

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.

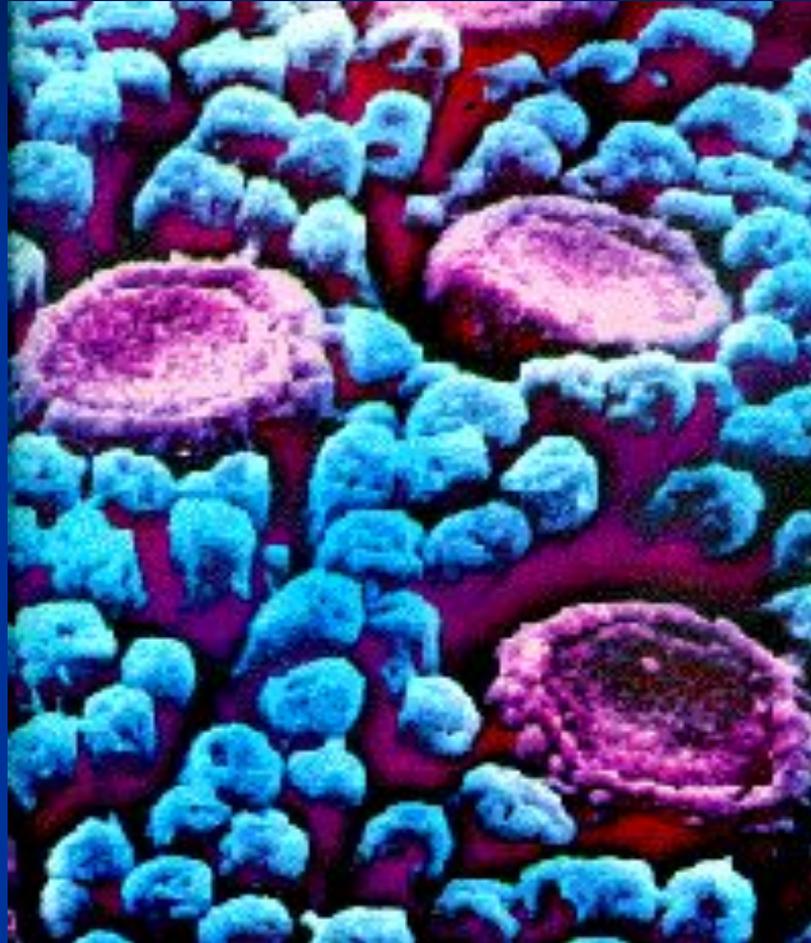
Микрофлора крупы в первую очередь определяется составом микрофлоры перерабатываемого зерна.

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.

