

Микробиология зерна, крупы, муки и хлеба

Микробиология зерна, 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.

Краткое оглавление

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

Микробиология зерна

Зерно принадлежит к древнейшим культурным растениям и возделывается приблизительно 8000 лет.

Оно составляет основу питания человека и в мировом масштабе покрывает 50-65 % энергетических потребностей человека

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

Микрофлора зерна представлена:

- - эпифитной микрофлорой
- - вторичной микрофлорой

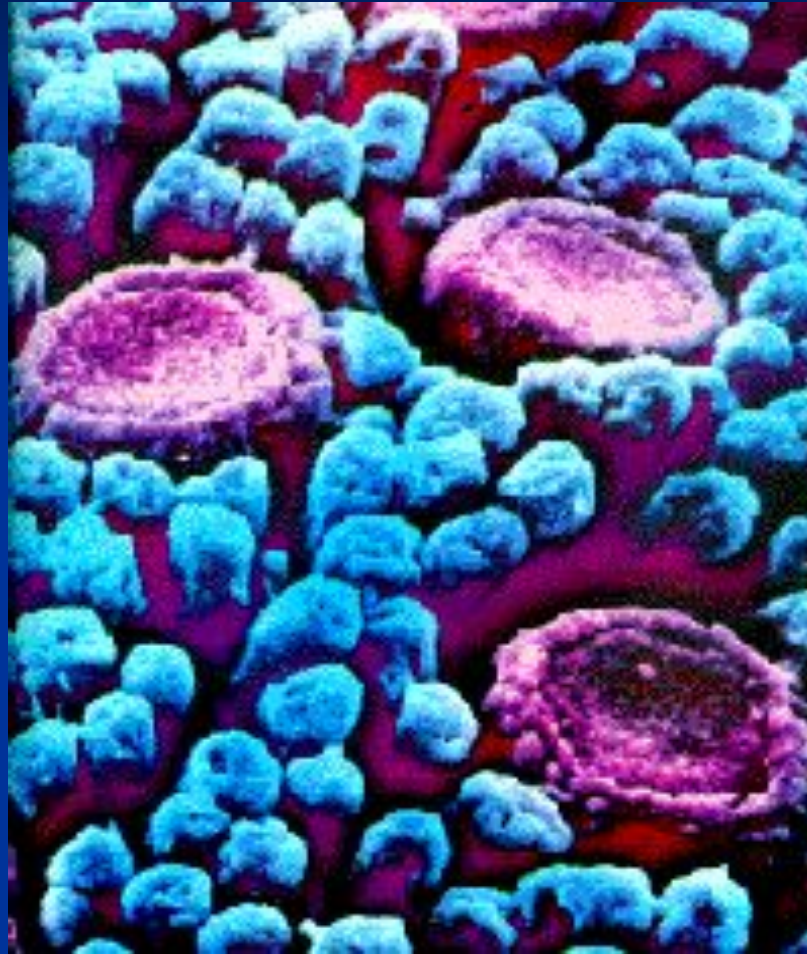
К эпифитной микрофлоре относят:

- бактерии *Erwinia herbicola*, *Pseudomonas fluorescens*
- некоторые виды кокков (микрококки), МКБ
- спорообразующие бактерии: *Bacillus subtilis* (сенная палочка), *B. mesentericus* (картофельная палочка), *B. mycooides*
- некоторые виды плесеней

Микрофлора зерна представлена в основном бактериями (до 90% и более), количество плесеней не более 5-7%, дрожжей – менее 1 %.

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

Erwinia herbicola



Среди плесневых грибов свежееубранного зерна преобладают

Alternaria, Cladosporium, Ascochyta,

которые называют полевыми плесенями.

В небольших количествах обнаруживают

Penicillium и *Aspergillus*.



Вторичная микрофлора зерна

состоит из микроорганизмов, в том числе и патогенных, которые попадают в зерно во время уборки, перевозки и различных передвижений зерновой массы до момента ее переработки.

