЕВРАЩЕНИЕ  
МИКРООРГАНИЗМАМИ  
СОЕДИНЕНИЙ  
УГЛЕРОДА

# ПЛАН:

- 1. Спиртовое брожение. Глицериновое брожение.**
- 2. Молочнокислое брожение.**
- 3. Пропионовокислое брожение.**
- 4. Маслянокислое брожение. Ацетонобутиловое брожение.**
- 5. Разложение микроорганизмами крахмала.**
- 6. Разложение микроорганизмами целлюлозы.**
- 7. Разложение микроорганизмами пектиновых веществ.**
- 8. Получение лимонной и уксусной кислот.**
- 9. Окисление микроорганизмами жира.**

# КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА

Углекислый газ в атмосфере  
 $\text{CO}_2$

**ФОТОСИНТЕЗ**

**ДЫХАНИЕ**

**РАСТВОРЕНИЕ В ВОДЕ**

Органическое вещество

**ЗАХОРОНЕНИЕ**

**РАСТВОРЕНИЕ**

**МИНЕРАЛИЗАЦИЯ**

Известняк

**СЖИГАНИЕ**

Уголь

Нефть

Торф



# Вопрос 1. Спиртовое брожение. Глицериновое брожение



**Брожение – это жизнь без кислорода.**

*Луи Пастер.*




Природа спиртового брожения была раскрыта Пастером в 1858 г.

# ХИМИЗМ:



Побочные продукты – сивушные масла, глицерин, янтарная кислота. Идет при кислой реакции среды (pH 4-5).

При щелочной реакции (pH 8), катализатор  $\text{Na}_2\text{SO}_3$   *глицериновое брожение:*



укс. к-та

# Спиртовое брожение лежит в основе

хлебопечения, виноделия, пивоварения, получения спирта. В хлебопечении имеет значение не спирт, а углекислый газ, который образуется в большом количестве и вызывает разрыхление и подъем теста.



**Древние египтяне  
овладели искусством  
разрыхлять тесто с  
помощью брожения  
5-6 тыс. лет назад**

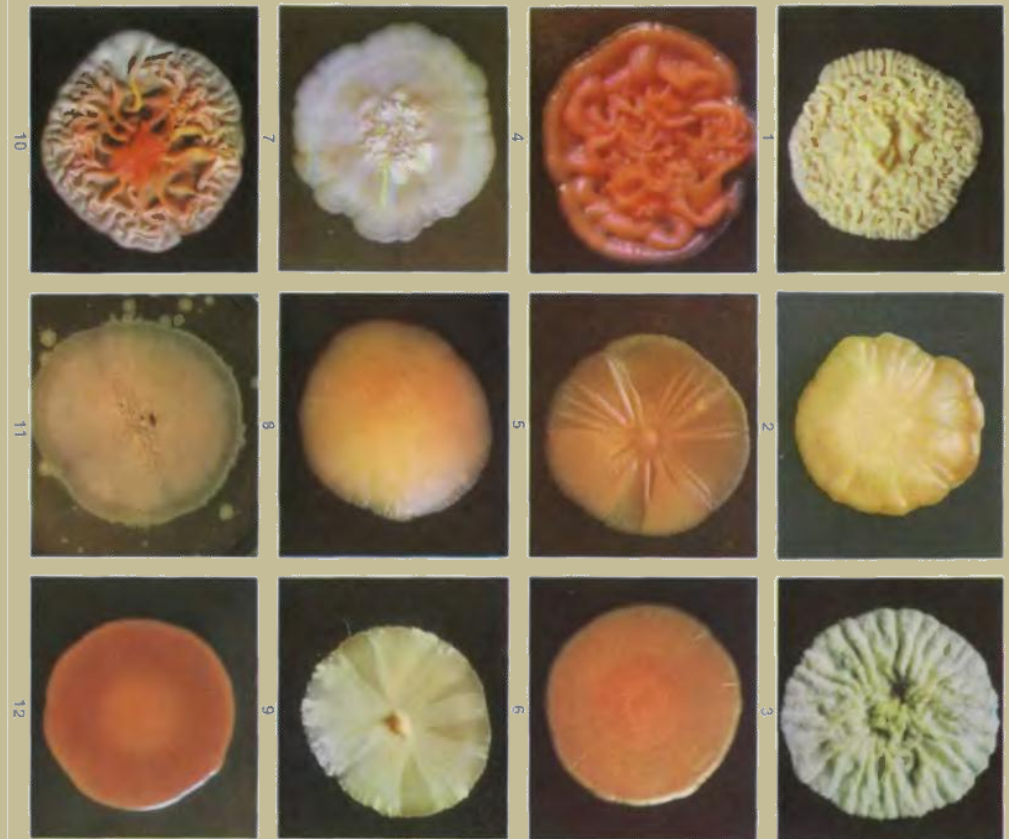
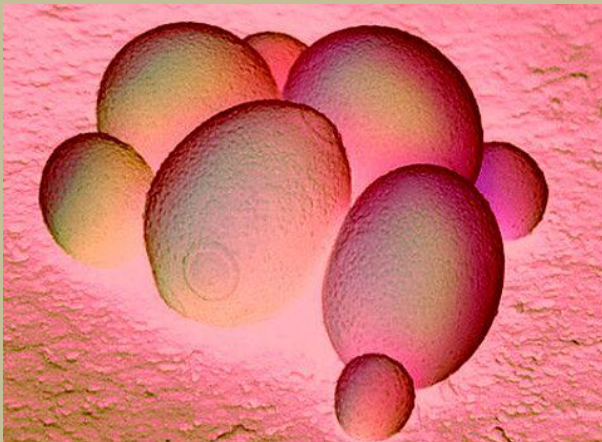




# Возбудителями спиртового брожения

являются дрожжи рода **Saccharomyces**, реже некоторые плесневые грибы и бактерии.

Практическое значение имеют только дрожжи. Они встречаются на поверхности растений, плодов, ягод, зерна, в воздухе и почве.



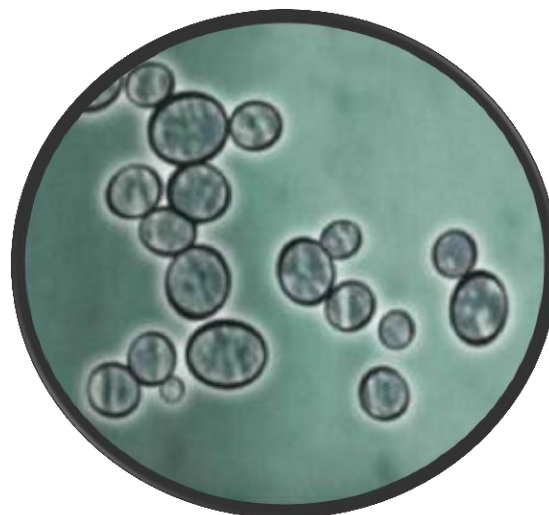
*Колонии дрожжевых грибов на питательных средах*

# По происхождению

Дикие (в природе) обладают слабой бродильной способностью, часто образуют вещества, придающие неприятный привкус. Культурные (в производстве) дрожжи приобрели положительные качества в производстве: высокий выход спирта, букет вина, они хорошо разрыхляют тесто, осветляют пиво и придают ему пенистость.