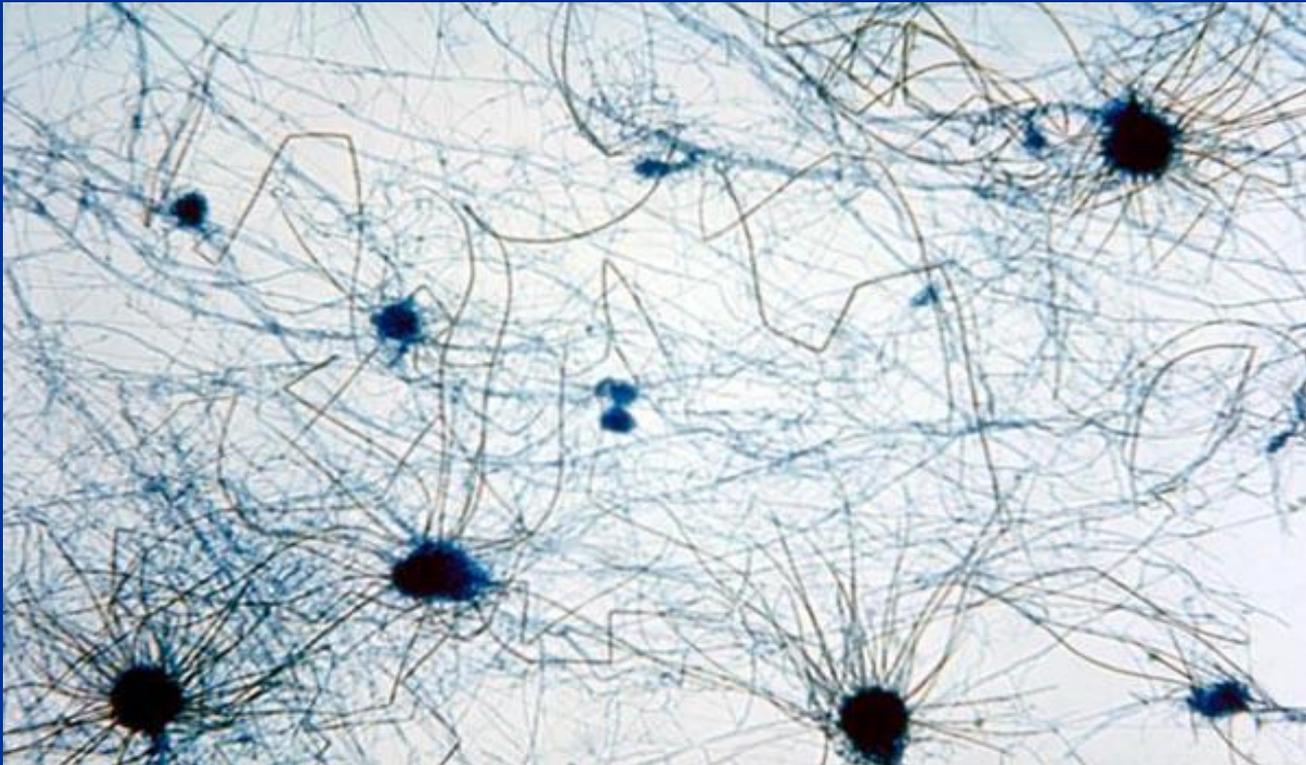
Среди бактерий преобладает бесспорная (до 80-90%), факультативно-аэробная палочковидная бактерия гербикола (травяная палочка *Erwinia herbicola*) – типичный представитель эпифитной микрофлоры зерна злаков.

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.

