

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.С.  
АМАНЖОЛОВА

АВТОР ДАНИЛОВ М.С.

# Микробиология крупы, муки, хлеба

Усть-Каменогорск, 2007

# Аннотация

Микробиология крупы, муки и хлеба является частью технологии их производства. Знание микробиологических процессов, происходящих в крупе, муке и хлебе, имеет важное значение при их получении, хранении и создании безопасных и полезных продуктов питания для человека.



Автор: Данилов Михаил Сергеевич, доцент  
кафедры профобучения и технологий факультета  
физики, математики и технологий.

# Краткое оглавление.

- Микробиология крупы.
- Микробиология муки.
- Микробиология хлеба.

# Микробиология крупы

Среди факторов, влияющих на качество зерновых продуктов при их производстве и стойкость при длительном хранении, существенная роль принадлежит микроорганизмам.

Микрофлора крупы в первую очередь определяется составом микрофлоры перерабатываемого зерна.

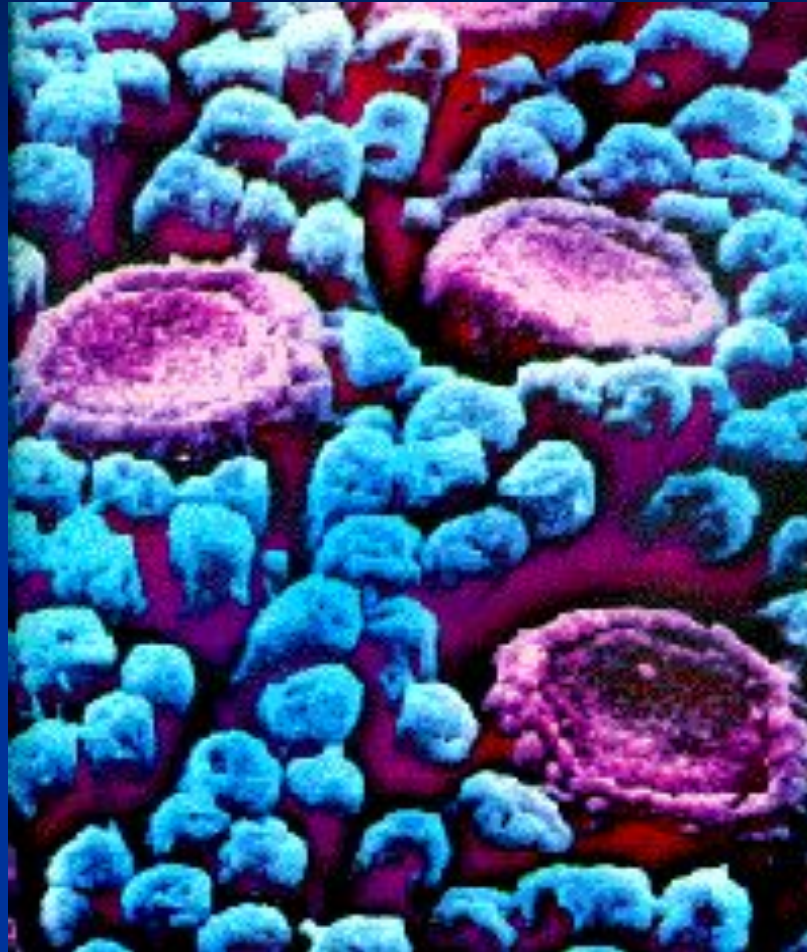
В одном грамме добро-  
качественного зерна (пшеницы,  
ячменя, проса, риса, овса, гречихи)  
насчитывается от тысяч до  
миллионов бактерий, но по  
качественному составу микрофлора  
их близка между собой.

Она представлена преимущественно бактериями (до 90% и более), количество плесеней не более 5-7%, дрожжей еще меньше.

Среди бактерий преобладает бесспорная (до 80-90%), факультативно-аэробная палочковидная бактерия гербикола (травяная палочка *Erwinia herbicola*) – типичный представитель эпифитной микрофлоры зерна злаков.