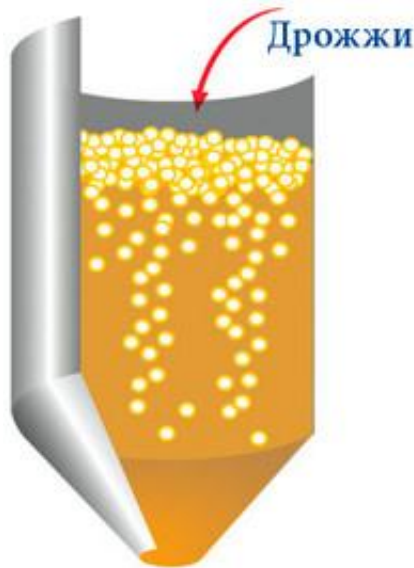


Дикие дрожжи *Pichia pastoris*,  
злостные вредители пива



Культурные дрожжи *Sacch. chevalieri*  
для производства красных вин

# Культурные дрожжи по характеру брожения:



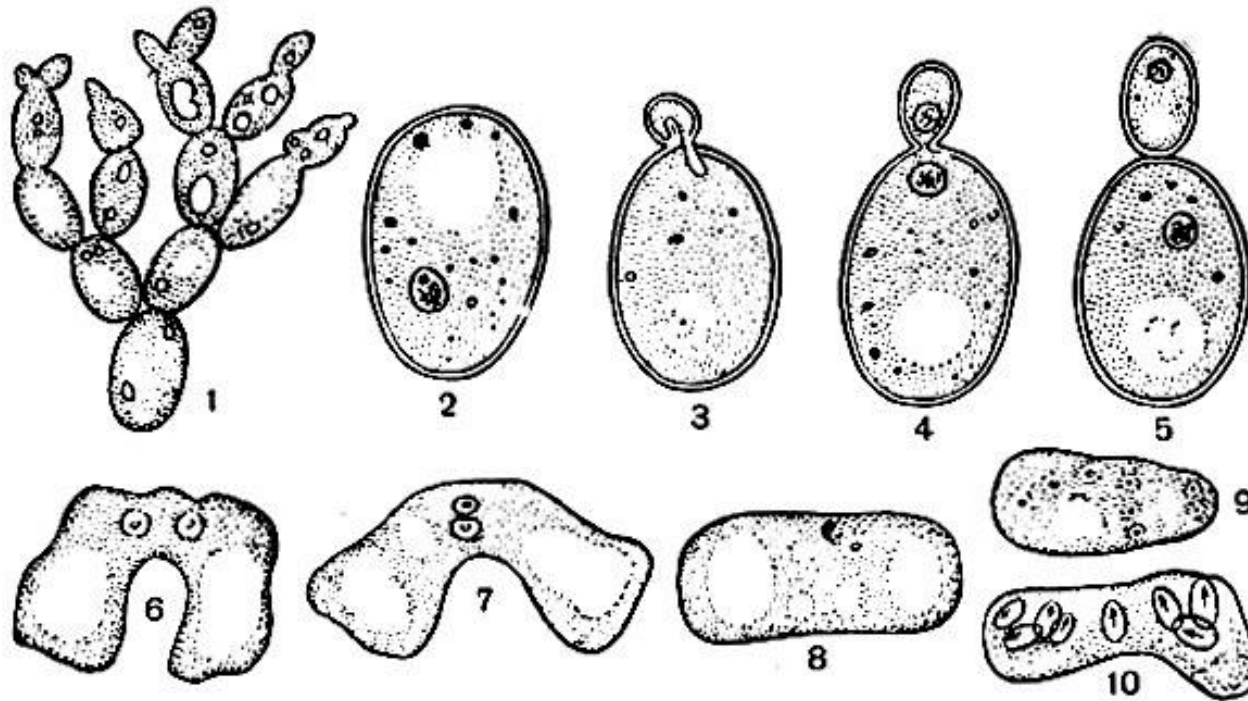
## Верховые.

Брожение интенсивное, с обильным выделением  $\text{CO}_2$  и пенообразованием. Оптимальная температура 18-30 °С. Масса дрожжей поднимаются на поверхность бродящей жидкости.

## Низовые.

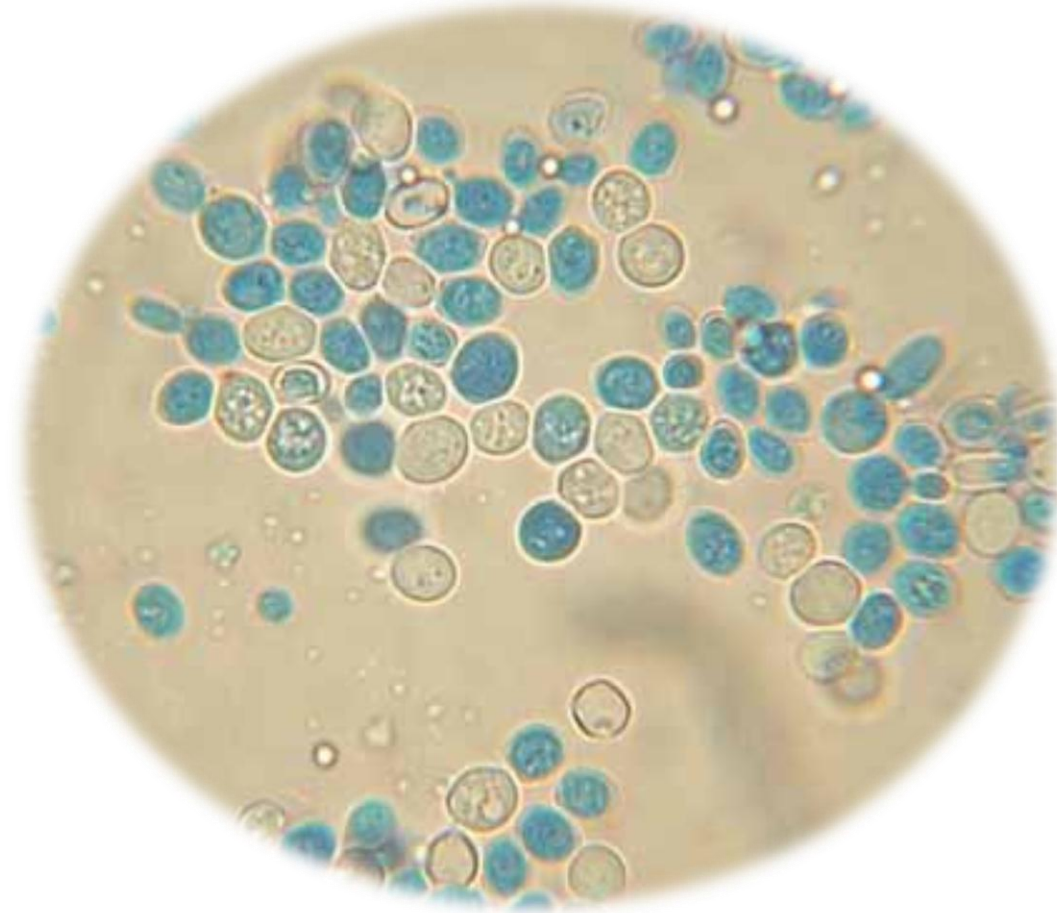
Брожение спокойное, медленнотекущее. Оптимальная температура 4-10 °С. Масса дрожжей остается на дне сосуда.