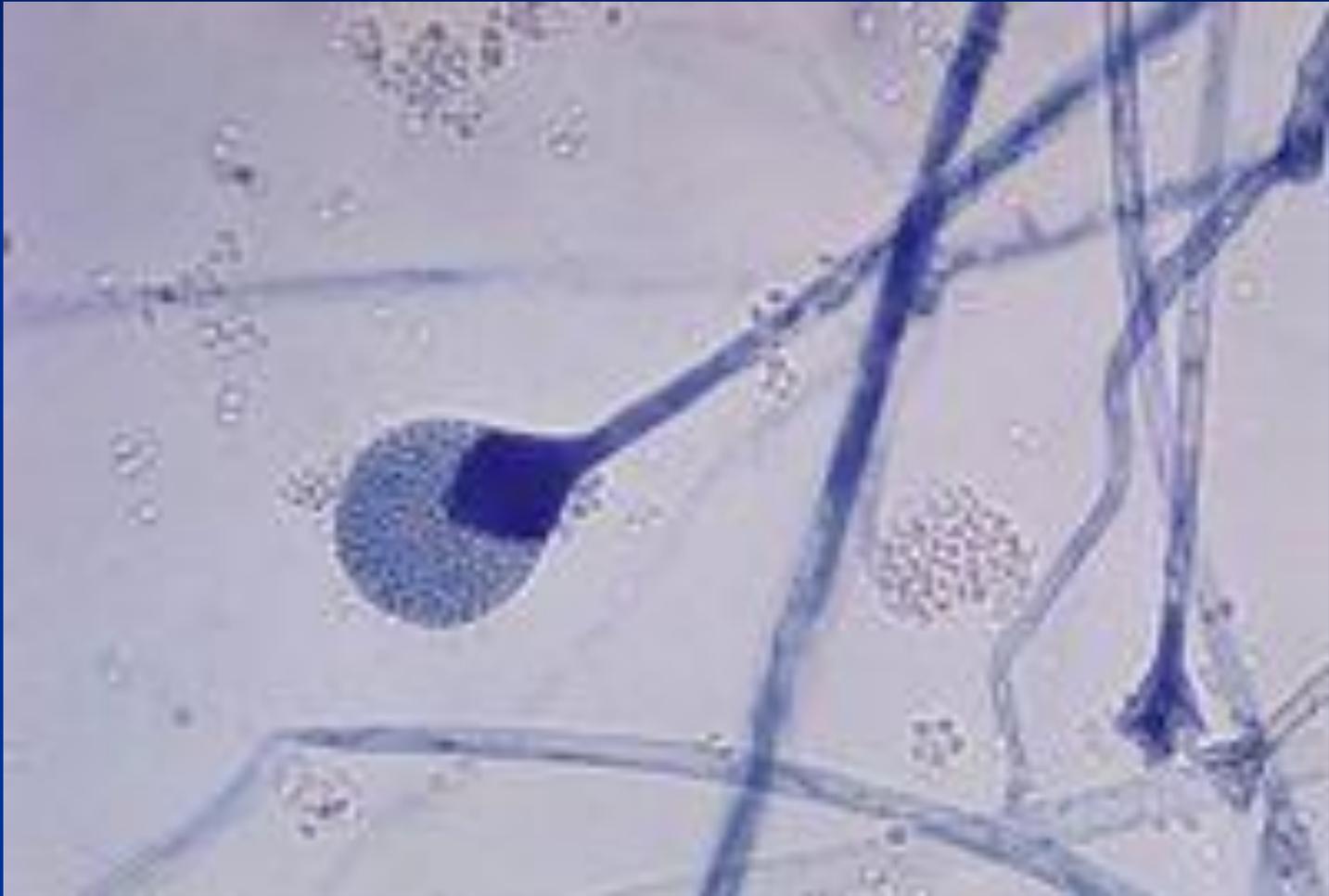


По мере хранения зерна в условиях не допускающих развития микроорганизмов, число их на зерне снижается за счет отмирания *Erwinia herbicola*, хотя она остается преобладающей формой.

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 в 1 г продукта, тыс.	
	Бактерии	Плесневые грибы (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. cycloporium*, *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 быстрорастворивающаяся) 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°С) 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 трехсортового 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 продукта	Количество плесени в 1 г		
	Общее количество	% общего количества	
		Penicillium	Aspergillus
Мука высшего 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 микроорганизмы, 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



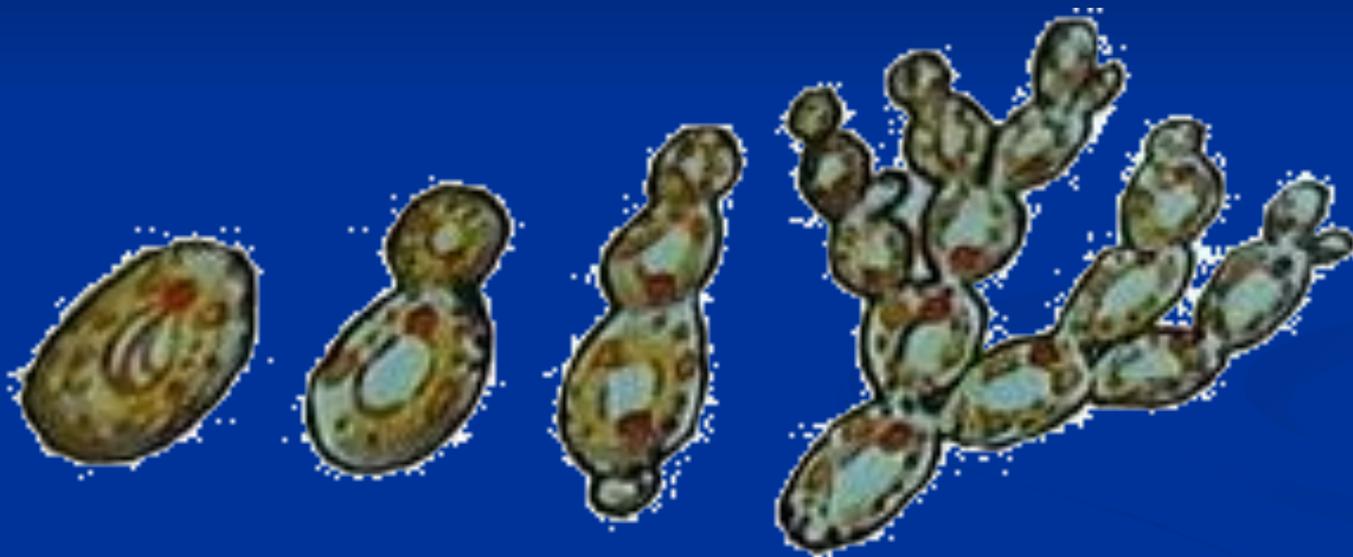
Наряду с физическими и биохимическими превращениями, протекающими в тесте (как из пшеничной, так и из ржаной муки) во время его созревания, большая роль принадлежит дрожжам и молочнокислым бактериям.