Она представлена:

- - *спорообразующими бактериями* (чаще картофельной и сенной палочками);
- - кокками (чаще *микрочкокками*);
- - грибами из родов *Alternaria, Cladosporium, Fusarium*, реже *Aspergillum, Penecillum*.

Состав микрофлоры при хранении зерна

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

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

Изменение грибной флоры

При хранении зерна значительно изменяется состав грибной флоры. Доминирующими становятся *пеницилловые, мукоровые и аспергилловые грибы* (получившие название «плесеней хранения»), а типичные представители свежееубранного зерна – «полевые плесени» (*Alternaria, Cladosporium, Ascochyta*) – сохраняются в единичных количествах.

Спорангий плесневого гриба рода **Mucor** со зрелыми спорами



Последствия роста микроорганизмов

в зерне при хранении :

- - повышенные потери крахмала,
- - уменьшается всхожесть,
- - ухудшаются свойства клейковины,
- - могут образоваться токсические вещества или вещества, которые ухудшают вкус и запах.

Заболевания, связанные с потреблением зерна, пораженного грибами

- *Fusarium graminearum, F. sporotrichoides* – отравление («пьяный хлеб»)
- *Fusarium sporotrichoides, F. roseum* – алиментарно-токсическая алейкия (симптомы подобны ангине)
- *Aspergillus flavus, Asp. parasiticus* – отравления вследствие накопления афлатоксинов
- *Cladosporium* – отравления вследствие накопления кладоспориновых кислот

Микробиология крупы

Крупку получают из зерна, используя ту или иную механическую обработку (обрушение, шелушение, шлифование).

Для некоторых видов круп (ядрицы, геркулеса и др.) применяется гидротермическая обработка

Микрофлора крупы в первую очередь определяется составом микрофлоры перерабатываемого зерна, а также технологией его обработки

Микрофлора различных видов крупы непосредственно после выработки близка по составу микрофлоре зерна, но обсемененность крупы, как правило, ниже микробной обсемененности зерна (снижение 70-90 %)

Микроорганизмы находятся в основном на оболочках зерна, которые при получении крупы удаляются

Микрофлора одного и того же вида крупы в зависимости от особенностей технологии ее производства может существенно отличаться

Например, крупа, полученная из зерна, подвергшегося гидротермической обработке (пропариванию), обсеменена микроорганизмами в меньшей степени, чем крупа, полученная из непропаренного зерна путем механической обработки (таблица 1)

Содержание микроорганизмов в крупах

Вид крупы	Количество микроорганизмов в 1 г продукта, тыс. КОЕ/г	
	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 микроорганизмов в 1 г
крупы составляет, КОЕ/г :
бактерий - 10^4 - 10^5 ,
плесеней (споры) – 10^2 - 10^3



Состав микрофлоры крупы

- выработанной из непропаренного зерна, преобладает *Erwinia herbicola* (гербикола) - до 70-90 %,
- выработанной из зерна, прошедшего гидротермическую обработку, преобладают:
 - спорообразующие *бактерии рода Bacillus* и *плесневые грибы* - 35-50 %;
 - *микрোকки* - 10-20 %

Из бацилл чаще обнаруживают *Bacillus subtilis*, *B. mesentericus*, *B. pumilus*.

Грибная флора крупы представлена плесенями родов *Penicillium* (*P. cyclopium*, *P. viridicatum* и др.) и *Aspergillus* (*A. candidus*, *A. flavus*, *A. repens*). В небольшом количестве встречаются грибы рода *Mucor*.

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 грибы рода *Penicillium* могут расти при температуре минус 2 – минус 5°C,

- представители рода *Aspergillus* устойчивы к низкой активности воды и способны развиваться при относительной влажности воздуха 70-75%.

Изменение микрофлоры при хранении

Крупы в период длительного хранения могут подвергаться различным видам порчи под воздействием собственных ферментов и микроорганизмов.