# Размножаются чаще почкованием



1-5 - *Saccharomyces cerevisiae*, 1 - цепочка почкующихся дрожжей, 2 - отдельная клетка, 3, 4, 5 - почкующиеся клетки;  
6-10 - *Saccharomyces octosporus*; 6, 7, 8 - половой процесс, 9 - деление копуляционного ядра; 10 - сумка с 8 аскоспорами.

*Дрожжи хлебные (пекарские)*  
*Saccharomyces cerevisiae*



## Вопрос 2. Молочнокислое брожение



Бывает двух видов:

I Гомоферментативное – типичное, широко распространено:



Используется для приготовления **кисломолочных продуктов**, в силосовании и квашении.



# Возбудителями являются гомоферментативные молочнокислые бактерии

## 1. Молочный стрептококк

*Streptococcus lactis* (30-35 °С).

Встречается в молоке, простокваше, твороге, сыре, квашеных продуктах, силосе.

## 2. Сливочный стрептококк

*Str. cremoris* (20-25 °С).

Встречается в сметане, сливках, масле.

## 3. Термофильный стрептококк

*Str. thermophilus* (42-43 °С).

Встречается в йогурте, ряженке.



#### 4. Болгарская палочка

*Lactobacterium bulgaricum*

(40-45 °С). Встречается в молоке южных зон, кумысе, йогурте.

#### 5. Ацидофильная палочка

*Lact. acidophilum* (37-40 °С).

Встречается в кишечнике человека, молодняка животных, ацидофилине, биойогурте.

#### 6. Козеиновая палочка

*Lact. casei* (20-30 °С).

Встречается в сырах, кефире.

#### 7. Растительная палочка *Lact. plantarum*.

Встречается на поверхности растений, используется при квашении, силосовании.



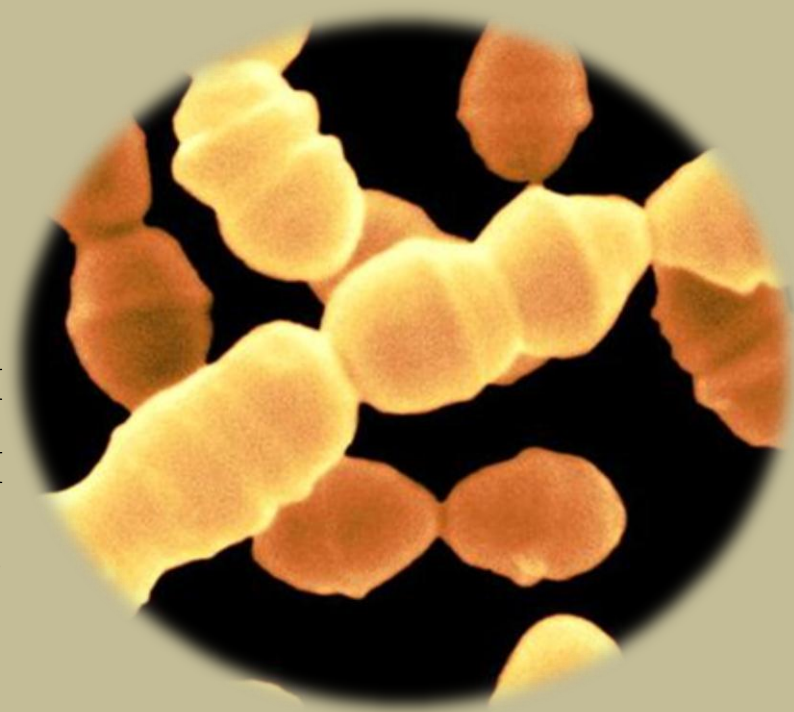
**II Гетероферментативное** молочнокислое брожение – нетипичное, кроме молочной кислоты образуются другие вещества.

**Возбудителями** являются гетероферментативные молочнокислые бактерии:

### **1. Леуконосток**

*Leuconostoc mesenteroides.*

Присутствует на поверхности растений. Участвует при квашении капусты, при приготовлении масла, сыроделии



## 2. Бактерии Бревис

*Lactobacterium brevis* (40-45 °С).

Образует УК, используется как компонент хлебной закваски.



## 3. Бифидобактерии

*Bifidobacterium bifidum* (36-38 °С).

Постоянные обитатели кишечника.

Осуществляют бифидоброжение.





# Все кисломолочные продукты делятся на 2 группы:

1. *Продукты только молочнокислого брожения*  
(простокваша, сметана, творог, ряженка, йогурт, ацидофилин и др.).



2. *Продукты смешанных брожений спиртового и молочнокислого* (кефир, кумыс, курунга, айран и др.)

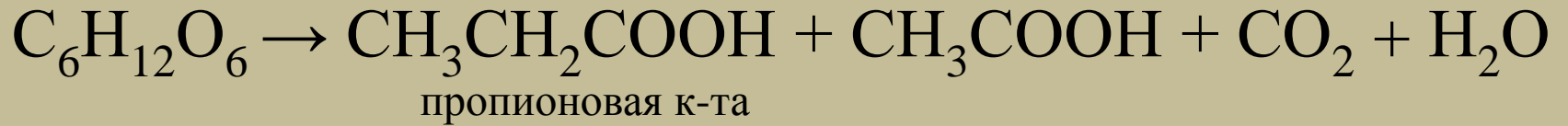


# Вопрос 3. Пропионовокислое брожение



©Селяночка

# Химизм:



**Возбудителями** являются пропионовокислые бактерии. *Propionibacterium*. Обитают в рубце жвачных животных, на растениях, на коже. Играют большую роль в созревании сыров. Используют для получения витамина В<sub>12</sub>.





# *Propionibacterium acidipropionici*



**Вопрос 4. Маслянокислое брожение.  
Ацетонобутиловое брожение**



# Химизм:



Маслянокислое брожение

нежелательно, так как вызывает порчу кормов.

Лежит в основе разложения многих полисахаридов.

**Возбудителями** являются маслянокислые **бациллы** (клостридии).

Обитают в почве, водоемах, пищеварительном тракте.