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.

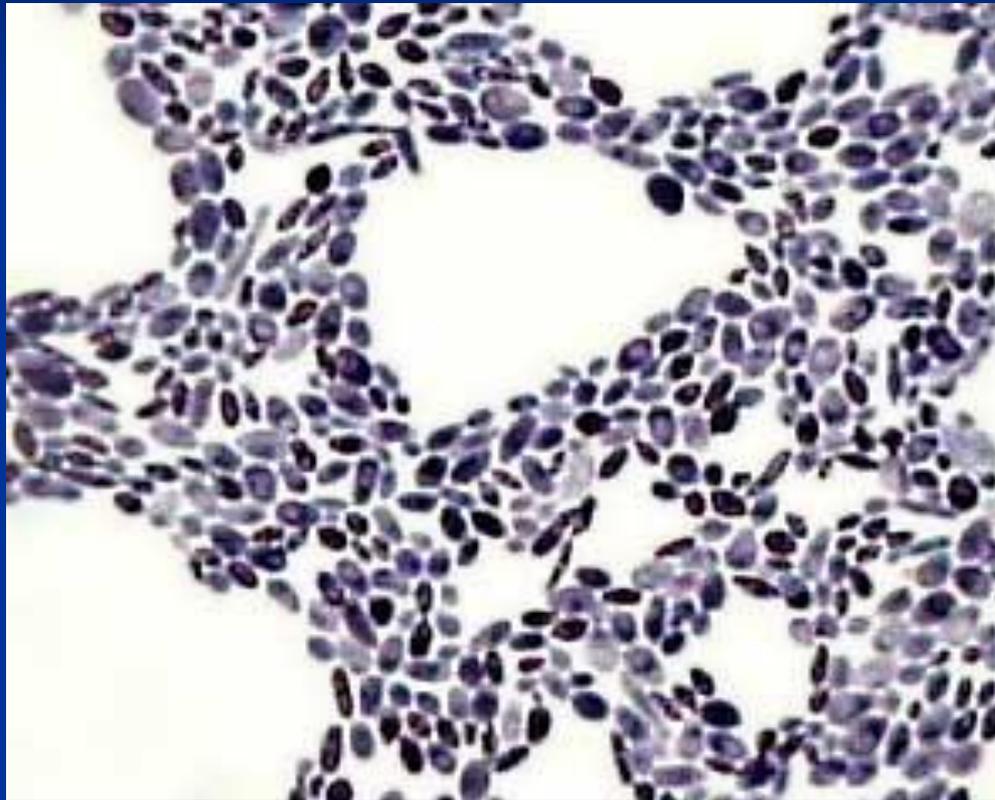
Хлебопекарные дрожжи должны быть устойчивыми к повышенной концентрации среды, размножаться при повышенной температуре и обладать высокой бродильной мальтазной активностью, так как в тесте накапливается преимущественно сахар мальтоза.

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.

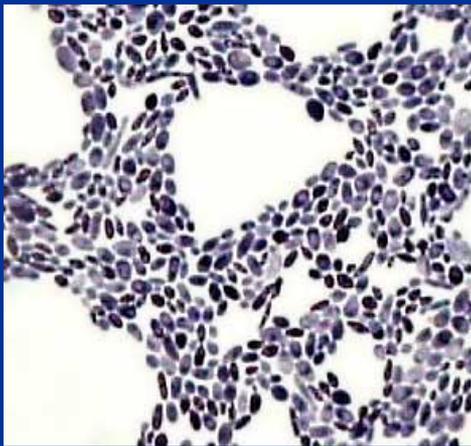
Одноклеточный грибок *Saccharomyces cerevisiae*





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*).