Возможность и интенсивность развития микроорганизмов определяется, в первую очередь, влажностью крупы, которая изменяется в процессе ее хранения. Характер изменения зависит от величины относительной влажности воздуха.

Имеет значение и температура хранения: чем выше влажность крупы, тем более широк интервал температур возможного развития микроорганизмов.

Изменение микрофлоры при хранении

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 количество бактерий, главным образом, вследствие отмирания эпифита зерна – *Erwinia herbicola*.

Изменение микрофлоры при хранении

Через 6 месяцев хранения при 70-75%-ной относительной влажности воздуха и температуре 15-16°C обсемененность круп бактериями снижается на 60-75 %.

через 12 месяцев – на 85-90 %;

Остаточная бактериальная флора - преимущественно споровые формы.

Количество плесеней (спор) практически не изменяется в процессе хранения круп.

Порча круп

Хранение круп в условиях относительной влажности воздуха 80 % и более ведет к активному развитию грибной флоры

К 4-6 месяцу хранения наблюдаются явные признаки плесневения, обусловленные развитием

грибов рода *Aspergillus*: *A.repens*, *A. candidus*, *A. chevalieri*.

Порча круп

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.

В составе микрофлоры доминируют бактерии, среди которых преобладает (до 90%) *Erwinia herbicola*.

Состав микрофлоры муки (10%)

- спорообразующие бактерии *B. subtilis*, *B. mesentericus*
- в небольших количествах присутствуют *B. pumilus*, *B. cereus*
- различные *микрোকки*
- *молочнокислые и уксуснокислые бактерии*
- *дрожжи*
- Плесневые грибы родов *Penicillium* и *Aspergillus*, а также *Mucor*.

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

- степенью обсеменения зерна,
- характером подготовки его к помолу (*способом очистки, применением и режимом кондиционирования – увлажнения с последующим отволаживанием*),
- способом помола,
- выходом муки и ее сортом.

Влияние способов подготовки зерна на его обсемененность микроорганизмами

- сухая очистка зерна снижает его обсемененность :
бактериями - на 25-40 %,
спорами плесеней – на 20-30 %;
- сухая очистка с последующей мойкой снижает его обсемененность :
бактериями - на 45-60 %,
спорами плесеней – на 30-40 %

Влияние способов подготовки зерна на его обсемененность микроорганизмами

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

Влияние сорта муки на ее микрофлору

- чем ниже сорт муки, т.е. чем больше в нее попадает периферийных частиц зерна, тем больше содержится в ней микроорганизмов;
- количество спор плесеней в муке всех сортов превышает содержание их в перерабатываемом зерне (чем ниже сорт, тем в большей степени)

Вторичная микрофлора муки

Продукты помола при прохождении через машины (драные, размольные) обсеменяются спорами плесеней в результате соприкосновения частичек муки:

- с отделяющимися оболочками зерна,
- с оборудованием,
- с потоком воздуха, используемого в производственном процессе.

Изменение микрофлоры муки при хранении

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

Развитие микрофлоры в муке при правильном режиме ее хранения (относительная влажность воздуха не более 70%) сдерживается низкой активностью воды. Наблюдается постепенное отмирание вегетативных клеток бактерий.

С повышением относительной влажности воздуха наблюдается активный рост микроорганизмов, в первую очередь - плесневых грибов

Виды порчи муки

Плесневение

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.

Плесневелая мука небезопасна: на ней обнаруживают грибы родов *Aspergillus* и *Penicillium*, способные продуцировать микотоксины, многие из которых термостойки и могут сохраняться в хлебе

Виды порчи муки

Прокисание муки вызывают молочнокислые и маслянокислые бактерии.

В такой муке появляются кислый вкус и запах, титруемая кислотность возрастает

Виды порчи муки

Прогоркание муки

часто обусловлено окислением липидов муки кислородом воздуха при участии липоксигеназы муки, но этот дефект может быть и микробной природы (при участии липаз плесневых грибов и бактерий)

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.