*Колонизация рубца теленка микроорганизмами*

# Маслянокислые бациллы

открыты Луи Пастером в 1861 году. К ним относят:

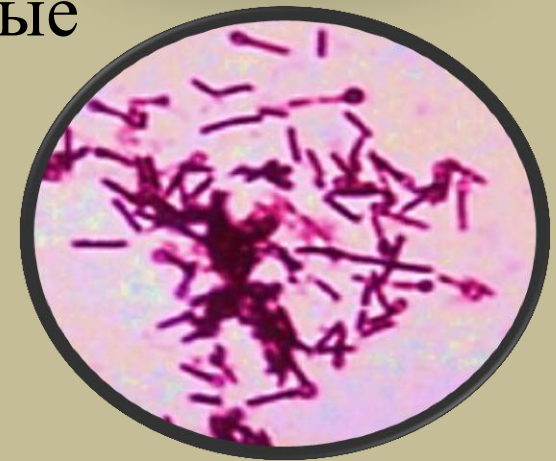
1. *Clostridium butyricum*
2. *Clostridium butylicum*
3. *Clostridium butylinum*
4. *Clostridium pasteurianum*
5. *Clostridium omelianskii*
6. *Clostridium pectinovorum*
7. *Clostridium felsineum*
8. *Clostridium tetani*

ТИПИЧНЫЕ



*Clostridium butyricum*

НЕТИПИЧНЫЕ

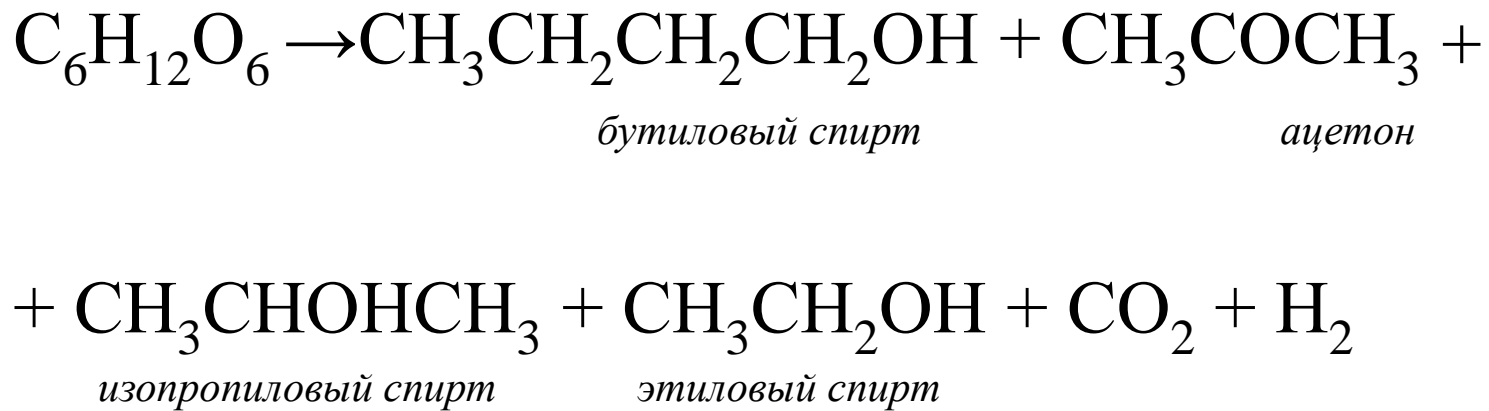


*Clostridium tetani*

столбняк



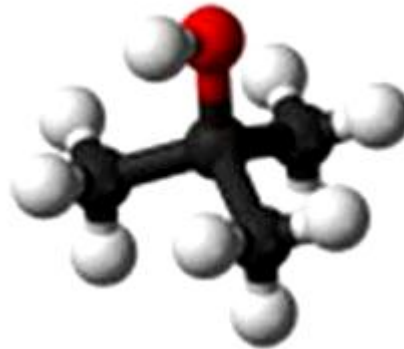
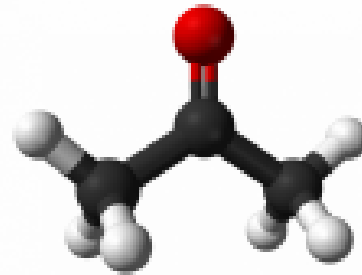
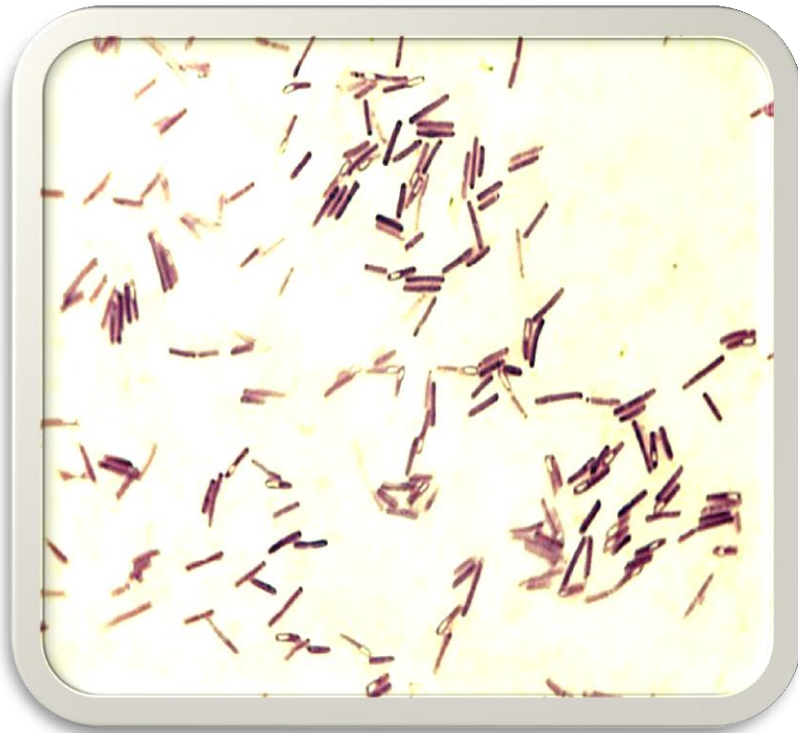
При кислой реакции среды (pH 5,5 и ниже)  
основным продуктом является ацетон и бутиловый спирт:



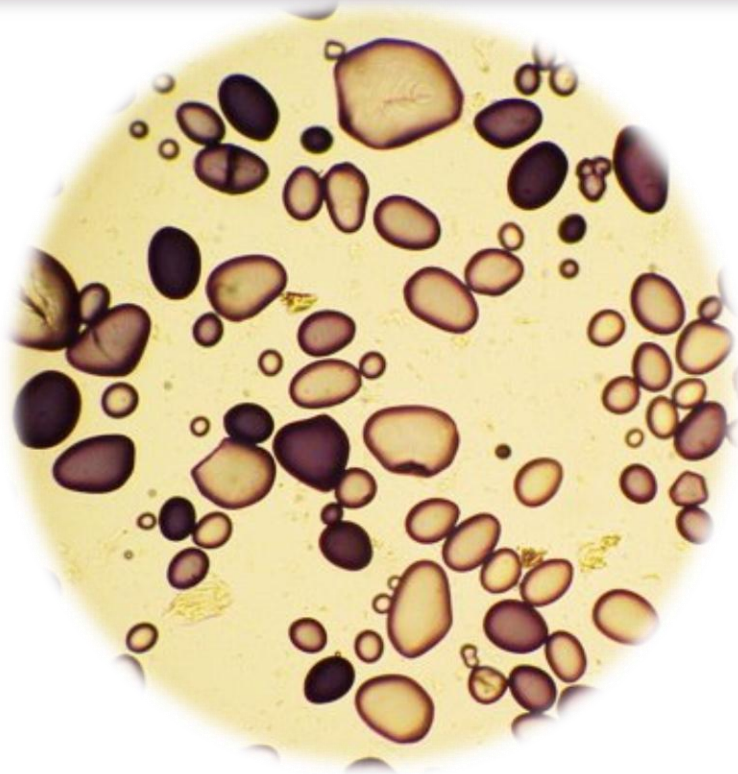
Брожение используется для получения ацетона и бутилового спирта.