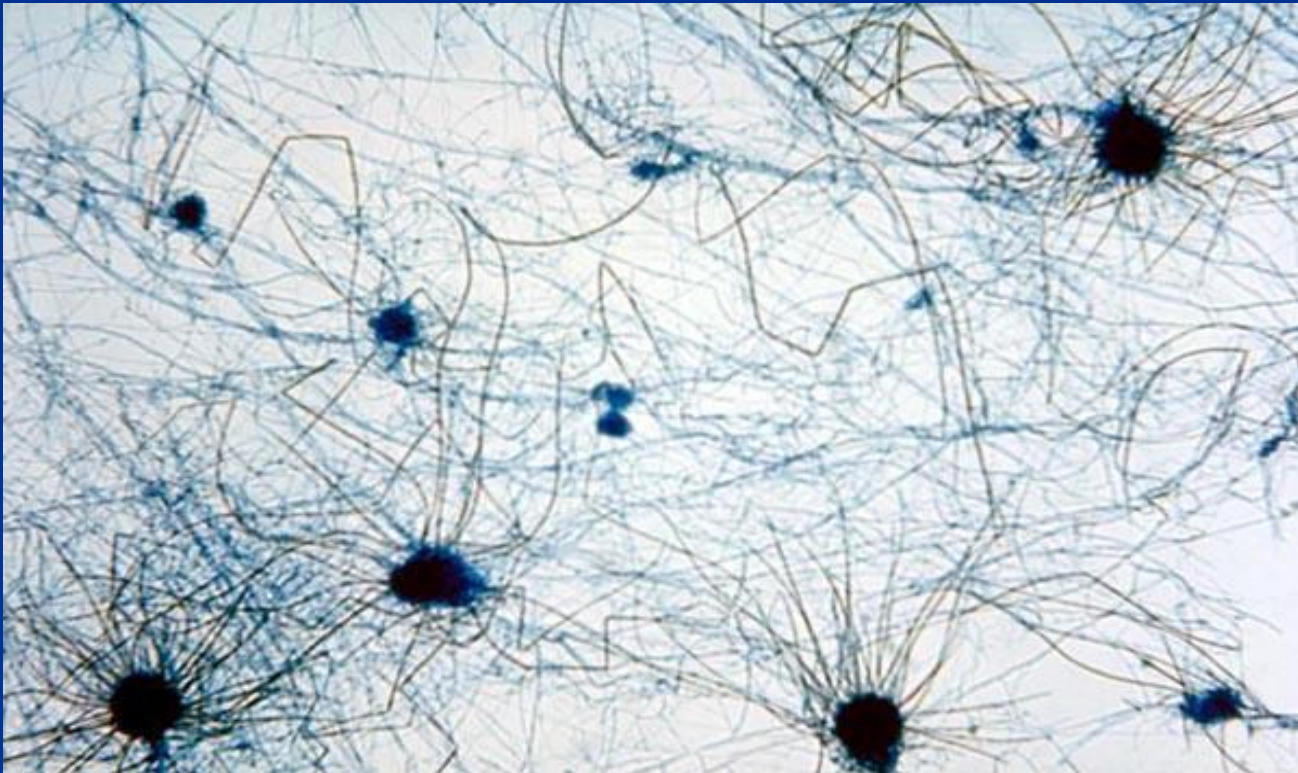


# Erwinia herbicola



В небольших количествах встречаются микрококки, молочнокислые бактерии, а также спорообразующие аэробные бактерии, представленные главным образом картофельной и сенной палочками (обе эти бактерии отнесены к виду *Bacillus subtilis*).

В грибной флоре свежееубранного зерна в небольших количествах обнаруживают пенициллы и аспергиллы.



По мере хранения зерна в условиях не допускающих развития микроорганизмов, число их на зерне снижается за счет отмирания *Erwinia herbicola*, хотя она остается преобладающей формой.

Принято считать, что большое количество этих бактерий на зерне служит показателем его хорошего качества.

Значительно изменяется состав грибной флоры. Доминирующими компонентами становятся пеницилловые, мукоровые и аспергилловые грибы (получившие название «плесеней хранения»), а типичные представители свежееубранного зерна – «полевые плесени» – сохраняются в единичных количествах.



# Спорангий плесневого гриба рода *Mucor* со зрелыми спорами



Микрофлора различных видов крупы непосредственно после выработки близка по составу, но по количеству беднее микрофлоры перерабатываемого зерна, имеет значение характер предварительной обработки зерна (степень шелушения, шлифовки и др.).