Технология хлебопечения

- подготовка сырья
- замес теста
- брожение теста
- разделка
- формование
- расстойка заготовок
- выпечка хлеба
- охлаждение
- хранения и транспортировка



Первичная микрофлора хлеба

Основная микрофлора: микрофлора сырья и микроорганизмов, применяемых для возбуждения процесса брожения.

Возбудители процесса брожения:

дрожжи рода *Saccharomyces* и культуры молочнокислых бактерий рода *Lactobacillus*.

Микрофлора сырья: микроорганизмы, характерные для муки

Первичная микрофлора хлеба

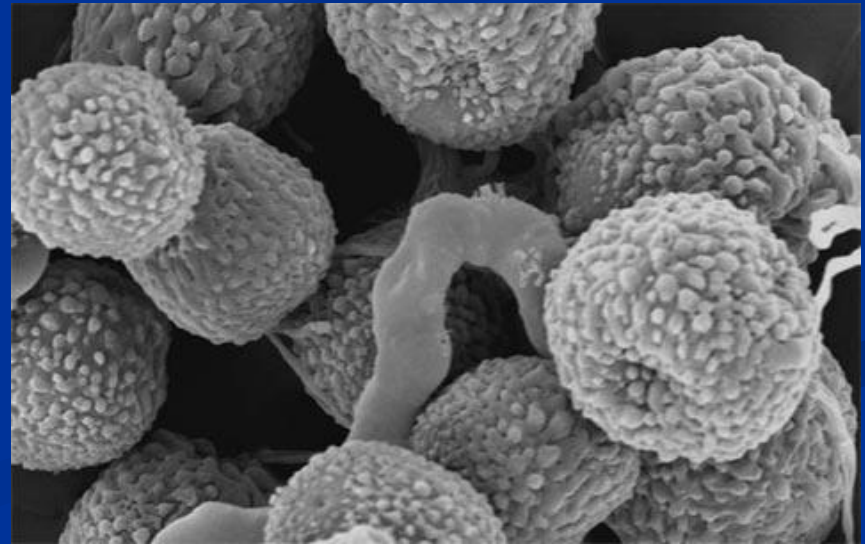
Помимо используемых производственных микроорганизмов, в хлебе всегда находятся посторонние, попадающие с сырьем и из внешней среды. Их активное развитие нарушает нормальное течение процессов брожения и созревания теста.

Посторонняя микрофлора хлеба

Источники посторонней микрофлоры:
микрофлора дополнительного сырья, а также вода, оборудование, тара, упаковочные материалы, воздух, руки и одежда персонала.

Состав посторонней микрофлоры:
споровые бактерии, термоустойчивые молочнокислые бактерии, дикие дрожжи, кишечная палочка, стафилококки и др.

Источником инфицирования хлебного производства «дикими» дрожжами рода *Candida* являются прессованные «культурные» дрожжи и мука. Дрожжи *Candida* в брожении не участвуют, но отрицательно воздействуют на бродильную активность производственных дрожжей.