# Возбудителем является *Clostridium acetobutylicum*



# Вопрос 5. Разложение микроорганизмами крахмала

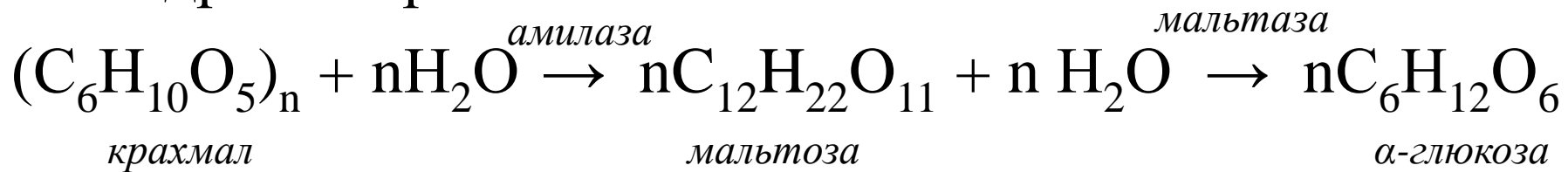


*Крахмал* – самое распространенное запасное питательное вещество растений. Встречается в виде крахмальных зерен с характерной слоистостью. Много в семенах зерновых.

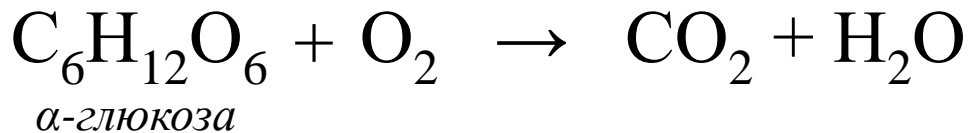
# Разложение крахмала происходит в аэробных и анаэробных условиях.

В **аэробных** условиях процесс идет в два этапа.

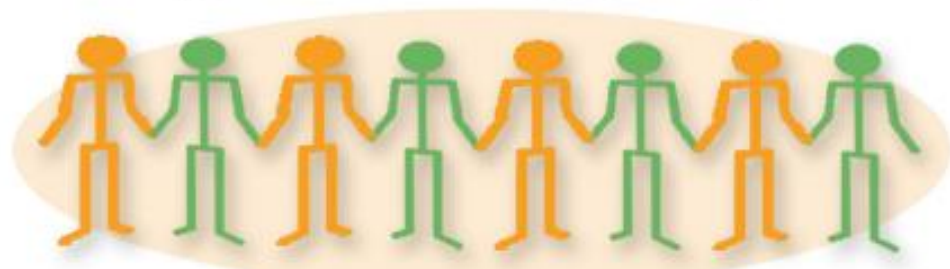
1. Гидролиз крахмала:



2. Полное окисление  $\alpha$ -глюкозы:



ОБЪЕДИНИВШИЕСЯ УГЛЕВОДЫ (САХАРА) - КРАХМАЛ!



## В этом процессе участвуют:

### 1. Бактерии рода *Bacillus*:

- Картофельная палочка

*Bacillus mesentericus*

- Сенная палочка

*Bacillus subtilis*

- *Bacillus macerans*

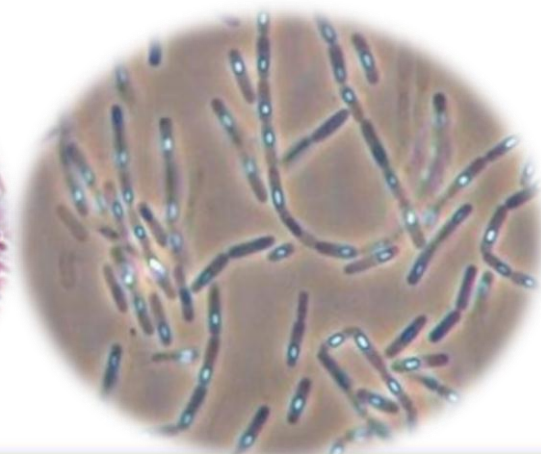
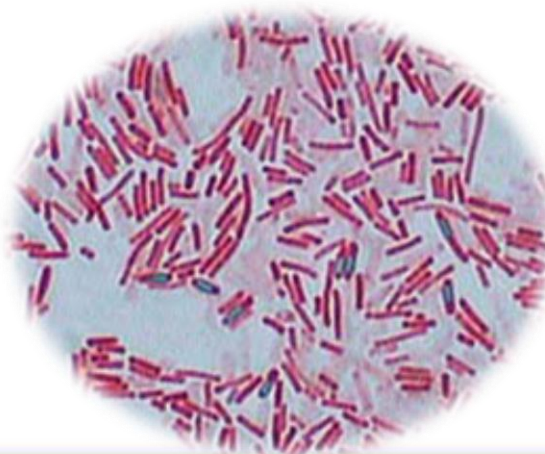
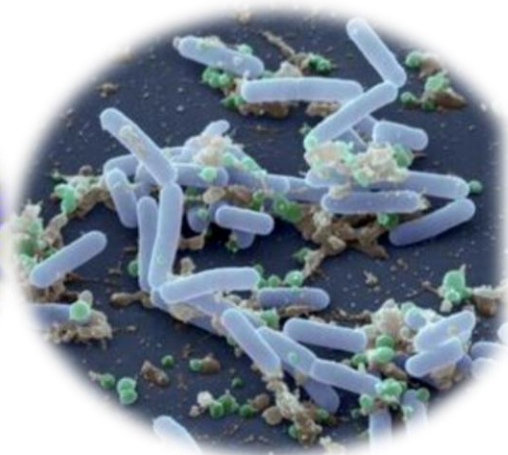
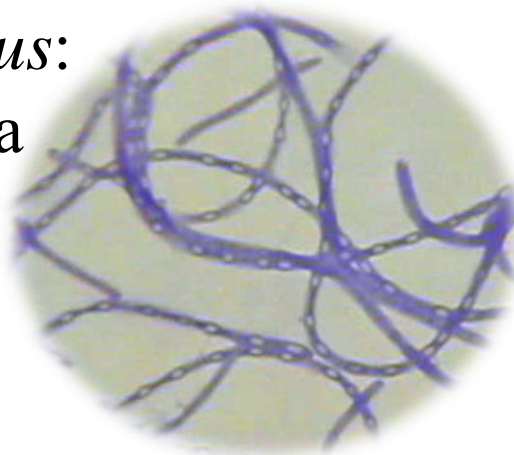
- *Bacillus polytuxa*