Микрофлора одного и того же вида крупы может быть различной и в зависимости от особенностей технологии ее производства.



Например, крупа, полученная из зерна, подвергшегося гидротермической обработке (пропариванию), обсеменена микробами в меньшей степени, чем крупа, полученная из непропаренного зерна (таблица 1).

# Содержание микроорганизмов в крупах

| Вид крупы                  | Количество микроорганизмов<br>в 1 г продукта, тыс. |                            |
|----------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------|
|                            | Бактерии                                           | Плесневые грибы<br>(споры) |
| Ядрица непропаренная       | 124,3                                              | 0,37                       |
| Ядрица пропаренная         | 2,8                                                | 0,22                       |
| Перловая                   | 71,8                                               | 0,27                       |
| Ячневая                    | 992,0                                              | 0,09                       |
| Рис                        | 30,2                                               | 2,0                        |
| Пшено непропаренное        | 103,3                                              | 0,22                       |
| Пшено пропаренное          | 7,2                                                | 0,16                       |
| Кукурузная шлифованная     | 92,8                                               | 5,2                        |
| Овсяная                    | 22,3                                               | 0,1                        |
| Овсяные лепестковые хлопья | 5,3                                                | 0,14                       |

Помимо микроорганизмов зерна, в крупе имеется вторичная микрофлора, попавшая из окружающей среды в процессе выработки крупы.

Количество бактерий в 1 г крупы составляет  $10^4$ - $10^5$ , а плесени (споры) –  $10^2$ - $10^3$ .



Преобладающим компонентом бактериальной флоры крупы, выработанной из непропаренного зерна, является (до 70-90% общего числа) гербикола, а для крупы из зерна, прошедшего гидротермическую обработку, характерно преобладание спороносных бактерий (35-50%) и микрококков (10-20%).

Из бацилл чаще обнаруживают *Bacillus subtilis*, *B. pumilus*. Грибная флора крупы представлена в основном видами *Penicillium* (*P. cyclopium*, *P. viridicatum* и др.) и *Aspergillus* (*A. candidus*, *A. flavus*, *A. repens*). В небольшом количестве встречаются мукоровые грибы.

# Строение бактерий *Bacillus Subtilis*



Многие найденные в крупах бактерии и плесени способны разлагать белки, липиды, крахмал, пектиновые вещества и сбраживать сахара с образованием кислот.



Некоторые пенициллы могут, хотя и медленно, расти при температуре до  $-2-5^{\circ}\text{C}$ , аспергиллы засухоустойчивы и способны развиваться при относительной влажности воздуха 70-75%.

Некоторые обнаруживаемые в крупах плесени вырабатывают токсичные вещества. Поэтому крупы в период длительного хранения могут подвергаться различным видам порчи под воздействием микроорганизмов и находящихся в крупе ферментов.

Возможность и интенсивность развития микробов определяется в первую очередь влажностью крупы, которая меняется при хранении продукции в зависимости от величины относительной влажности воздуха. Имеет значение и температура хранения: чем выше влажность крупы, тем более широк интервал температур возможного развития микроорганизмов.

При хранении товарных образцов различных видов крупы (пшено, кукурузная, ячневая, перловая, овсяная, рис, овсяные хлопья, ядрица, ядрица быстрорастваривающаяся) в различных температурно-влажностных условиях установлено, что по мере удлинения срока хранения во всех крупах снижается число бактерий главным образом ввиду вымирания эпифита зерна – *Erwinia herbicola*.

Через полгода хранения при 70-75%-ной относительной влажности воздуха и температуре 15-16°C сохраняется 25-40% бактерий от их первоначального количества, а через год – 10-15%; преимущественно это споровые формы. Число плесеней (спор) на крупах, сохраняемых в тех же условиях практически не изменяется.

На крупах, сохраняемых при той же температуре, но при 80%-ной относительной влажности воздуха к четвертому-шестому месяцу, а при 85%-ной – ко второму-третьему месяцу хранения активно развиваются плесени. Плесневение вызывают сухоустойчивые виды *Aspergillus*: *A. repens*, *A. candidus*, *A. chevalieri*.

На крупах, выработанных из пропаренного зерна, плесени развиваются интенсивнее, чем на крупах из непропаренного зерна; при низких положительных температурах (4-5°C) плесневение крупы обнаруживается на несколько месяцев раньше.