Микробиология брожения теста

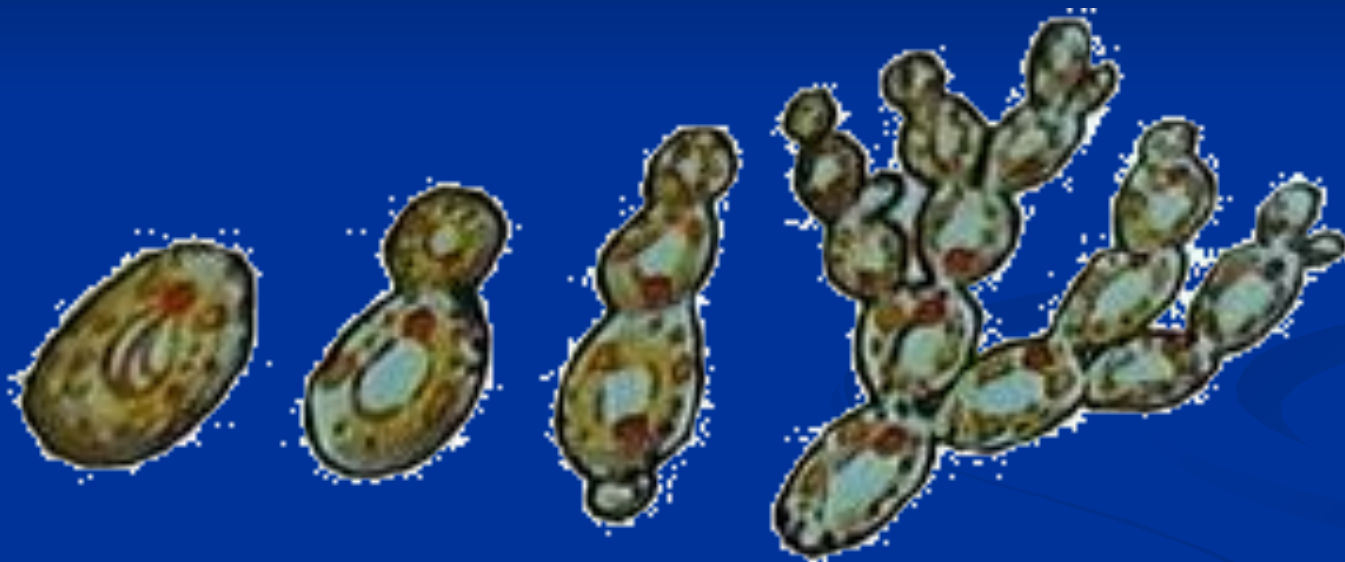
При производстве пшеничного хлеба применяют дрожжи *Sacch. cerevisiae*.

При производстве ржаного хлеба – *Sacch. cerevisiae* и *Sacch. minor*.

Saccharomyces cerevisiae – спорообразующие верховые дрожжи. Спорообразование происходит только в условиях голодания.

Saccharomyces minor - специфичны для ржаного теста. Отличаются кислотоустойчивостью, менее требовательны к источникам витаминного и азотного питания, более спиртоустойчивы.

Дрожжи под микроскопом



Вид дрожжей под микроскопом.

Дрожжи сбраживают сахара
муки и мальтозу,
образующуюся из
крахмала, с выделением
спирта и углекислого
газа. Углекислый газ
разрыхляет тесто, и оно
увеличивается в объеме
Другие продукты
жизнедеятельности
дрожжей придают хлебу
своеобразные вкус и
аромат



Микробиология брожения теста

В хлебопечении используются молочнокислые бактерии:

- *Lactobacillus delbrueckii* - термофильные гомоферментативные палочки;
- *L. plantarum* - мезофильные гомоферментативные палочки (пшеничный хлеб)
- *L. brevis* - мезофильные гетероферментативные бактерии (пшеничный хлеб)
- *L. fermenti* - мезофильные гетероферментативные бактерии.



Молочнокислые бактерии

осуществляют сбраживание сахара муки, с образованием молочной кислоты, результате чего

повышается кислотность теста. Как следствие:

- происходит набухание и пептонизация муки, особенно ржаной,
- повышаются вязкость и газоудерживающая способность теста.



Микробиология пшеничного хлеба

В производстве пшеничного хлеба при изготовлении теста применяют:

- прессованные дрожжи
- сухие дрожжи,
- жидкие дрожжи,
- жидкие пшеничные закваски, которые готовят непосредственно на хлебозаводах.

Сырые (прессованные) пекарские дрожжи



Прессованные и сушеные дрожжи

применяют для производства сдобных и булочных изделий из муки высшего и первого сортов.