### 2. Плесневые грибы

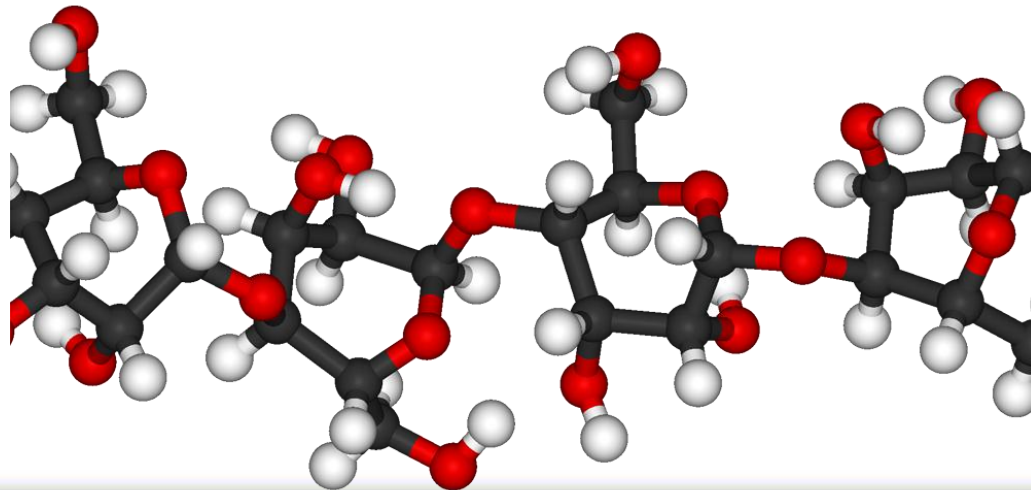
(*Aspergillus niger*)

### 3. Актиномицеты

(стрептомицеты)



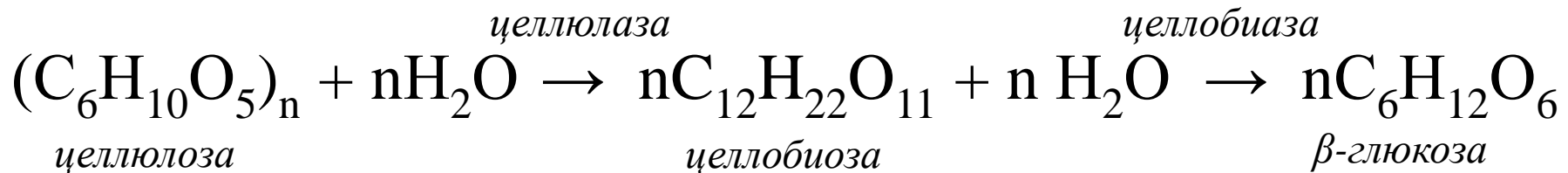
# Вопрос 6. Разложение микроорганизмами целлюлозы



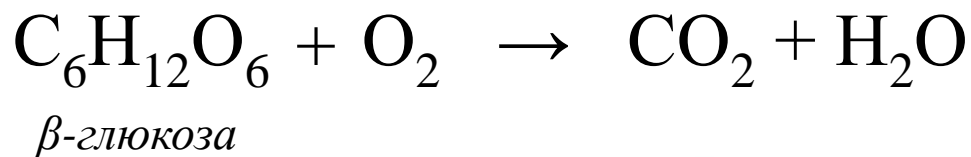
Разложение целлюлозы происходит в аэробных и анаэробных условиях.

В **аэробных** условиях процесс идет в два этапа.

1. Гидролиз целлюлозы:



2. Полное окисление  $\beta$  –глюкозы:



# Возбудителями являются:

## 1. Плесневые грибы

- *Serpula*
- *Aspergillus*
- *Alternarium*
- *Trichoderma*

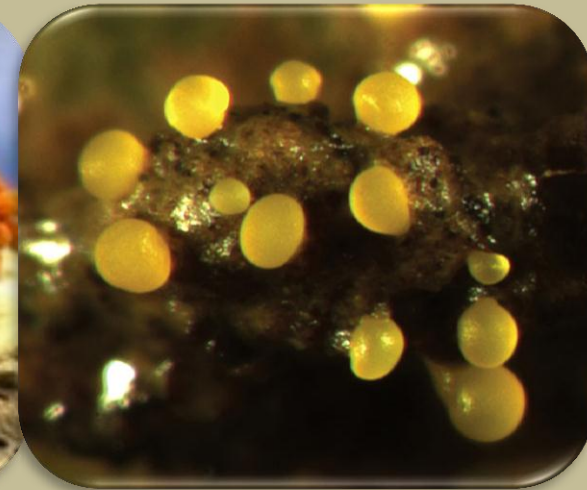
## 2. Целлюлозоразлагающие бактерии:

- *Mixobacterium*
- *Cytophaga*  
*Sporocytophaga*
- *Cellvibrio*  
*Cellfalcicula*;