# Микробиология муки.

Микрофлора свежемолотой муки в основном представлена микроорганизмами перерабатываемого зерна. Основная масса состоит из бактерий, среди которых преобладает (до 90%) *Erwinia herbicola*.



На втором месте стоят спорообразующие бактерии, основными из которых являются картофельная и сенная палочки. В небольших количествах имеются различные микрококки, молочнокислые и уксуснокислые бактерии, а также дрожжи и споры плесеней. Среди плесеней преобладают виды родов *Penicillium* и *Aspergillus*, встречаются мукоровые грибы.

Микрофлора муки количественно беднее микрофлоры перерабатываемого зерна, так как при его очистке перед помолом и в процессе помола значительное количество микроорганизмов удаляется вместе с загрязнениями и оболочками зерна.

Степень обсеменения муки микроорганизмами колеблется в широких пределах и определяется не только степенью обсеменения перерабатываемого зерна, но и характером подготовки его к помолу (способом очистки, применением и режимом кондиционирования – увлажнения с последующим отволаживанием), а также способом помола, выходом муки и ее сортом.

Проведенные в производственных условиях на нескольких партиях пшеницы исследования изменения микрофлоры зерна в процессе подготовки к помолу показали, что сухая очистка зерна снижает его обсемененность бактериями на 25-40%, спорами плесеней – на 20-30, а сухая очистка с последующей мойкой – соответственно на 45-60 и 30-40 %.

Холодное кондиционирование (при температуре воды около 20°C) с короткой (до 6-7ч.) отлежкой увлажненного зерна не изменяет состав микрофлоры. Увеличение времени отволаживания (более 10-12 ч.) приводит к повышению числа бактерий на зерне тем больше, чем длительнее оно отлеживается.

В табл. 2 и 3 приведены данные по распределению микроорганизмов зерна, поступающего на размол, по конечным продуктам помола при выработке пшеничной хлебопекарной муки по схеме трехсортowego помола с общим выходом муки 75-78%.

Поступающее на размол зерно содержало в 1 г бактерий от  $1,2 \cdot 10^5$  до  $1,1 \cdot 10^6$ , спор плесеней – от 100 до 300.

# Содержание бактерий в муке

| Название продукта  | Количество бактерий в 1 г         |                     |         |            |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------|---------|------------|
|                    | Общее количество                  | % общего количества |         |            |
|                    |                                   | гербикола           | бациллы | микрококки |
| Мука высшего сорта | $1,2-4,0 \cdot 10^4$              | 80-85               | 5-7     | 6-8        |
| 1-го сорта         | $2,7-8,0 \cdot 10^4$              | 74-80               | 8-11    | 9-12       |
| 2-го сорта         | $5,7 \cdot 10^4 - 4,2 \cdot 10^5$ | 65-75               | 12-15   | 12-20      |

# Содержание плесени в муке

| Название<br>продукта  | Количество плесени в 1 г |                     |              |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
|                       | Общее<br>количество      | % общего количества |              |
|                       |                          | Penicillium         | Aspergillius |
| Мука высшего<br>сорта | 175-400                  | 50                  | 45           |
| 1-го сорта            | 300-900                  | 60                  | 30           |
| 2-го сорта            | 1010-2300                | 70                  | 30           |



Чем ниже сорт муки, чем больше в нее попадает периферийных частиц зерна, тем больше содержится в ней микроорганизмов. Количество спор плесеней в муке всех сортов (чем ниже сорт, тем больше) превышает содержание их в перерабатываемом зерне.

Продукты помола при прохождении через машины (драные, размольные) обсеменяются спорами плесеней в результате соприкосновения частичек муки с отделяющимися оболочками зерна, с производственной аппаратурой, с потоком воздуха, используемого в производственном процессе.

Мука – продукт менее стойкий по отношению к микробной порче, чем зерно и крупа, так как питательные вещества в ней более доступны микроорганизмам.

Однако развитие их при правильном режиме хранения (при относительной влажности воздуха не более 70%) предотвращается малым содержанием в муке влаги; наблюдается даже постепенное отмирание вегетативных клеток бактерий.

С повышением относительной влажности воздуха микро-организмы, находившиеся в муке в неактивном состоянии, начинают развиваться, и в первую очередь развиваются плесени, так как они способны расти при меньшем содержании влаги, чем бактерии.