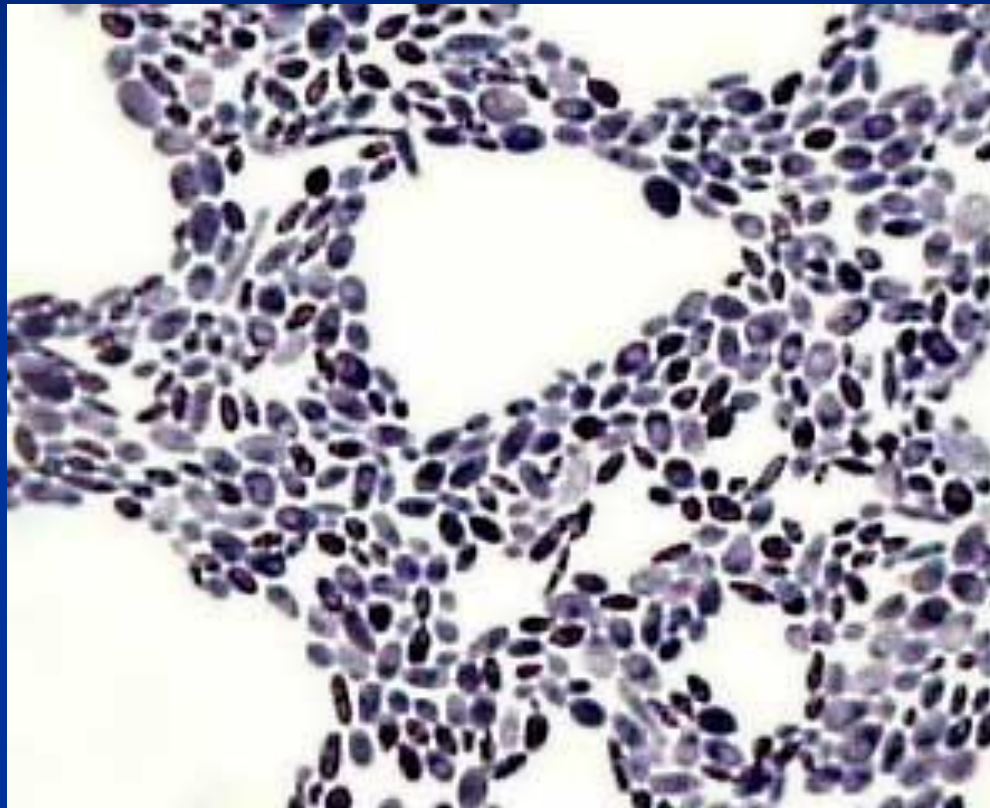
Прессованные дрожжи используют в виде дрожжевого молока.

Сушеные дрожжи предварительно размачивают в мучной суспензии и активизируют.

Жидкие дрожжи

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

Одноклеточный грибок *Saccharomyces cerevisiae*



Жидкие пшеничные закваски

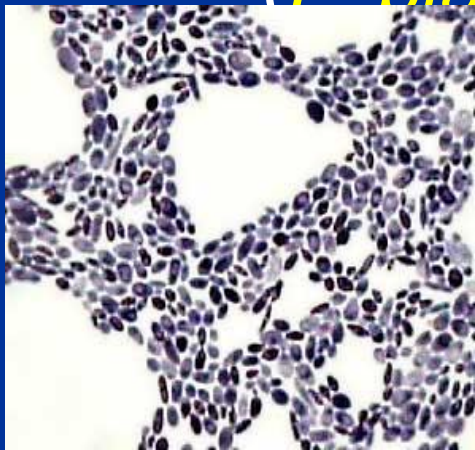
- пшеничную муку заваривают горячей водой,
- добавляют ферментные препараты для осахаривания.
- осахаренную заварку заквашивают *МКБ*.
- *МКБ* размножаются, сбраживают глюкозу с образованием молочной кислоты. Создаются благоприятные условия для развития дрожжей
- добавляют чистые культуры дрожжей, они размножаются, а жизнедеятельность молочнокислых бактерий прекращается.
- Соотношение *МКБ* и дрожжей составляет 30:1.