## 3. Актиномицеты (стрептомицеты, микромонаспора)

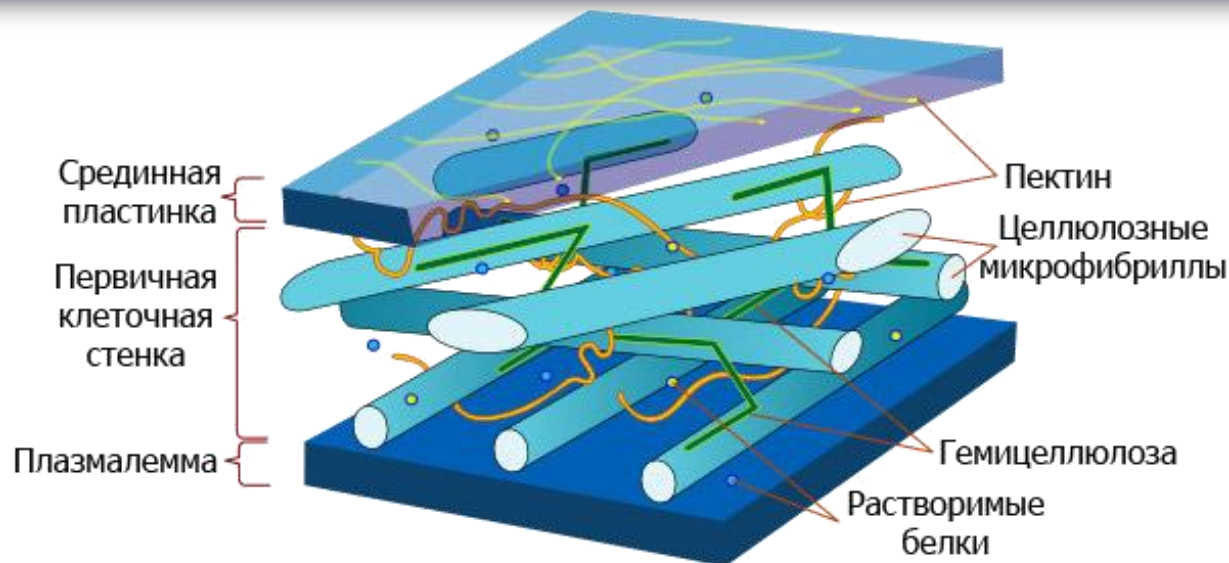


*Serpula lacrymans*



*Mixobacterium*

## Вопрос 7. Разложение микроорганизмами пектиновых веществ



*Пектиновые вещества* входят в состав срединных пластинок, образующихся между стенками соседних растительных клеток, придают растительным тканям необходимую прочность. У технических культур (лен, конопля, кенаф, джут, канатник и др.) пектиновые вещества как клей склеивают волокна. Разрушение их играет важную роль при первичной обработке растительного сырья.

Особенно богаты пектиновыми веществами ягоды и фрукты.



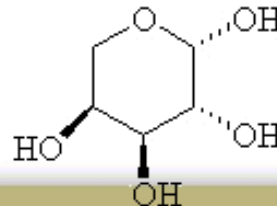
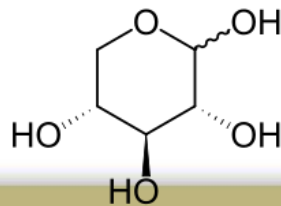
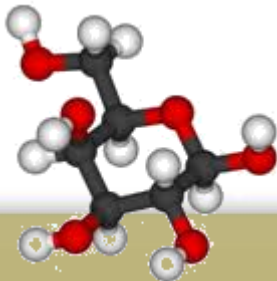
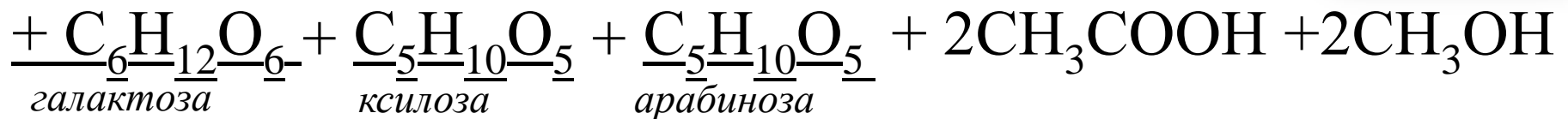
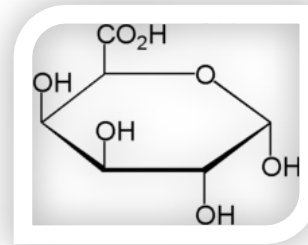
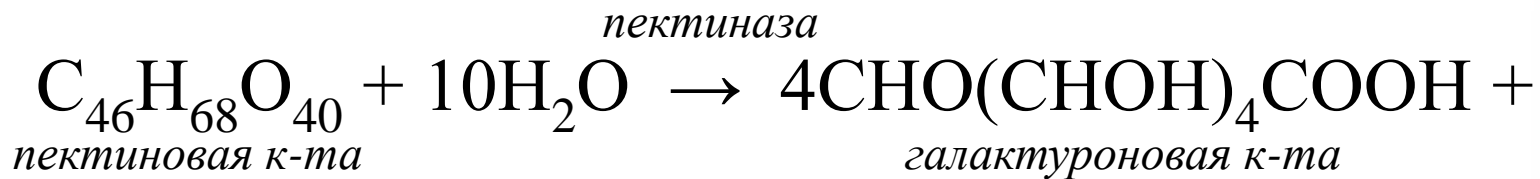
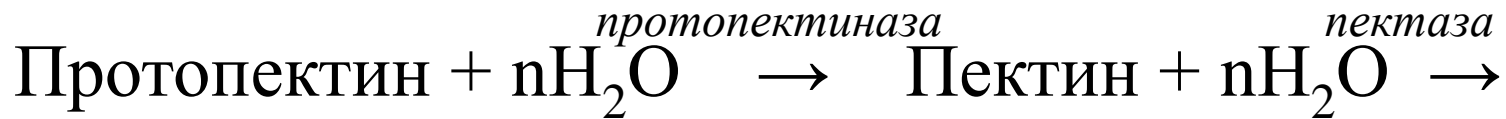
E-440



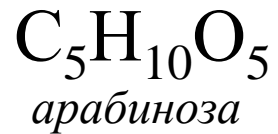
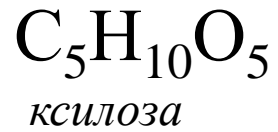
Разложение пектиновых веществ происходит в аэробных и анаэробных условиях.

В аэробных условиях процесс идет в два этапа:

1. Гидролиз пектиновых веществ до моносахаров :



## 2. Полное окисление галактозы, ксилозы и арабинозы:



Аэробное разложение пектиновых веществ наблюдается при *росяной моче льна*.

Принимают участие следующие микроорганизмы:

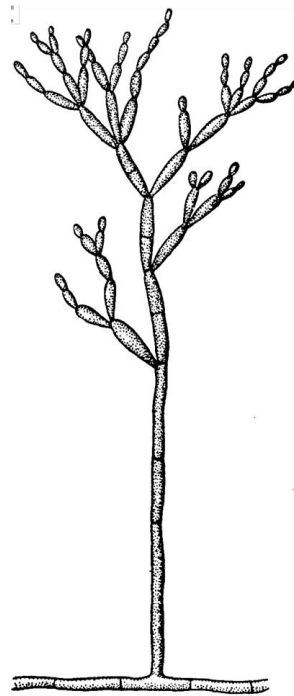
## 1. Плесневые грибы

- *Cladosporium*
- *Alternaria*
- *Penicillium*
- *Aspergillus*

## 2. Бактерии

- *Bacillus macerans*
- *Bacillus polymyxa*

## 3. Актиномицеты



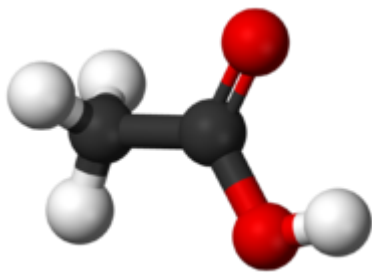
*Cladosporium*



*Alternaria*

# Вопрос 8. Получение лимонной и уксусной кислот

Первое упоминание о практическом применении **уксусной кислоты** относится к третьему веку до н. э.



В Древнем Риме готовили специально прокисшее вино в свинцовых горшках. В результате получался очень сладкий напиток, который называли «сапа». «Сапа» содержала большое количество ацетата свинца — очень сладкого вещества, которое также называют «свинцовым сахаром». Высокая популярность «сапы» была причиной хронического отравления свинцом, распространенного среди римской аристократии.