Многие из обнаруженных в муке плесеней обладают протеолитической и липолитической активностью, способны осахаривать крахмал. Хлебопекарные свойства муки при их развитии снижаются. Она приобретает неприятный затхлый запах, который обычно передается хлебу.

Плесневение муки – наиболее распространенный вид ее порчи. Плесневелая мука небезопасна: на ней обнаруживают *Aspergillus* и *Penicillium*, способные продуцировать микотоксины, многие из которых термостойки и могут сохраняться в хлебе.

Прокисание муки происходит при ее увлажнении в результате развития кислотообразующих бактерий (молочнокислых и др.).



Прогоркание муки часто обусловлено окислением липидов муки кислородом воздуха при участии липоксигеназы муки, но этот дефект может быть и микробной природы.

Допустимым пределом для длительного (2-3 года) хранения зерновых продуктов при 15-20°C принято считать содержание в них влаги, эквивалентное относительной влажности воздуха 65%. Влажность, равновесная относительной влажности воздуха 72-75%, считается предельной для хранения зерновых продуктов в течение нескольких (3-4) месяцев.

# Микробиология хлеба

При производстве хлеба качество муки и состав ее микрофлоры имеют большое значение для нормального процесса тестоведения и отражаются на качестве теста и готового хлеба.

# Хлеб формовой из пшеничной муки



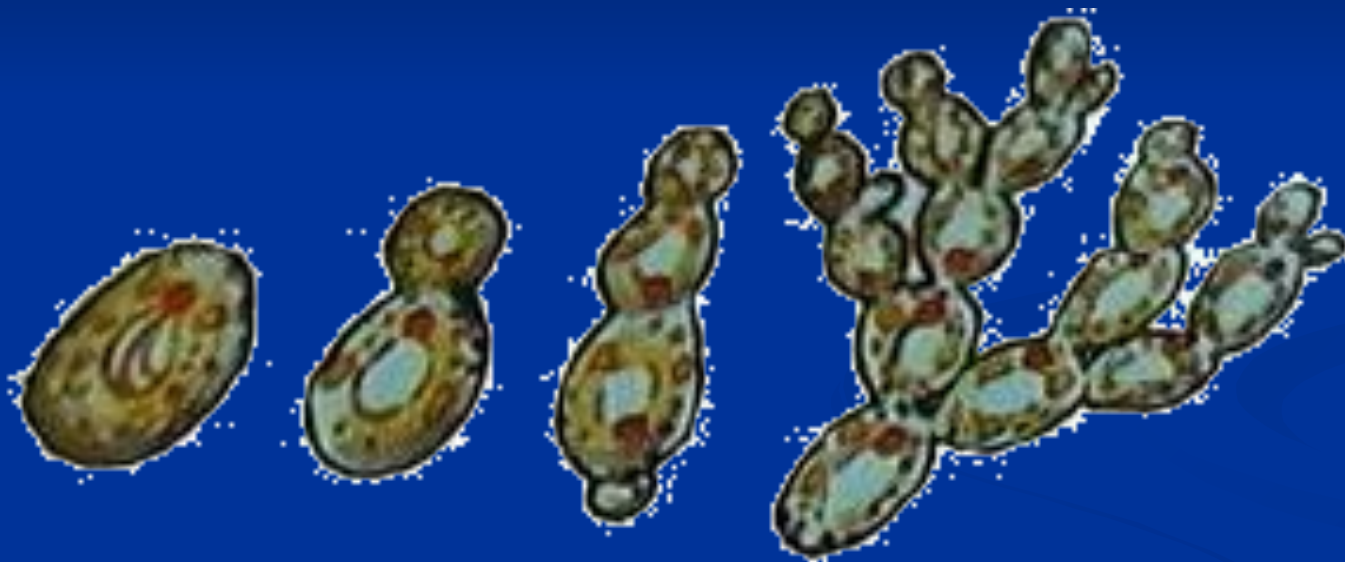
Наряду с физическими и биохимическими превращениями, протекающими в тесте (как из пшеничной, так и из ржаной муки) во время его созревания, большая роль принадлежит дрожжам и молочнокислым бактериям.