Жидкие пшеничные закваски – это смешанная культура дрожжей и молочнокислых бактерий на осахаренной мучной среде

В производстве пшеничного хлеба используются дрожжи *Sacch. cerevisiae* и мезофильные гомо- или гетероферментативные МКБ

(*L. plantarum* или *L. brevis*)

в соотношении 1:30



Молочнокислые бактерии (МКБ), 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.

Пшеничный хлеб,
полученный на жидких дрожжах и
жидких заквасках:

- обладает более приятным вкусом,
 - реже болеет тягучей болезнью
 - медленнее черствеет
- по сравнению с хлебом,
изготовленным с использованием
только прессованных дрожжей.

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



РЖАНОЙ ХЛЕБ

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

РЖАНОЙ ХЛЕБ

Ржаные закваски бывают густыми и жидкими.

Закваску готовят с применением заварки и без нее

РЖАНОЙ ХЛЕБ

Соотношение молочнокислых бактерий и дрожжей в закваске при производстве ржаного хлеба составляет 80:1,

т.е. в созревании ржаного теста ведущая роль принадлежит молочнокислым бактериям.

.

Жидкие ржаные закваски

готовят на осахаренной жидкой среде из ржаной муки с применением чистых культур различных рас дрожжей видов *Sacch. cerevisiae* и *Sacch. minor*.

Из молочнокислых бактерий применяют гомоферментативные вида *Lactobacillus plantarum* (иногда вводят *L.casei*) в сочетании с гетероферментативными - *L.brevis* и *L. fermentum*.

Дрожжи *Sacch. minor* несколько уступают по энергии брожения виду *Sacch. cerevisiae*, но отличаются большей КИСЛОУСТОЙЧИВОСТЬЮ.



РЖАНОЙ ХЛЕБ

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.



Жидкие закваски

Пшеничный хлеб	Ржаной хлеб
<i>L. plantarum</i> в соотношении 30:1 <i>Sacch.cerevisiae</i>	<i>L. plantarum</i> <i>L. brevis</i> <i>L. fermenti</i> в соотношении 80:1 <i>Sacch.cerevisiae</i> <i>Sacch. minor</i>
или	или
<i>L. brevis</i> в соотношении 30:1 <i>Sacch.cerevisiae</i>	<i>L. dellbrueckkii</i> <i>L. brevis</i> <i>Sacch.cerevisiae</i> <i>Sacch. minor</i>

Густые ржаные закваски

Для приготовления закваски непрерывным способом берут муку, воду, часть спелой закваски предыдущего приготовления и прессованные дрожжи. Выброженную закваску делят на две обычно равные части — одну используют для приготовления теста, вторую оставляют в бродильной емкости для приготовления новой порции закваски. В спелой закваске содержится большое количество МКБ

Густые ржаные закваски

Густые заварки отличаются от жидких по
-влажности,

- применяемым технологическим приемам,
- заквасочным культурам.

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

При производстве заварных хлебов используется также *L. dellbrueckii* (гетероферментативная термофильная)

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.

«Картофельная болезнь» хлеба

Возбудителями тягучей (картофельной) болезни хлеба являются спорообразующие бактерии *B. subtilis*, *B. mesentericus*

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.

«Картофельная болезнь» хлеба

Бактерии *Bac. subtilis* вызывают гидролиз крахмала с образованием большого количества декстринов.

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



«Картофельная болезнь» хлеба

Бактерии *Bac. subtilis* чувствительны к повышенной кислотности среды, поэтому тягучей болезни подвержен преимущественно пшеничный хлеб, имеющий по сравнению с ржаным хлебом невысокую кислотность.

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.