*Неполное окисление* — окисление веществ свободным молекулярным кислородом не до углекислого газа и воды, а до продуктов неполного окисления (органические кислоты).

Этиловый спирт окисляется до уксусной кислоты под влиянием **уксуснокислых бактерий**, которые выделяют фермент *алкогольоксидаза*:



**Ледяная  
(абсолютная)  
уксусная кислота**



**70-80% водный  
раствор УК – уксусная  
эссенция**



**3-6% водный  
раствор УК – уксус  
Е 260**

## Возбудителем являются *уксуснокислые бактерии*.

Открыты Луи Пастером в 1868. Они широко распространены в природе. Встречаются на поверхности ягод, плодов, в воздухе. Гр-, чаще подвижные палочки, неспоровые, дают длинные цепи. Мезофилы. Ацидофилы. Спиртоустойчивы. Аэробы.

➤ *Acetobacter aceti* образует пленку на вине, пиве. Пленка красится  $I_2$  в желтый цвет. Opt 30-35 °С.

➤ *Acetobacter pasteurianum*. Пленка красится  $I_2$  в синий цвет. Opt 20-25 °С.

Накапливают УК примерно 6,5%.



*Acetobacter aceti*

## Производство уксуса. Существуют 2 способа:

1. *Французский* (орлеанский) или медленный способ.

### *Acetobacter aceti*

Окисление ведется в специальных чанах. Исходная питательная среда состоит из 2% УК и 4% сухого вина крепостью 9-12%. Заражение бактериями происходит самопроизвольно из воздуха. Спустя несколько недель получают качественный винный уксус с **5-6%** УК.

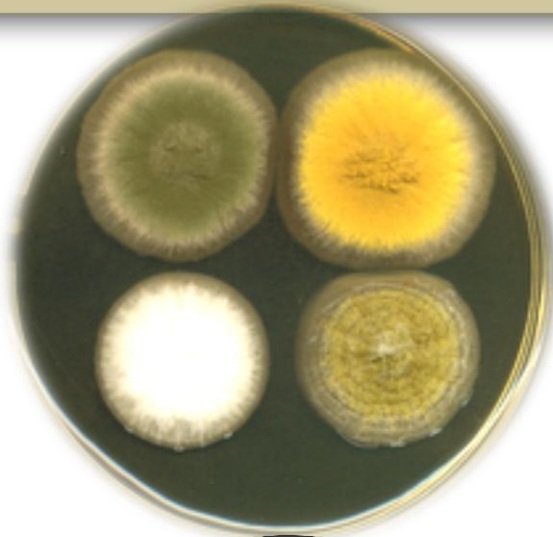
2. *Немецкий* или быстрый. Получают из спирта.

### *Acetobacter schutzenbachii*

Используют специальные генераторы или чаны с буковыми стружками. После окисления получают **9%** столовый уксус.



**Лимонную кислоту (Е330-Е333) используют для пищевых целей, в медицине, в промышленности**

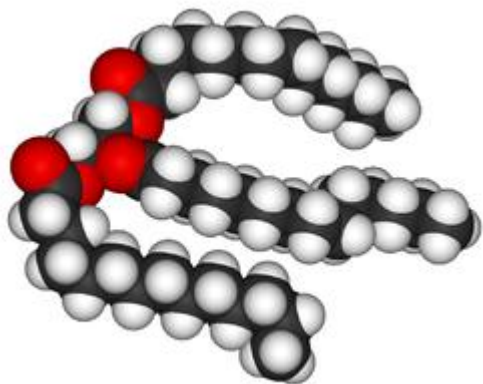


Получают микробиологическим путем из отходов сахарной промышленности (метод Буткевича и Костычева) с использованием плесневого гриба *Aspergillus niger*:

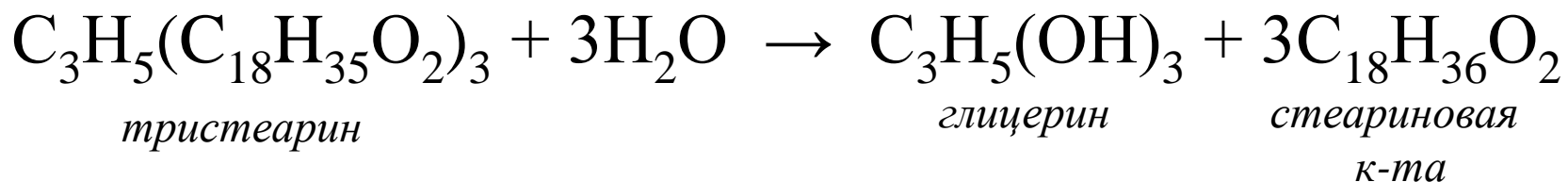


В чанах раствор сахарозы перемешивают и охлаждают + сверху пленка гриба = периодически сливают, выпаривают, высушивают.

**Жир** входит в состав всех клеток как конституционное и запасное вещество. Часто разлагается микроорганизмами почвы (многие бактерии и грибы).



Первая стадия – гидролиз. Осуществляется ферментом липазой (на примере тристеарина):



Вторая стадия – дальнейшее превращение глицерина и жирных кислот до полного окисления.

## Возбудители:

➤ *Pseudomonas fluorescens*.

Гр -, мелкая неспоровая подвижная палочка.

На питательных средах образует зеленоватый пигмент.

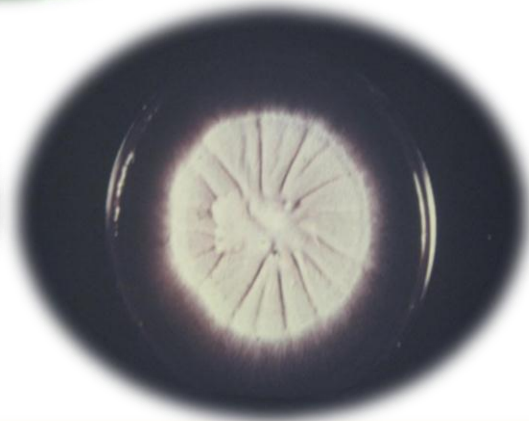
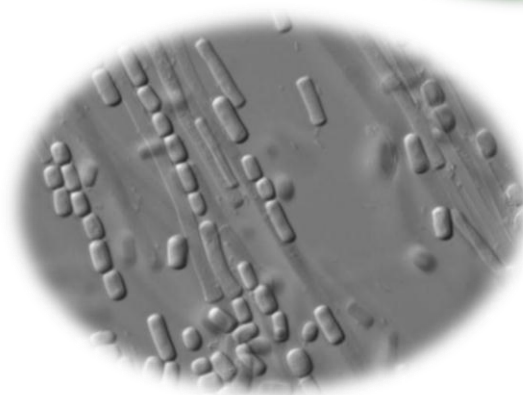


➤ *Oidium lactis*.

Молочная плесень.

➤ *Aspergillus*

➤ *Penicillium*



**СПАСИБО  
ЗА ВНИМАНИЕ!**