В производстве пшеничного хлеба при изготовлении теста применяют пекарские прессованные или сухие дрожжи, а также жидкие дрожжи и жидкие пшеничные закваски, изготавливаемые непосредственно на хлебозаводах.

# Сырые пекарские дрожжи



# Дрожжи под микроскопом



Вид дрожжей под микроскопом



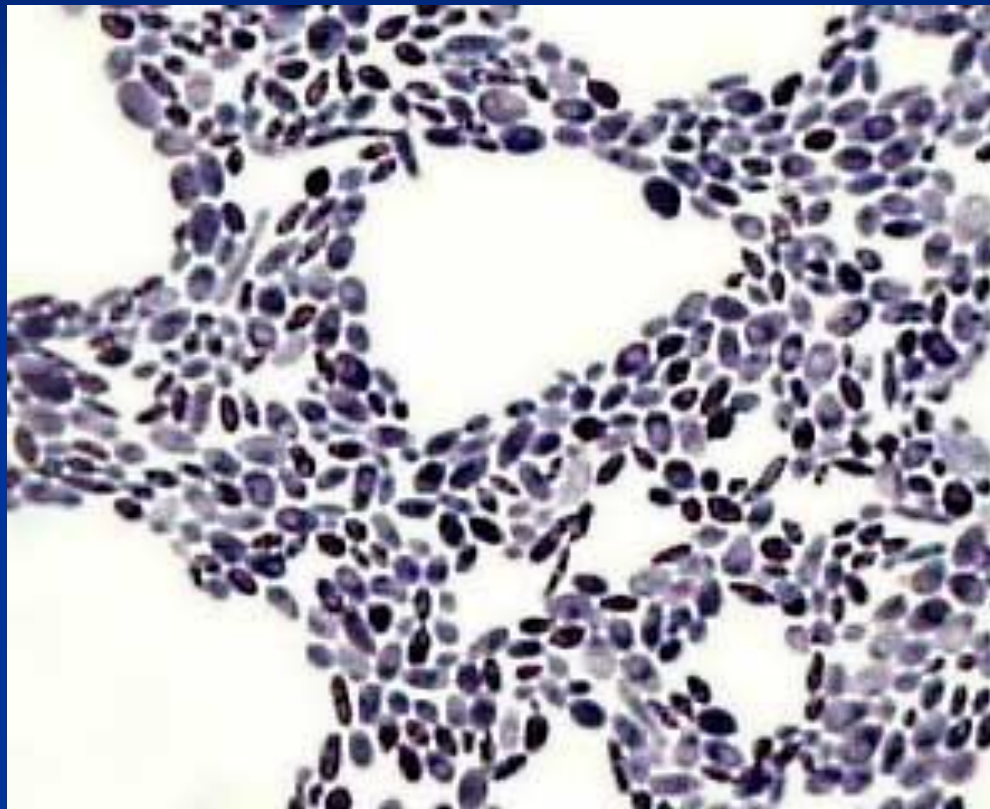
Хлебопекарные дрожжи должны быть устойчивыми к повышенной концентрации среды, размножаться при повышенной температуре и обладать высокой бродильной мальтазной активностью, так как в тесте накапливается преимущественно сахар мальтоза.

Образующийся в процессе брожения углекислый газ разрыхляет тесто, и оно увеличивается в объеме. Другие продукты жизнедеятельности дрожжей придают хлебу своеобразные вкус и аромат.



При изготовлении жидких дрожжей применяют чистые культуры различных производственных рас вида *Saccharomyces cerevisiae*, чаще расы Краснодарскую, Щелковскую 4, Ростовскую 2, Московскую 23.

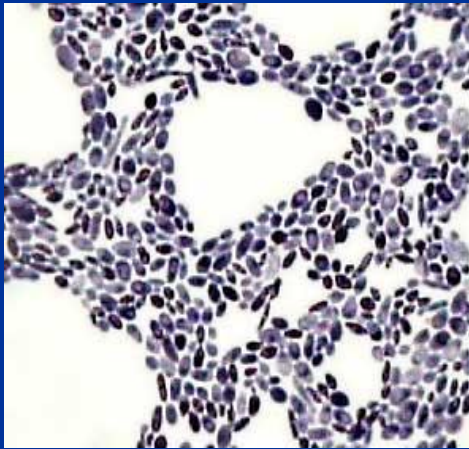
# Одноклеточный грибок *Saccharomyces cerevisiae*





В закваске  
всегда имеется  
также некоторое  
количество  
молочнокислых  
бактерий.