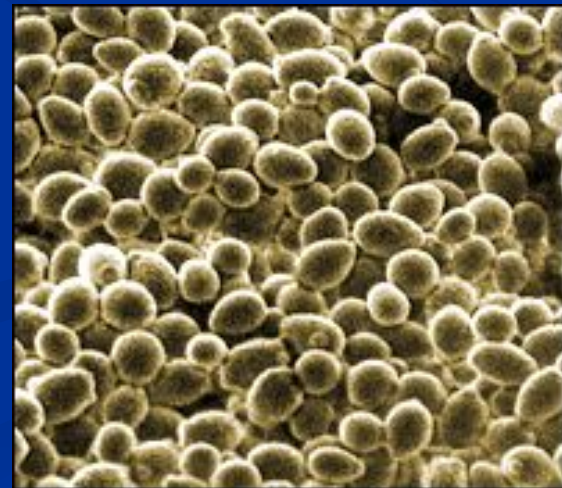
В тесто из пшеничной муки предложено вводить закваски чистых культур пропионовокислых бактерий или мезофильной молочнокислой палочки *Lactobacillus fermentum*. Угнетающее действие этой бактерии на *Bac. subtilis* обусловлено не только подкислением среды, но и выделением антибиотических веществ.

Меловая болезнь

Возбудителями меловой болезни являются дрожжеподобные грибы.

Они попадают в тесто с мукой и сохраняются при выпечке хлеба.

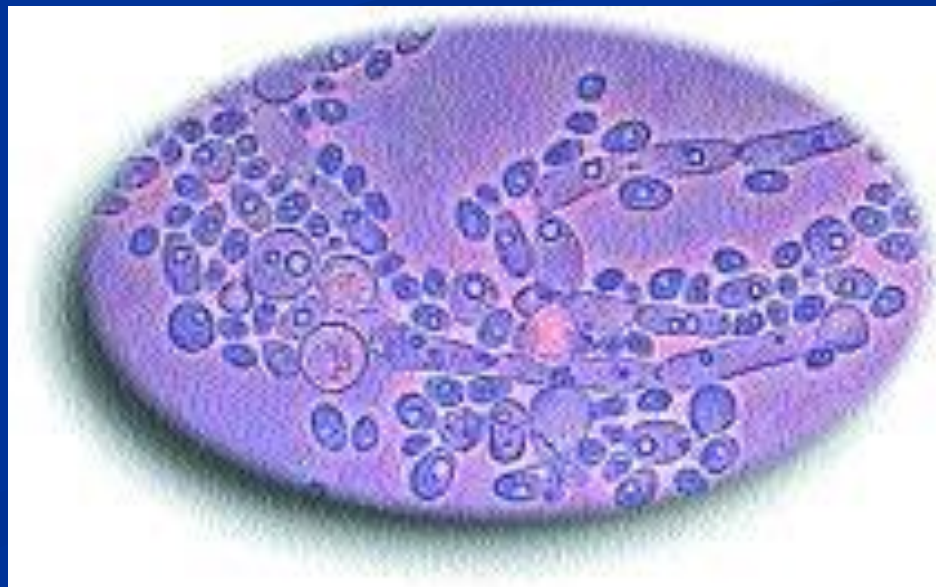
Инфицирование готового хлеба грибами может происходить и извне.



Меловая болезнь

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.



Плесневение

При слишком плотной укладке, повышенной влажности и температуре хранения хлеба споры плесеней, попавшие на выпеченный хлеб извне (из воздуха, при контакте с инфицированными предметами), быстро развиваются, особенно в случае наличия трещин корки.

Плесневение

Наиболее часто возбудителями плесневения хлеба являются грибы родов: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*.

Многие грибы, выделяя протеолитические ферменты, способны вызывать гидролиз белков крахмала. Хлеб приобретает неприятный затхлый запах и вкус.

Плесневелый хлеб в пищу не пригоден, т.к. может содержать микотоксины.

Так, в хлебе, пораженном аспергилловыми грибами, обнаружены афлатоксины

Методы борьбы с плесневением хлеба

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

Основными мероприятиями, обеспечивающими высокое качество хлеба, являются:

- соблюдение установленного режима технологии производства;
- соблюдение санитарно-гигиенических требований на всех стадиях его производства, при хранении, транспортировании и реализации