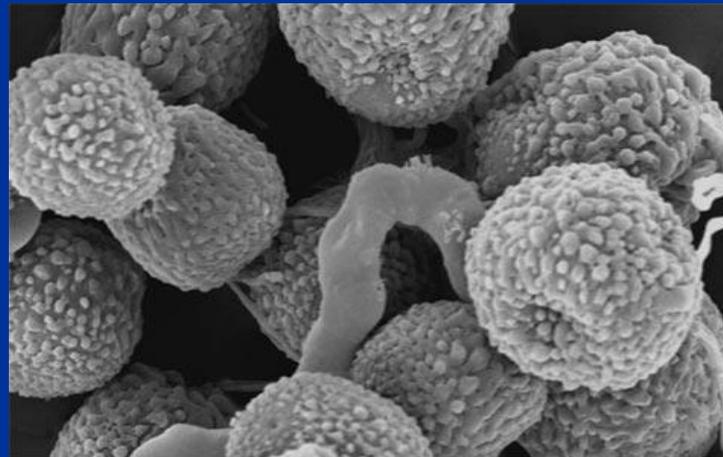
Дрожжи *S. minor* несколько уступают по энергии брожения виду *S. cerevisiae*, но отличаются большей кислотоустойчивостью.



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.

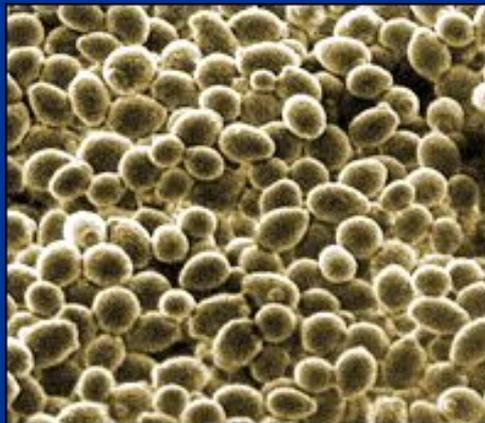
В начале развития заболевания хлеб приобретает посторонний фруктовый запах, затем мякиш ослизняется, темнеет, становится липким, тянется нитями. Пораженный хлеб не пригоден в пищу.

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.

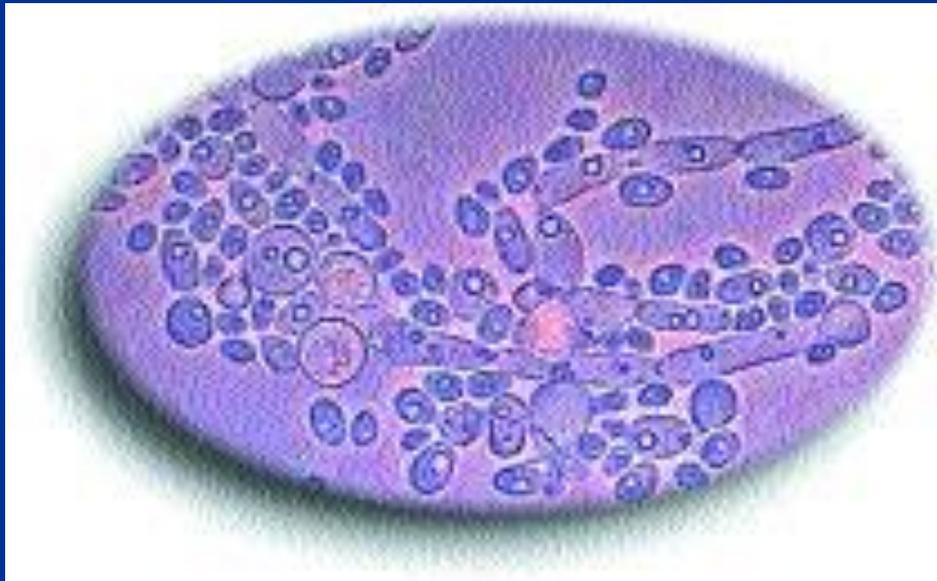
Возбудителями меловой болезни являются дрожжеподобные грибы. Они попадают в тесто с мукой и сохраняются при выпечке хлеба; инфицирование готового хлеба может происходить и извне.



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.