Жидкие пшеничные закваски – это смешанная культура на осахаренной мучной среде активных дрожжей *S. cerevisiae* и мезофильных молочнокислых бактерий.



Молочнокислые бактерии, помимо кислот, образуют углекислый газ, поэтому они играют некоторую роль в разрыхлении теста. Выделяемые ими в значительных количествах летучие кислоты способствуют улучшению аромата и вкуса хлеба.

Хлеб, полученный на жидких дрожжах и жидких заквасках, не только обладает более приятным вкусом, но реже болеет тягучей болезнью и медленнее черствеет по сравнению с хлебом, изготавливаемом с использованием только прессованных дрожжей.



В пшеничном тесте на прессованных дрожжах молочнокислых бактерий мало; они попадают в основном из муки, их участие в созревании теста незначительно.



В производстве ржаного хлеба тесто готовят на заквасках, которые, как и пшеничные закваски, являются смешанными культурами дрожжей и молочнокислых бактерий, что обеспечивает разрыхление теста и накопление кислот.

Соотношение молочнокислых бактерий к дрожжам составляет 80:1, а в пшеничном тесте 30:1, т.е. в созревании ржаного теста ведущая роль принадлежит молочнокислым бактериям.

Ржаные закваски бывают густыми и жидкими. Жидкие готовят на осахаренной жидкой среде из ржаной муки с применением чистых культур различных рас дрожжей видов *S. cerevisiae*, *S. minor*. Из гомоферментативных молочнокислых бактерий применяют *Lactobacillus plantarum* (иногда вводят *L. casei*), из гетероферментативных - *L. brevis* и *L. fermentum*.

В настоящее время на большинстве заводов и густые закваски готовят на чистых культурах дрожжей (*S. minor*) и молочнокислых бактерий (*L. plantarum* и *L. brevis*).



Дрожжи *S. minor* несколько уступают по энергии брожения виду *S. cerevisiae*, но отличаются большей кислотоустойчивостью.

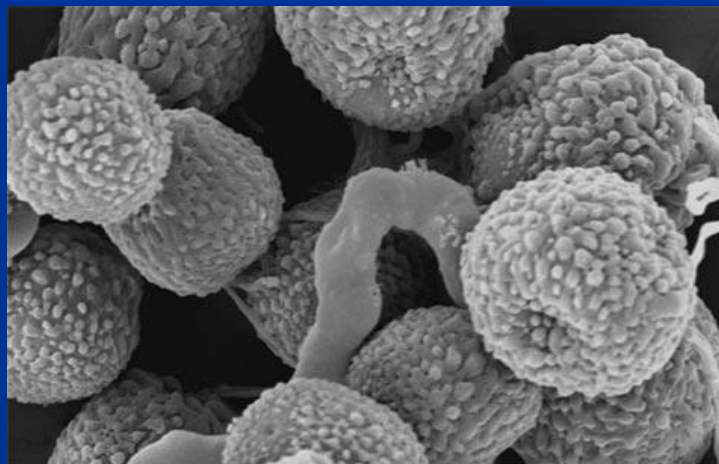


Высокая кислотность ржаного теста (рН 4,2-4,3) благоприятно воздействуют на белки ржаной муки, улучшает ее хлебопекарные свойства и препятствует развитию в тесте и хлебе микроорганизмов – возбудителей порчи.

В тесте, помимо используемых производственных микроорганизмов, всегда находятся посторонние, попадающие с сырьем и из внешней среды. Их активное развитие нарушает нормальное течение процессов брожения и созревания теста.



Таковыми являются поступающие с прессованными дрожжами и из муки дикие дрожжи рода *Candida*. Эти дрожжи в брожении не участвуют, но отрицательно воздействуют на бродильную активность производственных дрожжей.



Поверхность хлеба при выходе из печи практически стерильна, но мякиш прогревается только до 95-98°C и в нем всегда сохраняется какое-то количество бактериальных спор.

Во время охлаждения,  
последующего транспортирования,  
хранения и реализации хлеба споры  
могут прорасти, а размножение в  
мякише образовавшихся клеток  
приведет к порче хлеба.

Возбудителями тягучей (картофельной) болезни хлеба являются спорообразующие бактерии *Bac. subtilis*. Споры этих бактерий термоустойчивы, в муке они всегда присутствуют и в отдельных видах (в муке 2-го сорта и обойной) в немалых количествах.

Источником инфекции может быть также оборудование, воздух производственных цехов хлебозаводов. Бактерии вызывают гидролиз крахмала с образованием большого количества декстринов, но они чувствительны к повышенной кислотности среды, поэтому тягучей болезни подвержен преимущественно пшеничный хлеб, имеющий по сравнению с ржаным хлебом невысокую кислотность.

В начале развития заболевания хлеб приобретает посторонний фруктовый запах, затем мякиш ослизняется, темнеет, становится липким, тянется нитями. Пораженный хлеб не пригоден в пищу.

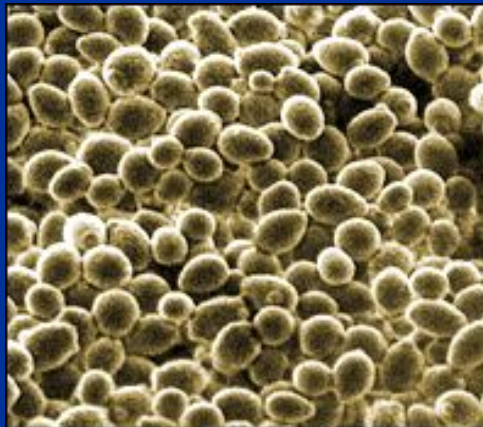
Для предотвращения тягучей болезни хлеб после выпечки быстро охлаждают до температуры 10-12°C и хранят при этой температуре в хорошо вентилируемом помещении.



Рекомендуется подкислять тесто уксусной, пропионовой, сорбиновой кислотами или их солями. В тесто из пшеничной муки предложено вводить закваски чистых культур пропионовокислых бактерий или мезофильной молочнокислой палочки *Lactobacillus fermentum*. Угнетающее действие этой бактерии на *Bac. subtilis* обусловлено не только подкислением среды, но и выделением антибиотических веществ.



Возбудителями меловой болезни являются дрожжеподобные грибы. Они попадают в тесто с мукой и сохраняются при выпечке хлеба; инфицирование готового хлеба может происходить и извне.



Болезнь сначала проявляется на поверхности хлеба, затем по трещинам распространяется внутрь мякиша в виде белых сухих порошкообразных включений, сходных с мелом. Хлеб теряет товарный вид, приобретает неприятный вкус.

**Плесневение** – наиболее распространенный вид порчи хлеба – чаще возникает при неправильном режиме хранения.

# Плесневые грибы



При слишком плотной укладке, повышенной влажности и температуре споры плесеней, попавшие на выпеченный хлеб извне (из воздуха, при контакте с инфицированными предметами), быстро развиваются, особенно если корка хлеба с трещинами.

Плесневение хлеба чаще вызывают  
грибы родов

- ❖ *Penicillium*,
- ❖ *Aspergillus*,
- ❖ *Mucor*.

Многие из них вызывают гидролиз белков крахмала; хлеб приобретает неприятные затхлый запах и вкус. Плесневелый хлеб в пищу не пригоден, т.к. может содержать микотоксины.

В хлебе, пораженном аспергилловыми грибами, обнаружены афлатоксины, которые находились в основном в наружных слоях хлеба, но выявлялись и в мякише.



Для борьбы с плесневением хлеба предлагаются различные методы:

- Обработку поверхности хлеба или упаковочного материала химическими консервантами (этиловым спиртом, солями пропионовой и сорбиновой кислот);
- Стерилизацию упакованного хлеба токами высокой частоты, ионизирующими излучениями.

Хороший эффект  
дает замораживание  
хлеба.

Однако основными мероприятиями на хлебозаводах, обеспечивающими высокое качество хлеба, являются:

- строгое соблюдение установленного режима технологии производства,
- содержание в должной чистоте оборудования,
- систематическая дезинфекция производственных помещений.

Хлеб – продукт, употребляемый в пищу без дополнительной кулинарной обработки, поэтому на всех стадиях его производства, при хранении, транспортировании и реализации должны строго выполняться установленные санитарные требования.

